

Elektrotechnikai alapismeretek

B  V KIADÓ

Műszaki Könyvkiadó



Elektrotechnikai alapismeretek

Alaptankönyv az ipar és a kisipar számára

ERŐSÁRAMÚ TECHNIKUSOK
IPARI ELEKTRONIKAI TECHNIKUSOK
HÍRADÁSTECHNIKUSOK
VILLANYSZERELŐK
ELEKTROMŰSZERÉSZEK

Szerkesztették:

Klaus Beuth
Eugen Huber

Szerzők:

Dieter Baumann
Klaus Beuth
Rudolf Glass
Richard Hanebuth
Eugen Huber
Peter Jordan
Roland Poppe
Wolfgang Schmidt
Herbert Werner
Alfred Wunderlin

B+V Világkiállítási Lap- és Könyvkiadó Kft.,
Műszaki Könyvkiadó Kft.

Fordította: Marti Sándor
Szaklektor: Futterer László
Felelős szerkesztő: Dr. Ráczné Nagy Borbála

Hungarian edition

© B+V Lap- és Könyvkiadó Kft., Budapest, 1994
Felelős vezető: Dr. Kolosi Tamás ügyvezető igazgató
© Műszaki Könyvkiadó Kft., Budapest, 1994
Felelős vezető: Szűcs Péter ügyvezető igazgató

ISBN 963 7746 12 9

A szedést az Állami Nyomda Rt. készítette
Felelős vezető: Gyergyák György vezérigazgató

A nyomás 42,5 (A/5) ív terjedelemben a Gyomai Kner Nyomdában
készült az alapítás 112. esztendejében
Felelős vezető: Papp Lajos ügyvezető igazgató

Minden jog fenntartva! Jelen könyvet, illetve annak részeit
a kiadók engedélye nélkül tilos reprodukálni, adatrögzítő rendszerben
tárolni, bármilyen formában vagy eszközzel közölni.

Előszó az 1. és 2. kiadáshoz

Ez a könyv elsősorban a villamos szakképzés első évéhez, valamint a szakiskolák első oktatási évéhez készült. De minden tanuló eredményesen használhatja, aki az elektrotechnika területén szeretne dolgozni. Közéjük tartoznak azok is, akik ugyan nem az elektrotechnikai szakmák művelői, emellett egyre inkább ismerniük kell az elektrotechnika alkalmazhatóságát saját területükön.

A könyv szerkezete az újjászervezett villamos szakmákra koncentrál, és az egyes anyagrészeket többé-kevésbé rövidítve lehet feldolgozni, ami a tanárnak ad választási lehetőséget. A szerkesztők lemondtak a kísérletek leírásáról, mert elvégzésük nagyon sokszor az iskola felszereltségétől és egyéb, pedagógiai szempontoktól függ.

Minden szakmai kontrollt szívesen fogadunk, mert javaslataik és bírálataik emelik e tankönyv színvonalát.

A szerzők

Előszó a 3. kiadáshoz

A 3. kiadásba számos olyan javaslatot építettünk be, amelyeket a szaktanárok juttattak el hozzánk, de sajnos terjedelmi okokból sok értékes kiegészítést nem tudtunk figyelembe venni. Minden kollégának szívből köszönjük a konstruktív kritikát.

A tanulók sok támpontot kapnak a programozott tanuláshoz és a felelős saját önálló munkához.

A szakkolégának további sikereket kívánunk könyvünkkel.

A szerzők

Előszó a magyar kiadáshoz

Jelenlegi társadalmi, gazdasági átalakulásunk következményeként oktatásunk, szakképzésünk is az átalakulás idejét éli. A képzés tartalmának és formájának átalakításakor keressük a fejlett nyugati országok képzéséből a számunkra hasznosítható elemeket.

Úgy tűnik, e célnak azok a tankönyvek felelnek meg, amelyek megállapodott oktatási rendben, biztos anyagi bázisra építve a piaci versenyhelyzet kihívásainak is megfelelnek. Közülük válogatva találtuk magyarországi kiadásra alkalmasnak ezt a tankönyvet.

Bár tartalmilag nem követi teljes mértékben a jelenlegi tanterveket, hazai oktatási szokásokat, mégis szükségesnek és nagyon hasznosnak ítéljük megjelentetését. Főként azért, mert az útkeresés időszakában segítséget nyújthat a tanterv és tananyag helyes és végleges formájának kialakításához, de az sem elhanyagolható előnye, hogy új szemléletet sugároz. Ez az új szemlélet reméljük felbátorítja tanárainkat arra, hogy saját kreativitásukat mozgósítva önálló gondolkodásra készítsék a tanulókat.

A tankönyv alapjaitól kezdve ismerteti a témát, nagy hangsúlyt helyezve a várható technikai fejlődésre. Egyszerű, világos kijelentései megkönnyítik a megértést és így alkalmas a nagy összefüggések bemutatására. Sem hosszadalmas magyarázatok vagy kérdések, sem nehezen érthető ábrák vagy táblázatok nem vonják el a figyelmet.

A fordítás, a lektorálás és a szerkesztés során a kiadó és a Nemzeti Szakképzési Intézet szaktanácsadói kiegészítették az anyagot a magyar szabványok hivatkozásával. Az eredeti könyv hiteles fordítását a szükséges és lehetséges mértékben a magyar terminológiának megfelelő, nálunk ismert és elterjedt rövidítésekkel, betűjelekkel módosították.

Jó szívvel ajánljuk ezt a könyvet tanárnak és diáknak egyaránt, mert a szakmai tudásnak olyan tárháza, amely máshol tartalmilag ilyen tömören összeállítva és ilyen esztétikusan megjelenítve nem lelhető fel.

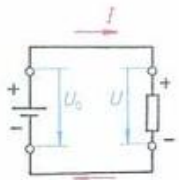
Nemzeti Szakképzési Intézet
Szaktanácsadás

Tartalomjegyzék

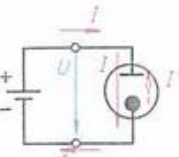
1. Bevezetés az elektrotechnikába	1	6. Villamos tér	76
1.1. A villamosság veszélyei	2	6.1. Lényege és modellezése	76
1.2. Villamos töltéshordozók	3	6.2. Mennyiségek és mértékegységek	76
1.3. A villamos feszültség	5	6.3. Ellenőrizze tudását	80
1.4. A villamos áram	8	7. Kondenzátorok egyenáramú áramkörben	81
1.5. A villamos ellenállás	11	7.1. Kondenzátorok	81
1.6. Villamos vezetőképesség	13	7.2. Kondenzátorok kapcsolása	82
1.7. Az ohmos ellenállások kiviteli formái és gyártási eljárásai	15	7.3. Feltöltés	84
1.8. Az ohmos ellenállások jellemzői és előírásai	18	7.4. Kisütés	85
1.9. A potenciométer	21	7.5. A kondenzátorok jellemzői és szabványai	87
1.10. Ellenőrizze tudását	21	7.6. A kondenzátorok szerkezete és gyártása	88
2. Villamos áramkörök	22	7.7. Ellenőrizze tudását	94
2.1. A villamos áramkörök és az Ohm-törvény	22	8. Mágneses tér	95
2.2. Ellenállások soros kapcsolása	24	8.1. A mágneses tér keletkezése és ábrázolása	95
2.3. Ellenállások párhuzamos kapcsolása	26	8.2. Mennyiségek és mértékegységek	97
2.4. Ellenállás-hálózatok	29	8.3. Mágneses anyagok	101
2.5. Feszültségosztók	32	8.4. Mágneses körök	102
2.6. Hídkapcsolások	36	8.5. A mágneses tér erőhatása	104
2.7. Ellenőrizze tudását	39	8.6. Az indukciótörvény	107
3. Villamos munka és teljesítmény	40	8.7. Tekercs egyenfeszültségű körben	111
3.1. A villamos munka	40	8.8. Ellenőrizze tudását	116
3.2. A villamos teljesítmény	41	9. A váltakozó áram alapfogalmai	117
3.3. A villamos energia átalakítása és a hatásfok	43	9.1. A váltakozó áramú mennyiségek	117
3.4. Villamos hőfejlés	45	9.2. Szinuszos váltakozó áram	119
3.5. Áramsűrűség. Az egyenáramú vezeték méretezése	47	9.3. Váltakozó mennyiségek grafikus ábrázolása idődiagramban és vektorábrával	122
3.6. Az ellenállás hőmérsékletfüggése	50	9.4. Nemsinuszos feszültségek és áramok	124
3.7. Ellenőrizze tudását	53	9.5. Az impulzus és az impulzusfüggvény	126
4. Feszültségforrások kapcsolása; illesztés	54	9.6. Ellenőrizze tudását	127
4.1. Forrásfeszültség, kapocsfeszültség, belső ellenállás	54	10. Hatásos ellenállás, veszteségmentes kapacitás és induktivitás váltakozó áramú áramkörben	128
4.2. Feszültségforrások kapcsolásai	57	10.1. Hatásos ellenállás váltakozó áramú áramkörben	128
4.3. Illesztés, üresjárás és rövidre zárás	60	10.2. Veszteségmentes kapacitás váltakozó áramú áramkörben	129
4.4. Ellenőrizze tudását	64	10.3. Veszteségmentes induktivitás váltakozó áramú áramkörben	132
5. Bevezetés a biztonságtechnikába	65	10.4. Ellenőrizze tudását	134
5.1. Előzetes megjegyzések	65	11. Villamos mérés technika	135
5.2. A villamos áram veszélyei	65	11.1. A villamos mérés technika alapjai	135
5.3. Az emberi test áramvezetése	66	11.2. Az analóg műszerek működési elve	136
5.4. Elsősegély villamos balesetek esetén	68	11.3. Áram- és feszültségmérés, a mérés határ kiterjesztése	138
5.5. Elektrotechnikai előírások	69	11.4. Lágyvasas műszer áram- és feszültségmérésre	139
5.6. Balesetvédelem és biztonsági szabályzat a DIN VDE 0105 szerint	70	11.5. Lengőtekcés műszer áram- és feszültségmérésre	140
5.7. A DIN VDE 0100 T 410 óvintézkedéseinek áttekintése – Érintésvédelem	71	11.6. Ellenállásmérés	141
5.8. Ellenőrizze tudását	75		

11.7.	Teljesítménymérés	144	16.	Műszaki rajz	250
11.8.	A villamos munka mérése	145	16.1.	Bevezetés	250
11.9.	Az oszcilloszkóp	146	16.2.	Rajzeszközök	250
11.10.	Az oszcilloszkópok segéd- és kiegészítő eszközei	150	16.3.	A műszaki rajzok feliratai	254
11.11.	Mérések oszcilloszkóppal	153	16.4.	Geometriai szerkesztések	256
11.12.	Ellenőrizze tudását	157	16.5.	Térbeli (axonometrikus) ábrázolás	257
12.	Az elektronika alapjai	158	16.6.	Ábrázolás nézetekben	258
12.1.	A félvezetők fizikai alapjai	158	16.7.	Szövegmező	259
12.2.	Idegvezetés félvezetőkben	159	16.8.	Robbantott ábrák	260
12.3.	A p-n átmenet	161	16.9.	Vonalak és vonalvastagságok	260
12.4.	A szennyezés megvalósítása	162	16.10.	Léptékek	261
12.5.	Félvezető diódák	163	16.11.	Építészeti tervrajzok	262
12.6.	A félvezető diódák kivitelei és jellemzői	166	16.12.	Méretjelölések a rajzokon	263
12.7.	Különleges félvezető diódák	167	16.13.	Grafikus ábrázolások	267
12.8.	A Z-diódák kivitele és jellemzői	169	16.14.	Villamos dokumentációk	271
12.9.	Vezérelhető ellenállás-kétpólusok	171	16.15.	A részegységek jelölése	273
12.10.	A tranzisztor mint vezérelhető ellenállás	173	16.16.	Méretjelölés gépi programozáshoz	274
12.11.	Optoelektronikai építőelemek	176	16.17.	Számítógéppel segített műszaki tervezés	275
12.12.	A félvezető elemek hűtése	181	16.18.	Ellenőrizze tudását	276
12.13.	Ellenőrizze tudását	184	17.	Villanszerelési kapcsolások	277
13.	Bevezetés a vezérléstechnikába. A digitális technika alapjai	185	17.1.	A lakóépületek villanszerelési irányelvei	277
13.1.	A vezérléstechnika feladatai	185	17.2.	Villanszerelési kapcsolások	283
13.2.	Alapfogalmak	185	17.3.	Hívóberendezések alkapcsolásai	287
13.3.	A kettes számrendszer	187	17.4.	Szigetelt vezetékek	290
13.4.	Bináris alkapcsolások és alapösszefüggések	188	17.5.	Ellenőrizze tudását	296
13.5.	Vezérlések	194	18.	Adatfeldolgozás	297
13.6.	Ellenőrizze tudását	200	18.1.	A számítógép jelentősége	297
14.	Anyagismeret	201	18.2.	Adatok	298
14.1.	Az anyagok minősítése és ellenőrzése	201	18.3.	A számítógép felépítése (hardver)	299
14.2.	Vasanyagok	203	18.4.	A programozás alapjai	304
14.3.	Nemvas fémek	207	18.5.	Példa szövegfeldolgozásra	308
14.4.	A nemfémes anyagok áttekintése	217	18.6.	Programelágazás	310
14.5.	Megmunkálások	230	18.7.	Programciklus	312
14.6.	A korrózió	233	18.8.	A kész programok használata	317
14.7.	Ellenőrizze tudását	236	18.9.	Ellenőrizze tudását	318
15.	Elektrokémia	237	Függelék I.	A változók elnevezése	319
15.1.	Az elektrokémia alapjai	237	II.	Az alkalmazott utasítások felsorolása	319
15.2.	Primer elemek	239	III.	BASIC-standardfüggvények számokhoz	320
15.3.	Primer elemek. Kivitel, kezelés, tárolás	241	IV.	Rendszerutasítások	321
15.4.	Szekunder elemek	243	Tárgymutató	322	
15.5.	Szekunder elemek. Kivitel, kezelés tárolás	245	DIN szerinti rajzjelek	327	
15.6.	Ellenőrizze tudását	249			

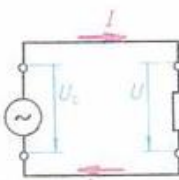
A villamos áramkörök vonatkozási nyílirányai (DIN 1323 és 5489)



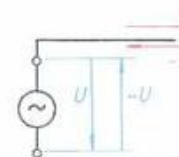
1. ábra



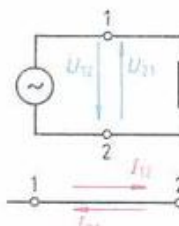
2. ábra



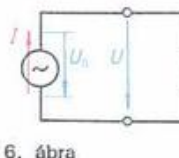
3. ábra



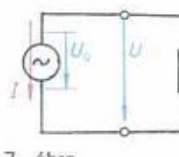
4. ábra



5. ábra



6. ábra



7. ábra

A feszültség és az áram vonatkozási irányai

Megállapodás szerint (DIN 5489) a feszültség pozitív iránya a nagyobb potenciálú ponttól a kisebb felé irányul. Az áram pozitív konvencionális iránya a pozitívra gondolt töltéshordozók irányával egyenlő (1. ábra).

Ha egy kapcsolatban meg kell adni a töltéshordozók (pl. elektronok gázkisülési csőben) valóságos mozgásirányát, azt szaggatott vagy másképpen megkülönböztetett nyílal jelöljük (2. ábra). Ekkor az elektronok áramlásiránya az áramiránnyal ellentétes.

Váltakozó áramú mennyiségek vonatkoztatási iránya

Mivel váltakozó mennyiségeknél az áram és a feszültség iránya állandóan változik, az irányt nem lehet egyértelműen megállapítani, emiatt pontosan meghatározott t időpontra vonatkoztatjuk. Egyszerűbb és általában szokásosabb a feszültség és az áram vonatkoztatási irányának megadása. Ez nem vonatkozik a váltakozó feszültség lefolyására és frekvenciájára.

A vonatkoztatási irányt nyíllal ábrázoljuk (3. ábra).

A feszültségnyílak mindig a kapcsolat két pontja között vannak, az áramnyílak pedig az áramútban (3. ábra). Ha az áramnyíl nem lehet az áramútba berajzolni, akkor szorosan mellette tüntetjük fel (1. és 3. ábra).

Vonatkoztatási irány és előjel

A mennyiség, amelynek iránya a vonatkoztatási iránnyal megegyezik, pozitív előjelű (4. ábra). U és I előjelének megváltoztatása a nyílirány 180° -os megváltoztatását jelenti. Ez akkor is érvényes, ha a kapcsolást számozott vonatkoztatási pontokkal látjuk el, és a feszültséget és áramot indexszel jelöljük (5. ábra), azaz:

$$\begin{aligned} U_{12} &= -U_{21} & U_{21} &= -U_{12} \\ I_{12} &= -I_{21} & I_{21} &= -I_{12} \end{aligned}$$

Generátor- és fogyasztó-nyílrendszer

Mivel váltakozó mennyiségeknél a vonatkoztatási irányoknak nincs fizikai tartalma, a feszültség- és áramirányokat szabadon felvehetjük. Két lehetőség van:

A 6. ábrán a fogyasztó feszültsége és a fogyasztó árama azonos irányú. Ezt fogyasztói nyílrendszernek nevezzük.

Ebben a rendszerben abból ismerjük fel a generátort, hogy az I áram iránya ellentétes az U_0 feszültségével.

A 7. ábrán a generátor áramának és feszültségének van azonos iránya. Ezt a rendszert generátor-nyílrendszernek nevezzük. A fogyasztón ekkor az áram- és feszültségirány ellentétes.

Ebben a (tan)könyvben kizárólag a fogyasztói nyílirányt használjuk.

Az elektrotechnika néhány esetében (indukciós jelenségek, transzformátorok és mások) a fizikai magyarázathoz generátor-nyílirányok adódnak, ez a rendszer egységességét zavarja. A fogyasztói nyílirányokat ezért 180° -os fordítással adjuk meg.

1. Bevezetés az elektrotechnikába*

Az emberiség az elektromos jelenségeket már a korai történelemből ismeri. A legfeltűnőbb és a leginkább félelmet keltő jelenség a villámlás. Bizonyos anyagok, mint pl. a borostyán¹ elektromos feltöltődését és az így keletkező szikrakisülést már az ókorban is ismerték. Ezeket a jelenségeket mágikus erőkkkel magyarázták. A borostyánfésűnek varázserőt tulajdonítottak. Aki ezzel fésülte a haját, a sercegő szikrákhoz különleges jellemvonásokat társított. A villám az istenek büntetése volt.

„Meg fogom fejteni, ami emögött rejtőzik”. Otto von Guericke², a nagytudású férfiú, aki több, mint 300 évvel ezelőtt Magdeburg polgármestere és egyben kutató volt, tanácstalanul állt egy olyan jelenség előtt, amivel a maga szórakoztatására felebarátait ijesztgette. Kénből csináltatott egy golyót, amit tengelyhez erősítve egy hajtókarral forgatott. Amikor a forgatása közben egy selyem zsebkendőt hozzáértett, olyan tulajdonságot adott neki, amittől az emberek féltek: amint megközelítették a golyót kezükkel, sercegő szikrák ugrottak át a kengolyóról az ujjukra, és ismeretlen bizsergést éreztek a testükben. Otto von Guericke nem találta meg a jelenség okát.

Az elektromos jelenség szisztematikus kutatása a XVIII. században kezdődött el. A kutatók közül Galvani³ (1737–1798) és Volta⁷ (1745–1827) a kiemelkedők. Az elektrotechnikai kutatás így mintegy 200 évre tehető.

A kutatási eredmények műszaki hasznosítása a XIX. században indult el, de ez többnyire szűkkörű volt. A villamosság hasznosítása századunk elején terjedt el. A század közepére már a legkisebb német településen áramszolgáltatás volt. Az elektromágneses hullám, a „rádióhullám” is alapjában véve villamos jelenség.

A villamos és mágneses tér közötti összefüggés elméleti vizsgálatát az előző évszázad hetvenes éveiben Maxwell⁴ (1831–1879) indította meg. Egyenleteiből következett az elektromágneses tér energiasugárzásának lehetősége. A sugárzásnak légüres térben is fénysebességgel kell terjednie. Maxwell ebben az elméleti eredményben valószínűleg nem igen hitt. Élete során, amennyire tudjuk, soha nem kísérlete meg bizonyítani az elektromágneses sugárzás létezését.

Elsőként a múlt század végén Hertz⁵ (1857–1894) és Marconi⁶ (1874–1937) bizonyították megfelelő kísérletekkel ezen hullámok létezését, a szakmai világ általános meglepetésére. Ez volt a szikratávíró születésének pillanata, amiből a rádió, a televízió és a műholdas hírközlés kifejlődött.

A villamosság egész világunkra rányomja bélyegét. Ha kimarad az „áram” a modern háztartás megbénul. Nem működik a villanysütő, a hűtőszekrény, a mély-

hűtő, a mosógép, a ruhaszárító, a vasaló, a porszívó, a padlókeféző, a kávédaráló, a konyhai robot, a vízmelegítő, a varrógép, a villanyborotva, a világítás, a rádió és a televízió más készülékekkel együtt, esetleg a fűtés is megszűnik.

Az ipari üzemekben is hasonló a helyzet. A termelés megáll, ha kimarad az áramszolgáltatás, mert szinte minden gépet villamos motor hajt.

Ezt a nélkülözhetetlen villamos energiát a villamos művek „állítják elő”, és az elosztóhálózaton keresztül továbbítják a fogyasztókhoz. Mi hát a villamosság? Erre a kérdésre egészen kimerítően nem tudunk felelni. A villamosságnak a kísérletekkel ellenőrizhető tulajdonságait leírhatjuk, de a belső lényegét nem tudjuk megérteni.



¹ borostyán, görögül elektron

² Otto von Guericke (1602–1686), német kutató

³ Galvani (1737–1798), olasz anatómia professzor

⁴ Maxwell (1831–1879), angol fizikus és matematikus

⁵ Hertz (1857–1894), német fizikus

⁶ Marconi (1874–1937), olasz kutató

⁷ Volta (1745–1827), olasz fizikus

* A vonatkozó magyar szabvány: MSZ 4900

A villamosság hatásai

A villamosság láthatatlan, csak a hatásai ismerhetők fel. Ilyen hatások:

Hőhatás, fényhatás



1. Fényhatás — a villamosság által világítani lehet



2. Mágneses lebegtetésű vasút

Mágneses hatás — a villamosság mágneses teret hozhat létre és ezáltal erőt fejthet ki.

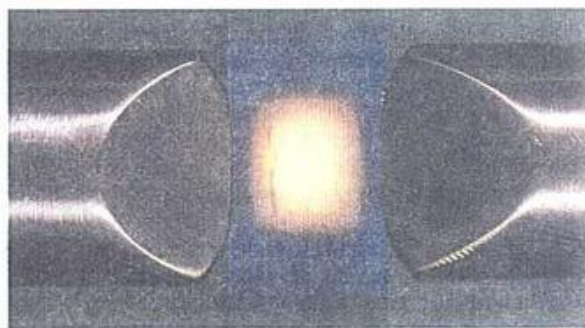
Vegyi hatás — a villamosság kémiai folyamatokat hozhat létre.

Fiziológiai hatás — a villamosság hat az emberi és állati szervezetre.

A villamosság a lehetséges energiafajták egyike. Megjelenhet mechanikai energia, hőenergia, kémiai energia, mágnesenergia formájában. Célszerű ezért elektromosság helyett villamos energiáról beszélnünk.

A villamos energiát egyszerűen és tisztán lehet szállítani és más energiafajtává átalakítani.

Ez az alapvető oka a villamos készülékek és berendezések széles körű alkalmazásának.



3. Hőhatás — a villamosság hőt fejleszthet

1.1. A villamosság veszélyei



4. Figyelmeztetés veszélyes villamos feszültségre

A villamos energia veszélyforrás is. Emberek és állatok életét és egészségét károsíthatja.

A villamos áramütés az energiájától függően kellemtelen bizsergést, sokkot, akár izomgörcsöt is okozhat. A szabadulás ekkor már lehetetlen.

Az áramütés a szervezet legfontosabb működését, a szívrítmust is megzavarhatja. A szívrítmuszavar hatására a szív esetleg meg is áll.

A baleset igen gyakori következménye a szívbénulás. Ha nem kezdik meg azonnal az újraélesztést, a balesetet szenvedőt már nem lehet megmenteni.

Az egyes testrészekben különböző fokú égési sérülések keletkezhetnek. Az izomtájékok a melegeledéstől elszénesezhetnek.

A villamossággal kapcsolatos szabályok

A villamos balesetek elkerülése érdekében a következőkre kell ügyelnünk:

1. Ne érintsünk meg olyan villamos készülékeket és berendezéseket, amelyek összeköttetésben lehetnek a hálózattal.
2. A villamos készülékeket csak a használati utasítás szerint használjuk!
3. Ha a készülék láthatóan hibás, azonnal válasszuk le a hálózatról, azaz húzzuk ki a hálózati csatlakozót vagy kapcsoljuk ki! A bekapcsoláskor érzett enyhe bizsergés hibára utal.
4. Soha ne nyissunk fel, vagy javítsunk olyan készüléket, amely a hálózatra van kötve!
5. Kikapcsolt készülékben is óvatosan kell megérinteni a fém alkatrészeket vagy a szigetetlen vezetékeket. Vannak ugyanis olyan alkatrészek, amelyek villamos energiát tárolnak.

Ha valaki minden elővigyázatosság ellenére erős áramütést kap, mindenképpen orvoshoz kell fordulnia. Csak ő tudja megállapítani, hogy a szervezet károsodott-e.

1.2. Villamos töltéshordozók

Az anyag felépítése

Minden anyagi, ill. minden anyag atomokból épül fel. Nagyon sokféle atom van, összesen mintegy százféle atomot ismerünk. Minden atomtípus meghatározott alapanyaghoz tartozik. Ezeket az alapanyagokat kémiai elemeknek is nevezzük. Mintegy 100 különféle kémiai elem van.

Minden atom atommagból és atomhéjból áll (1. ábra). Az atommagban összpontosul az atom tömegének túlnyomó része. Villamos részecskék találhatók benne, amelyeket **protonoknak** nevezünk, és amelyeknek meghatározott mennyiségű villamosságuk van. Ez az **elemi villamos töltés**. Minden protonnak egy elemi villamos töltése van.

Az atomhéjban is vannak villamos részecskék, ezek azonban egészen másfélék. Tömegük csekély, egy protonnak kb. $1/1800$ -ad része. Ezeket a szinte tömeg nélküli villamos részecskéket **elektronoknak** nevezzük. Az elektronnak meghatározott mennyiségű villamossága van, mégpedig egy elemi töltése. Ez az elemi töltés azonban más nemű, mint a protoné. A megkülönböztetés kedvéért a proton töltését **pozitív**, az elektron töltését **negatív elemi töltésnek** nevezzük.

Minden protonnak egy pozitív elemi töltése van.

Minden elektronnak egy negatív elemi töltése van.

A protonok az atommag építőelemei. Az elektronok az atomhéjban találhatók.

Az atommag másik építőeleme a **neutron**. Tömege akkora, mint a protoné, de villamos töltése nincs. A neutronok villamosan semlegesek.

Az atom felépítését gyakran hasonlítják a bolygórendszerhez. A mag a Naphoz hasonlóan a középpontban van. Az elektronok a bolygókhoz hasonlóan a mag körül keringenek, ez a Bohr-féle atommodell szemléletmódja (2. ábra).

Az elektronok a mag körül meghatározott távolságban keringenek. Pályájuk kör, vagy ellipszis alakú. A pályák közül a legkisebb távolságban a K-héj van.

Távolságban következő az L-héj. Ezután sorra következik az M- és N-héj stb.

Minden héjnak meghatározott energiaszint felel meg. Minél messzebb van a pálya az atommagtól, annál nagyobb az energiaszintje. Az elektronok rendkívül gyors mozgásúak, de más okból sem lehet meghatározott helyhez rendelni őket, ezért kialakítottak egy csak energiaszintekkel leírt atommodellt, ez az ún. **sávmodell**, amely nem annyira szemléletes, azért mi nem mutatjuk be közelebbről. A **Bohr-féle atommodellből** világosabbak számunkra az összefüggések.

A villamos töltéshordozóknak jellemző tulajdonságaik vannak: csak párosával léteznek. Minden pozitív töltéshordozóhoz valahol egy negatív töltéshordozó tartozik.

A villamos töltéshordozók között erőhatás van.

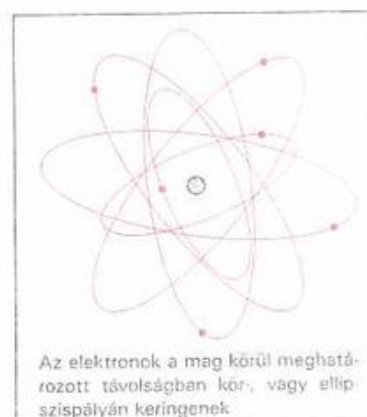
Az ellentétes előjelű töltések vonzzák, az egyező előjelű töltések taszítják egymást.

Minden atom magjában ugyanannyi proton van, mint amennyi elektron a héjában. A pozitív és negatív töltésmennyiség megegyezik. Azt mondjuk, hogy a pozitív villamos töltés a negatív töltéssel egyensúlyban van.

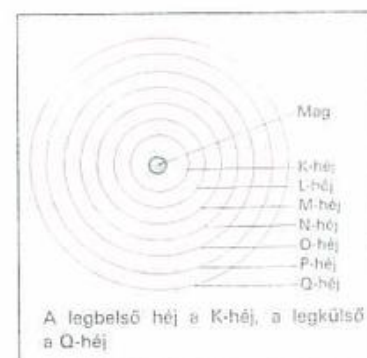
A pozitív és a negatív töltések hatása kifelé kiegyenlíti egymást.



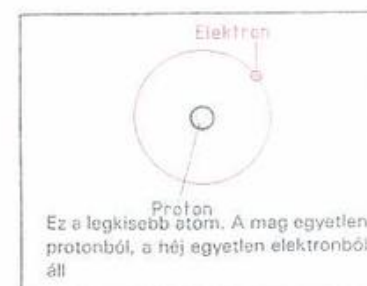
1. Az atom elvi felépítése



2. A Bohr-féle atommodell



3. Atommodell elektronhéjakkal



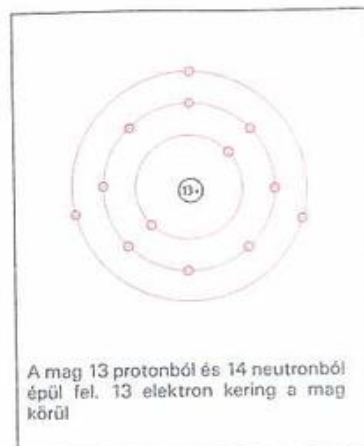
4. Hidrogénatom



1. Rézatom



2. Rézion



3. Aluminiumatom

Kifelé minden atom semleges.

Az egyes atomtípusok az elektronok és protonok számában különböznek egymástól.

A legkisebb atom a hidrogénatom (l. a 4. ábrát a 3. oldalon). Ennek a magjában egyetlen proton, héjában egyetlen elektron van.

Nagyon nagy atom az uránatom. Magjában 92 proton, héjában 92 elektron van. A rézatom magjában 29 proton, héjában 29 elektron található (1. ábra).

Ha a rézatom egy elektronját elveszünk, akkor a pozitív töltése túlsúlyba kerül. A mag 29 protonjával szemben a héj 28 elektrona áll. Protontúlsúly jön létre, azaz egy pozitív elemi töltés keletkezik. A megmaradt rézatom pozitív villamos töltésű, ekkor **pozitív ionnak** nevezzük (2. ábra).

Ha elérjük, hogy a rézatom egy többletelektront vegyen fel a héjára, akkor 29 helyett 30 elektrona lesz, így túlsúlyba kerül egy negatív töltés. A rézatom ezáltal negatív töltésűvé válik, ekkor **negatív ionnak** nevezzük.

Az ionok szintén villamos töltéshordozók. Egy, két vagy több elemi töltésük is lehet. Ha egy atom két többletelektront vesz fel, akkor „kettős negatív töltésű”, ha két elektront elveszít, akkor „kettős pozitív töltésű” lesz.

Ha két vagy több atom molekulát alkot, akkor a molekula több vagy kevesebb elektront is tartalmazhat, mint amennyi hozzá tartozna. Ha a molekulának elektrontöbblete van, akkor **negatív ionnak** nevezzük.

Ha elektronhiánya van, akkor a molekula **pozitív ion**.

Villamos töltéshordozók tehát a következők lehetnek:

1. Elektronok

Minden elektron egységnyi elemi töltést hordoz.

¹August de Coulomb (1736–1806), francia mérnök

2. Protonok

Ezek az atommagban találhatók. Minden proton egységnyi pozitív töltést hordoz.

3. Ionok

Az ionok olyan atomok, vagy molekulák, amelyeknek több, vagy kevesebb az elektronjuk, mint amennyi hozzájuk tartozik. Lehetnek negatív, vagy pozitív töltésűek. Villamos töltésük értéke egy vagy több elemi töltés lehet.

Villamos töltés

Az elemi töltések meghatározott mennyiségét villamos töltésnek nevezzük.

A villamos töltés jele: Q .

$$Q = I \cdot t$$

Mértékegysége az ampersekundum (As). 1 As töltés 6,24 trillió = $(6,24 \cdot 10^{18})$ elemi töltéssel egyenlő.

$$1 \text{ As} = 6,24 \cdot 10^{18} \text{ elemi töltés}$$

A negatív elemi töltés nagysága:

$$e^- = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As}$$

Az e jelölés az elemi töltés jele. Az e^+ pozitív elemi töltés ugyanakkora, mint az e^- negatív elemi töltés, de ellentétes előjelű.

$$e^+ = +1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As}$$

Az ampersekundum egységet **coulombnak**¹ is nevezzük.

$$1 \text{ ampersekundum} = 1 \text{ coulomb}$$

$$1 \text{ As} = 1 \text{ C}$$

$$[Q] = \text{As} = \text{C}$$

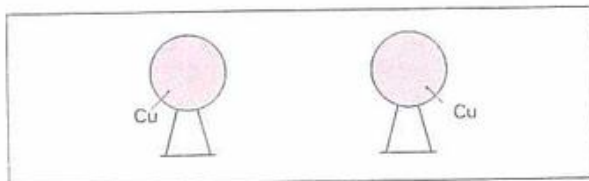
$$\begin{array}{ccc} \uparrow & & \uparrow \\ \text{Mennyiség} & & \text{Mértékegység} \end{array}$$

1.3. A villamos feszültség

Egy új vasaló nem melegszik, amikor a dugaszolóaljzatba dugjuk. Ugyanebből az aljzatból a lámpa sem világít. A szakember megállapítása szerint az aljzatban nincs feszültség. Ha a zseblámpa égője nem világít, azt mondjuk, az „elem kimerült”, alig van feszültsége. Nyilvánvaló, hogy feszültség nélkül nem működik egyetlen villamos készülék sem. Mi tehát a feszültség – pontosabban – a villamos feszültség?

A villamos feszültség létrehozása

Képzeljünk el két, szigetelőre állított fémgömböt, pl. két rézgömböt (1. ábra). Kezdetben villamosan semlegesek, azaz minden egyes rézatom a hozzá tar-

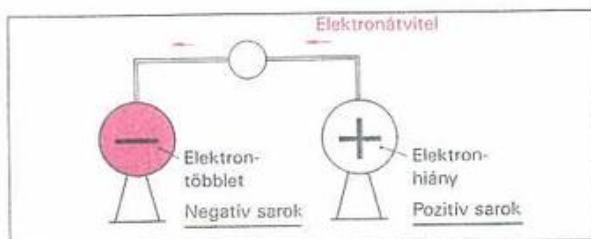


1. Villamosan semleges rézgömbök. Minden rézatomnak neki megfelelő számú elektronja van.

tozó számú elektronnal rendelkezik, másként mondván minden egyes rézatomban egyenlő számú elektron és proton van.

Egy, majd a későbbiekben ismertetett készülékkel távolítsunk el elektronokat a jobb oldali gömből, és vigyük őket át a bal oldali gömbre. A jobb oldali gömbön elektronhiány keletkezik, a pozitív töltések túlsúlyba kerülnek. A jobb oldali gömb pozitív töltésűvé vált.

A bal oldali gömbön elektrontöbblet van, vagyis több elektron van rajta, mint proton. A bal oldali gömb pedig negatív töltésűvé vált. (2. ábra)



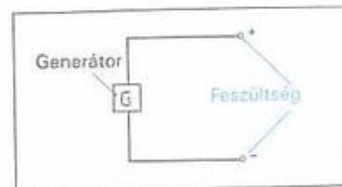
2. Elektronátvitel a jobb oldali gömből a bal oldalra

A töltéshordozók kiegyenlítődésre törekzenek. Azt mondjuk, hogy a két gömb között **villamos feszültség** van.

Az elektronhiányos gömböt **pozitív**, az elektrontöbbletűt **negatív saroknak** nevezzük.

Villamos feszültség mindig csak két sarok között lehet (3. ábra).

3. Villamos feszültség csak két sarok között lehet



Egy saroknak nem lehet feszültsége.

Villamos feszültség akkor keletkezik, ha két pólus (sarok) villamos töltése között eltérés van.

A feszültség a negatív és pozitív töltéshordozók szétválasztásával keletkezik, szétválasztásukhoz munkát kell végezni. Azt mondjuk, hogy a **feszültség az egységnyi töltésre vonatkoztatott munka**¹.

Azokat a készülékeket, amelyek a töltéshordozókat szétválasztják, **feszültségforrásoknak** vagy **generátoroknak** nevezzük.

A generátor elszívja az elektronokat a pozitív sarokról és átszállítja a negatív sarokra. A generátor gondoskodik arról, hogy fennmaradjon a töltéskülönbség a sarok között. A generátor **feszültséget állít elő**.

Feszültség különböző generátorokkal állítható elő.

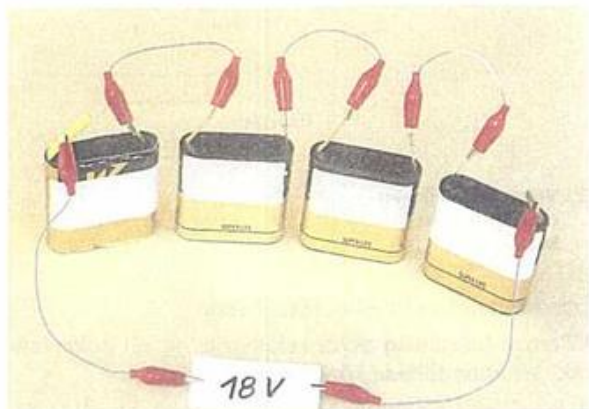


4. Szalaggenerátor. Töltések szétválasztása súrlódási erővel

¹ A DIN 1357 (MSZ 4900–5) szabvány szerint:

$$u \text{ feszültség} = \frac{\text{munka}}{\text{töltés}}$$

$$1 \text{ V} = 1 \frac{\text{VAs}}{\text{As}} = 1 \frac{\text{Ws}}{\text{As}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{As}} = 1 \frac{\text{Nm}}{\text{As}} = 1 \frac{\text{kg m}^2}{\text{As}^2}$$



1. Galvánelemek
Töltésváltás kémiai reakció útján



2. Fényelemek
Töltésváltás fény hatására



3. Hőelemek
Töltésváltás hő hatására



4. Piezoelemek
Töltésváltás kristályban, nyomás-
változás és mechanikai
alakváltozás hatására



5. Indukciós generátorok
Töltésváltás mágneses mező segítségével

A galvánelemek (telepek), a termoelemek, a fotoelemek feszültségforrások. Generátorok tehát akkor is, ha a nevük nem utal erre. (A generátor rajzjele a fejezet végén látható.) Ahhoz, hogy feszültséget mérhessünk, szükségünk van a mértékegységére.

A feszültség mértékegysége a volt¹ (jelölése: V).

A V mértékegységnek különböző hányadai és többszörösei vannak.

$$1 \mu\text{V (mikrovolt)} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ V} = 10^{-6} \text{ V}$$

$$1 \text{ mV (millivolt)} = \frac{1}{1\,000} \text{ V} = 10^{-3} \text{ V}$$

$$1 \text{ V (volt)}$$

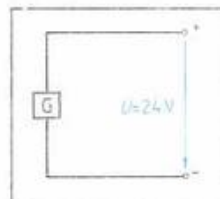
$$1 \text{ kV (kilovolt)} = 1\,000 \text{ V} = 10^3 \text{ V}$$

$$1 \text{ MV (megavolt)} = 1\,000\,000 \text{ V} = 10^6 \text{ V}$$

Jellemző feszültségértékek:

Rádióantenna	0,1 μV ... 5 mV
Telefonbeszéd	1 mV ... 800 mV
Egycellás telep	1,5 V
Az emberre veszélyes legkisebb feszültség	50 V ... 65 V
Hálózati feszültség	220 V ... 380 V
Szabadvezeték	6 kV ... 380 kV
Röntgenkészülék, atomkutató, villám	néhány MV

Ha két pólus között meg akarjuk adni a feszültséget, akkor azt egy nyíllal jelöljük, amely a pozitív sarktól a negatív felé mutat (6. ábra). A „feszültség” kifejezés helyett a nemzetközileg elfogadott U rövidítést használjuk.



6. A villamos feszültség jelölése feszültségnyíllal

A feszültség jelölése: U

$$\begin{array}{c} |U| \\ | \end{array} = \begin{array}{c} V \\ | \end{array}$$

U mértékegysége V.

Mennyiség Mértékegység

Sokszor egy sarok és a föld vagy a test közötti feszültséget adjuk meg. A testpont azután az a pont, amelyhez minden más feszültséget vonatkoztatunk, az ún. *vonatkoztatási pont*. Ha van vonatkoztatási pontunk, minden más sarokhoz rendelhető a vonatkoztatási ponthoz képest feszültség. Az adott vonatkoztatási ponthoz rendelt feszültséget *potenciálnak* nevezzük. A potenciálértékeket elsősorban a híradástechnikában és az autóvillamosságban használják.

¹ Alessandro Volta (1745–1827), olasz fizikus

A feszültség mérése

A feszültség nagyságát (l. a 6. oldalt) feszültségmérővel (voltmérővel) mérhetjük. A feszültségmérő két kapcsát összekötjük a feszültségforrás két sarkával. Közben ügyelni kell arra, hogy elegendően nagy értékre állítsuk a voltmérő méréshatárát. Ha ismeretlen nagyságú feszültség mérésekor a méréshatárt túl kicsire állítjuk, a műszer túlterhelődhet és meghibásodhat. Vannak mutatós (analóg) és számkijelzéses (digitális) voltmérők.



Vannak továbbá több méréshatárú, átkapcsolható feszültségmérő műszerek is. Ezenkívül választható rajtuk egyenfeszültségű és váltakozó feszültségű mérési tartomány.

A generátorok kapcsolási rajzához a DIN 40900 szabvány 6. része szerint különböző szimbólumokat használunk (MSZ 9200–9):

	elsősorban a forgógépekhez használható;
	a generátorok általában;
	a tápegység rajzjele;
	a galvánelem rajzjele.

Feszültségnevek

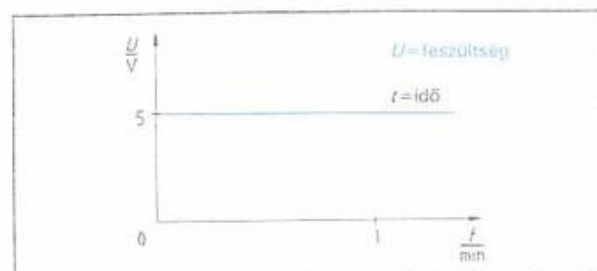
A feszültség meghatározott időtartamig állandó nagyságú és irányú. Ekkor *egyenfeszültségről* beszélünk (1. ábra).

Ha a vizsgált időtartam alatt a feszültség nagysága és előjele változik, akkor pedig váltakozó feszültségről vagy kevert feszültségről.

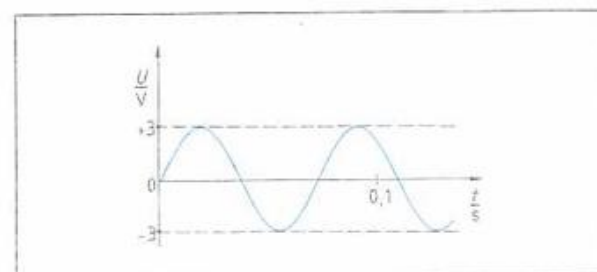
A 2. ábrán $+3V \dots -3V$ között ingadozó feszültség időbeli lefolyását ábrázoljuk, az ilyen feszültséget *váltakozó feszültségnek* nevezzük.

Váltakozó feszültség az, amelynek diagramjában a feszültséggörbe által határolt terület az időtengely felett ugyanakkora, mint az időtengely alatti.

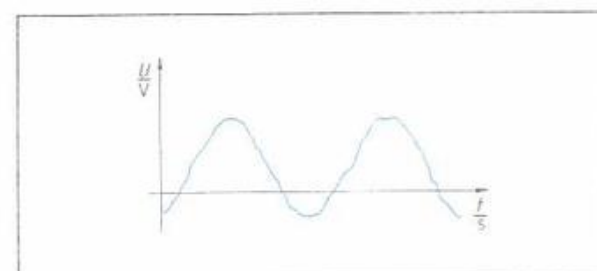
Ha ez a feltétel nem teljesül, akkor kevert feszültségről beszélünk (3. ábra). A kevert feszültség egyenfeszültségű és váltakozó feszültségű részből áll.



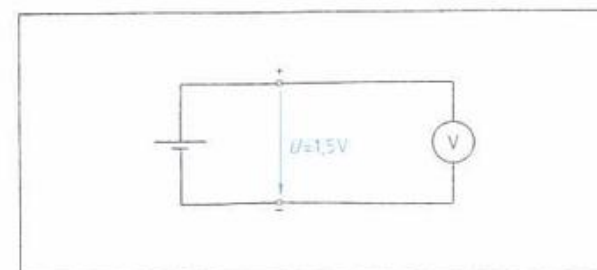
1. Az egyenfeszültség időbeli lefolyása



2. A váltakozó feszültség időbeli lefolyása



3. A kevert feszültség időbeli lefolyása

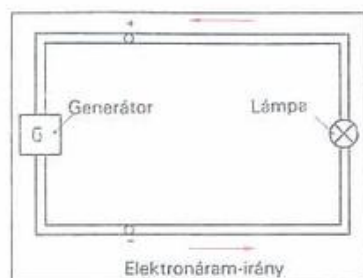


4. Feszültségmérés, A feszültségmérő csatlakoztatása

1.4. A villamos áram

Kapcsoljuk egy égő egyik kivezetését a feszültségforrás (generátor) pozitív, a másik kivezetését a negatív sarkára! Az elektronok ekkor a lámpa izzószálaán át a negatív pólustól a pozitív pólus felé áramlanak, mert a töltéshordozók ki akarnak egyenlítődni (1. ábra).

A negatív pólusnak elektrontöbblete, a pozitív pólusnak elektronthiánya van.



1. Elektronok áramlanak a generátor negatív sarkától az izzószálon át a pozitív sarok felé

A villamos áram mértékegysége

A vezetéken átáramló elektronokat villamos áramnak nevezzük. A villamos áramerősség alapegysége. Jelölése: I .

A villamos áram mértékegysége az amper¹ (jelölése: A):

$$[I] = A$$

Ha a vizsgált vezeték keresztmetszetén 1 s alatt $6,24 \cdot 10^{18}$ elektron halad át, akkor az áramerősség 1 amper.

Minden elektronnak egy elemi töltése van. Mondhatjuk tehát:

Az áramerősség 1 A, ha a vezeték keresztmetszetén másodpercenként $6,24 \cdot 10^{18}$ elemi töltés halad át.²

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$1 A = 6,24 \cdot 10^{18} e/s$$

e = az elemi villamos töltés jelölése.

$6,24 \cdot 10^{18}$ elemi töltés tesz ki 1 coulomb töltést (jele: C).

$$\begin{aligned} 1 \text{ coulomb} &= 1 \text{ amperszekundum} \\ 1 C &= 1 As. \end{aligned}$$

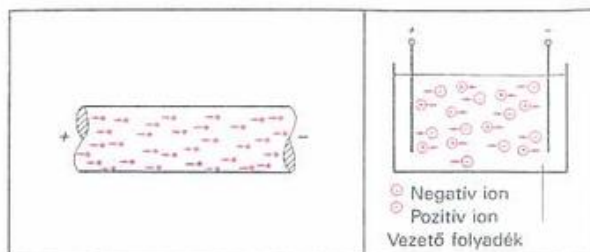
Azt mondjuk, hogy az áramerősség 1 A, ha a vezeték keresztmetszetén másodpercenként 1 C töltés halad át.

Elektron- és ionáram

A villamos áram nem feltétlenül elektronáram. Más villamos töltéshordozók is hozhatnak létre áramot. A fémekben, általában a vezető szilárd anyagokban csak az ún. *szabad elektronok* áramolhatnak. Folyadékokban ionok is mozoghatnak, a gázokban hasonlóképpen.

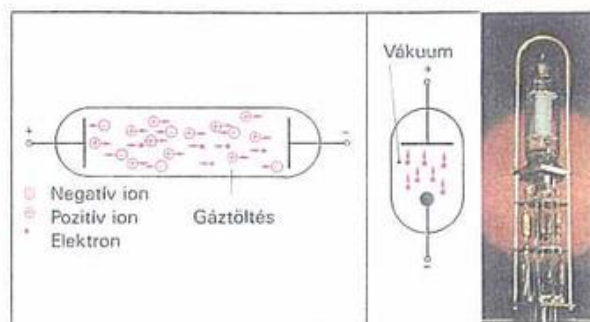
A következő töltéshordozó-mozgások — áramok — léteznek tehát:

1. Szilárd vezető anyagokban (túlnyomórészt fémekben) **elektronáram** (2. ábra).
2. Vezetőképes folyadékokban: **ionáram** (3. ábra).
3. Vezetőképes gázokban: **ionokból és elektronokból álló áram** (4. ábra).
4. Vákuumban: **elektronáram** (5. ábra).



2. Elektronáram rézhuzalban

3. Ionáram vezető folyadékban



4. Ion- és elektronáram gázban

5. Elektronáram vákuumban

A negatív töltéshordozók a negatív saroktól a pozitív sarok felé áramlanak. Ez az elektronáram iránya.

A negatív ionok áramlási iránya természetesen szintén a negatív saroktól a pozitív sarok felé mutat.

A pozitív ionok a pozitív saroktól a negatív felé áramlanak.

A múlt században az áramirányt a pozitív ionok áramlási irányához rendelték. Az összefüggéseket nem mérték pontosan. Úgy rögzítették, hogy a villamos áram a pozitív saroktól a negatív felé folyik.

Az így meghatározott áramirányt **pozitív konvencionális áramiránynak**³ vagy **technikai áramiránynak** nevezzük.

Az elektronok áramlási irányát a negatív saroktól a pozitív felé **elektronáram-iránynak** vagy **fizikai áramiránynak** nevezzük.

¹ Andre-Marie Ampère (1775–1836), francia fizikus

² 1 amper olyan, időben változatlan villamos áram erőssége, amely párhuzamosan, 1 m távolságú végtelen hosszú, elhanyagolhatóan kis, kör keresztmetszetű vezetékben folyik és vákuumban a vezetők 1 m hosszán $0,2 \cdot 10^{-6}$ N elektrodinamikuss erőket fejt ki (Mértékek és súlyok 9. nemzetközi konferenciája, 1948)

³ Konvenció: megállapodás (francia).

A villamos kapcsolási rajzokon túlnyomórészt a pozitív konvencionális áramirányt alkalmazzák. Ezekon az áramot ábrázoló nyíl a pozitív saroktól a negatív felé mutat (1. ábra).

Ha kapcsolási rajzon az elektronáram irányát akarjuk megadni, akkor jelezni kell, hogy az áramnyíl az elektronáram irányát mutatja (2. ábra). Ha a kapcsolási rajzon nincs ilyen utalás, akkor a pozitív konvencionális áramirány érvényes.

Az A mértékegységnek a következő decimális hányadaival és többszörösei vannak:

$$1 \text{ nA (nanoamper)} = \frac{1}{1\,000\,000\,000} \text{ A} = 10^{-9} \text{ A} = 6,24 \cdot 10^9 \text{ e/s}$$

$$1 \text{ }\mu\text{A (mikroamper)} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ A} = 10^{-6} \text{ A} = 6,24 \cdot 10^{12} \text{ e/s}$$

$$1 \text{ mA (milliamper)} = \frac{1}{1\,000} \text{ A} = 10^{-3} \text{ A} = 6,24 \cdot 10^{15} \text{ e/s}$$

$$1 \text{ A (amper)} = 6,24 \cdot 10^{18} \text{ e/s}$$

$$1 \text{ kA (kiloamper)} = 1\,000 \text{ A} = 10^3 \text{ A} = 6,24 \cdot 10^{21} \text{ e/s}$$

$$1 \text{ MA (megaamper)} = 1\,000\,000 \text{ A} = 10^6 \text{ A} = 6,24 \cdot 10^{24} \text{ e/s}$$

Jellemző áramerősségek

Rádió- és televízió-vételtechnika,	$\approx 1 \text{ nA} \dots 100 \text{ }\mu\text{A}$
Elektronika	$\approx 1 \text{ mA} \dots 10 \text{ A}$
Távközlés, elektronika	$\approx 100 \text{ mA} \dots 50 \text{ A}$
Háztartási üzemi villamos készülékek	$\approx 100 \text{ A} \dots 10 \text{ kA}$
Energiaátvitel	kb. 200 kA-ig
Villám	kb. 1 MA-ig
Atomkutatás	

A villamos áram mérése

Ha villamos áramot akarunk mérni, akkor a töltéshordozókat át kell engedni az árammérő (ampermérő) műszeren, ezért meg kell szakítanunk az áramkört (4. ábra).

Vannak mutatós (analóg) és számjegykijelzésű (digitális) árammérők. Ezek az áramot vagy egyetlen méréshatárban mérik, vagy több tartományban átkapcsolható a méréshatáruk.

A 4. ábrán láthatjuk, hogy az ampermérőt hogyan kell bekötni az áramkörbe.

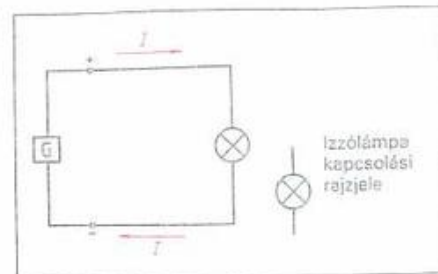
Egyenáramú ampermérők esetén figyelni kell a helyes polaritásra! A műszer pozitív sarka a pozitív sarokhoz csatlakozik. Váltakozó áramú műszereknél a polaritás tetszőleges.

Nagyon fontos, hogy a méréshatár elég nagy legyen. Ha túl kicsi, akkor a műszer meghibásodhat, esetleg tönkremehet. Ismeretlen nagyságú áram mérésekor a biztonság érdekében célszerű nagy méréshatárt választani. Ha kiderül, hogy a méréshatár túl nagy, a következő kisebb méréshatárra kapcsolunk. Ha ez is túl nagy, a következő kisebbre kapcsolunk át, és így tovább.

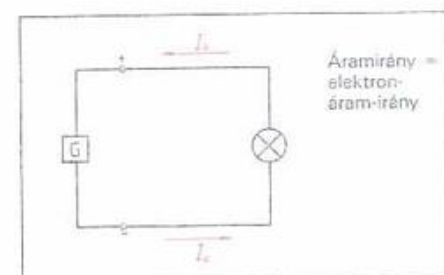
Áramméréskor mindig figyeljünk arra, hogy a „fogyasztó” (izzólámpa, motor, háztartási készülék, rádió, televízió) a 4. ábra szerint legyen bekötve. Ha kihagyjuk a fogyasztót, zárlatot okozunk, amitől az ampermérő tönkremehet.

Áramnemek

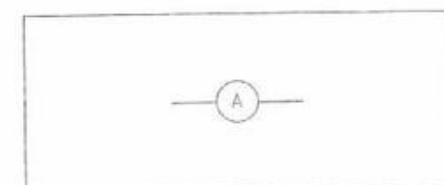
Több áramnemet különböztetünk meg. Az áramot akkor nevezzük egyenáramnak, ha a töltéshordozók állandó vagy változó áramerősséggel, de egy irányban haladnak (5. ábra).



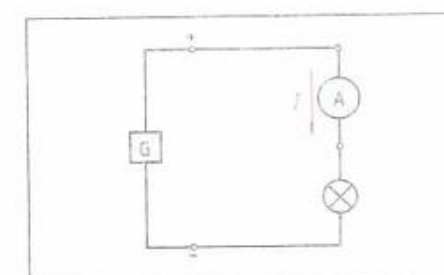
1. A pozitív konvencionális áramirány feltüntetése (technikai áramirány)



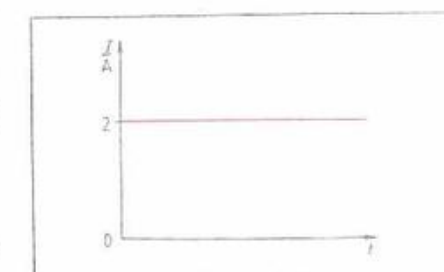
2. Az I_e elektronáram-irány feltüntetése (fizikai áramirány)



3. Árammérő kapcsolási rajzjele



4. Árammérő beiktatása. Az áramkört meg kell szakítani



5. Egyenáram időbeli lefolyása

Az egyenáram tehát azonos irányú töltéshordozó-áramlás állandó vagy változó áramerősséggel.

Váltakozó áramról akkor beszélünk, ha a töltéshordozó-áramlás a vizsgált időtartományban nagyságát és irányát periodikusan megváltoztatja.

Az áramerősség időbeli változása nagyon sokféle lehet. Az 1. ábrán különféle lehetséges időbeli lefolyású váltakozó áramokat láthatunk. A technikában a szinuszos váltakozó áramnak van a legnagyobb jelentősége.

A váltakozó áram olyan töltéshordozó-áramlás, amelynek iránya és áramerőssége a vizsgált időtartományban periodikusan¹ változik.

Vannak olyan töltéshordozó-áramlások is, amelyeknek a vizsgált időtartományban csak a nagysága változik, az iránya változatlan marad. Ilyen áram időbeli lefolyását láthatjuk a 2. ábrán. Ez nem valódi egyenáram, de valódi váltakozó áram sem: egyenáramú és váltakozó áramú összetevőkből áll. Ha összeadjuk a két összetevőt, amelyek időfüggvénye a 3. ábrán látható, a 2. ábra szerinti áramalakot kapjuk. Az ilyen töltéshordozó-áramlást összetett áramnak nevezzük. Nevezhetjük ezt az áramot lüktető egyenáramnak is. A kevert áram kifejezés azonban találóbb.

A kevert áram olyan töltéshordozó-áramlás, amelynek iránya állandó, de az áramerősség a vizsgált időtartományban periodikusan változik.

Nagy műszaki jelentősége van az ún. forgóáramnak. Ez az elnevezés gyakran téves elképzeléseket okoz. Nincs szó ugyanis semmiféle új áramnemről, csak három olyan szinuszos váltakozó áram együttes hatásáról, amelyek időbeli lefolyása a 4. ábrán látható.

Az áram azonban nem „forog”. A forgóáram elnevezés onnan ered, hogy a három áram együtt olyan, térben és időben változó mágneses mezőt hozhat létre, amelyet forgómezőnek nevezünk.

A töltéshordozók sebessége

A töltéshordozók (elektronok) a vezetőkben meghatározott sebességgel haladnak.

A mozgás sebessége függ:

1. a vezető anyagától;
2. a vezető keresztmetszetétől
3. az áramerősségtől;
4. a hőmérséklettől.

A szokásos sebesség:

$$0,001 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \quad \dots \quad 10 \frac{\text{mm}}{\text{s}}.$$

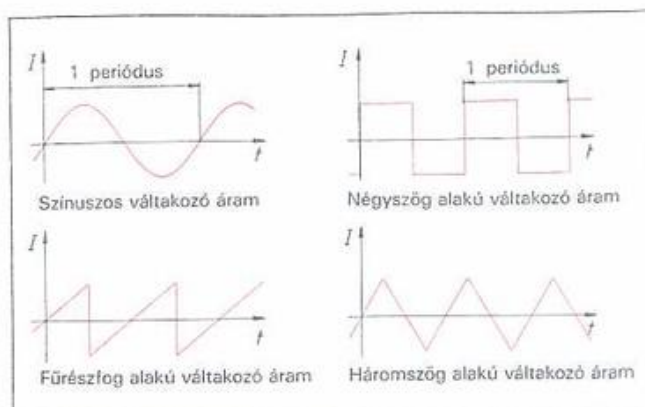
A töltéshordozók tehát viszonylag lassan mozognak.

A mozgásimpulzus ezzel szemben közel a c_0 fénysebességgel halad. Ezt úgy lehet elképzelni, hogy a mozgásimpulzus az elektronok kölcsönös meglökésével terjed.

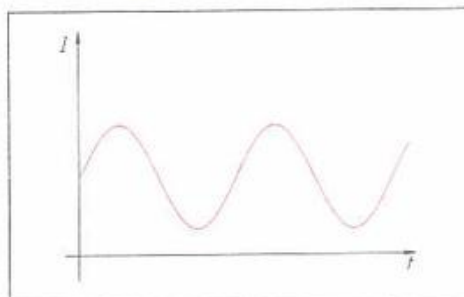
$$c_0 \approx 300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

A technikában alkalmazott vezetőkben a töltések mozgásimpulzusának terjedési sebessége $0,5 c_0 \dots 0,9 c_0$ között van.

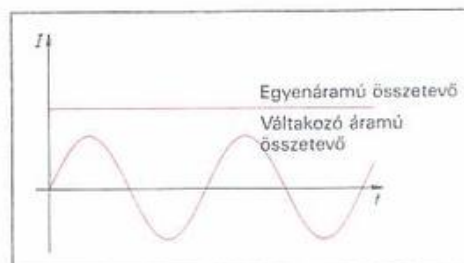
¹ Periodikus, rendszeresen ismétlődő



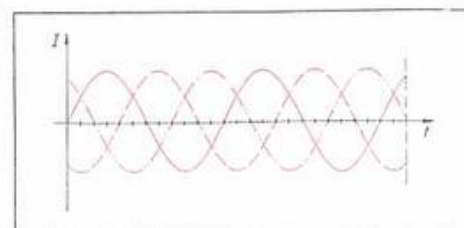
1. Különböző váltakozó áramok lefolyása



2. Keverő áram időbeli lefolyása



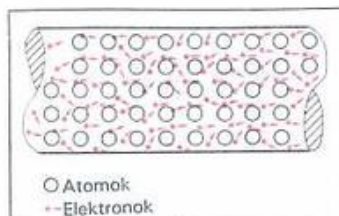
3. Keverő áram egyenáramú és váltakozó áramú összetevőjének időbeli lefolyása



4. Három váltakozó áram időbeli lefolyása: „forgóáram”

1.5. A villamos ellenállás

A vezetékekben az elektronok a fém-atomok között haladnak, ezért az áramlás nem akadálytalan. Az anyag az elektronáramlással szemben ellenállást tanúsít, ez az ellenállás korlátozza az áramerősséget (1. ábra).



1. Ellenálláshatás az áramlás akadályozásával (vázlatos ábrázolás)

Munkát kell végezni azért, hogy az ellenállás ellenében fenntartsuk az áramlást. Ez a munka hővé alakul. A vezeték, amelyben áram folyik, felmelegszik.

Ellenállás nem csak elektronáramlással szemben van. Vezető folyadékban is munkát kell végezni az ionáram fenntartásához. A vezető gázoknak is van ellenállásuk.

A villamos töltéshordozók mozgását akadályozza az ellenhatás, amit le kell küzdeniük. Ezt az ellenhatást villamos hatásos ellenállásnak nevezzük.

A villamos ellenállás egysége

A hatásos ellenállást röviden ellenállásnak, pontosabban villamos ellenállásnak nevezzük.

A villamos ellenállás jele: R (resistantia: ellenállás, latinul).

A villamos ellenállás mértékegysége az ohm¹ (jelölése: Ω)

$$[R] = \Omega.$$

Az Ω a görög ábécé betűje.

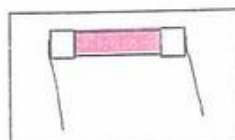
Az Ω mértékegységnek a következő decimális hányadai és többszörösei vannak:

1 $\mu\Omega$ (mikroohm)	=	$\frac{1}{1\,000\,000} \Omega = 10^{-6} \Omega$
1 m Ω (milliohm)	=	$\frac{1}{1000} \Omega = 10^{-3} \Omega$
1 k Ω (ohm)	=	$1000 \Omega = 10^3 \Omega$
1 k Ω (kiloohm)	=	$1000 \Omega = 10^3 \Omega$
1 M Ω (megaohm)	=	$1\,000\,000 \Omega = 10^6 \Omega$
1 G Ω (gigaohm)	=	$1\,000\,000\,000 \Omega = 10^9 \Omega$

A gyakoribb ellenállásértékek:

Rövid vezetékdarabok	$\approx 1 \mu\Omega$... 100 m Ω
Hosszú vezetékek	$\approx 0,1 \Omega$... 10 Ω
Izzólámpák és készülékek ellenállása a háztartásban	$\approx 10 \Omega$... 1000 Ω
Ellenállások az elektronikus készülékekben	$\approx 0,1 \Omega$... 1000 M Ω
Szigetelők ellenállása	$\approx 10 \text{ M}\Omega$... 1000 G Ω

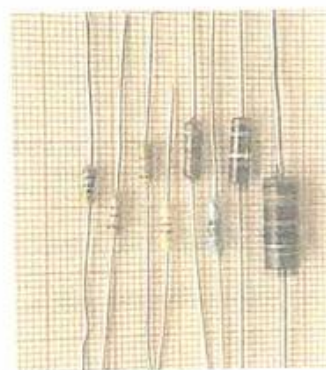
Sokszor meghatározott nagyságú ellenállásra van szükségünk. E célra olyan alkatrészeket állítanak elő, amelyeknek pontosan meghatározott az ellenállásuk. Vannak pl. 100 Ω ellenállású alkatrészek (2. ábra). Az egyszerűség kedvéért ezeket az ellenállást kifejtő alkatrészeket ellenállásoknak nevezzük.



2. Ellenállás mint alkatrész, pl. 100 Ω -os



3. Az ellenállás kapcsolási rajzjele



Ellenállás és ellenállásérték

Ha ellenállásról beszélünk, egyrészt az ellenállást mint alkatrészt, másrészt egy vezető ellenállásának az értékét értjük alatta.

Az ellenálláshatás jellemzésére az ellenállás értékét az alkatrész megnevezésére az ellenállás kifejezést használjuk.

Fajlagos ellenállás, a vezetékek ellenállása

A különböző anyagok a villamos árammal szemben eltérő ellenállásúak. Ennek oka az anyagok eltérő atomi és molekuláris felépítése.

A különböző anyagok ellenállásának összehasonlítására azonos méretű próbadarabokra van szükség.

A próbadarabok rögzített méretűek:

$$\begin{aligned} \text{Hossz:} & \quad l = 1 \text{ m} \\ \text{Keresztmetszet:} & \quad A = 1 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Ennek az 1 m hosszú és 1 mm² keresztmetszetű huzalnak az ellenállását 20 °C hőmérsékleten mérik.

Néhány példaként kiválasztott anyag ellenállásértéke:

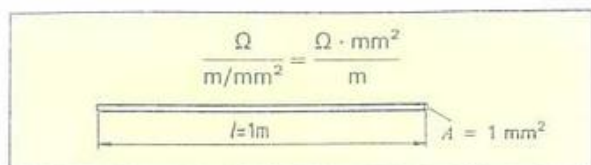
Anyag	1 m hosszú, 1 mm ² keresztmetszetű huzal ellenállása 20 °C hőmérsékleten, Ω
Réz	0,0178
Alumínium	0,028
Vas	0,12
Ezüst	0,016
Arany	0,023

¹ Georg Simon Ohm (1789–1854), német fizikus

Az így mért ellenállásérték neve a **fajlagos ellenállás**.

A réz fajlagos ellenállása tehát a táblázat alapján: 0,0178.

A fajlagos ellenállás mértékegysége nem csak ohm, hanem amiatt, hogy a vezeték méretei $l = 1 \text{ m}$, $A = 1 \text{ mm}^2$: $\Omega \text{ per m}$, per mm^2 , vagy $\Omega \cdot \text{m}$.



1. A vezeték méretei és az a hőmérséklet, amelyre a ρ fajlagos ellenállás vonatkozik

A fajlagos ellenállás jele a ρ , a görög ábécé betűje.

A fajlagos ellenállás jele: ρ , $[\rho] = \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$

A fémek fajlagos ellenállása:

Anyag	$\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ -ben 20 °C-on,
Réz	0,01786 ¹
Alumínium	0,02857 ¹
Vas	0,10 ... 0,15
Ezüst	0,016
Arany	0,023

A ρ fajlagos ellenállás segítségével ki tudjuk számítani egy tetszőleges méretű vezeték ellenállását.

1 m hosszú és 1 mm^2 keresztmetszetű rézhuzal ellenállása 20 °C hőmérsékleten: 0,0178 Ω .

Vegyünk egy 2 m hosszú, 1 mm^2 keresztmetszetű rézhuzalt, ennek ellenállása az előbbi kétszerese: 0,0356 Ω .

Az ellenállás nagysága háromszoros hossz esetében háromszoros, tetszőleges l m hosszúság mellett l -szeres értékű. Azt mondhatjuk, hogy az R ellenállásérték arányos a vezeték hosszával, ha a keresztmetszet változatlan: $R \sim l$. $A \sim$ az arányosság jele.

Kétszeres vezeték hosszra az elektronoknak kétszeres utat kell megtenniük, így kétszer annyi akadályt kell leküzdeniük. Belátható, hogy ekkor az ellenállás értéke kétszeres, amit kísérletek is igazolnak.

Nézzük most a rézhuzalt 1 m hosszúsággal és 2 mm^2 keresztmetszettel! A keresztmetszet kettőzésekével az elektronok áramlására kétszeres keresztmetszet áll rendelkezésre. Az ellenállás értéke ezért az eredetinek a fele.

Háromszorozva a keresztmetszetet az ellenállásérték a harmadára csökken.

A vezeték ellenállása tehát fordítottan arányos a keresztmetszettel:

$$R \sim \frac{1}{A},$$

A a keresztmetszet.

E két összefüggésből:

$$R \sim l \text{ és } R \sim \frac{1}{A},$$

a következő kifejezés következik: $R \sim \frac{l}{A}$

Tehát a vezeték R ellenállása egyenesen arányos az l hosszal és fordítottan arányos az A keresztmetszettel. Amikor ki akarjuk számítani az R ellenállás nagyságát, az arányossági jel helyére a ρ fajlagos ellenállás kerül.

A következő képletet kapjuk:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

Mivel ρ értéke 20 °C hőmérséklethez tartozik, R a vezeték ellenállása 20 °C-on.

Példa:

Mekkora egy 30 m hosszú és 1,5 mm^2 keresztmetszetű rézhuzal ellenállása?

A réz fajlagos ellenállása:

$$\begin{aligned} \rho &= 0,01786 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \\ R &= \frac{\rho \cdot l}{A} \\ R &= \frac{0,01786 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 30 \text{ m}}{1,5 \text{ mm}^2} \\ R &= \underline{0,357 \Omega} \end{aligned}$$

A rézhuzal ellenállása 0,357 Ω .

Azoknál a nagy keresztmetszetű és rövid testeknél, amelyek erősen akadályozzák az áramvezetést (szigetelők), a ρ fajlagos ellenállást kocka alakú próbatesten mérjük.

E testet 1 cm^2 keresztmetszetűnek és 1 cm hosszúságúnak választjuk, és az ellenállását 20 °C hőmérsékleten mérjük.



2. A szigetelőanyag méretei és az a hőmérséklet, amelyre az $\Omega \cdot \text{cm}$ mértékegységű ρ fajlagos ellenállás vonatkozik

Fejezzük ki az $R = \frac{\rho \cdot l}{A}$ képletből ρ értékét! A kö-

vetkező egyenletet kapjuk: $\rho = \frac{R \cdot A}{l}$.

¹ Középték a DIN 40 500 és 40 501 szabvány szerint

A fajlagos ellenállás mértékegységét így kapjuk:

$$[\varrho] = \frac{\Omega \cdot \text{cm}^2}{\text{cm}} = \Omega \cdot \text{cm}$$

Azon anyagok fajlagos ellenállását amelyeknek a villamos árammal szemben nagy az ellenállásuk, $\Omega \cdot \text{cm}$ értékben adják meg.

A fajlagos ellenállás $\Omega \cdot \text{cm}$ -ben megadva azonos számérték mellett 10^{-4} -szer kisebb, mint az $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ -ben megadott fajlagos ellenállás.

Ezt a következő számítás igazolja:

$$\Omega \cdot \text{cm} = \frac{\Omega \cdot \text{cm}^2}{\text{cm}} = \frac{\Omega \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{10^{-2} \text{ m}} = 10^{-1} \Omega \cdot \text{m}$$

$$1 \Omega \cdot \text{cm} = 10^{-2} \Omega \cdot \text{m}$$

$$1 \Omega \cdot \text{m} = 10^2 \Omega \cdot \text{cm}$$

Szigetelőanyagok fajlagos ellenállása:

Anyag	ρ , $\Omega \cdot \text{cm}$ -ben, 20 °C-on
Üveg	$10^{11} \dots 10^{17}$
Csillám	$10^{15} \dots 10^{16}$
Porcelán	$10^{14} \dots 10^{15}$
Keménypapír	$10^9 \dots 10^{10}$
Kaucsuk	$10^{16} \dots 10^{17}$
Fenolgyanta	$10^{10} \dots 10^{12}$
Polietilén	$10^{15} \dots 10^{16}$
Polisztirol	$10^{14} \dots 10^{20}$
PVC	$10^{12} \dots 10^{14}$ lágy
	$10^{14} \dots 10^{16}$ kemény

A talaj fajlagos ellenállását 1 m-es élű kockán mérik.

$$[\varrho] = \frac{\Omega \cdot \text{m}^2}{\text{m}} = \Omega \cdot \text{m} \quad 1 \Omega \cdot \text{m} = 100 \Omega \cdot \text{cm}$$

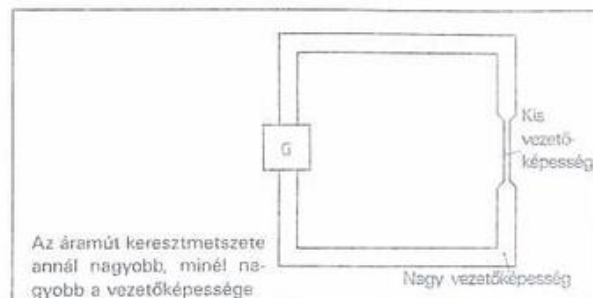
A talaj fajlagos ellenállásának közepes értékei

Földfajta	ρ , $\Omega \cdot \text{m}$	Földfajta	ρ , $\Omega \cdot \text{m}$
Láptalaj	30	Nedves murva	500
Szántóföld	100	Száraz homok	1000
Nedves homok	200	Sziklás talaj	3000

1.6. Villamos vezetőképesség

A villamos ellenállás azt mutatja, hogy a villamos áram akadályozása milyen mértékű. Minél nagyobb az ellenállás értéke, annál erősebb az áram fékezése.

Természetesen azt is megadhatjuk, hogy mennyire jó az áramvezetés. Ez a villamos vezetőképesség (1. ábra).



1. Áramút vezetőképességének ábrázolása

A villamos vezetőképesség megmutatja, hogy mennyire jó a villamos áram vezetése:

Nagy ellenállásérték → kis vezetőképesség.

Kis ellenállásérték → nagy vezetőképesség.

A villamos vezetőképesség az ellenállásérték reciproka

A vezetőképesség jele: G .

Tehát:

$$G = \frac{1}{R}$$

$$R = \frac{1}{G}$$

A villamos vezetőképesség mértékegysége

A villamos vezetőképesség mértékegysége: $\frac{1}{\Omega}$.

Ezt a mértékegységet siemensnek¹ is nevezzük, rövidített jelölése: S .

$$[G] = S = \frac{1}{\Omega}$$

Azokat az alkatrészeket, amelyeket villamos vezetőképességgel jellemzünk, a villamos kapcsolási rajzokban az ellenállás rajzjelével jelöljük. Ez megengedhető, mert a vezetőképesség az ellenállás reciproka.

1. példa:

Egy vezeték ellenállása 5 Ω . Mekkora a vezetőképessége?

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{5 \Omega} = 0,2 S$$

A vezetőképessége tehát 0,2 siemens.

¹ Ernst Werner von Siemens (1816–1892), német mérnök és vállalkozó

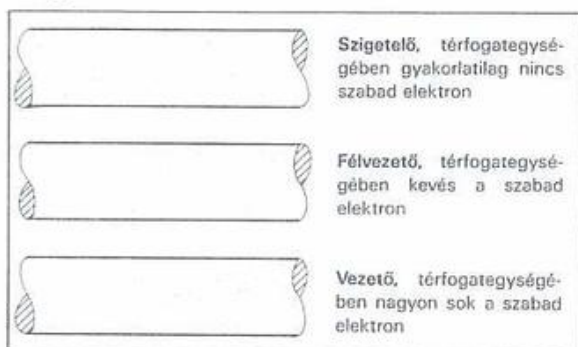
Vezetők, félvezetők, szigetelők

Vannak olyan anyagok, amelyek a villamos áramot nagyon jól vezetik, és olyanok, amelyek gyakorlatilag nem vezetnek. E kettő között van az anyagoknak egy közös vezetőképességű csoportja. Az anyagokat három csoportra osztjuk:

Vezetők Félvezetők Szigetelők

A vezetők azok az anyagok, amelyek a villamos áramot jól vezetik.

A vezetők közé tartozik minden fém, minden iontartalmú folyadék, és azok a gázok, amelyek térfogategységében sok ion és szabad elektron van (gerjesztett gázok).



1. Szabad elektronok vezetőkben, félvezetőkben és szigetelőkben (vázlatrajz)

A szilárd anyagok annál jobb vezetők, minél több szabad elektron van minden cm^3 -nyi térfogatukban. A réz cm^3 -enként kb. 10^{23} szabad elektront tartalmaz (1. ábra).

Szabad elektronnak azokat az elektronokat nevezzük, amelyek már nincsenek az atommaghoz kötve vagy könnyen leválaszthatók róla.

A folyadékok annál jobb vezetők, minél több ion van bennük cm^3 -enként.

A gázok vezetőképessége a gerjesztési állapotuktól függ. Minél több elektron és ion van a gázoszlop térfogategységében, annál jobban vezetnek.

Szigetelők azok az anyagok, amelyek áramot gyakorlatilag nem vezetnek. Ezért nevezzük őket szigetelőknak. Minden anyag, amit szigetelőnek használunk, ebbe a csoportba tartozik.

A szigetelők közé tartozik például a legtöbb műanyag, üveg- és kerámiaféleség. Ezekben az anyagokban (szinte) nincs szabad elektron, ezért elektronáramlás gyakorlatilag nem lehet bennük. Csöppnyi áram azonban kialakulhat, vagyis nincsenek abszolút szigetelők. Természetesen vannak folyékony szigetelők is. A legtöbb olajban nincsenek ionok, ezért jó szigetelők.

Azok a gázok, amelyekben nulla vagy majdnem nulla a szabad elektronok és ionok száma, szintén szigetelők. A levegő, különösen a száraz levegő jó szigetelő.

A félvezetők vezetőképessége a vezetőkénél sokkal kisebb, de sokkal nagyobb, mint a szigetelőké.

A félvezetők vezetőképessége a cm^3 térfogatukban lévő szabad töltéshordozók számának a függvénye. Ez a szám viszont az anyag szerkezetétől (pl. kristályszerkezet), az idegen anyagok okozta szennyezettségtől és az anyag hőmérsékletétől függ (mintegy $10^{14} \dots 10^{16}$ elektron/ cm^3). A félvezetők csak meghatározott feltételek mellett vezetnek. Ezért nehéz pontosan megadni a félvezetők áramvezető képességét.

Az anyagoknak azt a tulajdonságát, hogy villamos áramot képesek vezetni, vezetőképességnek nevezzük.

Fajlagos villamos vezetőképesség

Eltérő anyagok vezetőképességének összehasonlításához azonos méretű anyagmintákra van szükség. Ugyanúgy, mint a fajlagos ellenállás meghatározásakor, 1 m hosszúságú, 1 mm^2 keresztmetszetű, rúd alakú mintát vagy 1 cm élhosszúságú kockát veszünk alapul.

Ezen testek 20 °C hőmérsékleten mért vezetőképességét nevezzük **fajlagos vezetőképességnek**.

A fajlagos vezetőképesség a ρ fajlagos ellenállás reciproka.

A fajlagos vezetőképesség jele: χ ¹ (kis görög kappa):

$$\chi = \frac{1}{\rho} \quad \rho = \frac{1}{\chi}$$

A vezetőképesség mértékegysége:

$$[\chi] = \frac{\text{S}}{\text{m}}$$

A vezeték ellenállása tehát a következő képlettel is számítható:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}, \quad R = \frac{l}{\chi \cdot A}$$

A vezetőképesség, $G = \frac{1}{R}$, tehát

$$G = \frac{A}{\rho \cdot l}, \quad G = \frac{\chi \cdot A}{l}$$

2. példa:

Mekkora a réz fajlagos vezetőképessége, ha fajlagos ellenállása:

$$\rho_{\text{Cu}} = 0,01786 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$$

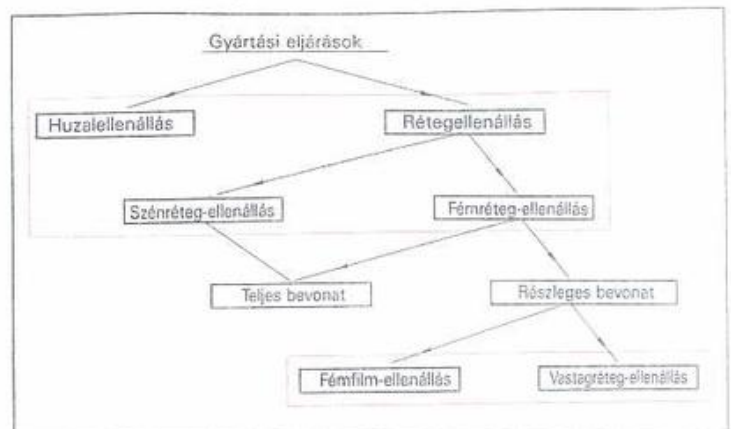
$$\chi = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{0,01786 \cdot 10^{-6}} \approx 56 \frac{\text{S}}{\text{m}}$$

¹ A DIN 1304 szerint a fajlagos vezetőképesség jelölésére γ , σ , χ a megengedett

1.7. Az ohmos ellenállások kiviteli formái és gyártási eljárásai

A használatos ellenállások alapanyagától, alakjától és jellegétől függően huzal- és rétegellenállásokat különböztetünk meg. Utóbbiakat szén- és fémréteg-ellenállásokra osztjuk. A fémréteg-ellenállások egy része a különleges gyártási eljárás alapján a fémfilm-ellenállás elnevezést kapta. Ezek vékony vagy vastag film kivitelűek lehetnek.

Az ellenállás alapanyagot hőálló, többnyire rúd alakú szigetelőtestre viszik fel. A kivezetések az áramkörbe építésre valók. Az ellenállásokat nedvesség és más károsodás ellen megfelelő védőréteggel vonják be.



1. A gyártási eljárások áttekintése

Huzalellenállások

Kerámiatest hordozza az ellenálláshuzalból készült tekercselést. Csak nagy fajlagos ellenállású alapanyag használható, különben túlságosan nagy vezetékosszra és ellenállástestre lenne szükség.

A huzalhosszt a következő képlet adja:

$$l = \frac{R \cdot A}{\varrho}$$

Alapanyagként speciális ellenállásötvözeteket használnak (l. a 3. ábra táblázatát).

Példa:

Milyen hosszú huzal szükséges egy 490 Ω -os ellenállás előállításához, ha 0,2 mm átmérőjű CuNi 44 huzalt használunk?

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{0,2^2 \text{ mm}^2 \cdot 3,14}{4}$$

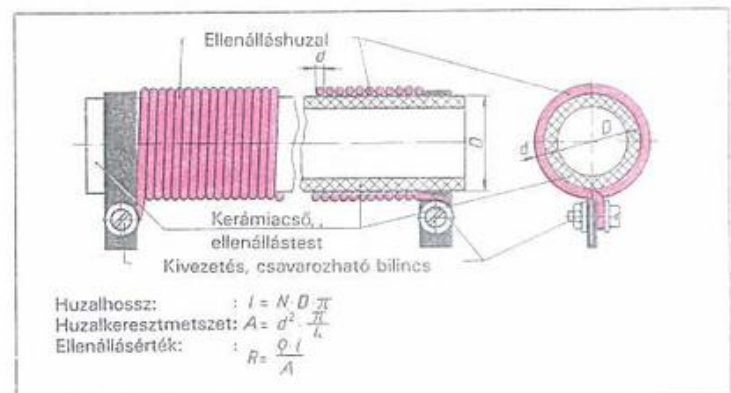
$$A = \frac{0,04 \cdot 3,14}{4} \text{ mm}^2 = 3,14 \cdot 10^{-2} \text{ mm}^2$$

$$l = R \cdot \frac{A}{\varrho} = \frac{490 \Omega \cdot 3,14 \cdot 10^{-2} \text{ mm}^2}{0,49 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}}$$

$$= \frac{4,9 \cdot 3,14 \text{ m}}{0,49}$$

$$l = 31,4 \text{ m}$$

A menet—menet melletti tekercselés miatt szigetelésre van szükség ahhoz, hogy elkerüljük a menetzárlatot (4. ábra). A menetzárlat egy vagy több menet közötti villamos érintkezést jelent. Az áram ekkor az érintkezési pontokon át folyik.

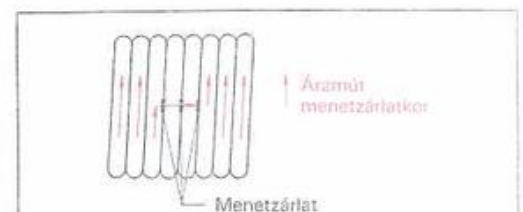


2. Tekercselt ellenállás elvi felépítése

Alapanyag	Fajlagos ellenállás $\varrho_{20} \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$	Ellenálláshőmérsékleti tényező $\alpha \frac{1}{\text{K}}$	Max. megengedett huzalhőmérséklet $T_{\text{max}} \text{ } ^\circ\text{C}$ DIN 17470
CuNi44 (Konstantan)	0,49	$-0,04 \cdot 10^{-3}$	600
CuMn 12 Ni (Manganin)	0,43	$\pm 0,01 \cdot 10^{-3}$	60 (precíziós ellenállás)
CuNi 30 Mn (Nickelin)	0,40	$+0,15 \cdot 10^{-3}$	—
CrAl 205 (Aluchrom)	1,37	$+0,05 \cdot 10^{-3}$	—
NiCr 80 20 (Cronix)	1,12	$+0,075 \cdot 10^{-3}$	1100

3. Ellenállás-alapanyagok táblázata

4. Menetzárlat



Az ellenállás értéke tehát a menetzárlat miatt csökken. A kellő szigetelést lakkbevonattal vagy felületi oxidréteggel érik el.

Nagy áramú ellenállásokhoz a szokásos kerek huzalok helyett lapos, négyszögletes huzalt használnak azért, hogy a tekercsteret jobban kihasználják.

A huzal kezdetén és végén a csatlakozást lehet forrasztani, hegeszteni, préselni vagy csavarozni. Az ellenállások felhasználásához illeszkedve különböző kapcsolásokban eltérő kivezetési módok közül választhatunk:

Forrasztófüles, bilincses, huzalos kivezetés sapkával vagy anélkül.

Az ellenállás alkalmazásától függően választják meg a felületvédelmet. A gyártók a huzalellenállásokat bevonat nélkül, lakkozva, cementálva, zománcozva vagy különleges kerámiába ágyazva hozzák forgalomba. Némelyik zománc elektrolitikusan bomlik, ezért egyenáramú áramkörben nem alkalmazható. Csak váltakozó áram esetén, amit meg is jelölnek ezeken az ellenállásokon.

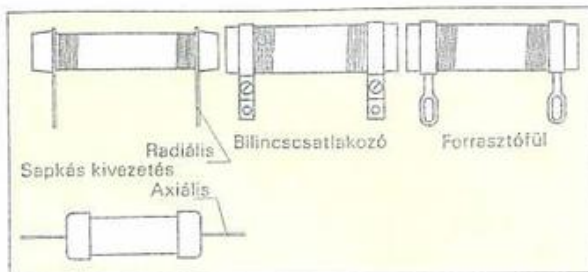
Az ellenállások tekercselésének inductivitása is van. Az unifiláris¹ tekercselésű ellenállások inductivitása akár 10 mH is lehet (l. a 110. oldalt).

Speciális módszerekkel, pl. bifiláris² tekercseléssel vagy meander³ alakú kivittel (öntött ellenállás) olyan kisinduktivitást lehet elérni, hogy ezek nagyfrekvenciás áramkörben is alkalmazhatók. Nagy áramerősséghez öntött ellenállásokat vagy olyan lemezellenállásokat használnak, ahol a villamos vezető szigetelhálóba van szőve. A szigetelháló anyaga üveg és szuper poliamid lehet.

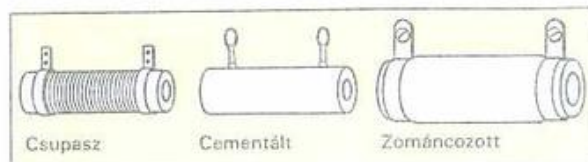
Rétegellenállások

Az ellenállásanyagot vákuumban elgőzöltetik, és az összefüggő rétegben lecsapódik a kerámiatestre. Az anyag fajtája szerint az ellenállás szénréteg, fémréteg, nemesfémréteg (EMS) kivitelű lehet.

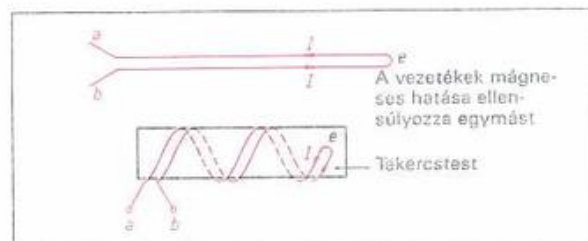
Az előbbi felgőzölő-eljáráson kívül a réteg mártogatással vagy beégetéssel is előlítható. A fém tiszta nikkell vagy króm-nikkell ötvözet.



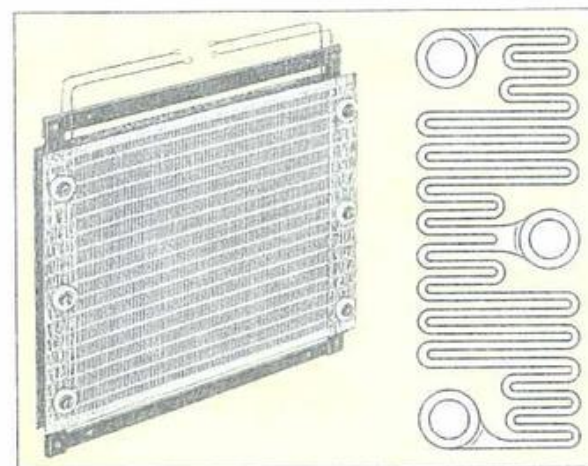
1. Csatlakozóelemek



2. Felületfajták

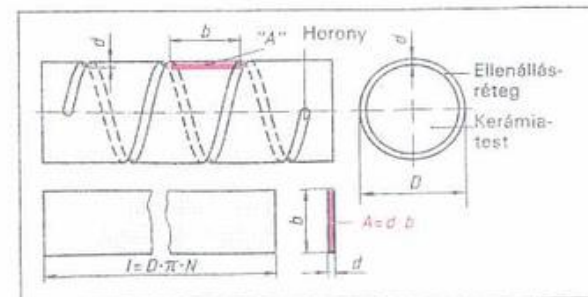


3. Bifiláris tekercselés elvi vázlata



4. Lemezellenállás

5. Meander alakú öntött ellenállás



6. Spirális horony

¹ Unifiláris: egyszál (latin)

² Bifiláris: kétszál (latin)

³ Meander egy kanyargó török folyó

Kis ellenállásérték gyártásakor az érték a megfelelő rétegvastagsággal beállítható. A rétegvastagság kb. $10 \text{ nm} \dots 10 \mu\text{m}$ között lehet. Az érték pontos beállítását gyakran spirális horony beköszörülésével érik el (l. a 6. ábrát a 16. oldalon). A spirális szakaszban a réteg ettől szalag alakú lesz, hossza az ellenállásérték egyik tényezője. A horony menetemelkedését csökkentve a szalag keskenyebb és hosszabb lesz, így az ellenállásérték nő. Ezzel a módszerrel nagy ohm-értékű ellenállások állíthatók elő:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}; l = \pi \cdot D \cdot N; A = d \cdot b \text{ (l. a 12. oldalt)}$$

Az így készített ellenállások nagy induktivitásuk miatt nagyfrekvenciás körben nem használhatók. E célra hosszanti hornyokat és/vagy meander alakú kereszt-hornyokat köszörülnek.

Köszörűkorong helyett a barázda lézersugárral¹ is kialakítható.

Az ellenállástest kerámiaanyagának kiválasztása, a felület kezelése a réteg felvétele előtt döntően befolyásolja az ellenállás minőségét.

A rétegenállások kivezetése túlnyomóan sapkával vagy anélkül készült huzalkivezetés.

Sapkás kivitel: a sapkát sajtolással kötik a bevont kerámiatesthez, és hozzá van hegesztve a huzalkivezetés.

Sapka nélküli kivitel: a kerámia homlokoldalait fémmel vonják be. A huzalkivezetést ezzel a fémbevonattal forrasztják össze.

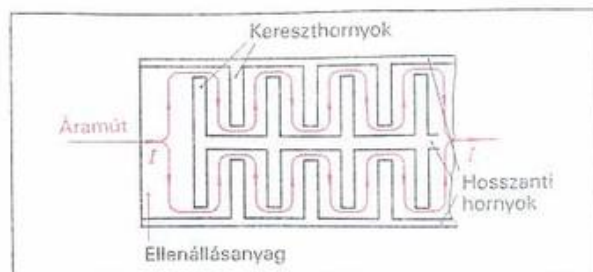
Azokat az ellenállásokat, amelyeket álló helyzetben szerelnek nyomtatott áramkörbe, a gyártók már e célra előre kialakított huzalkivezetéssel szállítják. A teljesen szigetelt ellenállásokat ott használják, ahol azokat nagyon szorosan egymás mellé kell szerelni. Az egyes kivezetések nemkívánatos érintkezése ezáltal elkerülhető.

A szalagra felragasztott ellenállások megkönnyítik a nyomtatott áramkörök gépi beültetését. A beültető-automaták az ellenállás kivezetését méretre vágják és hajlítják, ezután a huzalt a nyomtatott áramköri lemez megfelelő furatába helyezik.

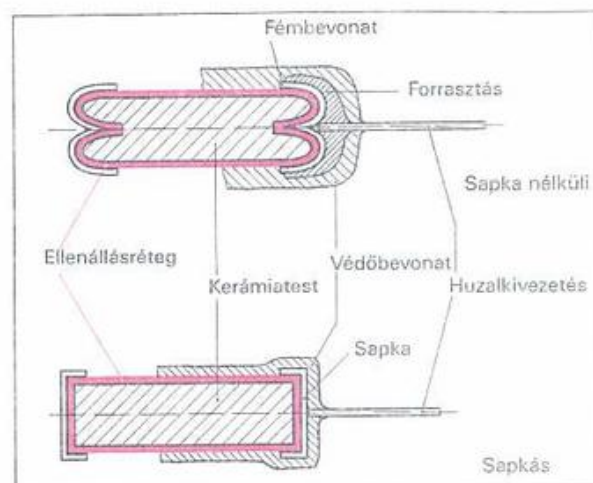
A környezet behatásai ellen egy- vagy többszörös lakkbevonat és/vagy műgyantaréteg védi őket.

Miniatűr fémréteg-ellenállások

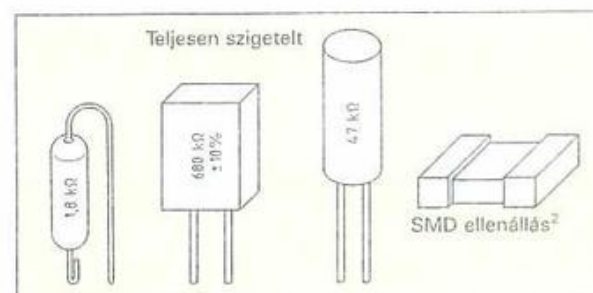
Sík alaplemezre olyan meghatározott alakú és méretű fémréteget visznek fel, amelynek ellenállásértéke a megkívánt értékű. Ellentétben az eddig elmondott teljesen bevonattal, az alaplemezen a bevonat részleges és igen kis méretű (miniatűrízálás), például csak egy csík. Az alkalmazott eljárás alapján vékony- és vastagfilm-technika különböztethető meg.



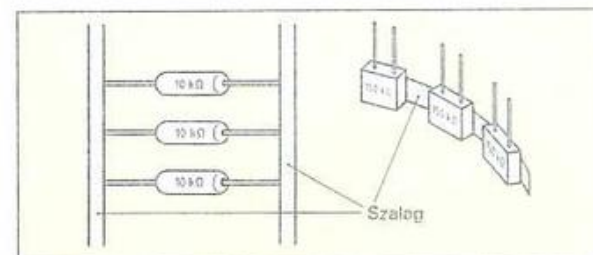
1. Meander-köszörülés



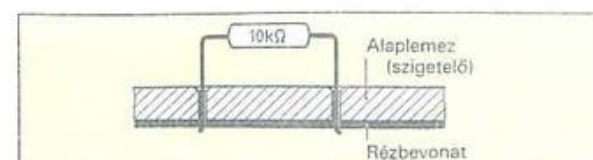
2. Rétegenállások



3. Nyomtatott áramköri kivitel



4. Gépi beültetéshez való kivitel



5. Beültetett nyomtatott áramköri lemez

¹ Lézersugár: élesen fókuszált fénysugár vágásra és darabolásra

² Surface Mounted Device: felületszerelt alkatrész (angol)

1.8. Az ohmos ellenállások jellemzői és előírásai

Az ellenállás kiválasztásakor, amelyet sokféleképpen gyárthatnak, a követelményekből kell kiindulni. Annak eldöntésére, hogy az a meghatározott követelményeket teljesíti-e, a jellemző adatok adnak alapot.

IEC-sorok:

E6, E12, E24, E48, E96 stb.

E6 ±20%	E12 ±10%	E24 ±5%
1,0	1,0	1,0
		1,1
	1,2	1,2
		1,3
1,5	1,5	1,5
		1,6
	1,8	1,8
		2,0
2,2	2,2	2,2
		2,4
	2,7	2,7
		3,0
3,3	3,3	3,3
		3,6
	3,9	3,9
		4,3
4,7	4,7	4,7
		5,1
	5,6	5,6
		6,2
6,8	6,8	6,8
		7,5
	8,2	8,2
		9,1

Ezek a DIN vagy IEC¹ által szabványosított előírások, a névleges érték, az érték tűrése, a jósági osztály, a teljesítmény, a megengedett legnagyobb feszültség stb. Ezek a jellemzők írják le az ellenállás villamos tulajdonságait. Kiválasztásakor a műszaki szempontokon kívül a minőségi követelménynek és az ezzel összefüggő árának is szerepe van.

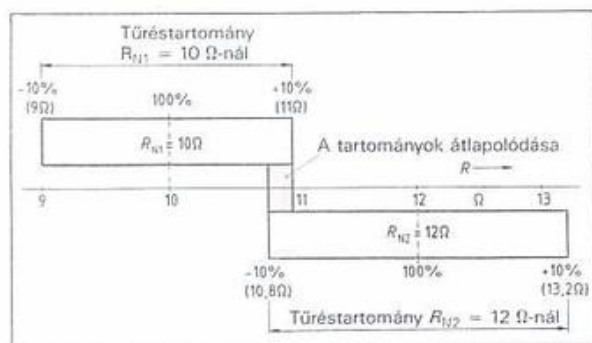
Az R_N névleges ellenállásérték

Az ellenállás névleges értéke az az érték, amely 20 °C hőmérsékleten mérhető. Ezt ohm-értékben adják meg, amelyet rányomtatnak, vagy színgyűrűkkel, ill. színpontokkal kódolva.

1. IEC-sorok

E6	E12	E24	E48	E96
±20%	±10%	±5%	±2%	±1%

2. Az IEC-sorok megengedett tűrései (toleranciái)



3. Az E 12 sor tűréshatárai

Egyes dekad	1	1,2	1,5	1,8	2,2	2,7	3,3	3,9	4,7	5,6	6,8	8,2 Ω
Tíz-es dekad	10	12	15	18	22	27	33	39	47	56	68	82 Ω
Száz-as dekad	100	120	150	180	220	270	330	390	470	560	680	820 Ω
Ezres dekad stb.	1000	1200	1500	1800	2200	2700	3300	3900	4700	5600	6800	8200 Ω

4. Az E 12 sor értékei különböző dekadokban

A gazdaságos készletezés érdekében a gyártók az ellenállásokat az IEC szabványsoraiban meghatározott értékekkel szállítják.

Minden ilyen sornak meghatározott szorzószáma vagy százaléktényezője van, amivel a soron következő értéket az előzőből ki lehet számítani.

Az E 12 és E 14 sorok tagjait használják leginkább.

Egy dekádon² belül 12, ill. 24 érték van. Ez a szám szolgáltatja a szorzótényezőt, amely $\sqrt[12]{10} \approx 1,21 \approx 121\%$ ill. $\sqrt[24]{10} \approx 1,1 \approx 110\%$

Példaként az E 12 sor 12, kerekítve számított értéke az 1...10 dekádban a következő:

- 1,0 Ω
- 1,2 Ω
- 1,5 Ω
- 1,8 Ω
- 2,2 Ω
- 2,7 Ω
- 3,3 Ω
- 3,9 Ω
- 4,7 Ω
- 5,6 Ω
- 6,8 Ω
- 8,2 Ω

1,2·8,2 Ω ≈ 10 Ω. Ez a 10...100 dekad első értéke.

Ebből a sorból az ellenállás kiválasztására csak a meghatározott névleges értékek léteznek. Ha egy számítás eredménye 500 Ω, akkor a legközelebbi szabványos értéket, a 470 Ω-t kell használnunk. Más sorokra értelemszerűen ugyanez vonatkozik.

Az ellenállásértékek gyártási tűrése

Az ellenállások gyártásakor az ellenállásértékben meghatározott tűrés, tolerancia¹ megengedett. A szabványos ellenállások ±0,5%; ±1%; ±2%; ±5%; ±10%; ±20% tűréssel szállíthatók. Ezek a gyártási tűrések mindig egy IEC-sor értékeit adják.

Az E 12 sorban a következő értékig 20% a növekedés. Ennél a 20%-os távolságnál a névleges érték

¹ IEC: Internationale Elektrotechnische Commission (Nemzetközi Elektrotechnikai Egyesület)

² Dekád: deka = tíz; olyan számtartomány, amelynek kezdő- és végértéke között 10-es szorzó van, pl. 10...100, 100...1000 (görög)

³ Tolerare: elviselni, „lehetséges” eltérés (latin)

az $R_{N1} = 10 \Omega$ és $R_{N2} = 12 \Omega$ között a 11Ω egyenlő távolságban van. Ez a 11Ω a 10Ω -tól $+10\%$ és a 12Ω -tól kb. -10% távolságban van. Minden közbenső érték kb. 10% távolságban van a szomszédos névleges értéktől. A sor tehát 10% gyártási tűrést enged meg.

Az ellenállás tűrését, akár magát a névleges értéket, közvetlenül számmal vagy kódolva adják meg. A kódolt adatokra az ellenállások és kondenzátorok nemzetközi szinkódja¹ érvényes.

¹ Code: kulcs a titkosíráshoz (angol)

Ellenállások és kondenzátorok nemzetközi szinkódja						
a) Négygyűrűs felosztás kétjegyű ellenállásérték jelölésére (DIN 41 429)						
	1. Gyűrű vagy 1. pont	2. Gyűrű vagy 2. pont	3. Gyűrű vagy 3. pont		4. Gyűrű vagy 4. pont	5. Gyűrű vagy 5. pont
Jelzőszín	1. Számérték	2. Számérték	Nullák száma vagy szorzószám		Tűrés, %	Üzemi feszültség, V ¹
Fekete	0	0	0	$\times 10^0$	–	–
Barna	1	1	1	$\times 10^1$	± 1	100
Vörös	2	2	2	$\times 10^2$	± 2	200
Narancs	3	3	3	$\times 10^3$	–	300
Sárga	4	4	4	$\times 10^4$	–	400
Zöld	5	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0,5$	500
Kék	6	6	6	$\times 10^6$	–	600
Ibolya	7	7	7	$\times 10^7$	–	700
Szürke	8	8	8	$\times 10^8$	–	800
Fehér	9	9	9	$\times 10^9$	–	900
Arany	–	–	$\times 0,1$ ²	$\times 10^{-1}$	± 5	1000
Ezüst	–	–	0,01 ²	$\times 10^{-2}$	± 10	2000
Színtelen	–	–	–	–	± 20	500

a) Felosztás

1 2 3 4 Olvasási irány

Annál a gyűrűnél kezdődik, amelyik a sapkához a legközelebb van

b) Ötgyűrűs felosztás háromjegyű ellenállásérték jelölésére (IEC 62–74)

	1. Gyűrű vagy 1. pont	2. Gyűrű vagy 2. pont	3. Gyűrű vagy 3. pont	4. Gyűrű vagy 4. pont	5. Gyűrű vagy 5. pont
Jelzőszín	1. Számérték	2. Számérték	3. Számérték	Szorószám $\times 10 \Omega$	Tűrés, %
A színek ugyanakkora értékűek, mint a a) esetben					

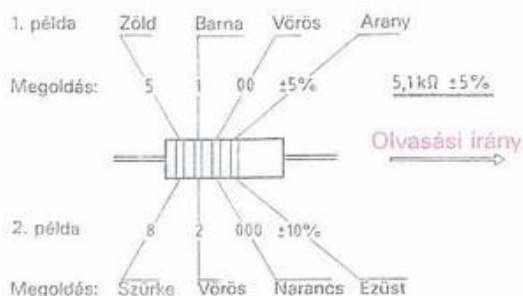
b) Felosztás

¹ csak kondenzátorknál
² Szorzószám a 10 érték alatt

Példa:

a) Négygyűrűs jelölés.

1. Mekkora az ellenállásértéke és ellenállástűrése a következők szerint jelölt ellenállásnak?
2. Mi a gyűrűk színsorrendje a 10% tűrésű, 82 k Ω -os ellenálláson?



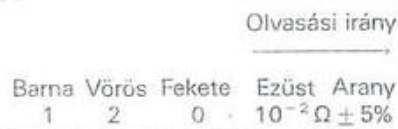
b) Ötgyűrűs jelölés.

Adjuk meg a következő ellenállásokhoz a gyűrűk színét:

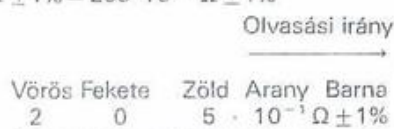
1. 1,2 Ω $\pm 5\%$; 2. 20,5 Ω $\pm 1\%$; 3. 8,25 k Ω $\pm 2\%$; 4. 715 k Ω $\pm 1\%$

b) Megoldásai:

1. 1,2 Ω $\pm 5\%$ = 120 Ω $\cdot 10^{-2}$ $\pm 5\%$



2. 20,5 Ω $\pm 1\%$ = 205 $\cdot 10^{-1} \Omega$ $\pm 1\%$



3. 8,25 k Ω $\pm 2\%$ = 825 $\cdot 10^1 \Omega$ $\pm 2\%$



4. 715 k Ω $\pm 1\%$ = 715 $\cdot 10^3 \Omega$ $\pm 1\%$



Terhelhetőség, W

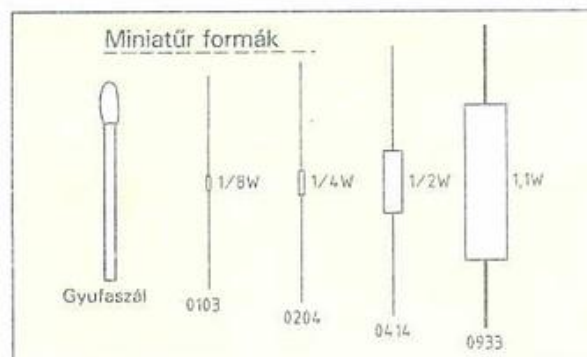
Az áramot vezető ellenállásban a bevitt energia teljes egészében hővé alakul. Az energiaközlés hatására az ellenállás anyagának hőmérséklete nő. Hogy az ellenállás tönkremenetelét, például az elolvadását elkerüljük, az ellenállás ezt a hőt át kell, hogy adja a környezetnek.

Az R_{th} termikus ellenállás az a hatás, ami a hőleadással szemben áll. A termikus vagy hőellenállás értéke erősen függ az ellenállás felületétől. Nagyobb felület nagyobb terhelhetőséget eredményez, mert akkor a hőellenállás csökken.

Kód-szám	Méret mm-ben, átmérő $\times$ hossz	Max. hőell. R_{th} , K/W	P teljesítmény, W; 125 °C-on
0103	0,7 $\times$ 2,5	—	—
0204	1,6 $\times$ 4,0	400	0,25
0207	2,6 $\times$ 7,5	220	0,33
0414	4,0 $\times$ 13,5	140	0,5
0933	8,8 $\times$ 33,0	50	1,1

1. Terhelhetőségértékek a DIN 44050 szerint

A kisméretű ellenállások a méreteikhez képest vastag kivezetőhuzalukon át a hő jelentős részét elvezethetik. Ezt a körülményt az új terhelhetőségi szabvány, a DIN 44050 figyelembe veszi azzal, hogy a kisebb méretekhez nagyobb terhelést enged meg.



2. Méret-összehasonlítás

A hőleadás a környezet felé csakis akkor valósulhat meg, ha az ellenállás belső, ill. külső hőmérséklete nagyobb, mint a környezet hőmérséklete. A $\Delta\vartheta = \vartheta_s - \vartheta_l$ hőmérséklet-különbség és a terhelhetőség egyenesen arányosak. Az ellenállás terhelhetősége így a $P = \frac{\Delta\vartheta}{R_{th}}$ képletből számítható.

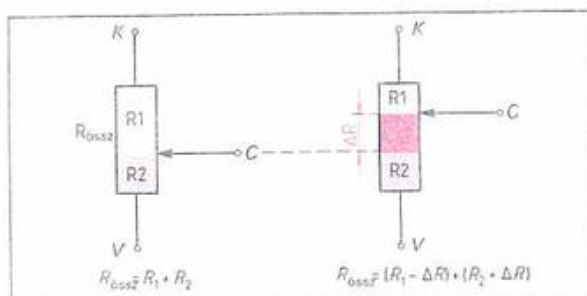
A maximális felületi hőmérsékletet az egyes ellenállásanyagok határozzák meg. A mindenkori környezeti hőmérséklet szabja meg végül is az ellenállás terhelhetőségét. Ha a környezeti hőmérséklet nő, a megengedett túlmelegedés csökken, az ellenállás terhelhetősége pedig ennek arányában csökken.

1.9. A potenciométer

Az állítható ellenállásokat változtatható előtét-ellenállásként vagy változtatható leosztású feszültségosztóként használjuk.

Felosztásuk gyártási eljárásuk szerinti huzal- vagy rétegpotenciométerre az állandó értékű ellenállásokéhoz hasonló.

Az ellenállásérték változtatását elmozdítható csúszó-érintkező teszi lehetővé. Ez érintkezik az ellenálláspályával, és külön kivezetik. A potenciométernek eszerint három kivezetése van, amelyeket K , V és C betűkkel jelölhetünk. K és V a kezdetet és a véget, C a csúszkát jelöli. Ez utóbbi a potenciométer

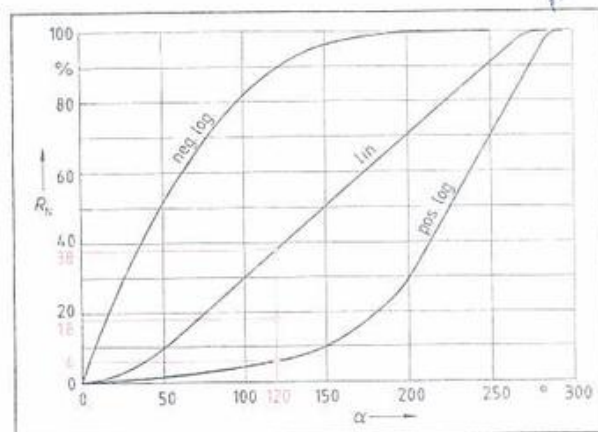


1. A részellenállások változása

K és V közötti teljes ellenállását két, egymáshoz képest változtatható részellenállásra osztja: K és C között R_1 , C és V között R_2 .

A C csúszka elmozdítása mindkét részellenállás értékében ΔR változást okoz. Példánkban R_1 ($K \dots C$) ΔR értékkel csökken, míg R_2 ($C \dots V$) ΔR értékkel nő. Az eredő ellenállás ettől nem változik.

Ez a potenciométer névleges ellenállása.



2. Potenciométerek ellenállás-változás menetének ábrázolása

1.10. Ellenőrizze tudását

1.1. szakaszhoz: A villamosság veszélyei

1. Mit kell tennünk, ha valakit villamosáram-ütés ér?
2. Soroljunk fel három olyan egészségre ható károsodást, amelyet a villamosáram-ütés okozhat!
3. A villamos balesetek elleni védekezésnek fontos szabályai vannak. Soroljunk fel ezek közül hármat!

1.2. szakaszhoz: Villamos töltéshordozók

1. Ismertesse az atom elvi felépítését!
2. Milyen villamos töltésű a proton?
3. Milyen villamos töltésű az elektron?
4. Mi az ion?

1.3. szakaszhoz: A villamos feszültség

1. Hogyan keletkezik a villamos feszültség?
2. Hogyan mérhetjük a villamos feszültséget?
3. Mit értünk egyenfeszültségen?
4. Mit értünk váltakozó feszültségen?
5. Mit értünk kevert feszültségen?

1.4. szakaszhoz: A villamos áram

1. Nevezzük meg a villamos áram mértékegységét, valamint a hányszorosait!
2. Milyen irányú az elektronáram?
3. Mit értünk pozitív konvencionális áramiránnyon?
4. Hogyan mérünk áramot árammérővel?

1.5. szakaszhoz: A villamos ellenállás

1. Milyen tényezőktől függ a villamos vezető ellenállása?
2. Mi a vezetők fajlagos ellenállásának mértékegysége?
3. Mik a szigetelőanyagok?

1.6. szakaszhoz: Villamos vezetőképesség

1. Mi az összefüggés a villamos vezetőképesség és ellenállás között?
2. Nevezzük meg a villamos vezetőképesség mértékegységét!
3. Mi az összefüggés a fajlagos vezetőképesség és a fajlagos ellenállás között?

1.7. szakaszhoz: Az ellenállások kiviteli formái

1. Milyen a huzalellenállások felépítése?
2. Mi a bifiláris tekercselés?
3. Milyen anyagokból készülnek a rétegeellenállások?

1.8. szakaszhoz: Az ellenállások jellemzői

1. Mi az ellenállások IEC-szabvány szerinti sora?
2. Az IEC-szabvány E 12 sorában milyen értékek vannak 10 kΩ és 100 kΩ között?
3. Az ellenállások kódolása lehet négygyűrűs és ötgűrűs. Mi a különbség a két jelölés között?

1.9. szakaszhoz: A potenciométer

1. Milyen a jelleggörbéje az elfordulási szög függvényében a pozitív logaritmikus potenciométernek?
2. Mi a trimmerpotenciométer?

2. Villamos áramkörök*

2.1. A villamos áramkörök és az Ohm-törvény

Zárt áramkörök

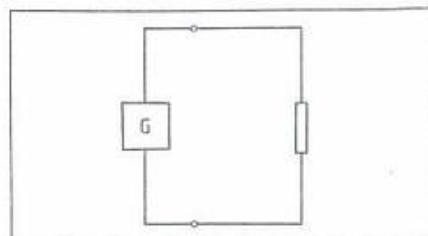
Amikor a „fogyasztót” feszültségforrásra kapcsoljuk (1. ábra), áramkör jön létre.

Az áram a „fogyasztón” át a feszültségforrás pozitív pólusától a negatív pólusa felé folyik. Ez az ún. *pozitív konvencionális áramirány*. A feszültségforráson belül az áram ugyanolyan irányú, tehát a negatívól a pozitív kapocs felé folyik. A töltéshordozók az áramkörben körbe-körbe haladnak. Az áramerősség minden helyen ugyanakkora. Az áramirányt egy vagy több nyíllal jelöljük, amelyhez a I jelölést írjuk. A nyílat a vezeték közelébe rajzoljuk (2. ábra).

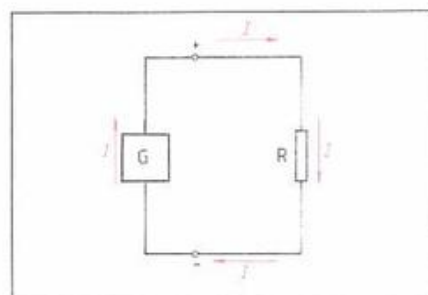
A feszültséget hasonlóan nyíllal jelöljük. Ez a nyíl a pozitív saroktól a negatív felé irányul. Megmutatja, hogy a fogyasztón a feszültség melyik irányban hajt át áramot¹. A „fogyasztó” elnevezés helyett inkább a *terhelő-ellenállás* kifejezést használják.

A 3. ábra az áramkör áram- és feszültségnyilakkal látható, R a terhelő-ellenállás.

Feszültségméréskor egy mérőpontot és egy vonatkoztatási pontot választunk. A vonatkoztatási pont többnyire a negatív pólus vagy a földpont, ill. a *testpont*. A feszültségnyíl így a mérőponttól a vonatkoztatási pont elé mutat.



1. Áramkör



2. Áram az áramkörben

Ohm-törvény²

Az áram nagysága a feszültségtől függ. Egyszerű kísérlettel bebizonyíthatjuk, hogy az áramerősség annál nagyobb, minél nagyobb a feszültség. Eközben az R ellenállás állandó nagyságú marad.

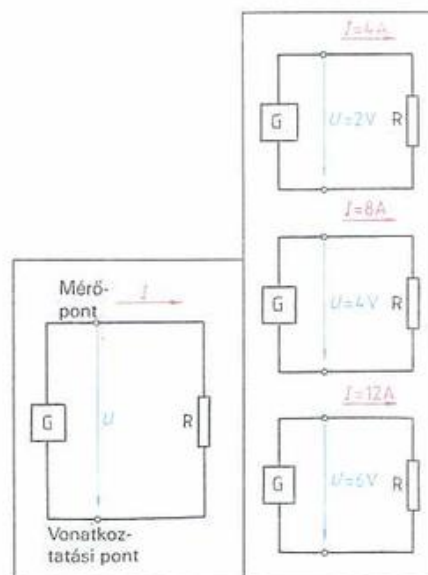
Nagyobb feszültség a negatív póluson nagyobb elektron többletet, a pozitív póluson nagyobb elektronhiányt jelent. Az elektronok kiegyenlítődési törekvése tehát nagyobb. Könnyen belátható, hogy az áram is megnő.

Az áramkörben $U = 2\text{ V}$ feszültségnél $I = 4\text{ A}$ áram folyik (4. ábra). Ha a feszültséget 4 V -ra emeljük, az áram 8 A -re nő. Az áram is a kétszerese lett.

Háromszoros feszültség háromszoros áramot hoz létre.

Az I áramerősség tehát az U feszültséggel arányos:

$$I \sim U$$



3. Áramkör feszültség- és árammegadásával

4. Áramkörök különböző feszültségekkel és azonos ellenállásokkal

¹ Ebben a tankönyvben a fogyasztói irányú nyílrendszert használjuk

² Georg Simon Ohm 1826. január 11-én foglalta először írásba

* A vonatkozó magyar szabvány: MSZ 4900

Az összefüggés így írható fel:

$$I = G \cdot U$$

G állandó, az ún. *arányossági tényező*.

Ha a G arányossági tényezőt megvizsgáljuk közelebbről, megállapíthatjuk, hogy az nem más, mint a már ismert vezetőképesség.

A G vezetőképesség az R ellenállás reciproka:

$$G = \frac{1}{R}$$

Figyelembe véve ezt az összefüggést, az $I = GU$ egyenletet így is írhatjuk:

$$I = \frac{1}{R} \cdot U$$

$$I = \frac{U}{R}$$

Ezt az egyenletet nevezzük **Ohm-törvénynek**. Általánosságban az Ohm-törvény a következőképpen szól:

Zárt áramkörben az I áramerősség az U feszültséggel arányos, ha az áramkörben az ellenállás, ill. a vezetőképesség értéke nem változik.

Ohm törvénye a vezetőkben való töltéshordozó-áramlás alaptörvénye.

Kapcsolatot teremt az áramkörben a feszültség, az áram és az ellenállás, (ill. a vezetőképesség) között.

Ha az áram, a feszültség és az ellenállás három értékéből kettő ismert, a harmadik kiszámítható.

Az Ohm-törvényt a következő három alakban használjuk:

$$I = \frac{U}{R}, \quad U = I \cdot R, \quad R = \frac{U}{I}$$

Az ellenállás mértékegységét az Ohm-törvény V/A értékéből kapjuk.

1 V osztva 1 A-rel 1 Ω -ot ad.

$$[R] = \frac{V}{A} = \Omega$$

Az R ellenállás helyett a G vezetőképesség is bevezethető:

$$I = G \cdot U, \quad U = \frac{I}{G}, \quad G = \frac{I}{U}$$

$$[G] = \frac{A}{V} = S = \frac{1}{\Omega}$$

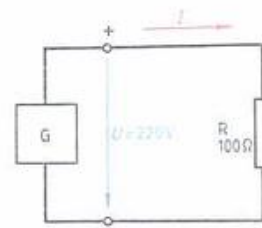
Példák:

1. Egy 100 Ω -os terhelő-ellenállást 220 V-os U feszültségre kapcsolunk. Mekkora az áramkörben folyó áram?

$$I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{220 \text{ V}}{100 \Omega}$$

$$I = \underline{2,2 \text{ A}}$$



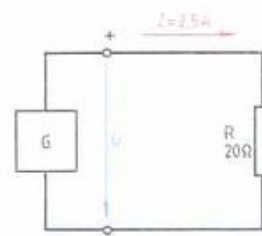
Az áramkörben 2,2 A áram folyik.

2. $R = 20 \Omega$ ellenállású áramkörben 2,5 A áramerősséget mérünk. Mekkora az U feszültség?

$$U = I \cdot R$$

$$U = 2,5 \text{ A} \cdot 20 \Omega$$

$$U = \underline{50 \text{ V}}$$



A feszültség nagysága 50 V.

3. R ellenállás 1 kV feszültségre van kapcsolva, és 100 mA áram folyik rajta. Mekkora az ellenállás?

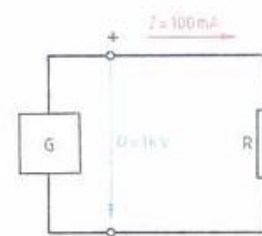
$$R = \frac{U}{I}$$

$$R = \frac{1 \text{ kV}}{100 \text{ mA}}$$

$$R = \frac{1 \cdot 10^3 \text{ V}}{0,1 \text{ A}}$$

$$R = 10 \cdot 10^3 \Omega$$

$$R = \underline{10 \text{ k}\Omega}$$



4. Az áramkör vezetőképessége 50 mS. A feszültség 20 V. Mekkora az I áramerősség?

$$I = G \cdot U$$

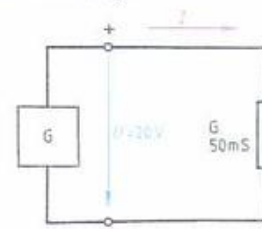
$$I = 50 \text{ mS} \cdot 20 \text{ V}$$

$$I = 50 \cdot 10^{-3} \text{ S} \cdot 20 \text{ V}$$

$$I = 50 \cdot 10^{-3} \frac{\text{A}}{\text{V}} \cdot 20 \text{ V}$$

$$I = 1000 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$I = \underline{1 \text{ A}}$$



Grafikus ábrázolás

Az áram, a feszültség és az ellenállás kapcsolata grafikusán is ábrázolható.

Az U feszültség 0 ... 60 V között legyen változtatható (1. ábra). $R = 10\ \Omega$ ellenálláshoz a következő áramértékek tartoznak:

$\frac{U}{V}$	$\frac{I}{A}$
0	0
10	1
20	2
30	3
40	4
50	5
60	6

Az I áramerősség meghatározott módon függ az U feszültségtől. Azt mondjuk, hogy az I áram az U feszültség függvénye, a következő képlet szerint:

$$I = f(U)$$

A függvényt egyenes ábrázolja. Az ilyen függvényt lineáris függvénynek nevezzük (2. ábra).

Most vizsgáljuk meg, hogyan alakul a jelleggörbe különböző ellenállásértékek esetén.

Válasszuk a következő ellenállásokat:

$$R_1 = 5\ \Omega, \quad R_2 = 10\ \Omega, \quad R_3 = 20\ \Omega$$

$$R_1 = 5\ \Omega$$

$\frac{U}{V}$	$\frac{I}{A}$
0	0
10	2
20	4
30	6
40	8
50	10
60	12

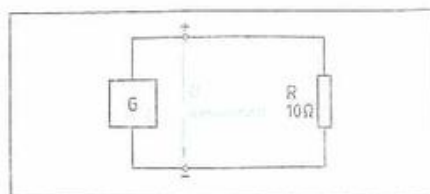
$$R_2 = 10\ \Omega$$

$\frac{U}{V}$	$\frac{I}{A}$
0	0
10	1
20	2
30	3
40	4
50	5
60	6

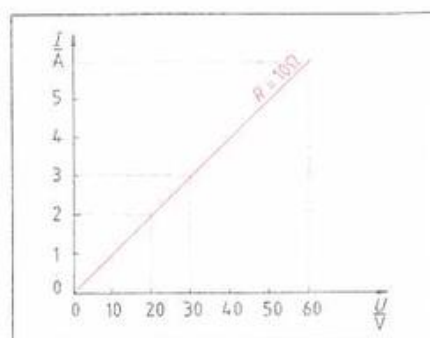
$$R_3 = 20\ \Omega$$

$\frac{U}{V}$	$\frac{I}{A}$
0	0
10	0,5
20	1,0
30	1,5
40	2,0
50	2,5
60	3,0

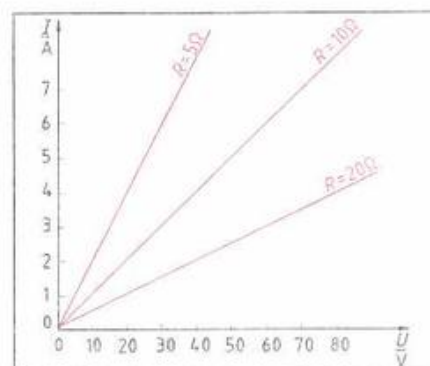
Minél nagyobb az R ellenállás, annál laposabb az egyenes. Az egyenes emelkedése — amit **meredekségnek** is nevezünk — az ellenállásérték mérőszáma (3. ábra).



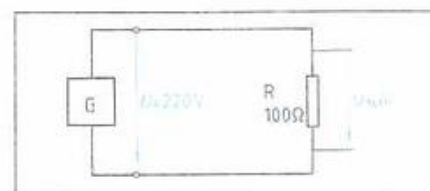
1. Kapcsolási elrendezés az ellenállás-jelleggörbe felvételéhez



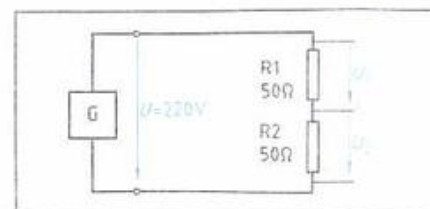
2. 10 Ω -os ellenállás ellenállás-jelleggörbéje



3. Eltérő értékű ellenállások egyenesei



4. Áramkör R terhelő-ellenállással



5. Az R terhelő-ellenállás felosztása R_1 és R_2 részellenállásokra

2.2. Ellenállások soros kapcsolása

A generátor feszültsége az R terhelő-ellenállásra jut (4. ábra):

$$U = U_{\text{terh.}}$$

A pl. 100 Ω -os R terhelő-ellenállás legyen huzalból tekercselve. Képzeld el, hogy az ellenálláshuzalt elosztjuk úgy, hogy két 50 Ω -os ellenállást kapjunk. Mekkora lesz így az U_1 és U_2 feszültség (5. ábra)?

Az I áram mindkét esetben azonos, mert a feszültség és az össz-ellenállás nem változott:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220\text{ V}}{100\ \Omega} = 2,2\text{ A}$$

2.2. Ellenállások soros kapcsolása

A második Kirchhoff-törvény

Az I áram ismeretében kiszámíthatjuk az U_1 és U_2 részfeszültségeket. Az áram és a feszültség közötti összefüggés, Ohm törvénye a részellenállásokra is érvényes:

$$U_1 = I \cdot R_1 = 2,2 \text{ A} \cdot 50 \Omega = 110 \text{ V}$$

$$U_2 = I \cdot R_2 = 2,2 \text{ A} \cdot 50 \Omega = 110 \text{ V}$$

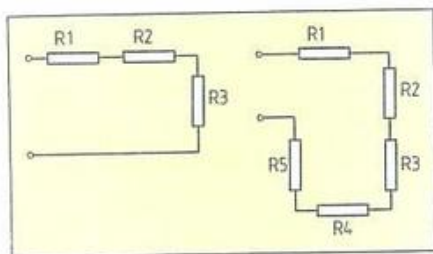
A generátor kapocsfeszültsége a két ellenálláson oszlik meg:

$$U = U_1 + U_2$$

Amikor az ellenállások láncán a töltéshordozók azonos árama folyik át, **sorba kapcsolásról** beszélünk.

(Az ilyen kapcsolást soros kapcsolásnak vagy egymás utáni kapcsolásnak nevezik.)

Az 1. ábrán egyszer három, egyszer öt ellenállás soros kapcsolását látjuk.



1. Ellenállások soros kapcsolása

Ellenállások soros kapcsolásának jellemzői

Az ellenállások soros kapcsolásáról akkor beszélünk, ha ugyanaz az áram folyik át rajtuk.

Tekintsük a 2. ábrát:

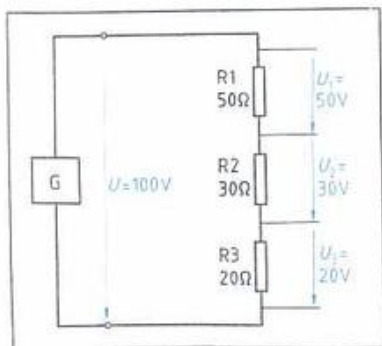
Az Ohm-törvény alapján a következő feszültségeket kapjuk:

$$U_1 = I \cdot R_1 = 1 \text{ A} \cdot 50 \Omega = 50 \text{ V}$$

$$U_2 = I \cdot R_2 = 1 \text{ A} \cdot 30 \Omega = 30 \text{ V}$$

$$U_3 = I \cdot R_3 = 1 \text{ A} \cdot 20 \Omega = 20 \text{ V}$$

A három részfeszültség összege egyenlő a generátor 100 V kapocsfeszültségével. Ez a megállapítás általános érvényű.



2. Részfeszültségek soros kapcsolásban

A második Kirchhoff-törvény

A három terhelő-ellenállás, R_1 , R_2 és R_3 fogyasztónak is nevezhető, a rájuk eső feszültség a fogyasztói feszültség.

A generátor feszültsége a forrásfeszültség. Ha általánosítani akarjuk a 2. ábrán szemléltetett összefüggést, a következőt állíthatjuk:

Zárt áramkörben a fogyasztói feszültségek összege a forrásfeszültségek összegével egyenlő.

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + U_4$$

U a forrásfeszültség;

U_1, U_2, U_3, U_4 a fogyasztói feszültségek.

Ez a második Kirchhoff-törvény egyszerű alakja.

Kijelenthetjük továbbá:

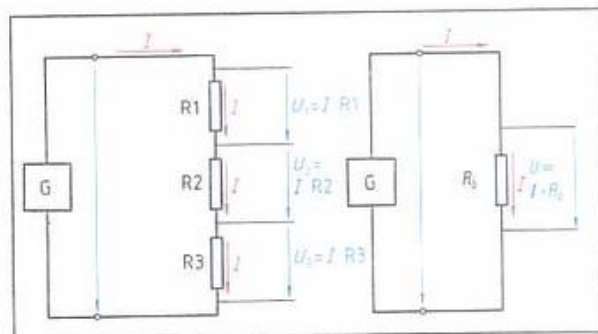
Ellenállások sorba kapcsolásakor a részfeszültségek úgy viszonyulnak egymáshoz, mint az ellenállás-értékek.

Két ellenállás esetében:

$$U_1 : U_2 = R_1 : R_2$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Vizsgáljuk meg, mekkora a sorosan kapcsolt ellenállások eredő ellenállás-értéke. Tegyük fel, hogy az ellenállások ellenálláshuzalából vannak tekercselve, és az egyes ellenállásokon azonos áramnak kell folynia. Azonnal beláthatjuk, hogy az R_0 eredő ellenállásnak a részellenállások összegével egyenlőnek kell lennie (3. ábra).



3. Az eredő ellenállás a részellenállások összege

Ez levezethető a második Kirchhoff-törvényből is:

$$\begin{aligned} U &= U_1 + U_2 + U_3 \\ U &= I \cdot R_0 & IR_0 &= IR_1 + IR_2 + IR_3 \\ U_1 &= I \cdot R_1 & IR_0 &= I(R_1 + R_2 + R_3) \\ U_2 &= I \cdot R_2 \\ U_3 &= I \cdot R_3 & R_0 &= R_1 + R_2 + R_3 \end{aligned}$$

2.3. Ellenállások párhuzamos kapcsolása

A párhuzamos kapcsolás jellemzői

Tetszőleges számú sorba kapcsolt ellenállás esetében

$$R_0 = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots + R_n$$

R_0 az eredő ellenállás;
 $R_1 \dots R_n$ a részellenállások.

Ellenállások sorba kapcsolásakor az eredő ellenállás a részellenállások összegével egyenlő.

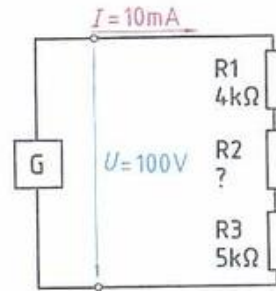
Példa:

Három ellenállás R_1 , R_2 és R_3 soros kapcsolásakor a rájuk jutó feszültség 100 V, és 10 mA áram folyik át rajtuk.

R_1 értéke 4 k Ω , R_3 értéke 5 k Ω .

Mekkora R_2 ellenállása?

$$\begin{aligned} R_0 &= \frac{U}{I} = \frac{100 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = 10 \text{ k}\Omega \\ R_0 &= R_1 + R_2 + R_3 \\ R_2 &= R_0 - R_1 - R_3 \\ R_2 &= 10 \text{ k}\Omega - 4 \text{ k}\Omega - 5 \text{ k}\Omega \\ R_2 &= \underline{1 \text{ k}\Omega} \end{aligned}$$



2.3. Ellenállások párhuzamos kapcsolása

Az eddig vizsgált áramkörökben az áramnak csak egyetlen útja volt. Az áram nem ágazhatott el.

Az 1. ábrán olyan kapcsolás látható, ahol az áramút elágazik. Az I áram I_1 és I_2 részáramokra oszlik.

A két ellenállás, R_1 és R_2 egymással párhuzamosan csatlakozik a generátorfeszültségre. Az ilyen kapcsolást **párhuzamos kapcsolásnak** nevezzük.

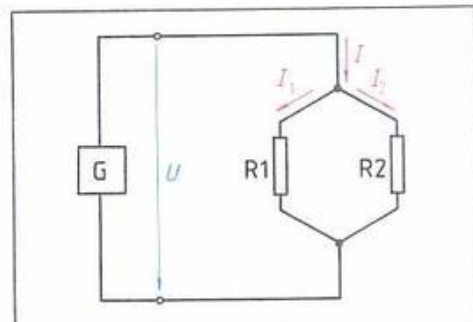
A párhuzamos kapcsolás jellemzői

Az ellenállások akkor vannak párhuzamosan kapcsolva, ha ugyanakkora feszültségre kapcsolódnak.

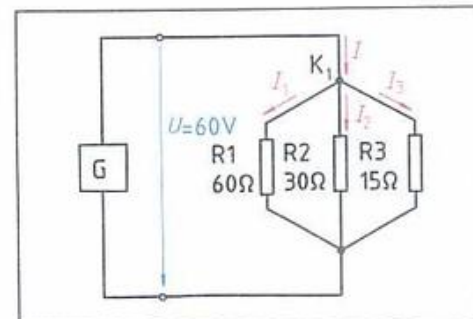
A 2. ábrán három ellenállás párhuzamos kapcsolása látható. Az I áram háromfelé: az I_1 , I_2 és I_3 részáramra oszlik.

A részáramok nagysága az Ohm-törvény alapján kiszámítható, mert ismerjük az ellenállásértékeket és a rajtuk lévő feszültséget:

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{U}{R_1} = \frac{60 \text{ V}}{60 \Omega} = 1 \text{ A} \\ I_2 &= \frac{U}{R_2} = \frac{60 \text{ V}}{30 \Omega} = 2 \text{ A} \\ I_3 &= \frac{U}{R_3} = \frac{60 \text{ V}}{15 \Omega} = 4 \text{ A} \end{aligned}$$



1. Kapcsolás áramelágazással



2. Három ellenállás párhuzamos kapcsolása

Az első Kirchhoff-törvény

Most az eredő áram nagyságát kell meghatároznunk. A K_1 csomópontban (1. ábra) az áram elágazik. A csomópontból kifolyó áramokat ismerjük.

Gondoljunk arra, hogy az áram töltéshordozók áramlása. A K_1 csomópontból kiáramló töltéshordozóknak be kellett áramolniuk és a beáramlóknak el kellett távozniuk onnan. A töltéshordozóknak nincs „parkolási lehetősége” a csomópontban.

A befolyó I áram ugyanakkora kell hogy legyen, mint a kifolyó áramok összege:

$$\begin{aligned} I &= I_1 + I_2 + I_3 \\ I &= 1\text{ A} + 2\text{ A} + 4\text{ A} \\ I &= 7\text{ A} \end{aligned}$$

Általános megfogalmazásban:

A csomópontba befolyó áramok összege megegyezik a kifolyó áramok összegével.

Ez az első Kirchhoff-törvény egyszerű megfogalmazása.

Áramelágazási pont a 2. ábrán:

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$$

I_1 és I_2 a befolyó áramok;
 I_3 , I_4 és I_5 a kifolyó áramok.

1. példa:

A 3. ábrán csomópont látható hat vezetékekkel. A befolyó és kifolyó áramok I_x kivételével ismertek.

Mekkora és milyen irányú I_x áram?

Befolyó áramok: $I_1 + I_4 + I_6 = 2\text{ A} + 1\text{ A} + 2,5\text{ A} = 5,5\text{ A}$

Kifolyó áramok: $I_2 + I_5 = 3\text{ A} + 0,5\text{ A} = 3,5\text{ A}$

Tehát 2 A-nek még ki kell folynia.

I_x a kifolyó áramokhoz tartozik és 2 A nagyságú.

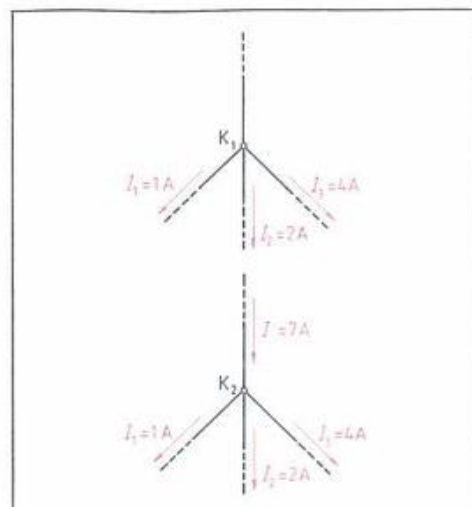
$$\begin{aligned} I_x &= 2\text{ A} \\ I_1 + I_4 + I_6 &= I_2 + I_5 + I_x \\ 2\text{ A} + 1\text{ A} + 2,5\text{ A} &= 3\text{ A} + 0,5\text{ A} + 2\text{ A} \\ 5,5\text{ A} &= 5,5\text{ A} \end{aligned}$$

Befolyó áramok összege = kifolyó áramok összege.

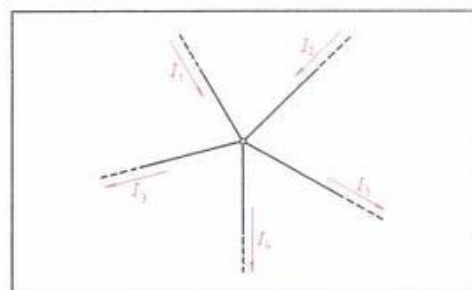
Meg kell még vizsgálnunk, hogy több, párhuzamosan kapcsolt ellenállásnak mekkora az eredő ellenállása. A 4. ábrán három ellenállás párhuzamos kapcsolása látható. Ha ismerjük a rajtuk lévő feszültséget vagy a részáramokat, az eredő áram kiszámítható.

Az eredő áram és a feszültség ismeretében az Ohm-törvény segítségével kiszámíthatjuk az eredő ellenállást:

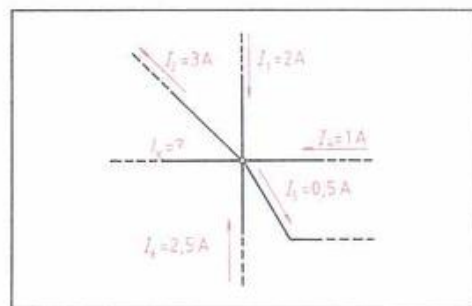
$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{U}{R_1} = \frac{12\text{ V}}{10\ \Omega} = 1,2\text{ A} \\ I_2 &= \frac{U}{R_2} = \frac{12\text{ V}}{20\ \Omega} = 0,6\text{ A} \\ I_3 &= \frac{U}{R_3} = \frac{12\text{ V}}{10\ \Omega} = 1,2\text{ A} \\ I &= I_1 + I_2 + I_3 \\ I &= 1,2\text{ A} + 0,6\text{ A} + 1,2\text{ A} \\ I &= 3\text{ A} \\ R_0 &= \frac{U}{I} = \frac{12\text{ V}}{3\text{ A}} = 4\ \Omega \end{aligned}$$



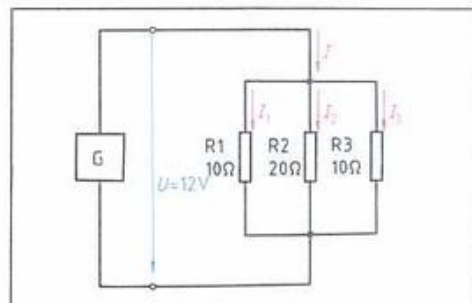
1. Áramelágazás egy csomóponttal (áramelágazási pont)



2. Csomópont



3. Csomópont az 1. példához



4. Három ellenállás párhuzamos kapcsolása adott feszültséggel és ellenállásokkal

2.3. Ellenállások párhuzamos kapcsolása

Az első Kirchhoff-törvény

Az R_0 ellenállás hatása ugyanakkora, mint az R_1 , R_2 és R_3 ellenállásé együtt. A három ellenállás az R_0 ellenállással helyettesíthető, ezért nevezhetjük helyettesítő ellenállásnak is (1. ábra).

Ha nem ismerjük sem az ellenállásokra jutó feszültséget, sem a részáramokat, amelyekből az eredő ellenállást kiszámíthatnánk, akkor az eredő ellenállást vagy helyettesítő ellenállást a következőképpen lehet kiszámítani:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

(első Kirchhoff-törvény)

Minden egyes áram kifejezhető a feszültség és a vezetőképesség szorzatával:

$$I = U \cdot G_0 \quad G_0 = \text{eredő vezetőképesség}$$

$$I_1 = U \cdot G_1$$

$$I_2 = U \cdot G_2$$

$$I_3 = U \cdot G_3$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$U \cdot G_0 = U \cdot G_1 + U \cdot G_2 + U \cdot G_3$$

Az U feszültség a jobb oldalon kiemelhető, majd az egyenlet egyszerűsíthető:

$$U \cdot G_0 = U (G_1 + G_2 + G_3)$$

$$G_0 = G_1 + G_2 + G_3$$

Tetszőleges számú ellenállásra érvényes alakban:

$$G_0 = G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n$$

Ellenállások párhuzamos kapcsolásakor az eredő vezetőképesség az egyes vezetőképességek összegével egyenlő.

Fejezzük ki a vezetőképességeket a hozzájuk tartozó ellenállásokkal, ekkor a következő összefüggést kapjuk:

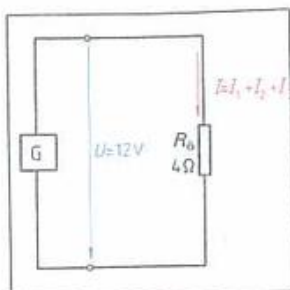
$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

2. példa:

Mekkora az A és B pont közötti eredő ellenállás?

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{8 \text{ k}\Omega} + \frac{1}{4 \text{ k}\Omega} + \frac{1}{8 \text{ k}\Omega}$$



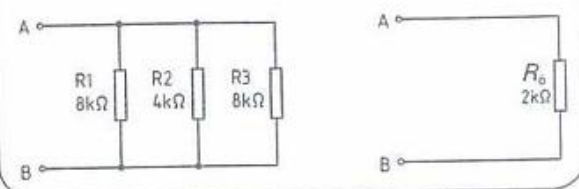
1. Áramkör eredő ellenállással (ill. helyettesítő ellenállással)

$$\frac{1}{R_0} = \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} \right) \cdot \frac{1}{\text{k}\Omega}$$

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\text{k}\Omega}$$

$$R_0 = 2 \text{ k}\Omega$$

Az A és B közötti ellenállás 2 kΩ.



A gyakorlatban sokszor előfordul, hogy csak két párhuzamos ellenállás eredőjére van szükségünk. Az erre vonatkozó

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

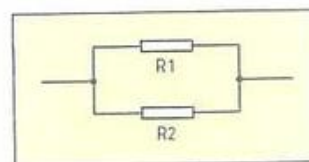
egyenletet más alakba is átrendezhetjük.

A jobb oldali két törtet közös nevezőre hozzuk.

$$\frac{1}{R_0} = \frac{R_2}{R_1 \cdot R_2} + \frac{R_1}{R_1 \cdot R_2}$$

$$\frac{1}{R_0} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2}$$

$$R_0 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

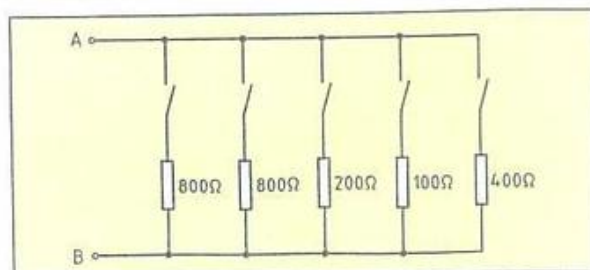


2. Két, egymással párhuzamosan kapcsolt ellenállás

Ez az egyenlet két párhuzamos ellenállásra érvényes (2. ábra).

Nézzük meg a 3. ábrát.

Minél több ellenállást kapcsolunk párhuzamosan, annál kisebb lesz az eredő ellenállásuk.



3.

2.4. Ellenállás-hálózatok

Felbontás és számítások

A következő törvény érvényes:

Ellenállások párhuzamos kapcsolásakor az eredő ellenállás mindig kisebb, mint közöttük a legkisebbé.

Kapcsoljuk n számú azonos értékű ellenállást párhuzamosan, ekkor az R_0 eredő ellenállás az R ellenállással kifejezve:

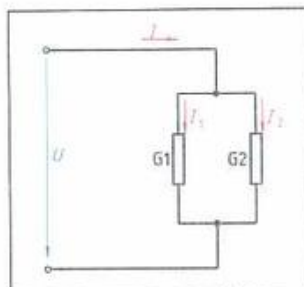
$$R_0 = \frac{R}{n}$$

Két egyenlő ellenállás párhuzamos eredő ellenállása az egyes ellenállásérték fele. Három egyenlő ellenállás eredője az egyes ellenállásérték 1/3-a.

Keressünk összefüggést a részáramok, a vezetőképességek és az ellenállások között (1. ábra):

$$\begin{aligned} I_1 &= U \cdot G_1 \\ I_2 &= U \cdot G_2 \\ \frac{I_1}{I_2} &= \frac{U \cdot G_1}{U \cdot G_2} \end{aligned}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{G_1}{G_2}$$



1. Párhuzamosan kapcsolt ellenállások

Párhuzamos ellenállások esetében a részáramok a vezetőképességgel arányosak.

A G_1 és G_2 vezetőképesség a megfelelő ellenállásértékkel helyettesíthető:

$$G_1 = \frac{1}{R_1}, \quad G_2 = \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

Párhuzamos ellenállások esetében a részáramok az ellenállásokkal fordítva arányosak.

3. példa:

Az $R_1 = 10 \Omega$ és

$R_2 = 20 \Omega$ ellenállásokat párhuzamosan kapcsoljuk.

R_1 ellenálláson át 100 mA áram folyik. Mekkora az R_2 ellenálláson folyó áram?

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

$$I_2 = I_1 \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

$$I_2 = 0,1 \text{ A} \cdot \frac{10 \Omega}{20 \Omega}$$

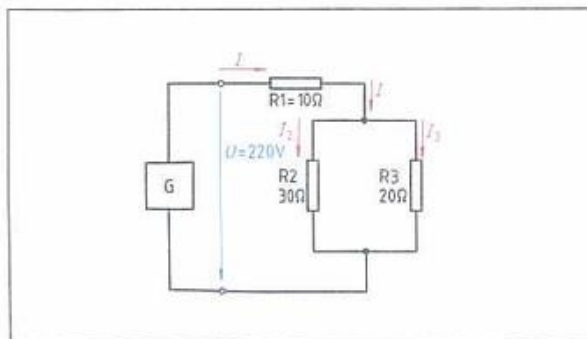
$$I_2 = 0,05 \text{ A} = 50 \text{ mA}$$

Az R_2 ellenálláson 50 mA áram folyik.

2.4. Ellenállás-hálózatok

Felbontás és számítások

A 2. ábrán olyan áramkör látható, amelyben soros és párhuzamos kapcsolás is van.



2. Áramkör soros és párhuzamos kapcsolással

Az R_2 és R_3 ellenállások párhuzamosan vannak kapcsolva. Eredőjükkel van sorba kapcsolva az R_1 ellenállás.

A soros és párhuzamos kapcsolásokra érvényes szabályok megfelelő formában itt is alkalmazhatók.

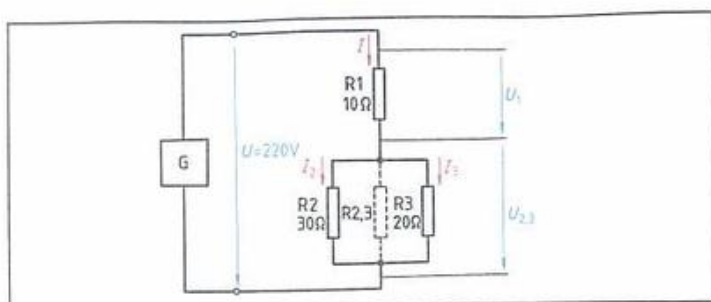
Az U eredő feszültség a sorosan kapcsolt ellenállások arányában oszlik meg. Az R_2 és R_3 ellenállás az $R_{2,3}$ eredő ellenállással helyettesíthető (1. ábra, 30. old.)

$$R_{2,3} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

$$R_{2,3} = \frac{30 \Omega \cdot 20 \Omega}{30 \Omega + 20 \Omega}$$

$$R_{2,3} = \frac{600 \Omega}{50}$$

$$R_{2,3} = 12 \Omega$$



1. Soros és párhuzamos kapcsolású áramkör. Az egyszerűsítés 1. lépése

Az $R_{0,3}$ eredő ellenállás R_1 és $R_{2,3}$ értékéből áll. R_1 és $R_{2,3}$ sorba vannak kapcsolva (2. ábra):

$$\begin{aligned} R_{0,3} &= R_1 + R_{2,3} \\ R_{0,3} &= 10\ \Omega + 12\ \Omega \\ R_{0,3} &= 22\ \Omega \end{aligned}$$

Az $R_{0,3}$ eredő ellenállásból és az U generátor feszültségéből kapjuk az I áram értékét.

$$\begin{aligned} I &= \frac{U}{R_{0,3}} \\ I &= \frac{220\ \text{V}}{22\ \Omega} \\ I &= 10\ \text{A} \end{aligned}$$

Az U_1 és $U_{2,3}$ feszültségek az Ohm-törvény segítségével könnyen kiszámíthatók:

$$\begin{aligned} U_1 &= I \cdot R_1 \\ U_1 &= 10\ \text{A} \cdot 10\ \Omega \\ U_1 &= 100\ \text{V} \\ U_{2,3} &= I \cdot R_{2,3} \\ U_{2,3} &= 10\ \text{A} \cdot 12\ \Omega \\ U_{2,3} &= 120\ \text{V} \end{aligned}$$

Ugyanígy könnyen kiszámíthatjuk az I_1 és I_2 áramokat:

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{U_{2,3}}{R_2} & I_3 &= \frac{U_{2,3}}{R_3} \\ I_2 &= \frac{120\ \text{V}}{30\ \Omega} & I_3 &= \frac{120\ \text{V}}{20\ \Omega} \\ I_2 &= 4\ \text{A} & I_3 &= 6\ \text{A} \end{aligned}$$

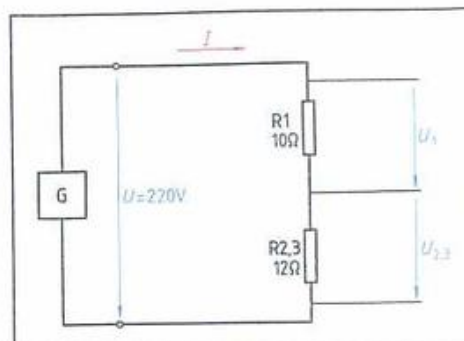
A 3. ábrán látható kapcsolásban az R_2 és R_3 ellenállások sorba vannak kapcsolva. Velük párhuzamosan van kötve az R_1 ellenállás.

Az eredő ellenállás meghatározásához először az $R_{2,3}$ eredő ellenállást kell a soros kapcsolásból kiszámítani. Ez az ellenállás az R_1 ellenállással párhuzamosan kapcsolódik (4. ábra).

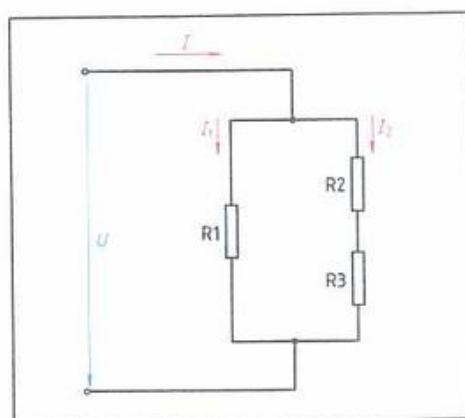
R_1 és $R_{2,3}$ értékei adják az eredő ellenállást a következő képlet szerint:

$$R_{0,3} = \frac{R_1 \cdot R_{2,3}}{R_1 + R_{2,3}}$$

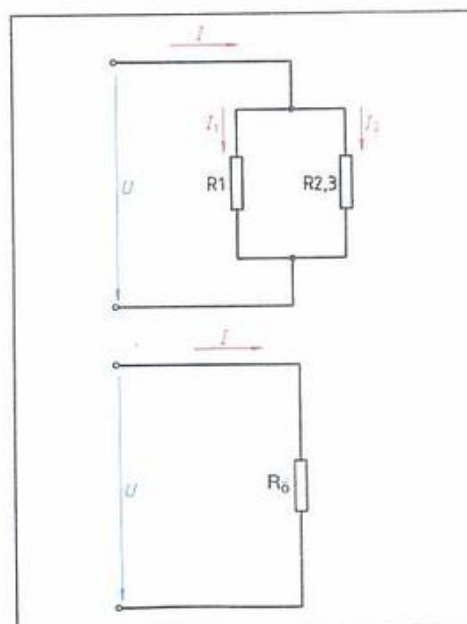
Ha egy kapcsolásban párhuzamosan és sorosan is kapcsolt ellenállások vannak, összetett vagy vegyes kapcsolásról beszélünk. Ha a bonyolult kapcsolásokat is beleértjük, ellenállás-hálózatról beszélünk. Az egyes hurkok hálózatot alkotnak.



2. Az egyszerűsítés 2. lépése



3. Áramkör soros és párhuzamos kapcsolással

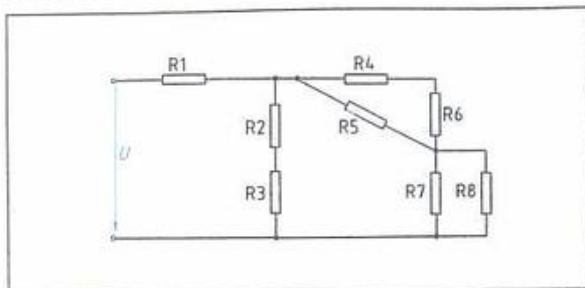


4. A 3. ábra szerinti kapcsolás egyszerűsítése

2.4. Ellenállás-hálózatok

Felbontás és számítások

Az ellenállás-hálózatok meglehetősen komplikált felépítésűek lehetnek.



1. Ellenállás-hálózat

Hogyan vannak kapcsolva az 1. ábra ellenállásai? Emlekezzünk a következő megállapításokra:

Az ellenállások akkor vannak sorba kapcsolva, ha ugyanaz az áram folyik át rajtuk.

Az ellenállások akkor vannak párhuzamosan kapcsolva, ha ugyanaz a feszültség jut rájuk.

Az R_2 és R_3 ellenállásokban ugyanaz az áram folyik, tehát sorba vannak kapcsolva, valamint az R_4 és R_6 ellenállás is.

R_1 és R_4 nincs sorba kapcsolva, hiszen köztük áram-elágazási pont van.

Az R_7 és R_8 ellenállások egyértelműen párhuzamosan vannak kapcsolva, azonos feszültség jut rájuk.

Hasonlóan párhuzamosan van kapcsolva az R_4 és R_6 ellenállás alkotta soros kapcsolás az R_5 ellenállással.

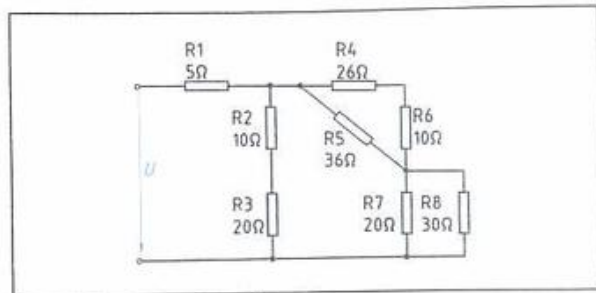
Az 1. ábra szerinti kapcsolás eredő ellenállásának a számításakor legjobb lépésről lépésre egyszerűsíteni a kapcsolást.

A továbbiakban mindig azt kell eldönteni, hogy mely ellenállások vannak sorba vagy párhuzamosan kapcsolva. Ezután lerajzoljuk az egyszerűsített kapcsolást.

Ezen az úton haladunk tovább mindaddig, amíg az egyszerűítés után egyetlen ellenállás, a helyettesítő ellenállás marad csupán.

A következő példában ezt mutatjuk be.

A 2. ábrán lévő kapcsolás eredő ellenállását kell kiszámítanunk.



2. Ellenállás-hálózat adott ellenállásértékekkel

R_2 és R_3 sorba vannak kapcsolva. Helyettesítő ellenállásuk $R_{2,3}$:

$$R_{2,3} = R_2 + R_3 \\ R_{2,3} = 10\Omega + 20\Omega \quad R_{2,3} = \underline{30\Omega}$$

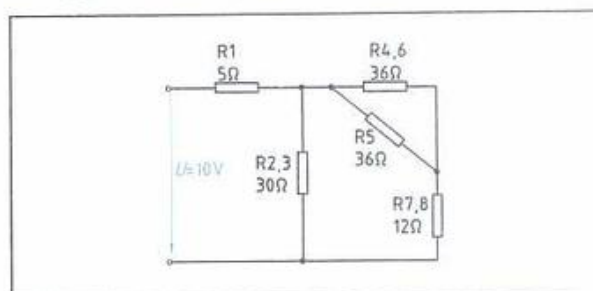
R_4 és R_6 ugyancsak soros kapcsolásúak. Eredőjük $R_{4,6}$:

$$R_{4,6} = R_4 + R_6 \\ R_{4,6} = 26\Omega + 10\Omega \quad R_{4,6} = \underline{36\Omega}$$

R_7 és R_8 párhuzamos kapcsolásúak. Eredő ellenállásuk $R_{7,8}$:

$$R_{7,8} = \frac{R_7 \cdot R_8}{R_7 + R_8} \\ R_{7,8} = \frac{20\Omega \cdot 30\Omega}{20\Omega + 30\Omega} \\ R_{7,8} = \frac{600\Omega}{50\Omega} \quad R_{7,8} = \underline{12\Omega}$$

Az egyszerűsített kapcsolás a 3. ábrán látható:



3. Ellenállás-hálózat, az egyszerűsítés 1. fokozata

$R_{4,6}$ és $R_{7,8}$ párhuzamos kapcsolásúak és $R_{4,6,5}$ helyettesítő ellenállásban foglalhatók össze:

$$R_{4,6,5} = \frac{R_{4,6} \cdot R_5}{R_{4,6} + R_5} \\ R_{4,6,5} = \frac{36\Omega \cdot 36\Omega}{36\Omega + 36\Omega} \quad R_{4,6,5} = \underline{18\Omega}$$

2.5. Feszültségosztók

Terheletlen feszültségosztók

A tovább egyszerűsített kapcsoláson (1. ábra) világosan látszik, hogy $R_{4,5,6}$ és $R_{7,8}$ soros kapcsolásúak.

Részleges eredő ellenállásukat R_i -nek nevezzük.

$$\begin{aligned} R_i &= R_{4,5,6} + R_{7,8} \\ R_i &= 18\ \Omega + 12\ \Omega \\ R_i &= \underline{30\ \Omega} \end{aligned}$$

$R_{2,3}$ és R_i párhuzamosan vannak kapcsolva (2. ábra). Mivel egyenlő értékűek, így az R_{II} részleges eredő ellenállásuk az egyes érték fele:

$$R_{II} = \underline{15\ \Omega}$$

R_1 és R_{II} sorba van kapcsolva (3. ábra). Az R_0 eredő ellenállás értéke $20\ \Omega$ (4. ábra):

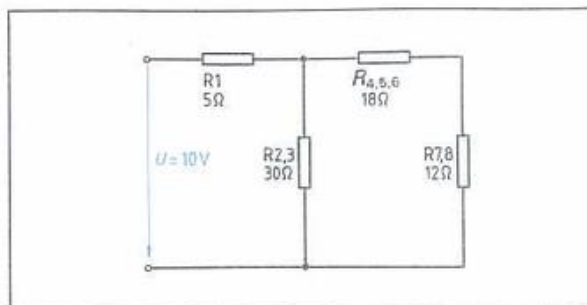
$$\begin{aligned} R_0 &= R_1 + R_{II} \\ R_0 &= 5\ \Omega + 15\ \Omega \\ R_0 &= \underline{20\ \Omega} \end{aligned}$$

Az eredő ellenállást tehát ismerjük. Ha ki akarjuk számítani az áramokat és a részfeszültségeket, akkor az egyszerűsített kapcsolásból kiindulva a számításokat visszafelé kell elvégezni.

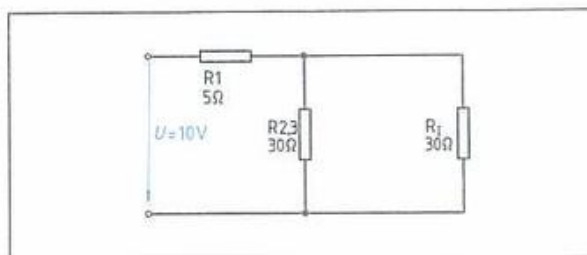
Ezzel a módszerrel nagy és bonyolult felépített hálózatok számítása is elvégezhető.

Vannak természetesen olyan ellenállás-hálózatok is, amelyek az eddig ismertetett törvényszerűségek alapján nem számíthatók.

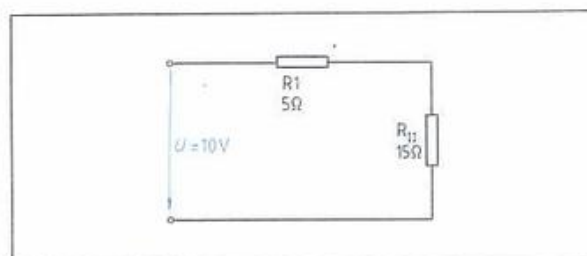
Ezek többnyire olyan hálózatok, amelyeknek a számításához csillag-háromszög-átalakítás is szükséges.



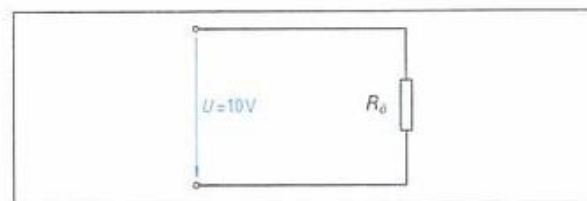
1. Ellenállás-hálózat, az egyszerűsítés 2. fokozata



2. Ellenállás-hálózat, az egyszerűsítés 3. fokozata



3. Ellenállás-hálózat, az egyszerűsítés 4. fokozata



4. Ellenállás-hálózat, a végső egyszerűsítés fokozata

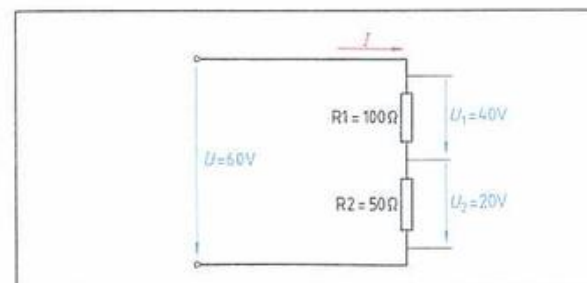
2.5. Feszültségosztók

Terheletlen feszültségosztók

Ellenállások soros kapcsolásakor az ellenállások részfeszültségei úgy viszonyulnak egymáshoz, mint az ellenállások.

Ellenállások soros kapcsolásával tehát feszültséget lehet osztani.

Az 5. ábra kapcsolásán 60 V-os feszültség felosztása látható 40 V-os és 20 V-os feszültségre.



5. 60 V feszültség felosztása 20 és 40 V feszültségre

2.5. Feszültségosztók

Terheletlen feszültségosztók

Egy 2,5 V/0,2 A-es zseblámpaizzót ellenállással sorba kapcsolva 220 V feszültségről akarunk üzemeltetni (1. ábra).

Az izzó R_2 ellenállásának értéke:

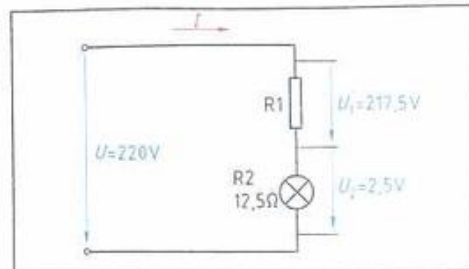
$$R_2 = \frac{U_2}{I} = \frac{2,5 \text{ V}}{0,2 \text{ A}} = 12,5 \Omega$$

Ahhoz, hogy az R_2 ellenálláson 2,5 V feszültség essen, 0,2 A áramnak kell folynia. Ugyanez az áram folyik át az R_1 ellenálláson is. Az R_1 ellenálláson 217,5 V feszültségnek kell esnie.

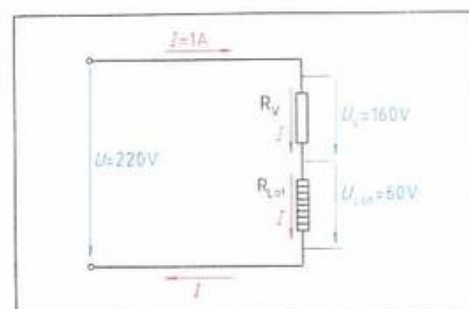
Az R_1 ellenállás értékének tehát:

$$R_1 = \frac{U_1}{I} = \frac{217,5 \text{ V}}{0,2 \text{ A}} = 1087,5 \Omega$$

kell lennie. Ha a fogyasztóra csak részfeszültség kerülhet, ellenállást kell elé sorba kapcsolni, ezt **előtét-ellenállásnak** nevezzük.



1. Zseblámpaizzó üzemeltetése soros ellenálláson át 220 V feszültségről



2. Kapcsolás az 1. példához

1. példa

Az olyan forrasztópákát, amely 60 V feszültségre készült és 1 A áramfelvételű előtét-ellenállással 220 V feszültségről szeretnénk üzemeltetni.

Mekkorának kell lennie az előtét-ellenállás értékének?

A pákára csak 60 V feszültség kerülhet. A 220 V-ból maradó feszültségnek az előtét-ellenálláson kell esnie (2. ábra).

Az előtét-ellenállás feszültsége tehát $220 - 60 \text{ V} = 160 \text{ V}$.

A forrasztópákán át csak 1 A áram folyhat. Ugyanez az áram folyik át az R_0 előtét-ellenálláson is.

Ha az R_0 ellenálláson át 160 V feszültségnél 1 A áram folyik, R_0 értéke 160 Ω:

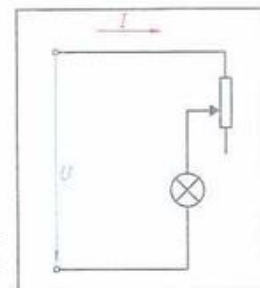
$$R_0 = \frac{U_0}{I} = \frac{160 \text{ V}}{1 \text{ A}} = 160 \Omega$$

Előtét-ellenállásként állítható értékű ellenállást is használhatunk.

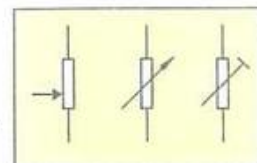
Ezeket az ellenállásokat tolóellenállásnak, forgatható ellenállásnak, trimmer-ellenállásnak — potenciométernek nevezzük. Ellenállásértékük minimális és maximális érték között változtatható.

A 3. ábrán látható izzólámpa fényerőssége változtatható előtét-ellenállással szabályozható.

Az izzólámpa feszültségét ebben a kapcsolásban nem lehet nullára csökkenteni. A legkisebb lámpafeszültséget akkor kapjuk, ha az előtét-ellenállást a legnagyobb értékére állítjuk be.



3. Izzólámpa állítható előtét-ellenállással



4. Állítható ellenállások rajzjelei

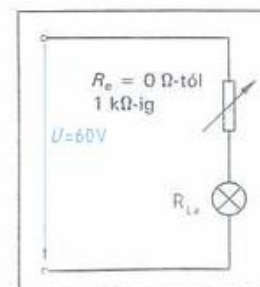
2. példa

Egy 60 V/0,2 A-es izzólámpát változtatható előtét-ellenálláson át 60 V feszültségre kapcsolunk. Az előtét-ellenállás legkisebb ellenállása 0 Ω, a legnagyobb 1 kΩ (5. ábra).

Mekkora az U_{L_0} feszültség beállítható értéke?

$R_0 = 0$ értéknél $U_0 = 0$ és $U_{L_0} = 60 \text{ V}$.

$R_0 = 0$ érték mellett a teljes 60 V feszültség az izzólámpára kerül. Ez a lehetséges legnagyobb lámpára jutó feszültség.



5. Kapcsolás a 2. példához

Ha R_e értékét a legnagyobb, 1 k Ω értékre állítjuk be, akkor 1 k Ω és 300 Ω soros kapcsolása jön létre, mert az izzólámpa ellenállása 300 Ω .

$$R_o = R_e + R_{La}$$

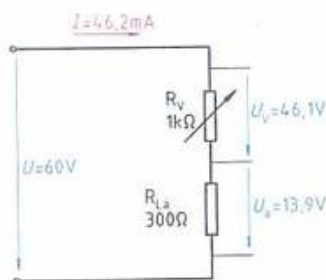
$$R_o = R_v + R_{La}$$

$$R_o = 1000 \Omega + 300 \Omega$$

$$R_o = 1300 \Omega$$

$$I = \frac{U}{R_o} = \frac{60 \text{ V}}{1300 \Omega} = 0,0462 \text{ A}$$

$R_o = 1300 \Omega$ eredő ellenálláshoz 46,2 mA áram tartozik.



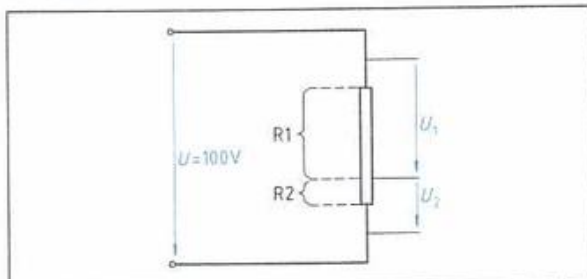
Az U_{La} izzólámpa feszültség értéke:

$$U_{La} = I \cdot R_{La} = 46,2 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot 300 \Omega$$

$$U_{La} = 13,9 \text{ V}$$

A legkisebb beállítható feszültség tehát 13,9 V.

Az 1. ábrán látható feszültségosztóról bármilyen feszültség mellett tetszőlegesen kis feszültséget lehet levenni.



1. Feszültségosztó

Ha a csúszka a változtatható ellenállás felső végén áll, akkor U_2 egyenlő az U feszültséggel.

Ha egészen alul van a csúszka, az U_2 feszültség értéke zérus.

Az U feszültség az R_1 és R_2 ellenállások arányában U_1 és U_2 feszültségre oszlik:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

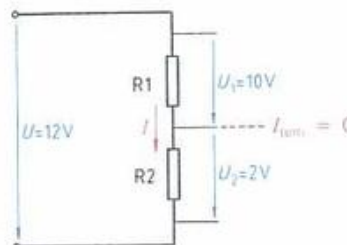
Ez az osztásviszony azonban csak akkor érvényes, ha a csúszkán keresztül nem folyik áram.

Az olyan feszültségosztót, amelyet nem terhelünk árammal, **terheletlen feszültségosztónak** nevezzük.

3. példa

Térvezérlésű tranzisztor előfeszítését feszültségosztóval 12 V feszültségből 2 V-ra kell beállítani.

A feszültségosztónak áramterhelése nincs.



Keressük a feszültségosztó R_1 és R_2 ellenállásának az értékét! A feladatnak sok megoldása van. Néhány lehetséges megoldást a következő táblázatban adunk meg:

Sorsz.	R_1	R_2	I
1.	10 Ω	2 Ω	1 A
2.	10 k Ω	2 k Ω	1 mA
3.	10 M Ω	2 M Ω	1 μ A
4.	10 m Ω	2 m Ω	1 kA
5.	20 Ω	4 Ω	0,5 A
6.	40 Ω	8 Ω	0,25 A
7.	80 Ω	16 Ω	0,125 A
8.	1 M Ω	0,2 M Ω	10 μ A

A 4. megoldásban használt ellenállásoknak nagyon kicsi az értéke. Az ilyen feszültségosztó túlságosan kis ellenállású, 1 kA = 1000 A áramot jelentene. Ha egy feszültségosztót ilyen nagy áramra kellene kialakítani, nagyon nagy hálózati tápegységre lenne szükség, ami drága is. A 4. megoldást természetesen nem választjuk.

A 3. megoldásban az ellenállások nagy értékűek. Nagy ellenállású a feszültségosztó, árama igen kicsi, csak 1 μ A.

Akkor, ha a feszültségosztót árammal nem terheljük, a feszültségosztó áramát kicsire választhatjuk.

Használhatunk olyan nagy ohm értékű ellenállásokat is, mint a 3. megoldásban. Jó azonban a 8. megoldás is, $R_1 = 1 \text{ M}\Omega$ és $R_2 = 200 \text{ k}\Omega$ értékekkel.

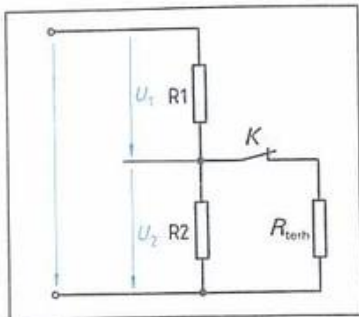
Ebben az esetben a feszültségosztó a tápegységet 10 μ A árammal terheli, ami elég kicsi.

Terheletlen feszültségosztóhoz nagy ellenállás-értékű tagokat választunk, hogy árama kicsi legyen.

A terheletlen feszültségosztót nagy ellenállású osztóként készítjük el.

Terhelt feszültségosztók

Az 1. ábrán olyan feszültségosztót látunk, amelyről a K kapcsoló zárt állásában áramot veszünk le.

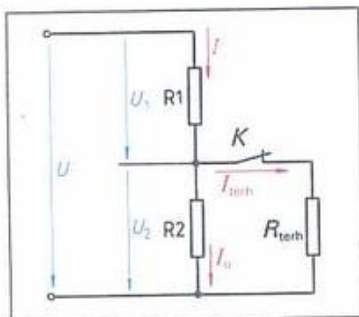


1. Terhelt feszültségosztó

Az ilyen feszültségosztót **terhelt feszültségosztónak** nevezzük.

Terhelt feszültségosztónál a következő áramokat kell megkülönböztetni (2. ábra):

I_{terh} terhelőáram
 I_o osztóáram
 I eredő áram



2. Terhelt feszültségosztó áramai

Az eredő áram a terhelőáram és az osztóáram összege. A feszültségekre a következő egyenletek érvényesek:

$$U_1 = I \cdot R_1 = (I_{\text{terh}} + I_o) \cdot R_1$$

$$U_2 = I_o \cdot R_2$$

R_2 és R_{terh} egy ellenállásnak tekinthető, amelyen az I eredő áram folyik át. Az U_2 feszültség tehát így kapható:

$$U_2 = I \cdot \frac{R_2 \cdot R_{\text{terh}}}{R_2 + R_{\text{terh}}}$$

Vizsgáljunk meg egy példán keresztül a terhelt feszültségosztó számítását!

4. példa:

Egy feszültségosztóval 0,8 V kimeneti feszültséget akarunk előállítani 12 V tápfeszültségből. A terhelésen folyó áram 2 mA (2. ábra).

Mekkora legyen a feszültségosztó R_1 és R_2 ellenállása?

Ennek a feladatnak is több megoldása van. Ha viszont előírjuk, hogy az osztóáram háromszor akkora kell, hogy legyen, mint a terhelőáram, már csak egy megoldás van.

Előírás: $I_o = 3 \cdot I_{\text{terh}}$

Az $\frac{I_o}{I_{\text{terh}}}$ viszonyszámot m osztásaránynak is nevezhetjük.

$m = \frac{I_o}{I_{\text{terh}}} = 3$ esetben:

$$I_o = 3 \cdot I_{\text{terh}}$$

$$I = I_o + I_{\text{terh}}$$

$$I_o = 3 \cdot 2 \text{ mA}$$

$$I = 6 \text{ mA} + 2 \text{ mA}$$

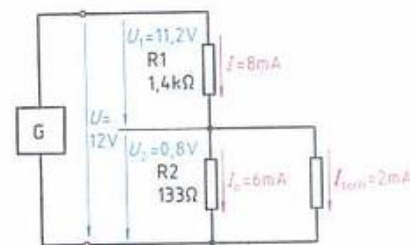
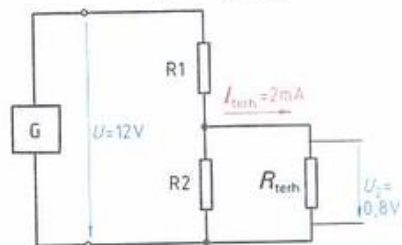
$$I_o = 6 \text{ mA}$$

$$I = 8 \text{ mA}$$

Az így nyert adatokkal R_1 és R_2 egyszerűen kiszámítható.

$$R_1 = \frac{U_1}{I} = \frac{11,2 \text{ V}}{8 \text{ mA}} = 1,4 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I_o} = \frac{0,8 \text{ V}}{6 \text{ mA}} = 133 \text{ }\Omega$$



Ha a feszültségosztó terhelőárama megváltozik, akkor az U_2 kimeneti feszültség is megváltozik:

kisebb terhelőáram — nagyobb kimeneti feszültség
 nagyobb terhelőáram — kisebb kimeneti feszültség

A kimeneti feszültség változása annál kisebb a terhelőáram változásának hatására, minél nagyobb az m osztásarány választott értéke.

A nagyobb m osztásarány azonban kis ellenállású feszültségosztót feltételez.

Kimondhatjuk:

A feszültségosztó kimeneti feszültsége a terhelőáram változásakor annál kisebb, minél kisebb az osztó ellenállása, azaz minél nagyobb az m osztásaránya.

2.6. Hídkapcsolások

A hídkapcsolások számítása

Az 1. ábra szerinti kapcsolásban az R_1 és R_2 feszültségosztó ellenállásokkal leosztjuk az $U = 120\text{ V}$ feszültséget.

Legyen a C pont az összes feszültség vonatkoztatási pontja. Egy kapocspont feszültségét a választott vonatkoztatási ponthoz képest **potenciálnak** nevezzük. A vonatkoztatási pont potenciálja mindig 0 V .

A B pont potenciálját a következőképpen számítjuk ki:

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{120\text{ V}}{40\ \Omega + 20\ \Omega} = \frac{120\text{ V}}{60\ \Omega} = 2\text{ A}$$

$$U_1 = I \cdot R_1 = 2\text{ A} \cdot 40\ \Omega = 80\text{ V}$$

$$U_2 = I \cdot R_2 = 2\text{ A} \cdot 20\ \Omega = 40\text{ V}$$

A B pont a C vonatkoztatási ponthoz képest $+40\text{ V}$ feszültségű, azaz a B pont potenciálja $+40\text{ V}$.

A 2. ábra szerinti feszültségosztó kapcsolásban az $U = 120\text{ V}$ -ot az R_3 és R_4 ellenállások osztják le:

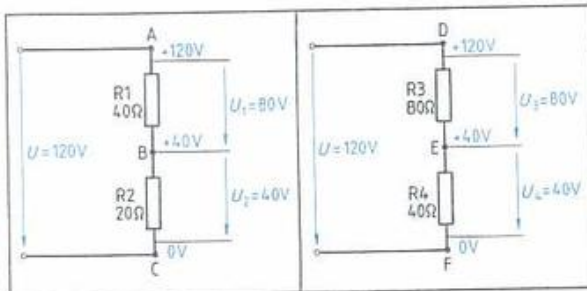
$$I = \frac{U}{R_3 + R_4} = \frac{120\text{ V}}{80\ \Omega + 40\ \Omega} = \frac{120\text{ V}}{120\ \Omega} = 1\text{ A}$$

$$U_3 = I \cdot R_3 = 1\text{ A} \cdot 80\ \Omega = 80\text{ V}$$

$$U_4 = I \cdot R_4 = 1\text{ A} \cdot 40\ \Omega = 40\text{ V}$$

Ebben a kapcsolásban a vonatkoztatási pont az F pont. Az F ponthoz képest az E pont potenciálja $+40\text{ V}$.

Kapcsoljuk most össze az 1. és 2. ábra feszültségosztóit a 3. ábra szerint.



1. Feszültségosztó

2. Feszültségosztó

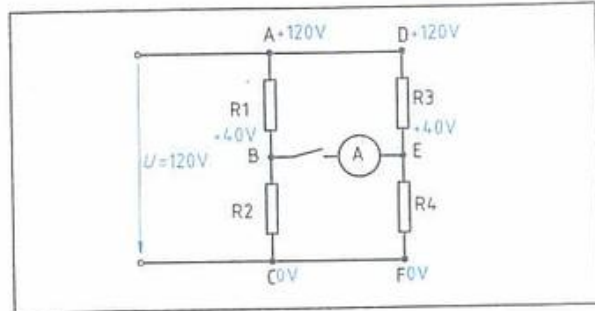
A C és F pontoknak mint vonatkoztatási pontoknak a potenciálja 0 V . Az A és D pontok potenciálja $+120\text{ V}$.

A B és E kapcsolási pontok egyaránt $+40\text{ V}$ potenciálon vannak.

Kössük most össze a B és E pontokat egy vezetékekkel. Az áthidaláson keresztül nem folyik áram, mert a két pont között nincs feszültségkülönbség.

Azonos potenciálú pontok között nincs feszültség.

A 3. ábrán látható kapcsolást **hídkapcsolásnak** nevezzük. Amikor a hídkapcsolás ellenállásokból épül fel, ellenálláshíd-kapcsolásról vagy rövidebben ellenálláshídról beszélünk. A hídkapcsolás B és E pontjai csak akkor vannak egyenlő potenciálon, ha a két feszültségosztó a rájuk kapcsolt U feszültséget egyformán osztja le.



3. Hídkapcsolás

Az 1. ábra szerinti feszültségosztóra igaz, hogy:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

A 2. ábra szerinti feszültségosztóra igaz, hogy:

$$\frac{R_3}{R_4} = \frac{U_3}{U_4}$$

Az U_1 és U_3 feszültségek, valamint az U_2 és U_4 feszültségek azonban egyenlők:

$$U_1 = U_3; \quad U_2 = U_4$$

Így írhatjuk tehát:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{U_3}{U_4} = \frac{R_3}{R_4}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

Kiegyenlítés

Amikor a hídkapcsolás B és E pontjai azonos potenciálon vannak, azt mondjuk, hogy a híd kiegyenlített. A kiegyenlített ellenálláshídra (3. ábra) érvényes egyenlet:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

Ha egy kiegyenlített ellenálláshíd három elemét ismerjük, a negyediket ki tudjuk számítani. A tápfeszültség értékére nincs szükségünk.

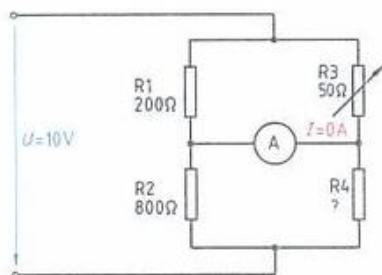
1. példa:

Egy ellenálláshíd R_3 ellenállását addig változtatjuk, amíg a B és E pont között már nem folyik áram. R_3 értéke ekkor $50\ \Omega$. Mekkora az R_4 ellenállás értéke?

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}; \quad R_4 = R_3 \cdot \frac{R_2}{R_1}$$

$$R_4 = \frac{50\ \Omega \cdot 800\ \Omega}{200\ \Omega}$$

$$R_4 = \underline{200\ \Omega}$$



Ellenálláshidak segítségével ismeretlen értékű ellenállások nagysága mérhető.

Az 1. ábrán ellenállásmérő híd kapcsolását látjuk. Az R_x ismeretlen ellenállást a és b kapcsokra csatlakoztatjuk.

Az R_N ellenállást most addig változtatjuk, amíg a hídátlóban a B és E pontok között nem folyik áram. A híd ekkor kiegyenlített. Tehát:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_N}{R_x}; \quad R_x = R_N \cdot \frac{R_2}{R_1}$$

A kiegyenlítéshez középpállású árammérőt célszerű használni.

Az U feszültség nem befolyásolja a mérési eredményt. Ha U megváltozik, megváltozik ugyan a kapcsolópontok potenciálja, de a feszültségosztás mindkét feszültségosztón változatlan marad. A B és E pontok a megváltozott feszültségen is azonos potenciálon vannak. U értéke azonban nem lehet tetszőlegesen kicsi, mert ekkor a kiegyenlítés nem lesz elég érzékeny.

A Wheatstone-híd

Az $R_x = R_N \cdot \frac{R_2}{R_1}$ egyenletben ismerjük az R_1 és R_2

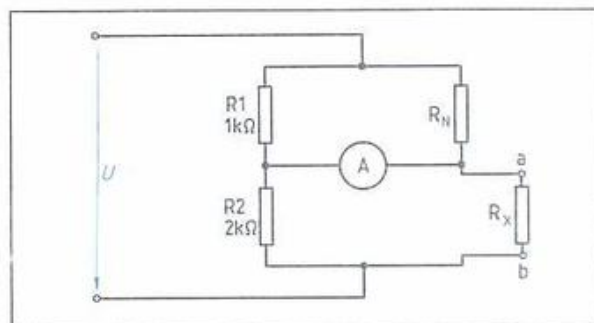
ellenállás értékét. Legyen például $R_1 = 1\ \text{k}\Omega$ és $R_2 = 2\ \text{k}\Omega$. Az R_2/R_1 hányadosból egy arányossági tényezőt kapunk, esetünkben ez a szám 2:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{2\ \text{k}\Omega}{1\ \text{k}\Omega} = 2$$

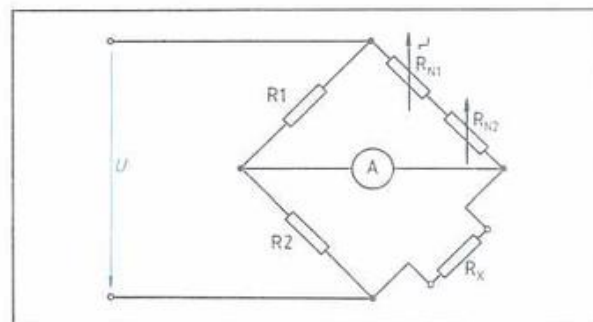
$$R_x = 2 \cdot R_N$$

Az R_x érték tehát minden esetben egyenlő R_N értékének és az arányossági tényezőnek a szorzatával. Ez azt jelenti, hogy az R_N változtatható ellenállás skáláján R_x értékét fel lehet tüntetni. Ezt a módszert használják a kereskedelembe kapható ellenállásmérő hidaknál. Különböző méréshatárok elérésére az R_N ellenállást egy vagy több fokozatban állítható és egy folyamatosan változtatható részből állítják össze (2. ábra).

Az így felépített ellenállásmérő hidakat **Wheatstone-hidnak**¹ nevezik.



1. Ellenállásmérő híd



2. Ellenállásmérő híd R_{N1} és R_{N2} ellenállásokkal

¹ Wheatstone (1802–1875), angol fizikus

2.7. Ellenőrizze tudását

2.1. szakaszhoz: A villamos áramkörök és az Ohm-törvény

1. Mit értünk áramkör alatt?
2. Ismertessük néhány szóval az Ohm-törvényt!
3. Mit jelent az „arányosság” kifejezés?

2.2. szakaszhoz: Ellenállások soros kapcsolása

1. Mit értünk soros kapcsoláson?
2. Ellenállások soros kapcsolásában hogyan viszonylik az ellenállásokra jutó feszültség az ellenállások értékeihez?
3. Mint mond a második Kirchhoff-törvény?

2.3. szakaszhoz: Ellenállások párhuzamos kapcsolása

1. Miről ismerjük fel a párhuzamos kapcsolást?
2. Mekkora az n számú párhuzamosan kapcsolt, egyenlő nagyságú ellenállás eredő ellenállása?
3. Hogy hangzik az első Kirchhoff-törvény?
4. Ellenállások párhuzamos kapcsolásában az ágakban hogy viszonyulnak az ellenállásértékekhez?

2.4. szakaszhoz: Ellenállás-hálózatok

1. Mi az ellenállás-hálózat?
2. Miről lehet felismerni, hogy egy ellenállás-hálózatban sorba kapcsolt ellenállások vannak?
3. Miről lehet felismerni, hogy egy ellenállás-hálózatban párhuzamosan kapcsolt ellenállások vannak?

2.5. szakaszhoz: Feszültségosztók

1. Mikor használunk feszültség csökkentésére előtét-ellenállást és mikor használunk feszültségosztót?
2. Mit értünk az osztásarányon?
3. Hogy viselkedik terhelésváltozáskor egy nagy ellenállású és egy kis ellenállású feszültségosztó?

2.6. szakaszhoz: Hídkapcsolások

1. Rajzoljunk egy ellenállás-hídkapcsolást!
2. Hogy viszonyulnak egymáshoz egy kiegyenlített hídkapcsolás ellenállásai?
3. Mit értünk villamos potenciál alatt?
4. Mi a jelentősége az osztóáramnak terhelt feszültségosztó esetében?

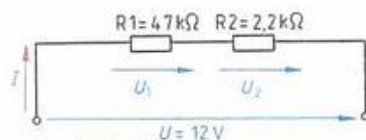
Feladatok

2.1. szakaszhoz

1. $R = 2,2 \text{ M}\Omega$ nagyságú ellenálláson $I = 140 \mu\text{A}$ áram folyik át. Mekkora az U tápfeszültség?

2.2. szakaszhoz:

1. Három ellenállást, ($R_1 = 470 \Omega$, $R_2 = 820 \Omega$, $R_3 = 330 \Omega$,) sorba kapcsolunk $U = 220 \text{ V}$ feszültségen.
 - a) Mekkora az R_0 eredő ellenállás?
 - b) Mekkora az ellenállásokon átfolyó I áram?
 - c) Mekkora az U_1 , U_2 és U_3 részfeszültségek?
2. Három ellenállást ($R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 10 \Omega$ és $R_3 = 1 \Omega$) sorba kapcsolunk $U = 110 \text{ V}$ feszültségen. Mekkora az U_1 , U_2 és U_3 részfeszültségek?
3. Két ellenállást ($R_1 = 0,5 \Omega$, és $R_2 = 3 \Omega$) $U = 12 \text{ V}$ feszültségen sorba kapcsolunk.
 - a) Mekkora az I áram?
 - b) Mekkora az U_1 és U_2 részfeszültségek?
4. Számítsuk ki az ábra szerinti kapcsolásban:
 - a) az I áramot,
 - b) az U_1 és U_2 részfeszültségeket!



Soros kapcsolás a 4. feladathoz

5. Egy forrasztópáka 220 V feszültségről $I = 180 \text{ mA}$ áramot vesz fel. Mekkora a fűtőbetét R ellenállása?

2.3. szakaszhoz

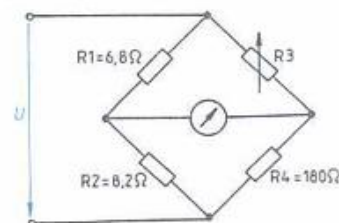
1. Két ellenállás ($R_1 = 100 \Omega$, és $R_2 = 1000 \Omega$,) $U = 220 \text{ V}$ feszültségen párhuzamosan kapcsolunk.
 - a) Mekkora az I_1 és I_2 részáram?
 - b) Mekkora az R_0 eredő ellenállás?
2. Három ellenállás ($R_1 = 22 \Omega$, $R_2 = 12 \Omega$ és $R_3 = 33 \Omega$) párhuzamosan kapcsolódik $U = 24 \text{ V}$ feszültségre.
 - a) Mekkora az I_1 , I_2 és I_3 részáramok?
 - b) Mekkora a G_0 eredő vezetőképesség?
3. Mekkora az R_0 eredő ellenállása az $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 47 \Omega$, $R_3 = 68 \Omega$ és $R_4 = 120 \Omega$ értékű ellenállások párhuzamos kapcsolásának?
4. Két, párhuzamosan kapcsolt ellenállás eredője $R_0 = 100 \Omega$ kell, hogy legyen. Az R_1 ellenállás értéke $R_1 = 120 \Omega$. Mekkora az R_2 ellenállás?

2.5. szakaszhoz

1. $R_1 = 33 \Omega$ és $R_2 = 22 \Omega$ ellenállásokból álló feszültségosztón $U = 48 \text{ V}$ eredő feszültség van.
 - a) Mekkora az U_k kimeneti feszültség?
 - b) Mekkora értékre változik a kimeneti feszültség, ha R_1 -et és R_2 -t felcseréljük?

2.6. szakaszhoz

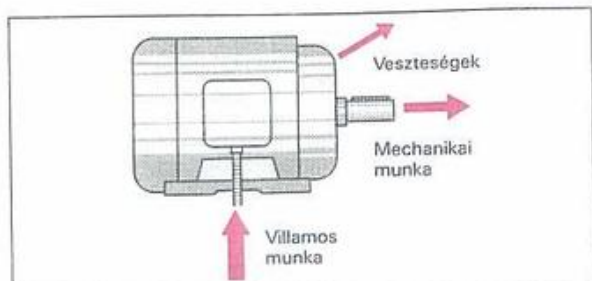
1. Az ábrán látható hídkapcsolásban ki kell számítani az R_3 ellenállás kiegyenlítéséhez szükséges értékét.



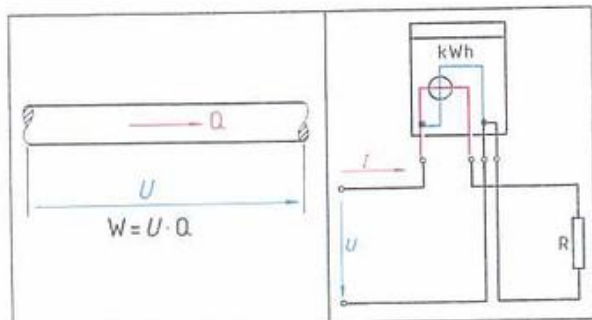
3. Villamos munka és teljesítmény*

3.1 A villamos munka

A villamosság munkavégzésre alkalmas (1. ábra). Amikor egy motorra feszültséget kapcsolunk, forgórésze forgásával gépet hajt. A bekapcsolt főzőlap felmelegszik, megmelegíti az edényt és megfő az étel.



1. A villamos munka átalakítása mechanikai munkává



2. Amikor az U feszültség a vezetéken Q töltést hajt át, munkát végez

3. A villamos munka mérése fogyasztásmérővel

Villamos munkavégzés akkor jön létre, ha a vezetéken az U villamos feszültség Q villamos töltésmennyiséget hajt át (2. ábra).

A villamos munka az energiafajták közül az egyik.

A villamos munka jele: W .

A W villamos munka egyrészt az U feszültséggel, másrészt a vezetéken áthaladó Q töltésmennyiséggel arányos:

$$W = U \cdot Q$$

A Q villamos töltésmennyiséget rövidebben villamos töltésnek nevezzük, amit a következő összefüggés ír le:

$$Q = I \cdot t$$

A szállított töltés az I áramerősségből és abból a t időből kapható, amely alatt az I áram folyik.

Helyettesítsük a $Q = I \cdot t$ összefüggést a $W = U \cdot Q$ ki-fejezésbe, ekkor a következőt kapjuk:

$$W = U \cdot Q$$

$$W = U \cdot I \cdot t$$

Ez az egyenlet azzal a feltétellel érvényes, hogy U és I értéke a t idő alatt változatlan, tehát egyenfeszültségre és egyenáramra vonatkozik.

A villamos munka tehát az U feszültséggel, az I árammal és a t idővel arányos. Mértékegysége: $V \cdot A \cdot s$.

$$[W] = V \cdot A \cdot s$$

A voltszor amper szorzat neve **watt**¹.

$$1 V \cdot 1 A = 1 W$$

1 VAs írható 1 Ws-nak is (Ws = watszekundum).

A watszekundum (Ws) mértékegység a villamos munka alapegysége. A watszekundum mértékegység neve lehet: joule² (ejtsd: dzsúl) is. Jelölése: J.

A következő további egységek használatosak még:

$$1 \text{ wattóra} = 1 \text{ Wh} = 3600 \text{ Ws}$$

$$1 \text{ kilowattóra} = 1000 \text{ Wh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Ws}$$

A **kilowattóra** az a munkaegység, amiben az áramszolgáltató vállalatok elszámolnak. Ára a tarifától függően különböző lehet.

A villamos munka fogyasztásmérővel mérhető (l. a 277. oldalt).

A fogyasztásmérőnek mérnie kell az áramerősséget, a feszültséget és az időt. Van feszültségtekercse, áramtekercse, az időt pedig forgótárcsa érzékeli (3. ábra).

A számláló szorzószáma adja meg, hogy egy kWh fogyasztás hány tárcsafordulatot jelent. A fogyasztásmérő adattábláján ezt a szorzószámot feltüntetik (4. ábra).

4. Fogyasztásmérő adattáblája

Háromfázisú fogyasztásmérő					
0	D 304	Nr.	33 295 476	0	
	3x220/380	V	10(40)	A	
50	Hz	150	ford/kWh	4000	1986

1. példa:

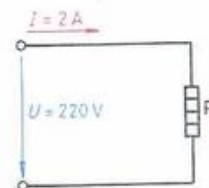
A vasaló R fűtőszálán 220 V feszültségen 2 A áram folyik. 1 kWh 5,30 Ft áron számolható.

Mennyi egy 10 órás üzem energiaköltsége?

$$W = U \cdot I \cdot t, \quad W = 220 V \cdot 2 A \cdot 10 h$$

$$W = 4400 \text{ Wh} = 4,4 \text{ kWh}$$

Az energiaköltség 5,30 Ft/kWh áron számolva kb. 23,30 Ft



¹ James Watt (1736–1819), angol mérnök

² James Prescott Joule (1818–1889), angol fizikus

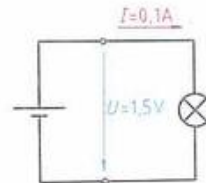
* A vonatkozó magyar szabvány: MSZ 4900

2. példa:

Egy zseblámpaelem 1,5 V feszültség mellett 100 órán át 0,1 A áramot képes szolgáltatni. Az elem ára 30,00 Ft. Mennyibe kerül 1 kWh villamos energia elemből fogyasztva?

$$W = U \cdot I \cdot t$$

$$W = 1,5 \text{ V} \cdot 0,1 \text{ A} \cdot 100 \text{ h}$$



$$W = 15 \text{ Wh}$$

Az elem 15 Wh energiát szolgáltat.

$$\text{Energiaköltség wattóránként} = \frac{30 \text{ Ft}}{15 \text{ Wh}} = 2 \text{ Ft/Wh}$$

$$\text{Energiaköltség kilowattóránként} = \frac{30 \text{ Ft}}{0,015 \text{ kWh}} = 2000 \text{ Ft/kWh}$$

Az elemből nyert energia tehát a hálózathoz vett energiánál több százszor drágább.

3.2. A villamos teljesítmény

Teljesítménynek nevezzük azt a képességet, amellyel meghatározott idő alatt meghatározott munka végezhető.

A teljesítmény tehát a munkavégzés sebességét jellemzi. A teljesítmény jele: P

A teljesítmény az időegységre eső munkával egyenlő.

$$P = \frac{W}{t}$$

Helyettesítsük W helyére az $U \cdot I \cdot t$ szorzatot, a következő egyenletet kapjuk:

$$P = \frac{U \cdot I \cdot t}{t}$$

$$P = U \cdot I$$

A teljesítmény mértékegysége a volt·amper = watt.

$$[P] = \text{V} \cdot \text{A} = \text{W}$$

A watt mértékegységen kívül további teljesítményegységek is használatosak:

$$\begin{aligned} 1 \text{ megawatt} &= 1 \text{ MW} = 1\,000\,000 \text{ W} \\ 1 \text{ kilowatt} &= 1 \text{ kW} = 1\,000 \text{ W} \end{aligned}$$

$$1 \text{ milliwatt} = 1 \text{ mW} = \frac{1}{1\,000} \text{ W}$$

$$1 \text{ mikrowatt} = 1 \mu\text{W} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ W}$$

A villamos készülékek munkavégző képességét teljesítményükkel adják meg. A teljesítmény tehát fontos jellemző.

Az izzólámpákat, hőfejlesztő készülékeket, motorokat meghatározott teljesítményre méretezik.

A fogyasztó felvett teljesítményét a hálózati áramfelvevél és a hálózati feszültség együtt adják.

A fogyasztó egyben teljesítményt is szolgáltat.

A leadott teljesítmény lehet pl. mechanikai teljesítmény (motornál) vagy hőfejlesztő készülék esetében hőteljesítmény.

Többször megadják a villamos készülékek névleges teljesítményét. Ez a készülék teljesítménye normális üzemben. Az elkerülhetetlen gyártási eltérések miatt a ténylegesen felvett teljesítmény a névleges teljesítménytől eltér. Az üzemeltetésekor felvett teljesítmény kisebb vagy nagyobb lehet, mint a gyártó által megadott névleges érték. Ez a csökkenés vagy növekedés pl. a hálózati feszültség ingadozásából is eredhet.

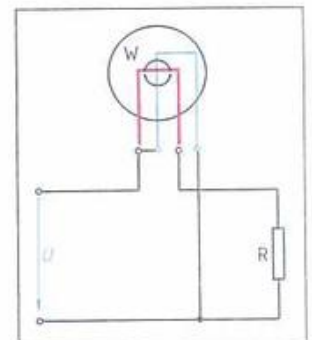
A villamos teljesítményt teljesítménymérővel méri, amit wattmérőnek is nevezünk.

A teljesítménymérő műszer belsejében feszültségtekercs van, amelyet feszültségérzékelőnek nevezünk. Tartalmaz egy áramtekercset is, az ún. áramérzékelőt.

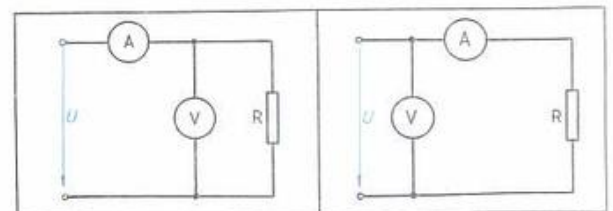
Érzékeli tehát az áram és a feszültség nagyságát és jelzi az áram — feszültség szorzatot.

Az áramtekercset az árammérőhöz, a feszültségtekercset a feszültségmérőhöz hasonlóan kell bekötni (1. ábra).

A teljesítményt mérhetjük egy voltmérővel és egy ampermérővel is (2. és 3. ábra). Az áram és a feszültség mért eredményéből ezután kiszámíthatjuk a teljesítményt.



1. Villamos teljesítmény mérése wattmérővel

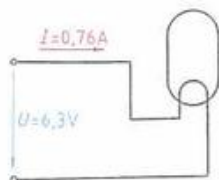


2. Teljesítménymérés amper- és voltmérővel (kis ellenállásérték esetén)

3. Teljesítménymérés amper- és voltmérővel (nagy ellenállásérték esetén)

3. példa:

Az elektroncső fűtőszála 6,3 V feszültségről 0,76 A áramot vesz fel. Mekkora a cső fűtőteliessítménye?



$$P = U \cdot I$$

$$P = 6,3 \text{ V} \cdot 0,76 \text{ A}$$

$$P = 4,79 \text{ W}$$

$$P = I^2 \cdot R$$

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}}$$

$$I = \sqrt{\frac{20 \text{ W}}{5 \Omega}} = \sqrt{\frac{20 \text{ V} \cdot \text{A}}{5 \frac{\text{V}}{\text{A}}}} = \sqrt{4 \text{ A}^2}$$

$$I = 2 \text{ A}$$

4. példa:

Ismeretlen villamos hőfejlesztő készülék felvett teljesítményét kell mérnünk fogyasztásmérő és óra segítségével. A fogyasztásmérő állandója: 600 ford./kWh.

A hőfejlesztő készüléket fogyasztásmérőn át 3 percig a hálózatra kapcsoljuk. A mérő tárcsája ezalatt 60-at fordul. Mekkora a készülék teljesítményfelvétele?

$$600 \text{ ford.} \hat{=} 1 \text{ kWh}$$

$$60 \text{ ford.} \hat{=} \frac{60}{600} \text{ kWh} = 0,1 \text{ kWh}$$

A készülék 3 perc alatt 0,1 kWh-t fogyasztott.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{0,1 \text{ kWh}}{\frac{1}{20} \text{ h}}$$

$$P = 2 \text{ kW}$$

Az a teljesítmény, amelyet az áramtól átjárt R ellenállás felvesz, a rájutó feszültségből és az ellenállás értékéből de az áramból és az ellenállásértékből is kiszámítható. Az Ohm-törvény szerint $I = U/R$. Helyettesítsük az U/R kifejezést a $P = U \cdot I$ egyenletbe:

$$P = U \cdot I \quad I = \frac{U}{R} \quad P = U \cdot \frac{U}{R}$$

$$P = \frac{U^2}{R}; \quad [P] = \frac{\text{V}^2}{\Omega} = \frac{\text{V}^2 \text{ A}}{\text{V}} = \text{VA} = \text{W}$$

Ugyanígy U a teljesítményegyenletben az $I \cdot R$ alakkal helyettesíthető:

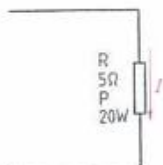
$$P = U \cdot I \quad U = I \cdot R \quad P = I \cdot R \cdot I$$

$$P = I^2 \cdot R; \quad [P] = \text{A}^2 \cdot \Omega = \text{A}^2 \cdot \frac{\text{V}}{\text{A}} = \text{VA} = \text{W}$$

5. példa:

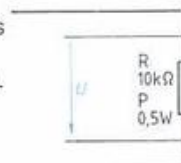
Ellenálláshuzalból tekercselt, $R = 5 \Omega$ értékű ellenállás 20 W teljesítményre készült.

Mekkora az ellenállás áramának legnagyobb értéke?



6. példa:

Az $R = 10 \text{ k}\Omega$ -os rétegellenállás 0,5 W teljesítményre készült. Mekkora a legnagyobb rákapcsolható feszültség?



$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{0,5 \text{ W} \cdot 10000 \Omega}$$

$$= \sqrt{0,5 \text{ VA} \cdot 10000 \frac{\text{V}}{\text{A}}}$$

$$U = 70,7 \text{ V}$$

Elemezzük a

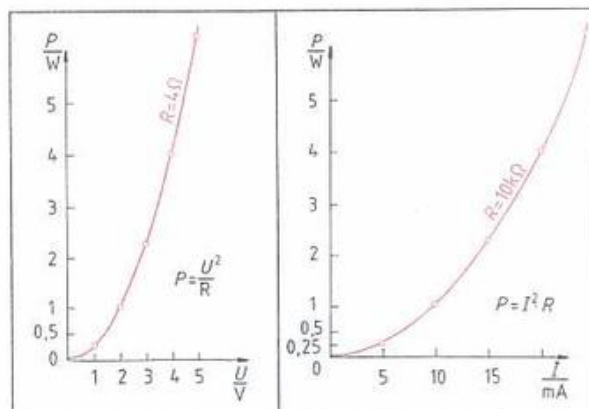
$$P = I^2 \cdot R \quad \text{és} \quad P = \frac{U^2}{R}$$

egyenleteket.

Kétszerezve az I áramot, változatlan R ellenálláson négyszereződik a teljesítmény.

A feszültség kétszerezése ugyanígy négyszeres teljesítményt eredményez.

A fogyasztó felvett teljesítménye az áram és a feszültség négyzetével nő vagy csökken (2. ábra).



1. A fogyasztó felvett teljesítménye a feszültség négyzetével nő

2. A fogyasztó felvett teljesítménye az áram négyzetével nő

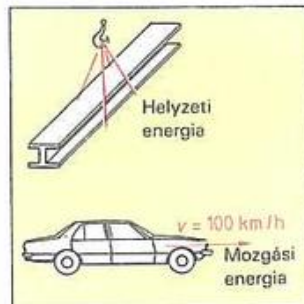
3.3. A villamos energia átalakítása és a hatásfok

Energiaátalakítás

Az energia és a munka elvileg egyenértékű fogalmak, és azonos mértékegységgel mérhetők. Megjelenési formájuk azonban eltérő.

A vasgerendának a föld fölött adott magasságban helyzeti energiája van, amelyet potenciális energiának is nevezünk.

Az autónak, amely meghatározott sebességgel halad, mozgási (kinetikai) energiája van (1. ábra). Az üzemanyagoknak kémiai energiája, az atommagoknak nukleáris energiája van.



1. Energiaformák

Munkáról akkor beszélünk, ha az energia az átalakítása révén hasznosíthatóvá válik.

Világunkban az energiamegmaradás törvénye uralkodik:

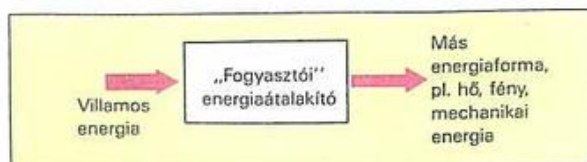
Energiát nem lehet létrehozni vagy megsemmisíteni. Az energiamennyiség összességében állandó. Energiát csak átalakítani lehet, egyik formájából a másikba.

Hogy ez a törvény a világmindenség mélyén is érvényesül-e, nem tudjuk. Ennek a kérdésnek azonban itt nincs jelentősége.

Minden esetben, amikor hasznosítjuk a villamos energiát, más energiaformává alakítjuk át.

Azokat a villamos készülékeket, amelyek az energiájukat a hálózatról nyerik **fogyasztónak** nevezzük.

Ezek a készülékek természetesen semmiféle energiát nem **fogyasztanak**. A hálózatról vett energiát átalakítják más energiaformává (2. ábra).



2. „Fogyasztó” mint energiaátalakító

A villamos hőfejlesztő készülékek, pl. a villamos energiát hőenergiává alakítják át, a villamos motor pedig mechanikai energiává alakítja.

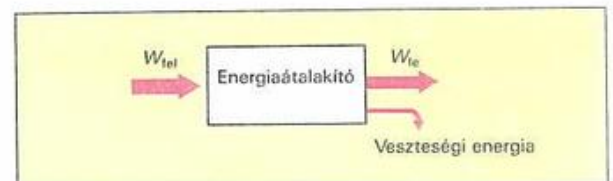
Az eredetileg meglévő villamos energia az átalakítás után már nem létezik, ezért némi alapon hasznosítható **villamos energia felhasználásáról** beszélhetünk.

Azokat a készülékeket, amelyek más energiaformából villamos energiát állítanak elő, **generátoroknak** vagy **áramforrásoknak** nevezzük. Ezek a hasznosítható villamos energia termelői.

A hatásfok

Általában hatásfokon a haszon és a ráfordítás hányadosát értjük.

Az energiaátalakítás egyik formából a másikba soha nem tökéletes. Az energia egy része nem a kívánt formájú lesz, a felhasználás szempontjából elvesz. Ekkor **vesztési energiáról** vagy **vesztésekről** beszélhetünk (3. ábra).



3. Energiafolyam ábrázolása

A villamos motorba vezetett energia csak részben alakul mechanikai energiává. A villamos energia másik része hővé alakul és nem hasznosítható.

Egyik formából a másikba való energiaátalakításkor a hasznos energia szempontjából **vesztések** keletkeznek.

Az energiaátalakító haszna a kívánt formában leadott energiával egyenlő. A ráfordítás a bevezetett energiát jelenti.

A hatásfok a leadott hasznos energia és a felvett energia viszonya.

A hatásfok jele: η ¹.

$$\eta = \frac{W_{le}}{W_{fel}}$$

W_{le} leadott hasznos energia,
 W_{fel} felvett energia.

¹ η éta, görög betű

Többnyire időegységre jutó energiával, tehát teljesítménnyel számolunk (1. ábra). A hatásfok összefüggése ekkor a következő alakú:

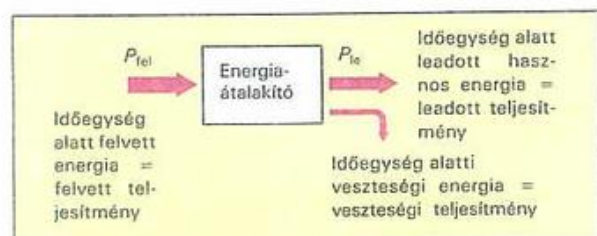
$$\eta = \frac{W_{le}}{W_{fel}} = \frac{P_{le} \cdot t}{P_{fel} \cdot t}$$

$$\eta = \frac{P_{le}}{P_{fel}} \quad P_{le} \text{ a leadott hasznos teljesítmény,} \\ P_{fel} \text{ a felvett teljesítmény.}$$

η értéke mindig egynél kisebb. Az értéket %-ban is megadhatjuk:

$$\eta = \frac{P_{le}}{P_{fel}} \cdot 100\% ^1$$

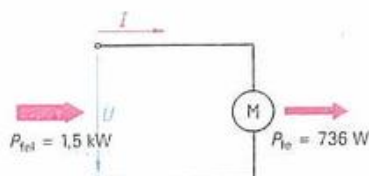
A hatásfok pusztán érték, nincs mértékegysége.



1. Az energiatranszformáció ábrázolása

1. példa:

Egy villamos motor 1,5 kW teljesítményt vesz fel és 736 W² mechanikai teljesítményt szolgáltat.



Mekkora a hatásfoka?

$$\eta = \frac{P_{le}}{P_{fel}} = \frac{736 \text{ W}}{1500 \text{ W}}$$

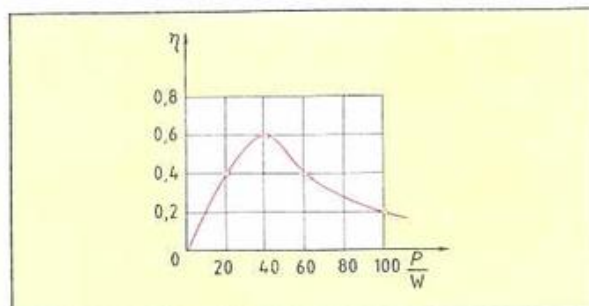
$$\eta = 0,49 = 49\%$$

Tehát a felvett teljesítmény 49%-a alakul át mechanikai teljesítménnyé.

¹ Nem használható ez az összefüggés, ha az energiaátalakítóban energiatárolás lehet, pl. melegítőkészülékekben, lendítőkerekes villamos hajtásokban stb.

Az energiaátalakító megadott hatásfoka mindig meghatározott üzemi viszonyokra érvényes. Többnyire a névleges teljesítményre vagy a névleges terhelésre vonatkoztatják.

Ha az energiaátalakítót a névlegesnél kisebb vagy nagyobb teljesítménnyel terheljük, a hatásfok változik, általában csökken.



2. Egyenáramú átalakító hatásfokának terhelésfüggése

A 2. ábrán egyenáramú átalakító hatásfokának változását látjuk a terhelés függvényében. Az átalakító 12 V feszültségű telepből vett egyenáramú energiát 220 V feszültségre alakít át.

A hatásfoka 40 W terhelésnél $\eta = 0,6$ értéket ér el.

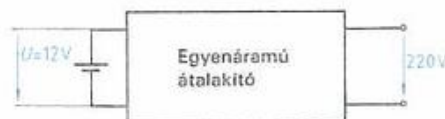
2. példa:

A 12 V/220 V egyenáramú átalakítót, amelynek hatásfok-jelleggörbéje a 2. ábrán látható, 60 W-tal terheljük. Mekkora az átalakító áramfelvétele 12 V-os autóakkumulátorból?

Az η hatásfokot a 2. ábráról kapjuk. 60 W terhelésnél $\eta = 0,4$.

$$\eta = \frac{P_{le}}{P_{fel}}; \quad P_{le} = \frac{P_{le}}{\eta} = \frac{60 \text{ W}}{0,4} = 150 \text{ W}$$

$$P_{le} = U \cdot I; \quad I = \frac{P_{le}}{U} = \frac{150 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 12,5 \text{ A}$$



² A „Mértékegységek és mérések szabályai” szerint 1969. július 2-ától a mechanikai energiát is wattban kell megadni.

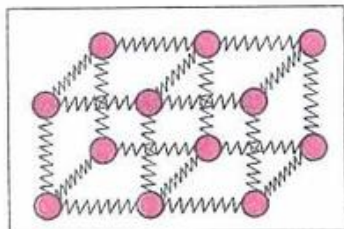
3.4. Villamos hőfejlesztés

Hőmozgás és hőmérséklet

Ha villamos ellenálláson áram folyik át, az áramló töltések villamos energiájának egy része hőenergiává alakul.

A vezetéken átfolyó töltéshordozóknak az anyag atomjai között kell elhaladniuk. Kölcsönhatás jön létre közöttük, és az atommagok, ill. az elektronburok kötött elektronjai között. Ezt a kölcsönhatást a részecskék egymással való ütközésének, pillanatnyi vonzásának és taszításának képzelhetjük el. Az atomok a töltéshordozó áramlásból energiát vesznek fel, és a hőmozgásuk erősödik.

Emlékeztetnünk kell arra, hogy minden atomnak van hőmozgása. Nyugalmi helyzetük körül meghatározott amplitúdójú rezgésben vannak. Úgy lehet ezt elképzelni, mintha az „atomgolyócskák” a szomszédaikkal „rugókkal” lennének összekötve (1. ábra).



1. Atomok és molekulák hőmozgása (vázlatos ábrázolás)

A hőmozgás erőssége a hőmérséklettől függ.

Az abszolút nullaponton, 0 K vagy $-273,16\text{ °C}$ hőmérsékleten minden hőmozgás megszűnik. E fölött minél nagyobb a hőmérséklet, annál nagyobb a hőmozgás. Ha fel akarunk melegíteni egy tárgyat, akkor atomjait nagyobb hőmozgásra kell készíteni. Ehhez energiaátadás szükséges.

Az energiaszükséglet egyrészt a melegítendő tárgy tömegétől, tehát atomjainak számától függ. Azonos hőmérséklet-növekedéskor a kisebb tömegnek kevesebb, a nagyobb tömegnek több energiára van szüksége.

Az energiaszükséglet másrészt a hőmérséklet megkívánt növelésétől függ. Nyilvánvaló, hogy 1 l víz melegítésekor 1 K hőmérséklet-növeléshez kevesebb energia szükséges, mint 80 K hőmérséklet-növeléshez.

Fajlagos hőkapacitás (fajhő)

Vegyük még figyelembe azt is, hogy a különböző anyagokat nem egyformán melegíti fel ugyanaz a hőmennyiség. Ez az atomok eltérő felépítésével van összefüggésben. Ez az anyagjellemző a fajlagos hőkapacitás vagy fajhő.

¹ Δ : delta, ϑ : theta görög betűk.

A fajlagos hőkapacitás értéke az a hőenergia, amely 1 kg tömegű anyag hőmérsékletét 1 K-nel emeli.

Az anyag melegítéséhez szükséges W_{th} energia nagysága tehát a következő tényezőktől függ:

A test tömege (jelölése m).

A hőmérséklet-növekedés (jelölése $\Delta\vartheta^1$),

ill. a hőmérséklet-különbség ($\Delta\vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_1$).

A fajlagos hőkapacitás (jele: c).

E mennyiségek kapcsolatát a következő összefüggés írja le:

$$W_{th} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$$

W_{th} a hőenergia.

Anyag	Fajl. hőkapacitás, $\frac{Ws}{kg \cdot K}$
Alumínium	920
Beton	880
Vas, tiszta	460
Üveg	840
Réz	386
PVC	880
Acél	474
Víz	4187

2. Néhány anyag fajlagos hőkapacitásának táblázata

Minden anyagnak más a fajlagos hőkapacitása. Az értékét a megfelelő táblázatból vehetjük (2. ábra).

A fajlagos hőkapacitás mértékegysége a következő:

$$[c] = \frac{Ws}{kg \cdot K}$$

Ws: wattszekundum,
kg: kilogramm,
K: kelvin.

1. példa:

Egy forróvíz-tárolóban 50 l vizet 20 °C -ról 80 °C hőmérsékletre akarunk melegíteni. Mennyi villamos energia szükséges hozzá? Feltételezzük, hogy a környezet felé hővesztésig nincs.

A víz fajlagos hőkapacitása:

$$c = 4187 \frac{Ws}{kg \cdot K}$$

50 liter víz tömege 50 kg.

$$W_{th} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$$

$$W_{th} = 4187 \frac{Ws}{kg \cdot K} \cdot 50 \text{ kg} \cdot 60 \text{ K}$$

$$W_{th} = 12,561 \cdot 10^6 \text{ Ws} \approx 3,489 \text{ kWh}$$

A wattsekundumot kilowattóra számoljuk át.

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Ws}; \quad 1 \text{ Ws} = \frac{1}{3,6 \cdot 10^6} \text{ kWh}$$

$$W_{\text{th}} = 12,561 \cdot 10^6 \text{ Ws} \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3,6 \cdot 10^6 \text{ Ws}}$$

$$W_{\text{th}} = \underline{3,49 \text{ kWh}}$$

A hőenergiát, akár csak a villamos energiát, wattsekundumban, joule-ban vagy wattóránban, ill. kilowattóránban adják meg.

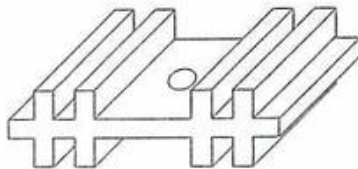
A hőenergia régi mértékegységét, a kilokalóriát (kcal) már nem használják.

Az átszámítás a kcal és kWh között a következő:
 $860 \text{ kcal} = 1 \text{ kWh}$

Egy test lehűlésekor hőenergia szabadul fel. A felszabaduló energia számítására ugyancsak a $W_{\text{th}} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$ összefüggést alkalmazzuk.

2. példa:

Alumínium hűtőborda 1,2 kg tömege 120°C hőmérsékletéről 30°C -ra hűl. Mekkora a felszabaduló hőenergia?



Az alumínium fajlagos hőkapacitása:

$$c = 920 \frac{\text{Ws}}{\text{kg K}}$$

$$W_{\text{th}} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$$

$$W_{\text{th}} = 920 \frac{\text{Ws}}{\text{kg K}} \cdot 1,2 \text{ kg} \cdot 90 \text{ K}$$

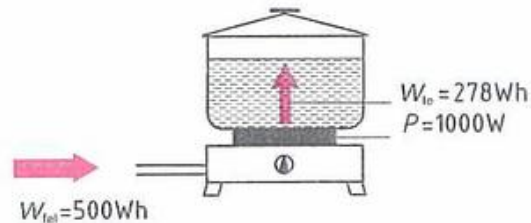
$$W_{\text{th}} = 99\,360 \text{ Ws} = \frac{99\,360}{3\,600} \text{ Wh}$$

$$W_{\text{th}} = \underline{27,6 \text{ Wh}}$$

Igaz ugyan, hogy a villamos hőfejlesztő készülékekben, pl. főzőlapokban, merülőforralókban, vasalókban a villamos energia teljes mennyisége hővé alakul, de a hőenergia egy részét a környezetnek adják át. A villamos hőfejlesztő készülékek termikus hatásfoka is értelmezhető a már ismert energiahatásfoknak megfelelően (l. 43. és 44. oldalt).

3. példa:

1000 W-os főzőlapon a fazékban 3 liter vizet 20°C -ról 100°C hőmérsékletre melegítünk. A betáplált villamos energia egy része a főzőlap és a fazék felmelegítésére kell, más része a környezetet melegíti.



A víz felmelegítéséhez a főzőlapot 30 percig kell működtetnünk. Mekkora az η hatásfok?

A hasznos energia nagysága:

$$W_{\text{le(th)}} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$$

$$W_{\text{le(th)}} = 4187 \frac{\text{Ws}}{\text{kg K}} \cdot 3 \text{ kg} \cdot 80 \text{ K}$$

$$W_{\text{le(th)}} = 1\,004\,880 \text{ Ws} = \frac{1\,004\,880}{3\,600} \text{ Wh}$$

$$W_{\text{le(th)}} = \underline{279,1 \text{ Wh}}$$

A felvett energia nagysága:

$$W_{\text{fel}} = P \cdot t$$

$$W_{\text{fel}} = 1 \text{ kW} \cdot 0,5 \text{ h}$$

$$W_{\text{fel}} = 0,5 \text{ kWh} = 500 \text{ Wh}$$

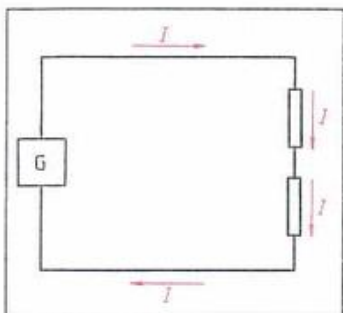
$$\eta = \frac{W_{\text{le(th)}}}{W_{\text{fel}}} = \frac{279,1 \text{ Wh}}{500 \text{ Wh}}$$

$$\eta = \underline{0,558 = 55,8\%}$$

3.5. Áramsűrűség. Az egyenáramú vezetékek méretezése

Az áramsűrűség

Az I villamos áramerősség az áramkör minden pontján egyenlő (1. ábra).



1. Az I áramerősség az áramkör minden pontján egyenlő

Állandó áramerősség mellett az áramló elektronok a vezető keresztmetszetében egyenletesen oszlanak el (2. ábra).



2. Az árampályák egyenletes eloszlása a vezetékben

A vezető-keresztmetszet egy mm^2 -ére jutó áramerősséget áramsűrűségnek nevezzük. Az áramsűrűség jele: J :

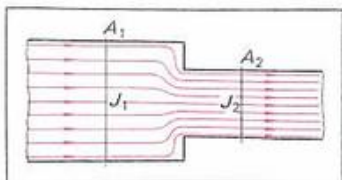
$$J = \frac{I}{A}$$

J az áramsűrűség,
 I az áram,
 A a keresztmetszet.

Az áramsűrűség mértékegysége amper osztva mm^2 -rel:

$$[J] = \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

Ha az áramkörben a vezető keresztmetszete megváltozik, megváltozik az áramsűrűség is (3. ábra).



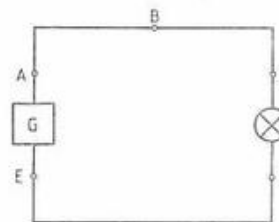
3. Ha megváltozik az áramkörben a vezető keresztmetszete, megváltozik az áramsűrűség is.

1. példa:

Az áramkör eltérő keresztmetszetű vezetékekből készült. Az A és B pontok között a vezeték keresztmetszete $1,5 \text{ mm}^2$, a B és C pontok között $2,5 \text{ mm}^2$.

A D és E vezetékszakaszon 4 mm^2 keresztmetszetű vezeték van. A lámpa izzószálának keresztmetszete $0,006 \text{ mm}^2$.

Az áramkörben 4 A áram folyik.



Mekkora az áramsűrűség az egyes vezetékszakaszokon és az izzószálban?

$$AB \text{ szakasz: } J_{AB} = \frac{I}{A_{AB}} = \frac{4 \text{ A}}{1,5 \text{ mm}^2} = 2,67 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

$$BC \text{ szakasz: } J_{BC} = \frac{I}{A_{BC}} = \frac{4 \text{ A}}{2,5 \text{ mm}^2} = 1,6 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

$$DE \text{ szakasz: } J_{DE} = \frac{I}{A_{DE}} = \frac{4 \text{ A}}{4 \text{ mm}^2} = 1 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{izzólámpa: } J_{L_s} = \frac{I}{A_{L_s}} = \frac{4 \text{ A}}{0,006 \text{ mm}^2} = 667 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

Minél nagyobb az áramsűrűség a vezetékben, annál jobban felmelegszik.

Az 1. példában a viszonylag vastag vezetékek alig melegsznek meg, a lámpa vékony izzószála ezzel szemben erősen felizzik.

A melegedés ezen kívül függ a vezeték anyagának fajlagos ellenállásától és a hűtés körülményeitől is.

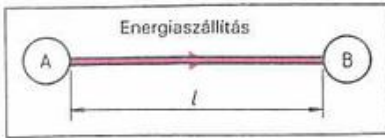
A hő a vezeték felületén távozik, emiatt a megengedett áramsűrűség nagyobb keresztmetszetekre kisebb. Minél nagyobb ugyanis a vezető keresztmetszete, annál kisebb a felület és a keresztmetszet hányadosa.

A villamos vezetékek megengedhető áramterhelését a DIN VDE 0100 (MSZ 1167) szabvány rögzíti. A tartósan megengedett áramerősség a vezeték-keresztmetszettől és az elhelyezés módjától függ. Az elhelyezés módja befolyásolja a vezeték hűtését (l. a 49. oldalt).

3.5. Áramsűrűség. Az egyenáramú vezeték méretezése Az egyenáramú vezeték méretezése

Az egyenáramú vezeték méretezése

Az A helyről a B helyre akarunk villamos energiát szállítani. Az A és B pont között tehát villamos vezetékre van szükségünk (1. ábra).



1. Energiaszállítás az A helyről a B helyre villamos vezeték

Vizsgáljuk meg az összekötő vezeték keresztmetszetének méretezési szempontjait.

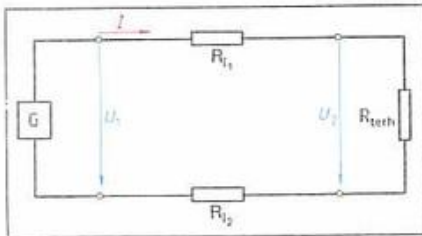
Az oda- és visszavezetéshez két vezeték kell, ezeknek meghatározott R_i ellenállása van.

R_i értéke:

$$R_i = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{l}{\chi \cdot A}$$

R_i a vezeték-ellenállás l a vezeték hossza
 ρ a fajlagos ellenállás, A a vezeték-
 χ a fajlagos vezetőképesség keresztmetszet

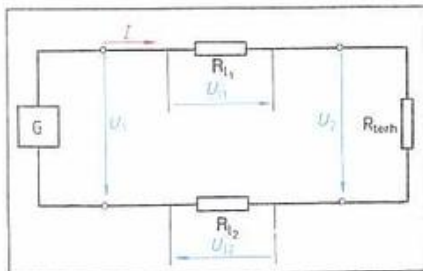
A B helyen csatlakoztatott fogyasztó eredő ellenállása R_{terh} . Az áramkört a generátor, az R_{i1} és R_{i2} ellenállású vezetékek és az R_{terh} terhelő-ellenállás alkotja (2. ábra).



2. Áramkör

A generátor kapocsfeszültsége U_1 . Ez a feszültség I áramot hajt át az áramkörön. Az R_{i1} és R_{i2} vezeték-ellenállásokon U_{i1} és U_{i2} feszültség esik:

$$U_{i1} = I \cdot R_{i1} \quad U_{i2} = I \cdot R_{i2}$$



3. Feszültségek az áramkörben

A B helyen az U_2 feszültség kisebb, mint az A helyen az U_1 feszültség, mert a vezetékeken az U_{i1} és U_{i2} feszültség esik. Ha ki akarjuk számítani az U_2 feszültség értékét, az U_1 feszültségből le kell vonni az U_{i1} és U_{i2} feszültségeséseket:

$$U_2 = U_1 - U_{i1} - U_{i2}$$

Ha a két vezeték egyenlő hosszúságú és egyenlő keresztmetszetű, akkor $U_{i1} = U_{i2} = U_i$:

$$U_2 = U_1 - 2 \cdot U_i$$

U_i egyébként

$$U_i = I \cdot R_i = I \cdot \frac{l}{\chi \cdot A}$$

Az U_2 -re vonatkozó egyenletet tehát így írhatjuk:

$$U_2 = U_1 - 2 \cdot U_i$$

$$U_2 = U_1 - 2 \cdot I \cdot \frac{l}{\chi \cdot A}$$

$$U_2 = U_1 - I \cdot \frac{2 \cdot l}{\chi \cdot A}$$

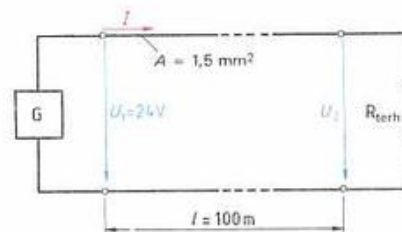
$$U_2 = U_1 - \Delta U$$

Az eredő ΔU feszültségvesztés a vezetéken:

$$\Delta U = I \cdot \frac{2 \cdot l}{\chi \cdot A}$$

2. példa:

100 m hosszú $1,5 \text{ mm}^2$ keresztmetszetű vezetéket 24 V táplál. Az áramkörben 2 A áram folyik.



Mekkora az U_2 feszültség?

$$\chi_{\text{Cu}} = 56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$$

A vezeték ΔU feszültségesése:

$$\Delta U = I \cdot \frac{2 \cdot l}{\chi \cdot A}$$

$$\Delta U = 2 \text{ A} \cdot \frac{2 \cdot 100 \text{ m}}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 1,5 \text{ mm}^2}$$

$$\Delta U = \frac{2 \cdot 2 \cdot 100}{56 \cdot 1,5} \text{ V}$$

$$\Delta U \approx 4,8 \text{ V}$$

U_2 értéke eszerint:

$$U_2 = U_1 - \Delta U$$

$$U_2 \approx 24 \text{ V} - 4,8 \text{ V}$$

$$U_2 \approx 19,2 \text{ V}$$

3. példa

Mekkora kell választani a 2. példa szerinti vezeték keresztmetszetét, ha a megengedett feszültségcsökkenés 2 V?

$$\Delta U = I \cdot \frac{2 \cdot l}{\chi \cdot A}; \quad A = \frac{I \cdot 2 \cdot l}{\Delta U \cdot \chi}$$

$$A = \frac{2 \text{ A} \cdot 2 \cdot 100 \text{ m}}{2 \text{ V} \cdot 56 \frac{\text{m}}{\Omega \text{ mm}^2}} \quad A = \frac{2 \cdot 2 \cdot 100}{2 \cdot 56} \text{ mm}^2$$

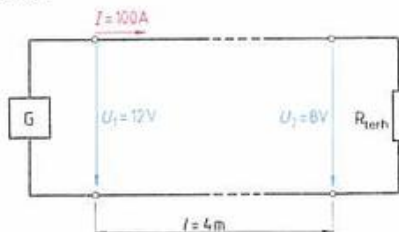
$$A = 3,57 \text{ mm}^2, \text{ a választott érték } A = 4 \text{ mm}^2$$

Vezetékek méretezésekor az a leglényegesebb, hogy a vezeték feszültségcsökkenése a megengedett értéket ne lépje túl.

Azt is biztosítani kell, hogy a megengedett legnagyobb áramsűrűséget ne lépjük túl, mert akkor a vezeték túlmelegedne.

4. példa:

Az itt látható áramkörben szigetelt rézvezeték keresztmetszetét kell meghatározni. A feszültségcsökkenés 4 V lehet.



A vezetéket a megengedett feszültségcsökkenésére méretezve a következő keresztmetszetet kapjuk:

$$\Delta U = I \cdot \frac{2 \cdot l}{\chi \cdot A}; \quad A = \frac{I \cdot 2 \cdot l}{\Delta U \cdot \chi}$$

$$A = \frac{100 \text{ A} \cdot 2 \cdot 4 \text{ m}}{4 \text{ V} \cdot 56 \frac{\text{m}}{\Omega \text{ mm}^2}} \quad A = \frac{100 \cdot 2 \cdot 4}{4 \cdot 56} \text{ mm}^2$$

$$A = 3,57 \text{ mm}^2, \text{ a választott érték } A = 4 \text{ mm}^2$$

Ha ezt a keresztmetszetet használnánk, a vezeték megengedhetetlenül felmelegedne, tűzveszélyes lenne. Túlléptük a megengedett áramsűrűséget. 100 A áramerősségre az 1. táblázat alapján a 2. csoport szerint 25 mm² keresztmetszet szükséges.

A vezeték-keresztmetszetet a melegeedésre való tekintettel 25 mm²-re választjuk.

Vezetékek túlterhelés-védelme

Feltétlenül meg kell akadályozni, hogy a villamos vezetékeken a megengedettnél nagyobb áram folyjon, ezért a DIN VDE 0100 számú szabvány a keresztmetszetekhez hozzárendeli az áramerősségeket. (MSZ 1167, MSZ 14 550)

Szerelés mód	A		B1		C	
A terheltek száma	2	3	2	3	2	3
Keresztmetszet mm ² Cu	I _z áramerterhelhetőség, A					
1,5	15,5	13	17,5	15,5	19,5	17,5
2,5	19,5	18	24	21	26	24
4	26	24	32	28	35	32
6	34	31	41	36	46	41
10	46	42	57	50	63	57
16	61	56	76	68	85	76
25	80	73	101	89	112	96
35	99	89	125	111	138	119
50	119	108	151	134	—	—
70	151	136	192	171	—	—
95	182	164	232	207	—	—
120	210	188	269	239	—	—

1. Az I_z áramerterhelhetőség 30 °C környezeti hőmérsékleten, rögzített helyzetű vezetékekre

A szerelés mód: szerelés hőszigetelő falban, vezetékek védőcsőben, többes vezetékek falban vagy védőcsőben.

B1 szerelés mód: vezetékelhelyezés csőben vagy kábelcsatornában.

C szerelés mód: szigetelt kábelben vagy kábelköpenyben, falon belül vagy kívül.

A megengedett legnagyobb áramsűrűség túllépése tűzveszélyes!

A villamos vezetékeket előírás szerint biztosítani kell. A megengedett áramerősség túllépésekor az áramkört meg kell szakítani.

Az áramkört olvadóbiztosítóval lehet megszakítani. Minden olvadóbiztosító meghatározott áramerősségre van méretezve. Ha ezt az áramerősséget túllépjük, a biztosító olvadószála kiolvad, és az áramkört rövid idő alatt megszakítja.

A kioldadt biztosítót tilos „megpatkolni”, javítani!

A vezetékeket **vezetékvédő automatákkal** is biztosíthatjuk. Minden kisautomata meghatározott áramerősségre készül. A kikapcsolásuk bimetal- és elektromágneses kioldású.

3.6. Az ellenállás hőmérsékletfüggése

3.6. Az ellenállás hőmérsékletfüggése

Az anyagok χ fajlagos vezetőképessége és ρ fajlagos ellenállása 20 °C hőmérsékletre vonatkozik (l. a 14. oldalt).

A χ és ρ értékekkel számított ellenállásértékek is csak 20 °C hőmérsékleten érvényesek.

Ha a hőmérséklet csökken vagy nő, akkor megváltozik az anyag ellenállása és ezzel együtt a belőle készített ellenállás vagy vezeték ellenállása is (1. ábra).

Az ellenállások és vezetékek ellenállásának nagysága hőmérsékletfüggő.

Hideg vezető (PTC) és meleg vezető (NTC) ellenállások

Az anyagok egy csoportjában a meghatározott méretekre vonatkoztatott ellenállásérték növekvő hőmérséklettel növekszik. Ezek az anyagok hideg állapotban nagyon jól vezetnek. Ezért **hidegvezetőnek** nevezzük őket.

A PTC ellenállások ellenállása a hőmérséklet növekedésével nő.

Az ellenállás-növekedés oka az, hogy növekvő hőmérsékletre az atomok és a molekulák hőmozgása nő. Minél nagyobb az anyag hőmérséklete, annál erősebb az atomok és molekulák rezgése. Átmérőjük látszólag megnő. Ez a töltéshordozók áramlását erősen akadályozza.

Az anyagok egy másik csoportjában a meghatározott méretekre vonatkoztatott ellenállás növekvő hőmérséklettel csökken. Ezek az anyagok meleg állapotban nagyon jó vezetők, ezért **melegvezetőknek** nevezzük őket (NTC ellenállások, termisztorok).

Az NTC ellenállások ellenállása a hőmérséklet növekedésével csökken.

A melegvezető ellenállásanyagok a hőmérséklet növekedésével a kötésekből mind több elektront szabadítanak fel. Ezáltal az áramvezetéshez elektrontöbbséget jelentkezik. A szabadelektron-többséget növeli az anyag vezetőképességét. A meghatározott méretekre vonatkoztatott ellenállásérték csökken.

Szupravezetés

Az anyagok egy csoportjában az abszolút nulla pont körüli hőmérsékleten az ellenállásérték rendkívül lecsökken.

Néhány oxidkerámia esetében ez már –180 °C hőmérsékleten bekövetkezik.

Az anyagokat ilyenkor **szupravezetőnek** nevezzük.

A szupravezetés állapota meghatározott T_s hőmérsékleten ugrásszerűen áll elő. Valószínű, hogy a T_s hőmérséklet elérésekor majdnem minden elektron elszabadul az atomi kötéseiből (2. és 3. ábra)

Az az anyag, amely a szupravezetés állapotában van, az elektronáramlással szemben gyakorlatilag ellenállást nem fejt ki.

Szupravezető állapotú áramkörben az egyszer létrehozott áram nagyon sokáig fennmarad. Szupravezető vezetékkel nagyon jó hatásfokkal lehetne villamos energiát szállítani. Nehézséget okoz azonban a hozzá tartozó igen kis hőmérséklet előállítása és fenntartása.

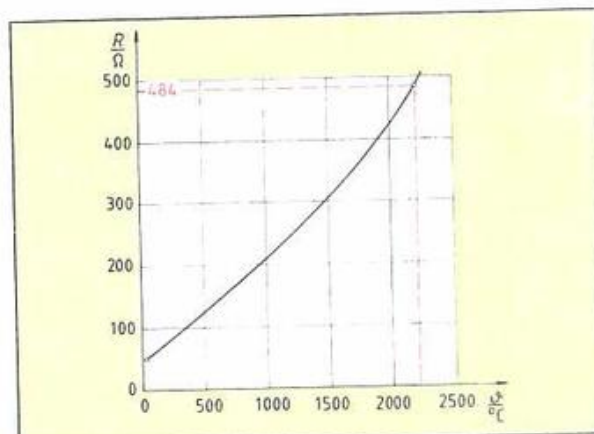
Az ellenállás-változás nem arányos a hőmérséklet-változással. Meghatározott hőmérséklet-tartományban azonban közelítőleg arányosnak tekinthető. Ilyen közelítő arányossági tartomány a –50 °C és +200 °C közötti.

Fémeknél, amelyek kivétel nélkül „hidegvezető” tulajdonságúak, közelítően 0,4%/K növekedéssel számolhatunk.

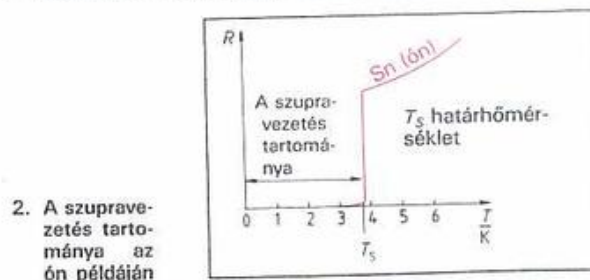
Pontosabb adatot ad a hőmérséklet-tényező¹ (jele: α^2).

¹ A DIN 4897 – 4.11 szerint,

² α : alfa, görög betű



1. 100 W/220 V-os izzólámpa közelítő ellenállásmenete



2. A szupravezetés tartománya az ön példáján

Anyag	T_s határhőmérséklet
Alumínium	1,14 K
Ólom	7,26 K
Nióbium	9,2 K
Nióbium-nitrid	> 20,0 K
Higany	4,17 K
Ön	3,69 K

3. Néhány anyag határhőmérséklete

Hőmérséklet-tényező (TC, TK)

Az α hőmérséklet-tényező¹ az az ellenállás-változás, amely 1 K hőmérséklet-változáskor 1 Ω értékű ellenálláson vagy vezetéken bekövetkezik.

A legfontosabb anyagok hőmérséklet-tényezője táblázatokban található. A következő táblázatban a legfontosabb anyagok adatait foglaltuk össze.

A hőmérséklet-tényező mértékegysége:

$$[\alpha] = \frac{1}{K}$$

Anyag	α hőmérséklet-tényező, $\frac{1}{K}$
Alumínium	$3,77 \cdot 10^{-3}$
Ólom	$4,2 \cdot 10^{-3}$
Vas	$4,6 \dots 6,2 \cdot 10^{-3}$
Arany	$4,0 \cdot 10^{-3}$
Réz	$3,93 \cdot 10^{-3}$
Sárgaréz	$1,5 \cdot 10^{-3}$
Nikkel	$3,7 \dots 6,0 \cdot 10^{-3}$
Ezüst	$3,8 \cdot 10^{-3}$
Volfrám	$4,1 \cdot 10^{-3}$
Cink	$3,7 \cdot 10^{-3}$
Ón	$4,2 \cdot 10^{-3}$
Szén	$-0,8 \cdot 10^{-3}$
CuMn12Ni	$\pm 0,01 \cdot 10^{-3}$ (manganin)
CuNi44	$\pm 0,04 \cdot 10^{-3}$ (konstantán)

1. Néhány fontos anyag α hőmérséklet-tényezője

A hidegvezető (PTC) ellenállások hőmérséklet-tényezője pozitív.

A melegvezető (NTC) ellenállások hőmérséklet-tényezője negatív.

Az ellenállás-változás kiszámításakor a 20 °C hőmérsékletre tartozó R_{20} értékből kell kiindulni.

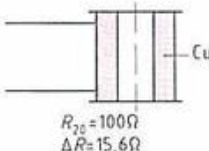
$$\Delta R = R_{20} \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta$$

ΔR ellenállás-változás
 R_{20} ellenállásérték 20 °C-on,
 α hőmérséklet-tényező,
 $\Delta \vartheta$ hőmérséklet-változás.

¹ TK-értéknek is nevezik (DIN 5485)

1. példa:

Az ábra szerinti réztekercs ellenállása 20 °C-on 100 Ω . A tekercs üzem közben 60 °C-ra melegszik fel. Mekkora az ellenállás-változás?



$$\Delta R = R_{20} \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta$$

$$\Delta R = 100 \Omega \cdot 0,0039 \frac{1}{K} \cdot 40 K$$

$$\Delta R = 15,6 \Omega$$

Melegedéskor a ΔR ellenállás-változás hidegvezető tulajdonságú anyagok esetén pozitív, melegvezető anyagok esetén negatív előjelű.

Az ellenállás értéke meleg állapotban (20 °C felett) a következő:

$$R_m = R_{20} + \Delta R$$

R_m a melegellenállás.

2. példa:

Mekkora az 1. példa szerinti réztekercs teljes ellenállása 60 °C hőmérsékleten?

$$R_m = R_{20} + \Delta R$$

$$R_m = 100 \Omega + 15,6 \Omega$$

$$R_m = 115,6 \Omega$$

Felmelegedéskor a ΔR értéket hozzáadjuk a 20 °C hőmérsékletre tartozó ellenálláshoz.

Lehűléskor a ΔR értéket levonjuk a 20 °C hőmérsékletre tartozó ellenállásból.

Lehűlt állapotban (20 °C alatt) R_h értéke a következő:

$$R_h = R_{20} - \Delta R$$

R_h a hidegellenállás.

3. példa:

Mekkora az 1. példa szerinti réztekercs teljes ellenállása -40 °C hőmérsékleten?

$$\Delta R = R_{20} \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta$$

$$\Delta R = 100 \Omega \cdot 0,00393 \frac{1}{K} \cdot 60 K$$

$$\Delta R = 23,58 \Omega$$

$$R_h = R_{20} - \Delta R$$

$$R_h = 100 \Omega - 23,58 \Omega$$

$$R_h = 76,42 \Omega$$

4. példa:

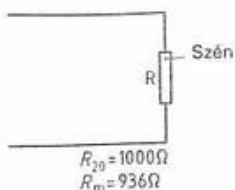
A réztekercs ellenállása $R_{20} = 440 \Omega$, üzem közben az ellenállása $R_m = 510 \Omega$ értékre nő. Mekkora a hőmérséklet-növekedés?

$$\Delta R = R_m - R_{20} = 510 \Omega - 440 \Omega = 70 \Omega$$

$$\Delta \vartheta = \frac{\Delta R}{\alpha \cdot R_{20}} = \frac{70 \Omega}{0,00393 \frac{1}{K} \cdot 440 \Omega} = 40,5 K$$

5. példa:

$R_{20} = 1000 \Omega$ értékű szén-ellenállás felmelegszik 100°C -ra. Szén alapanyagra $\alpha = -0,008 \text{ 1/K}$. Mekkora 100°C hőmérsékleten a szénellenállás értéke?



$$\Delta R = R_{20} \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta$$

$$\Delta R = 1000 \Omega \cdot \left(-0,008 \frac{1}{\text{K}}\right) \cdot 80 \text{ K}$$

$$\Delta R = -64 \Omega$$

$$R_m = R_{20} + \Delta R$$

$$R_m = 1000 \Omega - 64 \Omega$$

$$R_m = \underline{936 \Omega}$$

6. példa:

Mekkora az 5. példa szerinti szénellenállás értéke, ha lehűtjük -30°C hőmérsékletre?

$$\Delta R = R_{20} \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta$$

$$\Delta R = 1000 \Omega \cdot \left(-0,008 \frac{1}{\text{K}}\right) \cdot 50 \text{ K}$$

$$\Delta R = -40 \Omega$$

$$R_h = R_{20} - \Delta R$$

$$R_h = 1000 \Omega - (-40 \Omega)$$

$$R_h = 1000 \Omega + 40 \Omega$$

$$R_h = \underline{1040 \Omega}$$

Ha ismerjük az R_m melegellenállás vagy az R_h hidegellenállás értékét és R_{20} értékét keressük, akkor a $\Delta R = R_{20} \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta$ és az $R_m = R_{20} + \Delta R$, ill. $R_h = R_{20} - \Delta R$ egyenleteket kell átalakítanunk:

$$R_m = R_{20} + \Delta R; \quad \Delta R = R_{20} \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta$$

$$R_m = R_{20} + R_{20} \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta$$

$$R_m = R_{20} (1 + \alpha \cdot \Delta \vartheta)$$

$$R_{20} = \frac{R_m}{1 + \alpha \cdot \Delta \vartheta}$$

$$R_h = R_{20} - \Delta R; \quad \Delta R = R_{20} \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta$$

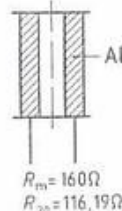
$$R_h = R_{20} - R_{20} \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta$$

$$R_h = R_{20} (1 - \alpha \cdot \Delta \vartheta)$$

$$R_{20} = \frac{R_h}{1 - \alpha \cdot \Delta \vartheta}$$

7. példa:

Az alumíniumtekercs ellenállása 120°C hőmérsékleten 160Ω . Mekkora az ellenállása 20°C -on?



$$\alpha = 0,00377 \frac{1}{\text{K}}$$

$$R_{20} = \frac{R_m}{1 + \alpha \cdot \Delta \vartheta}$$

$$R_{20} = \frac{160 \Omega}{1 + 0,00377 \frac{1}{\text{K}} \cdot 100 \text{ K}}$$

$$R_{20} = \frac{160 \Omega}{1,377}$$

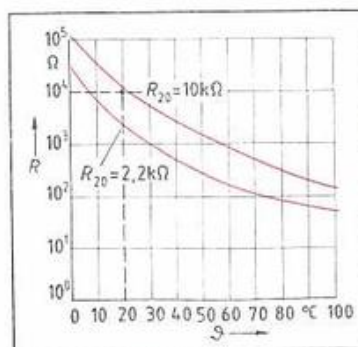
$$R_{20} = \underline{116,19 \Omega}$$

Ha egy ismert melegellenállás-értéket egy másik melegellenállás-értékre vagy hidegellenállás-értékre akarunk átszámítani, először mindig az R_{20} ellenállást kell meghatározni. Az R_{20} érték ismeretében tetszőleges meleg- vagy hidegellenállást kiszámíthatunk a közelítő arányossági tartományban.

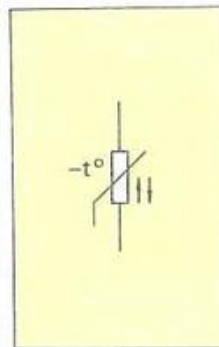
Egyes anyagok rendkívül hőmérsékletfüggők. A polikristályos titánát-kerámia például nagyon határozottan hidegvezető. Belőle és hasonló alapanyagokból különleges hidegvezető ellenállásokat állítanak elő. Ezeket pozitív hőmérséklet-tényezőjük miatt PTC ellenállásoknak is nevezik (Positive Temperature Coefficient).

Meghatározott fém-oxidok polikristályai — pl. vas-oxid titán-oxiddal — erős melegvezető tulajdonságot mutatnak. Ilyen anyagokból különleges melegvezető ellenállásokat készítenek. A melegvezető ellenállásoknak nagy negatív hőmérséklet-tényezője van. A szokásos elnevezésük NTC ellenállások (Negative Temperature Coefficient).

A PTC ellenállásokra meghatározott maximális $U_{\max}$ feszültség kapcsolható, amit semmiképpen sem szabad túllépni. $U_{\max}$ értékének túllépése villamos átütést okoz és az ellenállást tönkreteszi.



1. Két különböző NTC ellenállás értékének változása a hőmérséklet függvényében



2. NTC ellenállás kapcsolási rajzjele

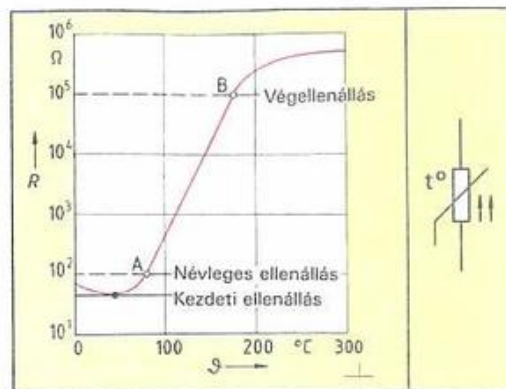
Az 50. oldalon az 1. ábrán PTC ellenállás hőmérsékletfüggése látható. Az ellenállásérték nemlineáris kapcsolatban van a hőmérséklettel. A jelleggörbe hajlott. Hőmérséklet-tényező csak durva közelítéssel lenne hozzárendelhető. Pontosabb ellenállásértékeket meghatározott hőmérsékletre a jelleggörbéről kell leolvasni.

Az 1. ábrán PTC ellenállás ellenállás-változását látjuk a hőmérséklet függvényében. Az ellenállás-változás nagyon nagy, ezért logaritmikus léptékben kell felrajzolni. Az A és B pont közötti közel lineáris szakaszra adhatunk közelítő hőmérséklet-tényezőt, de a görbült szakaszokhoz erre nincs mód.

A hőmérséklet-tényező szokásos értéke

$$\alpha = 15 \frac{1}{K} \dots 30 \frac{1}{K} \text{ között van.}$$

A PTC ellenállás jelleggörbéje függ a rajta lévő feszültségtől. Ha a feszültség nagyobb, a jelleggörbe laposabb valamivel.



1. A PTC ellenállás ellenállás-változása a hőmérséklet függvényében. A...B lineáris tartomány

2. A PTC ellenállás kapcsolási rajza

3.7. Ellenőrizze tudását

3.1. szakaszhoz: A villamos munka

1. Mi a villamos munka mértékegysége?
2. Mit jelent a fogyasztásmérő számlálójának szorzószáma?

3.2. szakaszhoz: A villamos teljesítmény

1. Mi a különbség a villamos munka és a villamos teljesítmény között?
2. Nevezzük meg a mechanikai teljesítmény mértékegységét!
3. Hogyan mérhető a villamos teljesítmény?

3.3. szakaszhoz: A villamos energia átalakítása és a hatásfok

1. Mit értünk hatásfokon?
2. Mi a különbség az energia-előállítás és az energia-átalakítás között?

3.4. szakaszhoz: Villamos hőfejlesztés

1. Mit fejez ki egy anyag fajlagos hőkapacitása?
2. Milyen tényezőktől függ a testben tárolt hőenergia mennyisége?
3. Mi a különbség a hőmérséklet és a hőenergia között?

3.5. szakaszhoz: Áramsűrűség. Az egyenáramú vezetékek méretezése

1. Mitől függ a vezeték megengedett legnagyobb áramának értéke?
2. Miért nem szabad „megpatkolni”, javítani az olvadóbiztosítókat?
3. Milyen szempontok alapján méretezzük a vezetékek keresztmetszetét?

3.6. szakaszhoz: Az ellenállás hőmérsékletfüggése

1. Mi a jelentése a hőmérséklet-tényezőnek?
2. Hogyan viselkedik az NTC ellenállás a hőmérséklet növekedésekor?
3. Mit értünk szupravezetésen és mekkora az a hőmérséklet, amelyen bekövetkezik?
4. Írjuk le a PTC ellenállás-változását a hőmérséklet függvényében!
5. Mi a hidegvezető ellenállás?
6. Mit fejez ki az $\alpha = -0,8 \cdot 10^{-3} \frac{1}{K}$ hőmérséklet-tényező értéke?

Feladatok

3.1.–3.2. szakaszhoz

1. Mekkora a tárolt energiája egy $U = 12 \text{ V}$ névleges feszültségű ólomakkumulátornak, ha az akkumulátor tárolt töltése (névleges kapacitása) $Q = 60 \text{ Ah}$?

3.3. szakaszhoz

1. Egy villamos motor $W_{\text{e}} = 6,6 \text{ kWh}$ hasznos munkát végez, az e közben keletkező W_{v} veszteségi energia $2,2 \text{ kWh}$. Mekkora a felvett W_{fel} energia?

3.4. szakaszhoz

1. $P_{\text{fel}} = 1500 \text{ W}$ teljesítményű főzőlapon fazékban vizet melegítünk. A víz energiatartalma a melegítés végére $W_{\text{e}} = 176 \text{ kJ}$ értékkel nőtt. Számítsuk ki a melegítés η hatásfokát, ha $t = 218 \text{ s}$ idő kellett hozzá!

3.5. szakaszhoz

1. A tekercshuzal átmérője $d = 1,5 \text{ mm}$. A tekercs árama $I = 18,2 \text{ A}$. Mekkora a J áramsűrűség?

4. Feszültségforrások kapcsolása; illesztés*

4.1. Forrásfeszültség, kapocsfeszültség, belső ellenállás

Generátorból és ellenállás-terhelésből álló áramkör

A villamos feszültséget feszültségforrások vagy generátorok állítják elő.

A feszültséget minden feszültségforrásban a pozitív és negatív töltéshordozók szétválasztásával állítják elő. A szétválasztás hatóerejét belső feszültségnek, **elektromotoros erőnek (EME)**¹ nevezzük. Tőle függ a keltett feszültség nagysága.

A feszültségforrás által keltett feszültséget **forrásfeszültségnek** nevezzük. Jele: U_0 .

Terheletlen állapotban a forrásfeszültség mérhető (1. ábra).

Ha a feszültségforrásra R_k terhelő-ellenállást kapcsolunk, az áramkörben áram folyik (2. ábra).

A feszültségforrás kapcsain mérhető U feszültség, amit **kapocsfeszültségnek** nevezzük, annál inkább csökken, minél nagyobb az I terhelőáram értéke (3. ábra). A forrásfeszültség egy része tehát a feszültségforrás belsejében elvész. A feszültségvesztést a feszültségforrás belső ellenállása okozza.

Minden feszültségforrásnak van belső ellenállása.

Az árammal szemben maga a feszültségforrás is ellenállást tanúsít. A feszültségforrás belsejében az áram útjának ellenállása van. Ez kémiai áramforrásban az elektrolit ellenállása, forgógépekben pedig a réztekercs ellenállása.

Azt a kapcsolást, amely a feszültségforrás viselkedését leírja **helyettesítő kapcsolásnak** nevezzük (4. ábra). A helyettesítő kapcsolás az U_0 feszültséget előállító, veszteségmentesnek tekintett generátorból és a vele sorba kapcsolt R_b belső ellenállásból áll.

Az 55. oldal 1. ábráján az áramkör a feszültségforrás helyettesítő kapcsolásával látható. Az áramkörben I áram folyik.

Az áramkör eredő ellenállása: $R_0 = R_b + R_k$.

Az I áram nagysága:

$$I = \frac{U_0}{R_0} = \frac{U_0}{R_b + R_k}$$

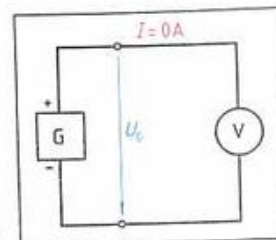
A feszültségforrás belső ellenállásán U_b feszültség esik:

$$U_b = I \cdot R_b$$

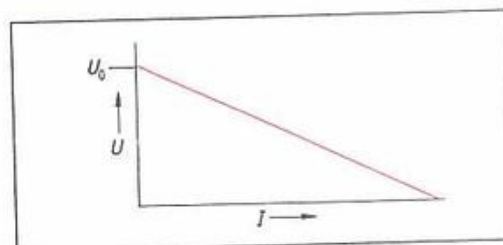
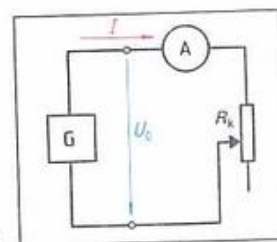
* A vonatkozó magyar szabvány: MSZ 4900.

¹ Az EME mint a szétválasztás hatóereje nem szerepel az SI-mértékegységek között. Csak a generátorok fizikai szemléletmódjában, nem pedig az áramkörök leírására használják.

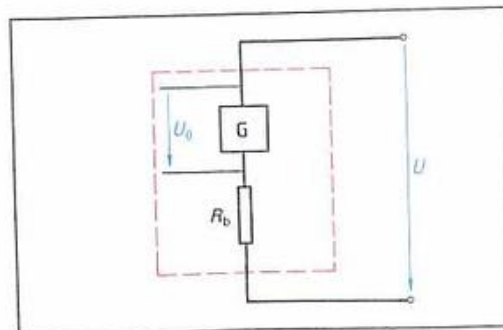
1. Feszültségforrás ábrázolása U_0 forrásfeszültséggel



2. Áramkör változtatható terhelő-ellenállással



3. Az U kapocsfeszültség változása az I terhelőáram függvényében (külső jelleggörbe)



4. Feszültségforrás helyettesítő kapcsolása

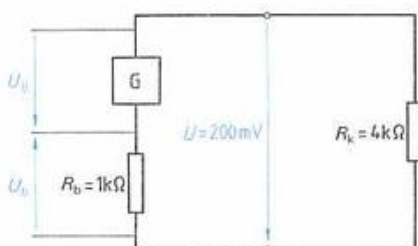
Az U kapocsfeszültség az U_0 forrásfeszültség és az U_b belső feszültségének különbsége:

$$U = U_0 - U_b$$

$$U = U_0 - I \cdot R_b$$

1. példa:

A feszültségforrás belső ellenállása $1 \text{ k}\Omega$. $4 \text{ k}\Omega$ terhelő-ellenállás rákapcsolásakor a kapocsfeszültség 200 mV . Mekkora a forrásfeszültség?



$$I = \frac{U}{R_k}$$

$$I = \frac{200 \text{ mV}}{4 \text{ k}\Omega}$$

$$I = 50 \mu\text{A}$$

$$U_b = I \cdot R_b$$

$$U_b = 50 \mu\text{A} \cdot 1 \text{ k}\Omega$$

$$U_b = 50 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^3 \text{ V}$$

$$U_b = 50 \cdot 10^{-3} \text{ V} = \underline{50 \text{ mV}}$$

$$U = U_0 - U_b$$

$$U_0 = U + U_b$$

$$U_0 = 200 \text{ mV} + 50 \text{ mV}$$

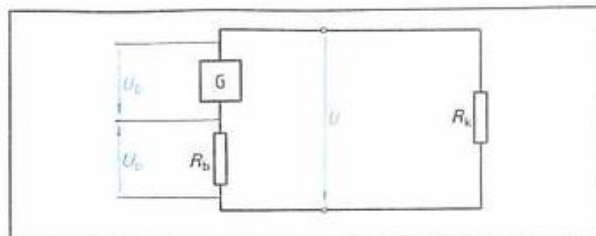
$$U_0 = \underline{250 \text{ mV}}$$

Ha a feszültségforrás kapcsait külső ellenállás nélkül összekötjük, a feszültségforrást rövidre zárjuk.

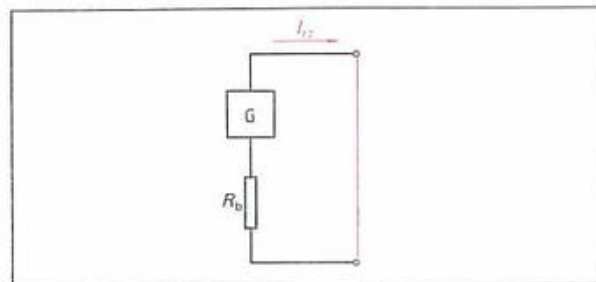
Rövidre záráskor a külső ellenállás értéke nulla. Az áramot csak a feszültségforrás R_b belső ellenállása korlátozza (2. ábra).

$$I_{rz} = \frac{U_0}{R_b}$$

I_{rz} a rövidzárási áram.



1. Feszültségforrás áramkörének helyettesítő kapcsolása



2. Rövidre zárási áram

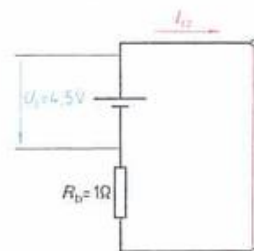
2. példa:

Mekkora egy zseblámpaelem rövidzárási árama, ha forrásfeszültsége $4,5 \text{ V}$ és belső ellenállása 1Ω ?

$$I_{rz} = \frac{U_0}{R_b}$$

$$I_{rz} = \frac{4,5 \text{ V}}{1 \Omega}$$

$$I_{rz} = \underline{4,5 \text{ A}}$$



A forrásfeszültség mérése

Ismeretlen feszültségforrás U_0 forrásfeszültségét viszonylag könnyen megmérhetjük.

A forrásfeszültség mérésekor a feszültségforrást nem szabad árammal terhelni! A méréshez tehát nagyon nagy ellenállású feszültségmérőt, azaz olyan voltmérőt kell használni, amelynek a bemeneti ellenállása több megaohm, és gyakorlatilag nincs áramfelvétele. Az ilyen műszereket elektronikus feszültségmérőnek nevezik.

4.1. Forrásfeszültség, kapocsfeszültség, belső ellenállás

A belső ellenállás meghatározása

A feszültségforrás gyakorlatilag terheletlen. Üresjárásban működik (1. ábra).

A forrásfeszültség az üresjárási feszültséggel egyenlő.

A belső ellenállás meghatározása

Az R_b belső ellenállás az üresjárási feszültségből és a rövidzárási áramból határozható meg:

$$I_{rz} = \frac{U_0}{R_b} \quad R_b = \frac{U_0}{I_{rz}}$$

A rövidzárási áram méréséhez használt árammérő belső ellenállása nagyon kicsi, lehetőleg közel nulla kell, hogy legyen, hogy az I_{rz} rövidzárási áramot valóban csak R_b szabja meg (2. ábra).

U_0 és I_{rz} értékéből R_b értéke kiszámítható.

Vannak azonban olyan feszültségforrások, amelyek rövidzárási áramát nem lehet megmérni. Nagy erőművi generátorokat biztosan nem lehet – a meghibásodás veszélye nélkül – rövidre zárni.

Ilyen esetekben R_b belső ellenállást a terhelési jelleggörbéből számítjuk ki (3. ábra).

A terhelési külső jelleggörbe egyenes. Felrajzolásához csak két mérési pont kell, pl. az A és B pont.

A diagramból leolvassuk I_{rz} és U_0 értékét, és kiszámítjuk R_b nagyságát:

$$R_b = \frac{U_0}{I_{rz}}$$

R_b kiszámítható a terhelési jelleggörbe meredekségéből is, ha U_0 helyett ΔU és I_{rz} helyett ΔI szerepel:

$$R_b = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

3. példa:

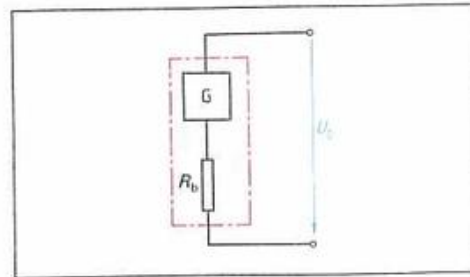
A generátor kapocsfeszültsége 5 A terhelés mellett 218 V. Ha a terhelést 15 A-re növeljük, 210 V-ra csökken a kapocsfeszültsége.

A generátor belső ellenállását így kapjuk:

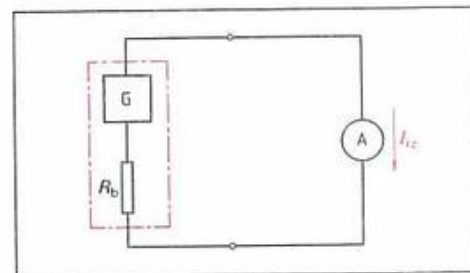
$$\Delta U = 218 \text{ V} - 210 \text{ V} = 8 \text{ V}$$

$$\Delta I = 15 \text{ A} - 5 \text{ A} = 10 \text{ A}$$

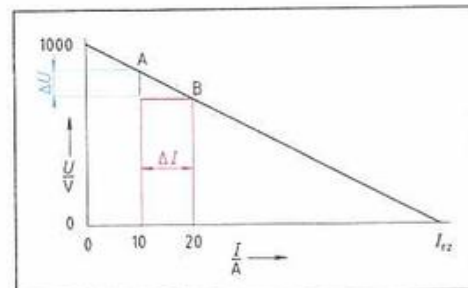
$$R_b = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{8 \text{ V}}{10 \text{ A}} = 0,8 \, \Omega$$



1. Feszültségforrás üresjárásban



2. Feszültségforrás rövidzárában. A rövidzárási áram mérése



3. A belső ellenállás meghatározása a terhelési jelleggörbével

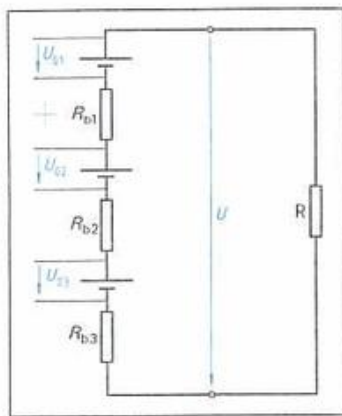
4.2. Feszültségforrások kapcsolásai

Az eddig vizsgált áramkörökben mindig csak egyetlen feszültségforrás volt. Az áramkörökben azonban többnyire több feszültségforrás is előfordulhat.

A feszültségforrások soros, párhuzamos és vegyes kapcsolásokban működhetnek.

Feszültségforrások sorba kapcsolása

Az 1. ábrán három, sorba kapcsolt feszültségforrást láthatunk. A példában feszültségforrásként elemi cellák vannak.



1. Áramkör három feszültségforrással

Minden elemi cella forrásfeszültsége 1,5 V és a belső ellenállása 0,7 Ω .

Az U_{01} , U_{02} és U_{03} forrásfeszültségek azonos polaritással kapcsolva elemi cellákon mérhetők.

Feszültségforrások soros kapcsolásakor az eredő forrásfeszültség az egyes feszültségek összegével egyenlő.

$$\begin{aligned} U_0 &= U_{01} + U_{02} + U_{03} \\ U_0 &= 1,5 \text{ V} + 1,5 \text{ V} + 1,5 \text{ V} \\ U_0 &= 4,5 \text{ V} \end{aligned}$$

Az R_{b1} , R_{b2} és R_{b3} belső ellenállások is sorba kapcsolódnak:

$$\begin{aligned} R_b &= R_{b1} + R_{b2} + R_{b3} \\ R_b &= 0,7 \Omega + 0,7 \Omega + 0,7 \Omega = 2,1 \Omega \end{aligned}$$

Feszültségforrások soros kapcsolásakor az eredő belső ellenállás az egyes belső ellenállások összege.

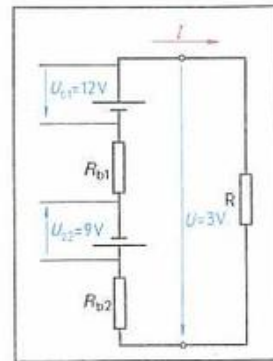
Ezek az összefüggések tetszőleges számú sorba kapcsolt feszültségforrásra is általánosíthatók. A feszültségforrások eltérő forrásfeszültségűek és belső ellenállásúak lehetnek:

$$\begin{aligned} U_0 &= U_{01} + U_{02} + U_{03} + U_{04} + \dots + U_{0n} \\ R_b &= R_{b1} + R_{b2} + R_{b3} + R_{b4} + \dots + R_{bn} \end{aligned}$$

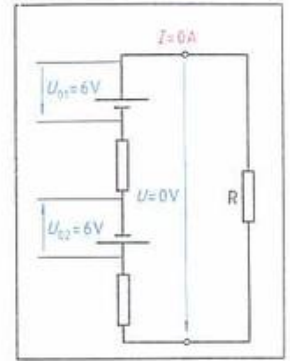
A feszültségforrások a 2. ábrán nem azonos polaritásúak, egymással szembe vannak kapcsolva. Az eredő feszültség a két, U_{01} és U_{02} forrásfeszültség különbsége.

Az áram abban az irányban folyik, amerre a nagyobbik feszültség hajtja. Ha mindkettő azonos nagyságú, áram egyáltalán nem folyik (3. ábra).

$$U_0 = U_{01} - U_{02} = 0$$



2. Áramkör két, egymással szembe kapcsolt, eltérő feszültségű feszültségforrással



3. Áramkör két, egymással szembe kapcsolt, egyenlő feszültségű feszültségforrással

Ha U_0 értéke pozitív, az eredő forrásfeszültség U_{01} felől hajtja az áramot.

Ha U_0 értéke negatív, az eredő forrásfeszültség U_{02} felől hajtja az áramot.

Az eredő belső ellenállás pedig:

$$R_b = R_{b1} + R_{b2}$$

1. példa:

Egy vészvilágítási berendezéshez 60 V forrásfeszültségre van szükség. A rendelkezésre álló akkumulátorcellák feszültsége 2 V, belső ellenállásuk 0,1 Ω . Hány akkumulátorcellára van szükség, és mekkora az eredő belső ellenállásuk?

m a cellák száma

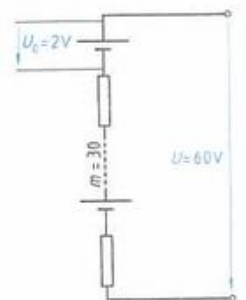
R_{bc} egy cella belső ellenállása;

$$m = \frac{60 \text{ V}}{2 \text{ V}} = 30$$

$$R_b = 30 \cdot R_{bc}$$

$$R_b = 30 \cdot 0,1 \Omega$$

$$R_b = 3 \Omega$$



A feszültségforrások sorba kapcsolását az eredő feszültség növelésére használják. Az eredő belső ellenállás növekedését figyelembe kell venni.

Feszültségforrások párhuzamos kapcsolása

Alapjában véve, ha lehet, azonos forrásfeszültségű és belső ellenállású feszültségforrásokat kapcsolunk össze. Eltérő feszültségek és belső ellenállások bonyolult helyzetet idézhetnek elő.

Az 1. ábra szerinti generátorok forrásfeszültsége és belső ellenállása egyenlő.

Ebben az esetben:

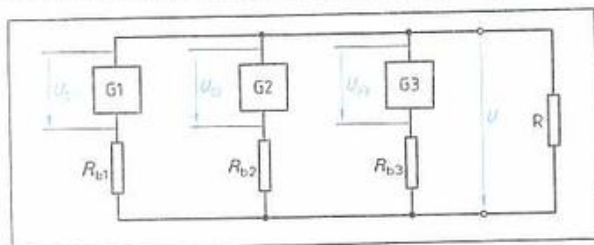
$$U_0 = U_{01} = U_{02} = U_{03}$$

Az összefüggés tetszőleges számú párhuzamosan kapcsolt generátorra is érvényes:

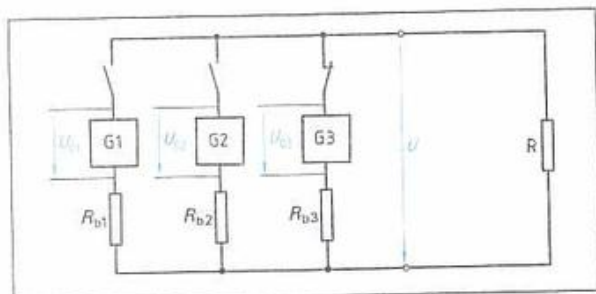
$$U_0 = U_{01} = U_{02} = U_{03} = \dots = U_{0n}$$

Azonos forrásfeszültségű és belső ellenállású feszültségforrások párhuzamos kapcsolásakor az eredő forrásfeszültség az egyes feszültségekkel egyenlő.

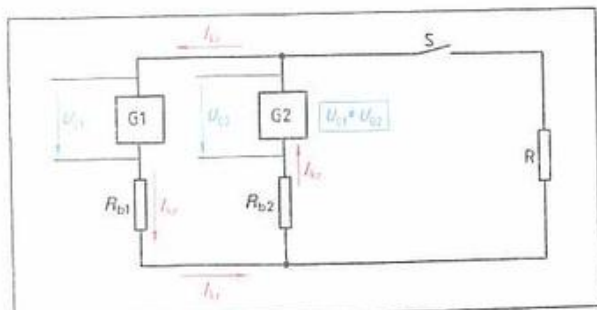
A három generátor kapocsfeszültsége egyenlő kell, hogy legyen. Ez azt jelenti, hogy minden egyes generátor az I terhelőáram azonos részét szolgáltatja.



1. Feszültségforrások párhuzamos kapcsolása



2. Kapcsolási rajz a 2. példához



3. Eltérő forrásfeszültségű generátorok párhuzamos kapcsolása

A generátorok belső ellenállásai párhuzamosak egymással.

Tetszőleges n számú, párhuzamosan kapcsolt generátorra:

$$\frac{1}{R_b} = \frac{1}{R_{b1}} + \frac{1}{R_{b2}} + \frac{1}{R_{b3}} + \dots + \frac{1}{R_{bn}}$$

vagy

$$R_b = \frac{R_{b1}}{n}$$

mert az egyes belső ellenállások egyenlő értékűek.

Egyenlő belső ellenállású, n számú generátor párhuzamos kapcsolásakor az eredő belső ellenállás az egyes ellenállásérték n -ed része.

2. példa:

Három generátor, G_1 , G_2 és G_3 táplálja az $R = 10 \Omega$ terhelő-ellenállású hálózatot.

A generátorok forrásfeszültsége egyformán 230 V , belső ellenállásuk $1,5 \Omega$ (2. ábra).

a) Mekkora az U kapocsfeszültség, ha a hálózatot csak a G_3 generátor táplálja?

b) Mekkora az U kapocsfeszültség, ha a három generátor táplálja a hálózatot?

$$\begin{aligned} \text{a) } U_0 &= 230 \text{ V} \\ R_b &= 1,5 \Omega \\ R &= 10 \Omega \\ I &= \frac{U_0}{R_b + R} = \frac{230 \text{ V}}{1,5 \Omega + 10 \Omega} \\ I &= \frac{230 \text{ V}}{11,5} = 20 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U &= I \cdot R \\ U &= 20 \text{ A} \cdot 10 \Omega \\ U &= 200 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } U_0 &= 230 \text{ V} \\ R_b &= 0,5 \Omega \\ R &= 10 \Omega \\ I &= \frac{U_0}{R_b + R} = \frac{230 \text{ V}}{0,5 \Omega + 10 \Omega} \\ I &= \frac{230 \text{ V}}{10,5} = 21,9 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U &= I \cdot R \\ U &= 21,9 \text{ A} \cdot 10 \Omega \\ U &= 219 \text{ V} \end{aligned}$$

Feszültségforrásokat akkor kapcsolunk párhuzamosan, ha nagy áramerősségre van szükségünk anélkül, hogy a kapocsfeszültség túlságosan lecsökkenne.

Eltérő forrásfeszültségű generátorok párhuzamos kapcsolásakor a terhelőáram mellett kiegyenlítőáram folyik a generátorok között. A kiegyenlítőáram akkor is folyik, ha lekapcsoljuk a terhelő-ellenállást (3. ábra).

Az 1. ábra szerinti kapcsolásban:

$$U_{02} = 235 \text{ V}, R_{b2} = 0,6 \, \Omega, U_{01} = 225 \text{ V}, R_{b1} = 0,4 \, \Omega.$$

A terhelő-ellenállás nincs bekapcsolva. Az U_{01} és U_{02} feszültségek különbsége 10 V. Ez a 10 V a jelölt irányban I_{kr} kiegyenlítőáramot hoz létre:

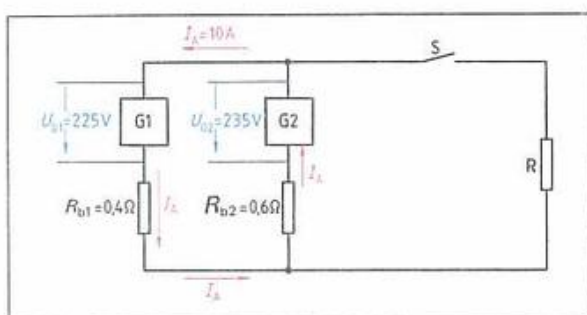
$$I_{kr} = \frac{U_{02} - U_{01}}{R_{b2} + R_{b1}}$$

$$I_{kr} = \frac{235 \text{ V} - 225 \text{ V}}{0,6 \, \Omega + 0,4 \, \Omega}$$

$$I_{kr} = \frac{10 \text{ V}}{1 \, \Omega}$$

$$I_{kr} = 10 \text{ A}$$

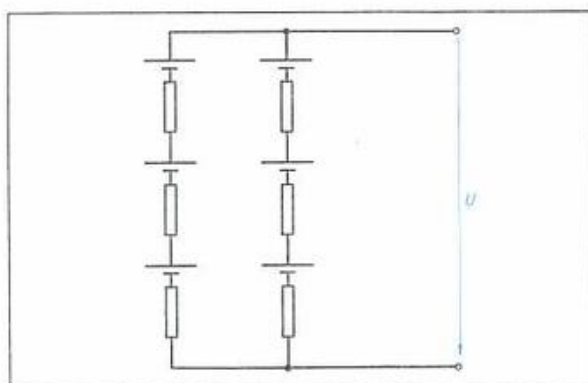
A kiegyenlítőáram a legkevésbé sem kívánatos.



1. Elnyű forrásfeszűltűgű generátorok párhuzamos kapcsolása, a kiegyenlítőáram nagyságának és irányának adataival

Feszűltűgforrások soros és párhuzamos (vegyes) kapcsolása

Az eredő feszűltűg növelése érdekében és (adott kapcsolásfeszűltűg mellett) az áramterhelhetőség növelésére a feszűltűgforrásokat sorba és párhuzamosan is kapcsolhatjuk (2. ábra).



2. Feszűltűgforrások soros és párhuzamos kapcsolása

Ebben az esetben a feszűltűgforrások soros és párhuzamos kapcsolására vonatkozó szabályok érvényesek.

3. példa:

$U_0 = 1,5 \text{ V}$ és $R_b = 0,7 \, \Omega$ jellemzőjű elemekből olyan telepet kell összeállítani, amelynek az eredő feszűltűge 30 V, és 2 A terhelés mellett a feszűltűg nem csökken 26 V alá.

Hogyan kell a telepet összeállítani?

m sorba kapcsolt egyedi cellák száma
 R_{bs} egy sor belső ellenállása
 R_{bc} egy cella belső ellenállása
 n a párhuzamos sorok száma
 R_b az eredő belső ellenállás
 U_{0e} az eredő feszűltűg

$$m = \frac{U_{0e}}{U_0} = \frac{30 \text{ V}}{1,5 \text{ V}} = 20$$

$$R_{bs} = m \cdot R_{bc}$$

$$R_{bs} = 20 \cdot 0,7 \, \Omega$$

$$R_{bs} = 14 \, \Omega$$

Terheléskor az eredő belső ellenálláson 4 V eshet. A megengedett eredő belső ellenállás eszerint:

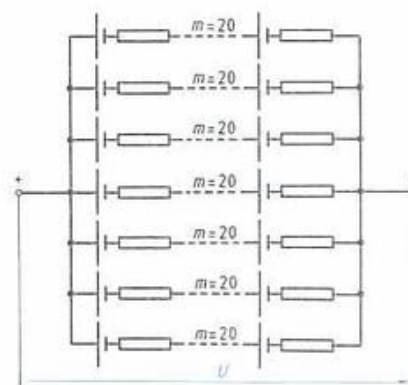
$$R_b = \frac{4 \text{ V}}{2 \text{ A}} = 2 \, \Omega$$

$$R_b = \frac{R_{bs}}{n}$$

$$n = \frac{R_{bs}}{R_b} = \frac{14 \, \Omega}{2 \, \Omega} = 7$$

Egy sor 14 Ω belső ellenállása miatt 7 párhuzamos sor kell ahhoz, hogy az eredő ellenállás 2 Ω legyen.

A telepet 7, párhuzamosan kapcsolt, 20 soros cellából kell összeállítani.



4.3. Illesztés, üresjárás és rövidre zárás

4.3. Illesztés, üresjárás és rövidre zárás

Teljesítményillesztés

Az áramkör feszültségforrása az R_k terhelő-ellenállás számára időegységenként meghatározott munkát szolgáltat.

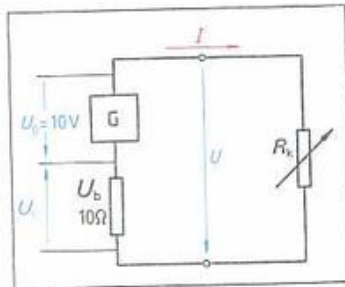
A feszültségforrás tehát teljesítményt ad át a terhelő-ellenállásnak.

A terhelő-ellenállás felvett teljesítménye:

$$P = I^2 \cdot R_k$$

Az I áram pedig:

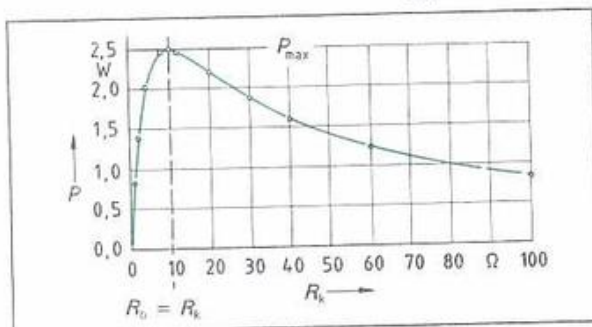
$$I = \frac{U_0}{R_b + R_k}$$



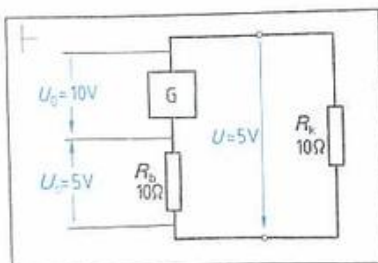
1. Áramkör változtatható R_k terhelő-ellenállással

$\frac{R_k}{\Omega}$	$\frac{P}{W}$
1	0,826
2	1,39
4	2,04
6	2,34
8	2,47
10	2,50
12	2,48
14	2,43
16	2,36
20	2,22
24	2,07
30	1,87
40	1,60
60	1,23
100	0,826

2. A leadott P teljesítmény nagysága táblázatosan az R_k terhelő-ellenállás különböző értékei-nél



3. A leadott teljesítmény változása R_k függvényében



4. Áramkör teljesítmény-illesztéskor

Ezzel a kifejezéssel a teljesítményre vonatkozó összefüggést a következő alakban írhatjuk:

$$P = \frac{U_0^2}{R_b + R_k} \cdot R_k$$

Az 1. ábra szerinti áramkörben R_k különböző értékeire a 2. ábra táblázatában látjuk a leadott teljesítményt.

A teljesítményt R_k függvényében a 3. ábrán láthatjuk.

A leadott teljesítmény $R_k = 10 \Omega$ értéknél a legnagyobb. Ekkor R_k értéke R_b értékével egyenlő. Ezt az esetet teljesítményillesztésnek nevezzük.

Teljesítményillesztéskor minden feszültségforrás a lehető legnagyobb teljesítményt szolgáltatja.

A teljesítményillesztés azt jelenti, hogy a terhelő-ellenállás ugyanakkora, mint a feszültségforrás belső ellenállása.

$$R_k = R_b.$$

Teljesítményillesztéskor az R_k és R_b ellenállásokra jutó feszültség egyenlő. Az R_k ellenálláson a kapocsfeszültség a forrásfeszültség fele:

$$U = \frac{U_0}{2} \quad U = U_b$$

Mivel R_k és R_b ellenállások egyenlőek, továbbá a rajtuk eső feszültség és az átfolyó áram is egyenlő, azonos teljesítmény jut rájuk:

$$P = \frac{U^2}{R_k}; \quad P_b = \frac{U_b^2}{R_b}$$

$$P = P_b$$

P_b az R_b ellenállás által felvett teljesítmény, azaz a generátorban hővé alakuló teljesítmény.

A 4. ábra szerinti kapcsolásra érvényes:

$$P = \frac{U^2}{R_k} = \frac{(5 \text{ V})^2}{10 \Omega} = \frac{25}{10} \text{ W} = 2,5 \text{ W}$$

$$P_b = \frac{U_b^2}{R_b} = \frac{(5 \text{ V})^2}{10 \Omega} = \frac{25}{10} \text{ W} = 2,5 \text{ W}$$

A generátor összes szolgáltatott teljesítménye:

$$P_g = \frac{U_0^2}{R_k + R_b} = \frac{(10 \text{ V})^2}{20 \Omega} = 5 \text{ W} \quad (P_g = P + P_b)$$

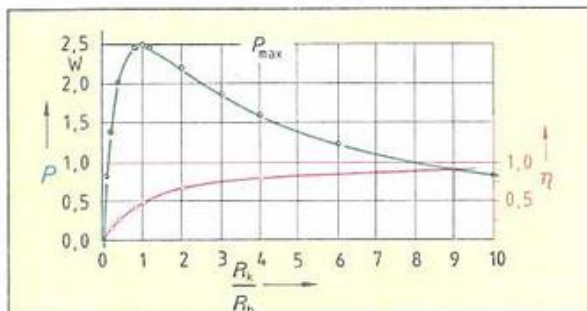
Teljesítményillesztéskor a terhelő-ellenállásra a generátor teljesítményének a fele jut.

Ez azonban azt jelenti, hogy az η hatásfok csak 0,5, illetve 50%.

$$\eta = \frac{P_{\text{te}}}{P_{\text{tel}}} = \frac{P}{P_{\text{e}}} = \frac{2,5 \text{ W}}{5 \text{ W}} = 0,5 \hat{=} 50\%$$

Teljesítményillesztéskor a hatásfok csak 50%.

Az előállított teljesítmény másik 50%-a a generátorban hővé alakul. Az 1. ábrán az η hatásfok és a leadott P teljesítmény változását látjuk az R_k/R_b hányados függvényében.



1. Az η hatásfok és a leadott P teljesítmény változása az R_k/R_b hányados függvényében

A feszültségforrás leadott teljesítményét illesztéskor a következőképpen számíthatjuk:

$$P = \frac{U_0^2}{R_k + R_b} \cdot R_k; \quad R_k = R_b$$

$$P_{\text{max}} = \frac{U_0^2}{(2 \cdot R_b)^2} \cdot R_b$$

$$P_{\text{max}} = \frac{U_0^2}{4R_b}$$

Az energiaszolgáltató hálózatok soha nem üzemelhetnek teljesítményillesztéssel, ez a legnagyobb mértékű gazdaságtalanság lenne, az előállított villamos energia 50%-a hővé alakulna a generátorban. Ezenkívül a generátor hűtése óriási nehézséget okozna.

Gondoljuk el, ha egy 10 MW-os generátorban 5 MW tartósan hővé alakulna!

Az energiaszolgáltató hálózatokat úgy építik, hogy hatásfokuk a lehető legnagyobb legyen.

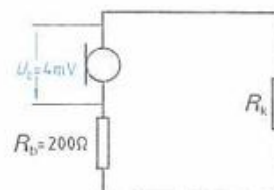
A híradástechnikában többnyire kis teljesítménnyel dolgoznak. Emellett az az energia, amit villamos energiává alakítanak, gyakran ingyen van. Gondoljunk például a mikrofonra, amely a hangenergiát alakítja villamos energiává. A hatásfok itt nem számít. A mikrofon-

áramkört természetesen úgy méretezik, hogy az a maximális energiát adja le. A mikrofont teljesítményillesztéssel üzemeltetik. A mikrofon a legnagyobb hangerőnél sem fog túlmelegedni.

A híradástechnikában többnyire teljesítményillesztést használnak.

1. példa:

Egy mikrofon, amely a hangenergiát villamos energiává alakítja át, meghatározott hangerőnél 50 mV forrásfeszültséget hoz létre. A mikrofon belső ellenállása 200 Ω .



Mekkora a mikrofon leadott teljesítménye?

- 50 Ω terhelő-ellenálláson,
- 200 Ω (illesztett) terhelő-ellenálláson?

$$a) I = \frac{U_0}{R_k + R_b} = \frac{4 \text{ mV}}{50 \Omega + 200 \Omega} = \frac{4 \text{ mV}}{250 \Omega} = 16 \mu\text{A}$$

$$P = I^2 \cdot R = (16 \cdot 10^{-6} \text{ A})^2 \cdot 50 \Omega = 12,8 \cdot 10^{-9} \text{ W}$$

$$P = 12,8 \text{ nW}$$

$$b) I = \frac{U_0}{R_k + R_b} = \frac{4 \text{ mV}}{200 \Omega + 200 \Omega} = \frac{4 \text{ mV}}{400} = 10 \mu\text{A}$$

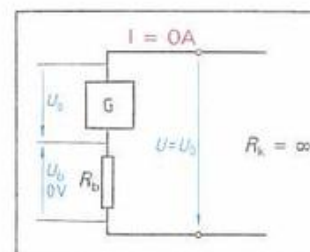
$$P = I^2 \cdot R = (10 \cdot 10^{-6} \text{ A})^2 \cdot 200 \Omega = 20 \cdot 10^{-9} \text{ W}$$

$$P = 20 \text{ nW}$$

Üresjárás

Üresjárásnak a feszültségforrásnak azt az üzemállapotát nevezzük, amikor a kapcsai nyitottak. Terhelő-ellenállás nincs rákapcsolva (2. ábra).

A kapcsok között az ellenállás értéke ∞ :



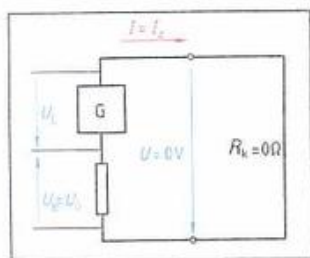
2. Feszültségforrás üresjárásban

Áram nem folyik:
 $R_k = \infty$
 $I = 0$.
 A kapocsfeszültség a forrásfeszültséggel
 egyenlő:
 $U = U_0$.
 Leadott teljesítmény nincs:
 $P = 0$.
 A generátorban nincs hővé alakuló
 teljesítmény:
 $P_b = 0$.

R_k növekedésekor az η hatásfok az 1 értékhez közeledik (l. az 1. ábrát a 61. oldalon). Teljes üresjárásban, mivel $P = 0$, értéke határozatlan.

Rövidre zárás

Rövidzárnak a feszültségforrás olyan üzemiállapotát nevezzük, amelyben a kapcsai ellenállás nélkül vannak összekötve (1. ábra).



1. Feszültségforrás rövidre zárásban

A rövidre zárás ténylegesen előforduló üzemiállapot. Természetesen vannak olyan feszültségforrások, amelyek rövidzárnak nem üzemeltethetők, mert meghibásodnak vagy tönkremennek.

Az energiaellátás feszültségforrásait többnyire nem szabad rövidre zárásban üzemeltetni.

A feszültségforrások némelyikénél a rövidzárás ezzel szemben megszokott. A fénylelemek például közel rövidre zárásban működnek. Az áramkörben ugyanis csak árammérő műszer van (fénylektromos megvilágításmérő). A generátorként viselkedő mikrofonokat is üzemszerűen rövidre zárják, ha a feszültségükre időnként nincs szükség.

Rövidzárnak a feszültségforrás kapcsai között a hatásos ellenállás értéke nulla: $R_k = 0$.

Az I áramot csak a belső ellenállás korlátozza. $I_z =$ rövidzárási áram: $I = I_z = \frac{U_0}{R_b}$.

A feszültségforrás kapcsai között nincs feszültség: $U = 0$.

A külső leadott teljesítmény nulla: $P = 0$.

A generátorban hővé alakuló teljesítmény nagysága: $P_b = \frac{U_0^2}{R_b}$.

Mivel nincs leadott teljesítmény, a hatásfok csak nulla lehet: $\eta = 0$.

Hasonlítsuk össze rövidre zárásakor a feszültségforrásban hővé alakuló P_b teljesítményt azzal a P teljesítménnyel, amelyet teljesítményillesztéskor ad le:

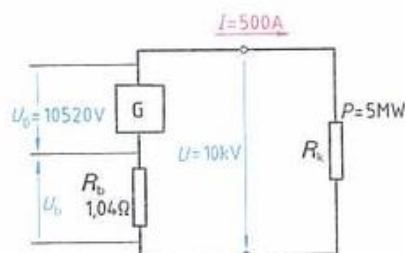
$$P_b = \frac{U_0^2}{R_b}, \quad P = \frac{U_0^2}{4R_b}.$$

P_b tehát négyszer akkora, mint P .

Rövidre zárásakor a feszültségforrásban négyszer nagyobb teljesítmény alakul hővé, mint amekkorát teljesítményillesztéskor tud leadni.

2. példa:

Egy generátor $\eta = 0,95$ hatásfokkal üzemel. 10 kV kapocsfeszültség mellett a leadott névleges teljesítménye 5 MW.



- Mekkora a belső ellenállás, a terhelő-ellenállás és a forrásfeszültség?
- Mekkora teljesítményt ad le a generátor teljesítményillesztés esetén?
- Mekkora lenne a generátor rövidre zárásakor a belsejében hővé alakuló teljesítmény?

$$a) \quad \eta = \frac{P}{P_0}; \quad P_0 = \frac{P}{\eta} = \frac{5 \text{ MW}}{0,95} = 5,26 \text{ MW}$$

$$P_b = P_0 - P = 5,26 \text{ MW} - 5 \text{ MW} = 0,26 \text{ MW}$$

$$I = \frac{P}{U} = \frac{5\,000\,000 \text{ W}}{10\,000 \text{ V}} = 500 \text{ A}$$

$$P_b = I^2 \cdot R_b; \quad R_b = \frac{P_b}{I^2} = \frac{260\,000 \text{ W}}{(500 \text{ A})^2}$$

$$R_b = \frac{260\,000 \text{ W}}{250\,000 \text{ A}^2} = 1,04 \Omega$$

$$R_k = \frac{U}{I} = \frac{10\,000 \text{ V}}{500 \text{ A}} = 20 \Omega$$

$$U = U_0 - I \cdot R_b;$$

$$U_0 = U + I \cdot R_b = 10\,000 \text{ V} + 500 \text{ A} \cdot 1,04 \Omega = 10\,520 \text{ V}$$

$$b) \quad P = \frac{U_0^2}{4 \cdot R_b} = \frac{(10,52 \cdot 10^3 \text{ V})^2}{4 \cdot 1,04 \Omega} = \frac{111 \cdot 10^6 \text{ V}^2}{4,16 \Omega}$$

$$P = 26,6 \text{ MW}$$

$$c) \quad P_{b(z)} = \frac{U_0^2}{R_b} = 4 \cdot P = 4 \cdot 26,6 \text{ MW} = 106,5 \text{ MW}$$

A generátorban üzemzerű állapotban 0,26 MW alakul hővé, rövidre zárásban 106,5 MW. Ez a rövidzárási teljesítmény tönkretenné a generátort, ezért zárlatvédelmet kell alkalmazni.

Feszültségillesztés

Feszültségillesztésről, akkor beszélünk, ha a terhelő-ellenállás nagyobb, mint a feszültségforrás belső ellenállása (1. ábra).

Feszültségillesztéskor a terhelő-ellenállás nagyobb a belső ellenállásnál:

$$R_k > R_b \quad (R_k \text{ nagyobb, mint } R_b)$$

R_k értéke $R_k = \infty$ és $R_k = R_b$ határok között választható.

A lehetséges üzemállapot feszültségillesztéskor az üresjárás és a teljesítményillesztés között van.

Az áramkör méretezésekor az U kapocsfeszültség értékét a lehetséges határok között választjuk és rendeljük a követelményekhez. Ezt az üzemmódot nevezzük feszültségillesztésnek.

Minél nagyobbra választjuk R_k értékét R_b -hez képest, annál nagyobb az U kapocsfeszültség.

A hatásfok az üresjáráshoz tartozó ($\eta = 1,0$) és a teljesítményillesztéshez tartozó ($\eta = 0,5$) érték között van:

$$\eta = 1,0 \dots 0,5$$

Kis terheléssel, tehát az üresjárás közelében az U kapocsfeszültség majdnem egyenlő az U_0 forrásfeszültséggel. A terhelő-ellenállás kis változása a kapocsfeszültséget alig változtatja meg. Az U kapocsfeszültség közelítőleg független a terheléstől (állandó feszültségű üzemmód).

Az energiaellátás generátorai kizárólag ebben az állandó feszültségű üzemmódban működnek.

Áramillesztés

A feszültségforrás az áramillesztés üzemállapotában működik, ha a terhelő-ellenállás a belső ellenállásnál kisebb (2. ábra).

Áramillesztéskor a terhelő-ellenállás kisebb, mint a belső ellenállás.

$$R_k < R_b \quad (R_k \text{ kisebb, mint } R_b)$$

Az I áram értékét a lehetséges határok között választjuk és rendeljük hozzá a követelményekhez. Ezt az üzemmódot áramillesztésnek nevezzük.

Minél kisebbre választjuk R_k értékét R_b -hez képest, annál nagyobb lesz az I áram.

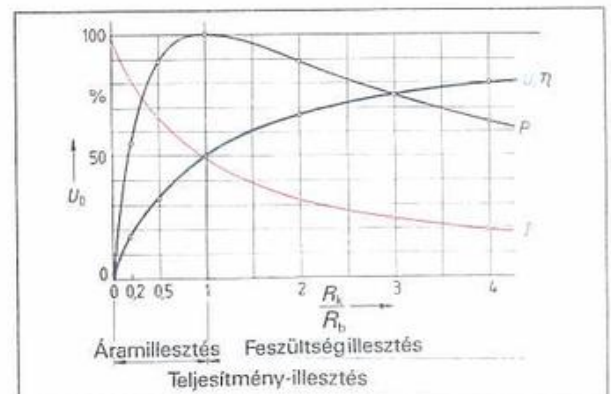
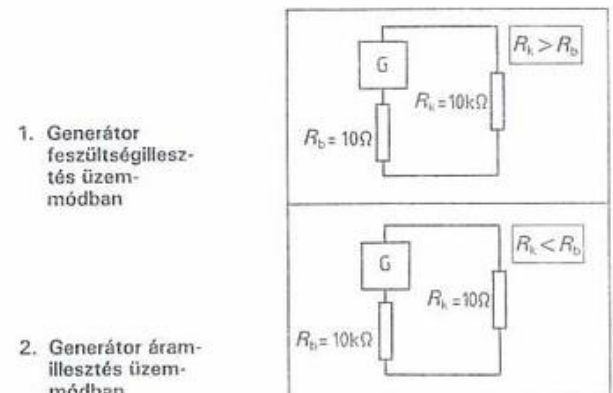
Az áramillesztés lehetséges üzemállapota a teljesítményillesztés és rövidre zárás között van.

A hatásfok ennek megfelelően a teljesítményillesztéshez ($\eta = 0,5$) és a rövidre záráshoz ($\eta = 0$) tartozó érték között van:

$$\eta = 0,5 \dots 0$$

Nagy terhelés mellett, tehát a rövidre záráshoz közeli üzemben az I áramot szinte csak az U_0 forrásfeszültség és az R_b belső ellenállás határozza meg. Az áram a terheléstől alig függ (állandó áramú üzemmód).

A 3. ábrán %-ban látjuk a P leadott teljesítményt, az U kapocsfeszültséget, az I áramot és az η hatásfokot az R_k/R_b hányados függvényében. Az ábrában a feszültségillesztés és az áramillesztés tartományát bejelöltük.



3. P , U , I és η változása az R_k/R_b hányados függvényében a maximális értékük %-ában; $I_z \hat{=} 100\%$; $P_{\max} \hat{=} 100\%$; $U_0 \hat{=} 100\%$

4.4. Ellenőrizze tudását

4.1. szakaszhoz: Forrásfeszültség, kapocsfeszültség, belső ellenállás

1. Mit értünk a feszültségforrás belső ellenállásán?
2. Hogyan határozhatjuk meg a feszültségforrás belső ellenállását?
3. Mit értünk forrásfeszültségen?
4. Miért csökken a generátor kapocsfeszültsége terheléskor?
5. Hogyan határozhatjuk meg a generátor rövidzárási áramát?
6. Mi a terhelési (külső) jelleggörbe?

4.2. szakaszhoz: Feszültségforrások kapcsolásai

1. Miért kapcsolunk sorba feszültségforrásokat?
2. Hogyan függ az eredő belső ellenállás értéke a feszültségforrások sorba kapcsolásakor az egyes belső ellenállásoktól?

3. Miért nem ajánlatos eltérő forrásfeszültségű feszültségforrásokat párhuzamosan kapcsolni?
4. Hogyan határozzuk meg az eredő belső ellenállást feszültségforrások párhuzamos kapcsolásakor?

4.3. szakaszhoz: Illesztés, üresjárás és rövidre zárás

1. Mi a teljesítményillesztés?
2. Mekkora a feszültségforrás hatásfoka teljesítményillesztéskor?
3. Mi a feszültség- és áramillesztés?
4. Milyen feltételek mellett működik a generátor állandó feszültségű üzemmódban?
5. Milyen feltételek mellett működik a generátor állandó áramú üzemmódban?
6. Magyarázzuk el a feszültségillesztés és áramillesztés fogalmait!

Feladatok

4.1. szakaszhoz

1. Egy $U_0 = 6\text{ V}$ forrásfeszültségű $R_b = 0,5\ \Omega$ belső ellenállású feszültségforrást $I = 1,2\text{ A}$ árammal terhelünk. Mekkora az U kapocsfeszültség?
2. Egy $U_0 = 230\text{ V}$ forrásfeszültségű, $R_b = 0,8\ \Omega$ belső ellenállású hálózati áramforrást $I = 16\text{ A}$ árammal terhelünk. Mekkora az U kapocsfeszültség?
3. Egy jármű-ólomakkumulátor forrásfeszültsége $U_0 = 12\text{ V}$, belső ellenállása $R_b = 50\text{ m}\Omega$. Véletlen zárlatkor mekkora I_z zárlati áram folyik?
4. Egy hálózati tápegység adatai: $U = 30\text{ V}$, $I = 5\text{ A}$, a belső ellenállása $R_b = 10\text{ m}\Omega$. Mekkora az U kapocsfeszültség ΔU változása üresjárás és névleges terhelés között?
5. Mekkora ellenállással kell terhelni azt a generátort, amelynek forrásfeszültsége $U_0 = 66\text{ V}$, belső ellenállása $R_b = 12\ \Omega$ ahhoz, hogy kapocsfeszültsége $U = 60\text{ V}$ legyen?

4.2. szakaszhoz:

1. Vészvilágításhoz olyan feszültségforrás szükséges, amely $U = 60\text{ V}$ kapocsfeszültség mellett $I = 10\text{ A}$ áramot ad le. E célra $U_0 = 2,1\text{ V}$ forrásfeszültségű és $R_b = 60\text{ m}\Omega$ belső ellenállású ólomakkumulátorok állnak rendelkezésre. Hány cellára van szükség, ha sorba kapcsolunk m cellát?

2. $U_0 = 1,5\text{ V}$; $R_b = 650\text{ m}\Omega$ adatú primer elemekből $U_0 = 6\text{ V}$ forrásfeszültségű telepet kell összeállítani. $I = 4\text{ A}$ terhelés hatására a kapocsfeszültség nem csökkenhet $U = 5,6\text{ V}$ alá. Hány elemre van szükség és hogyan kell kapcsolni őket?

4.3. szakaszhoz

1. Egy generátor $U = 15\text{ kV}$ kapocsfeszültségénél $P = 10\text{ MW}$ teljesítményt szolgáltat. Üzemi hatásfoka $\eta = 0,96$.
 - a) Számítsuk ki I , R_k és R_b értékét!
 - b) Milyen illesztésről van szó?
 - c) Mekkora lenne a generátor $P_{\max}$ felvett teljesítménye $R_k = R_b$ esetében?
 - d) Mekkora lenne a generátor P_z felvett teljesítménye rövidre zárásakor?
2. Egy $U_0 = 24\text{ V}$ -os akkumulátornak $P_{\max} = 1,5\text{ kW}$ teljesítményt kell leadnia. $R_k = 2,2\ \Omega$ terhelő-ellenálláshoz számítsuk ki a következőket:
 - a) az R_b belső ellenállás értékét,
 - b) az I terhelőáramot,
 - c) az U kapocsfeszültséget és
 - d) a P teljesítményt!
 - e) Milyen illesztésről van szó?
3. Egy $R_b = 8\ \Omega$, $U_0 = 15\text{ V}$ -os erősítő kimenetére úgy kell rákapcsolni két hangszórót, hogy az erősítő a $P_{\max}$ maximális teljesítményét adja le. Számítsa ki a legkedvezőbb kapcsolást, ha a hangszórók adatai a következők:
 1. hangszóró: $R_{k1} = 16\ \Omega$; $P_{\max} = 10\text{ W}$;
 2. hangszóró: $R_{k2} = 4\ \Omega$; $P_{\max} = 10\text{ W}$.

5. Bevezetés a biztonságtechnikába*

5.1. Előzetes megjegyzések

A villamos áram, de különösen az 50 Hz-es váltakozó áram, igen veszélyes. A hibás villamos készülékekből és a rendeltetésétől eltérően használt villamos berendezésekből származó veszélyek sokrétűek és a laikusok számára ismeretlenek. Mindenki tehát, aki elektrotechnikával foglalkozik, nagy felelősséggel tartozik embertársaiért. A felelős tevékenységéhez kellő szakismerete kell hogy legyen a villamos készülékekről és berendezésekről. Ismernie kell a villamos áram veszélyeit és a szakterületén a villamos készülékek létesíté-

sére és üzemeltetésére vonatkozó szabványokat. Ismereteit emellett folyamatosan bővíteni kell az új fejlesztések irányában. A továbbképzés kötelező!

Számos szervezet alkotott az elmúlt száz évben olyan előírásokat, amelyek betartása a villamos energetikában szavatolja a biztonságot. Csakis a magas szintű biztonsági előírásoknak köszönhető, hogy a növekvő villamosenergia-felhasználás ellenére a halálos balesetek száma csökkent.

5.2. A villamos áram veszélyei

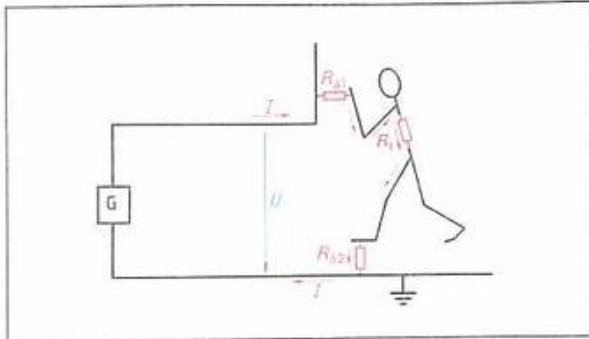
A villamos áram a hatásai következtében veszélyes.

Az áram hatásai	Az áram hatásaiból származó veszélyek
Hőhatás	Túlterhelt vezetékektől, túlhevült készülékektől, laza érintkezésekből, zárlatoktól stb. eredő tűzveszély
Vegyhatás	Folyadék bontása révén robbanásveszélyes vagy mérgező gázok keletkezése áram hatására, korrózió stb.
Mágneses hatás	Nagy zárlati áramok erőhatása, sérült villamos gépek stb.
Fényhatás	Szemsérülés (káprázás) villamos ív (zárlat, hegesztés) hatására vagy a modern lámpák nagy fényerősségétől
Fiziológiai hatások (hatások élőlényekre)	Izomrángások, idegzavarok, izomgörcs, légzésbénulás, vérnyomás-növekedés, belső szétfővés, szívbénulás, szívkamralebegés, utóhatások

* A vonatkozó magyar szabványok: MSZ 453, MSZ 1585, MSZ 13 553

5.3. Az emberi test áramvezetése

Az emberi és állati test villamosan vezető, a villamos áram átfolyhat rajta (1. ábra).

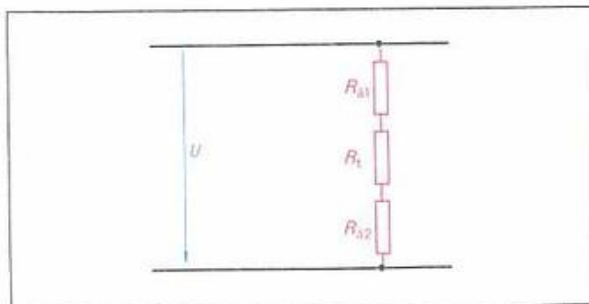


1. Emberi test az áramkör részeként

A test ellenállása változó. Függ a felépítésétől és a szerkezetétől, a pillanatnyi fizikai, sőt a lelki állapottól is.

A test ellenállása 200 ... 3000 Ω között van. Az átmeneti ellenállások, pl. a villamos vezeték és a kéz, a láb és a föld között növelik az értékét. Az átmeneti ellenállások nagyon sok tényezőtől függenek. A nedves bőr ellenállása kisebb, mint a szárazé. A nagyon kérges kéznek különösen nagy az ellenállása. A láb és a föld közötti ellenállás értéke döntően a cipő fajtájától függ.

A test és az átmenetek eredő ellenállására 1000 Ω minimális értéket lehet figyelembe venni (2. ábra).



2. Az átmeneti ellenállások és a testellenállás sorba vannak kapcsolva

$$R_{t0} = R_{A1} + R_t + R_{A2} = 1000 \Omega$$

R_{t0} a test eredő ellenállása,
 R_{A1}, R_{A2} átmeneti ellenállások,
 R_t a testellenállás.

Az emberi test 50 mA áramerősséget rövid ideig elvisel. Az 1000 Ω eredő ellenállásból számítható feszültség:

$$U = I \cdot R = 50 \text{ mA} \cdot 1000 \Omega = 50 \text{ V}$$

50 V-nál nagyobb váltakozó feszültség (120 V egyenfeszültség) már veszélyes.

Pontosabb vizsgálatok kimutatták, hogy 50 V-nál kisebb feszültség is veszélyes lehet, ha az emberi testen az áram hosszabb ideig folyik át.

25 V váltakozó feszültség (60 V egyenfeszültség) alatti érték veszélytelennek tekintendő.

Bővebben az 5.7. „Veszélyes testáramok” c. szakaszban találunk.

Az áram hatásai az emberi szervezetre

A szervezetet nem a feszültség, hanem a villamos áram károsítja. A feszültségnek csak az a szerepe, hogy a károsító áramot létrehozza.

Az a feszültség, amely veszélyes nagyságú és időtartamú áramot nem hoz létre, veszélytelen akkor is, ha akár több kilovolt nagyságú. Ilyen pl. az elektrosztatikus feltöltődés feszültsége. Ez néhány centiméteres szikrakisülést is létrehozhat.

A villamos áram által okozott károsodásokat három csoportba oszthatjuk: károsodás elektrolitikus bontás miatt, a szervezet vezérlési funkcióinak megzavarása miatt és a testrészek túlzott felmelegedése miatt.

1. Károsodás az elektrolitikus bontás miatt

E káros hatások kutatása még nagyon a kezdetén van. Különös módon az emberi test jobban viseli az egyenáramot, mint a hálózati váltakozó áramot. Az elektrolitikus bontás termékei később okozhatnak károsodásokat.

2. Károsodás a testfunkciók vezérlésének megzavarása miatt

Számos testfunkció az idegpályákon keresztül villamos vezérlésű. A villamos áram ezt a vezérlést megzavarja. A bekövetkező hibás vezérlés halált okozhat.

A hibás vezérlés különösen veszélyes esete a szívkamralebegés. Az áram hatására a szívizom kiesik ritmusából és remegő mozgásba kezd, amely az áram kikapcsolása után is megmarad. A vért a szív nem löki tovább, a halált a szív leállása okozza. Speciálisan képzett orvos pontosan adagolt áramimpulzusokkal a szívet ismét a megfelelő ütemre készítheti.

A téves vezérlés további súlyos esete az izomgörcs. Az árammal átjárt izom görcsöt kap és az akaratnak többé nem engedelmeskedik. A baleset áldozata például nem tudja elengedni a feszültség alatt lévő vezetékét, emiatt az áramhatás időtartama lényegesen meghosszabbodik. Az izomgörcs csak váltakozó feszültség esetében lép fel, egyenfeszültség esetén nem fordul elő.

A légzőszervek izomzata az átfolyó áramtól megbénulhat. Megáll a légzés, ami gyors halált okoz. Megbénulhatnak továbbá az egyes végtagok is. Időlegesen sükettség, vakság és egyensúlyzavar léphet fel. Ájulás is bekövetkezhet.

3. Károsodások a testrészek túlzott felmelegedése miatt

Az áram útjába eső testrészek felmelegsznek. Elég nagy áramsűrűség a szöveteket felforralja vagy elégeti.

A külső forralások és égések könnyen felismerhetők és kezelhetők. A belső égések gyakran rejtve maradnak, eleinte alig okoznak panaszt. A szövetek bomlástermékei azonban a testet mérgezik, emiatt a halál napokkal a baleset után következhet be.

Az áram hatásának tényezői

Az áram hatása a szervezetre a következő tényezőktől függ:

1. A hatás időtartama

Minél kisebb a hatás időtartama, annál nagyobb az az áramerősség, amely már veszélyes lehet. 20 ms időnél (az 50 Hz-es váltakozó áram periódusideje) a veszélyeztetés 0,5 A értéknél kezdődik.

2. Az áram erőssége

Hosszabb idejű hatáskor már 20 mA áram életveszélyes lehet.

Az áramerősség és a behatás ideje közötti kapcsolatot az 5.7. „Veszélyes testáramok” c. szakaszban találjuk.

3. Áramnem, egyen- vagy váltakozó áram

Az azonos nagyságú és hatásidejű váltakozó áram lényegesen veszélyesebb, mint az egyenáram. Az 50 Hz/60 Hz frekvenciájú váltakozó áram, amelyet az energiaellátásban használnak, különösen veszélyes, mert (halálos) szívkamralebegést okoz.

A váltakozó áram veszélyessége növekvő frekvenciával csökken. A nagyfrekvenciás áram már csak a test felszínén át folyik, ezért a szívet nem károsíthatja.

4. Az áram útja a testen keresztül

A test ellenállása, ezáltal az áramerősség attól függ, hogy az áram pl. kéz és kéz között, jobb kéz és láb vagy a fej és a láb között folyik. Fokozott a veszély, ha a szív az áram útjába esik.

5. A baleset áldozatának fizikai és szellemi állapota

Fokozottan veszélyeztetettek a gyermekek, az idősebbek és a beteg emberek.

Az áram pozitív hatásai

Az egészségügyben villamos áram gyógyításra alkalmazható, pl. a szívritmus-szabályozásra vagy sokkolásra, ezenkívül a fizioterápiában.

5.4. Elsősegély villamosbalesetek esetén

Az elsősegélynyújtás útmutatásait többek között a VDE 134 „Az elsősegély irányelvei balesetnél” c. fejezetében találjuk.

Ezek az útmutatások nem helyettesítik a kötelező elsősegély-oktatást. Ebben a szakaszban csak néhány fontos szabályt és sajátosságot tárgyalunk a villamosbalesetekkel kapcsolatban.

A legfontosabb tennivaló:

A baleset áldozatát a lehető leggyorsabban ki kell szabadítani a veszélyhelyzetből!

Azonnal meg kell szakítani az áramkört, ha a sérülte még feszültség jut.

Kisfeszültségű berendezéseknél (1000 V alatt) ezt lekapcsolással, a hálózati csatlakozó kihúzásával vagy a biztosítók kiszedésével, ill. a kisautomaták lekapcsolásával oldjuk meg.

Nagyfeszültségű berendezésekben különleges óvatosságra van szükség. A lekapcsolást a szakemberre kell hagyni.

Ha nincs mód a gyors lekapcsolásra, meg kell próbálni a baleset áldozatát elválasztani a feszültség alatt lévő alkatrésztől.

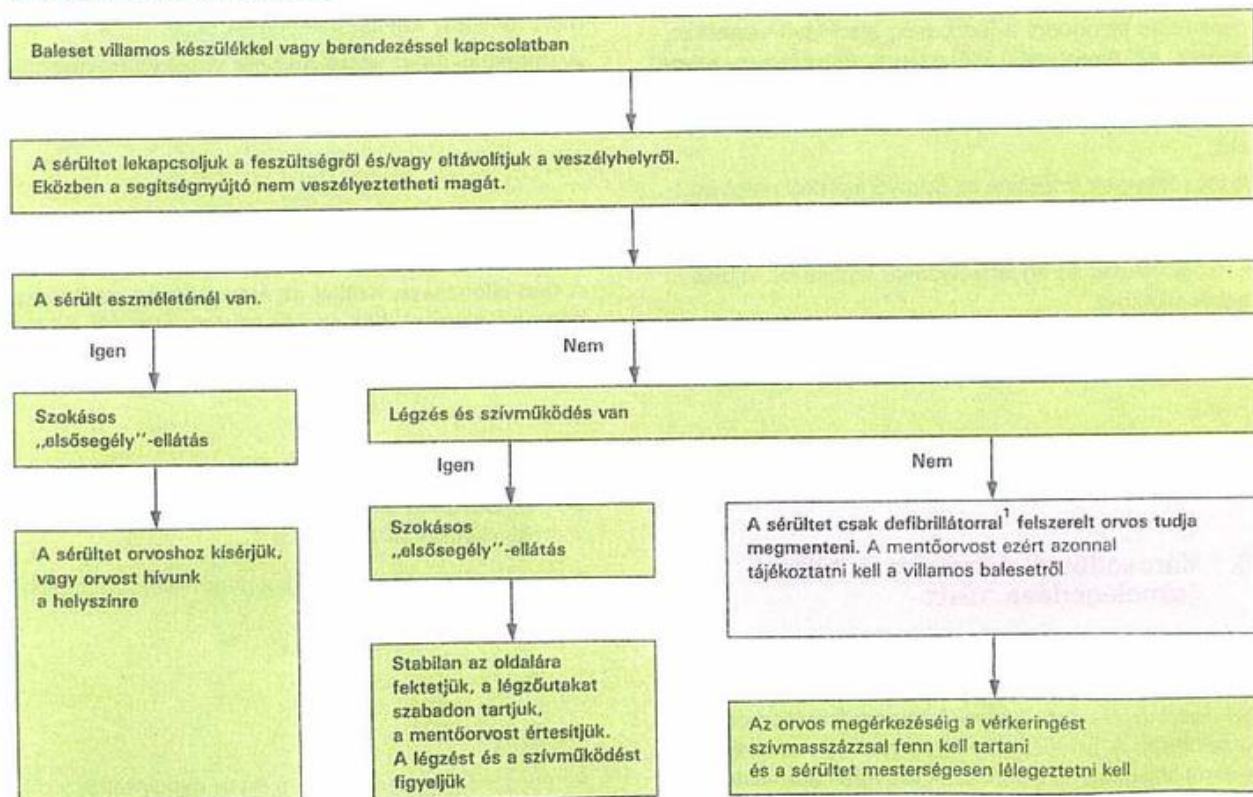
Kisfeszültségű berendezésnél azonnal meg kell próbálni leválasztani a balesettest a feszültségről, valamilyen szigetelt eszközzel. Ha ez nem sikerül, akkor száraz deszkára, lehetőleg vastag műanyag lemezre vagy hasonló szigetelő alátétre állva szigeteljük el magunkat. Kezünket a lehető legjobban szigeteljük! Ajánlatos száraz törölközővel vagy ruhadarabbal becsavarni. Ezután a balesettest óvatosan elválasztjuk a feszültség alatt lévő részegységtől.

Ha a sérültet nagyfeszültségű alkatrésztől akarjuk elválasztani, a legnagyobb óvatossággal járunk el! A sérültet nem szabad megérinteni! A feszültség alatti részekhez a segítségnyújtónak sem szabad közel kerülnie. Meg kell próbálni azt, hogy hosszú szigetelőrudal, vagy földelőbottal húzzuk ki a veszélyzónából.

El kell kerülni az esés vagy zuhanás okozta sérüléseket is. Ha a sérültet a feszültség lekapcsolásakor lezuhanás fenyegeti, gondoskodni kell arról, hogy elkapják. Erre a felfogóponyva a legalkalmasabb.

Ha a sérült eszméletlen és nem lélegzik, a mentést azonnal meg kell kezdeni. Ekkor minden másodperc számít!

A tennivalók áttekintése



¹ Orvosi készülék a szívkamrabeégés megszüntetésére.

Külső szívmasszázs

Hogyha a sérültnél szívkamralebegés jelentkezik (nincs pulzus, a pupillák kitágulnak), akkor az újraélesztés sikere érdekében az orvos megérkezéséig azonnal szívmasszázszt és mesterséges lélegeztetést kell alkalmaznunk. A szívmasszázshoz (ehhez képzettség kell) a segélynyújtó oldalt, mellmagasságban letérdel. Egyik tenyerét a mellkas alsó harmadára helyezi, másik tenyerét az előző kézfejére. Ezután a segélynyújtó a testsúlyával másodpercenként egyszer 3...4 cm mélyen benyomja a sérült mellkasát. Mintegy 15 s után mesterséges lélegeztetést végez kétszer, utána 15 s szívmasszázs következik ismét.

Mesterséges lélegeztetés

A lélegeztetést minden különösebb tudás nélkül elvégezhetjük. A sérült fejét hátrahajtjuk, hogy a légutak nyitva legyenek (1. ábra).

A segítségnyújtó mély lélegzetet vesz, szájával körbefogja a sérült orrát és a száját bezárja. Ezt követően a lélegzetét erősen a sérült orrába fújja, majd kinyitja a száját. Az áldozat a mellkas rugalmassága révén magától kilélegzik. Ha az orron keresztüli lélegeztetésnek akadálya van, akkor a szájtól-szájig lélegeztetés végezhető.



1. Mesterséges lélegeztetés szájból orra

5.5. Elektrotechnikai előírások

Elektrotechnikai előírások már több, mint száz éve léteznek. Az első biztonsági előírást Németországban 1883 augusztusában adták ki a tűzvédelemről. Az első VDE előírás 1895-ből származik. A többféle szervezet által kidolgozott előírásokat ma három csoportba oszthatjuk.

Törvények, rendeletek, előírások

Ezek megszegése büntetőtörvénybe ütközik akkor is, ha baleset nem történik, és bírságot kell fizetni.

Közéjük tartozik az energiagazdálkodási törvény (EnWG), a műszaki munkaeszközök törvénye (GTA), a készülékek biztonsági szabályzata (GSG), a fogyasztói áramszolgáltatás általános feltételei (AVBEltV) és az építőipari szabályzat (LBO). Különös fontosságúak a szakmai szövetség balesetvédelmi előírásai (UVV), a VBG1 (általános követelmények) és a VBG4 (villamos készülékek és üzemeltetésük) fejezetekkel.

A technika általános érvényű szabályai

E fogalomkörbe tartozik mindaz, amit a szakemberek munkaterületükön a biztonság érdekében szükségesnek tartanak. Az előírások kidolgozását a szakemberek egyesületekben végzik. „A technika általánosan elfogadott szabályai” között tartják számon a DIN szabványok (Deutsches Institut für Normung: Német Szabványintézet) biztonsági előírásait, a VDE előírásokat (Verein Deutscher Elektrotechniker: Német Elektrotechnikai Egyesület), a VDI előírásokat (Verein Deutscher Ingenieure: Német Mérnökök Egyesülete), nemzetközi téren az IEC (Internationale Elektrotechnische Commission: Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság) és a CENELEC (Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung: Európai Elektrotechnikai Szabványosítási Bizottság). Számos törvény és szerződés „A technika általánosan előírt szabályai”-nak betartását írja elő. Ezáltal a törvények részeivé válnak.

A szerződésekben hatályossá váló előírások

Ezek közé tartozik az áramszolgáltató vállalatok TAB (Technischen Anschlußbedingungen: A csatlakoztatás műszaki feltételei) előírása. A TAB a fogyasztók áramellátásának az alapja. Néhány előírást a VdS (Verband der Sachversicherer: Szakmai Biztosítók Egyesülete) is kiadott, pl. a tűzvédelmi előírásokat. Ezek az előírások a biztosítási szerződésekben a fogyasztók részére kötelezőek. Figyelembe kell venni a VOB (Verdingungsordnung für Bauleistungen: Létesítési szabályzatok) előírásokat is, mert azokat a szerződéskötéskor a „hivatalos szervek” megkövetelik.

Az elektrotechnikai rendeletek és előírások áttekintése¹

Törvények Rendeletek Előírások	Általánosan elismerett műszaki előírások	Szerződéses meg- állapodások
EnWG, GTA, GSG, AVBEltV, LBO, UVV, VBG1, VBG4	DIN, VDE, VDI, IEC, CENELEC	TAB, VdS, VOB

¹ Nem teljes felsorolás

5.6. Balesetvédelem és biztonsági szabályzat a DIN VDE 0105 szerint

A VDE 0105 előírásai többek között a villamos berendezésekkel kapcsolatos munkák biztonsági szabályait tartalmazzák. Röviden összefoglalva az öt biztonsági előírást az „életfontosságú öt”-nek mondják.

30 000 baleset (ebből kb. 700 halálos) kiértékelése után a finommechanikai és elektrotechnikai szakmai szervezet megállapította, hogy ezen balesetek mintegy fele az öt biztonsági előírás betartásával elkerülhető lett volna.

Hogy a munkahely biztonságos és veszélytelen legyen, az öt biztonsági előírás szerint a következőket kell elvégezni, a sorrendet pedig feltétlenül betartani.

A munka befejezésekor az intézkedések sorrendje fordított.

Feszültségmentesítés

Minden földetlen vezetékét feszültségmentesíteni kell. Ez a kapcsolók kikapcsolása, a biztosítók kiszedése, a dugaszolók kihúzása stb.

Ha a munkaidő végén valaki nem maga kapcsolt le, csak akkor kezdheti meg a munkát, ha meggyőződött arról, hogy a feszültségmentesítés valóban megtörtént. Nem elég csak a lekapcsolás időpontjában megállapodni.

Visszakapcsolás elleni védelem

A munkavégzés alatt a berendezés visszakapcsolását biztonságosan kell megakadályozni vagy lehetetlenné tenni. Ki kell szedni pl. a biztosítókat és biztos helyre tenni, vagy a kapcsolókat kell lelakatolni. Emellett el kell helyezni egy bekapcsolást tiltó táblát is.

A feszültségmentesség (áramtalanítás) ellenőrzése

A munkahely feszültségmentességét villamos szakembernek vagy villamosságból kioktatott személynek kell teljeskörűen ellenőriznie. Ez csak előzetesen ellenőrzött műszerrel vagy feszültségvizsgálóval végezhető.

Földelés és rövidre zárás

Azokat a részeket, ahol munkát végeznek, előbb földelni kell és rövidre zárni. A földelés és a rövidzár a munkahelyről látható kell hogy legyen.

A szomszédos feszültség alatti részek letakarása, elkerítése

A felhasznált eszközöknek megbízhatónak kell lenniük. Feltétlenül meg kell akadályozni, hogy a szerszámok vagy a vezetékek a vezető részekkel érintkezzenek.

Az öt biztonsági előírás

1. Feszültségmentesítés
2. Visszakapcsolás elleni védelem
3. A feszültségmentesség ellenőrzése
4. Földelés és rövidre zárás
5. A szomszédos feszültség alatti részek letakarása, elkerítése

Az előírások alóli kivétel:

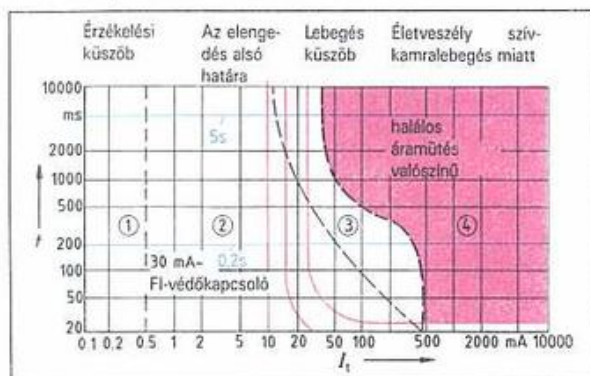
A szabadvezetékek kivételével az 1000 V névleges feszültség alatti berendezésekben a földeléstől és rövidre zárástól el lehet tekinteni. Az első három előírást azonban mindig be kell tartani.

5.7. A DIN VDE 0100 T 410 óvintézkedéseinek áttekintése

– A veszélyes testáramok elleni védelem (érintésvédelem)

Veszélyes testáramok

Azok az áramok tekinthetők veszélyes testáramoknak, amelyek az emberi vagy állati testen átfolyva normális körülmények között károsító hatásúak.



1. Váltakozó áram hatása felnőttekre. Az áram útja a bal kéztől a láb felé, az IEC 479 publikáció szerint

1. tartomány: normális körülmények között nincs reakció¹ az érzékelési küszöb.
2. tartomány: normális körülmények között nincs fiziológiai hatás az elengedés határáig.
3. tartomány: normális körülmények között nem várható a szervezet károsodása.
4. tartomány: szívkamrarelebegés lehetséges.

Szívkamrarelebegéskor a szív működés leáll, és orvosi segítség hiányában bekövetkezik a halál az agy oxigénhiánya miatt. Az elsősegély teendőit azonnal meg kell kezdeni (l. a 68. oldalt).

Veszélyes testáramokkal kell számolni, ha a feszültség 50 V, állatok esetén 25 V felett van. (Egyenfeszültség-nél a határ 120 V, ill. 60 V).

Hálózati rendszerek a VDE 0100, 300. rész szerint

A hálózati rendszereket a következő rövidítésekkel írják le: Első betű: az áramforrás földelési módja;

T egy pont közvetlen földelése;

I minden aktív rész földtől való elszigetelése vagy egy pont összekötése impedancián keresztül (látszólagos ellenállás a váltakozó áramú technikában) a földdel.

¹ Reakció: válasz, visszahatás (latin)

Második betű: a villamos berendezés testének földelése;

T a test földelve, az áramforrás egy pontjának földelésétől függetlenül;

N a test az üzemi földeléssel közvetlenül össze van kötve (váltakozó áramú hálózatokban a földelt pont általában a csillagpont).

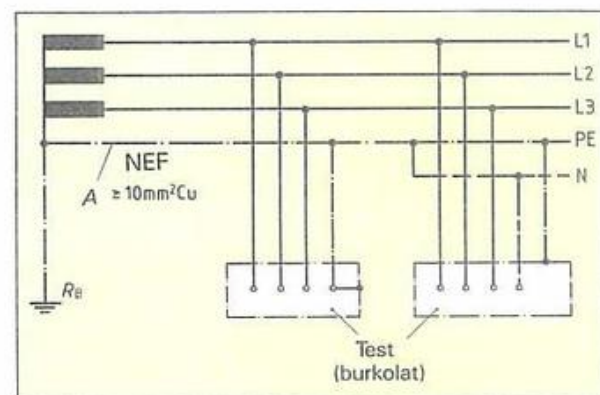
További betűk:

S nullázó- vagy védővezeték funkció különálló vezetékkel;

C nullavezetővel egyesített védővezeték (NEF vezeték).

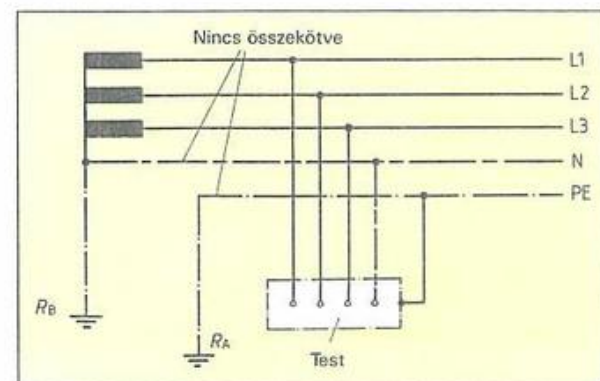
A három legfontosabb hálózat a következő:

a) TN-C-S hálózat



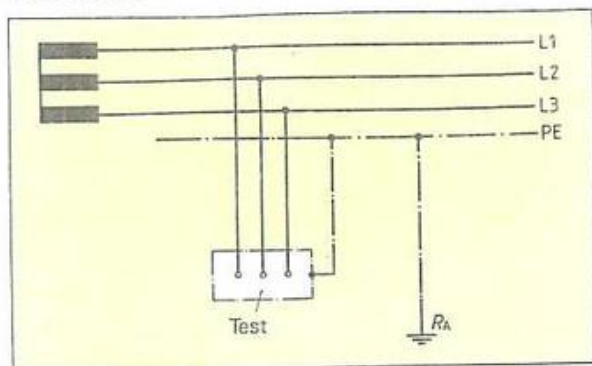
TN-C-S hálózat. A nullázó- és védőfunkciót a hálózat egy részén egyetlen vezető, a NEF vezető látja el. R_E üzemi földelés

b) TT-hálózat



A TT-hálózatban egy pont közvetlenül földelve van (üzemi földelés); a villamos berendezés teste az üzemi földeléstől független földeléssel van összekötve. R_A a készülékföldelés

c) IT-hálózat



Az IT-hálózatban nincs összeköttetés az aktív vezetékek és a földelt részek között: a villamos berendezés teste van földelve.

Az egyszeres testzárlat nem hoz létre érintési feszültséget.

Közvetlen érintés a DIN VDE 0100 T 200 szerint

Közvetlen érintéskor a feszültség alatt álló részekkel (aktív részek) érintkezésbe kerülhetünk. Ez létrejöhet a bőrünkön át, a szerszámon vagy más vezető alkatrészeken keresztül. A villamos készüléknek ehhez nem kell hibásnak lennie.

Közvetett érintés a DIN VDE 0100 T 200 szerint

Közvetett érintéskor a testtel vagy a vezetőrészekkel kerülünk kapcsolatba, amelyek meghibásodás (testzárlat) esetén az áramvezető részekkel érintkezhetnek. A hibafeszültségnek¹ azt a részét, amely az emberre jut, érintési feszültségnek nevezzük.

Jel	Megnevezés és a kiállítás helye	Jelentés
	VDE jel, VDE vizsgálóállomás adja ki.	A készülék a VDE előírások szerint készült.
	A biztonsági ellenőrzés jele. Kiadja a munkaügyi minisztérium által kijelölt próbaállomás, pl. a TÜV vagy a VDE.	A készülék megfelel a műszaki készülékek biztonságtechnikai követelményei (GTA) törvénynek.
	Rádiózavar-védelem. Kiadja a VDE vizsgálóállomás.	A készülék zavarmentes: G durva, N normál, K kis zavarásfokozatú

1. Villamos készülékek és szerelési anyagok védelmi fokozatára vonatkozó jelölések

¹ Feszültség a ház (burkolat) és a föld között

Érintésvédelmi osztályok

A VDE 0100 szerinti védelmi előírásokat három védelmi osztályba sorolják, ezeket a következő jelekkel jelölik:

- I. osztály, védelem védővezetővel
- II. osztály, kettős szigetelés
- III. osztály, védelem törpefeszültséggel (a legmagasabb védelmi osztály).

DIN VDE 0100 T 410 szerinti védelmi módok

A védelmi módokat három csoportba osztják:

I. Közvetlen érintés elleni védelem

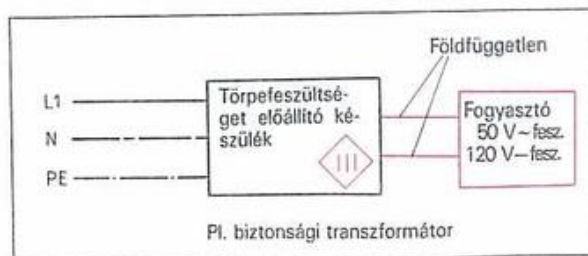
Az aktív részek közvetlen megérintését a következő intézkedésekkel lehet megakadályozni:

- Az aktív részek, például a vezetékek szigetelése.
- Lefedéssel és burkolással, pl. a hajszáritót burkoljuk.
- Akadályokkal, pl. a szabadtéri kapcsolóberendezések bekerítésével.
- Légközökkel, pl. a szabadvezeték építéskor az előírt minimális távolságok betartásával.

A közvetlen érintés elleni védelem $I_{\Delta n} \leq 30$ mA határáramú hibaáram védőkapcsolóval fokozható.

II. Közvetlen és közvetett érintés ellen védelmet nyújtó megoldások
1. Védelem törpefeszültséggel

A fogyasztót olyan kis feszültséggel tápláljuk, ami normális körülmények között nem lehet veszélyes. A felső feszültséghatár 50 V váltakozó feszültség vagy 120 V egyenfeszültség. A villamos motoros játékoknál ez az érték 25 V. A törpefeszültség előállításakor külön előírásokat kell betartani.


2. Védelem törpefeszültséggel

2. Védelem csökkentett üzemi feszültséggel

Az elv megegyezik a törpefeszültségű védelemmel. Nem teljesül azonban minden feltétel, amit a törpefeszültségű védelemmel szemben támasztanak, ezért csak korlátozottan alkalmazható. A feszültség felső határa ugyanúgy 50 V váltakozó feszültségnél és 120 V egyenfeszültségnél van. A csökkentett üzemi feszültség a nagyobb feszültségtől biztonsággal vagy a nélkül lehet elválasztva.

3. Védelem a kisülési energia korlátozásával

A kisülési energiát 350 mWs értékre korlátozva a veszélyes testáramot elkerülhetjük. Ezt az elvet alkalmazzák például a villamos karámok esetén.

III. Védelem közvetett érintés ellen

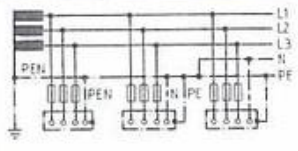
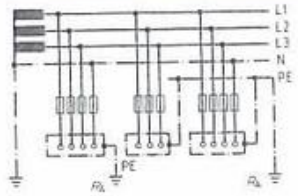
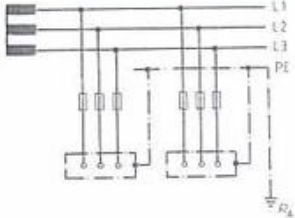
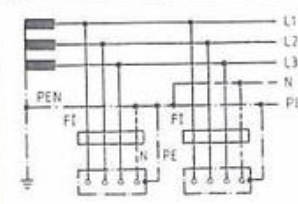
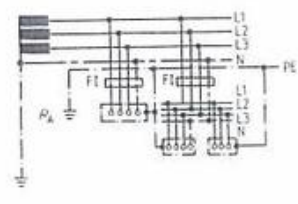
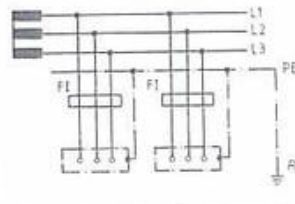
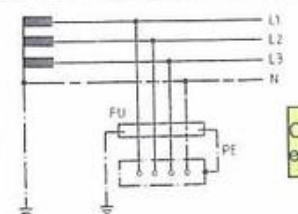
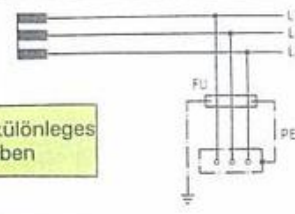
1. Védelem lekapcsolással

A védelem abból áll, hogy ha egy külső vezeték és a védővezeték vagy a védővezetékkel összekötött test között hiba keletkezik, akkor 0,2 vagy 5 s alatt automatikusan lekapcsol:

- 0,2 s alatt, ha a hálózatra 35 A alatti csatlakozóval mozgatható I. védelmi osztályú kéziszerszám csatlakozik;
- 5 s alatt minden más áramkörnél.

Az automatikus lekapcsolást olvadóbiztosítóval, vezetőkvédő megszakítóval, teljesítménycapcsolóval, hibaáram-védőkapcsolóval (FI) és speciális esetben hibafeszültség-védőkapcsolóval (FU) lehet megoldani. A lekapcsolással való védelmet a hálózat rendszeréhez kell illeszteni.

A lekapcsolással megoldott védelmek áttekintése

Védőkészülék	TN-hálózat	TT-hálózat	IT-hálózat
Túláram-védelmi készülék	 TN-C-S-hálózat		
Hibaáram-védőkapcsolás			
Hibafeszültség-védőkapcsolás	Nem használható		

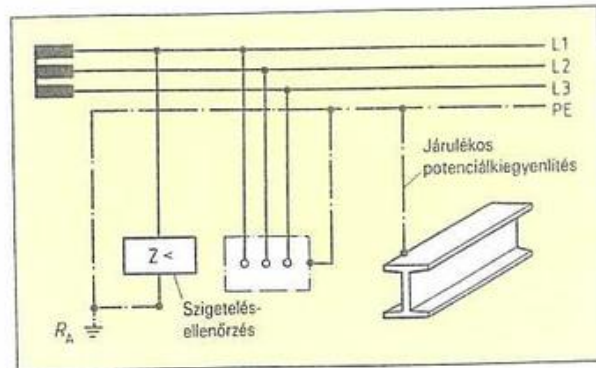
Csak különleges esetekben

1. A védőkapcsolások áttekintése

2. IT-hálózat védelme hibajelzéssel (Korábbi védővezeték-rendszer)

Szigetelési hiba esetén a rendszer érzékeli és elhárítja a hibát, mielőtt veszélyes helyzet állna elő.

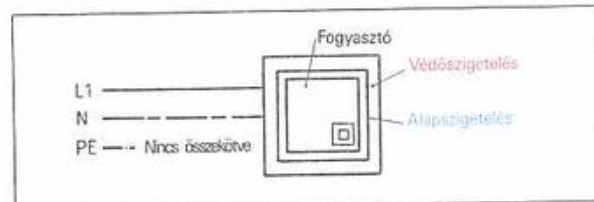
Veszélyes testáram csak akkor folyhat, ha egy másik vezeték is testzárlatos lenne.



1. Szigetelésellenőrző készülék IT-hálózatban, járulékos potenciálkiegyenlítéssel

3. Védőszigetelés (kettős szigetelés)

Védőszigetelés céljából a vezeték vagy a készülék járulékos szigetelést kap. Az igen nagy mechanikai szilárdságú szigetelőanyagok kifejlesztésével a védőszigetelést nagy biztonsággal megoldható, ezért számos villamos szerszám és háztartási készülék esetében alkalmazzák. A kettős szigetelésű készülékek a II. szigetelési osztályba tartoznak.



2. Védőszigetelés (kettős szigetelés)

4. Biztonsági leválasztás

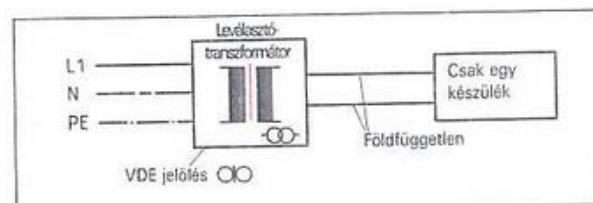
A biztonsági leválasztás egy vagy több fogyasztó leválasztása. A biztonsági leválasztó-transzformátor bemenete és kimenete között különlegesen erős a szigetelés vagy más, ezzel egyenértékű megoldást alkalmaznak. A kimeneti oldal földfüggetlen, és a szigetelési hiba sem okozhat veszélyes áramütést.

a) Egyetlen fogyasztó biztonsági leválasztása

A hordozható leválasztó-transzformátorokat kettős szigeteléssel kell ellátni.

b) Több fogyasztó biztonsági leválasztása és a potenciálkiegyenlítő vezeték alkalmazása

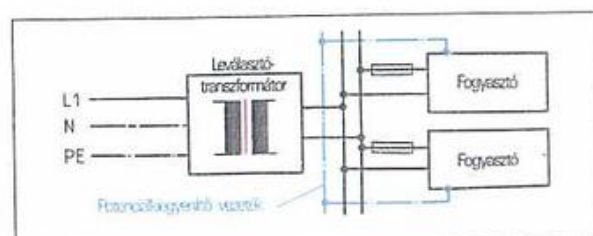
Ha a biztonsági leválasztást a Szabvány kötelezően írja elő, a fogyasztókat csak egyenként lehet táplálni.



3. Egyetlen fogyasztó biztonsági leválasztása

5. Védelem a helyiség szigetelésével

A védelem elve az, hogy szigetelési hiba felléptekor sincs áthidalható érintési potenciálkülönbség. (Korábban a telepítési hely szigetelése.)



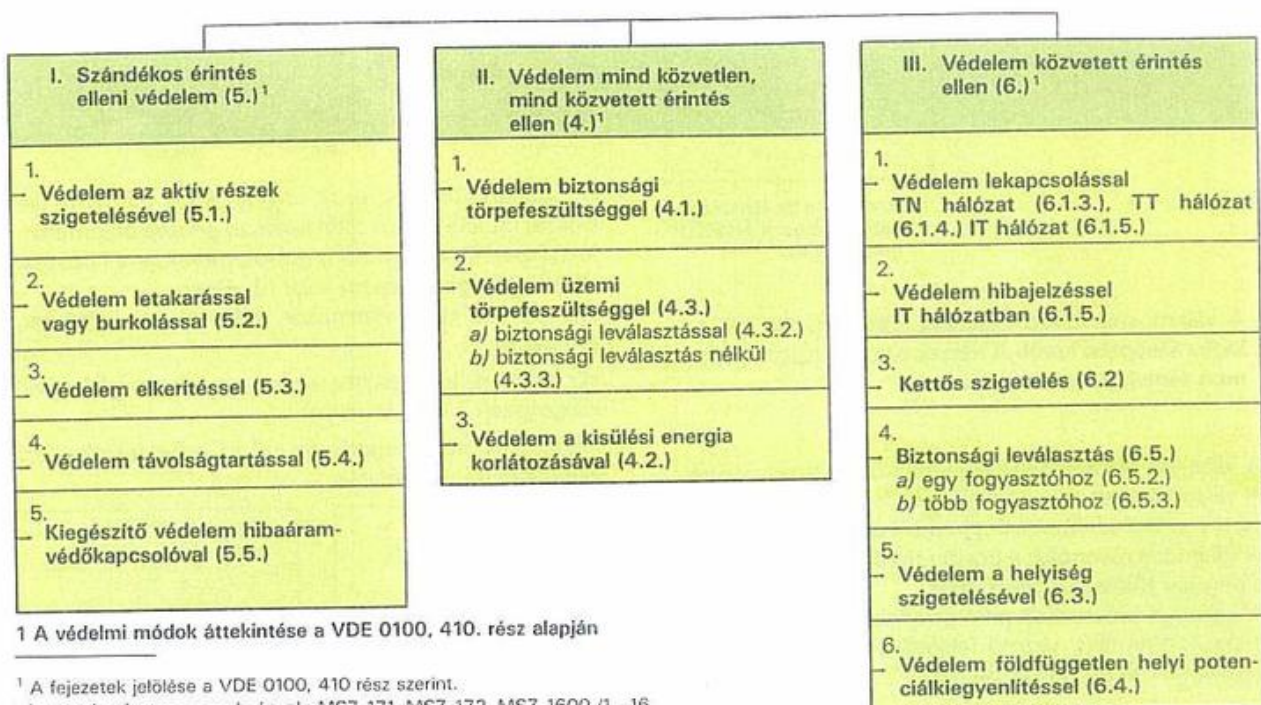
4. Több fogyasztó biztonsági leválasztása

6. Védelem földfüggetlen helyi potenciálkiegyenlítéssel

A védelem elve az, hogy ha szigetelési hiba keletkezik, az egyszerre megérintheső részek között potenciálkülönbség nem lehet.

Az 5. és 6. védelmi módot csak különleges esetekben, például laboratóriumban, villamos alállomásokban, nagyon nagy teljesítményű fogyasztók esetében alkalmazzák.

Érintésvédelem*



1 A védelmi módok áttekintése a VDE 0100, 410. rész alapján

¹ A fejezetek jelölése a VDE 0100, 410 rész szerint.

*A vonatkozó magyar szabványok: MSZ 171, MSZ 172, MSZ 1600 /1–16.

5.8. Ellenőrizze tudását

5.1. és 5.2. szakaszhoz: A villamos áram veszélyei

1. Mik a veszélyei az egyes áramhatásoknak?
2. Miért kell a szakembernek a szakterületét érintő új előírásokról folyamatosan információt szereznie?

5.3. szakaszhoz: Az emberi test áramvezetése

1. a) Melyek a veszélyesnek tekintendő feszültségértékek?
b) Normális körülmények között melyek a veszélytelen feszültségértékek?
2. Milyen tényezőktől függ, hogy az adott testáram veszélyes-e?

5.4. szakaszhoz: Elsősegély villamosbaleset esetén

1. Mire kell különösen ügyelni, ha villamosbaleset esetén „elsősegélyt” nyújtunk?
2. Mi a szívmasszázs és a mesterséges lélegeztetés?

5.5. szakaszhoz: Elektrotechnikai előírások

1. Milyen csoportokba oszthatók az elektrotechnikai előírások?

2. Mit értünk a „technika általános érvényű szabályai” alatt?

5.6. szakaszhoz: Balesetvédelem és biztonsági előírások a DIN VDE 0105 szerint

1. Soroljuk fel helyes sorrendben az öt biztonsági szabályt!
2. Milyen kivételek vannak az 1000 V névleges feszültség alatti berendezésekre vonatkozóan?

5.7. szakaszhoz: Az óvintézkedések áttekintése

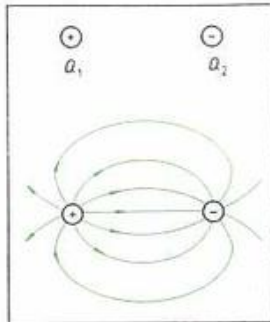
1. Magyarazzuk el, mit jelent a TN-C-S hálózat-jelölés!
2. Magyarazzuk meg a különbséget a közvetlen és közvetett érintés között!
3. Mit jelentenek a védelmi osztályok?
4. Mennyi idő alatt kell hiba esetén TN hálózatban lekapcsolni 35 A alatti csatlakozásnál, közvetett érintésvédelmi rendszerben?
5. Mi a kettős szigetelés (védőszigetelés)?

6. Villamos tér

6.1. Lényege és modellezése

Az 1 ábrán két kicsi, villamosan töltött golyó látható. Az egyik golyónak Q_1 pozitív, a másiknak ugyanakkora, de negatív Q_2 villamos töltése van.

$$Q_1 = Q_2$$



1. A villamos tér ábrázolása két, villamosan feltöltött golyó között

A villamosan töltött részeket körülvevő tér különleges állapotba kerül. A térnek ezt az állapotát villamos térnek nevezzük.

A villamos tér ábrázolására erővonalakat használunk. A villamos teret úgy képzeljük el, hogy erővonalakból áll. Az erővonalakhoz irányt lehet rendelni.

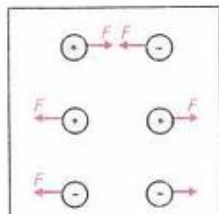
A villamos erővonalak a pozitív töltésből indulnak ki és a negatív töltésben végződnek.

A villamos erővonalak nem érintkeznek és soha nem metszik egymást. Vezető felületből mindig merőlegesen lépnek ki és lépnek be oda.

Erőhatás

A villamosan töltött testek között erőhatás van (2. ábra).

Ellenkező töltésű testek vonzzák egymást.



2. Erőhatás két, villamosan feltöltött test között

Egyenlő előjelű töltésű testek taszítják egymást.

Az erő nagysága a villamos tér felépítésétől függ. Általában a következőt mondhatjuk:

Két, villamosan töltött test közötti erőhatás annál nagyobb, minél nagyobb a töltésük és minél kisebb a távolság közöttük. Az erő nagyságát a testek alakja is befolyásolja, különösen akkor, ha kicsi köztük a távolság.

Két, l távolságban lévő feltöltött golyó közötti erőt a Coulomb-féle törvény alapján lehet kiszámítani.

$$F = K \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{l^2}$$

l a testek távolsága,
 F két feltöltött test egymás közötti erőhatása,
 Q_1, Q_2 a testek töltése,
 K állandó.

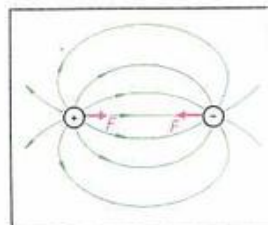
$$K = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Vm}}{\text{As}} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{(\text{As})^2}$$

A Coulomb-törvény csak nagyon kicsi feltöltött golyókra, ún. pontszerű töltésekre ad pontos eredményt. Közelítően érvényes, ha a golyók átmérője a közöttük lévő távolsághoz képest kicsi (3. ábra).

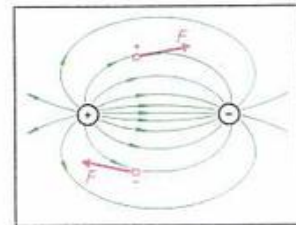
Ha villamos térbe villamosan töltött testet juttatunk, erő hat rá.

Ha a test töltése pozitív, az erő az erővonal irányával megegyező irányú (4. ábra).

Ha a test töltése negatív, az erő az erővonal irányával ellentétes irányba mutat.



3. Erőhatás a Coulomb-törvény szerint



4. Pozitív és negatív töltésre ható erő iránya villamos térben

A villamos erővonalak jellemzőinek összefoglalása

A villamos erővonalak a tér energiaállapotát ábrázolják.

A villamos erővonalak arra törekszenek, hogy a hosszukat megrövidítsék és egymás közötti távolságukat növeljék.

A villamosan vezető felületeken merőlegesen lépnek be és ki.

A villamos erővonalak a pozitív töltésekből indulnak ki és a negatív töltésekben végződnek.

6.2. Mennyiségek és mértékegységek

Villamos térerősség

Minél nagyobb a feltöltött testre ható erő, annál nagyobb a villamos térerősség. Egy nagyon kicsi, közelítőleg pontszerű töltéssel (ún. szondával) a villamos teret meg lehet vizsgálni és a térerősséget minden pontban meg lehet adni.

A villamos térerősség azzal az erővel egyenlő, amelyet egy meghatározott pontjába helyezett, 1 As nagyságú töltésre gyakorol.

$$E = \frac{F}{Q}$$

E villamos térerősség,
 F erőhatás,
 Q 1 As nagyságú villamos töltés.

A villamos térerősség mértékegysége newton/amperszekundum:

$$[E] = \frac{N}{As} = \frac{V}{m}$$

N (newton) az erő mértékegysége.

A N/As mértékegység a V/m mértékegységnek felel meg. A térerősséget ezért V/m egységben is meghatározhatjuk.

1. példa

A villamos tér meghatározott pontjában 0,01 mAs töltésű szonda van. A szondára 0,02 N nagyságú erő hat.

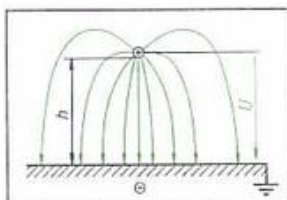
Mekkora ebben a pontban a villamos térerősség?

$$E = \frac{F}{Q} = \frac{0,02 \text{ N}}{0,01 \cdot 10^{-3} \text{ As}} = 2000 \frac{\text{N}}{\text{As}} = 2000 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

A villamos tér erővonalképéből a villamos térerősséget közelítőleg meg lehet állapítani. Ott, ahol az erővonalak nagyon sűrűek, a térerősség nagyon nagy.

Feszültség és villamos térerősség

Azon pólusoknak, amelyek között feszültség van, a villamos töltése mindig különböző. Ha viszont a villamos töltésük különböző, akkor villamos tér is van közöttük.

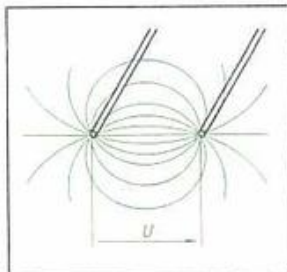


1. A földhöz képest feszültségben lévő vezeték villamos tere

Amikor két pólus között villamos feszültség van, akkor villamos tér is van közöttük.

Az 1. ábrán olyan vezeték villamos terét látjuk, amely h távolságban fut a föld felett és feszültsége a földhöz képest pozitív.

A 2. ábrán két, párhuzamosan haladó vezeték villamos tere látható, amelyek között feszültség van.



2. Villamos tér két, párhuzamosan futó vezeték között

Homogén villamos tér

A villamos térnek nagyon sokféle alakja lehet, sokszor a tér minden pontjában más és más a térerősség. Az ilyen egyenlőtlen tereket nevezzük inhomogén¹ villamos térnek. Az 1. és 2. ábrán látható terek inhomogének.

Azokat a villamos tereket, amelyekben a villamos térerő minden pontban azonos nagyságú, homogén² villamos térnek nevezzük.

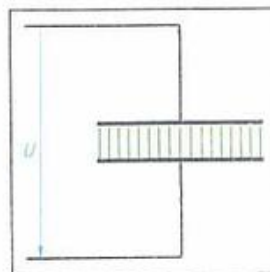
A 3. ábrán bemutatott villamos tér két, egymástól elszigetelt lemez között közelítőleg homogén.

Homogén villamos térben az erővonalak egymással párhuzamosak és egyenlő sűrűségűek.

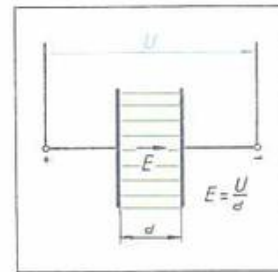
Homogén villamos térben a térerősség mindenütt azonos nagyságú. A térerősség a feszültség és a távolság hányadosával egyenlő (4. ábra).

$$E = \frac{U}{d}$$

$$[E] = \frac{V}{m}$$



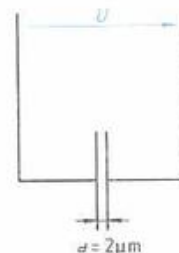
3. Közel homogén villamos tér két lemez között



4. Térerősség homogén térben

2. példa:

Félvezető kristály két rétege között $2 \mu\text{m}$ vastagságú szigetelőréteg van. A rétegen a feszültség 6 V. A réteg belsejében a villamos tér homogén. Mekkora a villamos térerősség ebben a térben?



$$E = \frac{U}{d} = \frac{6 \text{ V}}{2 \cdot 10^{-6} \text{ m}} = 3 \cdot 10^6 \frac{\text{V}}{\text{m}} = 3 \frac{\text{MV}}{\text{m}}$$

¹ Inhomogen: egyenlőtlen (latin)

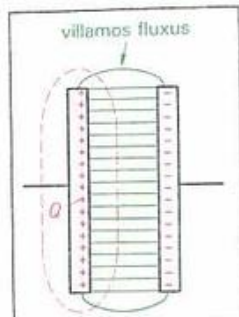
² Homogen: egyenletes (latin)

Villamos fluxus és villamos fluxussűrűség

A Q villamos töltésből kilépő erővonalak összessége a villamos fluxus.

A villamos fluxus mértékegysége a villamos töltéssel azonos, tehát As vagy coulomb. Jele a töltés Q jele: (1. ábra).

A felületegységre eső villamos fluxust eltolási sűrűségnek, helyesebben villamos fluxussűrűségnek nevezzük.



1. Villamos fluxus

Villamos fluxussűrűség tehát az egységnyi felületen merőlegesen átlépő villamos fluxus.

A villamos fluxussűrűség jele: D

Homogén térben:

$$D = \frac{Q}{A}$$

D villamos fluxussűrűség,
 Q villamos fluxus,
 A felület.

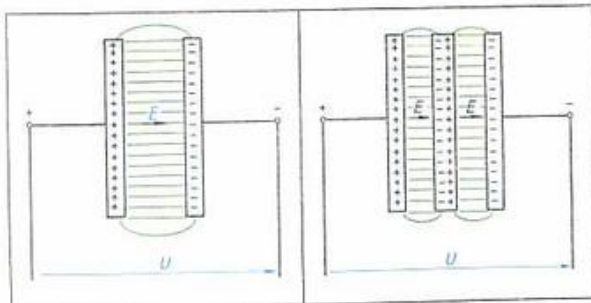
$$[D] = \frac{\text{As}}{\text{m}^2}$$

Influencia (megosztás)

Vizsgáljuk meg egy villamosan vezető test viselkedését villamos térben (2. ábra).

A villamos tér behatol a testbe, és annak minden egyes töltéshordozójára erőt fejt ki. Elmozdulni azonban csak a szabad töltéshordozók, tehát a szabad elektronok képesek.

A szabad elektronok az erővonalak irányával ellentétes irányban mozognak amíg lehet, azaz a vezető testnek abban a legkülső atomrétegében gyűlnek össze, amely a pozitív lemez felé esik.



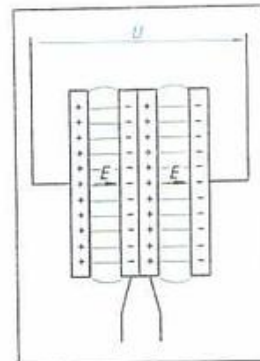
2. Homogén villamos tér két lemez között
3. A töltéshordozók szétválasztása villamosan vezető testben, villamos térben

A villamosan vezető testben töltéshordozó-megosztás jön létre.

A 3. ábrán jelölt test bal oldali legkülső rétege negatív, a jobb oldali pozitív töltésűvé válik.

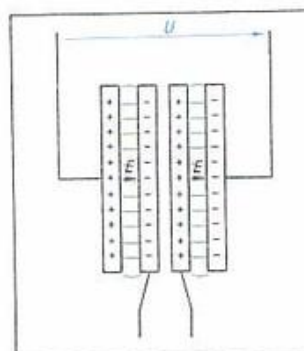
A töltéshordozó-megosztás révén feszültség keletkezik, ezt a folyamatot influenciának nevezzük.

A keletkezett feszültséget hasznosítani lehet. A 4. ábrán két részből álló vezető test van villamos erőterben. A két részt összekötve helyezzük a villamos erőterbe. A töltésszétválasztás után a két rész között megszüntetjük a vezető kapcsolatot, az elválasztott töltéshordozók ettől kezdve nem egyesülhetnek (5. ábra).

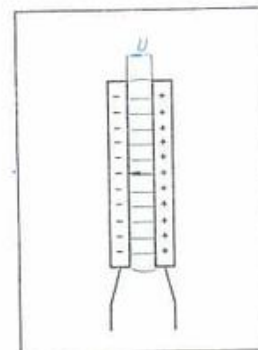


4. Töltéshordozó-szétválasztás megosztható vezető test esetében

A test két része között, ha kivesszük a villamos térből, feszültség és villamos töltés mérhető (6. ábra).



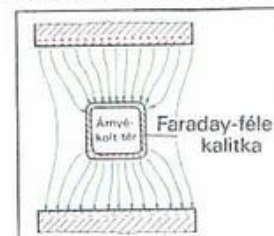
5. A megosztható lemezek szétválasztása



6. Feszültség létrehozása influenciával, szétválasztható lemezek eltolítása villamos térből

A villamos tér árnyékolása

A villamos tér villamosan vezető burkolattal leárnyékolható. A villamos erővonalak a burkolat külső felületének töltéshordozóinál véget érnek. A burkolaton belüli térben nincs térerősség (7. ábra). Jó árnyékolást lehet elérni árnyékoló kalitkával, teljes árnyékolást a zárt fémburkolat ad.



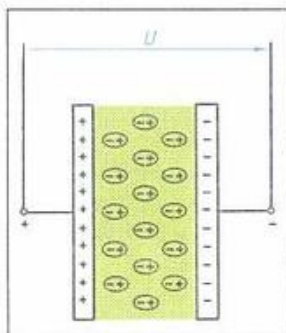
7. Faraday-féle kalitka

A villamos tér árnyékolására alkalmas burkolatot Faraday-kalitrának nevezzük.

Alkalmazása: zajérzékeny vezetékek, készülékek és műszerek árnyékolása.

Dielektromos polarizáció

Vizsgáljuk meg villamos térben a villamosan nem vezető anyagok viselkedését (1. ábra). A villamos tér erőt fejt ki a testben lévő töltéshordozókra. Mivel a szigetelőanyagokban szabad töltéshordozó gyakorlatilag nincs, töltéshordozómozgás nem jöhet létre.



1. Dielektromos polarizáció

A szigetelőanyagok atomjai és molekulái azonban a villamos tér erőhatására deformálódnak. Negatív töltései a pozitív lemez felé, pozitív töltései a negatív lemez felé állnak be, amennyire csak lehetséges.

Ezt a jelenséget **dielektromos polarizációnak** nevezzük.

A dielektromos polarizációnak műszaki jelentősége is van. A dielektromos veszteségnek többek között ez az oka.

A dielektrikumok átütése

A szigetelőanyagban lekötött elektronokra akkora erő hathat, hogy a kötésükből kiszakíthatja őket. Ekkor szabad elektronokká válnak és áram jön létre. Azt mondjuk, hogy a szigetelőanyag átütött.

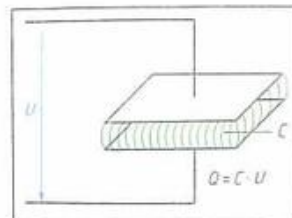
Az átütés meghatározott feszültségen, az ún. **átütési feszültségen** következik be. Minden anyagnak, amelyet szigetelésre használnak, meghatározott átütési feszültsége van, ezt milliméterenkénti anyagvastagságra adják meg. Értéke az E_d átütési szilárdság (értékek a 2. táblázatban vannak).

Szigetelőanyagok	E_d , kV/mm
Levegő	3
Száraz papír	3 ... 4
Impregnált papír	... 20
Prespán	30 ... 60
Szigetelőolaj	8 ... 20
PVC	... 32
Polisztirol	... 50
Kerámia	1 ... 45
Porcelán	... 300

2. Szigetelőanyagok átütési szilárdsága

Kapacitás

Kapcsoljunk két, egymástól elszigetelt, szemben álló lemezre U feszültséget, ettől mindkét lemez villamosan feltöltődik (3. ábra). A lemezek között villamos tér keletkezik.



3. Kapacitás két villamosan vezető lemez között

A lemezek által felvehető Q töltésmennyiség a villamos tér méreteitől, alakjától és a villamos térerősségtől függ.

A villamos tér kiterjedése, alakja és a villamos térerősség ugyanakkor egyrészt a lemezek méretétől és egymástól való távolságától, másrészt a rákapcsolt feszültségtől függ.

A feszültség hatását a felhalmozható töltésre egyszerűen leírhatjuk:

A felvett villamos töltés a rákapcsolt feszültséggel arányos.

$$Q \sim U$$

A lemezek méretének, távolságának és más szerkezeti felépítéstől függő tényezőknek a hatása a felhalmozott villamos töltésmennyiségre összefogható egyetlen jellemzőben. Ezt a jellemzőt **kapacitásnak** (felvevőképesség, befogadóképesség) nevezzük. Jele: C . Ez az arányossági tényező Q és U között. A következő összefüggés érvényes rá:

$$Q = C \cdot U$$

C kapacitás,
 Q villamos töltés,
 U feszültség.

A kapacitás mértékegysége a következő:

$$C = \frac{Q}{U}; [C] = \frac{\text{As}}{\text{V}} = \text{Ss} \quad (\text{Ss siemensszekundum})$$

A siemensszekundum egységét 1 faradnak (F) nevezzük:

$$1 \text{ Ss} = 1 \text{ F}$$

Vezető testekből álló elrendezés kapacitása 1 F, ha 1 V feszültség rákapcsolásakor a felhalmozott töltés 1 As.

Tetszőleges, egymástól elszigetelt villamosan vezető testeknek kapacitásuk van.

Példaként egy kábel két szigetelt ere között kapacitás van. A földhöz képest kapacitása van egy antennának is. A nyomtatott áramkör egymástól elszigetelt áramútvonalai között is van kapacitás.

A kapacitásnak az a jellemzője, hogy villamos feszültség hatására töltést képes tárolni.

6.3. Ellenőrizze tudását

6.1. szakaszhoz: A villamos tér lényege és modellezése

1. Hol keletkezik villamos tér?
2. Hogyan ábrázoljuk rajzban a villamos teret?
3. Mi a megállapodás a villamos erővonalak irányáról?
4. Villamosan töltött testek között mikor van vonzóerő és mikor taszítóerő?
5. Milyen szögben lépnek ki a villamos erővonalak a villamosan vezető test felületéből?
6. Hogy szól a Coulomb-féle törvény?

6.2. szakaszhoz: Mennyiségek és mértékegységek

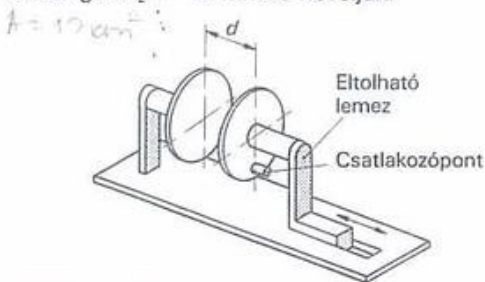
1. Mi a villamos térerősség?
2. Mi a homogén villamos tér?

3. Mi az összefüggés homogén villamos térben a villamos térerősség és a feszültség között?
4. Mit értünk villamos fluxussűrűségen?
5. Mi az influencia (megosztás)?
6. Hogyan lehet influenciával feszültséget létrehozni?
7. Hogyan lehet árnyékolni a villamos teret?
8. Magyarázzuk el a dielektromos polarizáció jelenségét!
9. Mi a Faraday-féle kalitka?
10. Magyarázzuk el, mit jelent a kapacitás villamos térben!
11. Milyen fontos összefüggés van a kapacitás, a villamos feszültség és a villamos töltés között?
12. Mikor jön létre villamos tér villamos vezetőek körül?

Feladatok

6.1. és 6.2. szakaszhoz:

1. Elektrosztatikus porleválasztóval kis polisztirol-részecskéket kell leválasztanunk. Mekkora E villamos térerősségre van szükség ahhoz, hogy a $Q = 2 \cdot 10^{-9}$ C töltésű részecskékre $F = 1$ mN erő hasson?
2. Elektrosztatikus szóróberendezésben
 $E = 18 \cdot 10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ térerősségű villamos tér
 $F = 4,3$ mN erővel hat a lebegő részecskékre. Mekkora a részecske Q töltése?
3. Egy szemléltetőkondenzátor (1. ábra) lemezeinek távolsága $d_1 = 1,6$ mm és hálózati tápegységről $U_1 = 1000$ V feszültségre töltjük fel. Ezt követően a tápegységet lekapcsoljuk. Most a lemezek közötti távolságot $d_2 = 10$ mm-re növeljük.



1. Kísérleti kondenzátor

- a) Mekkora az E_1 térerősség d_1 távolság esetén?
- b) Mekkora lesz az E_2 térerősség, ha a távolságot d_2 értékre megnöveljük?
- c) Mekkora az U_2 feszültség d_2 lemeztávolságnál?

4. Mekkora F erővel taszítja egymást két azonos töltésű műanyag golyó, ha a távolság közöttük (a golyók középpontja között) $l = 9$ cm, és mindkettőjük töltése $Q_1 = Q_2 = 1,5 \cdot 10^{-6}$ C?
5. Kéteri földkábelre $U = 220$ V egyenfeszültség jut. A feszültség lekapcsolása után közvetlenül töltésmérő műszert kapcsolunk rá és az $Q = 5,6 \cdot 10^{-9}$ C töltést mutat. Mekkora a kábel C kapacitása?
6. Mekkora a D villamos fluxussűrűség két, párhuzamos fémlemez között, amelyek pontosan szemben vannak egymással? A hatásos felület $A = 0,8$ m², a töltés $Q = 1,56 \cdot 10^{-6}$ C.
7. Mekkora az a távolság két, párhuzamos fémlemez között, ha $U = 540$ V feszültség mellett a térerősség $E = 270 \cdot 10^3 \frac{\text{V}}{\text{m}}$?
8. Mekkora feszültséget kell kapcsolni két, vízszintes fémlemzre, ha egy $Q = 1,6 \cdot 10^{-12}$ C töltésű és $m = 0,01$ mg tömegű apró olajcsepp éppen lebeg közöttük? A lemezek távolsága $d = 1$ cm.
9. A Bohr-féle atommodell szerint az elektronok gömb alakú pályán keringenek az atommag körül. A hidrogénatom magjában egy proton van, $Q = +1,6 \cdot 10^{-19}$ C töltéssel. Az elektron $l = 5,3 \cdot 10^{-11}$ m távolságban van tőle, és a töltése $Q_2 = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C. Mekkora a két töltés közötti F erő?

7. Kondenzátorok egyenáramú áramkörben

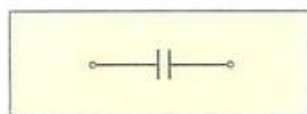
7.1. Kondenzátorok

Kondenzátoroknak azokat az alkatrészeket nevezzük, amelyeket úgy alakítottak ki, hogy meghatározott nagyságú kapacitásuk van.

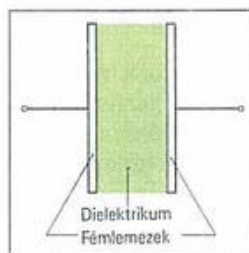
Többnyire két fémlemezből vagy fémfóliából állnak, amelyeket szigetelőanyag választ el egymástól (l. a 88. oldalt). A kondenzátor kapcsolási rajzjele az 1. ábrán látható. A 2. ábra síkkondenzátor elvi felépítését mutatja.

A lemezek közötti szigetelőréteget dielektrikumnak nevezzük.

A villamos tér a dielektrikumban jön létre. A villamos erővonalak a dielektrikumon „áthaladnak”.



1. Kondenzátor kapcsolási rajzjele



2. Síkkondenzátor felépítése

A kondenzátor kapacitása annál nagyobb, minél nagyobb a dielektrikum felülete, amelyen az erővonalak merőlegesen áthaladnak. Síkkondenzátorban ez a felület egy lemeznek a dielektrikummal érintkező felülete (a felület jelölése A).

Minél kisebb a lemezfegyverzetek távolsága, annál nagyobb a villamos térerősség, s annál nagyobb a kondenzátor kapacitása.

A villamos töltések a lemezek egymással szemben lévő felületén vannak. A töltések távolsága tehát a lemezek belső felületének a távolságával egyenlő (jelölése d) (3. ábra)

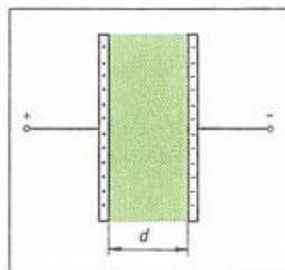
A kondenzátorlemez vastagsága egyáltalán nem befolyásolja a kapacitás értékét.

Ugyanígy a kondenzátorlemez anyaga sem befolyásolja a kapacitás értékét. Mindenesetre villamosan vezető anyagból kell készülniük.

A dielektrikum szigetelőanyaga a villamos térben növeli a térerősséget, emiatt a kondenzátor kapacitása megnő.

Minden dielektrikumnak használt szigetelőanyaghoz meghatározott relatív permittivitás, (dielektromos állandó) tartozik. Jele:

ϵ_r .



3. Feltöltött síkkondenzátor, a töltéshordozók d távolsága a lemezek belső felületének a távolságával egyenlő

A szigetelőanyag ϵ_r relatív permittivitása megadja, hogy a kondenzátor kapacitása hányszor nagyobb, ha a levegő helyett az adott szigetelőanyag a dielektrikum.

A levegő és a vákuum relatív permittivitása: 1.

A 82. oldalon az 1. táblázatban néhány gyakrabban alkalmazott anyag relatív permittivitása található.

A síkkondenzátor kapacitását a következő képlettel számíthatjuk ki:

$$C = \frac{\epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot A}{d}$$

C a kapacitás,
 A a lemez belső felülete,
 d a lemezek közötti belső távolság,
 ϵ_r a relatív permittivitás,
 ϵ_0 a légüres tér permittivitása²

A légüres tér permittivitásának értéke:

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$$

Ez a légüres tér hatását tartalmazza a villamos térre.

Az $\epsilon_0 \cdot \epsilon_r$ szorzatot ϵ permittitásnak nevezzük.

$$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$$

A farad mértékegység — éppen úgy, mint az elektrotechnikában használatos többi mértékegység — decimális többszörösökre és hányadosokra osztható.

$$1 \text{ millifarad} = 1 \text{ mF} = \frac{1}{1000} \text{ F} = 10^{-3} \text{ F}$$

$$1 \text{ mikrofara} = 1 \mu\text{F} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ F} = 10^{-6} \text{ F}$$

$$1 \text{ nanofara} = 1 \text{ nF} = \frac{1}{1\,000\,000\,000} \text{ F} = 10^{-9} \text{ F}$$

$$1 \text{ pikofara} = 1 \text{ pF} = \frac{1}{1\,000\,000\,000\,000} \text{ F} = 10^{-12} \text{ F}$$

¹ ϵ epszilon, görög betű.

² $\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 c_0^2} \approx 0,885 \cdot 10^{-11} \frac{\text{F}}{\text{m}}$

$c_0 = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ a fénysebesség vákuumban.

$\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$ a mágneses térállandó.

A farad mértékegység nagyon nagy egység. Az elektrotechnikában használt legnagyobb kondenzátorok néhány millifarad nagyságúak.

1. példa:

Egy síkkondenzátor 2 darab, egyenként 100 cm^2 felületű alumíniumlemezről áll, amelyek egymástól $0,5 \text{ mm}$ távolságban vannak. A dielektrikuma levegő ($\epsilon_r = 1$).

Mekkora a kondenzátor kapacitása?

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{d} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \text{ As} \cdot 1 \cdot 100 \cdot \text{cm}^2}{0,5 \text{ mm} \cdot \text{V m}}$$

$$C = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \text{ As} \cdot 0,01 \text{ m}^2}{0,5 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m} \cdot \text{V} \cdot \text{m}} = \frac{8,85 \cdot 0,01 \cdot 10^3}{0,5} \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

$$C = 177 \cdot 10^{-12} \text{ F} = 177 \text{ pF}$$

2. példa:

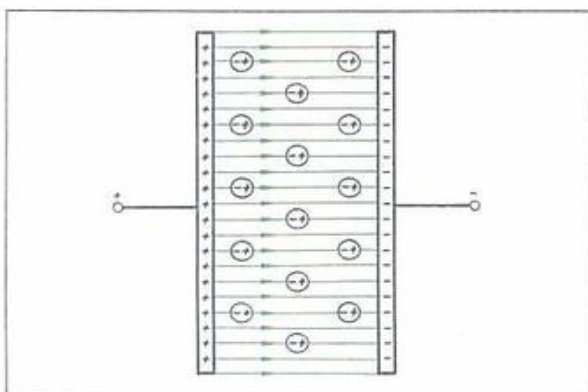
Mekkora az 1. példa szerinti síkkondenzátor kapacitása, ha dielektrikuma levegő helyett kerámia ($\epsilon_r = 1000$)?

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{d} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \text{ As} \cdot 1000 \cdot 100 \text{ cm}^2}{0,5 \text{ mm} \cdot \text{V m}}$$

$$C = 177000 \text{ pF} = 177 \text{ nF}$$

Anyag	ϵ_r
Papír	1,6 ... 2,0
Prespán	5,5 ... 8,0
Csillám	7
Hőre lágyuló műanyag	2,0 ... 7,0
Magnézium-szilikát-tartalmú kerámia	5,5 ... 6,5
Kvarcüveg	3,0 ... 4,5
Bárium-titanát	1000 ... 2000
Tiszta víz	80,4

1. Néhány gyakran alkalmazott anyag ϵ_r relatív permittivitása



2. Erővonalkép polarizált dielektrikumban (vázlat)

A síkkondenzátor kapacitása ezerszer nagyobb lett.

A 2. példa azt bizonyítja, hogy a dielektrikumnak a kapacitás nagyságára döntő hatása van.

A dielektrikumban a már ismertetett dielektromos polarizáció lép fel. Az atomok és molekulák a villamos tér erőhatására deformálódnak és átrendeződnek (l. az 1. ábrát a 79. oldalon).

Az erővonalak a 2. ábra képe szerint haladnak. A dipólusok járulékos töltést jelentenek. Ez ugyanolyan hatású, mintha a kapacitás nőne.

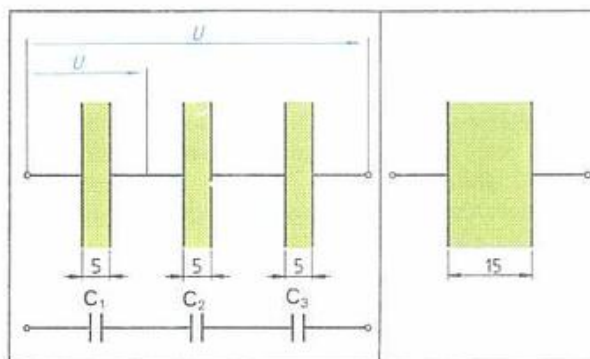
7.2. Kondenzátorok kapcsolása

Soros kapcsolás

Kapcsoljunk sorba három azonos értékű kondenzátort. A kondenzátorok lemeztávolsága 5 mm . Egy kondenzátorra $U = 100 \text{ V}$ feszültséget kapcsolva az erővonal hossza 5 mm .

Ha ugyanez az U feszültség a három, sorba kapcsolt kondenzátorra jut, az erővonalak együttes hossza $3 \cdot 5 \text{ mm}$ (3. ábra).

A soros kapcsolást gondolatban egyetlen, egyébként azonos kondenzátorral helyettesíthetjük, amelynek a lemeztávolsága 15 mm (4. ábra). Ennek a kondenzátornak a kapacitása azonban csak egyharmada az egyes kondenzátorokénak.



3. Három kondenzátor soros kapcsolása

4. A 3. ábra szerinti három, sorba kapcsolt kondenzátorral meg egyező kapacitású kondenzátor

Három azonos értékű kondenzátor sorba kapcsolásaakor az eredő kapacitás az egyes kapacitások $1/3$ része.

Hasonlóképpen n számú azonos értékű kondenzátor soros kapcsolásakor az eredő kapacitás:

$$C_0 = \frac{C}{n}$$

A sorba kapcsolt kondenzátorokra jutó U feszültség az egyes kondenzátorokon megoszlik.

Az 1. ábrára vonatkozóan:

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

A Q_1 , Q_2 és Q_3 töltések egyenlők kell, hogy legyenek.

Az 1. lemezen meghatározott töltés van. Ugyanekkora a töltés a 2. és a 3. lemezen. Szintén ugyanekkora a töltés a 4. és az 5. lemezen. A 6. lemez töltése is azonos, így:

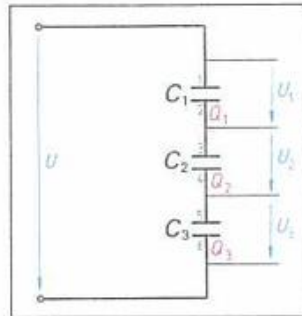
$$Q_6 = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$$

Az egyes kondenzátorok feszültsége a következő:

$$U_1 = \frac{Q}{C_1}$$

$$U_2 = \frac{Q}{C_2}$$

$$U_3 = \frac{Q}{C_3}$$



1. Feszültségeloszlás sorba kapcsolt kondenzátorokon

A három, sorba kapcsolt kondenzátor kapacitásának megfelelő eredő kapacitásra jutó feszültség:

$$U = \frac{Q}{C_0}$$

Az egyes feszültségek összege az eredő feszültséget adja. A feszültségértékeket a töltés/kapacitás hányadossal helyettesítjük, megkapjuk ezzel az eredő kapacitás egyenletét:

$$\begin{aligned} U &= U_1 + U_2 + U_3 \\ \frac{Q}{C_0} &= \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} \\ \frac{1}{C_0} \cdot Q &= Q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right) \\ \frac{1}{C_0} &= \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \end{aligned}$$

Tetszőleges számú, sorosan kapcsolt kondenzátorra a következő egyenlet érvényes:

$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

C_0 az eredő kapacitás,
 $C_1, \dots, C_n$ az egyes kapacitások.

Kondenzátorok soros kapcsolásakor az eredő kapacitás reciproka az egyes kapacitások reciprokainak összegével egyenlő.

Ha csak két, sorba kapcsolt kondenzátor kapacitását akarjuk kiszámítani, célszerű a következő összefüggést használni:

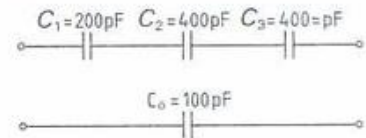
$$C_0 = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

Kondenzátorok soros kapcsolásakor az eredő kapacitás mindig kisebb, mint a legkisebb kapacitású tagé.

3. példa:

A $C_1 = 200 \text{ pF}$, $C_2 = 400 \text{ pF}$ és $C_3 = 400 \text{ pF}$ kapacitású kondenzátorokat sorba kapcsoljuk. Mekkora az eredő kapacitás?

$$\begin{aligned} \frac{1}{C_0} &= \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \\ \frac{1}{C_0} &= \left(\frac{1}{200} + \frac{1}{400} + \frac{1}{400} \right) \frac{1}{\text{pF}} = \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{\text{pF}} \\ C_0 &= 100 \text{ pF} \end{aligned}$$



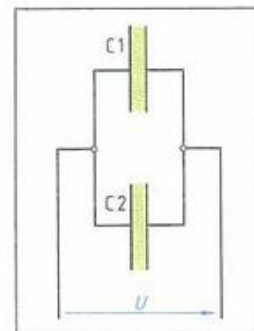
Párhuzamos kapcsolás

Kapcsoljunk párhuzamosan két, egyenlő nagyságú C_1 és C_2 kondenzátort (2. ábra).

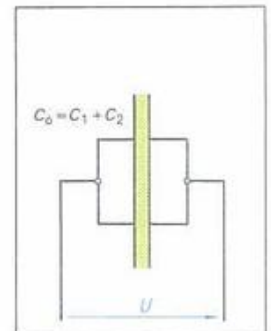
A kondenzátorok nemcsak egyenlő kapacitásúak, hanem a lemezeik távolsága és a dielektrikumuk is ugyanaz. Természetesen a lemezek felülete is meg egyezik.

Egyesítsük a lemezeket a 3. ábrán látható módon, ekkor kétszeres felületű, tehát kétszeres kapacitású kondenzátor lesz az eredmény:

$$C_0 = C_1 + C_2$$



2. Két egyforma kondenzátor párhuzamos kapcsolása



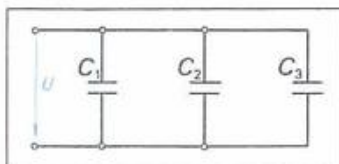
3. A C_1 és C_2 kondenzátorokból alkotott eredő kondenzátor

Az eredő kapacitás ekkor az egyes kapacitások összege.

Vizsgáljuk most olyan kondenzátorok párhuzamos kapcsolását, amelyek kapacitása, lemezfelülete és távolsága, valamint dielektrikuma is eltérő.

Az 1. ábra szerint a kondenzátorokra azonos nagyságú feszültség jut. A felvett töltésük a következő:

$$\begin{aligned} Q_1 &= C_1 \cdot U \\ Q_2 &= C_2 \cdot U \\ Q_3 &= C_3 \cdot U \end{aligned}$$



1. Három tetszőleges kondenzátor párhuzamos kapcsolása

Az eredő töltés:

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

A C_0 eredő kondenzátor az eredő töltést kell, hogy felvegye:

$$Q_0 = C_0 \cdot U$$

Helyettesítsük a töltéseket a $C \cdot U$ kifejezéssel, akkor az eredő kapacitásra a következő egyenletet kapjuk:

$$\begin{aligned} Q_0 &= Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ C_0 \cdot U &= C_1 \cdot U + C_2 \cdot U + C_3 \cdot U \\ C_0 \cdot U &= U(C_1 + C_2 + C_3) \quad | : U \\ C_0 &= C_1 + C_2 + C_3 \end{aligned}$$

Az egyenlet tetszőlegesen n számú kondenzátor párhuzamos kapcsolására is általánosítható:

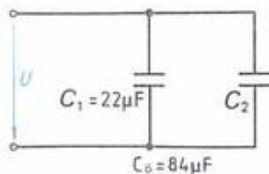
$$C_0 = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Kondenzátorok párhuzamos kapcsolásakor az eredő kapacitás az egyes kapacitások összege.

4. példa:

Két, párhuzamosan kapcsolt kondenzátor eredő kapacitása $84 \mu\text{F}$. Az egyik kondenzátor kapacitása $C_1 = 22 \mu\text{F}$. Mekkora a másik kondenzátor kapacitása?

$$\begin{aligned} C_0 &= C_1 + C_2 \\ C_2 &= C_0 - C_1 = 84 \mu\text{F} - 22 \mu\text{F} \\ C_2 &= 62 \mu\text{F} \end{aligned}$$



7.3. Feltöltés

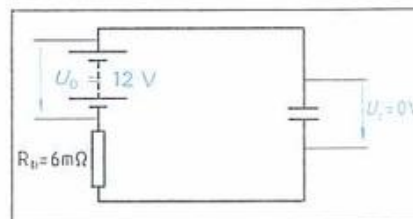
Töltetlen állapotban a kondenzátor ellenállásértéke nulla.

Ha feltöltetlen kondenzátort kapcsolunk a feszültségforrásra előtét-ellenállás nélkül, az legalábbis az első pillanatban rövidre zárja. Az első pillanatban folyó áramot csak a feszültségforrás belső ellenállása korlátozza. Ha a belső ellenállás kicsi, az áram olyan megegyezhetetlenül nagy lehet, hogy a kondenzátort tönkretesz.

A 2. példában az áramérték az első pillanatban:

$$I = \frac{U_0}{R_b} = \frac{12 \text{ V}}{6 \text{ m}\Omega} = 2000 \text{ A}$$

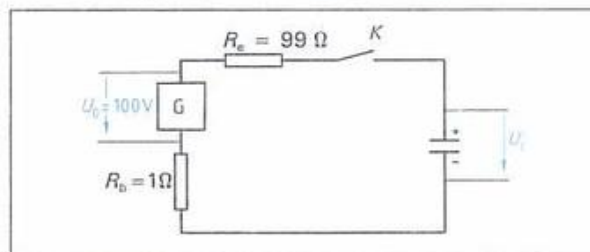
2. Kondenzátor feltöltése az áramkör túlságosan kis ellenállásán keresztül.



A kondenzátorokat, különösen ha nagy kapacitásúak, mindig előtét-ellenálláson át kell feltölteni.

A 3. ábrán kondenzátortöltő kapcsolás látható. Ha a K kapcsolót zárjuk, az első pillanatban az áram nagysága:

$$I = \frac{U_0}{R_b + R_e} = \frac{100 \text{ V}}{1 \Omega + 99 \Omega} = \frac{100 \text{ V}}{100 \Omega} = 1 \text{ A}$$



3. Kapcsolás kondenzátor feltöltésére

A kondenzátor most elkezd töltődni. A generátor hatására az egyik lemezről elektronok távoznak és a másik lemezre jutnak.

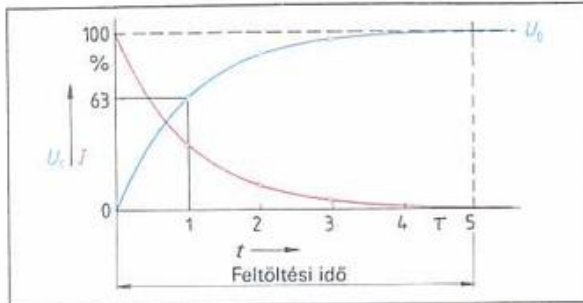
A kondenzátor U_c kapocsfeszültsége nő. Minél nagyobb U_c értéke, annál kisebb az I áram. Az U_c feszültség az I áram ellen hat.

U_c értéke egyre nő, I értéke egyre kisebb. Ha U_c eléri U_0 értékét, az I áram nullára csökken. A generátor és a kondenzátor feszültsége ekkor megegyezik. Áram már nem folyik.

A feltöltött kondenzátor az áram útját lezárja. Az ellenállás értéke végtelen nagy.

A kondenzátorok ellenállása feltöltött állapotban ($U_c = U_0$) végtelen nagy.

Az 1. ábrán az áram és a kondenzátorfeszültség időbeli változását látjuk a feltöltés alatt.



1. Az I áram és az U_c kondenzátorfeszültség időbeli változása kondenzátor feltöltésekor

Időálló (l. az 1. ábrát)

A kondenzátor feltöltése annál tovább tart, minél nagyobb a befogadóképessége, tehát a kapacitása, és minél nagyobb az áramkör hatásos R eredő ellenállása.

Az $R \cdot C$ szorzat a feltöltési sebesség mértékére jellemző és időállónak nevezzük. (jele: τ^1):

$$\tau = R \cdot C$$

τ mértékegysége a következőképpen határozható meg:

$$[\tau] = \Omega \cdot F = \Omega \cdot S \cdot s = s$$

A τ időálló az az időtartam, amely alatt a kondenzátor a végfeszültségének kb. 63%-ára töltődik.

A feltöltési folyamat pontosabb elemzése szerint az U_c a feszültség U_0 értékét csak egyre jobban közelíti, de elméletben soha nem éri el. A kondenzátort tehát százszázalékosan soha nem lehet feltölteni.

Öt időállónak megfelelő idő után a kondenzátor feszültsége a végértékét már elhanyagolható eltéréssel megközelíti. A kondenzátort feltöltöttnek tekinthetjük.

A kondenzátor öt időállónak megfelelő idő alatt feltöltődik.

$$t = 5\tau$$

A feltöltött kondenzátor veszélyforrás!

Erős áramütést okozva sokkhatást válthat ki, ez különösen 50 V feletti kondenzátorfeszültségre igaz.

¹ τ tau, görög betű

A kisebb feszültség sem veszélytelen. A kisütési áram alkatrészeket tehet tönkre, az elektronikai alkatrészek pedig különösen érzékenyek.

A kondenzátorokat bármilyen munka megkezdése előtt ki kell sütni!

5. példa:

1000 μF kapacitású kondenzátort 100 V feszültségre kapcsolunk. Az áramkör hatásos ellenállása 10 k Ω .

Mennyi idő alatt töltődik fel a kondenzátor 63 V feszültségre?

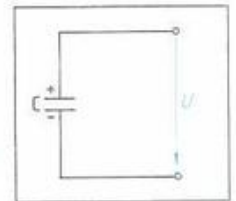
A feltöltés ideje a végfeszültség 63%-ára vagy 63 V-ra az időállónak megfelelő idő.

$$\tau = R \cdot C = 10 \cdot 10^3 \Omega \cdot 1000 \cdot 10^{-6} F$$

$$\tau = 10 s$$

7.4. Kisütés

A feltöltött kondenzátor kapcsain U feszültség van (2. ábra).



2. Kondenzátor mint feszültségforrás (Kisütéskor a kondenzátor olyan, mint egy feszültségforrás)

A kondenzátor Q töltést tárol.

$$Q = C \cdot U$$

A kondenzátor villamosenergia-tartalma (W):

$$W = \frac{1}{2} C \cdot U^2$$

A feltöltött kondenzátor úgy viselkedik, mint egy feszültségforrás. Az R terhelő-ellenállásnak meghatározott ideig energiát adhat át. Ez az energiaközlés a kisütés.

A kondenzátorokat, mindenekelőtt a nagy kapacitásúakat, elegendően nagy terhelő-ellenállással kell kisütni.

Rövidre zárással történő kisütéskor a kondenzátor tönkremehet.

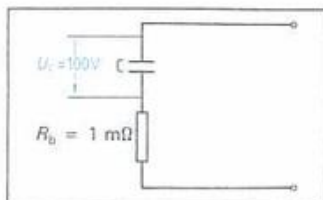
A feltöltött kondenzátor nagyon kis belső ellenállású feszültségforrás.

Rövidre zárással való kisütéskor rövid ideig rendkívül nagy áram folyhat.

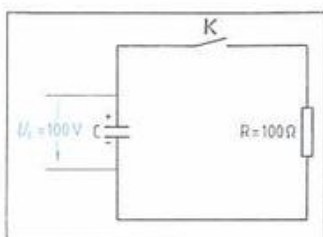
Az 1. ábrán látható áramkörben az áram értéke az első pillanatban:

$$I = \frac{U_c}{R_b} = \frac{100 \text{ V}}{1 \cdot 10^{-3} \Omega} = 100\,000 \text{ A}$$

A 2. ábrán kondenzátorkisütő kapcsolás látható.



1. Kondenzátor kisütése közel rövidre zárásban



2. Kondenzátorkisütő kapcsolás

A K kapcsoló zárása után az elektronok a negatív lemezről az R ellenálláson át a pozitív lemez felé mozognak.

Az első pillanatban az áram 1 A értékű.

$$I = \frac{U_c}{R} = \frac{100 \text{ V}}{100 \Omega} = 1 \text{ A}$$

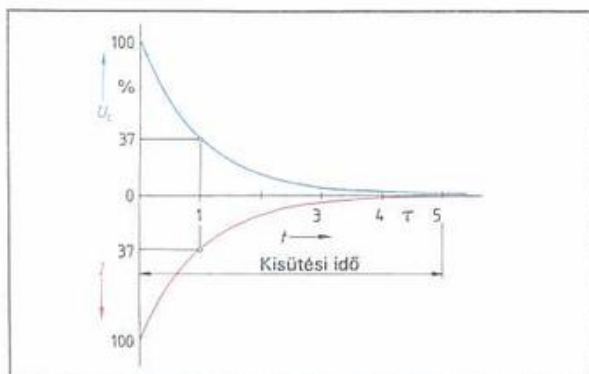
A kondenzátor feszültsége a csökkenő töltésével együtt csökken. Minden pillanatban érvényes a következő összefüggés:

$$Q = C \cdot U; \quad U = \frac{Q}{C}$$

Csökkenő kondenzátorfeszültség mellett az I áram ugyanúgy csökken. Minden időpontban:

$$I = \frac{U_c}{R}$$

A 3. ábra a feszültség és áram időbeli változását mutatja a kondenzátor kisütésekor.



3. Az U_c feszültség és az I áram időbeli változása a kondenzátor kisütésekor

A kondenzátor kisülése annál tovább tart, minél nagyobb a kapacitása és minél nagyobb az áramkör R hatásos ellenállása.

A $\tau = R \cdot C$ időállandó a kisülési sebesség mértéke is.

A τ időállandó az az időtartam, amely alatt a kondenzátor a kezdeti feszültségének kb. 37%-ára sül ki.

A kisütési folyamat pontosabb vizsgálata szerint a kisülő kondenzátor feszültsége egyre inkább közelít ugyan nullához, de nem éri el azt. Elméletben egy kondenzátor százszázalékosan soha nem süthető ki.

Öt időállandónak megfelelő idő után azonban az U_c feszültség gyakorlatilag nulla. Ennyi idő után kisültnek tekinthetjük a kondenzátort.

A kondenzátor öt időállandó elteltével kisül.

6. példa:

100 μF kapacitású kondenzátor 1000 V feszültségre van feltöltve.

- Mekkora a tárolt energiája?
- Mennyi ideig tart a kisütése, ha az áramkör hatásos ellenállása 100 k Ω ?

$$a) \quad W = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot (1000 \text{ V})^2 \\ W = 50 \text{ Ws}$$

$$b) \quad \tau = C \cdot R = 100 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 100 \cdot 10^3 \Omega \\ \tau = 10 \text{ s} \\ \text{Kisütési idő} = 5 \tau = 50 \text{ s}$$

A villamos tér mennyiségeinek áttekintése

Jelölés és képlet	Megnevezés	Mértékegység
U	Villamos feszültség	V
Q	Villamos töltés $Q = I \cdot t$	As
	Villamos fluxus	
A	Felület	m^2
d	Erővonalhossz, pl. a lemezek távolsága	m
ϵ_0	Permittivitás	$\frac{\text{As}}{\text{Vm}}$
	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$	
ϵ_r	Relatív permittivitás	1
$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$	Permittivitás	$\frac{\text{As}}{\text{Vm}}$
$D = \frac{Q}{A} = \epsilon \cdot E$	Villamos fluxussűrűség (eltolás)	$\frac{\text{As}}{\text{m}^2}$
$E = \frac{U}{d}$	Villamos térerősség	$\frac{\text{V}}{\text{m}}$
$C = \frac{\epsilon \cdot A}{d}$	Síkkondenzátor kapacitása	$\frac{\text{As}}{\text{V}} = F$
$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$	A villamos tér energiája	Ws

7.5. A kondenzátorok jellemzői és szabványai

Előzetes megjegyzések

Az elektrotechnika minden területére sokféle kivitelben gyártanak kondenzátorokat. Az egyöntetű és teljes áttekinthetőség érdekében olyan fogalmakat kell bevezetnünk, amelyeket részletesen majd később tárgyalunk. A fogalmakat részletes magyarázatok nélkül fogjuk használni, de az érdeklődők már most utánanézhetnek a szakirodalomban.

A C_N névleges kapacitás

A névleges kapacitás az az érték, amelyre a kondenzátort méretezték és a megnevezésében szerepel. A névleges értékek IEC sorba¹ vannak osztva, és pF, ill. μ F értékkel adják meg őket. A névleges értéket gyakran számokkal nyomtatják rájuk, de a kisebb méretűeket színpontokkal kódolják (l. a 19. oldalt).

A tűrés

A gyártási tűrés alapvetően a kiszállítás pillanatában érvényes. Ezt vagy közvetlenül rájuk nyomtatják, vagy színpontokkal, ill. nagybetűkkel kódolják.

10 pF névleges értékig az eltérést szokás közvetlenül megadni.

A 3,3 pF D, ill. 3,3 D felirat jelentése:

$$3,3 \text{ pF} \pm 0,5 \text{ pF}$$

Ebbe a rendszerbe a színkódokat is bevonják:

pl. a $\pm 1\%$ ± 1 pF helyett barna,
a $\pm 0,5\%$ $\pm 0,5$ pF helyett kék.

A kondenzátor feszültsége

A kondenzátor kapocsfeszültsége meghatározott értéknél nem lehet nagyobb, amennyiben átütéstől vagy túlmelegedéstől meg akarjuk óvni. Az adatlapokon ezért megadják a névleges feszültség, a csúcsfeszültség és a váltakozó feszültség maximális értékét.

Az U_N névleges feszültség

Ez az a feszültség, amelyre a kondenzátor készült, és 40 °C környezeti hőmérsékletig tartósan megengedhető.

A névleges feszültséget a kondenzátor méretétől függően számértékkel, színkóddal, ill. apró betűkkel jelölik.

A tantál elektrolitkondenzátorokat a DIN és az IEC meghatározások szerint az általános színjeltől eltérően kisebb névleges feszültségre kódolják.

Példa:

Egy kondenzátoron 47 Gh felirat van. Mit állapíthatunk meg belőle?

$C_N = 47 \text{ pF}$; tűrés: $G \hat{=} \pm 2\%$ U_N : h = 1000 V.

Tehát: $47 \text{ pF} \pm 2\%$ 1000 V.

40 °C-nál nagyobb környezeti hőmérsékleten az U_N tartós határfeszültséget nem szabad átlépni! (Ez a névleges feszültségnél kisebb.) A nagyobb környezeti hőmérsékletre tartozó határfeszültségeket a szabványok előírásai tartalmazzák.

¹ L. a 18. oldal lábjegyzetét.

A névleges érték osztályai	Betűjel	Tűrés, %	
E 24	B	$\pm 0,1$	10 pF névleges érték alatt pF-ban, felette %-ban
	C	$\pm 0,25$	
	D	$\pm 0,5$	
	F	± 1	
	G	± 2	
	H	$\pm 2,5$	
E 12	J	± 5	Elektrolitkondenzátornál használatos
	K	± 10	
E 6	M	± 20	
	R	-30 -20	
	S	$+50$ -20	
	Z	$+80$ -20	

1. Kapacitástűrések

Betűk	U_N , V	Szín	U_N , V	U_N , V Tantál- elektrolit- kondenzátor esetén
a	50	Fekete	—	4
b	125	Barna	100	6
c	160	Vörös	200	10
d	250	Narancs	300	15
e	350	Sárga	400	20
f	500	Zöld	500	25
g	700	Kék	600	35
h	1000	Lilolya	700	50
u	250	Szürke	800	—
v	350	Fehér	900	—
w	500	Ezüst	1000	—
		Arany	2000	—
		Szín nélkül	500	—

2a. Névleges feszültség kódolása



2b. Tantál elektrolitkondenzátor

7.6. A kondenzátorok szerkezete és gyártása

A 87. oldal előzetes megjegyzései értelemszerűen most is érvényesek.

A kondenzátorok két csoportba, állandó és változtatható értékű kondenzátorra oszthatók. Az állandó értékű kondenzátorok tovább csoportosíthatók az alkalmazott dielektrikum, az elektródák, más néven fegyverzetek fajtája szerint.

Fóliakondenzátorok

Ezeknek a kondenzátoroknak a fegyverzete vékony fémfólia. Dielektrikumként szigetelőfólia választja el a fémfóliákat. A fegyverzetet és a dielektrikumot együtt tekercselik fel. Ezzel a módszerrel kis térfogatban nagy kapacitás érhető el.

Az „önhordó fólia eljárás” kívül a fegyverzetet a dielektrikumra is felgőzölhetik. A felgőzölt fémfegyverzet mindössze $0,05 \dots 1 \mu\text{m}$ vastag, tehát sokkal vékonyabb, mint a $10 \mu\text{m}$ -nél is vastagabb önhordó fólia. Ezzel a módszerrel azonos térfogatban még nagyobb kapacitás érhető el.

A kondenzátor ohmos és induktív ellenállásának csökkentése érdekében a feltekercselt fegyverzeteket a homlokoldalon összekötik egymással. Ebben a megoldásban az áramút a tekercs szélességére rövidül. Az így felépített kondenzátorokat „csillapításszegény” kondenzátoroknak nevezik és d betűvel jelölik őket.

A dielektrikumként használt impregnált papír és műanyag fólia nedvszívó, tehát a levegőből vizet vesz fel. Ez megváltoztatja a szigetelési ellenállást és a permittivitást is. A tekercstől a levegőt ezért megfelelő burkolattal távol kell tartani.

A burkolat számára szigetelőfólia, műgyanta-kiöntés, műanyag tok vagy cső, műgyantával lezárt vagy forrasztott alumínium- és kerámiaburkolat alkalmas.

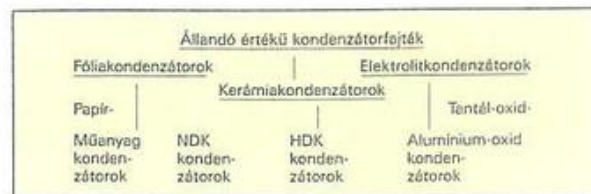
A kivezetés a felhasználás célja szerint huzal, csap, forrasztószem vagy menetes orsó lehet.

A fóliafegyverzet egyike – mint legkülső réteg – a kész tekercset árnyékolásként körbeveszi. Ha a kondenzátort egyik oldalán földelni kell, ennek a fegyverzetnek a kivezetését földeljük. Jelölésére a szabvány szerint a kivezetés közelében gyűrű vagy vonal van.

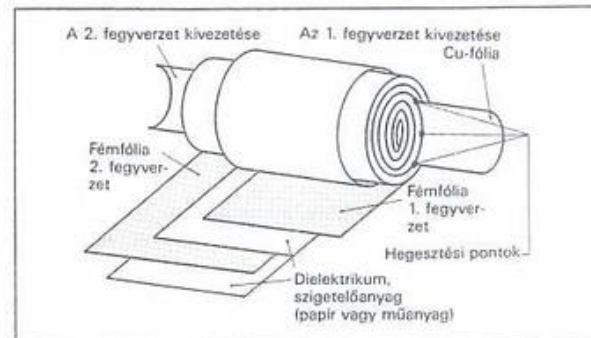
Papirkondenzátorok

A dielektrikum szigetelőolajjal vagy vazelinnal átitatott különleges papír, amelyet két alumíniumfóliával együtt tekercselnek fel. A maradék légzárványok eltávolítása érdekében a kész tekercset vákuumban még egyszer átitatják szigetelőolajjal vagy -gyantával, majd tokba helyezik. A légnedvesség ellen védelem, ha kerámia-csőbe forrasztják be.

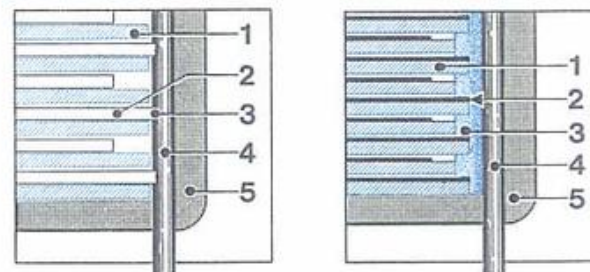
A jellemző adatokat és a méreteket a szabvány tartalmazza.



1. Állandó értékű kondenzátorok



2. Tekercselt kondenzátorok



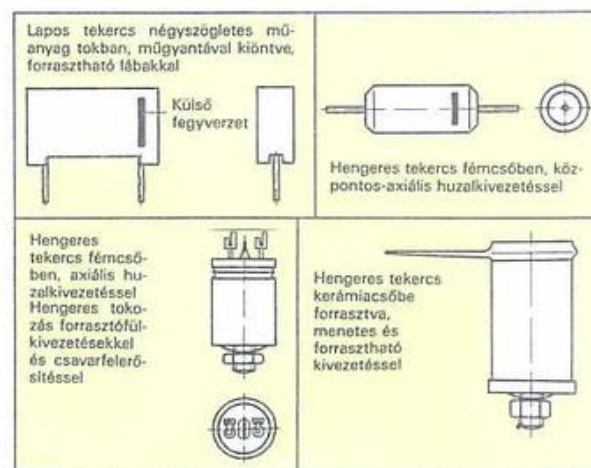
Műanyag fólia kondenzátor fémfólia fegyverzettel

1. műanyag fólia dielektrikum
2. alumíniumfólia fegyverzet
3. alumíniumfólia, a huzalkivezetéshez hegesztve
4. huzalkivezetés
5. epoxigyanta burkolat

Fémezett műanyag fólia kondenzátor

1. műanyag fólia dielektrikum
2. fémgőzölt fegyverzet
3. összekötő réteg
4. huzalkivezetés
5. epoxigyanta burkolat

3. Csillapításszegény rétegekondenzátor



4. A fóliakondenzátorok, tekercselt kondenzátorok kivitele

Alkalmazásuk: kisfrekvenciás tartományban, pl. a távbeszélő-technikában szűrőkondenzátorként. Változó áramú körökben $U_N = 250 \dots 500$ V feszültségen pl. rádiózavar-szűrő kondenzátornak. Ekkor meg kell, hogy feleljenek a szabvány előírásainak, és XY kondenzátorként jelölik őket.

Fémezett papír- (MP) kondenzátorok

A különleges papír dielektrikumra felgőzölgtetett $1 \mu\text{m}$ -es alumíniumréteg a papírkondenzátor alumíniumfóliáját helyettesíti. Tokozásnak többnyire fémcsövet vagy fémtokot használnak.

A papír átütése az esetleges hibahelyen ennél a kondenzátortípustól nem okoz maradót zárlatot. Az átütéskor keletkező ív a nagyon vékony fémréteget elgőzölgteti maga körül. A hibahelyen ezért vezetőréteg nem marad, szigetelőfolt keletkezik, és helyreáll az eredeti szigetelési ellenállás. Ezt a folyamatot **öngyógyulásnak** nevezzük, ha a kondenzátor energiája elég hozzá. Amikor kívülről kell energiát bevinni — ez a helyzet 20 V alatti feszültségen —, **kigyógyításról** beszélünk. A kiégetési folyamat minden esetben a kondenzátorfeszültség pillanatnyi csökkenésével jár, ami impulzusként jelentkezik. Az impulzusokra érzékeny kapcsolásokban MPI kondenzátorokat használnak, amelyek az átütéssel szemben fokozott biztonságúak.

Jellemzőiket és méreteiket szabvány tartalmazza.

Alkalmazásuk: például RC-tagokban, szűrőkapcsolásokban és az erősáramú technikában. Változó feszültségű terhelhetőségük a típustól függ. Effektív értékük a névleges egyenfeszültség $20 \dots 40\%$ -a.

Műanyag fólia kondenzátorok

A műanyag fóliát az impregnált papírnál vékonyabbra és kevesebb hibahellyel lehet gyártani. Az utóbbi években ezért új műanyagbázisú kondenzátortípusokat fejlesztettek ki.

A műanyag kondenzátorokat felépítésük szerint két csoportba osztjuk:

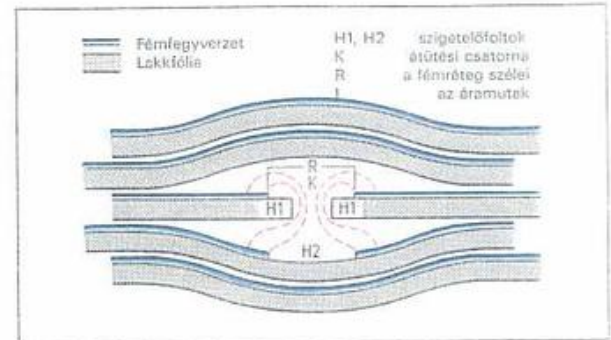
Fóliaszerkezet: önhordó alumíniumfólia fegyverzettel. **Fémezett szerkezet:** felgőzölt fegyverzettel. A fémgőzölt szerkezet az MP kondenzátorhoz hasonlóan öngyógyuló.

Az építési alakokat és a dielektrikumnak használt műanyagokat a szabvány betűjelekkel adja meg. A műszaki jellemzőkre a szabvány ugyancsak vonatkozik.

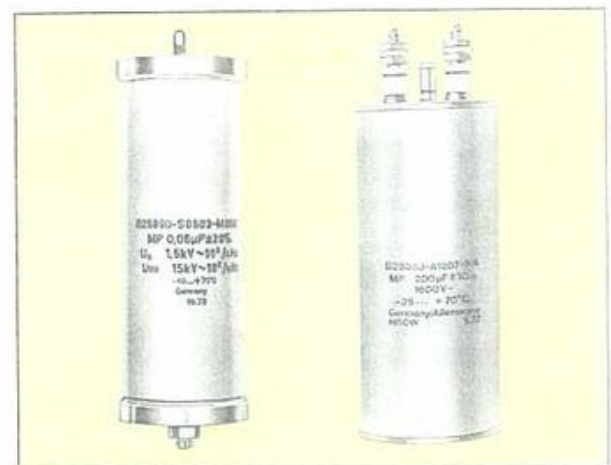
Szabványjelölés	τ , ms	$\text{tg } \delta$	Alkalmazás
KT-kondenzátorok KC-kondenzátorok KP-kondenzátorok	10^{-3}	10^{-3}	Kisfrekvencia 400 V _~ -ig Kisfrekvencia 630 V _~ -ig Kisfrekvencia impulzusüzem Nagyfrekvencia szűrő 630 V _~ -ig
MKU-kondenzátorok MKT-kondenzátorok MKC-kondenzátorok	10^{-4}	10^{-3}	Kisfrekvencia 250 V _~ -ig Kisfrekvencia 10 kV _~ -ig Kisfrekvencia 250 V _~ -ig
MKS-kondenzátorok KS-kondenzátorok	$10^{-6} - 10^{-7}$	$10^{-4} - 10^{-3}$	Rezgőkörök, nagyfrekvenciás szűrő 630 V _~ -ig



1. XY kondenzátor



2. Öngyógyuló hibahely elvi ábrája az átütés alatt



3. MP kondenzátorok

	Betűjelölés
Műanyag fóliás kivitel	k
Fémgőzölt kivitel	Mk
Polikarbonát/makrofol	C
Polipropilén/hostalen	P
Polisztirol/sztiroflex	S
Polietilén-tereftalát/hosztafán	T
Cellulóz-acetát/trolit	U

4. Műanyag kondenzátorok betűjelei a DIN 41 379 szerint

Különleges váltakozó áramú kondenzátorok

A fémezett papírfegyverzet és műanyag fólia kombinálása az MP és papírkondenzátorokhoz képest térfogatcsökkentést tesz lehetővé.

A felépítési módok az 1. és 2. ábrán láthatók.

A papír a fegyverzetet hordozza és segít az impregnálásban, míg a nagy átütési feszültségű műanyag fólia a tulajdonképpeni dielektrikum. A kondenzátorok öngyógyulók.

Az egyoldalán fémezett papír és fólia együttes dielektrikumot alkot (1. ábra).

Jobb a kétoldalán fémezett papír, mert ez esetben a dielektrikum csak a kitűnő tulajdonságú fólia (2. ábra). E kondenzátorok vesztesége nagyon kicsi, nevük: MKV kondenzátor.

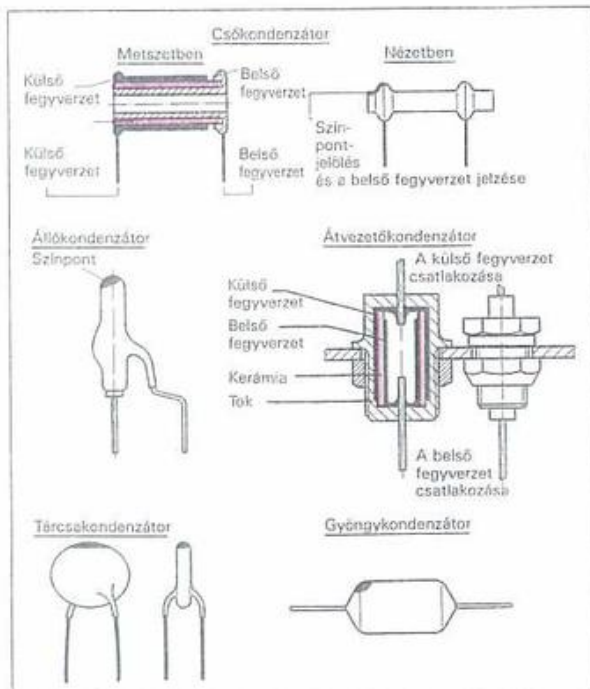
400 V váltakozó feszültségű, $16\ \mu\text{F}$ kapacitású MKV kondenzátor térfogata az azonos kapacitású MP kondenzátorhoz képest kisebb, mint a fele (3. ábra).

Alkalmazás: az energetikában pl. teljesítménykondenzátor, meddőkompenzálás vagy motorkondenzátor 630 V_~ határig; sorozatgyártásban 2 kV_~ feszültségig.

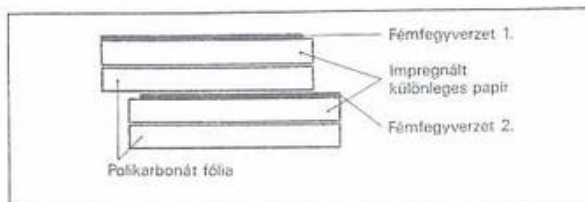
Ipari elektronika: nemszinuszos feszültségen csatoló- vagy szűrőkondenzátornak és rezgőköri kondenzátornak 250 V_~ feszültségig.

Kerámiakondenzátorok

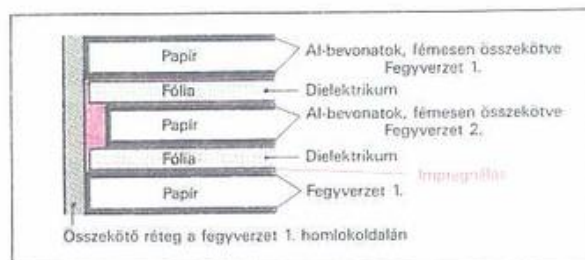
A kerámiakondenzátorok közös jellemzője, hogy a dielektrikumuk oxidkerámia. A fém-oxidok keverékét összepréselik és szinterelik.



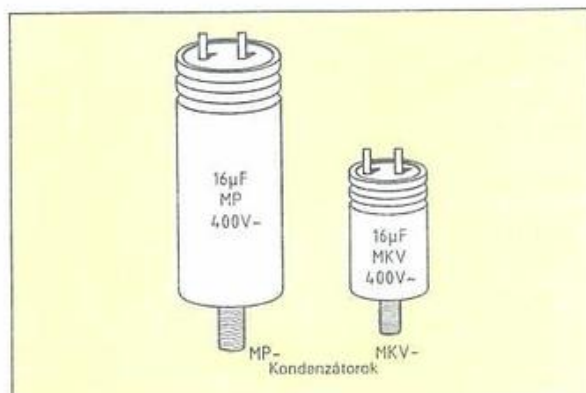
5. Kerámiakondenzátorok



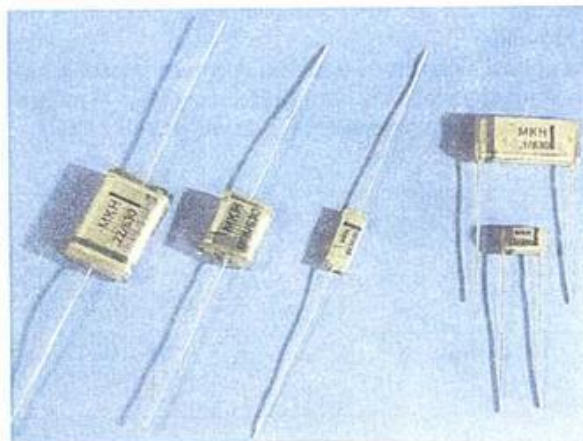
1. Kevert dielektrikumú felépítés



2. Az MKV kondenzátor felépítése



3. Méret-összehasonlítás



4. Az MK kondenzátor

Ez egyszerű, helytakarékos felépítést eredményez, mert a kerámia a test és a dielektrikum is egyszerre. A ráégetett fémfegyverzeteket a kivezetésekkel közvetlenül kötik össze.

Az alapanyagok keverési arányának megválasztásával és gyártási módokkal különböző dielektrikumok állíthatók elő. Az IEC két típust különböztet meg:

I. típus: kis permittivitású, (NDK) kondenzátorok:

$$\epsilon_r \text{ kb. } 10 \dots 200; R \approx 10^{10} \text{ M}\Omega; \text{tg } \delta \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$$

II. típus: nagy permittivitású (HDK) kondenzátorok:

$$\epsilon_r \text{ kb. } 10000\text{-ig}; R \approx 10^{-7} \text{ M}\Omega; \text{tg } \delta \approx 1 \cdot 10^{-2}$$

A szabvány szerint a négy betűvel jelölt kondenzátoroknál NDK és HDK típusokat nem különböztetünk meg.

A leggyakoribb a cső-, álló-, tárcsa-, gyöngy- és az átvezetőkondenzátor alak.

Az I. és II. típusú kerámiaanyagokra szabványok vonatkoznak. A kondenzátoron színes pont jelzi a kerámia anyagát. Ez a pont csőkondenzátorok esetén egyben a belső fegyverzet kivezetését is jelzi.

A kerámiakondenzátorok felületi védelmére lakk- vagy műgyanta bevonatot használnak.

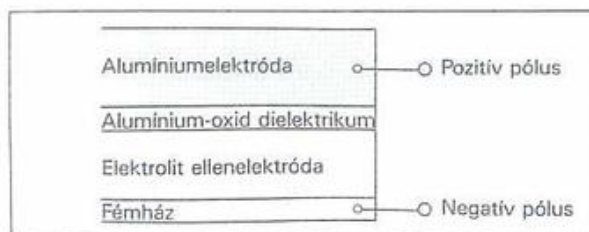
Alkalmazás: NDK kondenzátorok a nagyfrekvenciás technikában a rezgőkörökben és szűrőkben, 0,5 pF és 10 nF értékek között.

HDK kondenzátorok: szűrés és csatolás nagyfrekvenciás tartományban kb. 0,1 μ F értékig.

A szabvány szerint erősáramú berendezésekben egyik típus sem használható.

Elektrolitkondenzátorok

A szűrőkapcsolásokhoz szükséges, akár 10 000 μ F kapacitású kapacitásértékekhez az eddig ismert kondenzátortípusokkal elfogadhatatlanul nagy méreteket kapnánk. Ilyenkor elektrolitkondenzátort használunk. Ezek a kapcsolás pozitív sarkára csatlakoznak egyik pólusukkal, amely szigetelő oxidréteggel van befedve, és ami egyben a dielektrikum. Az ellenelektroda az elektrolit. A negatív pólus a fémházhoz csatlakozik.



1. Az alumínium elektrolitkondenzátor rétegsorrendje

A nagyon nagy kapacitásértékek elérését kis térfogatban a vékony oxidréteg nagy szigetelési szilárdsága teszi lehetővé. Alumínium elektrolitkondenzátorokban 1 V üzemi feszültséghez csak 0,001 μ m vastagságú oxidréteg szükséges.

Megkülönböztetünk alumínium és tantál elektrolitkondenzátorokat.

Alumínium elektrolitkondenzátorok

Ezek tekercselt kondenzátorok folyékony elektrolittal, az elektrolitot papírréteg szívja fel bennük. Tekintettel az alumínium elektrolitkondenzátorok sokoldalú alkalmazására, a szabvány két felhasználási területet szabványosít:

1 típus: elektrolitkondenzátorok fokozott követelményű felhasználásra. Tartós üzemre és a túrérek bizonyos előírásaival.

2. típus: elektrolitkondenzátorok átlagos követelményű felhasználásra. Korlátozott üzembiztonságú készülékekben.



2. Elektrolitkondenzátorok

Míg az 1. vagy a 2. típusnál a megbízhatóságot szabványosították, a további felosztás A és B csoportba a villamos viselkedésükről ad felvilágosítást:

A csoport: elektrolitkondenzátorok kisfrekvenciás szűrésre és csatolásra.

B csoport: elektrolitkondenzátorok gyakori töltésre és kisütésre azzal a követelménnyel, hogy a kapacitás értékét az A csoporténál pontosabban be kell tartani.

A fóliafegyverzetet maratással lehet érdesíteni, ez növeli a hatásos felületet. A kapacitás — egyébként változatlan körülmények között — ezáltal megnő. Az így előkezelt fóliájú kondenzátorok „érdesített” elektródájúak.

Az alumínium elektrolitkondenzátorok csak akkor működnek hibátlanul, ha a formált¹ alumínium fólia elektróda a pozitív pólusra és a katód a negatív pólusra csatlakozik. Fordított bekötéskor — hibás polaritás — 2 V feletti feszültség hatására az oxidréteg leépül. A szigetelési ellenállás ettől úgy lecsökken, hogy a kialakuló áram a kondenzátort tönkretesz.

¹ Formálni latinul: alkotás, képezés, felállítás; itt: az oxidréteg képzése

Tisztán váltakozó feszültségű üzemre ez a „polarizált” kivitelűnek nevezett felépítés nem alkalmas, e célra „polarizálatlan” (bipoláris) elektrolitkondenzátort kell használni. Két, egymással szembe kapcsolt kondenzátorból állnak, amelyek egyike mindig fordított polaritású. Egyébként azonos felépítés mellett ezért az azonos kapacitású polarizálatlan kondenzátorok kétszer akkora térfogatúak, mint a polarizált kondenzátorok.



1. Az elektrolitkondenzátor kivitele

Mindhárom módon készített kondenzátor polarizált. A hibás polaritás az S típust a legkisebb feszültségnél is tönkretesz. Az F típus 4,5 V-ig és az SF típus 1 V határig viseli el a fordított polaritást.

Ha fordított polaritással ennél nagyobb feszültség léphet fel, két azonos feszültségű és kapacitású fólia- vagy szinterkondenzátort ellentétes irányval, azaz katódot a katóddal összekötve sorba kapcsolunk. Ez a polarizálatlan vagy bipoláris alumínium elektrolitkondenzátor kivitelnek felel meg.

Tárolás

A tantál-oxid lényegesen ellenállóbb a kémiai hatásokkal szemben, mint az alumínium-oxid, az oxidréteg az elektrolitban nem épül le. Ez több évi tároláskor is igaz.

Tárolás

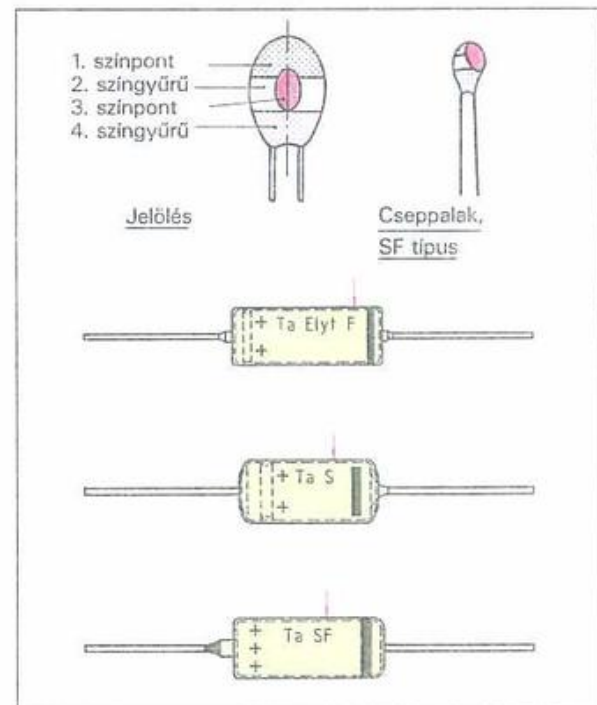
Az alumínium elektrolitkondenzátorok csak korlátozott ideig tárolhatók, mert az oxidréteg tönkremegy. A keletkező hibahelyek a dielektrikumban egyenfeszültség rákapcsolásakor helyrejöhetnek, ha az oldódás nem túlságosan előrehaladott. Az 1. típusnál a maximális tárolási idő 4 év, a 2. típusnál 5 év lehet. A gyártás időpontját a kondenzátor adatai között feltüntetik.

Tantál elektrolitkondenzátorok

A nagyobb üzembiztonság és a kedvezőbb jellemzők iránti igényt a tantál elektrolitkondenzátorok teljesítik. A szabvány felhasználási céljuk szerint ezeket is felosztja:

1. típus: a fokozott követelményű és
2. típus: az átlagos követelményű csoportra.

Ezenkívül a különböző felépítéseket szabványos betű- rövidítés jelzi:



2. Tantál elektrolitépítési formák

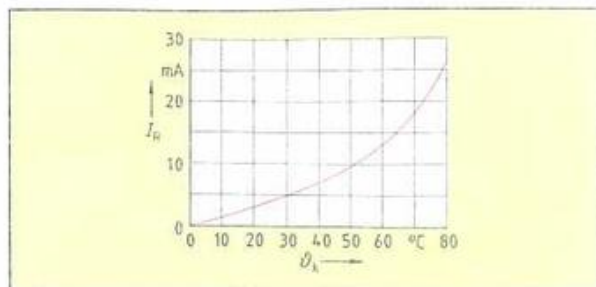
Építési mód	F	S	SF
	Tekercselt kondenzátor nedves	Szinterkondenzátor nedves	száraz
1. fegyverzet (anód)	Sima tantálfólia	Szinterelt test tantálporból	
Dielektrikum	Tantál-oxid-réteg az anódon		
2. fegyverzet (katód)	Elektrolitfolyadék a papír pórusaiban felszívva, ami egyben mechanikai távolságot is tart	Folyékony elektrolit (nagy vezetőképességű sav), távolságtartás teflonból	Félvezető fém-oxid (mangán-oxid), amelyet az anód oxidrétegére visznek fel
Katód csatlakozás	Villamosan csak az elektrolit köti össze a házszal	Tiszta ezüsttokozat	A félvezető bevonatra felvitt ezüst vezetőréteg, amely a házhoz van forrasztva

Szivárgóáram

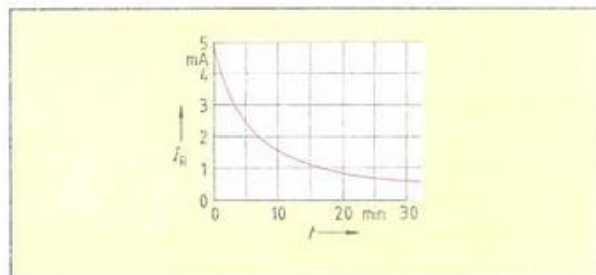
A rákapcsolt egyenfeszültség hatására minden elektrolitkondenzátoron folyik egy kis áram, ezt maradékáramnak vagy szivárgóáramnak nevezzük. Az anód anyagának szennyezői – más anyagok atomjai – nem változtathatók. A dielektrikumban ezért hibahelyek keletkeznek, ami a szigetelési ellenállást csökkenti. A szivárgóáram nagyságát ezenkívül a környezeti hőmérséklet és a feszültség is befolyásolja.

Ha alumínium elektrolitkondenzátort 40 °C feletti hőmérsékleten tárolunk, a bekapcsoláskor a szivárgóáram az üzemi érték százszorosa is lehet.

A tantál elektrolitkondenzátorok szivárgóárama mindig kisebb, mint az alumínium elektrolitkondenzátoroké.



1. A szivárgóáram a környezeti hőmérséklet függvényében



2. A szivárgóáram csökkenése a bekapcsolás után

Változtatható kondenzátorok

Változtatható kapacitású kondenzátorokat ott használunk, ahol mérés vagy hangolás céljából folyamatosan változtatott kapacitásra vagy egészen pontosan beállított értékre van szükség.

Forgókondenzátorok

A forgókondenzátor két fémlemezről áll, amelyek lehetőleg kis távolságban egymással párhuzamosan helyezkednek el. Az egyik lemez rögzített, a másik lemez elfordítható úgy, hogy a szembenálló felületek kisebbek vagy nagyobbak lesznek. A kondenzátor határos felülete és ezzel a kapacitása változik.

A nagyobb kapacitásérték elérésére bizonyos számú lemezt a szükséges légközzel kötegbe rendeznek. Mindkét köteg lemezei vezető összeköttetésben vannak. A kondenzátor felülete ezáltal megnő. Az álló lemezköteget **sztátornak**, a forgathatót **rotornak** nevezzük.

Szigetetlen kivitelben a tengely a rotorral villamosan össze van kötve. Szigetelt kivitelben a tengely anyaga kerámia, így a rotor szigetelt.

Az n számú rotor- és sztátorlemezről álló forgókondenzátor kapacitása a következő összefüggésből számítható:

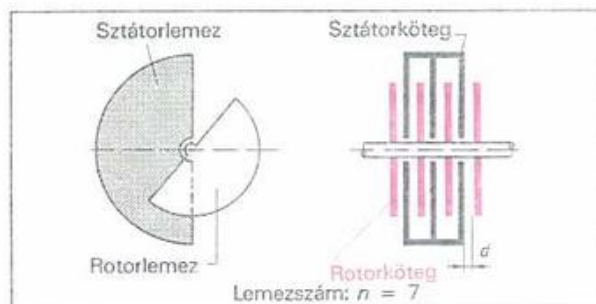
$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot (n-1) \cdot \frac{A_w}{d}$$

A_w a szembenálló határos lemezfelület, m^2 ;

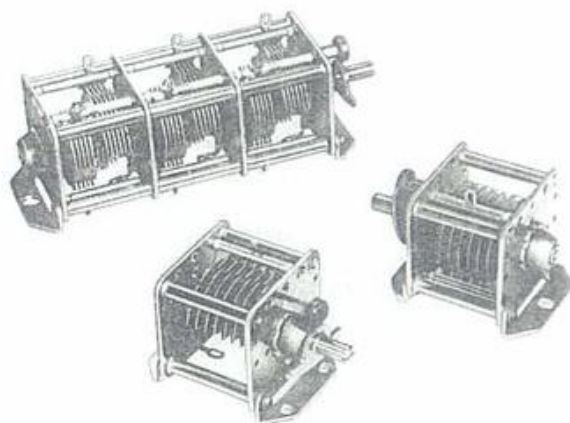
ϵ_0 $8,85 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm}$

ϵ_r 1 (levegő);

d a lemeztávolság (rotor-sztátor), m



3. A forgókondenzátor elvi felépítése



4. Forgókondenzátorok kiviteli formái

7.7. Ellenőrizze tudását

A kapacitás — a lemez alakjától függően, az elfordulással — a kiforgatott rotorhoz tartozó kezdeti kapacitás és a beforgatott rotorhoz tartozó végkapacitás között változik. A forgásszög többnyire 180° .

A lemezfelület megfelelő kialakításával lehet a kívánt kapacitásváltozást, kapacitásmenetet elérni, az elfordulási szög függvényében.

Többszörös forgókondenzátorok

Közös tengelyre rögzített két- vagy több rotorköteg helyzete a hozzájuk tartozó státorok kötegben egyszerre változtatható. Ezt a kombinációt akkor alkalmazzák, ha biztosítani kell, hogy minden elfordulási szöghöz az egyes kondenzátorok azonos kapacitásértéke tartozzék. Ezt a követelményt **együttfutásnak** nevezzük. A gyártási eltérések kiegyenlítésére a rotorlemezeket bevágásokkal szegmensekre osztják. A szegmensek elhajlításával az együttfutás az egész forgatási tartományban beállítható.

Beállító- (trimmer-) kondenzátorok

Ezek olyan változtatható kondenzátorok, amelyek kapacitásváltozási tartománya kicsi. Finombeállításhoz használatosak, és felépítésük alapján csoportosíthatók.

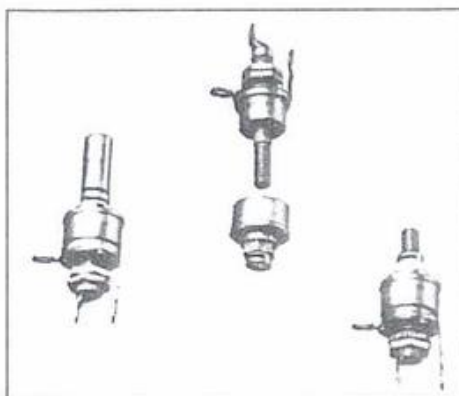
A **légtrimmer-kondenzátorok** vagy miniatűr forgókondenzátor formájúak, vagy több-kevesebb fémhengerből állnak, amelyek egymásba csavarral elmozdíthatók. Ezt a kivitel **koncentrikus légtrimmernek** nevezik.

Kerámiatrimmer

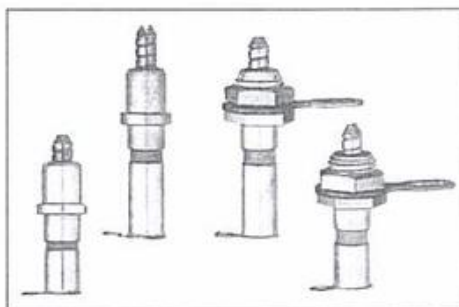
A külső elektróda kerámiacsőre préselt fémhüvely, és az ellenelektróda fémcsap, amely a csőben többé-kevésbé elfordítható. Ezt a megoldást **csőtrimmernek** nevezik.

Tárcsatrimmer

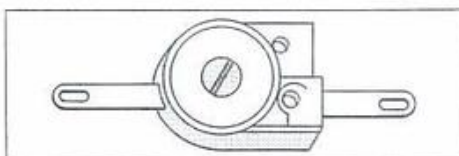
Egyoldalukon ezüstréteggel bevont két kerámiakorongocska egymáshoz képest elfordíthatóan van összetéve. Forgatáskor megváltozik a szembenálló ezüstrétegek hatásos felülete.



1. Légtrimmer



2. Kerámiatrimmer



3. Kerámia tárcsatrimmer

7.7. Ellenőrizze tudását

7.1. szakaszhhoz: Kondenzátorok

1. Nevezd meg a kapacitás mértékegységét és kisebb egységeit!
2. Mi a légüres tér permittivitásának jelölése?
3. Mit jelent a permittivitás?
4. Mit értünk dielektrikum alatt?

7.2. szakaszhhoz: Kondenzátorok kapcsolása

1. Miért egyenlő a sorba kapcsolt kondenzátorok töltése?
2. Mekkora két, azonos kapacitású, sorba kapcsolt kondenzátor eredő kapacitása?
3. Hogyan számítható ki a párhuzamosan kapcsolt kondenzátorok eredő kapacitása?

7.3. szakaszhhoz: Feltöltés

1. Válaszd fel (közelítőleg) a kondenzátor feszültségének változását a feltöltés során!
2. Mi a τ időállandó?

3. Mi az összefüggés a kondenzátor feltöltési ideje és időállandója között?

7.4. szakaszhhoz: Kisütés

1. Válaszd fel (közelítőleg) a kondenzátor feszültségének változását a kisütés során!
2. Milyen tényezőktől függ a feltöltött kondenzátor energiája?
3. Miért kell a kondenzátorokat mindig ellenálláson át és nem rövidre zárással kisütni?

7.5. szakaszhhoz: A kondenzátorok jellemzői és szabványai

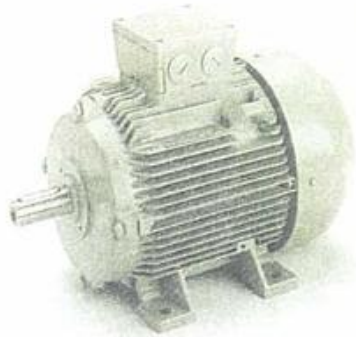
1. Milyen szabványos sorozat szerint adják meg a kondenzátorok kapacitásértékét?
2. Hogyan jelölik a kondenzátorokat?

7.6. szakaszhhoz: A kondenzátorok szerkezete és gyártása

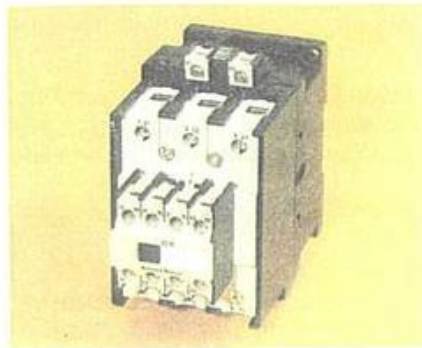
1. Hogyan épülnek fel a fóliakondenzátorok?

8. Mágneses tér

A villamos motorok, transzformátorok, mágneskapcsolók és egyéb villamos készülékek működése a mágnesség tulajdonságain alapszik (1. és 2. ábra). A mágnesség mágneses teret hoz létre, amelynek erejét és hatásait műszakilag hasznosítják.



1. Villamos motor



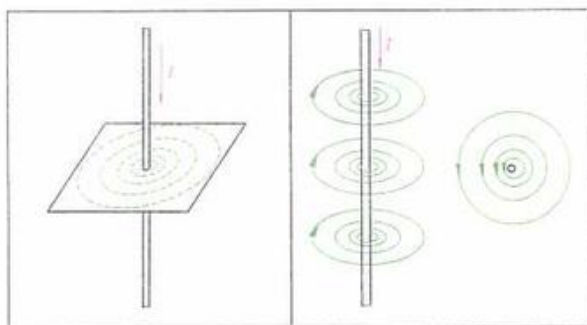
2. Mágneskapcsoló

8.1. A mágneses tér keletkezése és ábrázolása

A mozgásban lévő villamos töltéshordozók a körüli teret különleges állapotba hozzák. Ezt a különleges állapotot mágneses térnek nevezzük és erővonalakkal ábrázoljuk.

A 3. ábrán I áramtól átgázt vezetékét látunk, amely merőlegesen halad át egy síkon. Ha erre a síkra vasreszeléket szórunk, a részecskék túlnyomórészt koncentrikus körökben helyezkednek el. A vasreszelék az „erővonalakat” mutatja.

A villamos áram a környezetében mágneses teret hoz létre (4. ábra).



3. Vasreszelék áramtól átgázt vezeték körül

4. Áramtól átgázt vezeték mágneses tere



5. Vezeték keresztmetszetén átfolyó áram irányának ábrázolása
„Az áram a szemlélő felől folyik”

„Az áram a szemlélő felé folyik”

Az áram ábrázolása megegyezés szerint: ha az áram tőlünk elfolyik, tehát behatol a rajz síkjába, akkor a vezető keresztmetszetébe keresztet rajzolunk.

Ha az áram felénk folyik, tehát a rajz síkjából kifelé, akkor a vezető keresztmetszetébe pontot rajzoljuk (5. ábra).

A mágneses erővonalaknak irányuk van.

Ez az áram irányától függ, és a következő szabály rögzíti:

A tőlünk elfolyó áram a vezető körül az óramutató járásával egyező irányú erővonalakat hoz létre.

Ez könnyen megjegyezhető a dugóhúzó-szabály alapján:

Képzeljünk el egy dugóhúzót, amelyet az áram irányában csavarunk be a vezetékbe. A forgásirány az erővonalak iránya.

A szabályt jobbszavar-szabálynak is nevezik.

A 96. oldal 1. ábráján látható vezetékrendezés mágneses terét az egyes vezetők mágneses terének összegzéséből kapjuk.

Ahol az erővonalak ellentétes irányúak, az eredő tér gyengül (1. a 2. ábrát a 96. oldalon).

Ahol az erővonalak egyirányúak, az erőter erősödik.

Az eredő erőteret látjuk a 96. oldal 3. ábráján.

A mágneses tér annál erősebb, minél nagyobb az erővonalak térbeli sűrűsége.

Az összegezés (szuperpozíció) a mágneses tér ké-
pének egyik szerkesztési módja.

Az eredő mágneses tér ábrázolásának szabálya:

**A mágneses erővonalak nem érintkezhetnek
és nem metszhetik egymást.**

A mágneses erővonalaknak a villamos erővona-
lakkal ellentétben nincs sem kezdőpontjuk, sem
végpontjuk mindig önmagukban záródó vonalak.

**A mágneses erővonalak önmagukban zárt
vonalak.**

Áramvezető hurok mágneses terét is összege-
zéssel lehet megszerkeszteni (4. és 5. ábra).

Mágneses pólusok

A tekercsek több vezetékgyűrűből állnak. Az eredő
mágneses tér az egyes áramvezető gyűrűk terének
összege (6. ábra).

Az erővonalak a tekercs egyik homlokoldalán köte-
gben kilépnek, és a másik oldalán kötegben lépnek
vissza.

Azokat a helyeket, ahol az erővonalak kötegben ki-
vagy belépnek, mágneses pólusnak nevezzük.

Az áramtól átjárt tekercsnek két mágneses pólusa van.
Azt a pólust, ahol az erővonalak kilépnek, északi pólus-
nak, azt a pólust, ahol az erővonalak belépnek, déli pól-
usnak nevezzük.

A mágneses erővonalak az északi pólusból lépnek
ki és a déli pólusba lépnek be.

Ferromágnesesség¹

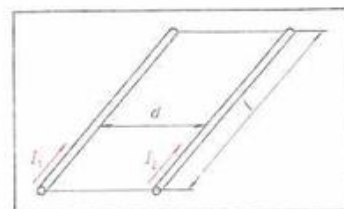
Meghatározott anyagokból készült testek körül mág-
neses tér van, ezeket a testeket **mágneseknek**² (pon-
tosabban szilárdtest-mágneseknek) nevezzük.

A ferromágneses anyagok atomjai és molekulái kis
mágneseket, ún. **elemi mágneseket** alkotnak (7. ábra).

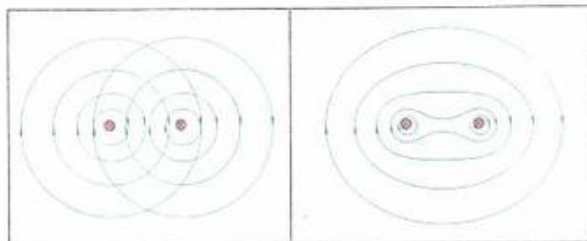
Egy test elemi mágnesei külső mágneses tér hatá-
sára rendeződnek (8. ábra).

Ha minden elemi mágnes egy irányba rendeződött, ak-
kor az anyag elérte a **telítési állapotát**.

Minden mágnesnek mágneses tere van.

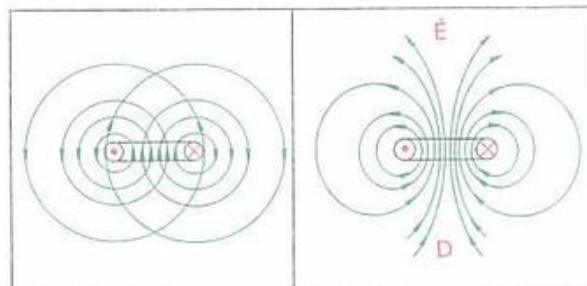


1. Párhuzamos vezeték-
ek egyirányú áram-
mal



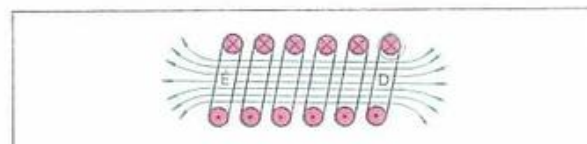
2. Két áramtól átjárt vezetők
mágneses terének ösz-
szegzése

3. Két mágneses tér öszze-
gzéséből kapott eredő erő-
tér

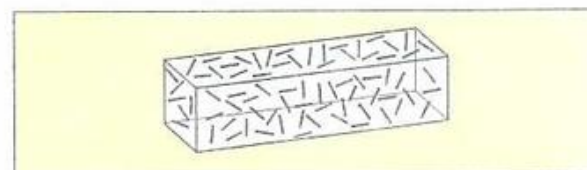


4. Vezetőgyűrűk mágneses
terének összegezése

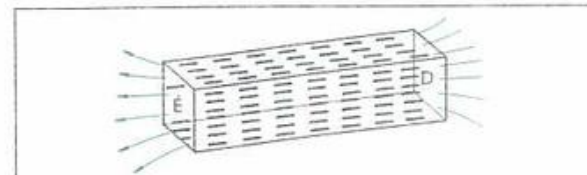
5. Vezetőgyűrűk mágneses
tere



6. Áramtól átjárt tekercs mágneses tere



7. Rendezetlen elemi mágnesek modellképe

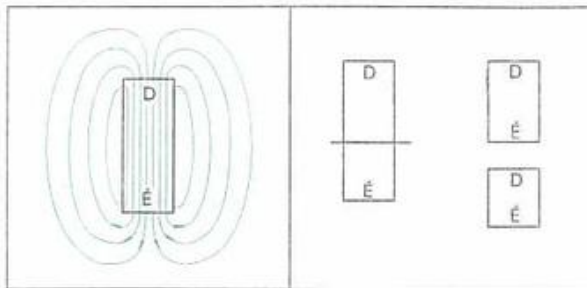


8. Rendezett elemi mágnesek modellképe

¹ Latinul ferrum: vas, itt vashoz hasonló anyagok

² Mágnes, görögül magnes lithos, mágneskő, az ókorban Magnesia tartományban találták

Az 1. ábrán rúd-mágnes mágneses terét látjuk. Az erővonalak az északi póluson lépnek ki és a déli póluson lépnek be. A mágnes belsejében az erővonalak a déli pólustól futnak az északi pólus felé.



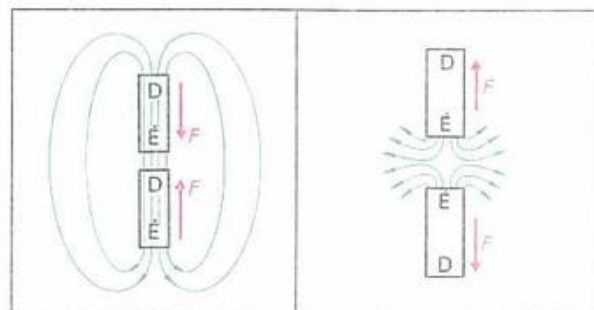
1. Rúdmágnes és mágneses tere
2. Rúdmágnes kettévágásakor újabb póluspár keletkezik

Ha egy rúd-mágneset kettévágunk, amint az a 2. ábrán látható, a vágási felületeken újabb északi és déli pólus keletkezik. Most két rúd-mágnesünk van. A rúd-mágnes továbbdarabolásakor ez ismétlődik.

A mágneses pólusok mindig párosával fordulnak elő.

Mágneses terű testek erőhatása

Ellentétes pólusok vonzák, azonos pólusok taszítják egymást (3. és 4. ábra).



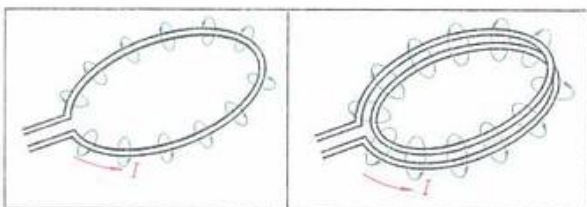
3. Az ellentétes mágneses pólusok vonzák egymást
4. Az azonos mágnespólusok taszítják egymást

8.2. Mennyiségek és mértékegységek

Gerjesztés

Ha vezetőhurokban áram folyik, mágneses tér jön létre (5. ábra). Az áram önmagában zárt erővonalakat „gerjeszt”.

Növelhető a gerjesztés azáltal, ha a mágneses tér létrehozására ugyanazt az áramot többszörösen kihasználjuk. Több vezetőhurokot összefogva tekercset kapunk (6. ábra).



5. Áramtól átvárt vezetőhurok
6. Az áram „többszörös hasznosítása”

100 mA áramerősség gerjesztése egy vezetőhurokkal 100 mA, 20 menetes tekercssel $20 \cdot 100 = 2$ A. A gerjesztés tehát az áramerősség és a menetszám szorzata:

$$\Theta = I \cdot N$$

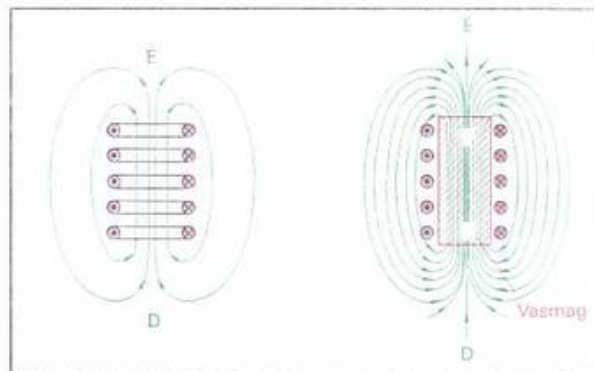
Θ gerjesztés;
 I áramerősség;
 N menetszám.

A gerjesztés mértékegysége az amper (A), a menetszámnak nincs mértékegysége.

$$[\Theta] = A$$

Permeabilitás

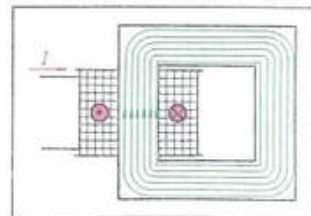
Helyezzünk áramtól átvárt tekercsbe ún. vasmagot, akkor a mágneses tér felerősödik (7. ábra), mégpedig azért, mert a tekercs mágneses teréhez hozzáadódik a rendeződött elemi mágnesek tere.



7. Mágneses tér felerősítése vasmaggal. A tekercs árama mindkét esetben egyenlő

A vasmag felerősíti az adott mágneses teret.

8. Vasmagos tekercs. Az erővonalak a vasmagban futnak



¹ Θ : théta, görög betű.

A vasmag a mágneses erővonalakat lényegesen jobban „vezeti”, mint a levegő (l. a 8. ábrát a 97. oldalon).

A mágneses erővonalak vezetőképességének mérése a permeabilitás, amelyet mágneses vezetőképességnek is nevezünk.

Különbséget teszünk a légüres tér (vákuum) és a mágnesesen vezető anyagok permeabilitása között.

A légüres tér permeabilitását mágneses térállandónak nevezzük (jele: μ_0). Ez jó közelítéssel levegőben is érvényes.

$$\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$$

A μ_0 mágneses térállandó természeti állandó.

Az anyagokra jellemző permeabilitás a relatív permeabilitás (jele: μ_r).

Egy anyag μ_r relatív permeabilitása megadja, hogy a kérdéses anyag a mágneses erővonalakat hány-szor jobban vezeti, mint a levegő vagy a légüres tér.

A μ_r relatív permeabilitásnak nincs mértékegysége, mindig a μ_0 tényezővel együtt fordul elő.

A permeabilitás jelölése μ :

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

Levegő és vákuum esetében:

$$\mu_r = 1$$

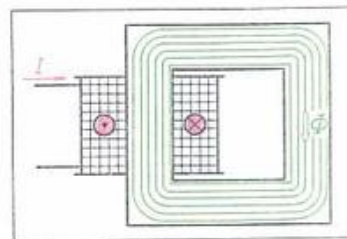
Az 1. táblázatban megtaláljuk néhány ferromágneses anyag közelítő μ_r értékét. Ezek 4 ... 300 000 között vannak.

Alapanyag	Legkisebb relatív permeabilitás (kezdeti permeabilitás)	Legnagyobb permeabilitás
Vas (kis széntartalmú)	250	6 000
Nagy tisztaságú vas	25 000	250 000
Öntöttvas	70	600
Dinamólemez	500	7 000
Szupermalloy (79% Ni, 15% Fe, 5% Mo, maradék Mn)	100 000	300 000
Acél (1% szén)	40	7 000
Alnico (12% Al, 20% Ni, 5% Co, 63% Fe)	4	7 300

1. Néhány ferromágneses anyag μ_r relatív permeabilitása

Mágneses fluxus

Áramtól átjárt tekercs, vagy mágnes erővonalainak összességét mágneses fluxusnak nevezzük (2. ábra).



2. Vasmagos tekercs. A vasmagban homogén mágneses tér van

A mágneses fluxust a görög Φ betűvel jelölik.

A mágneses fluxus mértékegysége voltsekundum (Vs). Az indukció által keltett feszültségből származik (l. a 107. oldalt). A voltsekundum mértékegységet webernek (Wb)² is nevezik.

$$[\Phi] = \text{Vs} = \text{Wb}; \quad 1 \text{ Vs} = 1 \text{ Wb}$$

Mágneses indukció (fluxussűrűség)

Mágneses indukció az a mágneses fluxus, amely meghatározott felületen merőlegesen áthalad (3. ábra).

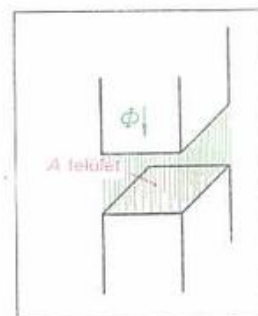
Minél nagyobb az indukció, annál nagyobb a mágneses erővonalak sűrűsége.

A mágneses indukció jele B . Homogén mágneses térben a következő egyenlet érvényes:

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

B a mágneses indukció,
 Φ a mágneses fluxus,
 A a felület.

A mágneses indukció a mágneses fluxussűrűség régebbi elnevezése.



3. A mágneses indukció (erővonalsűrűség) meghatározása

$$B = \frac{\Phi}{A}; \quad [B] = \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} = \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2} = \text{T}$$

A voltsekundum/négyzetméter mértékegység neve: tesla (T)³:

$$1 \text{ T} = 10^{-4} \frac{\text{Wb}}{\text{cm}^2}$$

¹ μ : mü, görög betű

² Weber, Wilhelm Eduard (1804–1891) fizikus

³ Tesla, Nikola (1856–1943) fizikus

1. példa:

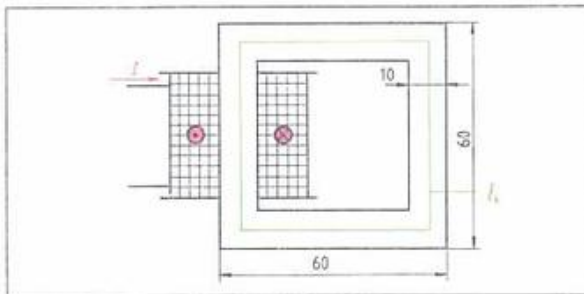
Egy tekercs vasmagjának keresztmetszete 4 cm^2 . A vasmagban $4,8 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$ nagyságú fluxus van, homogén mágneses térrel. Mekkora az indukció?

$$(1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2) \quad B = \frac{\Phi}{A} = \frac{4,8 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}}{4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 1,2 \text{ T}$$

Mágneses térerősség

A mágneses térerősség nincs közvetlen kapcsolatban a mágneses tér erőhatásával. Mindenekelőtt olyan számítási egység, amely egyszerűsíti a mágneses tér számítását.

Az 1. ábrán vasmagos tekercset látunk. A vasmagban adott fluxus létrehozásához meghatározott nagyságú gerjesztésre van szükség.



1. Az l_k közepes erővonalhossz meghatározása

A gerjesztésszükséglet annál nagyobb, minél hosszabbak az erővonalak.

Mekkora az l_k erővonalhossz az 1. ábrán látható magban?

A belső erővonalak rövidebbek a külsőknél, ezért a közepes l_k erővonalhosszat használjuk.

Ez az 1. ábra szerinti vasmagban:

$$l_k = 50 \text{ mm} + 50 \text{ mm} + 50 \text{ mm} + 50 \text{ mm}$$

$$l_k = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$$

Az erővonalak lekerekítését a vasmag sarkaiban elhanyagoltuk.

A mágneses térerősség az a gerjesztés, amely az erővonal méterenkénti hosszához tartozik úgy, hogy a magban a kívánt mágneses fluxust létrehozzuk.

A mágneses térerősség jelölése H .

Az H mágneses térerősség azt adja meg, hogy mekkora gerjesztés kell ahhoz, hogy az erővonalakat 1 m közepes erővonalhosszon „áthajtsuk”.

$$H = \frac{\Theta}{l_k}$$

H a mágneses térerősség;
 Θ a gerjesztés;
 l_k a közepes erővonalhossz.

Ez az egyenlet csak homogén mágneses térre ad pontos értéket.

A mágneses térerősséget A/m mértékegységben adjuk meg:

$$[H] = \frac{\text{A}}{\text{m}} \quad \left(1 \frac{\text{A}}{\text{m}} = 1 \frac{\text{N}}{\text{Wb}} \right)$$

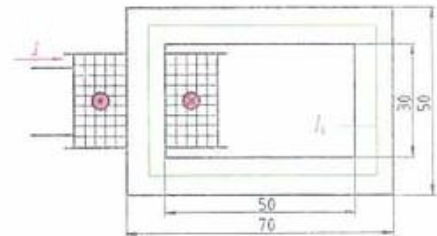
2. példa:

A vasmagos tekercs menetszáma 100, és 100 mA áram folyik át rajta. Mekkora a mágneses térerősség?

$$\Theta = I \cdot N = 0,1 \text{ A} \cdot 100 = 10 \text{ A}$$

$$l_k = 60 \text{ mm} + 40 \text{ mm} + 60 \text{ mm} + 40 \text{ mm} = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$$

$$H = \frac{\Theta}{l_k} = \frac{10 \text{ A}}{0,2 \text{ m}} = 50 \frac{\text{A}}{\text{m}}$$



Adott tekercsre általános érvényű:

Minél nagyobb a gerjesztés, annál nagyobb a térerősség.

Vonatkoztatassuk a gerjesztést 1 m közepes erővonalhosszra és a mágneses fluxust 1 m^2 keresztmetszetre, akkor kijelenthetjük:

Minél nagyobb a mágneses térerősség, annál nagyobb a mágneses indukció.

Ezenkívül figyelembe kell venni az anyag permeabilitását is. A pontos összefüggés B és H között a következő:

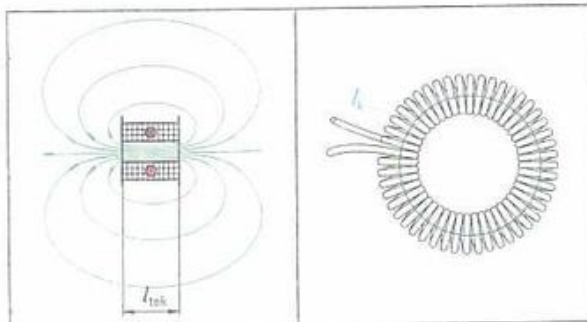
$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H$$

Ez az egyenlet légmagos tekercsre is érvényes. Levegőben $\mu_r = 1$, az összefüggés alakja tehát:

$$B = \mu_0 \cdot H$$

A mágneses térerősség számítása az 1. ábra légmagos tekercsében nagyon nehéz feladat. A légmagos tekercsek mágneses tere ugyanis nemhomogén. A közepes erővonalhosszat csak nagyon pontatlanul lehet megadni. A B indukció a tér különböző pontjaiban eltérő, ezért egy feltételezett közepes erővonalhossz mentén a térerősség változó. A $H = \Theta/l_k$ képlet itt nem érvényes.

Legnagyobb az indukció a tekercs belsejében (1. ábra), ezért erre a szakaszra kell, hogy jusszon a legnagyobb térerősség, mert B arányos H -val. A térerősségnek a tekercsen kívül eső része kicsi és elhanyagolható.



1. Légmagos tekercs

2. Toroidtekercs képe

A számításokban durva közelítésként l_k helyén l_{tek} állhat:

$$H \approx \frac{\Theta}{l_{tek}}$$

Könnyebben számítható a sűrűn tekercselt toroidtekercs (2. ábra), a közepes erővonalhossz egyértelműen meghatározható. A toroidtekercs belsejében a mágneses tér gyakorlatilag homogén.

3. példa:

Egy 1000 menetes toroidtekercsen, amelynek $d_k = 7$ cm a közepes átmérője és $A = 2$ cm² a tekercskeresztmetszete, 20 mA áram folyik.

a) Mekkora a mágneses indukció?

b) Mekkora a mágneses fluxus?

$$a) l_k = \pi \cdot d_k = 3,14 \cdot 7 \text{ cm} = 22 \text{ cm} = 0,22 \text{ m}$$

$$\Theta = I \cdot N = 20 \text{ mA} \cdot 1000 = 20 \text{ A}$$

$$H = \frac{\Theta}{l_k} = \frac{20 \text{ A}}{0,22 \text{ m}} = 91 \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

$$B = \mu_0 \cdot H$$

$$B = 1,257 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 91 \frac{\text{A}}{\text{m}} = 1,14 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$$

$$B = 1,14 \cdot 10^{-4} \text{ T}$$

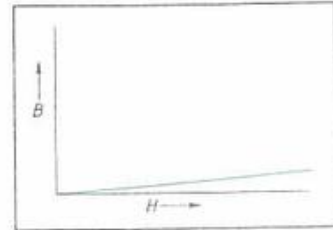
$$b) \Phi = B \cdot A = 1,14 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} \cdot 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\Phi = 2,28 \cdot 10^{-8} \text{ Vs} = 2,28 \cdot 10^{-8} \text{ Wb}$$

Mágnesezési görbe

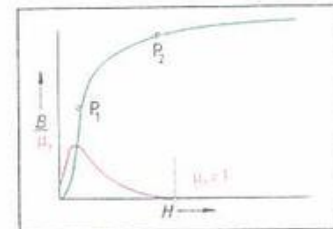
Általánosan igaz: minél nagyobb a mágneses térerősség, annál nagyobb az indukció.

Légmagos tekercsekben B és H arányosak egymással (3. ábra).



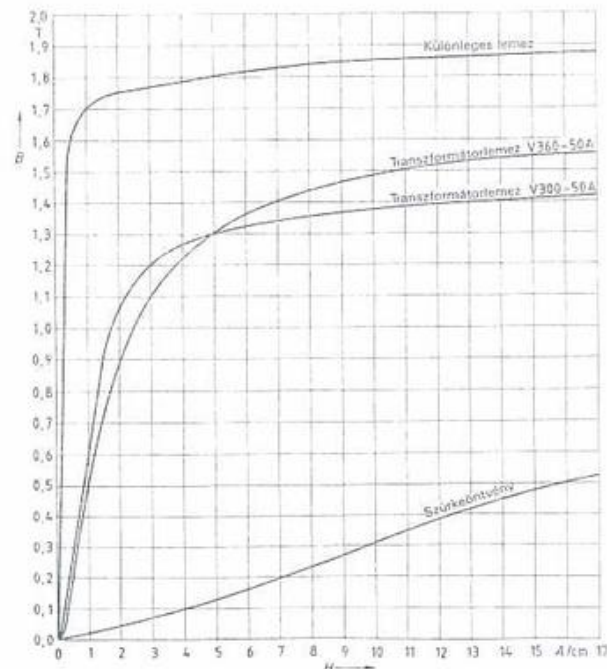
3. Légmagos tekercs indukciójának menete

Vasmagos tekercsekben B és H arányosak egymással. A μ_r relatív permeabilitás ferromágneses anyagokban a térerősségtől függően változik. Nagysága az elemi mágnesek polarizációjától függ (4. ábra). A P_1 és P_2 közötti szakaszt telítési könyököknek nevezik, mert itt az elemi mágnesek többsége egy irányba fordul.

4. Vasmagos tekercs indukciójának menete és a μ_r relatív permeabilitás változása

A 4. ábrán látható görbe a mágnesezési görbe, amely csak egyetlen, meghatározott anyagra érvényes.

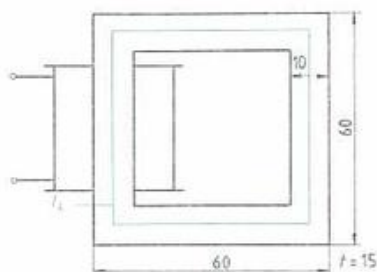
Az 5. ábrán különböző, gyakran használt anyagok mágnesezési görbéi láthatók.



5. Mágnesezési görbék: (Különleges lemez: hidegen hengerelt, irányított szerkezetű lemez a hengerlés irányában mágnesezve).

1. példa:

Egy vasmagban 1,3 T indukciót kell létrehozni. A vasmag anyaga V 300–50 A transzformátorlemez. A tekercs 800 menetes. Mekkora kell lennie a tekercs áramának?



A 100. oldal mágnesezési görbéje szerint (5. ábra):

$$B = 1,3 \text{ T értékhez } H = 5 \frac{\text{A}}{\text{cm}} = 500 \frac{\text{A}}{\text{m}} \text{ tartozik}$$

$$l_k = 50 \text{ mm} + 50 \text{ mm} + 50 \text{ mm} + 50 \text{ mm}$$

$$l_k = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$$

$$H = \frac{\Theta}{l_k}; \quad \Theta = H \cdot l_k = 500 \frac{\text{A}}{\text{m}} \cdot 0,2 \text{ m} = 100 \text{ A}$$

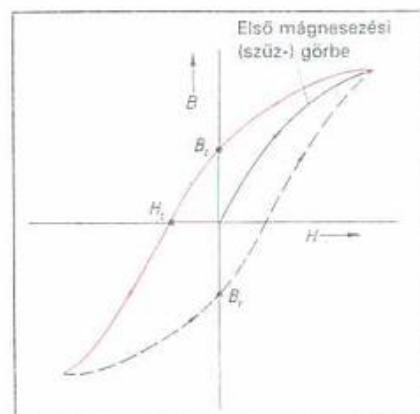
$$\Theta = I \cdot N; \quad I = \frac{\Theta}{N} = \frac{100 \text{ A}}{800} = 0,125 \text{ A}$$

Hiszterézisgörbe

Egy tekercs vasmagját a telítésig mágnesezzük. Ekkor az összes elemi mágnes egy irányba fordul.

Csökkentsük most az I áramot, ezzel a H térerősség is csökken. Az egy irányba fordult elemi mágnesek

ismét a rendezetlen állapotukba mennek át. Az elemi mágnesek némelyike még ekkor is a rendezés irányában marad. A mágneses indukció tehát nem csökken annyira, mint amennyire az áram növelésekor nőtt. Amikor az áramot és ezzel a térerősséget nullára csökkentjük, az indukció nem csökken nullára, meghatározott értékű marad. Ezt a maradó mágnességet a vasmagban **remanenciának**¹ nevezzük. Jele: B_r (1. ábra).



1. Hiszterézis-görbe

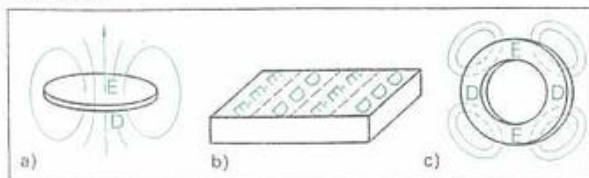
Ha a vasmagban nullára akarjuk csökkenteni az indukciót, meg kell fordítani a tekercsben az áram irányát. Ezzel ellenkező irányú térerősséget hozunk létre, ami az elemi mágneseket ellenkező irányba akarja fordítani. Azt a térerősséget, ami a remanencia megszüntetéséhez szükséges, H_c **koercitív térerősségnek** nevezzük. Néha találkozunk a régi koercitív erő² elnevezéssel is (1. ábra). Többszöri fel- és lemmágnesezés után a görbe a **hiszterézisgörbe** vagy **hiszterézishurok** alakját vesz fel.

8.3. Mágneses anyagok

Keménymágneses anyagok

Az alapanyagok egy csoportjánál majdnem minden elemi mágnes irányított marad, ha a külső rendező mágneses tér eltűnik. A test megtartja mágneses tulajdonságát, **állandó** vagy **permanens mágnessé** válik. Az ilyen tulajdonságú anyagokat **keménymágneses anyagoknak** nevezzük. (l. a 3. és 1. ábrát a 102. oldalon).

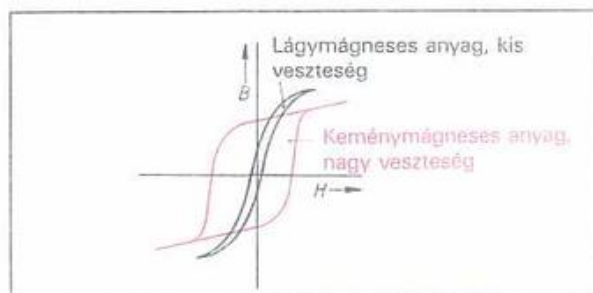
Mérőműszerekben, kismotorokban, kerékpárdinamókban, televíziókészülékekben, tapadó- és rögzítőmágnesként, tengelykapcsolókban és sok más célra alkalmazzák őket.



2. Mágnesformák

A korszerű mágneses anyagok egészen újszerű alakú mágneseket eredményeznek (2a. . . c ábrák):

- tárcsa, axiálisan mágnesezve;
- lemez, homlokoldalon többpólusúan mágnesezve;
- körgyűrű, négy belső pólussal.



3. Mágneses anyagok átmágnesezési vesztesége

¹ Remanencia: lemaradás, visszamaradó mágnesség (latin)

² Koercitív erő: az elért mágnesség megtartásának képessége (latin)

Lágymágneses anyagok

Az alapanyagok egy másik csoportjánál — ha megszűnik a külső mágneses irányító tér — az elemi mágnesek visszatérnek rendezetlen állapotukba. Az ilyen anyagokból készült testek a mágnesességüket elveszítik, ismét mágnesezetlenek lesznek.

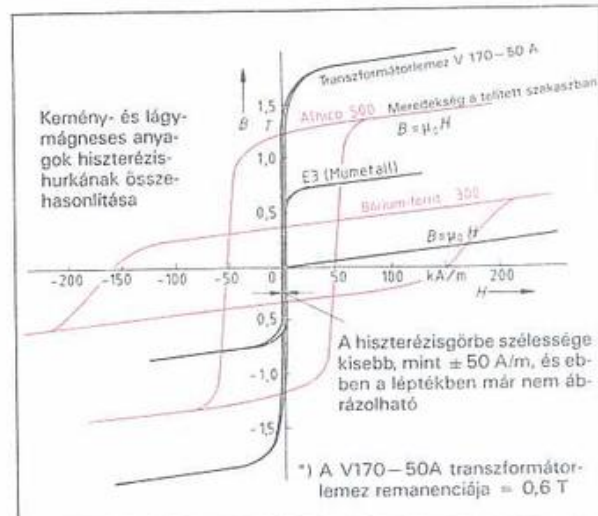
Az elemi mágnesek egy része mégis irányított marad, fennmarad egy kis maradékmágnesesség. Az ilyen anyagok a **lágymágneses anyagok** (l. a 3. ábrát a 101. oldalon, és az 1. ábrát).

Mindenütt, ahol a mágnesességre csak időszakosan van szükség, vagy ahol az irányított mágneses teret meg kell fordítani, az alkatrészeket lágymágneses anyagból készítik. Ilyenek pl. a tekercselt vasmagok, a transzformátorlemez, a relék vasmagjai és mozgórészei.

Átmágnesezési veszteség

Az átmágnesezési veszteség egyik mértéke a hiszterézisgörbe alatti terület (l. a 3. ábrát a 101. oldalon és az 1. ábrát).

Az alapanyagok összehasonlítása



1. A kemény- és lágymágneses anyagok összehasonlítása

8.4. Mágneses körök

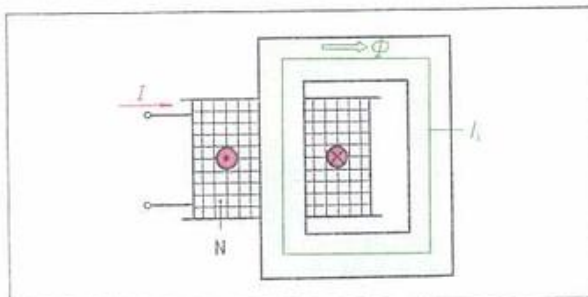
Légrés nélküli mágneses kör

Azt az önmagában zárt pályát, amelyet az áramló elektronok befutnak, **villamos áramkörnek** nevezzük.

Azt az önmagában zárt pályát, amelyet a mágneses erővonalak befutnak, **mágneses körnek** nevezzük.

A 2. ábrán zárt vasmagos mágneses kört látunk.

A mágneses kör a mágneses erővonalak számára meghatározott vezetéssel rendelkezik. A mágneses vezetés annál nagyobb, minél nagyobb a μ , relatív permeabilitás. Ezenkívül a vasmag keresztmetszetétől és a közepes erővonalhossztól is függ.



2. Zárt vasmagos mágneses kör

A mágneses vezetés jele: Λ^1 . Állandó keresztmetszetű vasmag mágneses vezetésértéke a következő összefüggéssel számítható ki:

$$\Lambda = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A}{l_k}$$

Λ a mágneses vezetés
 A a vaskeresztmetszet;
 l_k a közepes erővonalhossz;
 μ_0 a mágneses térállandó;
 μ_r a relatív permeabilitás.

Mértékegysége:

$$[\Lambda] = \frac{\text{Vs}}{\text{A}}$$

A Λ mágneses vezetést a híradástechnikában alkalmazott tekercsek számításakor Λ_L **induktivitástényezőnek** is nevezik.

A mágneses vezetés reciproka az R_m mágneses ellenállás:

$$R_m = \frac{1}{\Lambda}$$

$$R_m = \frac{l_k}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A}$$

$$[R_m] = \frac{\text{A}}{\text{Vs}}$$

A mágneses kör és a villamos áramkör között a következő hasonlóság van:

A $\mathcal{E}$ gerjesztés a Φ mágneses fluxust, az U feszültség az I villamos áramot hozza létre.

Az I áram az áramkörben önmagában zárt pályán folyik, a Φ mágneses fluxus a mágneses körben önmagában zárt pályán halad.

¹ Λ : nagy lambda, görög betű

Az R villamos ellenállás az áramerősséget korlátozza. Az R_m mágneses ellenállás a mágneses fluxus nagyságát korlátozza (1. és 2. ábra).

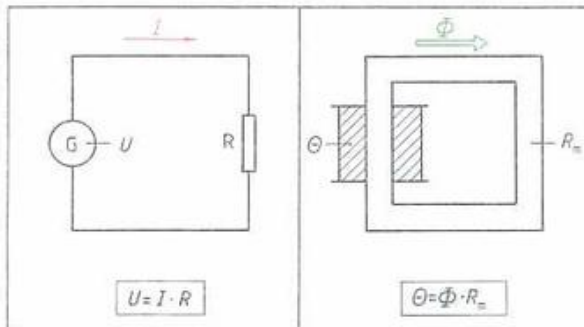
Eszerint tehát:

Θ analóg U -hoz,
 Φ analóg I -hez,
 R_m analóg R -hez.

Ezeknek a hasonlóságoknak az alapján felállíthatjuk a mágneses körök Ohm-törvényét:

$$\Theta = \Phi \cdot R_m$$

Φ a mágneses fluxus;
 Θ a gerjesztés;
 R_m a mágneses ellenállás.

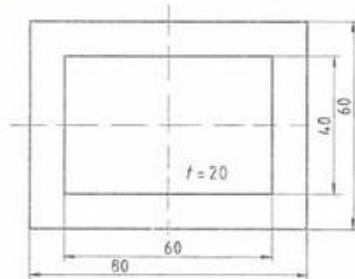


1. Áramkör

2. Mágneses kör

1. példa:

Az adott vasmag anyaga V 360–50 A jelű transzformátorlemez.



1,1 T indukciót akarunk elérni. Mekkora gerjesztés kell hozzá?

Mekkora a mágneses fluxus?

A V 360–50 A transzformátorlemez mágnesezési görbéje szerint 1,1 T indukcióhoz 3 A/cm télerősség tartozik (l. az 5. ábrát a 100. oldalon):

$$H = 300 \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

A közepes erővonalhossz a következőképpen számítható:

$$l_k = (70 + 50 + 70 + 50) \text{ mm} = 240 \text{ mm} = 0,24 \text{ m}$$

Most kiszámíthatjuk a szükséges gerjesztést:

$$H = \frac{\Theta}{l_k} \quad \Theta = H \cdot l_k = 300 \frac{\text{A}}{\text{m}} \cdot 0,24 \text{ m} \\ \Theta = 72 \text{ A}$$

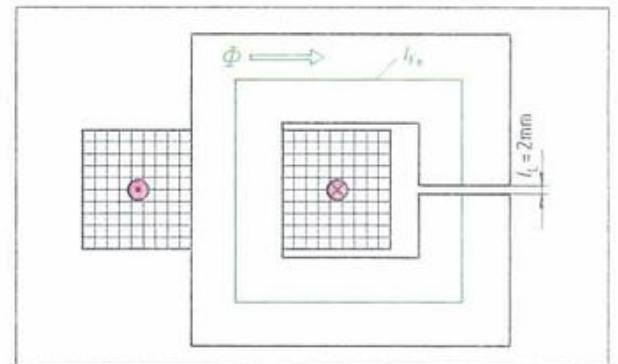
A mágneses fluxus nagysága $2 \text{ cm}^2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ vasmag-keresztmetszethez:

$$\Phi = B \cdot A = 1,1 \text{ T} \cdot 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 2,2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} \cdot \text{m}^2 \\ \Phi = 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ Vs}$$

Légréses mágneses kör

A 3. ábrán légréses mágneses kört látunk.

A vasmag keresztmetszete mindenhol 4 cm^2 , a légrésnek ugyanekkora a hatásos keresztmetszete. A közepek erővonalhossz $l_k = 20 \text{ cm}$.



3. Légréses mágneses kör

A vasmag V 360–50 A transzformátorlemez, 0,5 T indukciót akarunk elérni. Keressük a szükséges gerjesztést!

A gerjesztésszükséglet egyik része a vas mágneses ellenállásának, másik része a levegő mágneses ellenállásának legyőzéséhez szükséges.

0,5 T indukcióhoz a transzformátorlemez mágnesezési görbéje szerint $100 \frac{\text{A}}{\text{m}}$ gerjesztés tartozik (a 100. oldal mágnesezési görbéje szerint).

A 20 cm közepes erővonalhossz a következőképpen oszlik meg:

hossza a vasban $l_{fe} = 19,8 \text{ cm} = 0,198 \text{ m}$
 a légrésben $l_l = 0,2 \text{ cm} = 0,002 \text{ m}$

A vasra jutó Θ_{fe} gerjesztési összetevő:

$$\Theta_{fe} = H \cdot l_{fe} = 100 \frac{\text{A}}{\text{m}} \cdot 0,198 \text{ m} = 19,8 \text{ A}$$

A levegőszakaszra jutó gerjesztésszükségletet így kapjuk:

$$B = \mu_0 \cdot H$$

$$H = \frac{B}{\mu_0} = \frac{0,5 \text{ T}}{1,257 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}}$$

$$H = \frac{0,5 \text{ Vs Am}}{\text{m}^2 \cdot 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ Vs}}$$

$$H = \frac{0,5 \cdot 10^6 \text{ A}}{1,257 \text{ m}} = 398 \cdot 10^3 \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

A légrésre jutó Θ_L gerjesztés l_L hosszán:

$$\Theta_L = H \cdot l_L = 398 \cdot 10^3 \frac{\text{A}}{\text{m}} \cdot 0,002 \text{ m} = 796 \text{ A}$$

A mágneses kör számára az eredő gerjesztésszükséglet a következő:

$$\Theta = \Theta_{Fe} + \Theta_L$$

Θ az eredő gerjesztés;
 Θ_{Fe} a vasmagra jutó gerjesztés;
 Θ_L a légrésre jutó gerjesztés.

$$\Theta = 19,8 \text{ A} + 796 \text{ A}$$

$$\Theta = 815,8 \text{ A}$$

A gerjesztésszükséglet túlnyomó része a légrés mágneses ellenállásának a legyőzéséhez szükséges.

A mágneses tér mennyiségeinek áttekintése

Jelölések és képletek	Megnevezés	Mértékegység
I	Egy menet árama	A
N	A tekercs menetszáma	1
Φ	Mágneses fluxus	$\text{Vs} = \text{Wb}$
A	Felület	m^2
l_k	Közepes erővonalhossz	m
μ_0	Mágneses térállandó	$\frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$
	$\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$	
μ_r	Relatív permeabilitás	1
$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$	Permeabilitás	$\frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$
$\Theta = IN$	Gerjesztés	A
$B = \frac{\Phi}{A} = \mu \cdot H$	Mágneses indukció	$\frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} = \text{T}$
$H = \frac{\Theta}{l_k}$	Mágneses térerősség	$\frac{\text{A}}{\text{m}}$
$R_m = \frac{l_k}{\mu \cdot A}$	Mágneses ellenállás	$\frac{\text{A}}{\text{Vs}}$
$\Lambda = \frac{1}{R_m}$	Mágneses vezetés (A _L induktivitástényező)	$\frac{\text{Vs}}{\text{A}}$
$L = \Lambda \cdot N^2$	Egy tekercs induktivitása	$\frac{\text{Vs}}{\text{A}} = \text{H}$
$W = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$	A mágneses tér energiája	Ws

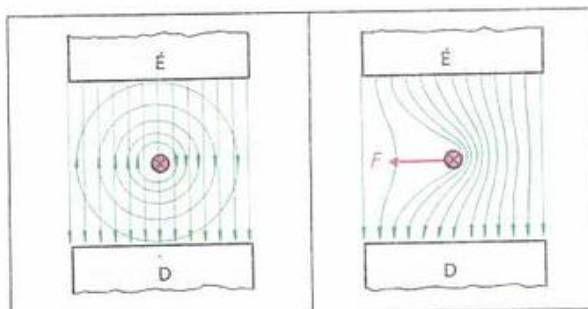
8.5. A mágneses tér erőhatása

Mágneses tér erőhatása áramtól átjárt vezetőre

Az áramtól átjárt vezető környezetében mágneses tér van. A külső mágneses tér és a vezető mágneses tere összegeződik (1. ábra).

Az áramtól átjárt vezetőre a jelzett irányú F erő hat (2. ábra).

Az áramtól átjárt vezetőre ható erő a külső mágneses térből a gyengített mező felé nyomja a vezetőt.



1. Két mágneses tér összegzése

2. Eredő mágneses tér

Az F erő nagysága függ a külső mágneses tér indukciójától, a vezető hosszától a mágneses térben, az áramerősségtől és attól a szögtől, amit a külső mágneses tér erővonalai a vezetővel bezárnak.

Ha az erővonalak a vezetőre merőlegesen (2. ábra), akkor homogén külső mágneses térben az egyenlet alakja:

$$F = B \cdot I \cdot l$$

F az erő;
 B a külső mágneses tér mágneses indukciója;
 I a vezető árama;
 l a vezető hossza a mágneses térben.

1. példa:

Áramtól átjárt vezető 1,2 T indukciójú homogén mágneses térben van. A vezetőn 10 A áram folyik át. A vezető az erővonalakra merőleges helyzetű, és hosszúsága a mágneses térben 5 cm.

Mekkora erő hat a vezetőkre?

$$F = B \cdot I \cdot l$$

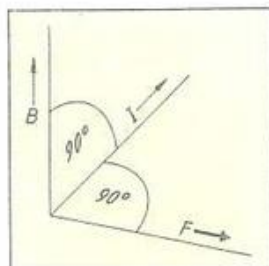
$$F = 1,2 \text{ T} \cdot 10 \text{ A} \cdot 5 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 0,6 \frac{\text{Vs} \cdot \text{A} \cdot \text{m}}{\text{m}^2} = 0,6 \frac{\text{VAs}}{\text{m}}$$

$$F = 0,6 \frac{\text{Ws}}{\text{m}} \quad 1 \frac{\text{Ws}}{\text{m}} = 1 \text{ N}$$

$$F = 0,6 \text{ N}$$

A B mágneses tér, az I áram és az F erő egymáshoz viszonyított irányát mutatja be az 1. ábra.

Az erő iránya könnyen megjegyezhető a balkéz-szabállyal:



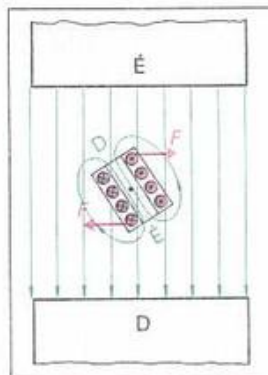
1. A B mágneses tér, az I áram és az F erő irányainak összerendelése

Ha bal kezünket úgy tartjuk, hogy az erővonalak a tenyerünkbe lépnek be és az ujjaink az áram irányába mutatnak, akkor az erő a kinyújtott hüvelykujunk irányába mutat.

Mágneses tér erőhatása áramvezető tekercsre, a motorelv.

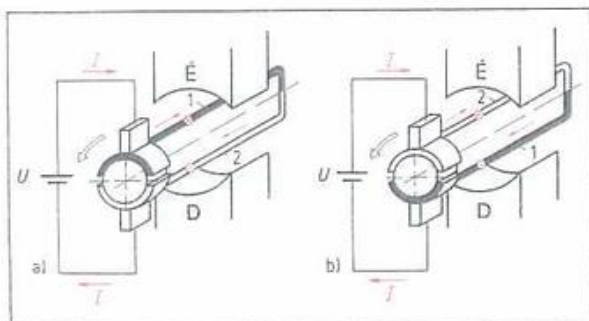
Az áramvezető tekercsnek mágneses pólusai vannak (2. ábra).

A tekercsre forgatónyomaték hat mindaddig, amíg a tekercs északi pólusa el nem fordul a külső mágneses tér irányába.



2. Áramvezető tekercs mágneses térben

Ha megfordítjuk az áramirányt, folytatódik a forgás. Ha a tekercsáramot újra meg újra megfordítjuk a megfelelő pillanatban, tartós forgást érünk el. Ezen a motorelven épülnek fel az egyenáramú motorok (3. ábra).



3. Az egyenáramú motor elve, a kommutátor működése

Erőhatás áramtól átjárt vezetők között

Azonos vagy ellentétes áramirányú két áramvezető eredő mágneses terét összegezéssel kapjuk meg.

A 4. és 5. ábrán két párhuzamos vezető látható. Az F erő, amelyet a két vezető egymásra gyakorol, annál nagyobb, minél nagyobb az I_1 és I_2 áramerősség, minél hosszabbak a vezetők és minél kisebb közöttük a távolság:

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{l}{d} \cdot I_1 \cdot I_2$$

F a két vezető közötti erő;

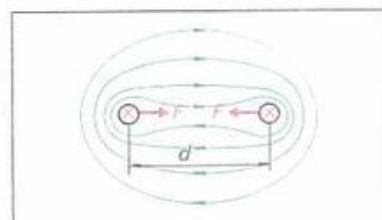
μ_0 a térállandó;

l a vezetők hossza;

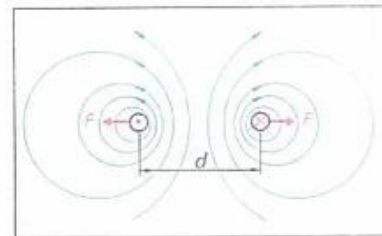
d a vezetők távolsága;

I_1, I_2 a vezetők árama.

4. Két, egy irányban áramot vezető vezeték eredő mágneses tere



5. Két, ellentétes irányban áramot vezető vezeték eredő mágneses tere



Minden két, áramtól átjárt vezető között erőhatás van, amely azonos áramiránynál vonzó, ellentétes áramiránynál taszító irányú.

2. példa

Egymástól $d = 10$ cm távolságban elhelyezett, 10 m hosszú gyűjtősíneken 1000 A áram folyik át ellentétes irányban. Rövidzárlatkor rövid ideig 100 000 A áram folyik.

Mekkora a gyűjtősínek közötti erő normális körülmények között és zárlat esetén?

Normális üzemben:

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{l}{d} \cdot I_1 \cdot I_2$$

$$F = \frac{1,257 \cdot 10^{-6} \text{ Vs}}{6,28 \text{ Am}} \cdot \frac{10 \text{ m}}{0,1 \text{ m}} \cdot 1000 \text{ A} \cdot 1000 \text{ A}$$

$$F = \frac{1,257 \cdot 10^{-6} \cdot 10^7}{6,28 \cdot 0,1} \cdot \frac{\text{Ws}}{\text{m}} = \frac{125,7}{6,28} \text{ N} \quad F = 20 \text{ N}$$

Rövidre záráskor:

$$F = 20 \text{ N} \cdot 10^4$$

$$F = 200\,000 \text{ N}$$

Üzemi állapotban a gyűjtősínekre 20 N erő hat. Ez zárlat esetén $200\,000 \text{ N} = 200 \text{ kN}$ értékre nő.

$$F = \frac{B^2}{2 \cdot \mu_0} \cdot A = \frac{(0,5 \text{ T})^2}{2 \cdot 1,257 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}} \cdot 8 \text{ cm}^2$$

$$F = \frac{0,25 \cdot 8 \cdot 10^{-4} (\text{Vs})^2 \cdot \text{A} \cdot \text{m} \cdot \text{m}^2}{2 \cdot 1,257 \cdot 10^{-6} (\text{m}^2)^2 \cdot \text{Vs}}$$

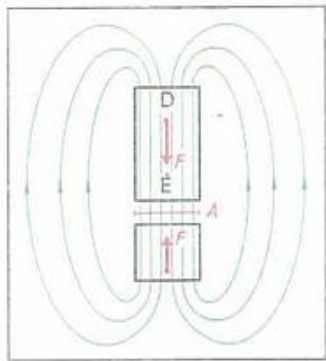
$$F = \frac{0,25 \cdot 8 \cdot 100}{2 \cdot 1,257} \frac{\text{Ws}}{\text{m}} = \frac{200}{2 \cdot 1,257} \text{ N} \quad F = 79,6 \text{ N}$$

Erőhatás ferromágneses anyagokra

Mágnesek közötti erő

Ha lágymágneses test mágnes közelébe kerül, a mágnes erővonalai áthatolnak a vasdarabon (1. ábra).

A mágneses tér arra törekszik, hogy az energiatartalmát minimálisra csökkentse. Az erővonalak „rövidülni” akarnak.



1. Mágnes és lágymágneses anyagú test mágneses tere

A vastesttre ható erő annál nagyobb, minél nagyobb a B indukció és minél nagyobb a mágneses fluxus által merőlegesen átgáz A felület.

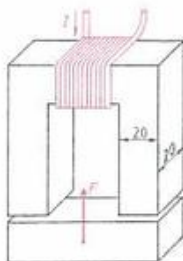
$$F = \frac{B^2}{2 \cdot \mu_0} \cdot A$$

F az erő;
 A a keresztmetszet;
 B az indukció;
 μ_0 a térállandó.

Két mágnes között az egyikükre ható F erő ugyanúgy számítható, mint a ferromágneses testre ható erő.

3. példa:

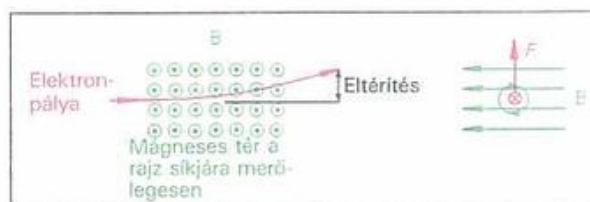
Egy elektromágnes a légrésben 0,5 T indukciót hoz létre. Mekkora erővel vonza a jármot?



A pólusok felülete egyenként 4 cm^2 . Az eredő felület 8 cm^2 .

Az elektronsugárra ható erő

A televízió képcsővében elektronsugarat hoznak létre, felgyorsítják, fókuszálják és eltérítik. A nagyképernyőjű csövekben nagy eltérítőerő szükséges, ami elektromágneses térrel érhető el.

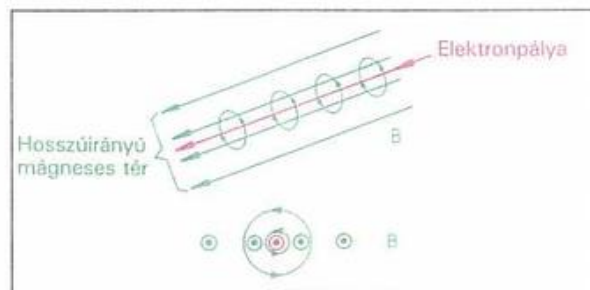


2. Elektronsugár eltérítése mágneses térrel

Az elektronsugár sok elektronból áll, amelyek mágneses téren haladnak át. Ez az áramnak felel meg.

A mágneses tér által a mozgó elektronra kifejtett erő mind az elektron sebességére, mind a mágneses térre merőleges irányú (2. ábra)

Ha az elektron a mágneses tér irányában mozog, akkor az nincs hatással sem a pályájára, sem a sebességére. A hosszúirányú mágneses tér az elektronsugarat fókuszálja (3. ábra).



3. Elektronsugár fókuszálása

Az indukciótörvény

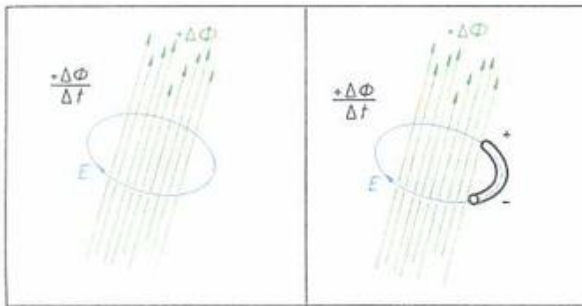
Az indukció jelensége

Ha a mágneses fluxus megváltozik, a mágneses fluxus környezetében villamos tér keletkezik.

Ezt a természeti törvényt nehéz pontosan megmagyarázni. A megváltozó mágneses tér körül villamos tér indukálódik¹ (1. ábra).

Az indukálás az ilyen tér létrehozásának szakkifejezése.

Ha az indukált villamos térben vezeték van, a két vége között feszültség mérhető. A villamos tér a vezetékben lévő töltéshordozókra erőt fejt ki. A szabad töltéshordozók követik az erő irányát, töltéshordozó-szétválasztás jön létre (2. ábra). A vezetékben feszültség indukálódik.



1. A változó mágneses tér körüli térben villamos tér indukálódik
2. Töltéshordozó-szétválasztás villamos térben

Az indukciótörvény

A műszaki megoldások többségében a mágneses fluxus vezetőhurokon vagy -tekercsen halad át (3. és 4. ábra).

Ebben az esetben:

Ha a vezetőhurok változó mágneses teret fog közre, akkor feszültség indukálódik benne.

Az indukált feszültség annál nagyobb, minél nagyobb a mágneses fluxus időegységre eső változása. A mágneses fluxus változását $\Delta\Phi$ jelöli, amely Δt idő alatt következik be:

$$u_i = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

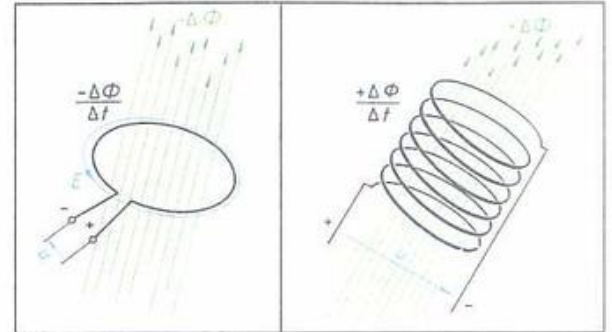
u_i az egy menetben indukált feszültség.

A negatív előjel az indukált feszültség irányával függ össze, és egyelőre figyelmen kívül hagyható.

¹ inducare: előidéz (latin)

Minden vezetőhurokban vagy -menetben u_i feszültség keletkezik. Ha N menetet sorba kapcsolunk, az indukált feszültség nagysága:

$$u_o = N \cdot u_i$$



3. Feszültségindukálás vezetőhurokban

4. Feszültségindukálás tekercsben

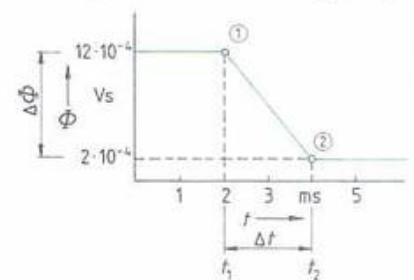
Az indukciótörvény tehát általános alakjában így szól:

$$u_o = - N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

- u_o az indukált feszültség (forrásfeszültség);
- $\Delta\Phi$ a mágneses tér megváltozása;
- Δt a megváltozáshoz tartozó idő;
- N a tekercs menetszáma.

1. példa:

A mágneses fluxus, amely az ábra szerinti tekercsen halad át, 2 ms alatt $12 \cdot 10^{-4}$ Vs értékről $2 \cdot 10^{-4}$ Vs értékűre változik. A tekercs menetszáma 1000. Mekkora az $|u_o|$ indukált feszültség (előjel nélkül)?



$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$



$$|u_o| = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 1000 \cdot \frac{10 \cdot 10^{-4} \text{ Vs}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ s}} \quad |u_o| = 500 \text{ V}$$

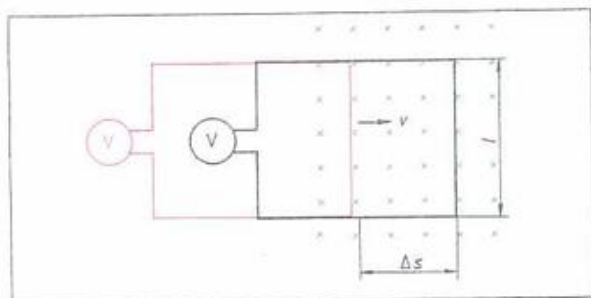
A tekercsben indukált feszültség 500 V.

Egyenes vezető mozgása mágneses térben

Az indukciós jelenségek műszaki alkalmazásában sokszor egyenes vezetők mozognak közel homogén mágneses térben. Eközben a vezetőhöz tartozó mágneses tér egyenletesen változik.

Amikor az 1. ábra szerinti vezetőhurok Δs utat tesz meg, a vezetőhurok által átfogott Φ fluxus változása

$$\Delta\Phi = B \cdot l \cdot \Delta s:$$



1. Mágneses fluxus vezetőhurokban

Legyen az idő, amely alatt a mozgás létrejön, Δt , az indukciótörvényt a következő alakban írhatjuk fel:

$$u_G = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{B \cdot l \cdot \Delta s}{\Delta t} = B \cdot l \cdot \frac{\Delta s}{\Delta t} = B \cdot l \cdot v$$

$\frac{\Delta s}{\Delta t}$ a v sebesség. A feszültség előjelét nem vesszük figyelembe, a menetszám 1:

$$u_G = B \cdot l \cdot v$$

B a mágneses indukció;
 l a mágneses térben mozgó vezető hossza;
 v a vezető sebessége.

Az indukciótörvénynek ezt az alakját elsősorban a villamosgép-tervezésnél alkalmazzák.

Ezzel az összefüggéssel kiszámítható az olyan vezető feszültsége, amely B indukciójú mágneses térben v sebességgel mozog a mágneses erővonalakra merőlegesen.

2. példa:

20 cm hosszú vezető homogén mágneses térre merőlegesen 30 m/s sebességgel mozog. A mágneses tér erőssége 1,2 T.

Mekkora a feszültség a vezeték két vége között? Az előjele figyelmen kívül hagyható.

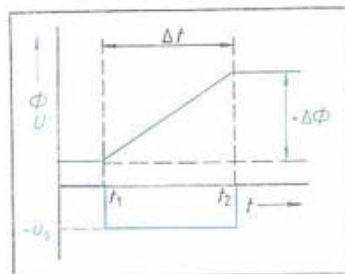
$$u_G = B \cdot l \cdot v$$

$$u_G = 1,2 \text{ T} \cdot 20 \text{ cm} \cdot 30 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1,2 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} \cdot 0,2 \text{ m} \cdot 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$u_G = 7,2 \text{ V}$$

Az indukált feszültség iránya

A 2. ábrán egy tekercs által körbefogott mágneses fluxus időbeli változását ábrázoltuk. A t_1 időponttól a t_2 időpontig a görbe emelkedik. A mágneses fluxus ezen idő alatt $\Delta\Phi$ értékkel nő, $\Delta\Phi$ értéke pozitív.

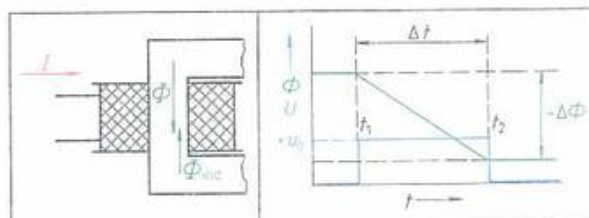


2. Mágneses fluxus időbeli változása és az indukált feszültség

Az indukciótörvény $\Delta\Phi$ pozitív értékéhez negatív indukált feszültséget rendel:

$$u_G = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Ha a mágneses fluxus (pozitív irányban) nő, a keletkező indukált feszültség negatív.

3. A fluxus növekedésekor a Φ_{ind} fluxus Φ irányával ellentétes

4. Mágneses fluxus időbeli változása és az indukált feszültség

Az így keletkező áram olyan Φ_{ind} fluxust hoz létre, amely a Φ fluxussal ellentétes irányú (3. ábra).

Ha a mágneses fluxus a 4. ábra szerint változik, tehát a t_1 időponttól a t_2 időpontig $\Delta\Phi$ értékkel csökken, akkor az előjele negatív.

Negatív $\Delta\Phi$ értékhez az indukciótörvény pozitív indukált feszültséget rendel. Az egyenlet negatív előjelét $\Delta\Phi$ negatív előjele megfordítja.

Ha a mágneses fluxus (pozitív irányban) csökken, a keletkező indukált feszültség pozitív.

Az így keletkező áram olyan Φ_{ind} fluxust hoz létre, amely a Φ fluxussal egyirányú.

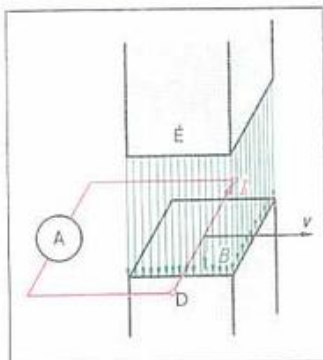
Ha összehasonlítjuk az indukált feszültség által létrehozott áram irányát a Φ mágneses fluxus növekedésekor és csökkenésekor, azt mondhatjuk, hogy:

Az indukált feszültség által létrehozott áram mindig olyan irányú, hogy a saját mágneses tere a fluxusváltozást akadályozni próbálja.

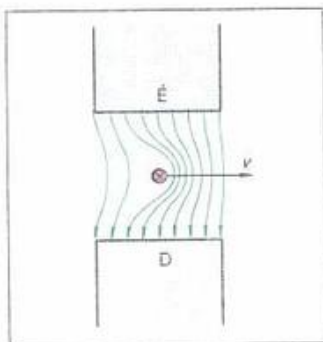
Ezt a megállapítást Lenz-törvénynek¹ nevezzük.

A generátorelv

Mozogjon az 1. és 2. ábra szerint egyenes vezető v sebességgel mágneses térben, akkor a keletkező áram az ábrán látható irányban folyik.

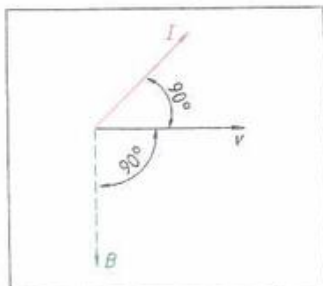


1. Vezető mozgatása homogén mágneses térben



2. Vezető mozgatása homogén mágneses térben

A B mágneses tér, az I indukált áram és a v sebesség összetartozó irányai a 3. ábrán láthatók.

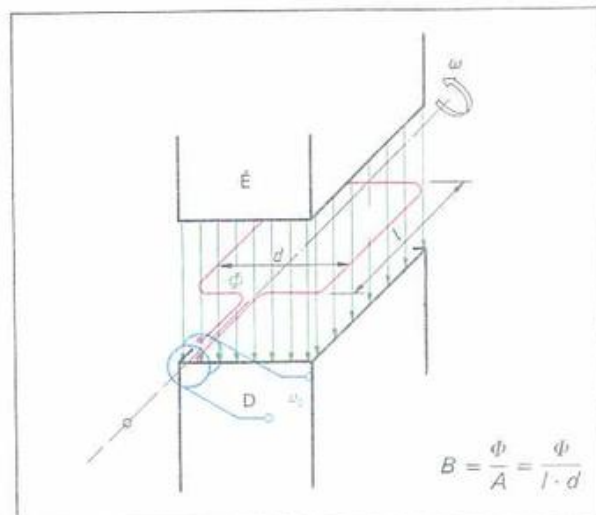


3. A B mágneses tér, az I áram és a v sebesség irányának összerendelése

¹ H. F. E. Lenz (1804–1865), német fizikus.

Megjegyzésre a jobbkéz-szabály vagy más néven generátorszabály jól használható:

Ha a jobb kezünket úgy tartjuk, hogy a mágneses tér erővonalai a tenyerünkbe lépnek be és a kinyújtott hüvelykujjunk a mozgás irányába mutat, akkor az indukált feszültség által létrehozott áram kinyújtott ujjaink irányában folyik (4. ábra).



4. Forgatható vezetőkhurrok, a generátorelv

A transzformátorelv

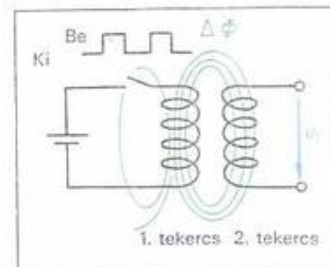
Az indukált feszültség létrehozásához szükséges $\Delta\Phi$ mágneses fluxusváltozást a tekercs be- és kikapcsolásával is létre lehet hozni (5. ábra).

Amikor az 1. tekercs változó mágneses fluxusa a 2. tekercsen átmegy, akkor benne

$$u_2 = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \text{ feszültség indukálódik.}$$

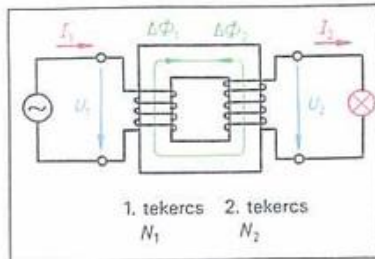
Annak érdekében, hogy az 1. tekercs fluxusát lehetőleg teljes mértékben átvezessük a 2. tekercsen, vasmagot használunk (l. az 1. ábrát a 110. oldalon). A gyakorlatban az 1. tekercsre váltakozó feszültség kerül.

A 2. tekercs feszültsége a fogyasztón I_2 áramot hajt.



5. Indukció

Az 1. ábrán látható elrendezést transzformátornak, működési elvét pedig transzformátor-elvnek nevezzük.



1. Transzformátorelv

A transzformátor képes feszültséget változtatni, transzformálni.

Eszerint:

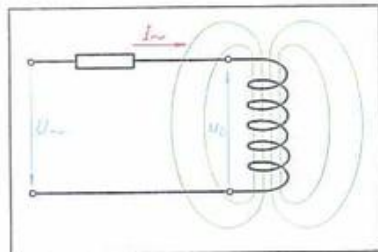
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

U_1 az 1. tekercsre kapcsolt bemeneti váltakozó feszültség;
 U_2 a 2. tekercsen megjelenő váltakozó feszültség;
 N_1 az 1. tekercs menetszáma;
 N_2 a 2. tekercs menetszáma.

Önindukció

Egy tekercsen időben változó áram, pl. váltakozó áram folyik át.

A tekercs körül folyamatosan változó mágneses tér keletkezik (2. ábra).



2. Tekercs váltakozó áramú mágneses térben

A tekercsen tehát folyamatosan változó mágneses tér (váltakozó tér) halad keresztül.

A növekedő mágneses fluxus negatív indukált feszültséget, ill. önindukciós feszültséget kelt. Azt jelenti, hogy az U_0 önindukciós feszültség a külső U_- feszültség és I_- áram ellen hat.

Az áram növekedésekor az önindukciós feszültség az áramiránnyal ellentétes. Az áramot fékezi, és késlelteti a növekedését. Ezzel együtt a mágneses tér felépülését fékezi.

Csökkenő mágneses fluxus pozitív önindukciós feszültséget indukál. Az önindukciós feszültség most a külső feszültség és áram irányába hat.

Csökkenő áram mellett az önindukciós feszültség az áram irányában hat. Segíti az áram fennmaradását és késlelteti a csökkenését. Ezzel együtt a mágneses tér leépülését fékezi.

Az önindukciós feszültség tehát mindig a meglévő mágneses tér állapotának fenntartására törekszik. A mágneses tér tehetetlensége mutatkozik meg ebben. A Lenz-féle törvény az önindukcióra is érvényes.

A tekercs felépítéséből eredő tényezők egy, a tekercsre jellemző tényezőben összefoglalhatók. Ez a tekercstényező az induktivitás, régebben önindukciós tényező.

Az induktivitás jelölése: L .

Az u_0 önindukciós feszültség a következő egyenletből számítható ki:

$$u_0 = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

u_0 az önindukciós feszültség;
 L az induktivitás;
 ΔI az áramváltozás;
 Δt az áramváltozáshoz tartozó idő.

Megkapjuk az induktivitás mértékegységét, ha az egyenletből az L -t kifejezzük:

$$L = \frac{-u_0 \cdot \Delta t}{\Delta I} \quad [L] = \frac{Vs}{A} = \Omega s = H$$

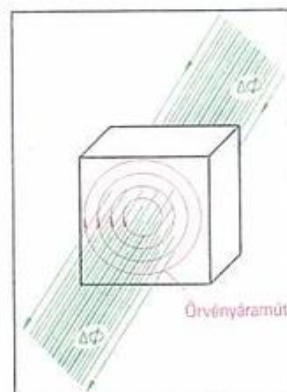
Az Ωs mértékegység neve henry¹ (H).

A tekercs induktivitása 1 H, ha 1 A egyenletes áramváltozás 1 s alatt 1 V önindukciós feszültséget hoz benne létre.

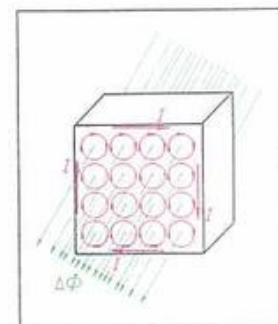
Örvényáramok

Vezető testben számtalan lehetséges áramút van. Ha változó mágneses tér halad rajta keresztül, meghatározott áramutak vezetőhurokként viselkednek, feszültség indukálódik bennük. Az indukált feszültség áramot hoz létre a testben, amely a mágneses fluxust gyűrű alakban körbefogja (3. ábra).

A mágneses fluxus növekedésekor és csökkenésekor ellentétes irányú az áram; az áram „örvénylik”.



3. Az örvényáram keletkezése



4. Örvényáramok vezető testben, amelyen váltakozó fluxus halad keresztül

¹ Henry, Joseph (1797 – 1878), amerikai természettudós.

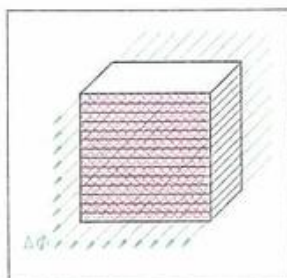
Ha az egész vezető testet mágneses fluxus járja át, akkor a felületén nagyobbak az örvényáramok, mint a belsejében. Ezt mutatja a 110. oldal 4. ábrája. Képzeljük úgy, hogy minden erővonal körül keletkezik egy kis köráram. Mivel a köráramok belül ellentétes irányúak, jórészt semlegesítik egymást, s a felületen nagy áram folyik.

Az örvényáramok a mágneses tértől energiát vonnak el.

Ez az energia végeredményben teljes mértékben hővé alakul.

Az örvényáramok többnyire nemkívánatosak, néhány esetben azonban, pl. örvényáramféknél, indukciós melegítéskor és fogyasztásmérők tárcsájánál, műszakilag hasznosak.

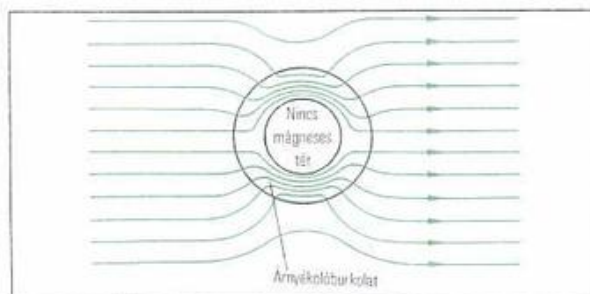
Az örvényáramok korlátozása érdekében a transzformátor-vasmagokat és a motorok és generátorok mágneses körét egymástól elszigetelt lemezekből készítik (1. ábra). Így nem alakulhatnak ki nagy felületi áramok. Az örvényáramokat erősen csökkenteni lehet, ha a vasmag anyagát tovább osztjuk. A nagyfrekvenciás technikában porvasmagokat használnak. Ezek vasporból vannak, és a részecskéket műanyag szigeteli el egymástól. A ferritmagokban gyakorlatilag nincs örvényáram, mert a ferritmagok villamosan nem vezető vas-oxidból készülnek.



1. Az örvényáramok csökkentése a fluxus irányában rétegelt, egymástól elszigetelt lemezekkel

Mágneses tér árnyékolása

Ha egy alkatrész nem szabad mágneses erővonalaknak átmenniük, akkor árnyékolják, azaz árnyékolótokban helyezik el. Mágneses tér árnyékolására nagy μ , permeabilitású ferromágneses anyagokat használnak, ezek eltérítik a mágneses teret (2. ábra). Árnyékolt térben nem lesz mágnesesség.

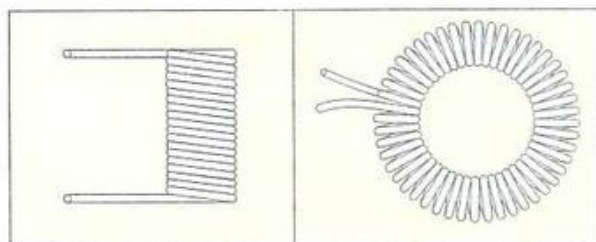


2. Mágneses tér árnyékolása

8.7. Tekercs egyenfeszültségű körben

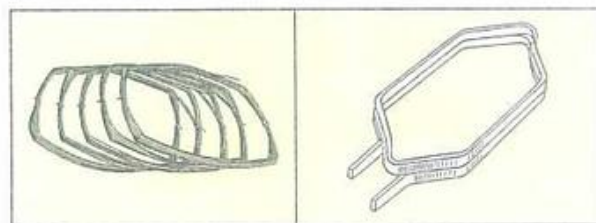
A tekercs induktivitása

A tekercseket légmagos és vasmagos tekercsekre osztjuk. Vannak hengeres tekercsek (3. ábra), körgyűrű (toroid) tekercsek (4. ábra), huzalttekercsek (5. ábra) és rúdtekercselések (6. ábra), amelyeket tekercselőgépeken (7. ábra) készítenek.



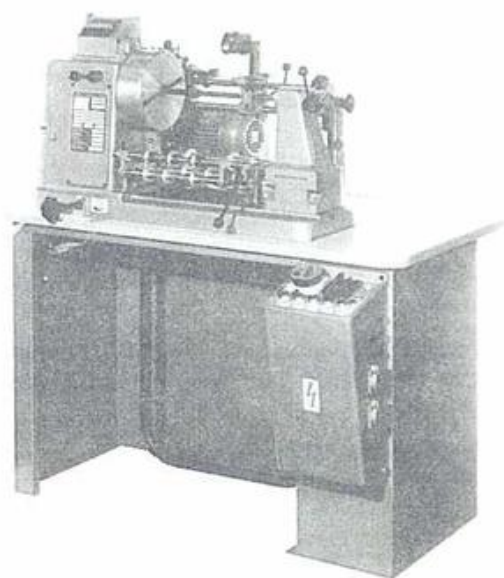
3. Hengeres tekercs

4. Körgyűrű- (toroid-) tekercs



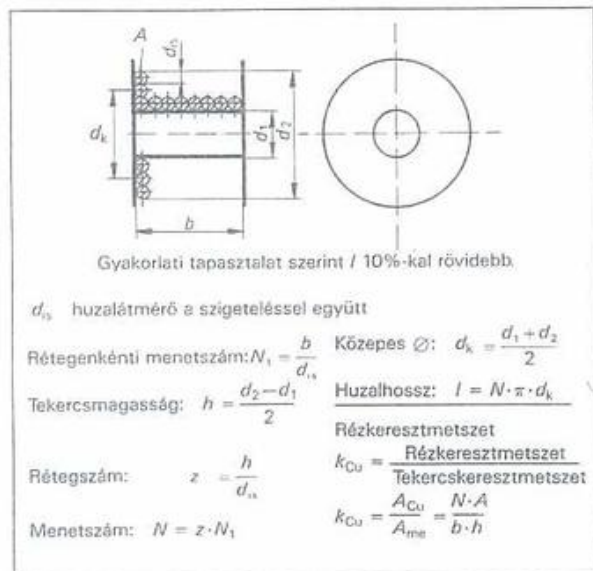
5. Huzalttekercselés

6. Rúdtekercselés

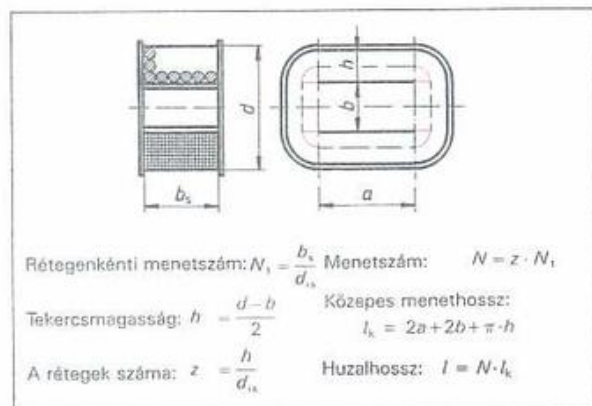


7. Tekercselőgép

A hengeres tekercsek kör- (1. ábra) vagy lapos formájúak (2. ábra) lehetnek.



1. Többrétegű hengeres tekercs



2. Többrétegű lapos tekercs

A tekercs induktivitása elsősorban a menetszámától függ, ezenkívül a geometriai kialakításától, tehát a tekercselés átmérőjétől, a tekercs hosszától, a tekercselés módjától, az esetleges vasmag méreteitől, felépítésétől és anyagától is.

A tekercsek induktivitása csak közelítőleg számítható. Légmagos tekercsekre viszonylag pontos eredményt kapunk.

Minden tekercsfajtaéhoz érvényes a következő egyenlet:

$$L = N^2 \cdot A$$

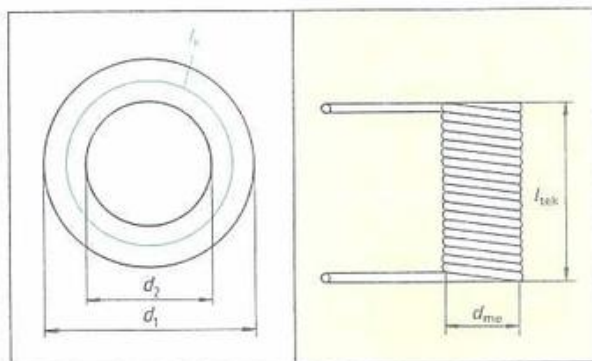
L az induktivitás;
 N a menetszám;
 A mágneses vezetőképesség,
 A_l értéknek is nevezik.

A nehézség a mágneses vezetőképesség kiszámításában van:

$$A = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A}{l_k}$$

$$L = N^2 \cdot \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A}{l_k}$$

μ_0 a mágneses térállandó;
 μ_r a relatív permeabilitás;
 A a keresztmetszet, amelyen az erővonalak áthaladnak;
 l_k a közepes erővonalhossz.



3. Középes erővonal, hosszúság környűrűtekercsben

4. Hengeres tekercs hossza és tekercsátmérője

Hengeres tekercsben nehéz meghatározni az l_k közepes erővonalhosszt. Vasmagos tekercseknél μ_r értékét csak pontatlanul lehet megadni, mert a térerősségtől függ.

Legkönnyebb kiszámítani a vasmag nélküli környűrűtekercsek induktivitását.

Tehát:

$$L = N^2 \cdot \frac{\mu_0 \cdot A}{l_k}$$

A közepes erővonalhossz:

$$l_k = \pi \cdot d_k = \pi \cdot \frac{d_1 + d_2}{2}$$

d_k a közepes átmérő;
 d_1, d_2 a tekercsátmérők a 3. ábra alapján.

Hengeres tekercsnél az l_k hosszat meg kell becsülnünk. Azoknál a tekercseknél, amelyeknek l hossza a d_{me} belső tekercsátmérőhöz képest nagy, az l_{tek} tekercshosszal lehet a közepes erővonalhosszt helyettesíteni. A tekercsen kívül a mágneses tér energiája kicsi. Az ott lévő erővonalak útját ezért elhanyagolhatjuk (4. ábra).

$$L \approx N^2 \cdot \frac{\mu_0 \cdot A}{l_{tek}}$$

1. példa

Egy 100 menetes hengeres tekercs hossza 50 mm és a tekercs belső átmérője 8 mm. Mekkora az induktivitása?

$$A = \frac{d_{\text{tek}}^2 \cdot \pi}{4} = \frac{(8 \text{ mm})^2 \cdot \pi}{4} = \frac{64 \cdot \pi}{4} \text{ mm}^2 = 50,3 \text{ mm}^2$$

$$L \approx N^2 \cdot \frac{\mu_0 \cdot A}{l}$$

$$L \approx 100^2 \cdot \frac{1,257 \cdot 10^{-6} \text{ Vs} \cdot 0,503 \text{ cm}^2}{\text{A} \cdot \text{cm} \cdot 5 \cdot \text{cm}}$$

$$L \approx 0,127 \cdot 10^{-3} \Omega \text{s}$$

$$L \approx 12,7 \cdot 10^{-6} \text{ H} = \underline{12,7 \mu\text{H}}$$

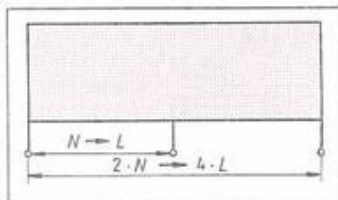
Az L induktivitás arányossági tényezői

Akár légmagos, akár vasmagos a tekercs, L induktivitása a **menetszám négyzetével**, N^2 -tel arányos: kétszeres a menetszám, négyszeres az induktivitás (1. ábra).

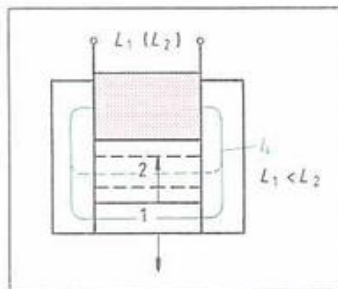
Alkalmazás: megcsapolt tekercsek különböző be- és kimenetekkel.

Vasmagos tekercsekben az l_k közepes erővonalhossz rövidítésével csökken az induktivitás, és megfordítva.

Alkalmazás: hangolómagok, változtatható mágneses sönt, állítható járom (2. ábra).



1. Megcsapolt tekercs
 $L \sim N^2$



2. Az induktivitás
változása a járom
eltolása miatt

Hőmérsékletfüggés

A légmagos tekercs l hossza és D átmérője a hőmérséklet növekedésével azonos arányban nő. Az átmérő növekedése azonban az induktivitást erősebben befolyásolja, mert az induktivitás az átmérő négyzetével arányos.

A légmagos tekercsek hőmérsékletfüggése pozitív, az induktivitás növekvő hőmérséklettel nő.

A tekercs egyenáramú ellenállása

Minden tekercsnek van egyenáramú ellenállása, amelynek nagysága a tekercshuzal hosszától, keresztmetszetétől és természetesen az anyagától függ:

$$R_{\text{tek}} = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

R_{tek} a tekercs egyenáramú ellenállása;

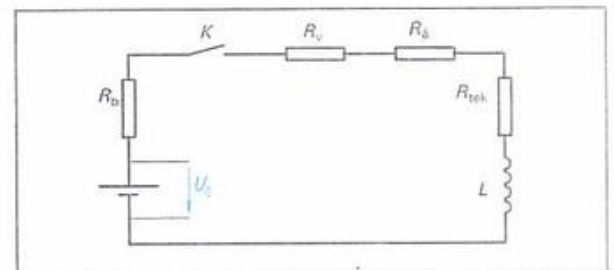
ρ a fajlagos ellenállás;

l a huzalhossz;

A a huzalkeresztmetszet.

Tekercs egyenáramú áramkörben

Egy tekercs áramkörében mindig van R ohmos ellenállás. Ez a tekercs R_{tek} egyenáramú ellenállásából, a feszültségforrás R_b belső ellenállásából, a vezetékek R_v és az esetleges áramköri elemek eredő R_s ellenállásából áll (3. ábra).



3. Ellenállások egy tekercs áramkörében

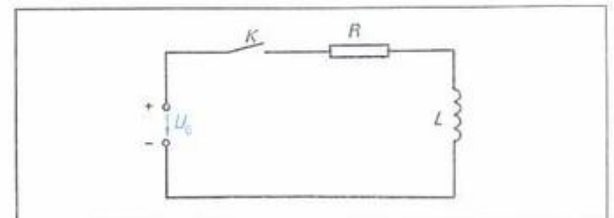
Az áramkör eredő R_e ellenállása tehát:

$$R_e = R_{\text{tek}} + R_b + R_v + R$$

L a tiszta induktivitás.

Bekapcsolási folyamat, időállandó

Amikor a K kapcsolót zárjuk, az U_0 feszültség áramot akar hajtani az áramkörben. A növekvő áram az L induktivitásban növekvő ϕ fluxust hoz létre. A növekvő fluxus azonban az árammal ellentétes irányú önindukciós feszültséget kelt. Az áramot ez fékezi, ezért csak lassan nőhet.



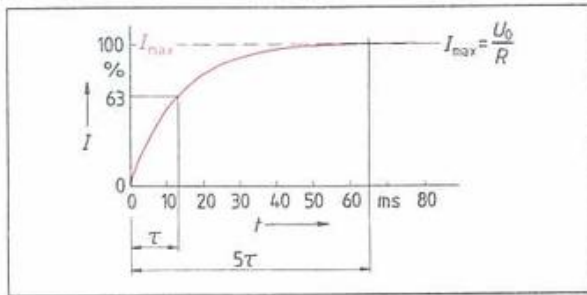
4. Egy tekercs áramköre (az összes ellenállást R ellenállásba vontuk össze)

A tekercs bekapcsolása után annál lassabban nő az árama, minél nagyobb az induktivitása és minél kisebb az áramkör hatásos ellenállása (1. ábra).

Az áramnövekedés mértékét az L/R viszony jellemzi, e hányadost időállandónak nevezzük, jele: τ :

$$\tau = \frac{L}{R} \quad [\tau] = \frac{\Omega \cdot s}{\Omega} = s$$

A τ időállandó mértékegysége a másodperc (s).



1. Az I áram időbeli lefolyása (bekapcsolási folyamat)

A τ időállandó az az idő, amely alatt az áram a bekapcsolást követően nulláról a végértékének kb. 63%-ra nő.

Az áram végértéke az U_0 feszültség és az áramkör R hatásos ellenállásának a hányadosa:

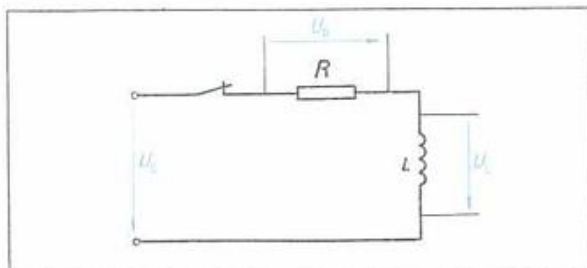
$$I_{\max} = \frac{U_0}{R}$$

Az áramgörbe (1. ábra) az $I_{\max}$ értékéhez egyre inkább közelít de elméletben soha nem éri el. Öt időállandónak megfelelő idő után gyakorlatilag eléri $I_{\max}$ értékét, ezt az időt nevezzük bekapcsolási időnek:

$$t_{be} = 5 \cdot \tau$$

Egy tekercs bekapcsolási ideje öt időállandóval egyenlő.

Az U_0 feszültség az R ellenálláson és az L tekercsen oszlik meg (2. ábra).



2. Feszültségek egy tekercs áramkörében

Minden pillanatban igaz:

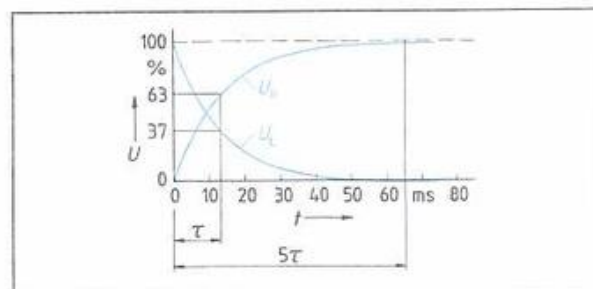
$$U_0 = U_R + U_L$$

Az U_R feszültség időbeli változása megegyezik az I áram változásával, mert $U_R = I \cdot R$.

Az U_L feszültség mindig az U_0 és az U_R különbsége:

$$U_L = U_0 - U_R$$

A 3. ábrán az U_R és U_L feszültségek időbeli változását látjuk. A bekapcsolási idő eltelte után az U_L feszültség értéke közel nulla.



3. Az U_L és U_R feszültségek időbeli változása (bekapcsolási folyamat)

2. példa

Egyenáramú áramkörben 100 mH induktivitású tekercs van, amelynek hatásos ellenállása 50 Ω .

Mennyi idő alatt éri el az áram a végértékének kb. 63%-át, és gyakorlatilag mennyi idő alatt játszódik le a bekapcsolási folyamat?

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{0,1 \text{ H}}{50 \Omega} = \frac{0,1 \Omega \cdot s}{50 \Omega} = \frac{1}{500} \text{ s} = 0,002 \text{ s}$$

$$\tau = 2 \text{ ms}$$

Az áram egy időállandó, tehát 2 ms alatt éri el a végértékének kb. 63%-át.

A bekapcsolási folyamat öt időállandó alatt gyakorlatilag befejeződik:

$$5 \cdot \tau = 5 \cdot 2 \text{ ms} = 10 \text{ ms}$$

Kikapcsolási folyamat

A K kapcsoló nyitásakor (1. ábra) az áram nem szűnhet meg azonnal. A kapcsolón villamos ív keletkezik.

Minél gyorsabb az áram csökkenése, annál gyorsabban csökken vele együtt a tekercs Φ fluxusa is. A mágneses fluxus gyors csökkenésekor a tekercsben keletkező önindukciós feszültség nagy.

A tekercs a kikapcsolása után úgy viselkedik, mint egy feszültségforrás, amely arra törekszik, hogy az áramot azonos irányban és lehetőleg változatlan értékkel fenntartsa.

A tekercs önindukciós feszültségének iránya megfordul.

A kikapcsoláskor keletkező U_L feszültség rendkívül nagy lehet. Kis tekercs esetén is felléphet akár néhány kilovolt nagyságú feszültség.

Az induktivitások kikapcsolásakor mindig nagy feszültség keletkezik, ha nem védekezünk ellene különleges kapcsolási megoldásokkal.

Az áramkör többi elemét ezek a túlfeszültségek tönkretethetik.

Áramvezető tekercs rövidre zárása

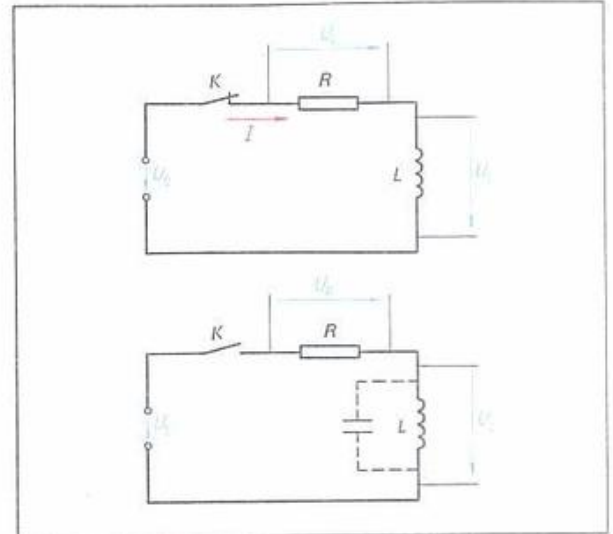
Ha az áramot vezető tekercset kikapcsolás helyett rövidre zárjuk, a körülmények egyszerűsödnek (2. ábra).

Azonos t_0 pillanatban a K_2 kapcsolót zárjuk és a K_1 kapcsolót nyitjuk.

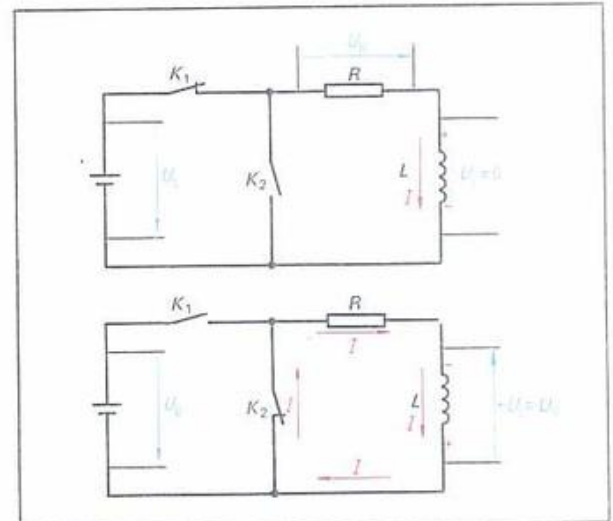
Az I áram csökken, emiatt a tekercsben olyan U_0 önindukciós feszültség keletkezik (3. ábra), amely az áramot azonos irányban fenn akarja tartani. Az U_0 önindukciós feszültség ellentétes irányú az U_L feszültséggel (l. a 3. ábrát a 114. oldalon).

Az áram és a feszültség csökken. A rövidre zárást követően egy időállandó után az áram maximális értékének kb. 37%-ára csökken. Öt időállandó alatt az áram gyakorlatilag nulla lesz, a feszültség is gyakorlatilag nulla öt időállandó után. A tekercs mágneses terében tárolt energia ezalatt hővé alakul (3. ábra).

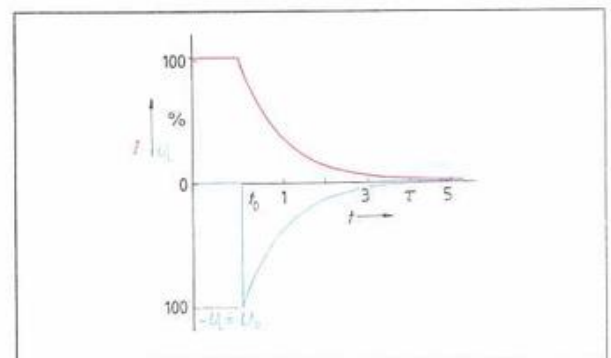
A kikapcsolási idő: $t_{ki} \approx 5 \cdot \tau$



1. Tekercs áramköre (kikapcsolási folyamat)



2. Áramvezető tekercs rövidre zárása



3. Áram és feszültség időbeli változása. A t_0 időponttól K_2 kapcsoló zárva, K_1 kapcsoló nyitva van

8.8. Ellenőrizze tudását

8.1. szakaszhoz: A mágneses tér keletkezése és ábrázolása

1. Hogyan lehet létrehozni mágneses teret?
2. Ismertessük a dugóhúzószabályt!
3. Hogyan nevezzük egy mágnesnek azt a két helyét, ahol a vonzóerő a legnagyobb?
4. Mit jelent a ferromágneses anyagok telítési állapot?
5. Milyen erő lép fel két, egymással szemben lévő, azonos mágneses pólus között?
6. Mi a különbség a mágneses erővonalak és villamos erővonalak között?

8.2. szakaszhoz: Mennyiségek és mértékegységek

1. Milyen tényezőktől függ egy áramtól átjárt tekercs gerjesztése?
2. Hogyan lehet növelni egy áramtól átjárt légmagos tekercs mágneses terét?
3. Mi a neve a mágneses erővonalak összességének?
4. Mi a kapcsolat a mágneses indukció és mágneses fluxus között?
5. Mi a mágneses térerősség?
6. Mit jelent a remanencia és a koercitív térerősség?

8.3. szakaszhoz: Mágneses anyagok

1. Milyen követelményeket támasztunk a keménymágneses anyagokkal szemben?
2. Soroljunk fel három példát a keménymágneses anyagok alkalmazására!
3. Milyen követelményeket támasztunk a lágymágneses anyagokkal szemben?
4. Soroljunk fel három példát a lágymágneses anyagok alkalmazására!
5. Miért kell a lágymágneses anyagok hiszterézisgörbéjének minél keskenyebbnek lennie?
6. Miért nem nő a mágnesezési görbe teljes tartományában a mágneses indukció a térerősséggel arányosan?

8.4. szakaszhoz: Mágneses körök

1. Mi a mágneses kör?
2. Mik a megfelelői a mágneses körben a villamos áramkörben szereplő U feszültségnek, I áramerősségnek és R ellenállásnak?
3. Hogyan szól a mágneses kör Ohm-törvény?

4. Milyen tényezőktől függ a mágneses kör mágneses ellenállása?
5. Mekkora a légréses mágneses kör eredő gerjesztése?
6. Miért sokkal nagyobb a légrés gerjesztésszükséglete a vasmagénál egy mágneses körben?

8.5. szakaszhoz: A mágneses tér erőhatása

1. Milyen mennyiségektől függ az az eltérítőerő, ami külső mágneses térben áramtól átjárt vezetőre hat?
2. Ismertessük a balkéz-szabályt!
3. Milyen erővel hat a mágnes a ferromágneses anyagra?
4. Milyen tényezőktől függ az elektromágnes ereje?
5. Milyen erő lép fel két vezető között, amelyeken megegyező irányú áram folyik?
6. Hogyan lehet az elektronsugarat mágneses térrel fókuszálni?

8.6. szakaszhoz: Az indukciótörvény

1. Hogyan szól az indukciótörvény?
2. Magyarázzuk el a Lenz-törvényt!
3. Írjuk le a transzformátorelvét!
4. Mitől keletkezik egy vezetőben örvényáram?
5. Hogy lehet csökkenteni az örvényáramot a vasmagban?
6. Hogyan lehet az alkatrészeket a külső mágneses térrel szemben árnyékolni?

8.7. szakaszhoz: Tekercs egyenfeszültségű áramkörben

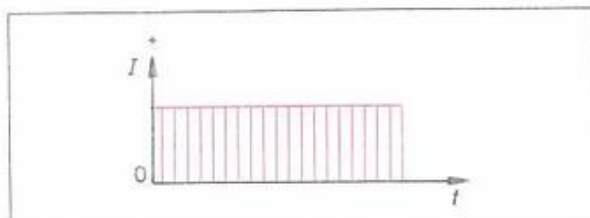
1. Milyen mennyiségektől függ egy tekercs induktivitása?
2. Mi az induktivitás mértékegysége?
3. Rajzoljuk le az áram- és a feszültség időbeli változását egy tekercs bekapcsolásakor, egyenáramú áramkörben!
4. Mi az időállandó?
5. Miért keletkezik nagy induktivitás kikapcsolásakor túlfeszültség az egyenáramú áramkörben, és hogyan lehet csökkenteni a túlfeszültséget?
6. Mennyi idő alatt játszódik le egyenáramú áramkörben egy tekercs be- és kikapcsolása?

9. A váltakozó áram alapfogalmai

9.1. A váltakozó áramú mennyiségek

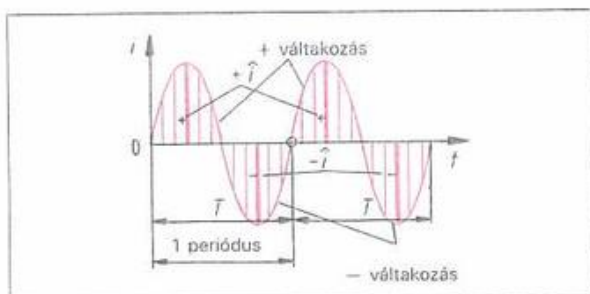
A váltakozó áram olyan áramnem, amely az energetikai elosztóhálózatokat jellemzi. A váltakozó áramnak az egyenáram mellett nagyon fontos szerepe van a hűradástechnikában is.

Egyenáram esetén a vezetékben t idő alatt állandó irányú és nagyságú I áram folyik (1. ábra).



1. Egyenáram időbeli lefolyása

Váltakozó áram esetén az I áram t idő alatt irányát (polaritását) és nagyságát is változtatja az áramkörben. A „+” váltakozás¹ alatt az áram egyirányú, $0 \dots +\hat{I}$ között nő, majd $+\hat{I} \dots 0$ között csökken. Ezután megváltozik az iránya, és a „-” váltakozás alatt $0 \dots -\hat{I}$ között csökken, majd $-\hat{I} \dots 0$ között nő. Ez periodikusan² ismétlődik az áram irányának és nagyságának változásakor. A váltakozó áram egy periódusát egy pozitív és egy negatív váltakozás adja (2. ábra). Grafikus ábrázolását idődiagramnak nevezzük.



2. Szinuszos váltakozó áram időbeli lefolyása

A T periódusidő

A váltakozó áram idődiagramjában az alakja T idő után ismétlődik.

Ezt T periódusidőnek nevezzük:

$$[T] = s$$

¹ + - váltakozás, a pozitív félhullámnak felel meg.

² Periodikus: szabályosan ismétlődő.

³ Rudolf Heinrich Hertz (1857–1894), német fizikus.

Az f frekvencia

A periódusidő reciprokát frekvenciának nevezzük:

$$f \text{ frekvencia} = \frac{1}{T \text{ periódusidő}}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

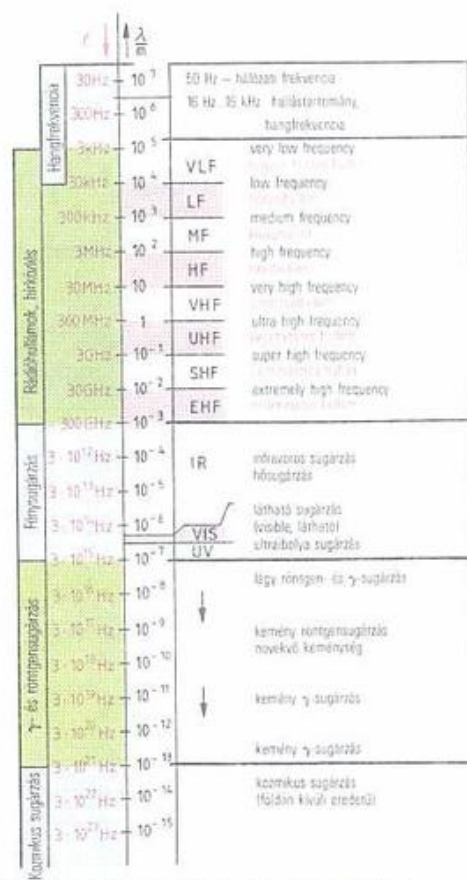
Mértékegysége:

$$[f] = \frac{1}{s} = s^{-1}$$

A frekvencia $\frac{1}{s}$ mértékegységét hertz³-nek is nevezzük:

$$1 \text{ hertz} = 1 \text{ Hz} = \frac{1}{s} = s^{-1}$$

A frekvencia megadja, hogy egy másodperc alatt hány periódus fut le.



3. A frekvenciák és hullámhosszak áttekintése

Például $f = 50$ Hz frekvencián a T periódusidő másodpercenként ötször ismétlődik. A frekvenciából kiszámítható a periódusidő:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50 \text{ Hz}} = 0,02 \text{ s} = 20 \text{ ms}$$

A német energiaelosztó hálózat hálózati frekvenciája: $f = 50$ Hz.

Az USA-ban és néhány más országban az elosztóhálózat frekvenciája $f = 60$ Hz. A vasúti vontatásban $16 \frac{2}{3}$ Hz, a bányászatban $f = 25$ Hz, és $f = 400$ Hz használatos a hajók és repülőgépek fedélzetén.

Egyéb felhasználások fontos frekvenciaértékei a 117. oldal 3. ábráján láthatók.

Körfrekvencia, ω szögsebesség

Az r sugarú kör kerülete $2\pi \cdot r$. Ha 360° , illetve 2π befutáshoz T idő szükséges, akkor a kerületi sebesség:

$$v = \frac{2\pi \cdot r}{T}$$

Osszuk mindkét oldalt az r sugárral, ekkor:

$$\frac{v}{r} = \frac{2\pi}{T}; \text{ mértékegysége: } \left[\frac{v}{r} \right] = \frac{\text{m/s}}{\text{m}} = \frac{1}{\text{s}} = \text{s}^{-1}$$

A mértékegységből láthatjuk, hogy $\frac{v}{r} = \frac{2\pi}{T}$ mértékegysége az f frekvenciáéval azonos.

A hányadost körfrekvenciának vagy szögsebességnek nevezzük, és az ω -val jelöljük.

$$\text{Körfrekvencia: } \omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{Mértékegység: } [\omega] = \frac{1}{\text{s}} = \text{s}^{-1}$$

Helyettesítsük $\frac{1}{T}$ helyére az f frekvenciát:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

2π az egységsugarú kör b ívének felel meg, bár 2π nem hosszúsági egység.

$$\omega t = b = \frac{2\pi}{360^\circ} \cdot \alpha$$

$$t = \frac{\alpha}{360^\circ} T$$

¹ ω : omega, görög betű

² λ : lambda, görög betű

³ Kábelhálózatokban a terjedési sebesség kisebb, mint c_0

Szögmérték és ívmérték

Az egység sugarú kör kerülete $2\pi \cdot 1 = 2\pi$.

Azt mondhatjuk tehát, hogy a teljes körív $b = 2\pi$.

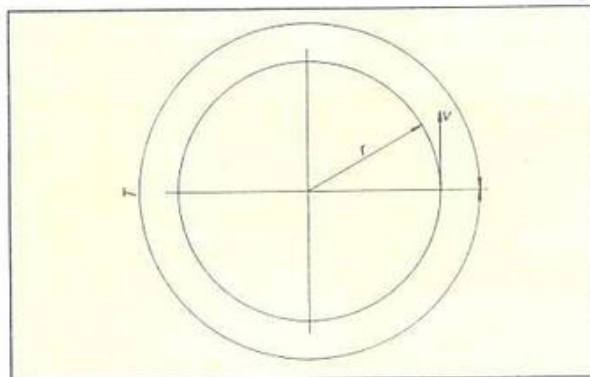
A szöget eszerint a szög mértékegység mellett ívmértékben is kifejezhetjük.

Az ív- és szögmérték között a következő az összefüggés:

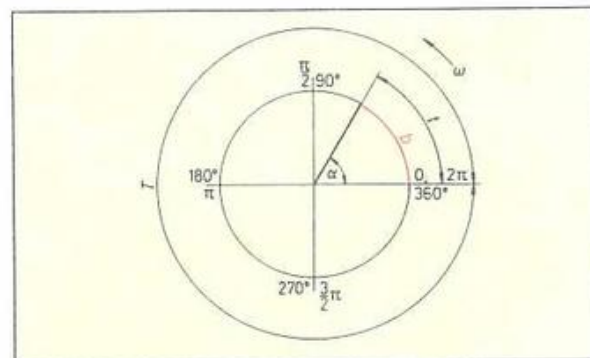
$$b \text{ ív} = \frac{2\pi}{360^\circ} \alpha$$

Mértékegysége: $[b] = \text{radián} = \text{rad}$

$$1 \text{ rad} \triangleq \frac{360^\circ}{2\pi} = 57,295^\circ$$



1. Kerületi sebesség



2. Összefüggés (α , b , ωt között; T a $2\pi = 360^\circ$ ív befutásának ideje)

A λ hullámhossz

A villamos áram a szabadvezetékben³ fénysebességgel terjed:

$$c_0 = 299\,792 \cdot 10^3 \text{ m/s} \approx 300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

Ha a T periódusidőt vagy az f frekvenciát ismerjük, kiszámíthatjuk azt a szakaszt, amit a villamos áram T idő alatt megtesz. Ezt a megtett utat nevezzük hullámhossznak, jelölése: λ .

Ha a v sebesség és a t idő ismert, az s távolság: $s = v \cdot t$. Ennek megfelelően a hullámhossz:

$$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f} \quad \text{Mértékegység:} \quad [\lambda] = \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \text{s} = \text{m}$$

Az $f = 50$ Hz hálózati frekvencia hullámhossza:

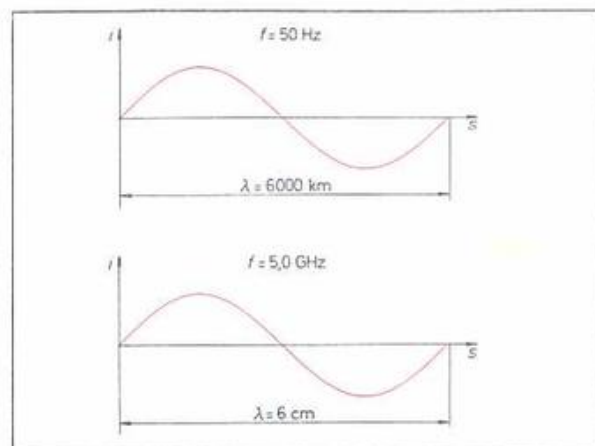
$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300\,000\,000\, \text{km/s}}{50\, 1/\text{s}} = 6\,000\, \text{km}$$

Mivel az energiaelosztó berendezések vezetékai a 6000 km-es hullámhosszhoz képest rövidek, a villamos áramkörök minden pontjában azonos pillanatot feltételezhetünk.

Ezzel szemben 5 GHz frekvenciához tartozó hullámhossz:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300\,000\,000\, \text{m/s}}{5\,000\,000\,000\, 1/\text{s}} = 0,06\, \text{m} = 6\, \text{cm}$$

A híradástechnikai áramkörök méretei a hullámhossz nagyságrendjébe esnek, ezért a pillanatérték az áramkör mentén nem azonos (1. ábra).



1. Frekvencia és hullámhossz

9.2. Szinuszos váltakozó áram

A technikai váltakozó áramokat az idő függvényében adják meg.

Az áram így írható:

$$i = \hat{i} \cdot \sin \omega t \quad \text{l. a 2a ábrát.}$$

A feszültség:

$$u = \hat{u} \cdot \sin \omega t \quad \text{l. a 2b ábrát.}$$

$\omega t \hat{=} \alpha$. Ezzel a szögfüggvényt megadhatjuk az idő függvényében.

Az i , u pillanatértékek

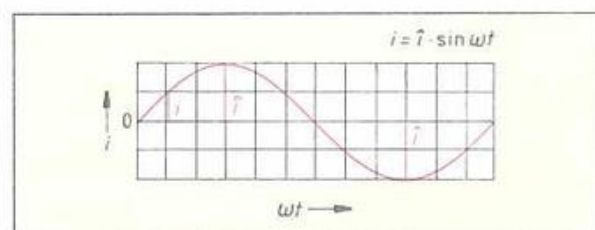
i az a pillanatérték, amely az $i = \hat{i} \cdot \sin \omega t$ összefüggésből számítható.

Ugyanez vonatkozik az $u = \hat{u} \cdot \sin \omega t$ egyenletre is.

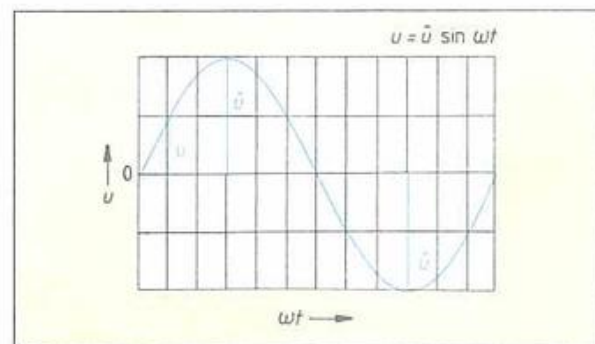
Az $\hat{i}$, $\hat{u}$ csúcserőterek

Azt a legnagyobb pozitív vagy negatív értéket, amelyet a szinuszgörbe elérhet, **csúcserőtékek** nevezzük. A 2a és 2b ábrán $\hat{i}$ és $\hat{u}$ (olvasva i csúcs és u csúcs).

A csúcserőteket **maximális értéknek**, **amplitúdónak** vagy **kilengésnek** is nevezzük.



2a. Váltakozó áram



2b. Váltakozó feszültség

Az $\hat{i}_{cs-cs}$, $\hat{u}_{cs-cs}$ csúcstól csúcsig mért érték (kilengés)

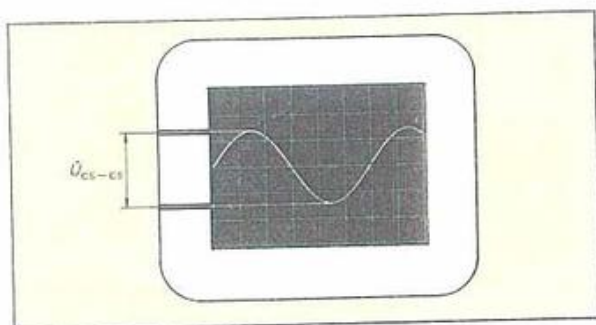
Szokás az angol rövidítés alapján I_{pp} , U_{pp} jelölést is használni. Csúcstól csúcsig mért értéknek a kétszeres csúcsértéket nevezzük.

$$\hat{i}_{cs-cs} = 2i$$

$$\hat{u}_{cs-cs} = 2\hat{u}$$

Oscilloszkóppal ismeretlen nagyságú váltakozó áramot vagy feszültséget mérve:

$$i = \frac{\hat{i}_{cs-cs}}{2}, \quad \hat{u} = \frac{\hat{u}_{cs-cs}}{2}$$



1. $\hat{u}_{cs-cs}$ oszcillogramja

Váltakozó áram U , I effektív értéke¹

Váltakozó áram vagy váltakozó feszültség effektív értéke az az egyenáram- vagy egyenfeszültség-érték, amely ugyanakkora R ellenálláson ugyanakkora teljesítményt hoz létre.

Az effektív értéket négyzetes középértéknek is nevezzük.

Az energetikában az értékeket értelemszerűen effektív értékben adják meg. Az $U_{eff} = U$ és $I_{eff} = I$ helyettesítés semmiféle félreértést nem okoz.

Eszerint:

$$\frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} = U_{eff} = U \quad \text{und} \quad \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}} = I_{eff} = I$$

a váltakozó feszültség és váltakozó áram effektív értéke.

Másként:

$$U = U_{eff} = 0,707 \cdot \hat{u} \quad I = I_{eff} = 0,707 \cdot \hat{i}$$

majd

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$$

¹ Effekt: hatás (latin)

Csúcs tényező

A szigeteléstechikában a szilárd, folyékony és gázne-mű anyagok átütési szilárdsága szempontjából a váltakozó feszültséget nem az effektív értéke, hanem első-sorban a csúcsértéke jellemzi.

Ez a csúcsérték szinuszos váltakozó mennyiségeknél kiszámítható az effektív értékből:

$$\hat{u} = \sqrt{2} U$$

$$\hat{i} = \sqrt{2} I$$

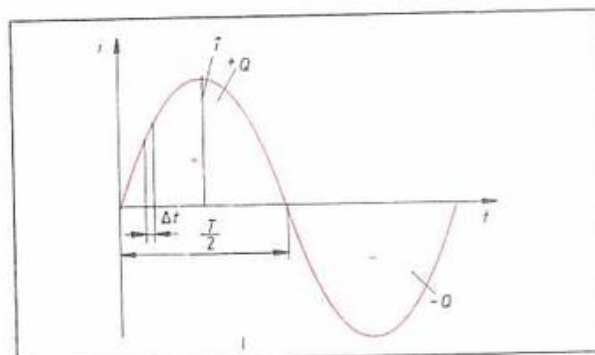
$$\frac{\hat{u}}{U} = \sqrt{2} = 1,414$$

$$\frac{\hat{i}}{I} = \sqrt{2} = 1,414$$

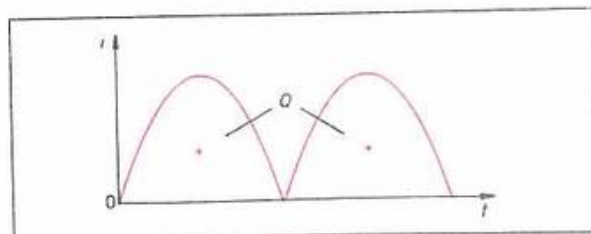
A váltakozó áram csúcsértékének és effektív értéké-nek viszonyszámát csúcs tényezőnek nevezzük. Szinu-szos váltakozó áramnál a csúcs tényező $\sqrt{2} = 1,414$.

Egyenirányított középérték

Az $i = \hat{i} \cdot \sin \omega t$ váltakozó áram idődiagramja alatti te-rület a pozitív hullám alatt azt a $+Q$, a negatív hullám alatt pedig azt a $-Q$ töltést jelenti, amely $T/2$ idő alatt az áramkörben egyszer az egyik, másszor a másik irányba áramlik (2. ábra). Bizonyos kapcsolásokban a váltakozást egyirányúvá teszik (3. ábra).



2. $i = \hat{i} \cdot \sin \omega t$



3. Egyenirányított váltakozó áram

² DIN 40110

A Q töltést állandó nagyságú áramként is felfoghatjuk:

$$Q = I_{ek} \cdot \frac{T}{2}$$

Az I_{ek} értéket egyenirányított középértéknek nevezzük.

Azt jelenti, hogy egy váltakozást azonos területű négyszöggé kell átalakítanunk (1. ábra). Szinuszos váltakozó áramnál a négyszög magasságát a következőképpen számíthatjuk:

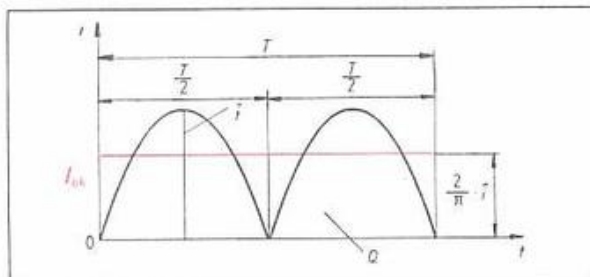
$$I_{ek} = \frac{2}{\pi} \hat{i} = 0,637 \hat{i}$$

Mivel az áram feszültséget tételez fel, hasonló módon:

$$U_{ek} = \frac{2}{\pi} \hat{u} = 0,637 \hat{u}$$

A váltakozó áram egyenirányított középértékét lineáris középértéknek vagy számtani középértéknek nevezzük.

Az egyenirányított középértéknek az elektrokémiai folyamatokban, az egyenirányítóknál és a villamos mérőműszerekben van jelentősége.



1. Kétutasan egyenirányított váltakozó áram egyenirányított középértéke

Számtani középérték, $\bar{u}$, $\bar{i}$

Szinuszos váltakozó mennyiségeknél a pozitív és negatív váltakozás számtani középértéke mindig nulla (l. ehhez a 126. oldal megjegyzését is).

A k_i alaktényező

Az effektív érték és az egyenirányított középérték viszonyszámát alaktényezőnek (formatényezőnek) nevezzük.

$$k_i \text{ alaktényező} = \frac{\text{effektív érték}}{\text{egyenirányított középérték}} = \frac{I}{I_{ek}},$$

$$\text{ill. } k_i = \frac{U}{U_{ek}}$$

A szinuszos váltakozó áram alaktényezője:

$$k_i = \frac{0,707 \hat{i}}{0,637 \hat{i}} = \frac{0,707}{0,637} = 1,11$$

Ha a váltakozó áram nemszinuszos lefolyású, akkor az alaktényező a $k_i = 1,11$ értéktől eltér.

A k_i alaktényező segítségével az effektív értékből azonnal kiszámíthatjuk az egyenirányított középértéket:

$$U_{ek} = \frac{U}{K_i}$$

Idődiagram				
Effektív érték	$0,707 \hat{i}$	$0,746 \hat{i}$	$0,578 \hat{i}$	$1,0 \hat{i}$
Egyenirányított középérték	$0,637 \hat{i}$	$0,667 \hat{i}$	$0,5 \hat{i}$	$1,0 \hat{i}$
Csúcs-tényező	$\sqrt{2} = 1,414$	1,340	$\sqrt{3} = 1,732$	1,0
Alaktényező	1,11	1,12	1,16	1,0

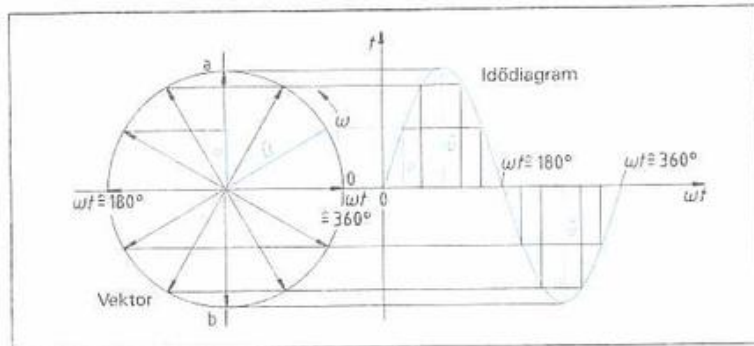
2. A gyakran előforduló váltakozóáram-alakok jellemző adatai

9.3. Váltakozó mennyiségek grafikus ábrázolása idődiagramban és vektorábrával

A váltakozó feszültség vektoros ábrázolása

Bár a feszültség, áram, (impedancia stb.) nem vektormennyiségek, a szemléletes ábrázolás kedvéért mégis vektorként ábrázoljuk őket. A váltakozó feszültség vektoros ábrázolása a szinuszgörbe szerkesztési elvén alapszik.

A váltakozó feszültség vektorának hossza a választott léptékben egyenlő az $\hat{u}$ csúcserősséggel.



1. Váltakozó feszültség vektor- és idődiagramja

A váltakozó mennyiségek vektorait félkövér betűkkel jelöljük, pl. $\hat{u}$, $\hat{i}$, $\hat{I}$.

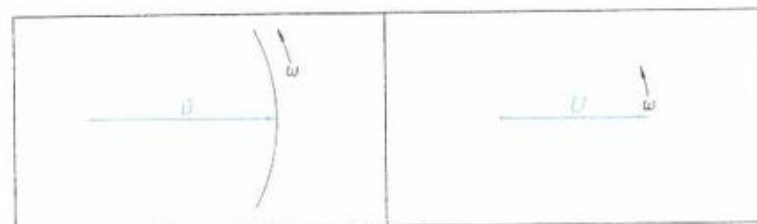
Képzeld el, hogy az $\hat{u}$ vektor a kiindulási helyétől az óramutató járásával ellenkező irányban forog, a körfrekvenciának megfelelően. Az $\hat{u}$ vektor vetülete az $a-b$ tengelyre a pillanatértéknek felel meg:

$$u = \hat{u} \cdot \sin \omega t$$

Ezt a pillanatértéket az ωt tengelyre felvéve az idődiagramot kapjuk.

Az $\hat{u}$ vektor ezekkel a feltételezésekkel lehetővé teszi a szinuszos váltakozó feszültség egyszerűsített ábrázolását (2. ábra)

Tovább egyszerűsíti az ábrázolást, ha a feszültségvektor hosszának az $U = 0,707 \cdot \hat{u}$ effektív értéket választjuk (3. ábra).



2. Az $\hat{u}$ vektor

3. Az U effektív érték vektora

Az U vektor és az idődiagram közötti kapcsolathoz a csúcserősséget kell kifejezni és forgásban képzelni.

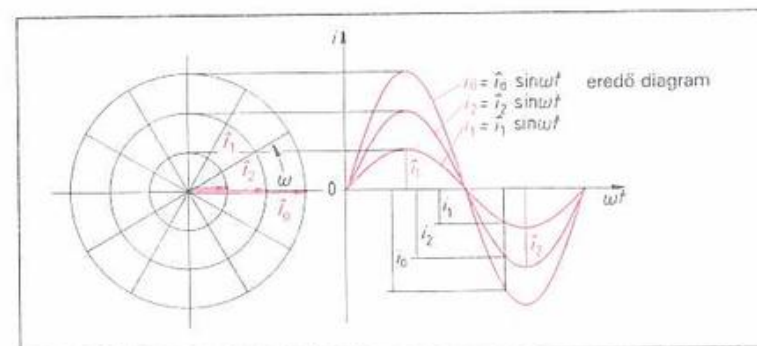
Több váltakozó mennyiség ábrázolása

Két váltakozó áram, amelyek f frekvenciája, tehát ω körfrekvenciája azonos, közös diagramban ábrázolható.

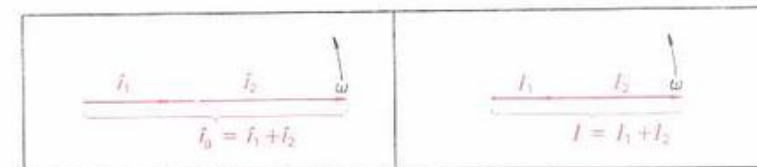
Azonos fázisú váltakozó áramok és összegezésük

A 4. ábrán látható váltakozó áramok azonos pillanatban mennek nullán keresztül, és azonos pillanatban érik el $\hat{i}$ csúcserősségek. Az ilyen váltakozó áramokat azonos fázisúnak nevezzük, vagy azt mondjuk, hogy az áramok fázisban vannak.

Az idődiagramban a két váltakozó áram összegét a pillanatértékek összegéből kapjuk: $i_0 = i_1 + i_2$ (4. ábra).



4. Azonos fázisú váltakozó áramok



5. Vektorábra

6. Vektorábra effektív értékekkel

A vektorábrában úgy kapjuk az összeget, hogy a két vektort nagyság és irány szerint összeadjuk: $\hat{i}_0 = \hat{i}_1 + \hat{i}_2$ (5. és 6. ábra). Ez a vektorára előnyös tulajdonsága.

Több vektor együttes ábrázolását vektorábrának nevezzük.

Fázisban eltolt váltakozó feszültségek és összegezésük

Ha azonos f frekvenciájú, ill. ω körfrekvenciájú váltakozó feszültségek nem ugyanabban a pillanatban érik el nulla-, ill. $\hat{u}$ csúcserőértéküket, akkor egymáshoz képest fázisban el vannak tolva. Az 1. ábra szerint az u_1 és u_2 feszültségek fáziseltolása $\varphi = 60^\circ$. Ekkor azt mondjuk, hogy u_2 u_1 -hez képest $\varphi = 60^\circ$ -kal siet vagy u_1 u_2 -höz képest $\varphi = 60^\circ$ -kal késik. φ nagyságát fáziseltolási szögnek nevezzük. A pillanatértékek így írhatók:

$$u_1 = \hat{u}_1 \cdot \sin \omega t; \quad u_2 = \hat{u}_2 \cdot \sin (\omega t + \varphi)$$

A vektorábrából azonnal kitűnik, hogy ω forgásirányban melyik feszültség siet vagy késik. Az idődiagramban tudatosulnia kell annak, hogy az a t időpont, ami az origóhoz közelebb van, az korábbi, mint az időtengely mentén későbbi idő. Eszerint az a váltakozó mennyiség siet a másikhoz képest, amelynek nullaátmenete pl. pozitív-ból negatív irányba közelebb van az időtengely kezdőpontjához.

Idődiagramban a váltakozó feszültségek összegezésekor összeadjuk az összetartozó pillanatértékeket, amint arról korábban már szó volt:

$$u_0 = u_1 + u_2 \quad (1. \text{ ábra}).$$

Vektorábrában az $\hat{u}_1$ és $\hat{u}_2$ vektorokat nagyság és irány szerint kell összegezni. Ebben közömbös, hogy

$$\hat{u}_0 = \hat{u}_1 + \hat{u}_2 \text{ vagy } \hat{u}_0 = \hat{u}_2 + \hat{u}_1,$$

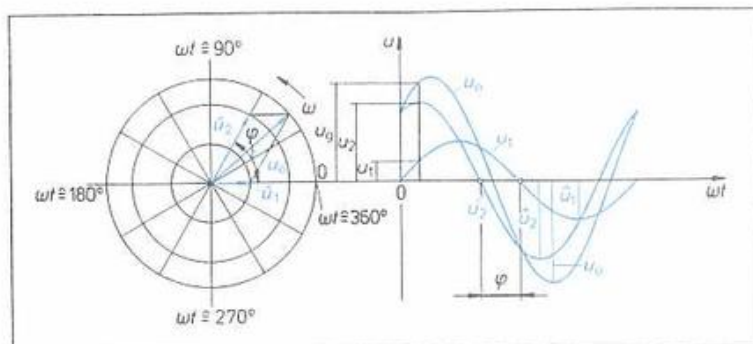
a sorrend (2. ábra).

Különféle váltakozó mennyiségek ugyanabban a diagramban

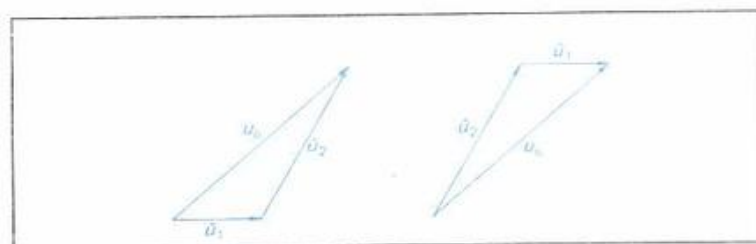
Különféle azonos f frekvenciájú váltakozó mennyiségeket közös vektor- vagy idődiagramban is ábrázolhatunk. A 3. ábrán váltakozó feszültséget és hozzá tartozó váltakozó áramot látunk. A vektorábrán felismerhető, hogy $\hat{i}$ áram az $\hat{u}$ feszültséghez képest késik. Az idődiagramban a feszültség nullaátmenete van közelebb a kezdőponthoz, tehát az áram késik a feszültséghez képest.

A 4. ábrán i és Φ fázisban vannak, u 90° -kal siet az i áramhoz képest. u_{ind} ellenfázisban van u -val, azaz 180° -a késése. i -vel szemben u_{ind} csak 90° -kal késik.

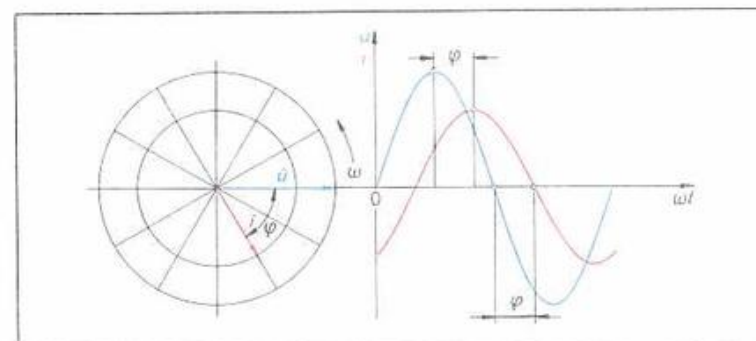
¹ φ : fi, görög betű.



1. Fázisban eltoló váltakozó feszültségek és összegezésük

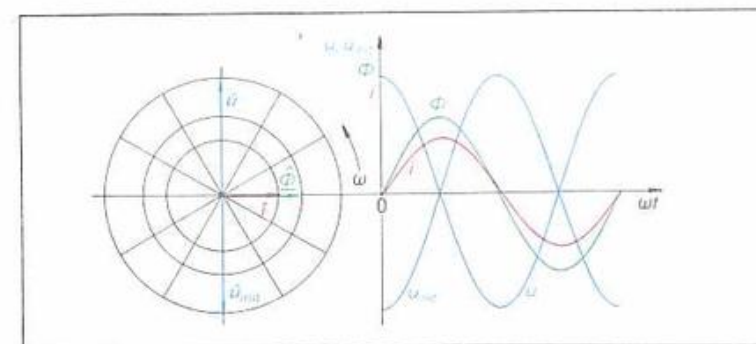


2. Vektorábra



3. Az $u = \hat{u} \cdot \sin \omega t$ váltakozó feszültség és az $i = \hat{i} \cdot \sin (\omega t - \varphi)$ váltakozó áram.

Az áram késik a feszültséghez képest



4. Az i váltakozó áram, a Φ váltakozó fluxus és az u és u_{ind} váltakozó feszültségek

A váltakozó mennyiség vektora. Összefoglalás.

Minden szinuszos lefolyású váltakozó mennyiséget vektorral lehet ábrázolni.

A vektor hossza a választott léptékben a szinuszgörbe csúcserkének felel meg.

Csúcserké helyett a váltakozó mennyiség effektív értékét is választhatjuk.

A váltakozó mennyiség vektorát ω körfrekvenciával forgónak képzeljük. $f = 50$ Hz esetében ez 1 s alatt 50 körülfordulást jelent.

A vektor forgásiránya a pozitív matematikai iránynak felel meg, tehát az óramutató járásával ellentétes.

A váltakozó mennyiség vektora a hozzá tartozó szinuszos idődiagram egyszerűsített ábrázolása.

Váltakozó mennyiségek azonos frekvenciájú vektorai közös vektorábrán ábrázolhatók.

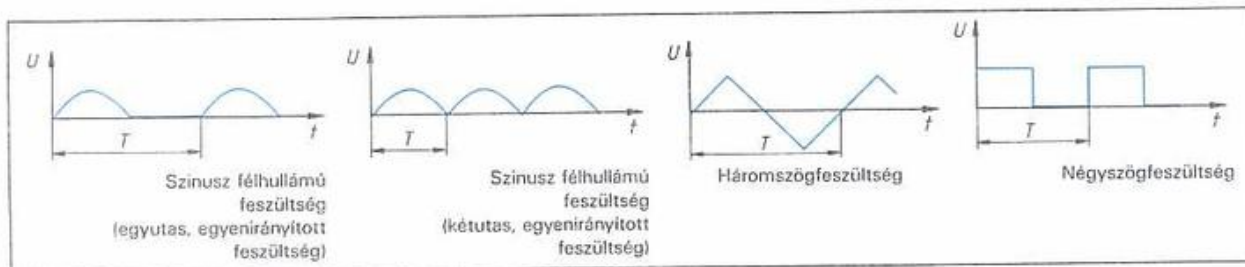
A váltakozó áramú mennyiségek összeadásakor és kivonásakor ezeket a vektorokat a vektorokra vonatkozó szabályok (geometriai összegezés) szerint lehet kezelni.

Hogy már a jelölésből felismerjük, váltakozó mennyiség vektoráról van szó, a jelölése félkövér betű pl. $\hat{u}$, $\hat{i}$, Φ , U , I stb.

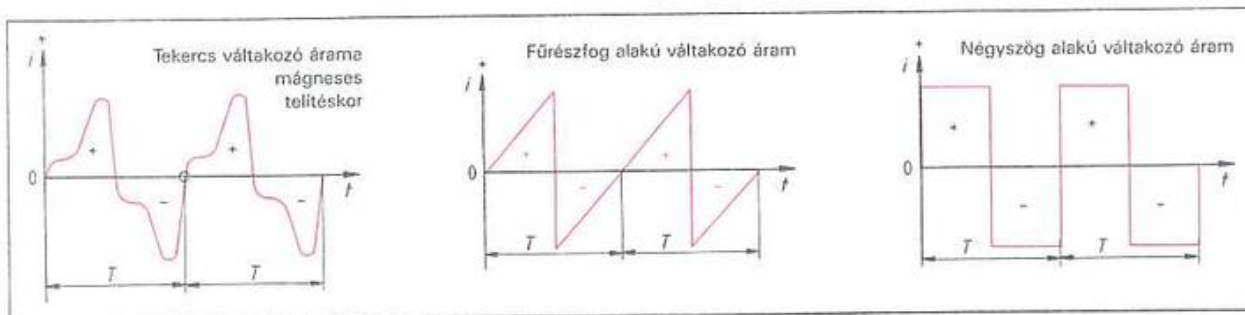
9.4. Nemszinuszos feszültségek és áramok

Minden olyan periodikus feszültséget és áramot, amelynek feszültség- vagy áram-időgramja nemszinuszos alakú, nemszinuszos feszültségnek vagy áramnak nevezünk. (1. és 2. ábra).

Ha a görbe alatti terület az időtengely fölött és alatt egyenlő, a feszültség vagy áram neve váltakozó feszültség vagy váltakozó áram (2. ábra).



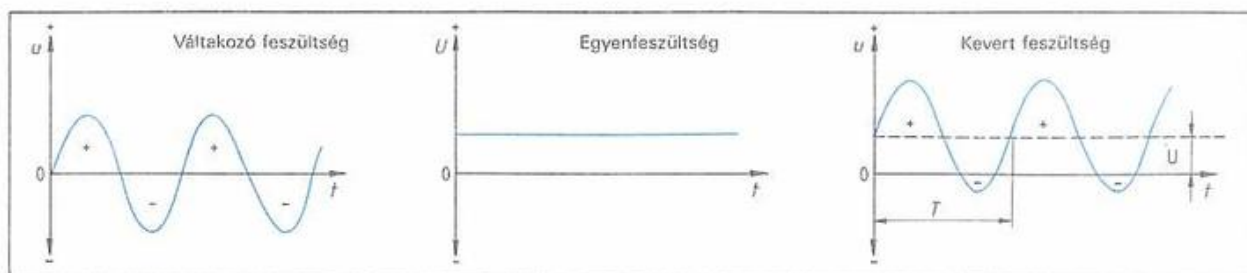
1. Nemszinuszos feszültségek



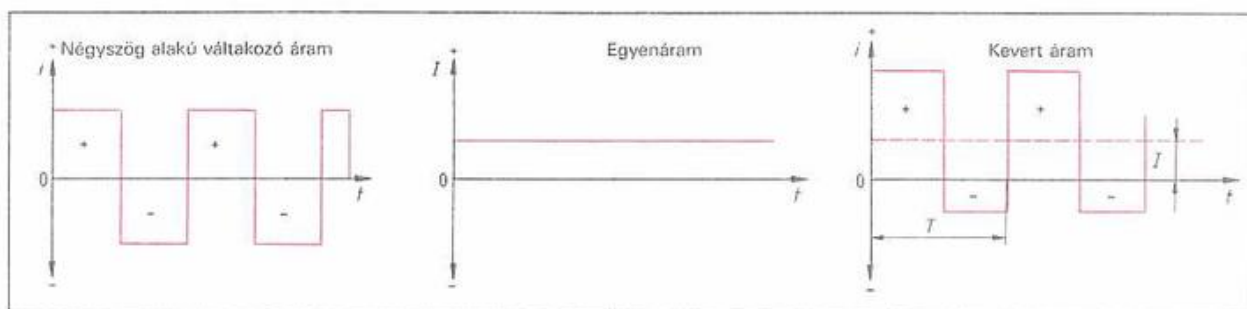
2. Nemszinuszos áramok

Ezzel szemben, ha a területek nem egyenlőek, a váltakozó feszültség, ill. váltakozó áram mellett szuperponált egyenfeszültség, ill. egyenáram is van. Ez esetben kevert feszültségről, ill. kevert áramról beszélünk.

Váltakozó feszültség és egyenfeszültség összegezéséből kevert feszültséget, egyenáram és váltakozó áram összegezéséből pedig kevert áramot kapunk (l. a 125. oldalon az 1. és 2. ábrát és a 10. oldalon a 2. és 3. ábrát).



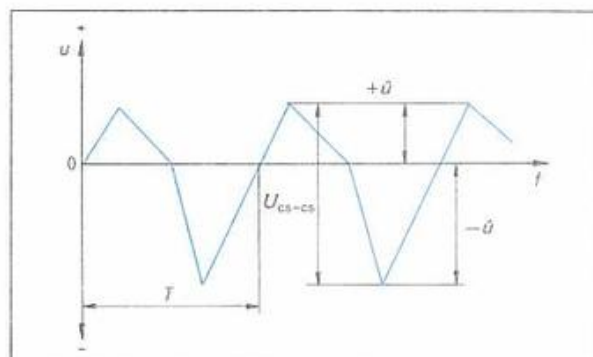
1. Kevert feszültség származtatása váltakozó feszültség és egyenfeszültség összegezéséből



2. Kevert áram származtatása négyzet alakú váltakozó áram és egyenáram összegezéséből

A nemszinuszos feszültségek, ill. áramok jellemzői (3. ábra)

Pillanatérték	u	i
Pozitív csúcsérték	$\hat{u}$	$\hat{i}$
Negatív csúcsérték	$-\hat{u}$	$-\hat{i}$
Csúcstól csúcsig érték	U_{cs-cs}	I_{cs-cs}
Periódusidő	T	
Alapfrekvencia vagy 1. harmonikus	$f_1 = \frac{1}{T}$	



3. Nemszinuszos feszültség jellemzői

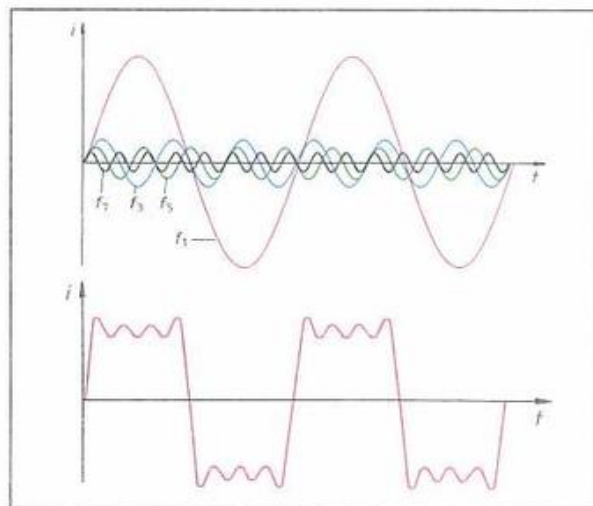
A francia fizikus, Fourier, (1768–1830) bebizonyította, hogy minden periodikus függvény leírható szinuszos és koszinuszos hullámok és egy állandó összetevő összegével.

Minden nemszinuszos feszültséget vagy áramot leírhatunk tehát a szinuszos alapfrekvencia, annak többszörösei, és az egyenfeszültségű, ill. egyenáramú összetevő összegével. A szinusz- és koszinusz hullámú tényezők frekvenciája az alapfrekvencia többszöröse. A felhullámok frekvenciái a következők lehetnek:

$$f_2 = 2 \cdot f_1; f_3 = 3 \cdot f_1; f_4 = 4 \cdot f_1; f_5 = 5 \cdot f_1; f_6 = 6 \cdot f_1; f_7 = 7 \cdot f_1 \text{ stb.}$$

Az egész számú többszörös felhullámot **harmonikusnak** nevezzük.

A nemszinuszos feszültség vagy áram alakjából el lehet dönteni, hogy az összetevők csak páratlan számú többszörösök, vagy páros számú többszörösök is, egyenfeszültségű, ill. egyenáramú összetevőt tartalmaznak-e (4. ábra).

4. Négyzet alakú váltakozó áram f_1 , f_3 , f_5 és f_7 harmonikusok összegéből

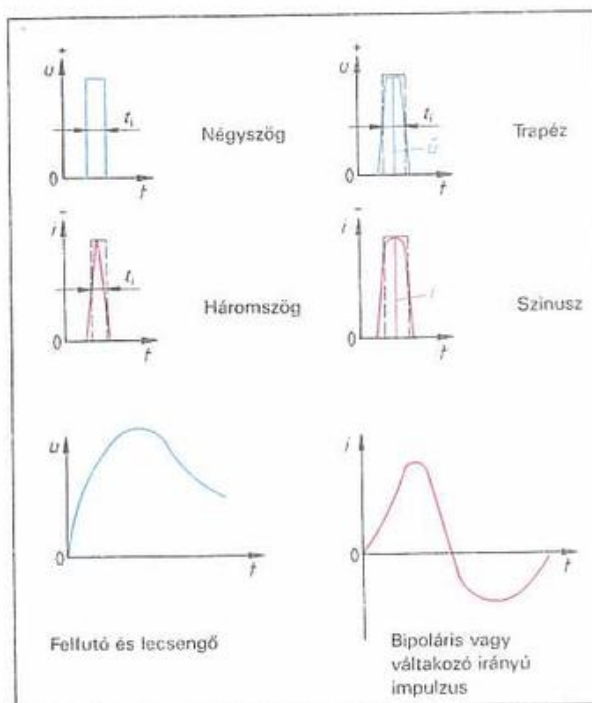
9.5. Az impulzus és az impulzusfüggvény

Az impulzus az elektrotechnikában egyszeri folyamat, amelynek pillanatértéke korlátozott ideig jelenik meg, és értéke ugrásszerűen változik.

Az impulzus az alakja szerint lehet négyyszög-, háromszög-, trapéz-, szinuszipulzus stb. Az egyirányú impulzust unipoláris impulzusnak nevezzük. A bipoláris impulzusnak vagy váltóimpulzusnak pozitív és negatív értéke is van (1. ábra). A t_i impulzusidőt a csúcsérték felénél is megadhatjuk, de más értelmezése is lehet.

Az impulzus magassága az impulzusamplitúdó: $\hat{u}$ vagy $\hat{i}$. Amplitúdó helyett csúcsértéket is mondhatunk.

Impulzusfüggvény, impulzussor: A T periódusidejű, azonos impulzusokból álló periodikus folyamatot impulzusfüggvénynek vagy impulzussornak nevezzük.



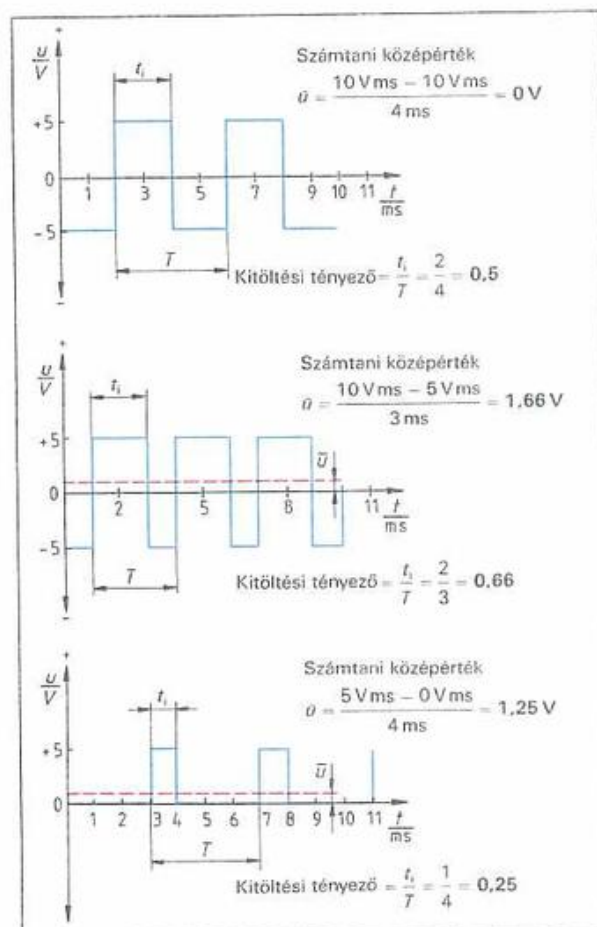
1. Impulzusalakzatok

Az impulzusok jellemzői (2. ábra)

Alak	
Periódusidő	T
Impulzusfrekvencia	$f = \frac{1}{T}$
Impulzusamplitúdó	$\hat{u}$
Impulzusidő	t_i
Kitöltési tényező	$\frac{t_i}{T}$
Impulzus-fáziseltolódási szög,	$\Delta\varphi = \frac{2\pi \cdot \Delta T}{T}$
amelyben ΔT az impulzus időbeli eltérése egy vonatkoztatási impulzustól, T periódusidőben	
Számtani középérték	$\bar{u} \quad \bar{i}$

Az impulzusfüggvény számtani középértéke az impulzusok területének előjeles összege egy periódus alatt, osztva a T periódusidővel (2. ábra). Az impulzusok egyéb jellemzőit pontosabb vizsgálatokkal meghatározhatjuk.

Az impulzusok és impulzussorok jellemzőit és időfüggvényét általában oszcilloszkóppal mérjük (l. a 146. oldalt).



2. Négyszögimpulzus feszültségek jellemzőikkel

9.6. Ellenőrizze tudását

9.1. szakaszhoz: Váltakozó áramú mennyiségek

1. Írjuk le a váltakozó áram periódusideje, frekvenciája és hullámhossza közötti kapcsolatot!
2. Mekkora a villamosenergia-hálózat frekvenciája?
3. Mutassuk be az összefüggést a frekvencia, a körfrekvencia és a periódusidő között!
4. Rendeljük egymáshoz a szögértéket és az ívmértéket!
5. Mekkora a hullámhossza 50 Hz-es és 25 MHz-es váltakozó áramnak?
6. Miért engedhető meg 50 Hz-es hálózatban az, hogy a hálózat minden pontjában azonos pillanatot vegyünk alapul a feszültség és áram számára?
7. Számítsuk ki $f_1 = 60$ Hz és $f_2 = 37$ kHz frekvenciákhoz a λ hullámhosszat és a T periódusidőt!
8. Oszilloszkóppal mérve a váltakozó áram periódusideje $T = 0,1$ ms. Mekkora a mért periódusidőhöz tartozó f frekvencia, ω körfrekvencia és λ hullámhossz?

9.2. szakaszhoz: Szinuszos váltakozó áram

1. Mi az összefüggés a váltakozó áram csúcserőértéke és pillanatértéke között?
2. Mit értünk a váltakozó áram csúcstól csúcsig értéke alatt?
3. Vezessük le a váltakozó áram effektív értékét a csúcstól csúcsig értékből, ha szinuszos alakot feltételezhetünk!
4. Mekkora a szinuszos váltakozó áram csúcsterjedelműje?
5. Mit jelent a váltakozó áram alaktényezője?
6. Számítsuk ki $I = 16$ A effektív értékű, $f = 50$ Hz-es váltakozó áramhoz a következőket: $\hat{I}$ a csúcserőérték, i_{cs-cs} a csúcstól csúcsig tartó érték és I_{ek} az egyenirányított érték!
7. Számítsuk ki a k_f alaktényezőt, ha az effektív érték $U = 65$ V; $f = 50$ Hz, és a mért egyenirányított középérték $\bar{U}_{ek} = 58,6$ V!

9.3. szakaszhoz: Váltakozó mennyiségek grafikus ábrázolása idődiagramban és vektorábrával

1. Vezessük le a váltakozó áramú vektor egyenletét az idődiagramból!

2. Honnan lehet azonos frekvenciájú váltakozó áramok idődiagramjából megállapítani, hogy melyik váltakozó áramú mennyiség késik vagy siet a másikhoz képest?
3. Mikor van két váltakozó mennyiség idődiagramban és vektorábrában azonos fázisban, fázisban eltolva vagy ellenfázisban?
4. Milyen geometriai szabályok vonatkoznak a váltakozó áramú vektorokra?
5. Rajzoljunk váltakozófeszültség-vektort $U = 230$ V, 50 Hz effektív értékhez! A lépték legyen 50 V $\hat{=}$ 1 cm.
6. Két, azonos frekvenciájú váltakozóáram-vektor $I_1 = 5$ A, $I_2 = 8$ A, és a fáziseltolásuk 90° . Mekkora a két vektor eredője?

9.4. szakaszhoz: Nemszinuszos feszültségek és áramok

1. Mik a nemszinuszos áramok és feszültségek tulajdonságai?
2. Mikor beszélünk általában váltakozó feszültségről, ill. áramról?
3. Mit értünk kevert feszültségen, ill. kevert áramon?
4. Mi jellemzi a felharmonikusokat, ha az alapfrekvencia pl. 50 Hz?
5. Soroljuk fel a nemszinuszos feszültség és áram jellemző értékeit!
6. Számítsuk ki $f = 50$ Hz alapfrekvenciához a harmadik és ötödik harmonikus frekvenciáját!
7. Vázoljuk fel szinuszos váltakozó áram és egyenáram összegét! Jelöljük meg a jellemző értékeket!

9.5. szakaszhoz: Az impulzus és az impulzusfüggvény

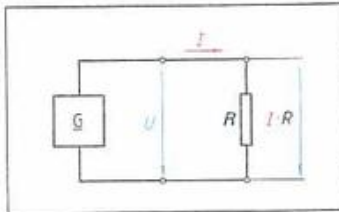
1. Mi a különbség a két villamos fogalom: az impulzus és az impulzusfüggvény között?
2. Soroljuk fel az impulzusfüggvény jellemzőit!
3. Hogyan méri általában az impulzusfüggvény jellemzőit?
4. Mutassuk meg időfüggvényen, mi az impulzus és az impulzusfüggvény?
5. Számoljuk ki egy impulzusfüggvény kitöltési tényezőjét, ha az impulzus időtartama $t_i = 0,5$ ms, és a periódusidő $T = 3$ ms!

10. Hatásos ellenállás, veszteségmentes kapacitás és induktivitás váltakozó áramú áramkörben

10.1. Hatásos ellenállás váltakozó áramú áramkörben

Ellenállás egyenáramú áramkörben

Egyenáramú áramkörben az Ohm-törvény szerint az U feszültség és az I áram között az R ellenállás teremt kapcsolatot (1. ábra).

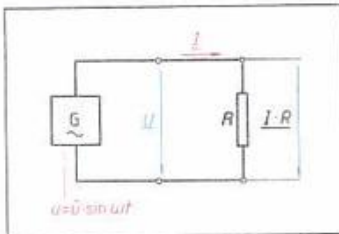


1. Egyenáramú áramkör ellenállással¹

$$I = \frac{U}{R} \quad U = R \cdot I \quad R = \frac{U}{I}$$

Hatásos ellenállás váltakozó áramú áramkörben

Az R ellenállásra vonatkozó összefüggés váltakozó áramú áramkörben is érvényes, ha az áram és feszültség effektív értékét helyettesítjük (2. ábra).



2. Váltakozó áramú áramkör hatásos ellenállással

$$I_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{eff}}}{R} \quad U_{\text{eff}} = I_{\text{eff}} \cdot R \quad R = \frac{U_{\text{eff}}}{I_{\text{eff}}}$$

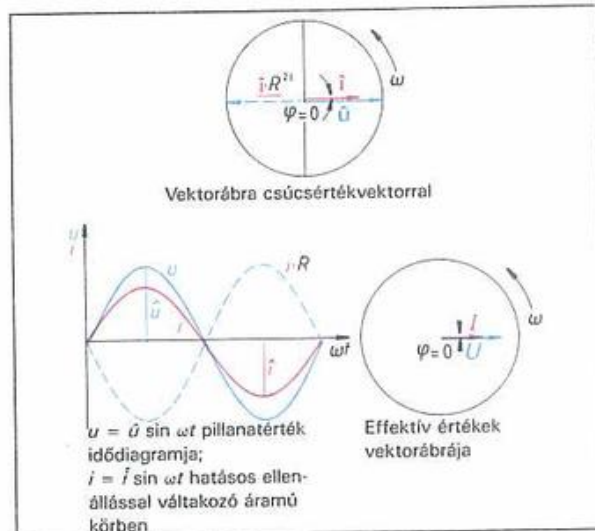
$$I = \frac{U}{R} = G \cdot U \quad U = I \cdot R \quad R = \frac{U}{I}$$

Az u váltakozó feszültség és az i váltakozó áram hatásos ellenálláson fázisban van, fázisszögük $\varphi = 0$ (3. ábra).

Hatásos ellenállás, ohmos ellenállás

Váltakozó áramú áramkörben az R ellenállást hatásos ellenállásnak nevezzük, mert eltér az egyenáramú ellenállástól. Ha nem okoz fáziseltolást az áram és a feszültség között, akkor beszélünk hatásos ellenállásról. Ha emellett az áram és a feszültség pillanatértéke arányos, akkor ez ohmos ellenállás.

A technikai ellenállásoknál L és C befolyása többnyire elhanyagolható. Ha tehát feltehető, hogy R fáziseltolása nulla, R ideális ellenállásnak tekinthető.



3. Vektorábra és idődiagram ideális hatásos ellenálláshoz, váltakozó áramú áramkörben

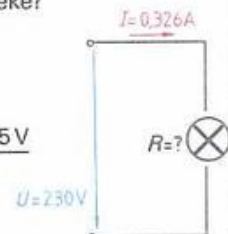
1. példa:

Egy izzólámpára $U = 230$ V, 50 Hz feszültség jut, áramfelvétele $I = 0,326$ A. Mekkora az izzólámpa R hatásos ellenállása?

Mekkora a feszültség csúcsértéke?

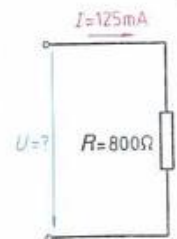
$$R = \frac{U}{I} = \frac{230 \text{ V}}{0,326 \text{ A}} = 705 \Omega$$

$$\hat{u} = \sqrt{2} \cdot U = 1,414 \cdot 230 \text{ V} = 325 \text{ V}$$



2. példa:

Egy fűtőszál hatásos ellenállása üzemmeleg állapotban $R = 800 \Omega$. Áramfelvételét $I = 125$ mA-nek mérjük. A hálózati frekvencia 50 Hz. Számítsuk ki a rajta lévő feszültséget!



¹ A generátorokat, amelyek nem feltétlenül forgógépek, négyzetes rajzzel ábrázoljuk.

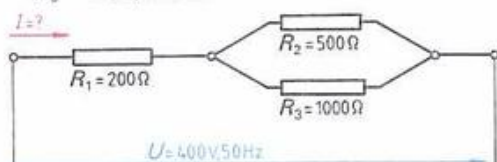
² A 2. Kirchhoff-törvény szerint érvényes.

3. példa:

Mekkora váltakozó áramot vesz fel a kapcsolás?

$$R_0 = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = 200 \, \Omega + 333,3 \, \Omega = 533,3 \, \Omega$$

$$I = \frac{U}{R_0} = \frac{400 \, \text{V}}{533,33 \, \Omega} = 0,75 \, \text{A}$$



Megjegyzés: váltakozó áram esetében effektív értékekkel számolunk!

Több hatásos ellenállásból álló kapcsolás (l. a 26. és 28. oldalt).

Hatásos ellenállások soros, párhuzamos és vegyes kapcsolására váltakozó áram esetében is érvényes minden olyan szabály, ami az egyenáramra érvényes.

10.2. Veszteségmentes kapacitás váltakozó áramú áramkörben

Veszteségmentes kapacitás

Veszteségmentes kapacitású az olyan kondenzátor, amelynek nincs R hatásos ellenállása és L induktivitása. Ideális kapacitásnak is nevezhető.

Kapacitás egyenfeszültségen (l. a 84. oldalt)

Ha C ideális kapacitású kondenzátort U egyenfeszültségre kapcsolunk, a feltöltés kezdetekor $u_C = 0$ és az

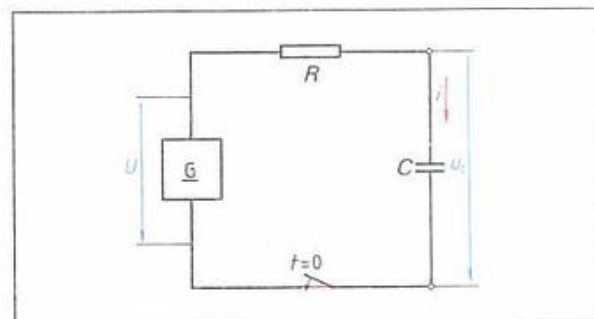
$$\text{áram } i = i_{\max} = \frac{U}{R}.$$

Megjegyzés: a kondenzátor az első pillanatban rövidzárként, feltöltődve szakadásként viselkedik, mert $u_C = U_{\max} = U$ és $i = 0$ (2. ábra).Egyenáramról a kondenzátor i töltőáramot vesz fel, míg töltése a $Q = C \cdot U$ értéket el nem éri. Ezután áram nem folyik.

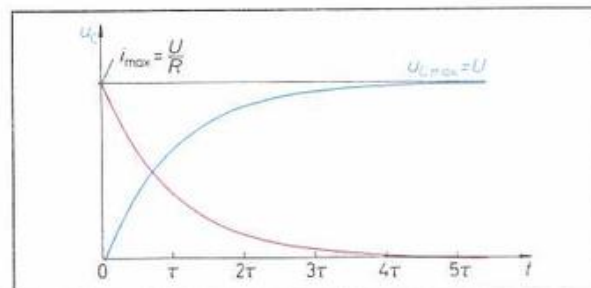
Egyszerűsítve azt mondhatjuk:

A kondenzátor az egyenáramot megszakítja!

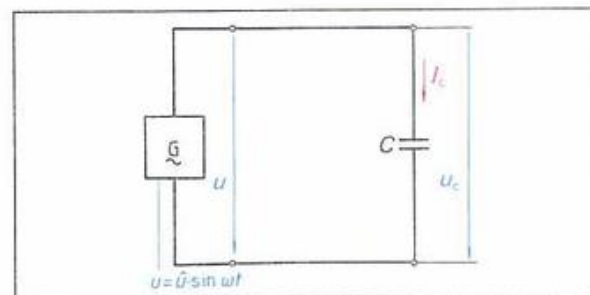
Kapacitás váltakozó feszültségen

Kapcsoljuk a C ideális kapacitású kondenzátort $u = \hat{u} \cdot \sin \omega t$ váltakozó feszültségre, a feszültség iránya minden nullaátmenetnél megfordul. Ez azt jelenti, hogy a feszültség minden egyes nullaátmenete után i töltőáram folyik, és a villamos tér újra felépül. A villamos tér u_C ellenfeszültséget hoz létre a kondenzátoron, amely az u kapocsfeszültséggel ellentétes irányú (3. ábra).

1. Kondenzátor egyenáramú áramkörben

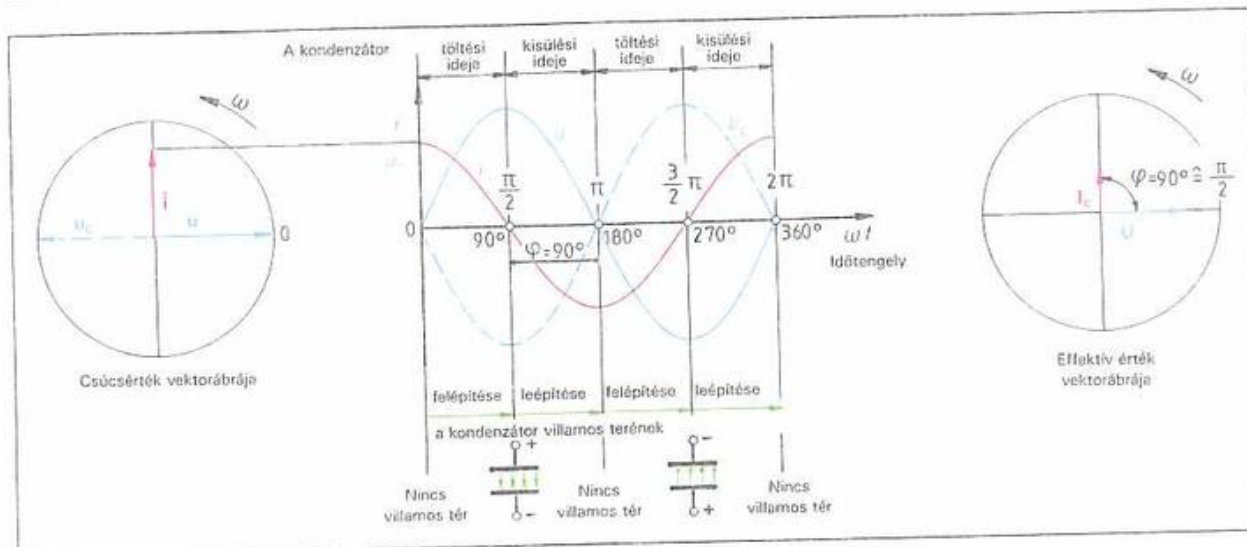


2. Kondenzátor egyenáramú áramkörben



3. Kondenzátor váltakozó áramú áramkörben

10.2. Veszteségmentes kapacitás vált. áramú áramk. Az X_C kapacitív látszólagos ellenállás



1. Ideális kondenzátor vektorábrája és idődiagramja váltakozó áramú körben

Idődiagram és vektorábra (1. ábra)

Ha az u váltakozó feszültség nullán megy át, nincs villamos tér és nincs u_c ellenfeszültség. A villamos tér felépül, ha a váltakozó feszültség az U csúcserőértékét eléri. A töltőáram — mint az egyenáram esetén — ezért $i = 0$ kell, hogy legyen. Fordítva, a töltőáram i maximális értékét kell, hogy elérje akkor, amikor a váltakozó feszültség nullán megy át. Váltakozó áram esetén ez csak úgy lehetséges, ha az áram és a feszültség között $\varphi = 90^\circ$ fáziseltolódás van.

Ebből levezethető:

Váltakozó áramú áramkörben ideális kondenzátoron az áram $\varphi = 90^\circ$ fázisszöggel siet a feszültséghez képest!

Az X_C kapacitív látszólagos ellenállás

Képezzük U és I_c effektív értékének $\frac{U}{I_c}$ hányadosát, ekkor az Ohm-törvény szerint ellenállást kapunk:

$$\text{Mértékegységek: } \left[\frac{U}{I_c} \right] = \frac{V}{A} = \Omega$$

Az $\frac{U}{I_c} = X_C$ értéket kapacitív látszólagos ellenállásnak nevezzük.

Az ideális kondenzátor áramkorlátozó hatása az U_c ellenfeszültségtől függ. Az ellenfeszültség ellenállásként hat.

A villamos munka nem alakul hővé, ezért látszólagos ellenállás.

Az X_C kapacitív látszólagos ellenállást úgy kell elképzelni, hogy az Ohm-törvény szerint meghatároz-

za az $I_c = \frac{U}{X_C}$ = áram értékét, de ezenkívül az a tulajdonsága, hogy I_c áram fázishelyzetét az U fe-

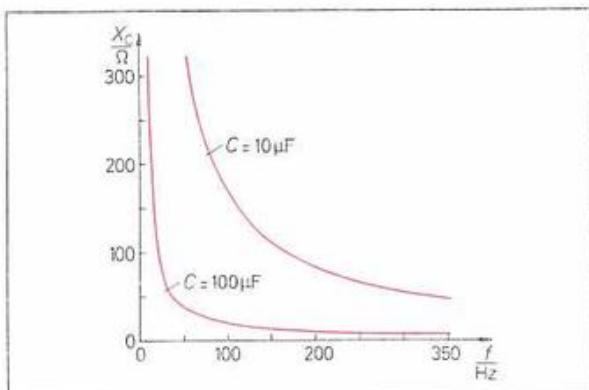
szültséghez képest $\varphi = 90^\circ = \frac{\pi}{2}$ fázisszöggel előreforgatja.

Egyszerűsítve mondhatjuk: a kondenzátor a váltakozó áramot átereszt.

Kapcsoljunk a 129. oldal 3. ábra kapcsolásában azonos U feszültségre különböző C értékű kondenzátorokat, és mérjük a hozzájuk tartozó I_c áramokat, így

meghatározhatjuk $X_C = \frac{U}{I_c}$ nagyságát.

Megállapíthatjuk: $\frac{U}{I_c} = X_C \sim \frac{1}{C}$, azaz kétszeres C kapacitáshoz feleakkora X_C tartozik.



1. X_C a frekvencia függvényében; $X_C = f(f) C = 10 \mu F$ és $C = 100 \mu F$ értékhez

Az U feszültséget állandó értéken tartva, de az $\omega = 2\pi f$ körfrekvenciát változtatva a különböző frekvenciákon mért I_C áramok alapján megállapíthatjuk:

$$\frac{U}{I_C} = X_C \sim \frac{1}{\omega} = \frac{1}{2\pi f}$$

Növekvő frekvenciával X_C csökken (1. ábra).

A kapacitív látszólagos ellenállás így számítható:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f \cdot C}$$

X_C kapacitív látszólagos ellenállás, Ω ;

$\omega = 2\pi f$ körfrekvencia, $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$;

C kapacitás, $F = \frac{\text{As}}{\text{V}}$;

$1 \mu F = 10^{-6} F$;

$1 nF = 10^{-9} F$;

$1 pF = 10^{-12} F$.

Mértékegysége:

$$[X_C] = \frac{1}{\frac{1}{s} \cdot \frac{\text{As}}{\text{V}}} = \frac{\text{V}}{\text{A}} = \Omega$$

Az X_C , U és I_C összefüggése az Ohm-törvény szerinti,

ha a $\varphi = 90^\circ \triangleq \frac{\pi}{2}$ fázisszöveget figyelembe vesszük:

$$I_C = \frac{U}{X_C} = \omega C \cdot U$$

$$U = X_C \cdot I_C = \frac{I_C}{\omega C} \quad X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{U}{I_C}$$

1. példa:

Adott:

$U = 230 \text{ V}$, 50 Hz ; $C = 7,5 \mu F$;

Keresett:

$X_C = ?$ $I = ?$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{314 \frac{1}{s} \cdot 7,5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{As}}{\text{V}}} = \frac{10^6 \text{ V}}{314 \cdot 7,5 \text{ A}} = \frac{1000000 \text{ V}}{314 \cdot 7,5 \text{ A}} = 424,6 \Omega$$

$$I_C = \frac{U}{X_C} = \frac{230 \text{ V}}{424,6 \Omega} = 0,54 \text{ A}$$

$$\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \frac{1}{s} = 314 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

2. példa:

Adott:

$I_C = 2,0 \text{ mA}$; $f = 400 \text{ Hz}$; $C = 8 \text{ nF}$; $X_C = ?$

Keresett:

$U = ?$

$$\omega = 2612 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2612 \frac{1}{s} \cdot 8 \cdot 10^{-9} \frac{\text{As}}{\text{V}}} = \frac{1000000000 \text{ V}}{2612 \cdot 8 \text{ A}} = 47855 \Omega \approx 48 \text{ k}\Omega$$

$$U = X_C I_C \approx 48 \cdot 10^3 \Omega \cdot 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 96 \text{ V}$$

Több kondenzátor összekapcsolása (l. 82. és 83. oldalt)

Több kapacitás összekapcsolása egyetlen kapacitássá egyenáram és váltakozó áram esetében egyaránt megengedett.

3. példa:

Adott:

Két, egyenként $6 \mu F$ -os kondenzátor 230 V , 50 Hz feszültségen párhuzamosan van kapcsolva.

Keresett:

Mekkora a két kondenzátor X_{C_0} eredő kapacitív ellenállása?

Mekkora az eredő I_{C_0} áramfelvétel?

$$C_0 = C_1 + C_2 = (6 + 6) \mu F = 12 \mu F$$

$$X_{C_0} = \frac{1}{\omega \cdot C_0} = \frac{1}{314 \frac{1}{s} \cdot 12 \mu F} = \frac{1000000}{314 \cdot 12 \frac{\text{As}}{\text{V}}} \approx 265 \Omega$$

$$I_{C_0} = \frac{U}{X_{C_0}} \approx \frac{230 \text{ V}}{265 \Omega} \approx 0,87 \text{ A}$$

10.3. Veszteségmentes induktivitás váltakozó áramú áramkörben

Veszteségmentes induktivitás

A veszteségmentes induktivitás olyan tekercs, amelynek R hatásos ellenállása nulla, és nincs C kapacitása. Ilyen tekercs gyakorlatilag nem létezik, ennél fogva csak ideális tekercsről beszélünk.

Induktivitás egyenfeszültségen (l. 113. és 114. oldalt)

Ha az L induktivitású ideális tekercsre U egyenfeszültséget kapcsolunk, a bekapcsolás pillanatában a tekercs u_L feszültsége maximális, és az áram $i = 0$ (1. és 2. ábra).

Egy tekercs a bekapcsolás első pillanatában olyan, mint a végtelenül nagy ellenállás.

Ha a tekercsfeszültség $u_L = 0$, az i áram elérte a maximális értékét.

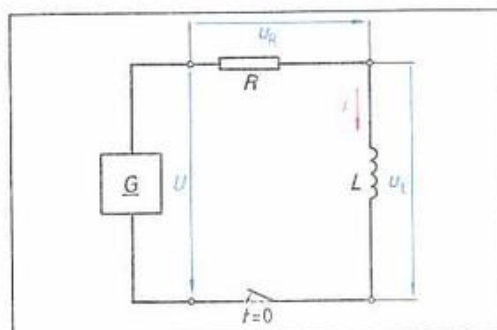
Induktivitás váltakozó feszültségen

Ha az L induktivitású ideális tekercsen $i = \hat{i} \cdot \sin \omega t$ váltakozó áram folyik, akkor ez az áram $\phi = \hat{\phi} \cdot \sin \omega t$ váltakozó fluxust hoz létre. Az indukciótörvény szerint a váltakozó fluxus önindukciós feszültséget indukál a tekercs N menetében:

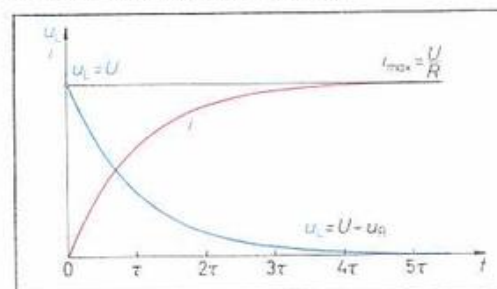
$$u_L = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

A tekercsnek ez az u_L önindukciós feszültsége a rákapcsolt u feszültséggel szembe mutat.

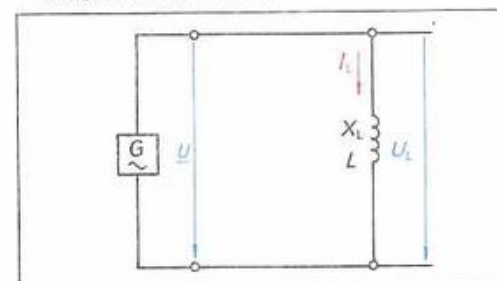
Az i tekercsáram és ϕ váltakozó mágneses fluxus fázisban vannak. Ha a Δt időtartam állandó, akkor a hozzá tartozó legnagyobb $\Delta \phi$ fluxusváltozás a nullaátmenetkor és a legkisebb $\Delta \phi$ fluxusváltozás a csúcserősnél van. Ugyanez érvényes Δi nagyságára is (4. ábra). Következésképpen a nullaátmenetkor a legnagyobb és a csúcserősnél a legkisebb u_L feszültség keletkezik. Ez az összefüggés az 5. ábrán látható.



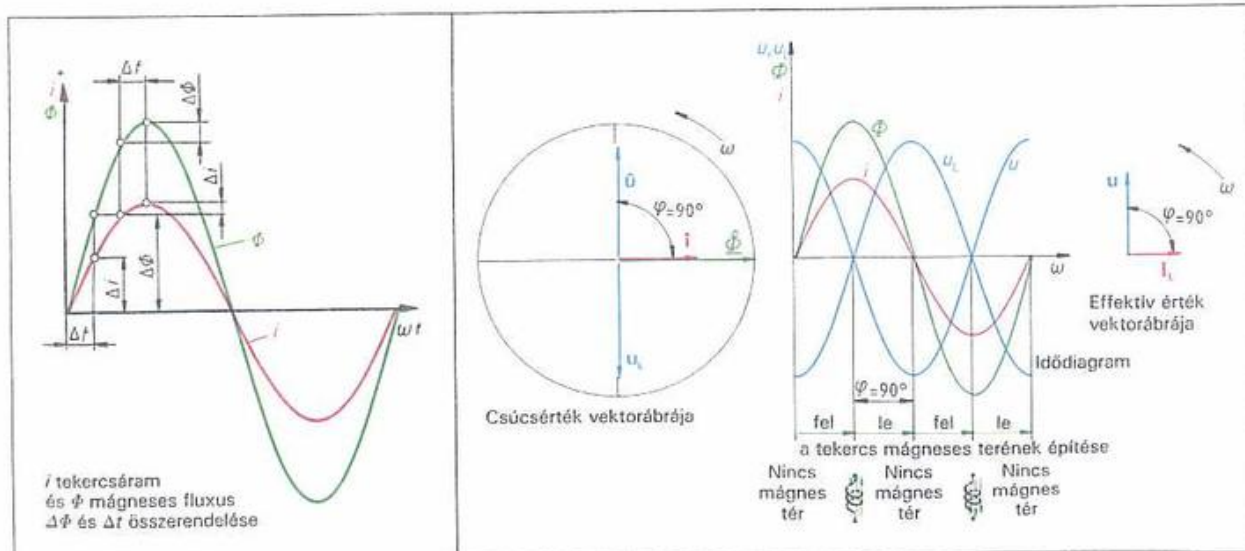
1. Tekercs egyenáramú áramkörben



2. Tekercs egyenáramon. Az áram és a feszültség lefolyása bekapcsoláskor



3. Tekercs váltakozó áramú áramkörben



4. Tekercs váltakozó áramon

5. Ideális tekercs vektorábrája és idődiagramja váltakozó áramú áramkörben

10.3. Veszteségmentes induktivitás váltakozó áramú áramkörben Több induktivitás összekapcsolása

A váltakozó áram $i = \hat{i} \cdot \sin \omega t$ szerint változik, és az u váltakozó feszültség, amely az áramot kelti, $u = \hat{u} \cdot \cos \omega t = \hat{u} \cdot \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$ szerint leng, amelyben $\frac{\pi}{2} \hat{=} 90^\circ$. A tekercsre jutó u feszültség és i áram tehát $\varphi = 90^\circ$ fázisszöggel van eltolva, ez a vektorábráról is látható. Az u_L önindukciós feszültség és az u rákapcsolt feszültség ellenfázisban vannak.

Ideális induktivitáson váltakozó áramú áramkörben az áram a feszültséghez képest $\varphi = 90^\circ$ -kal késik. Megjegyzés: az induktivitás késlelteti az áramot!

Az u_L önindukciós feszültség a rájutó u feszültség ellen hat, ez korlátozza az i áramot.

Az X_L induktív látszólagos ellenállás

Az U és az I_L effektív értékének hányadosa az ellenállás.

Az $\frac{U}{I_L} = X_L$ hányadost induktív látszólagos ellenállásnak nevezzük. Ezen hővé alakuló villamos munka nem keletkezik.

A veszteségmentes tekercs u_L önindukciós feszültségének áramkorlátozó hatása okozza az ellenállást.

Az X_L induktív látszólagos ellenálláshoz azt a képzetet kell kapcsolni, hogy az Ohm-törvény szerint

meghatározza az $I_L = \frac{U}{X_L}$ áramot, ezenkívül az a tulajdonsága, hogy az I_L áramot az U feszültséghez

képest $\varphi = 90^\circ = \frac{\pi}{2}$ fázisszöggel késlelteti.

Ha a 132. oldalon látható 3. ábra szerinti kapcsolásban különböző értékű induktivitásokat kapcsolunk állandó U feszültségre, ráadásul a feszültség $\omega = 2\pi f$ körfrekvenciája is változik, megállapíthatjuk, hogy:

$$X_L \sim L \quad X_L \sim \omega = 2\pi f$$

azaz kétszer akkora L induktivitáshoz kétszeres X_L érték tartozik, ill. háromszoros f frekvenciánál X_L is háromszor akkora. Az induktív látszólagos ellenállás számítható (1. ábra):

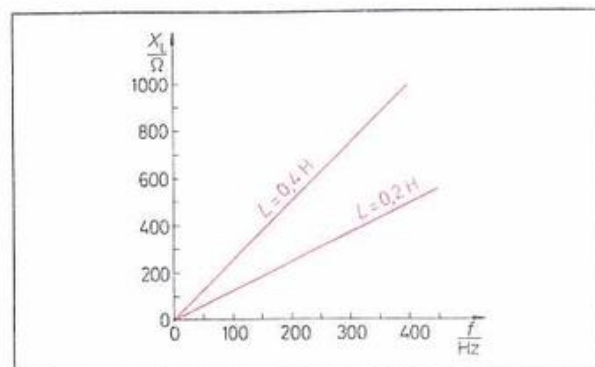
$$X_L = \omega \cdot L = 2\pi f \cdot L$$

$$\text{Mértékegység: } [X_L] = \frac{1}{s} \cdot \frac{Vs}{A} = \frac{V}{A} = \Omega$$

X_L az induktív ellenállás, Ω ;

$\omega = 2\pi f$ a körfrekvencia, $\frac{\text{rad}}{s}$;

L az induktivitás, $H = \frac{Vs}{A}$;



1. X_L a frekvencia függvényében; $X_L = f(f)$, $L = 0,2 \text{ H}$ és $L = 0,4 \text{ H}$ értékekhez

Az ideális induktivitás egyenáramú ellenállása nulla, váltakozó áram esetén az ellenállás mind az induktivitással, mind a frekvenciával nő.

Az Ohm-törvény korlátozás nélkül érvényes, ha a $\varphi = 90^\circ$ fáziseltolást figyelembe vesszük:

$$I_L = \frac{U}{X_L} = \frac{U}{\omega L} \quad U = X_L \cdot I_L = \omega L \cdot I_L \quad X_L = \frac{U}{I_L}$$

1. példa:

Mekkora I_{L1} áramot vesz fel az $L = 0,06 \text{ H}$ induktivitás $U_1 = 230 \text{ V}$, 50 Hz feszültségen?

Mekkora az I_{L2} áramfelvétele $U_2 = 230 \text{ V}$, 400 Hz esetén?

$$X_{L1} = \omega \cdot L = 2\pi f \cdot L = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot \frac{1}{s} \cdot 0,06 \cdot \frac{Vs}{A} = 2 \cdot 3,14 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 10^{-1} \cdot \frac{V}{A} \approx 19 \Omega$$

$$X_{L2} = \omega \cdot L = 2\pi f \cdot L = 2 \cdot 3,14 \cdot 400 \cdot \frac{1}{s} \cdot 0,06 \cdot \frac{Vs}{A} = 151 \Omega$$

$$I_{L1} = \frac{U}{X_{L1}} = \frac{230 \text{ V}}{19 \Omega} \approx 12,1 \text{ A};$$

$$I_{L2} = \frac{U}{X_{L2}} = \frac{230 \text{ V}}{151 \Omega} \approx 1,5 \text{ A}$$

Több induktivitás összekapcsolása

Váltakozó áram esetében ugyanúgy összefogható több induktivitás egyetlen eredő induktivitásban, mint egyenáram esetén. Ennek feltétele az, hogy az induktivitások között nem lehet mágneses csatolás, azaz az egyes tekercsek mágneses terei egymást nem befolyásolhatják.

Az L_e eredő induktivitás ugyanúgy számítható, mint az ellenállások soros és párhuzamos kapcsolása, ha R_x helyére L_x kerül (l. a 26. és 28. oldalt).

2. példa:

Egy tekercs $U = 400 \text{ V}$, 50 Hz feszültségről $I_L = 2,5 \text{ A}$ áramot vesz fel. Mekkora a tekercs L induktivitása, ha a tekercs veszteségét elhanyagoljuk?

Mekkora lenne a tekercs áramfelvétele, ha $U = 230 \text{ V}$, 50 Hz feszültségre kapcsolnánk?

400 V , 50 Hz esetén:

$$X_L = \frac{U}{I_L} = \frac{400 \text{ V}}{2,5 \text{ A}} = 160 \Omega \quad \omega = 2\pi \cdot f = 314 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{160 \Omega}{314 \frac{1}{\text{s}}} \approx 0,5 \Omega\text{s} = 500 \text{ mH}$$

230 V , 50 Hz :

$$I_L = \frac{U}{X_L} = \frac{230 \text{ V}}{160 \Omega} \approx 1,4 \text{ A}$$

3. példa:

Két induktivitás, L_1 és L_2 párhuzamosan vannak kapcsolva, és nincs közöttük mágneses csatolás. $U = 60 \text{ V}$, 1000 Hz hangfrekvencián az egyik tekercs $I_{L1} = 150 \text{ mA}$, a másik tekercs $I_{L2} = 350 \text{ mA}$ áramot vesz fel. Mekkora az L_1 és L_2 induktivitás és az L_0 eredő induktivitás, ha a tekercsveszteségeket elhanyagoljuk?

$$X_{L1} = \frac{U}{I_{bL1}} = \frac{60 \text{ V}}{150 \text{ mA}} = \frac{60 \cdot 1000 \text{ V}}{150 \text{ A}} = 400 \Omega \quad \omega = 2\pi f = 6280 \frac{1}{\text{s}}$$

$$X_{L2} = \frac{U}{I_{bL2}} = \frac{60 \text{ V}}{350 \text{ mA}} = \frac{60 \cdot 1000 \text{ V}}{350 \text{ A}} \approx 171,4 \Omega$$

$$L_1 = \frac{X_{L1}}{\omega} = \frac{400 \Omega}{6280 \frac{1}{\text{s}}} = 0,0637 \Omega\text{s} \approx 64 \text{ mH}$$

$$L_2 = \frac{X_{L2}}{\omega} = \frac{171,428 \Omega}{6280 \frac{1}{\text{s}}} = 0,0273 \Omega\text{s} \approx 27 \text{ mH}$$

$$X_{L0} = \frac{U}{I_{bL1} + I_{bL2}} = \frac{60 \text{ V}}{0,15 \text{ A} + 0,35 \text{ A}} = \frac{60 \text{ V}}{0,5 \text{ A}} = 120 \Omega$$

$$L_0 = \frac{X_{L0}}{\omega} = \frac{120 \Omega}{6280 \frac{1}{\text{s}}} = 19,1 \cdot 10^{-3} \Omega\text{s} \approx 19 \text{ mH}$$

vagy

$$L_0 = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2} = \frac{(63,7 \cdot 27,3) \text{ (mH)}^2}{(63,7 + 27,3) \text{ mH}} \approx 19 \text{ mH}$$

10.4. Ellenőrizze tudását

10.1. szakaszhoz: Hatásos ellenállás váltakozó áramú áramkörben

1. Magyarizzuk meg a hatásos ellenállás fogalmát!
2. Mikor lehet váltakozó áram esetében ohmos ellenállásról beszélni?
3. Mit mondhatunk hatásos ellenállás esetén a váltakozó feszültség és váltakozó áram fázishelyzetéről?
4. Milyen váltakozó áramú mennyiségekkel kell számolni ahhoz, hogy az Ohm-törvényt ugyanúgy alkalmazzhassuk, mint egyenáram esetén?
5. Rajzoljuk fel a feszültség és az áram vektorábráját hatásos ellenálláson!
6. Hogyan lehet váltakozó áramú áramkörben kiszámítani az áramokat és feszültségeket az ellenállásokon, ha azok sorba, párhuzamosan vagy vegyesen vannak kapcsolva?

10.2. szakaszhoz: Veszteségmentes kapacitás váltakozó áramú áramkörben

1. Milyen tulajdonságokat rendelünk veszteségmentes kapacitáshoz a váltakozó áramra és váltakozó feszültségre vonatkoztatva?
2. Azt mondjuk: a kondenzátor az egyenáramot zárja, és a váltakozó áramot átereszt. Indokoljuk meg ezt az állítást!
3. Mi az oka a kondenzátor áramkorlátozó hatásának váltakozó áramú áramkörben?
4. Hogyan változik a kapacitív látszólagos ellenállás a frekvencia növekedésével?
5. Rajzoljuk le az $X_C = f(f)$ függvényt $C = 50 \mu\text{F}$ kapacitáshoz az $f = 0 \dots 500 \text{ Hz}$ tartományban!
6. Mit mondhatunk el a váltakozó feszültség és váltakozó áram fázishelyzetéről veszteségmentes kapacitás esetén?
7. Rajzoljuk le a 6. kérdéshez tartozó vektorábrát és idődiagramot!
8. Hogy kell eljárunk, ha váltakozó áramú áramkörben kondenzátorok sorba, párhuzamosan vagy vegyesen vannak kapcsolva, és ki akarjuk számítani a részáramokat és részfeszültségeket?

10.3. szakaszhoz: Veszteségmentes induktivitás váltakozó áramú áramkörben

1. Mi az oka az induktív látszólagos ellenállásnak?
2. Milyen feltételek kapcsolják össze váltakozó áram esetén az áramot és feszültséget veszteségmentes induktivitás esetén?
3. Rajzoljunk vektorábrát és idődiagramot a 2. kérdéshez!
4. Mi az összefüggés az induktív látszólagos ellenállás, a frekvencia és az induktivitás között?
5. Rajzoljuk fel az $X_L = f(f)$ függvényt az $L = 0,5 \text{ H}$ induktiváshoz a $0 \dots 500 \text{ Hz}$ tartományban!
6. Milyen feltételeket kell teljesíteni, ha tekercsek soros, párhuzamos vagy vegyes kapcsolását akarjuk eredő tekercssel helyettesíteni?

11. Villamos méréstechnika*

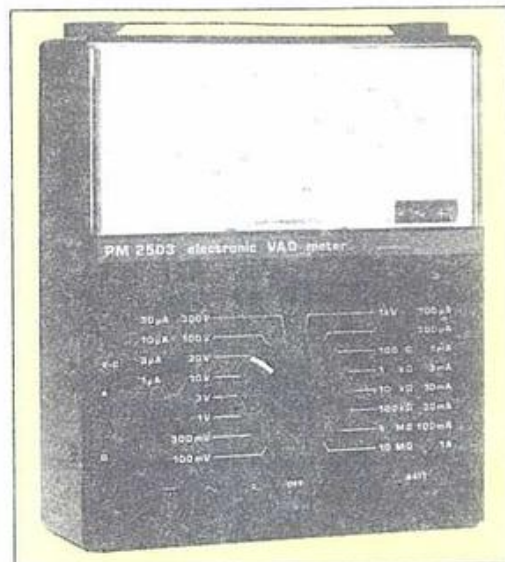
11.1. A villamos méréstechnika alapjai

Analog és digitális műszerek

Az analog műszerek a mért értéket analog módon, azaz a mért értékkel arányos kitéréssel (mutatók műszereknél l. az 1. ábrát) vagy kitéréssel (oszilloszkópnál, l. a 150. oldalt) jelzik. A mért értéket ezekben az esetekben skálán kell leolvasni. A leolvasás pontossága a skála és a mutató pontosságától, valamint a leolvasó gyakorlatosságától függ, főleg a közbenső értékek becslésekor.

A digitális műszerek a mért eredményt többnyire dekadikus számokkal adják meg (2. ábra). A mért eredményt a mutatott értékre analog–digitális (A/D) átalakító alakítja át. A mérési eredményt gyakorlatlanok is leolvashatják. A leolvasási pontosság a kijelző decimális helyiérték-számától függ, de a mérési pontosságot lényegében az analog–digitális átalakító szabja meg.

Ha a műszeren a mért érték változását akarjuk megfigyelni, a digitális kijelzés kevésbé szemléletes, mint az analog kijelzés.



1. Analog kijelzésű univerzális műszer

Hiba, hibahatár, pontossági osztály

Minden mérőműszernek van kisebb-nagyobb hibája, ezen a mutatott érték és a valóságos — helyes — érték közötti eltérést értjük.

H hiba = K kijelzett érték — V valóságos érték

$$H = K - V$$

A h relatív hiba:

$$h = \frac{K - V}{V} = \frac{H}{V} \approx \frac{K - V}{K}$$

A hibahatár megegyezés szerint a legnagyobb eltérés a mért és valóságos érték között, ami elsősorban a műszer konstrukciójától, de a mérőkapcsolástól, a környezeti hőmérséklettől, a műszer felállításától, a frekvencia és a mágneses tér befolyásától is függ.

A garantált hibájú mérőműszereket a szabvány alapján a 3. ábra szerinti osztályokba sorolják. A pontosságot osztályjellel adják meg, és a műszerskálán számmal jelölik. A maximális megengedett hibát megkapjuk, ha az Mh méréshatárt a százalékban megadott op osztálypontossággal megszorozzuk.

$$H_{max} = \pm Mh \cdot \frac{op}{100}$$

Például, ha a műszer pontossági osztálya 1,5 és a méréshatára 250 V, a maximálisan megengedett hiba:

$$H_{max} = \pm 250 \text{ V} \cdot 1,5\% = \pm 3,75 \text{ V}$$

* A vonatkozó magyar szabványok a következők: MSZ IEC 51/1–9, MSZ 1599, MSZ 1591, MSZ KGST 2419, MSZ 384



2. Digitális kijelzésű univerzális műszer

Osztálybesorolás

Hiba a méréshatár %-ában

1. Laborműszerek	op: 0,1	0,2	0,5	
2. Üzemi műszerek	op: 1	1,5	2,5	5

3. Osztálybesorolás



4. Használati helyzet

Ha a kiterés/kijelzés függvényében kiszámítjuk a $h_{\max}$ relatív hibát, az 1. ábra szerinti függvényt kapjuk.

A relatív hiba a mérési tartomány kezdete felé nagyon erősen nő. Ezért csak a skála felső harmadában ajánlatos mérni.

A mérőműszerek jellemzői, jelképi jelölései

A mérőmű és a műszer tulajdonságai a skálán látható jelképekből olvashatók le (2. ábra).

Az egyes mérőműveket az érzékenységük különbözteti meg:

$$\text{Érzékenység} = \frac{\text{a kijelzés változása}}{\text{a mért érték változása}}, \text{ pl. } 0,2 \frac{\text{skálaosztás}}{V}$$

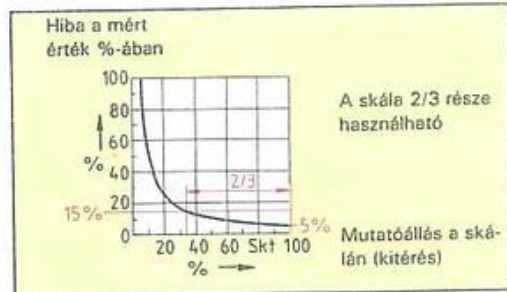
Az érzékenység reciprokát **skálaállandónak** nevezzük. Lineáris skálára¹ vonatkozóan:

$$c \text{ skálaállandó} = \frac{\text{méréshatár}}{\text{kiterés}}, \text{ pl. } c = 0,1 \frac{A}{\text{oszt}}$$

Hogy a kezelőt ne veszélyeztessék, előírják a **névleges szigetelési feszültséget** a műszer mérőműve és tokja között. A **próbafeztültség** biztonsági okból jóval nagyobb, amit a műszerskálán csillagba írt szám jelöl (3. ábra).

Névleges szigetelési feszültség	Próbafeztültség	☆ Számjel a csillagban
50 V	500 V	Nincs
250 V	1500 V	1,5
650 V	2000 V	2
1000 V	3000 V	3
2000 V	5000 V	5
Nincs adat	Nincs vizsgálat	0

3. Műszerek névleges szigetelési és próbafeztültsége



1. Skálatartomány a mérőműszer megengedett hibájával

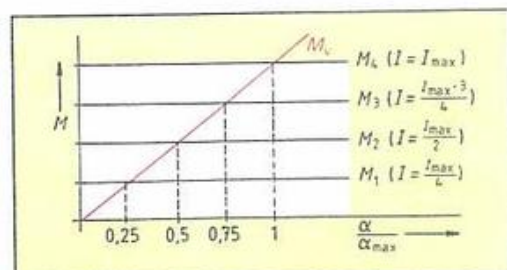
	Lengőtekercses műszer állandó mágnessel		Lágyvasas műszer
	Lengőtekercses hányadosmérő		Indukciós műszer
	Lengőtekercses műszer egyenirányítóval		Bimetallos műszer
	Forgómágneses műszer		Elektrosztatikus műszer
	Vasmentes elektrodinamikus műszer		Rezgőnyelvs műszer
	Vasmagos elektrodinamikus műszer		Asztatikus műsor
	Műszer vasárnyékolással (az árnyékolás jele)		Egyenirányító
	Egyenáram		Készülék elektrosztatikus árnyékolással (az árnyékolás jele)
	Váltakozó áram		Egyen- és váltakozó áram
	Nagyfeszültség figyelmeztetőjele		Figyeljen a használati utasításra
			Műszer beépített erősítővel

2. A műszerskálán lévő jelképi jelölések

11.2. Az analóg műszerek működési elve

Mutatókiterés

Az analóg műszereknek általában egy állórésze és egy, a mutatóval összekapcsolt forgórésze van, amelyre a mért értékkel arányos kitérítő nyomaték hat. A mutató kitérését visszatérítő nyomaték határozza meg, amely többnyire spirálrugótól származik (l. az 1. ábrát a 137. oldalon). A visszatérítő nyomaték az α mutatókitéréssel lineárisan nő. Ha a két nyomaték egyenlő egymással, hatásuk kiegyenlítődik, és a mutató kitérését leolvashatjuk a skálán (4. ábra).



$M_1 \dots M_4$ a forgatónyomaték, M_v a visszatérő nyomaték.

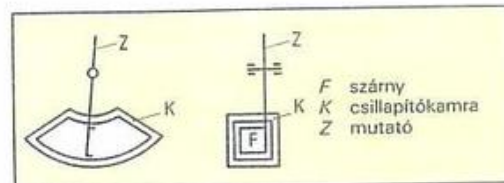
4. Összefüggés a forgatónyomaték és a mutatókiterés között

¹ A skála osztásközeihez egyenlő mért értékek tartoznak.

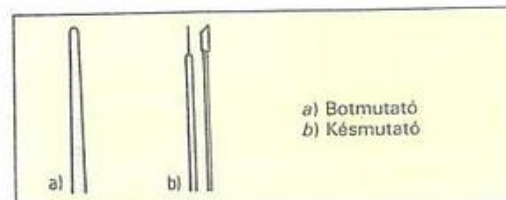
Csillapítás

A mért érték miatt felgyorsított mutató (mozgóréssz) túllendül a mért értéken, és meghatározott ideig leng körülötte, ami megnehezíti a mért érték leolvasását. Az analóg műszereket ezért csillapítással látják el, ami a mutatót lengésmentessé teszi, és a mért értéknek megfelelő kitérést rövid idő alatt beállítja. **Légcsillapításnál** a mutatóval összekapcsolt szárny a levegőt az egyik kamrarészből a másikba tereli és ezzel csillapítja a mozgását (1. ábra).

Örvényáramú csillapítás esetén a mérőmű forgórésze az állandó-mágneses mezőben feszültséget indukál, aminek örvényáram a következménye. Ez a forgatónyomatékkal szemben gátló hatású, és csillapítja a mutató mozgását.



1. Légcsillapítás

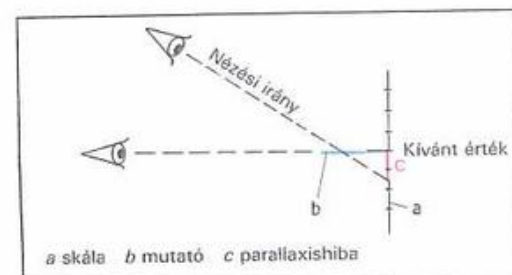


2. Mutatóalakok

Mutató

A pontos leolvasás és a parallaxishiba elkerülése érdekében többnyire kés alakú mutatókat használnak (2. ábra). A parallaxishiba úgy keletkezik, hogy a szemünk — a helyes érték helyett — ferde irányban más értéket olvas le, mint merőlegesen (3. ábra). A tűkörskála (l. a 4. ábrát) javítja a leolvasási pontosságot.

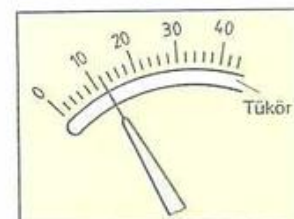
Fénymutató esetében a mérőműre rögzített kis tükrőről a skálára fényjelet vetítenek.



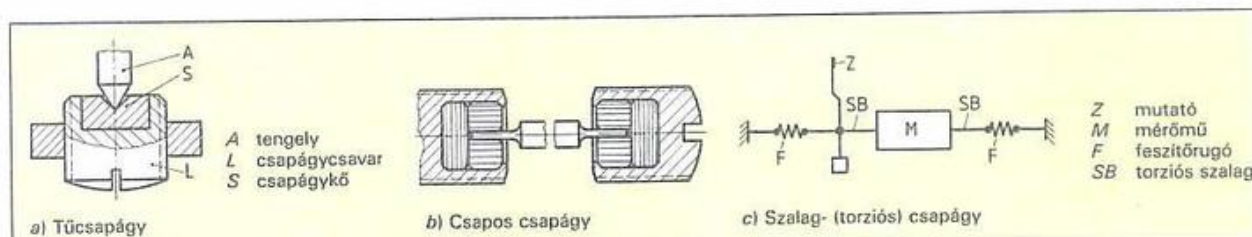
3. Parallaxishiba

Csapágyazás

A mérőmű mutatójának (mozgórésszének) csapágyazásánál tűs, csapos és szalagrugós csapágyazást különböztetünk meg (5. ábra). Szalagrugós csapágyazáskor a mozgórészt rövid, feszes szalagok tartják. Kitéréskor a szalagok elcsavarodnak és ezzel visszatérítő nyomatékot hoznak létre.



4. Tűkörskála



5. Csapágyazási módok

11.3. Áram- és feszültségmérés, a méréshatár kiterjesztése

A mérőműszereknek is van villamos ellenállásuk, az R_b belső ellenállás. Úgy kell őket méretezni, hogy a mért áramkörre a befolyásuk a lehető legkisebb legyen. Ez igen nehéz akkor, ha az áramkör energiája kicsi.

Árammérés és az árammérő méréshatárának kiterjesztése

Az árammérőt be kell iktatni a mérendő áram útjába. A műszer ellenállásának ezért minél kisebbnek kell lennie, hogy hatását az áramerősségre elhanyagolhassuk (1. ábra).

A méréshatár áramméréskor R_s sőtellenállással bővíthető (2. ábra). Ha I az I_m mérőáram n -szerese, akkor:

$$I = n \cdot I_m = I_s + I_m \quad I_s = n \cdot I_m - I_m = I_s (n-1),$$

$$R_s \cdot I_s = R_b \cdot I_m$$

$$R_s = \frac{R_b}{n-1}$$

$$R_s = \frac{I_m}{I_s} \cdot R_b$$

A méréshatár-kiterjesztéshez tartozó hatásos eredő ellenállás:

$$R_{b0} = \frac{R_b}{n}$$

Példa:

Egy árammérő méréshatára $I_m = 0,6$ A, belső ellenállása $R_b = 0,5 \Omega$. A méréshatárt $I = 12$ A-re kell bővíteni.

$$n = \frac{I}{I_m} = \frac{12 \text{ A}}{0,6 \text{ A}} = 20 \quad R_s = \frac{R_b}{n-1} = \frac{0,5 \Omega}{20-1} \approx 26 \text{ m}\Omega$$

$$R_{b0} = \frac{R_b}{n} = \frac{0,5}{20} = 25 \text{ m}\Omega$$

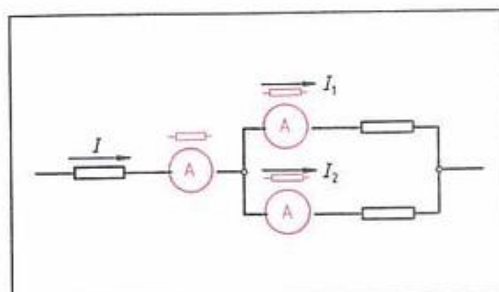
Ezeket a sőtellenállásokat vagy sőtöket szabványos értékekre készítik és hitelesítik. 30 mV, 45 mV, 60 mV, 150 mV vagy 300 mV feszültségre méretezik őket, hogy minden mérőműszerhez csatlakoztathatók legyenek.

Feszültségmérés és a feszültségmérő méréshatárának kiterjesztése

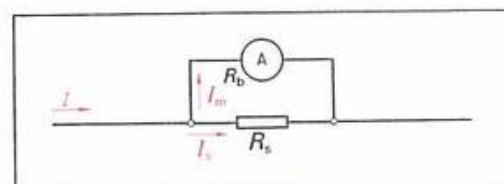
A feszültségmérő a kapcsaira jutó feszültséget méri. A műszert tehát párhuzamosan kell kapcsolni az áramkörnek azzal a részével, amelynek a feszültségét kívánjuk mérni.

A feszültségmérő ellenállásának minél nagyobbak kell lennie, áramfelvétele a vizsgált áramkört lehetőleg észrevehetően ne befolyásolja (3. ábra).

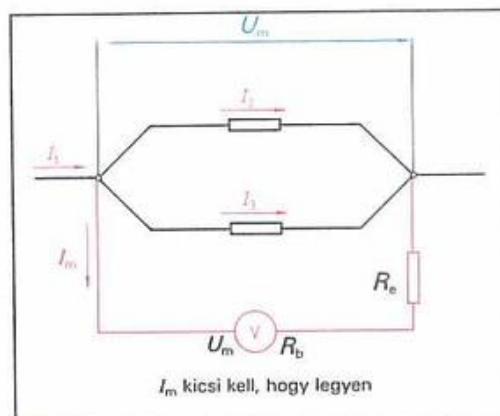
Az R_b belső ellenállású feszültségmérő méréshatárát R_e előtétellenállással lehet bővíteni (3. és 4. ábra).



1. Az árammérő ellenállása minél kisebb legyen

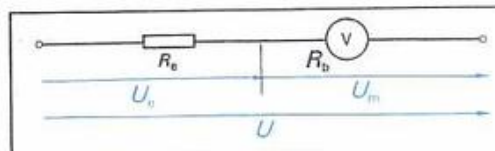


2. Az árammérő méréshatárának kiterjesztése



3. Feszültségmérő

A feszültségmérő ellenállása minél nagyobb kell, hogy legyen



4. A feszültségmérő méréshatárának kiterjesztése

11.4. Lágyvasas műszer áram- és feszültségmérésre

Legyen a mérendő U feszültség a mérőmű U_m feszültségének n -szerese, akkor:

$$U = n \cdot U_m = U_e + U_m, \quad U_e = n \cdot U_m - U_m = U_m (n-1),$$

$$R_e : R_b = U_e : U_m,$$

$$R_e = R_b (n-1) \quad R_e = \frac{U_e}{U_m} \cdot R_b$$

Az eredő hatásos ellenállás tehát:

$$R_{b0} = R_b + R_e = R_b \cdot n$$

Példa:

Egy feszültségmérő méréshatára $U_m = 15$ V. Méréshatárát $U = 150$ V-ra kell bővíteni. Belső ellenállása $R_b = 15$ k Ω .

$$n = \frac{U}{U_m} = \frac{150 \text{ V}}{15 \text{ V}} = 10$$

$$R_e = 15 \text{ k}\Omega (10-1) = 135 \text{ k}\Omega$$

$$R_{b0} = R_b \cdot n = 15 \text{ k}\Omega \cdot 10 = 150 \text{ k}\Omega$$

11.4. Lágyvasas műszer áram- és feszültségmérésre

A lágyvasas műszer egyszerű, robosztus felépítésű, egyenáram és hálózati frekvenciás váltakozó áram mérésére egyaránt alkalmas. A mérőmű légmagos tekercsből, valamint egy, a mutatóval összekapcsolt mozgó- és egy rögzített lágyvas lemezből áll (1. ábra). A lágyvas lemezek elhelyezése szerint kétfajta lágyvasas műszert különböztetünk meg (2. ábra). Ha a mérőmű tekercsében mérőáram folyik, az mágneses teret hoz létre, amely mindkét lemezkét azonos irányban mágnesezi. A forgathatóan csapágyazott lemezre taszítóerő hat, és a mutató kitér.

A taszítóerő és ezzel az α kitérési szög az áram négyzetétől függ, és negatív áramiránynál is pozitív a mutató kitérése.

A mérőműszer ezért egyenáram, váltakozó áram és feszültség mérésére alkalmas.

Az $\alpha \sim I^2$ négyzetes összefüggés miatt négyzetes skálára volna szükség. A két vaslemezke különleges alakú kiképzésével közelítően lineáris skálabeosztást is el lehet érni.

A lágyvasas műszerek felépítése egyszerű, robosztusak és erősen túlterhelhetők.

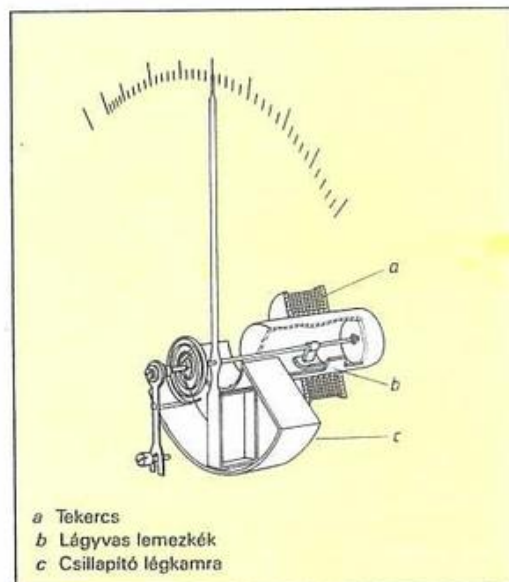
A mérőmű gyűrűtekercse légmagos, ezért nagy áram, vagy sok menet szükséges a szükséges F mágneses erő kifejtéséhez. Ez azt jelenti, hogy a mérőmű nagy áramok méréséhez előnyös; 300 A mérésére is készítenek műszert.

A legkisebb méréstartomány 10. . 30 mA, mert a menetszám tetőszólegesen nem növelhető.

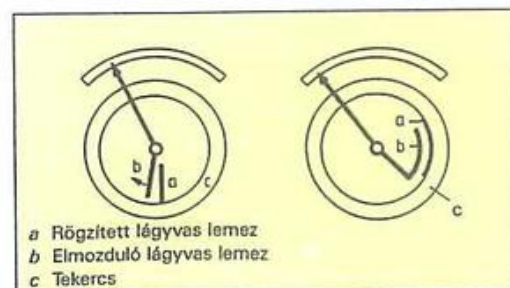
A lágyvasas árammérő mérési tartományát nemcsak külső sőtellenállással, hanem a mágnesetekercs részleges átkapcsolásával is változtatni lehet. A lágyvasas feszültségmérő méréshatárát előtét-ellenállással lehet kiterjeszteni.

Váltakozó áram méréséhez általában mérőváltókkal oldják meg a méréshatár kiterjesztését. A lágyvasas áram- és feszültségmérő táblaműszerek frekvenciatartománya 15. . 65 Hz.

Laboratóriumi és precíziós műszerek esetén a frekvenciatartomány párhuzamos kondenzátorral 1 kHz fölé is emelhető. Elérhető 1 mA és 1,5 V méréstartomány is.



1. Lágyvasas mérőmű (alapelv)



2. A lágyvas lemezek különböző elrendezése

11.5. Lengőtekercses műszer áram- és feszültségmérésre

11.5. Lengőtekercses műszer áram- és feszültségmérésre

A mérőmű állandómágnestől és ennek mágneses terében elfordulhatóan csapágyazott tekercsből áll. Hogy a légrés kicsi legyen, és ezáltal erős mágneses tér alakuljon ki, a lengőtekercs belsejében lágyvasmágneses vasmag van. Az áramot két spirálrugó vagy feszítőszál vezeti hozzá (1. ábra), ezek egyben a visszatérítő nyomatékokat is biztosítják.

Amikor a mérőtekercsen egyenáram folyik át, a tekercs egyes vezetői körül mágneses tér keletkezik, ami az állandómágnes terével összeadódik. A felvett áramirányban a bal oldali vezető alatt és a jobb oldali vezető felett erővonal-sűrűsödés, az ellenkező oldalon erővonal-ritkulás alakul ki (2. ábra). Az áramvezető tekercsre ezért a rajzolt irányban F erő hat, ami forgatónyomatékokat hoz létre és α kitérést okoz. Az erő és ezzel az α kitérés a mágneses térrel és így az árammal egyenesen arányos:

$$\alpha \sim I$$

$$\alpha = c \cdot I$$

Az α kitérés tehát a mérendő I tekercsáram függvénye. A képletben c a műszerállandó.

Ha az áramirány megfordul, megváltozik a kitérés iránya is.

Ha a lengőtekercsen váltakozó áram folyik, az a tehetetlensége miatt nem tudja követni a gyorsan irányt váltó impulzusokat, és a váltakozó áram középértékét, tehát nullát mutat.

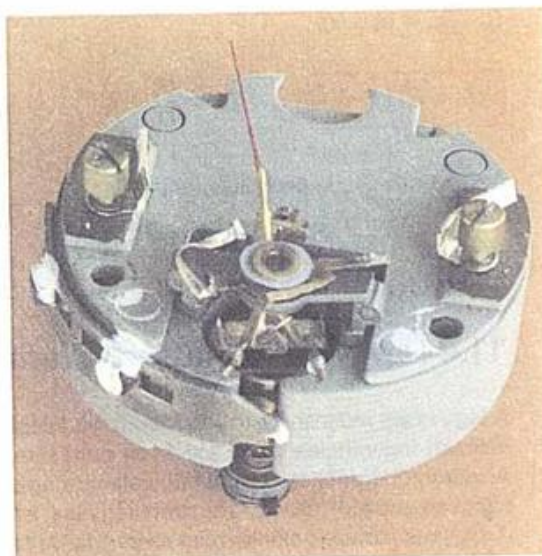
A lengőtekercses mérőmű közvetlenül nem alkalmas váltakozó áram és váltakozó feszültség mérésére.

A külső mágneses mérőművel szemben az állandómágnes és a lágyvasmag felcserélhető, ekkor belső mágneses mérőművet kapunk. Itt a középen lévő hengeres testet $\bar{E}$ és D pólusú állandómágnes alkotja. A mágneses erővonalak most a kívül lévő lágyvas hengeren vezethetők vissza (3. ábra). Ezek a mérőművek kis méretűek, és érzéketlenek a külső mágneses térrel szemben. A légrés egyenletes mágneses terével lineáris skálabeosztást kapunk.

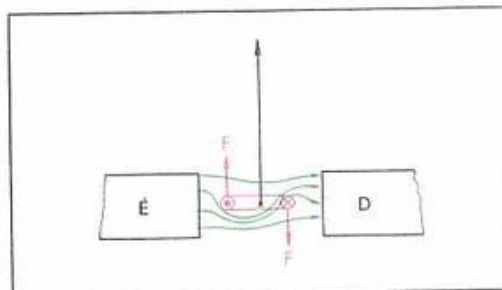
A kellő csillapítás a lengőtekercses mérőműben általában alumínium forgókerettel érhető el. Amikor ez a keret a mutató kitérésekor a tekercsrel együtt az állandómágnes terében mozog, feszültség indukálódik benne. A feszültség a zárt alumíniumkeretben örvényáramot hoz létre, ami gátolja a forgómozgást és ezáltal csillapít. Örvényáramú csillapításról van tehát szó.

A lengőtekercses műszerek az erős állandómágnes, a kis légrés és a könnyű lengőrendszer miatt nagyon nagy érzékenységuék és kicsi az energiafogyasztásuk.

Precíziós műszereket 0,1 osztálypontossáig készítenek. Ha csökkenteni akarják a külső súrlódást és a lökésérzékenységet, feszített szálat alkalmaznak, amelyre felfüggesztik a mérőművet. Ez egyben az áramvezetést és a visszatérítő rugót is helyettesíti.



1. Lengőtekercses mérőmű külső mágnessel



2. Áramtól átjárt forgótekercsre ható erők mágneses térben



3. Belsőmágneses mérőmű

11.6. Ellenállásmérés

Közvetett módszer áram- és feszültségméréssel

Ismeretlen ellenállás értéke áram és feszültség egyidejű mérésével határozható meg. Két mérőkapcsolás lehetséges:

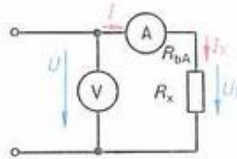
1. Feszültséghiba-kapcsolás:

$$R_x = \frac{U_x}{I_x}; \quad I_x = I$$

$$U_x = U - I \cdot R_{bA}$$

$$R_x = \frac{U - I \cdot R_{bA}}{I}$$

$$= \frac{U}{I} - R_{bA}$$



Ez a módszer különösen nagy ellenállások méréséhez megfelelő.

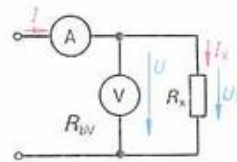
$$\text{Ha } R_x \gg R_{bA}, \text{ akkor } R_x \approx \frac{U}{I}$$

2. Áramhiba-kapcsolás:

$$R_x = \frac{U_x}{I_x}; \quad U_x = U$$

$$I_x = I - \frac{U}{R_{bV}}$$

$$R_x = \frac{U}{I - U/R_{bV}}$$



Ez a módszer különösen kis ellenállások méréséhez megfelelő.

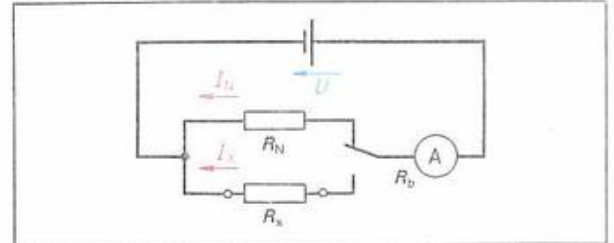
$$\text{Ha } R_x \ll R_{bV}, \text{ akkor } R_x \approx \frac{U}{I}$$

Ellenállásmérés áram- és feszültség-összehasonlítással

Áram-összehasonlító mérés (1. ábra)

Ha van egy R_N ismert ellenállásunk és egy árammérőnk, az ellenállásmérést összehasonlítással végezhetjük el. Feltéve, hogy az R_N és R_x ellenállások az árammérő R_b belső ellenállásához képest nagyok, az R_x és R_N ellenállások az átfolyó I_x és I_N áramokkal fordítottan arányosak:

$$R_x = \frac{I_N}{I_x} \cdot R_N$$



1. Áram-összehasonlító mérés

Ha a két ellenállás azonos nagyságrendű, akkor áram helyett azonos méréshatárban a műszer kitérésével is számolhatunk.

$$R_x = \frac{\alpha_N}{\alpha_x} \cdot R_N$$

Az áram-összehasonlító mérés különösen egyszerű, ha változtatható kiegyenlítő-ellenállást használunk. Az ellenállást addig változtatjuk, amíg átkapcsolva a műszer azonos kitérést mutat. Ez esetben $\alpha_N = \alpha_x$, tehát

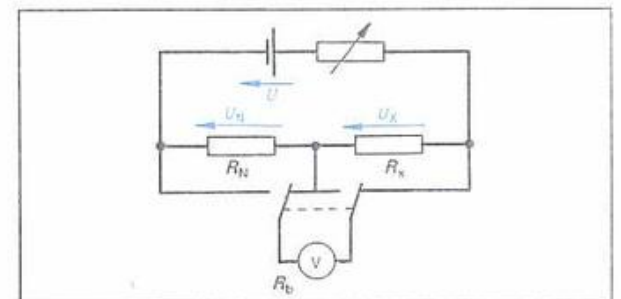
$$R_x = R_N$$

A mérendő ellenállásérték pontossága ebben a szubsztitúciós¹ eljárásban csak az összehasonlító-ellenállás pontosságától és a mérőműszer érzékenységtől függ.

Feszültség-összehasonlító mérés (2. ábra)

Kis ohmos ellenállást célszerűen feszültség-összehasonlítással mérünk. Ha a feszültségmérő R_b belső ellenállása nagyobb az R_N és R_x ellenállásokhoz képest, akkor

$$R_x = \frac{U_x}{U_N} \cdot R_N$$



2. Feszültség-összehasonlító mérés

¹ Szubsztitúció: behelyettesítés (latin).

Precíziós mérésakor az R_x és R_N ellenállásokkal párhuzamos R_b belső ellenállást is figyelembe kell venni, ilyenkor U_x és U_N mérésére kompenzátor használunk.

A kompenzátor

A kompenzáció elve az 1. ábra mérőkapcsolása alapján érthető meg. Az ismeretlen U_x feszültséggel szembe úgy kapcsolunk U_N feszültséget, hogy az 1 és 2 pontok azonos potenciálúak legyenek és a galvanométer árama nulla legyen. A gyakorlatban potencióméterrel változtatott U_N feszültséggel végezzük el a kiegyenlítést, a 2. ábra szerint. $I = 0$ esetében:

$$U_x = U'_N = \frac{r}{R + R_s} \cdot U_N$$

Az egyenletből látható, hogy a mérendő U_x feszültség pontossága csak a kapcsolásban lévő ellenállások és az U_N mérőfeszültség pontosságától függ. Precíziós ellenállások és normáalelem használatával max. 0,01...0,1% közötti mérésihibával számolhatunk. E kapcsolat bemeneti ellenállása nagyon nagy, így ideális esetben az U_x mért feszültséget áram nem terheli. Ugyanezen az alapon az R_b belső ellenállás sem befolyásolja az U_x üresjárású feszültség mérését. Hogy a mérőbemenet rövidre zárásakor az I_N áram ne növekszen meg engedett értékűre, R_s áramkorlátozó ellenállást építünk a kapcsolásba.

Az ilyen egyszeres kompenzátor-mérőkapcsolásnak két hátránya van: egyik, hogy a mérendő feszültségnek mindig kisebbnek kell lennie U_N értékénél, a másik, hogy az összehasonlító-feszültséget $R + R_s$ terheli, ezért nem egyenlő pontosan az U_N ismert üresjárású feszültségével. A 3. ábra szerinti kettős kompenzátor kiküszöböli ezeket a hátrányokat.

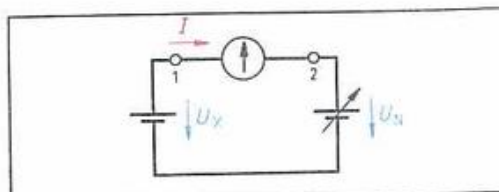
Közvetlen kijelzésű ellenállás-mérési módszerek

Árammérés

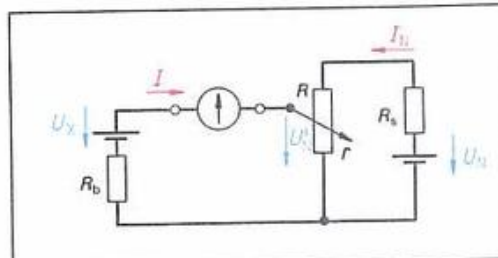
Terheléstől független feszültségű feszültségforrással ($R_b \rightarrow 0$) az I áram fordítottan arányos az $R_b = R_x + R_{bl}$ ellenállással (4. ábra). $R_x = \infty$ esetén nem folyik áram, a műszer kitérése $\alpha = 0$. $R_x = 0$ esetében az I áramot csak az R_b korlátozza. Szokásos módon ekkor az α kitérés a maximális kitérés (5. ábra).

A feszültségesés mérése

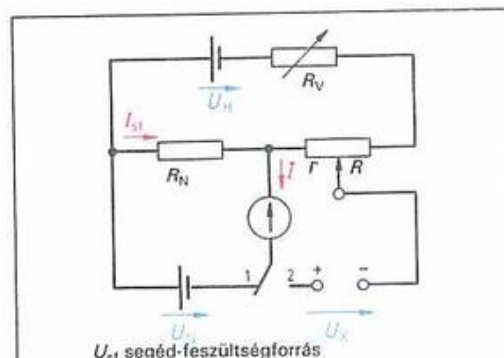
Kis ohmos ellenállások mérésekor a 143. oldal 1. ábrájának kapcsolása a kedvező. Ebben állandó áramú áramforrást kapcsolunk sorba az R_x ellenállással. A feszültségmérővel mért feszültségesés R_x függvénye. $R_x = 0$ mellett a kitérés $\alpha = 0$, míg a teljes kitérés $R_x = \infty$ -t jelent.



1. A kompenzáció elve



2. Egyszeres kompenzátor



U_{st} segéd-feszültségforrás

1. kapcsolóállásban: $I = 0$ esetén:

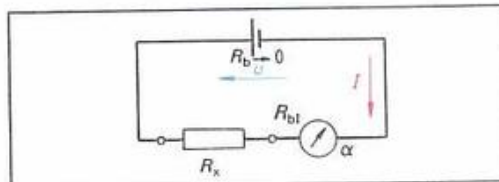
$$I_{st} = \frac{U_N}{R_N}$$

2. kapcsolóállásban:

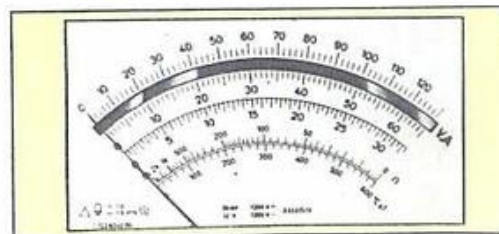
$$U_x = I_{st} \cdot r$$

$$U_x = \frac{r}{R_N} \cdot U_N$$

3. Kettős kompenzátor



4. Közvetlen kijelzésű ellenállásmérő műszer
Az I áram mérése



5. Az ellenállásmérő műszer skálája

Wheatstone-híd

Nagyon pontos ellenállásméréshez a Wheatstone-hidat használják (l. a 37. oldalt). A mérés pontosságát lényegében az összehasonlító-ellenállás pontossága és állandósága szabja meg. A híd kiegyenlítéséhez a lehető legérzékenyebb középállású műszert használják.

Thomson-híd¹

Nagyon kis ellenállások mérésekor, mint pl. kábelek esetében, a Wheatstone-hídban a 3. ábrán pirossal jelölt átmeneti ellenállások észrevehetően zavarják a mérést. A kis $R = 0,1 \Omega$ ellenállásoknak ezért négy kivezetésük van. Két áram-hozzávezetés és két feszültség- vagy potenciálcsatlakozás (2. ábra). E kapcsok között definiálják az ellenállás értékét, és ezekről veszik az $I \cdot R$ feszültségjelet. A Thomson-kettőshídban az elkerülhetetlen, kisértékű $R_{\Delta 1}$ és $R_{\Delta 2}$ átmeneti ellenállásokkal R_1 és R_2 nagy ohmos ellenállások vannak párhuzamosan kapcsolva, és beállításuk: $R_1 = R_3$ és $R_2 = R_4$ (3. ábra). Ez esetben:

$$I_x \cdot R_x + I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_3 = I_2 \cdot R_1$$

$$\text{és} \quad I_x \cdot R_N + I_1 \cdot R_2 = I_2 \cdot R_4 = I_2 \cdot R_2$$

amelyből a következő eredményt kapjuk:

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_N = \frac{R_3}{R_4} \cdot R_N$$

Míg a Wheatstone-híd méréstartománya $0,1 \Omega$ -tól $1 \text{ M}\Omega$ -ig terjed, a Thomson-hidat a $0,1 \mu\Omega$ és 100Ω tartományban használják.

Hibahely-meghatározás

Ha vezetékekben vagy kábeleken hiba keletkezik, a hibahelyet többnyire mérőhíd-eljárással határozzák meg.

Földzárlatkor a hibahelyet az „S segédvezeték” (a kábel ép ere) felhasználásával a 4. ábra szerinti hídkapcsolásban mérik be:

$$\frac{a}{b} = \frac{R_x}{R + (R - R_x)}$$

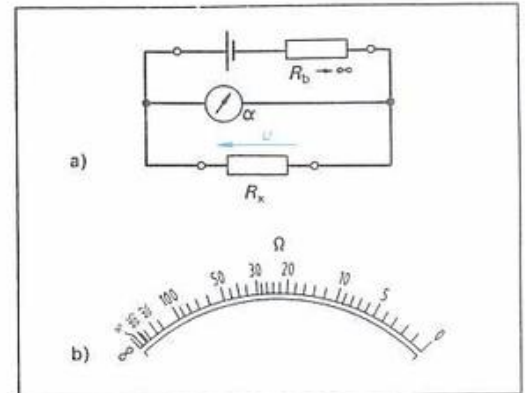
Ha a vezeték anyaga és keresztmetszete mindenütt azonos, akkor az ellenállásértékek a vezetékhoznak felelnek meg. Eszerint:

$$R_x = \frac{a}{a+b} \cdot 2R; \quad l_x = \frac{a}{a+b} \cdot 2l$$

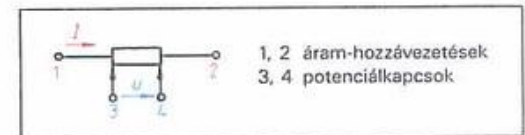
Ugyanez a mérőhíd-módszer vezetékzárlatkor is használható, ha van hozzá segédvezeték. Az 5. ábra szerint:

$$\frac{a}{b} = \frac{R_x}{R + (R - R_x)} \quad l_x = \frac{a}{a+b} \cdot 2l$$

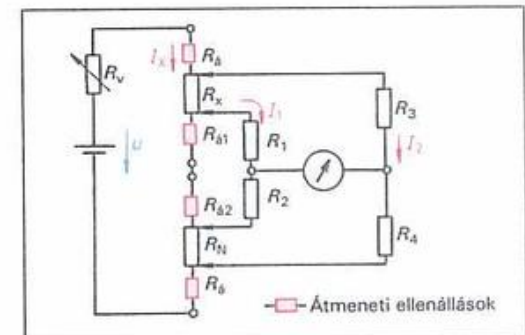
¹ Sir Joseph John Thomson (1856–1940), angol fizikus.



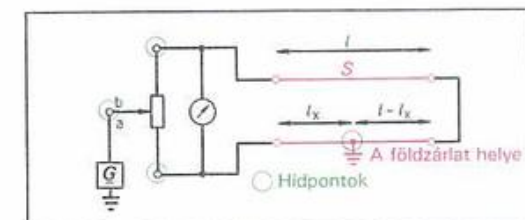
1. Közvetlenül mutató ellenállásmérő műszer
a) kapcsolás; b) skála



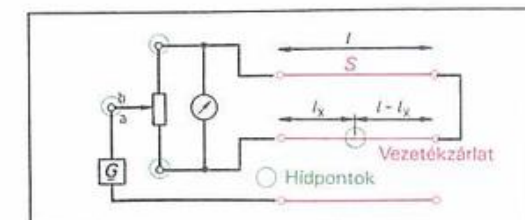
2. Nagyon kis ellenállások kivezetéseinek elrendezése
1, 2 áram-hozzávezetések
3, 4 potenciálkapcsok



3. Thomson-híd



4. Hibahely-meghatározás földzárlatnál



5. Hibahely-meghatározás vezetékzárlatkor

Vezetékszakadéskor a hibahely nem határozható meg ellenállásméréssel. Ha a vezetéknek vagy kábelnek a helyzetétől függően a földhöz képest mérhető kapacitása ismert, a hibahely-meghatározás szakadéskor a kapacitások összehasonlításából indul ki:

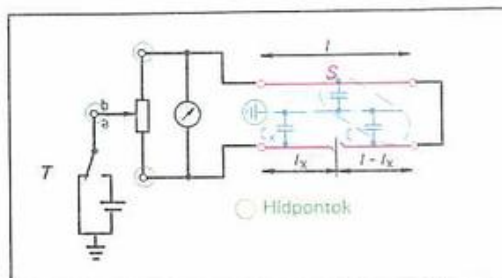
$$I_x = \frac{C_x}{C'} \quad C' \text{ a vezeték ismert méterenkénti kapacitása.}$$

A mérés az 1. ábra szerinti hídkapcsolásban végezhető. A C_x és C_1 kapacitásokat a T próbágommbal váltakozva egyenfeszültségre kapcsoljuk és kisütjük. A nullázóműszer kitérése nulla, ha a két idő-állandó egyenlő:

$$a \cdot C_x = b \cdot C_1$$

mivel $C_x = I_x \cdot C'$ és $C_1 = (2l - I_x) C'$, az eredmény:

$$I_x = \frac{b}{a+b} \cdot 2l$$



1. Hibahely meghatározása vezetékszakadéskor

11.7. Teljesítménymérés

Teljesítménymérés áram – feszültség-módszerrel

Hasonlóan az ellenállásméréshez, a teljesítményt is kiszámíthatjuk a $P = U \cdot I$ összefüggésből közvetve, áram- és feszültségméréssel. Itt is megkülönböztetünk áram-, ill. feszültséghiba-kapcsolást (l. a 141. oldalt).

Kis ellenállású fogyasztóhoz az áramhiba-kapcsolás a megfelelő, míg a nagy ellenállású fogyasztó teljesítményét feszültséghiba-kapcsolásban mérjük.

Mérés teljesítménymérővel

E célra rendszerint elektrodinamikus műszert használnak. A mérőmű, mint a lengőtekercses műszerekben, elfordulhatón csapágyazott tekercs; az állandómágnest azonban állótekercs helyettesíti. Két felépítést különböztethetünk meg, vasmag nélküli (2. ábra) és zárt vasmagos (3. ábra) mérőművet. Ha a két tekercsen I_1 és I_2 áram folyik, mágneses tér jön létre, és a lengőtekercsre nyomaték hat. A kitérés ezért:

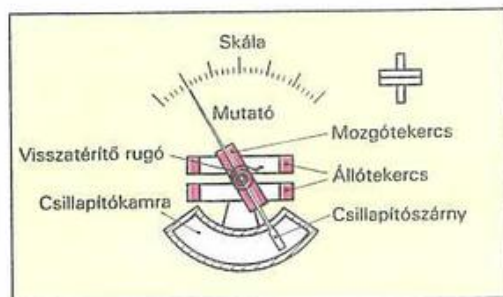
$$\alpha \sim I_1 \cdot I_2$$

Teljesítményméréskor a fogyasztó árama az állótekercsen folyik át, $I = I_1$ (4. ábra). A feszültség előtét-ellenálláson keresztül a lengőtekercsre kerül, $U \sim I_2$. Ezáltal az α kitérés P teljesítmény-mérőszáma:

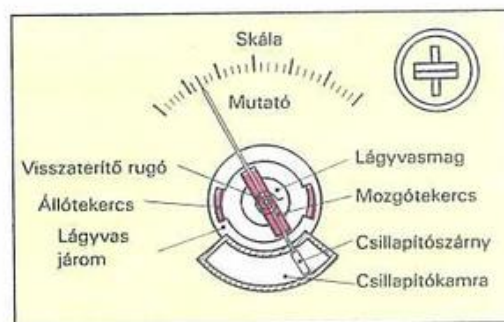
$$\alpha \sim I \cdot U \sim P$$

Váltakozó feszültség rákapcsolásakor a műszer a hatásos teljesítményt mutatja:

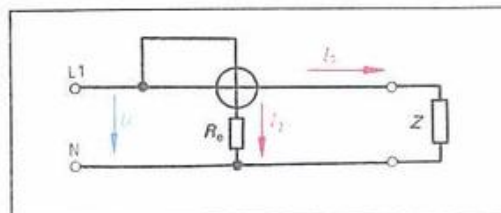
$$\alpha \sim P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$



2. Vasmag nélküli elektrodinamikus mérőmű



3. Vasmagos elektrodinamikus mérőmű



4. Elektrodinamikus teljesítménymérő

11.8. A villamos munka mérése

A munka a teljesítmény és az idő szorzata. Váltakozó áramú rendszerben a villamos munka mérésére általában indukciós fogyasztásmérőt használnak. Az indukciós fogyasztásmérő felépítését az 1. ábrán látjuk. Forgórésze alumíniumtárcsa, amelyet egy áramtekercs és egy feszültségtekercs mágneses tere jár át. A tekercsek térben elválasztva, lemezelt vasmagra vannak tekercselve. A feszültségtekercs nagy menetszáma, ezáltal nagy induktivitása miatt az áramág és a feszültségág fluxusa között közel 90° fáziseltolás van (l. a teljesítménymérőt). Ennek következtében forgómező jön létre, amely az alumíniumtárcsában áramot indukál. Az indukált áram mágneses tere követni akarja a forgómezőt, ezért nyomaték keletkezik. A forgatónyomaték az áramtól, a feszültségtől és $\cos \varphi$ értékétől, tehát a hatásos teljesítménytől függ.

A fogyasztásmérőnek nincs visszatérítő rugója, ezért a tárcsa mint egy motor, forogni kezd. Egy állandómágnes, a fékmágnes a forgótárcsában áramot indukál és fékezőnyomaték keletkezik.

A forgatónyomaték a forgómozgást mindaddig gyorsítja, amíg a fékmágnes fékezőnyomatéka, amely a növekvő fordulatszámmal nő, a forgatónyomatékkal egyenlő nem lesz. A hatásos teljesítmény minden értékéhez meghatározott fordulatszám tartozik. A tárcsa fordulatainak száma a munkával arányos.

A fordulatosokat számláló számolja, amely kWh léptékben mutatja a fogyasztást. Az adattáblán a C állandó a kilowattóránkénti fordulatok számát adja meg. A felszerelt számlálóval a C állandó segítségével a villamos berendezés P teljesítményét is meghatározhatjuk.

Meghatározott idő alatt megszámloljuk a tárcsa fordulatait, azaz megszámloljuk, hogy ez idő alatt hányszor futott el a vörös jelzés a tárcsán. Ezután a fordulatok számát átszámítjuk n_h fordulatszámmra, amelyet a tárcsa egy óra alatt tenne meg. Az így kapott fordulatszámot elosztjuk a C állandóval, ekkor megkapjuk a pillanatnyi P teljesítményt kW-ban:

$$P = \frac{n_h}{C}$$

n_h a forgótárcsa fordulatszáma egy óra alatt, ford/h;
 C a számlálóállandó, ford/kWh;
 P a pillanatnyi teljesítmény, kW.

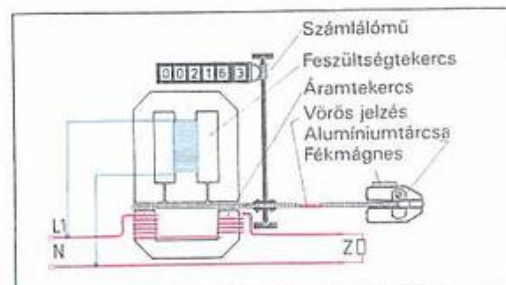
Példa:

Egy bekötött indukciós fogyasztásmérő állandója az adattábla szerint $C = 240$ ford/kWh. 3 perc alatt 72 fordulatot számlolunk.

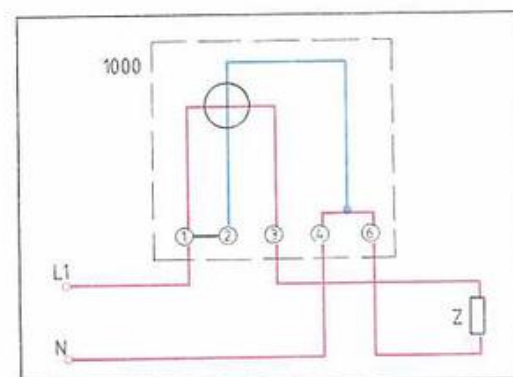
Mekkora a pillanatnyi P teljesítmény?

$$n_h = \frac{60}{3} \cdot 72 = 1440 \text{ ford/h}$$

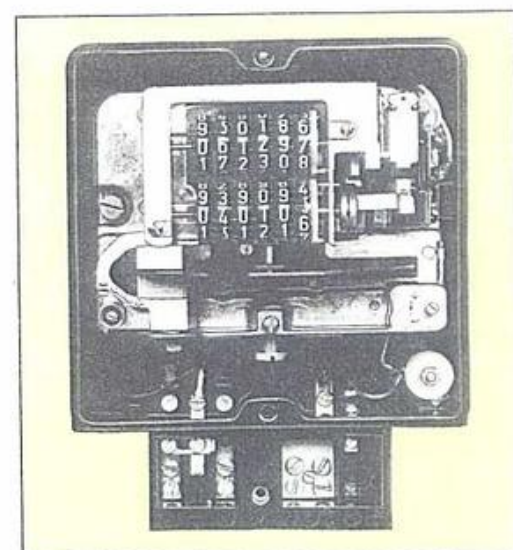
$$P = \frac{n_h}{C} = \frac{1440 \text{ ford/h}}{240 \text{ ford/kWh}} = 6 \text{ kW}$$



1. Indukciós fogyasztásmérő, tárcsás mérőmű



2. Egyfázisú, váltakozó áramú fogyasztásmérő kapcsolása



3. Váltakozó áramú indukciós fogyasztásmérő

11.9. Az oszcilloszkóp

Gyorsan változó műszaki jelenségek láthatóvá tételéhez oszcillográfot¹ vagy oszcilloszkópot² használnak. Az oszcillográf hullámíró³ jelent. A változó folyamatokat maradón rajzolja fel. Ezek közé a folyadéksugaras, a fénysugaras és a tárolós oszcillográfok tartoznak.

Az oszcilloszkópok a folyamatokat csupán láthatóvá teszik, de nem rögzítik. Szükség esetén azonban fényképezni lehet az ernyőképeket.

Napjainkban többnyire elektronsugar-oszcilloszkópot használnak, mert könnyen kezelhető, sokoldalú és rászálló készülék.

Az oszcilloszkóp felépítése és működése

Az oszcilloszkóp kapcsolási vázlata

Az 1. ábrán az oszcilloszkóp legfontosabb részegységeinek blokkvázlatát látjuk. A középpontban van az elektronsugárcső. A cső elektronsugara mind függőleges, mind vízszintes irányban eltéríthető az Y és X lemezpárokra jutó feszültségekkel.

Mivel az ehhez szükséges feszültségek a gyakorlatban általában nagyok, az eltérítőlemezek elé Y-, ill. X-erősítőt kapcsolnak. Mint később majd részletesen kifejtjük, a feszültségek időfüggvényének ábrázolásához az oszcilloszkóp X lemezpárjára időarányos feszültséget kell kapcsolni. Ezt a jelet az időeltérítő generátorról kapjuk, amelyet a feszültség alakja után fűrészgenerátornak is neveznek. Ahhoz, hogy az elektronsugár minden képváltáskor azonos helyről induljon és állóképet kapjunk, a mért jel és a fűrészfeszültség között szinkronizációra van szükség. Ez a triggerfokozat (indítófokozat) feladata. Az üzemmódválasztó kapcsoló állása szerint a triggerfokozat és az X-erősítő vagy a saját feszültségéről („belső” kapcsolóállás), vagy külső feszültségről („külső” kapcsolóállás) indítható.

Az elektronsugárcső

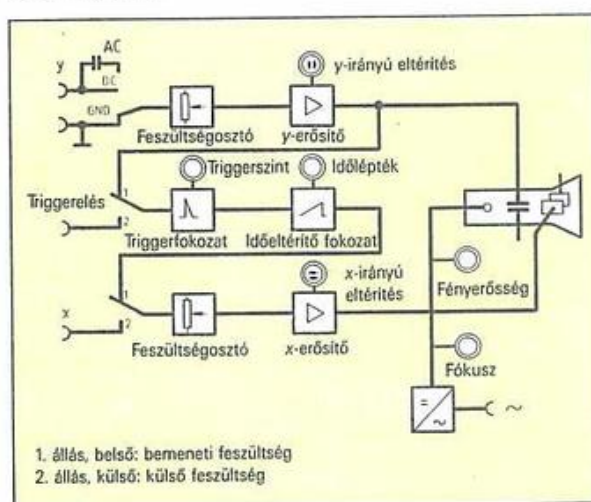
Ezt a csövet feltalálója után Braun-csőnek³ is nevezik. Felépítése, kapcsolási rajzele és a szükséges üzemi feszültségei a 2. ábrán láthatók. Légüres üvegballonban található a K izzókatód, amely elektronokat emittál⁴. A katódot körülvevő üreges henger, a Wehnelt-henger⁵ negatív előfeszültségével akadályozza az elektronokat, csak egy blendenyíláson át léphet ki néhány elektron. Az elektronsugarat alkotó elektronok száma növekvő negatív feszültséggel rohamosan csökken.

A Wehnelt-henger a vezérlőrács szerepét tölti be, és az elektronsugár erősségét, ezáltal a képernyőn a képpont fényességét szabályozza.

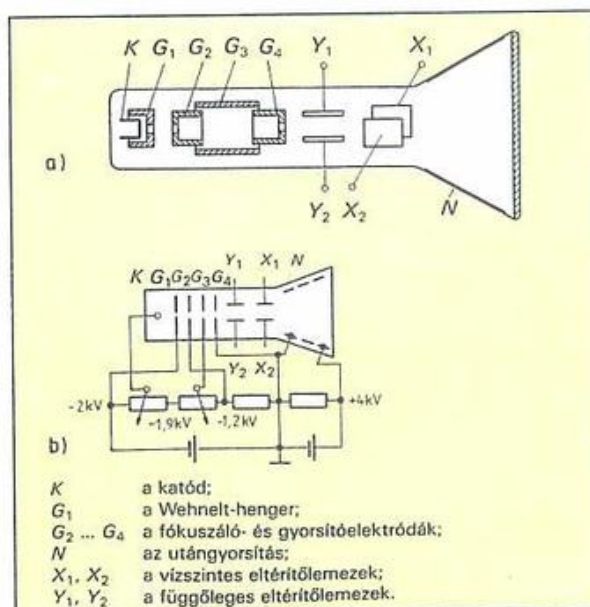
A Wehnelt-hengerből kilépő elektronokat a G_2-G_4 , henger alakú gyorsító- és fókuszálóelektródákra kapcsolt pozitív feszültség felgyorsítja és összegyűjti. Az eltérítőelektródák terében az elektronok elérik a

$$v = 593 \cdot \frac{\text{km}}{\text{s}} \sqrt{\frac{U_{g2}}{V}}$$

sebességet. Ezt az elektródarendszert „elektronágyúnak” nevezik.



1. Az oszcilloszkóp felépítési vázlata



2. Az elektronsugárcső felépítése (a), kapcsolási rajzele (b) és üzemi feszültségei

¹ Oscillare: lengeni (latin); grafein: írni (görög).

² Szkopein: látni, megfigyelni (görög).

³ K. F. Braun (1850–1918), német fizikus.

⁴ Emission: emittálni, kiküldeni (latin).

⁵ A. R. Wehnelt (1871–1944) német fizikus.

Az eltérítőrendszer

Az elektronágyúval előállított, majd fókuszált sugarat vízszintes és függőleges irányban el kell téríteni ahhoz, hogy az az egész képernyőt befussa. Az elektronsugár eltérítéséhez mágneses vagy villamos erőre van szükség. Míg a mágneses eltérítéshez nagy tekercsáram, ezért nagy teljesítményerősítés kell, a frekvenciartomány, tehát a sávszélesség kicsi, addig villamos térrel való eltérítéshez teljesítmény és költséges végfokozat alig kell. Emellett a sávszélesség lényegesen nagyobb, mint a mágneses eltérítésnél.

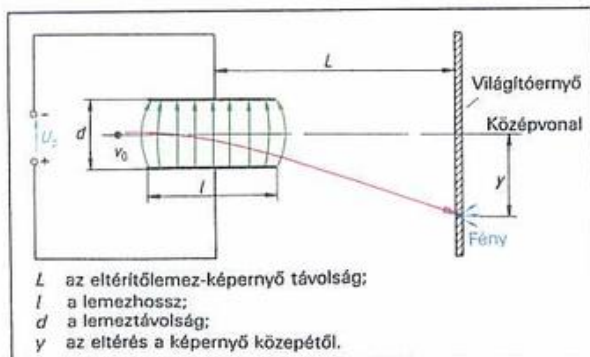
Elektronsugárcsővekhez az oszcilloszkópban kizárólag elektrosztatikus eltérítést használnak.

A televízió-képcsövekben — a nagy méretük miatt — nagy eltérítőerő szükséges, ami csak elektromágneses térrel érhető el.

Az elektrosztatikus eltérítés két, szembenálló lemez közötti térben jön létre (1. ábra).

Az elektron a lemezek homogén erőterében, a föld nehézségi erőterében eldobott labdához hasonlóan parabolapályát ír le. A lemezek erőterét elhagyva az elektron egyenesen halad tovább, és a közepéhez képest y eltéréssel éri el a képernyőt. Ez az y eltérés a lemezek terébe való bepengés elérés v_0 sebességtől, a lemezekre jutó feszültségjel U_p értékétől és a cső geometriai méreteitől függ. A v_0 sebesség az U_{g2} rácsheszültségtől függ, végeredményben:

$$y \text{ eltérés} = \frac{U_p \cdot l \cdot L}{U_{g2} \cdot 2d}$$



1. Az elektronsugár elektrosztatikus eltérítése

Az E eltérítési érzékenység a következőképpen kapható:

$$E = \frac{y \text{ eltérés}}{U_p \text{ feszültség}}, \frac{\text{mm}}{\text{V}}$$

A szokásos elektronsugárcsővek eltérítési érzékenysége $0,1 \dots 0,5 \text{ mm/V}$ között van.

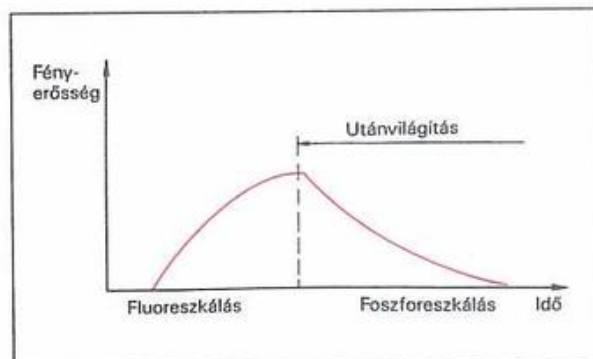
A függőleges vagy Y -lemezpár mellett még két, rá merőleges vízszintes vagy X -lemezpár van. Az L képernyőméret kihasználása érdekében általában a katód közelében is található Y -lemezpár, hogy az érzékenység nagyobb legyen.

Világítóernyő utángyorsítással

A képernyő világításának két oka van. Az elektronok becsapódnak a képernyőbe, amely cink- és kadmiumvegyületből álló világítórétteggyel van bevonva. Az ütközéskor a kötések elektronjai magasabb energiaszintre kerülnek, és eredeti szintre való visszatérésükkor fényjelenség lép fel, amit fluoreszkálásnak nevezünk. A jelenség megszűnik, ha több elektron már nem csapódik be a világítóbevonatba.

Foszforszkálásnak nevezzük az ernyő utánvilágítását, ami a fluoreszkálást követi rövid ideig (2. ábra).

Többnyire olyan világítóanyagokat használnak, amelyek zöldessárga színűkkel az emberi szem legérzékenyebb spektrumába esnek. Az utánvilágítás időtartamát az elektronsugár rajzolási sebességéhez kell igazítani. Gyors, periodikus folyamatok megfigyeléséhez rövid utánvilágítási idejű képernyő, míg lassabb és nemperiodikus folyamatokhoz hosszabb utánvilágítású képernyő a megfelelő. Az utánvilágítási idő a képernyőbevonat anyagától függ, és $1\mu\text{s}$ és több s között változhat.

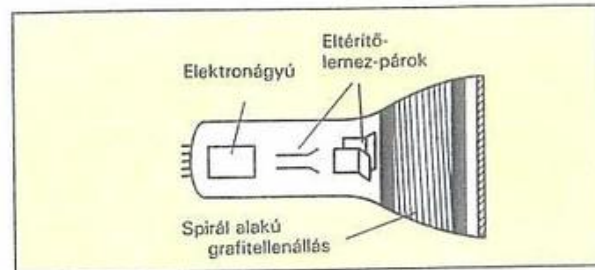


2. A világítóernyő I fényerőssége az idő függvényében

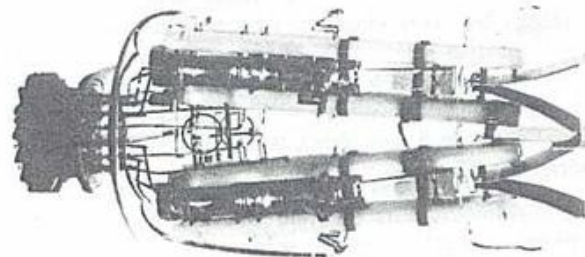
Ha nagy írássebesség mellett még megfelelő fényerőt akarunk elérni, az elektronoknak nagyobb sebességgel kell becsapódniuk a képernyő világítórétegébe. Mivel az eltérítés növekvő gyorsítófeszültséggel csökken, egy második feszültséget, ún. **utángyorsító-feszültséget** alkalmazunk, amely az eltérítő-lemezpár után hat az elektronokra. Modern csövekben az utángyorsító elektróda az üvegballon belső felületére felvitt spirál alakú grafitréteg (1. ábra). Az így létrehozott villamos tér a már eltérített elektronokat anélkül gyorsítja, hogy a csőrendszer érzékenységét csökkentsen.

A fényerősséget tovább növelhetjük, ha a világítóréteg mögé vékony fémfóliát teszünk. Ez a keletkező fény jelentős részét a megfigyelő felé visszatükrözi.

A 2. ábrán kétsugaras elektroncső elektródarendszerét látjuk.



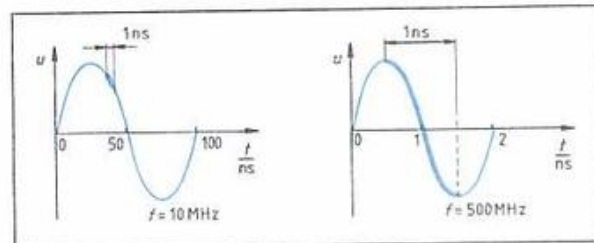
1. Utángyorsítás elektronsugárcsőben



2. Korszerű kétsugaras elektroncső elektródarendszere

Elektronfutási idő

A képernyőn az elektronsugár eltérítése a lemezpáron lévő jelfeszültséggel arányos. Ha a jelfeszültség változó feszültség, az elektronok lemezpárok közötti futási idejének is szerepe van. 1000 V gyorsítófeszültség mellett a sebesség 18 770 km/s. Kiszámítható, hogy $l = 2$ cm lemez hossz mellett a futási idő $t = 1,065 \cdot 10^{-9} \text{ s} \approx 1 \text{ ns}$. Ha a jelfeszültség frekvenciája pl. 10 kHz, amelynek periódusideje $T = 100 \mu\text{s}$, a pillanatértéke 1 ns futási idő alatt közel állandó. Más a helyzet 500 MHz frekvenciájú jelfeszültség esetében, azaz 2 ns periódusidőnél. A lemezpár feszültsége ekkor már nem állandó. A képernyőn az eltérítés nem egyezik meg a jelfeszültség pillanatértékével, növekvő frekvenciával csökken (3. ábra). A szokásos elektronsugárcsővel ezért legfeljebb 100 MHz frekvenciájú jelek rajzolhatók.

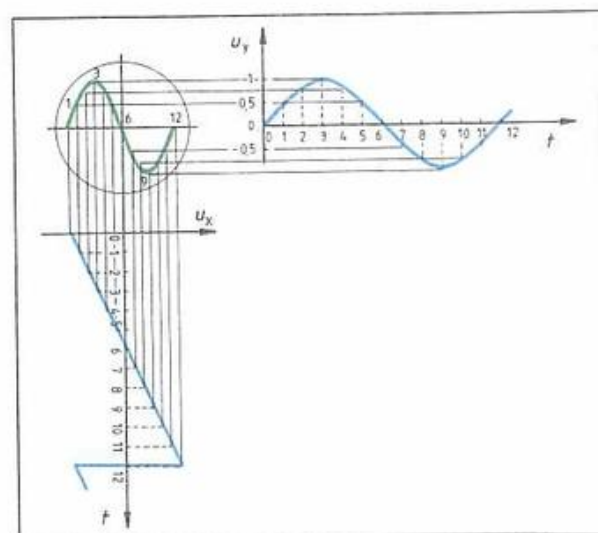


3. A futási idő hatása az eltérítésre különböző frekvenciákon

Időeltérítés

A 4. ábrán látható, hogy hogyan lehet időarányos fűrészfeszültséggel a lemezpárokra jutó feszültségnek megfelelő feszültség–idő függvényt rajzolni a képernyőre.

A fűrészfeszültséget minden kapcsolásban elvben a kondenzátor lehetőség szerint állandó áramú feltöltésével és kisütésével állítják elő.



4. Az ernyőkép keletkezése fűrész alakú, X-irányú eltérítéssel

11.9. Az oszcilloszkóp

Míg az 1. ábra kapcsolásában a kondenzátor töltőfeszültsége erősen exponenciális jellegű, a 2. ábra kapcsolásában a fűrészfeszültség linearitása nagy. Ebben az elvi kapcsolásban a nagy erősítési tényezőjű erősítő, pl. műveleti erősítő kimenetét a bemenetére csatolták vissza. Ha az ilyen **integrátorként** működő kapcsolás bemenetére U_1 állandó feszültséget kapcsolunk, az erősítő állandó I_2 kimenő áramot állít elő, és a kondenzátor lineárisan töltődik $U_{\max}$ feszültségre.

$$U_{\max} = \frac{-U_1}{R \cdot C} t$$

A $t = t_2$ pillanatban pozitív impulzus hatására a kondenzátor gyorsan kisül, míg $t = t_1$ pillanatban újabb feltöltés kezdődik. A fűrészfeszültség meredeksége a $\tau = R \cdot C$ időállandótól és az U_1 feszültségtől függ, és a két határok között változtatható. Ugyanebben a mértékben változik az időlépték is, amivel a képernyőn a sugarat vízszintesen eltoljuk. Az időléptéket általában időegység/cm vagy time/div¹ értékkel adják meg (pl. 1 ms/cm). A visszafutás alatt a Wehnelt-hengerre kapcsolt negatív feszültséggel a képernyőre jutó elektronsugart kioltják.

Szinkronizálás és triggerelés

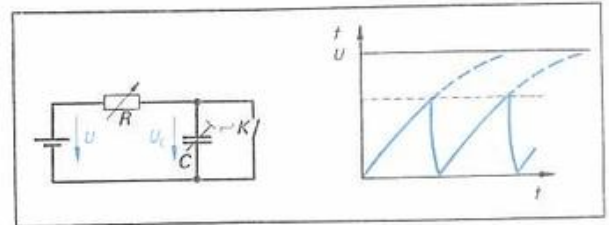
A nyugodt állókép feltétele az, hogy a periodikus, időfüggő feszültség felrajzolása a képernyő mindig azonos pontjában kezdődjék. Ha a mért feszültség frekvenciája nem egész számú többszöröse a fűrészfeszültség periódusidejének, láthatóan balra vagy jobbra futó képet kapunk, mint azt a 3. ábra mutatja.

Állóképet csak akkor kapunk, ha a fűrész periódusideje a felrajzolandó folyamat periódusidejének egész számú többszöröse.

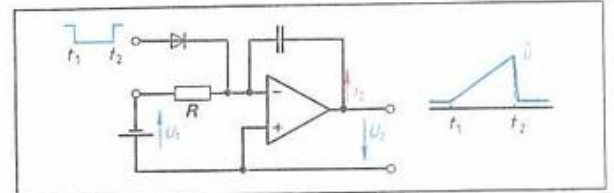
A gyakorlatban ez a feltétel csak akkor teljesül, ha kényszerű együttfutással – szinkronizálással – a két feszültség periódusidejét összerendeljük. Korszerű oszcilloszkópokban ezt **triggerelt**² időeltérítéssel oldják meg. A mérőjelből indítóimpulzust állítanak elő, amely indítja az időeltérítést, és a sugart a beállított időállandónak megfelelően vízszintesen eltéríti a képernyőn. Ezt követően a fűrészgenerátor az újabb indításig várakozó helyzetben marad (4. ábra).

¹ Div.: division; osztás (angol).

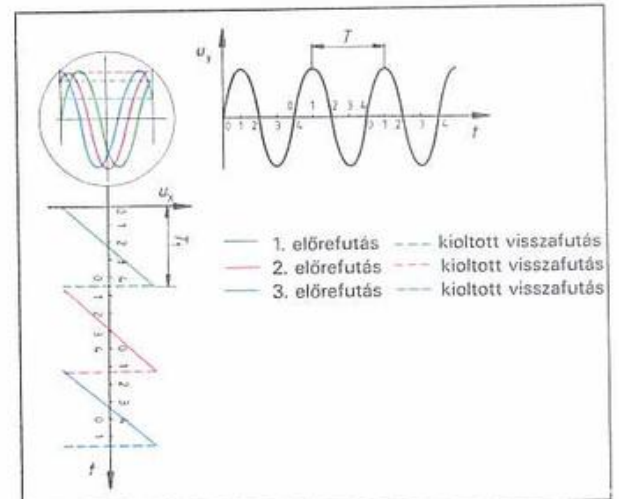
² To trigger: kioldani (angol).



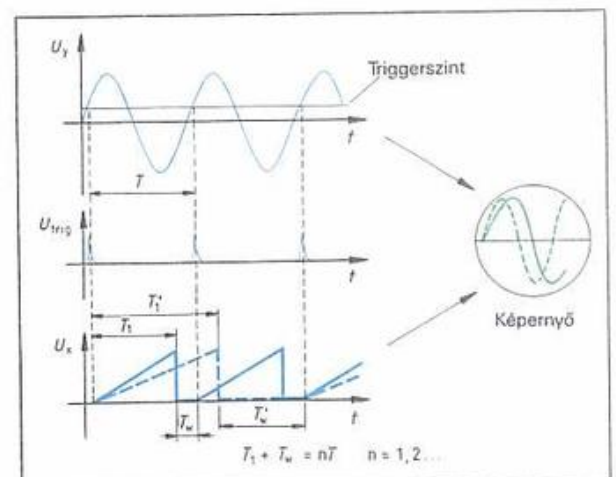
1. A fűrészgenerátor alapkapcsolása



2. Fűrészgenerátor integrátorral



3. A futó kép keletkezése



4. Állókép triggereléssel

Ezzel a módszerrel állókép keletkezik:

$$T_1 + T_w = n \cdot T; \quad n = 1, 2, 3 \dots$$

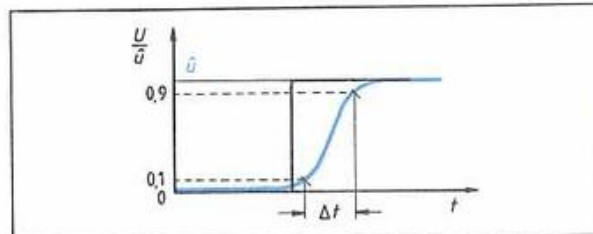
A feszültség szint, amelyenél az indítóimpulzus létrejön, a legtöbb oszcilloszkópon tetszőlegesen beállítható a Level, Pegel vagy Szint forgatógombbal.

Az erősítő

A képcső kis eltérítési érzékenysége miatt a gyakorlatban függőlegesen és vízszintesen eltérítő erősítőkre van szükség. Az erősítőt általában egyenfeszültség-erősítőként alakítják ki. Gyakran célszerű, ha a mérőjel egyenfeszültségű összetevőjét nem erősítjük és nem ábrázoljuk. Ez esetben az erősítő elé kondenzátort kapcsolnak. Az átkapcsolás AC-DC-kapcsolóval¹ végezhető. E két kapcsolóállás mellett többnyire egy GND² állás is van, ami az erősítő bemenetét a földre kapcsolja. Ebben a kapcsolóállásban a képernyő nullavonala egyszerűen beállítható. Az oszcilloszkóp erősítőjétől elvárjuk, hogy jó impulzusátvitelle legyen. Ezen azt értjük, hogy az 1. ábra szerint az impulzus felfutási ideje minél kisebb legyen. A felfutási idő az erősítő felső határfrekvenciájától függ:

$$\Delta t = \frac{0,35}{f_{\max}}$$

$f_{\max} = 50$ MHz határfrekvenciájú erősítő esetében a felfutási idő a számítás szerint $\Delta t \approx 7$ ns.



1. Az impulzus Δt felfutási ideje

Az oszcilloszkópok bemeneti ellenállása általában 1 M Ω , ezzel azonban, elkerülhetetlenül, a bemeneti kapacitás is párhuzamosan kapcsolódik, értéke 10. . . 40 pF közötti.

Annak érdekében, hogy nagyobb feszültségeket is ábrázolhassunk, az erősítők előtt leosztás van. Ez olyan feszültségosztó, amely a bemeneti feszültséget meghatározott értékre osztja le. Általában 1:2:5 fokozatokból áll, ezek között az erősítés többnyire folyamatosan is állítható. Az adott leosztásfokozat eltérítési tényezőjét maximális erősítéshez V/osztás, ill. V/div léptékben adják meg. Szervizoszcilloszkópoknál a szokásos eltérítési tényező kb. 1 mV/cm. . . 20 V/cm.

11.10. Az oszcilloszkópok segéd- és kiegészítő eszközei

Mérőfejek

Mérőfejeket minden oszcilloszkóphoz adnak tartozékként, ezeknek fajtájuk szerint a következő feladataik vannak:

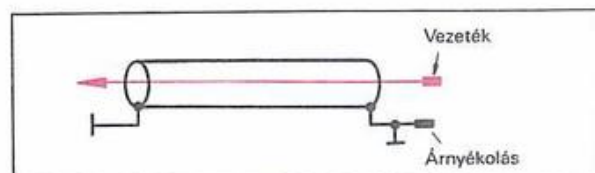
1. A mérési hely és az oszcilloszkóp között a mérővezeték árnyékolása mágneses és villamos zavaró tér, valamint zavarfeszültség ellen.
2. Az oszcilloszkóp bemeneti ellenállásának növelése.
3. Feszültségosztás túl nagy — az oszcilloszkóp számára nem megfelelő — mérőfeszültséghez.

¹ AC: alternating current: váltakozó áram (angol).

DC: direct current: egyenáram (angol).

² GND: ground: föld, test (angol).

A hatékony árnyékolás elérésére a mérőcsúcsot és az oszcilloszkópot koaxiális mérővezetékkel kötik össze. Ez a 2. ábra szerint a középső eret körülvevő hajlékony fémfonadékból áll, amely a földponton van összekötve. A mérőkábel reflexiójának elkerülésére a belső vezeték speciális ellenálláshuzalból van, 100. . . 500 Ω /m ellenállással. Ezeket a mérőfejeket a koaxiális kábellel 1:1 mérőfejeknek nevezik.



2. Koaxiális mérővezeték

A nagyfeszültségre készült mérőfejek az oszcilloszkóp bemeneti ellenállásával feszültségosztót alkotnak. A szokásos feszültségosztások 10:1, 50:1 és 100:1. Mivel az oszcilloszkóp bemeneti ellenállásával szórt és szerelési kapacitás van párhuzamosan kapcsolva, az osztóellenállás mellé is kondenzátort kell kapcsolni (1. ábra). Kisfrekvencián a feszültségosztást a hatásos ellenállások, nagyfrekvencián a kapacitív ellenállások határozzák meg. Ez a viszony minden frekvencián azonos kell, hogy legyen, ami a következő feltételt jelenti:

$$\begin{aligned} R_1 : R_2 &= X_{C1} : X_{C2} \\ R_1 \cdot C_1 &= R_2 \cdot C_2 \end{aligned}$$

$R_2 = 1 \text{ M}\Omega$, $C_2 = 40 \text{ pF}$ és 10:1 mérőfejviszonyhoz a számított értékek: $R_1 = 9 \text{ M}\Omega$ és $C_1 = 4,4 \text{ pF}$. A mérőfej és az oszcilloszkóp eredő ellenállása $R_o = 10 \text{ M}\Omega$ $C \approx 4 \text{ pF}$ párhuzamos kapacitással.

A mérőfejek a bemeneti ellenállást a feszültségosztásuk arányában megnövelik.

A különböző oszcilloszkópoknál a C_2 bemeneti kapacitás eltérő lehet, ezért a mérőfejben a C_1 párhuzamos kapacitást általában trimmerkondenzátorral lehet beállítani. A kompenzálás célszerűen négyszögfeszültséggel történik. E célra sok oszcilloszkópnak van speciális vizsgálócsatlakozója hiteles négyszög alakú kimeneti feszültséggel. Ha a C_1 kapacitás helyesen van beállítva a feszültségosztáshoz, akkor a négyszögfeszültség torzítatlan képét látjuk. Amikor C_1 trimmerkapacitás túl nagy, az éleken túllövést látunk. Ezzel szemben, ha C_1 túl kicsi, akkor a feszültség az exponenciális töltőfeszültségnek megfelelően csak késve éri el a maximális értékét (2. ábra).

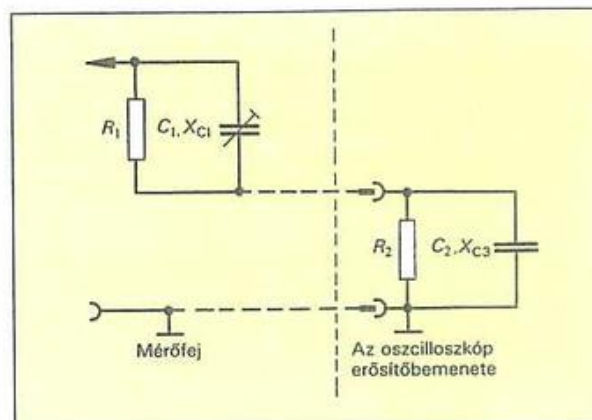
A bemeneti ellenállás növelése mellett ezek a mérőfejek feszültségosztók is.

A képernyőn látható feszültség leolvasásához a mért értéket meg kell szorozni a mérőfej feszültségosztásával.

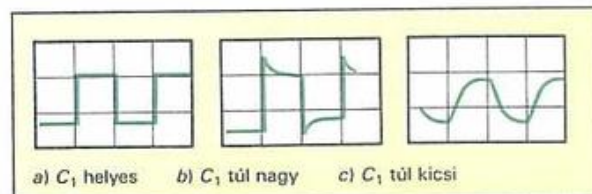
Többjelű oszcilloszkópok

Gyakran célszerű az elektronsugárcső képernyőjén egyszerre több feszültséget megjelentetni. Példaként a bemeneti és kimeneti feszültségek oszcillogramjából következtetni lehet egy kapcsolat amplitúdó-, jelalak- és a fázis átvitelére.

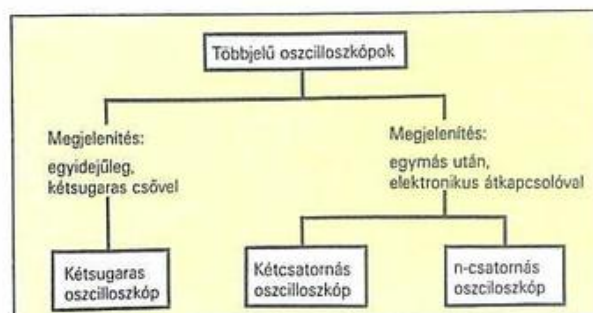
A 3. ábra szerint a többjelű oszcilloszkópokat kétsugaras és két-, ill. többcsatornás oszcilloszkópokra osztjuk.



1. Frekvenciakompenzált mérőfej



2. Mérőfej-kompenzálás négyszögfeszültséggel

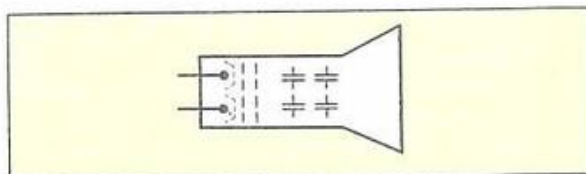


3. Többjelű oszcilloszkópok (áttekintés)

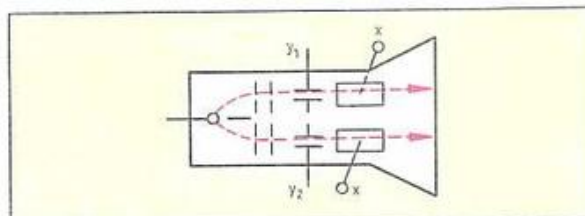
Kétsugaras oszcilloszkóp

Ennél az oszcilloszkópnál kétsugaras katódsugárcsővet használnak. Az ilyen csövekben két különálló sugárforrás és eltérítőrendszer van közös burába építve (1. és 2. ábra). A két sugarat egymástól teljesen függetlenül lehet fókuszálni, fényerősségüket pedig változtatni.

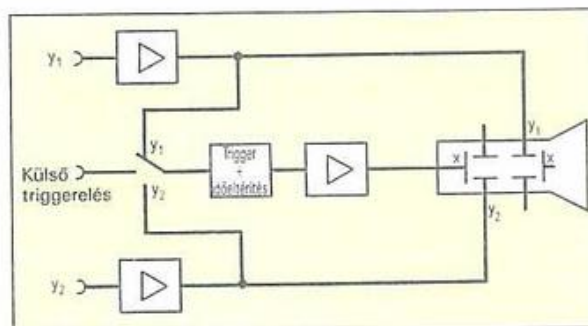
A kétsugaras oszcilloszkópoknak többnyire két, azonos felépítésű Y-erősítője van, amelyek az egyes függőleges lemezpárokat vezérik, míg az időarányos fűrészfeszültséget többnyire egyszerre mindkét vízszintes lemezpárra rákapcsolják. A két mérőfeszültség képe így időazonosan jelenik meg a képernyőn (2. ábra). Mivel ebben a rendszerben a fűrészgénérátor csak a két jel egyikéről triggerelhető, akkor kapunk csak állóképet mindkét jelről, ha a frekvenciájuk azonos. Egyszerű, kétsugaras oszcilloszkópokban réssugaras (angolul „split beam”) elektroncsöveket is használnak. Ezekben egyetlen sugárforrás van. Az elválasztott elektronsugarak ezután külön-külön Y-lemezpár, de közös X-lemezpár között haladnak át (l. a 2. ábrát).



1. Kétsugaras cső



2. „Réssugaras” cső



3. Kétsugaras oszcilloszkóp tömbvázlata

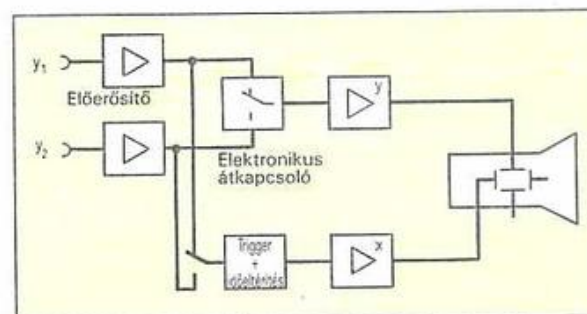
Kétcsatornás oszcilloszkóp

A 4. ábra mutatja a kétcsatornás oszcilloszkóp tömbvázlatát. A mérőjeleket az elektronikus átkapcsoló időben egymás után felváltva az egysugaras elektroncső-rendszer Y-végerősítőjére kapcsolja. Ha a két mérendő jel között az átkapcsolás olyan gyors, hogy az átkapcsolásokat nem lehet szemmel követni, az a benyomásunk, hogy az egymás utáni jeleket egyszerre látjuk.

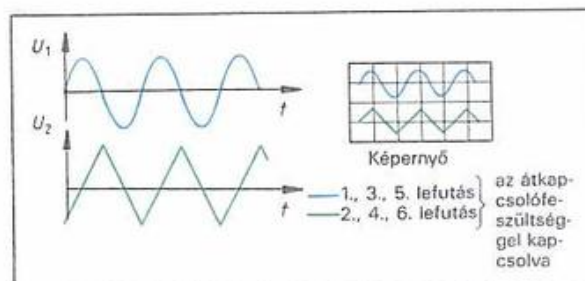
Az elektronikus átkapcsoló feszültségének segítségével két különböző nullavonal rajzolható. A vonalak közötti távolság az átkapcsolófeszültség amplitúdójával állítható be.

A két bemeneti erősítő és az Y-lemezpár közötti átkapcsolás két üzemmódban lehetséges.

Ha az elektronikus átkapcsolót az időeltérítő generátor vezérli, akkor a két mérőfeszültség egymás után látható a képernyőn (5. ábra). Az átkapcsolónak ezt az üzemmódját **ALTERNÁLÓ**-nak¹ nevezzük. A módszer hátránya lassú folyamatok esetén a gyenge fényerősség, emellett kb. 50 Hz alatt a kép villog. Ilyenkor előnyösebb, ha az elektronikus átkapcsoló frekvenciáját nagyon nagyra választják. A két mérőfeszültség ekkor „feldarabolva” látszik a képernyőn.



4. Kétcsatornás oszcilloszkóp tömbvázlata



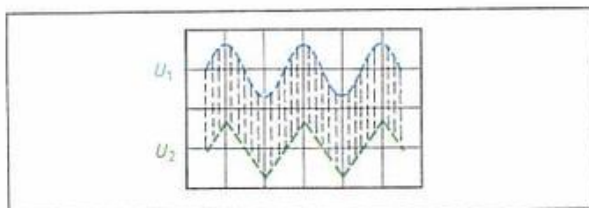
5. Kétcsatornás oszcilloszkóp alternáló üzemmódja

¹ Alternate: váltakozva (angol)

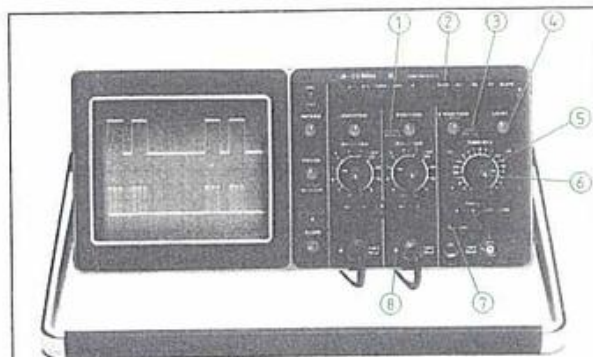
Az átkapcsolási frekvencia nincs szinkronban a mérőfrekvenciával, ezért a képrészek a következő lefutáskor a lyukakba esnek, így végül is folytonos vonalat látunk (1. ábra). Az átkapcsolás frekvenciája ebben a CHOPPER üzemmódban¹ kb. 80 kHz. . . 500 kHz.

Kétcsatornás üzemmódban az oszcilloszkóp vagy az 1. vagy a 2. mérőfeszültségről triggerelhető. Ha a triggerbemenetet is szinkronban átkapcsoljuk a két mérendő jel között, akkor „alternáló” üzemmódban akkor is állóképet kapunk a képernyőn, ha a két mérőfeszültség frekvenciája eltérő.

A 2. ábrán kétcsatornás oszcilloszkópot látunk a kezelőszerveivel.



1. Kétcsatornás oszcilloszkóp chopper üzemmódja



1. A B csatorna invertálható, hogy $A+B$ és $A-B$ is ábrázolható legyen.
2. Az „Auto” gomb lenyomásával a triggerelés automatikussá válik.
3. $\times 10$ nyújtással az eltérítés tízszeresére bővül
4. A „Level” forgatógombbal a triggerelést a mérőjel tetszőleges értékére lehet állítani.
5. 20 kalibrált fokozat az időeltérítésre.
6. A fokozatmentesen állítható időalap megkönnyíti a fázis- és idő-összehasonlítást.
7. Triggerelés: A csatorna, B csatorna, külső, hálózati.
8. A B csatorna X-bemenetként is használható: X/Y-ábrázolások a teljes eltérítési tartományban 2 mV/cm. . . 10 V/cm közötti lehetőségek.

2. Kétcsatornás oszcilloszkóp

11.11. Mérések oszcilloszkóppal

Feszültségmérés

Az ismert mutatós műszerekkel ellentétben, amelyek túlnyomóan árammérők, az oszcilloszkóp feszültségmérő készülék.

Minden, oszcilloszkópon ábrázolandó mérőjelet megfelelő feszültségjellé kell átalakítani.

Ahhoz, hogy a feszültségértékeket leolvashassuk, a képernyőt mérőraszterrel, vízszintes és függőleges vonalakból álló hálózattal kell ellátni. Az oszcilloszkópot ismert nagyságú feszültség rákapcsolásával kalibrálni² kell, ekkor meghatározott erősítőálláshoz megmérjük az eltérítési tényezőt. Ezt V/osztás vagy V/div értékben adjuk meg.

$$\text{Eltérítési tényező} = \frac{\text{feszültség}}{\text{eltérítés}}$$

Sok oszcilloszkóp esetén módunk van arra, hogy az eltérítési tényezőt belső hitelesítőfeszültséggel ellenőrizzük. Váltakozó feszültség nagyságának mérésekor ajánlatos az időeltérítést kikapcsolni. A feszültség képe ekkor függőleges vonal, amelynek hossza a feszültség csúcstól csúcsig mért értéke. Szinuszos feszültség esetében:

$$U_{eff} = \frac{1 \cdot \hat{u}}{2 \cdot \sqrt{2}} \approx \frac{\hat{u}}{2,8}$$

Mérőfejjel való méréskor a feszültség meghatározásakor figyelembe kell venni a mérőfej osztásviszonyát is.

¹ Chop: aprít, darabol (angol)

² Itt az eltérítési érzékenység beállítása és ellenőrzése

Mérések kisfeszültségű hálózaton

Feszültségméréskor, különösen közvetlenül a hálózatról üzemelő készülékek esetén figyelembe kell venni, hogy az Y-erősítő mindkét bemeneti csatlakozása, általában a csupasz testvezeték a műszer védővezetékével össze van kötve.

Ha például az 1. ábra szerinti gyújtásszögvezérlés U_z fogyasztói feszültségét akarjuk oszcilloszkópon mérni, a mérőfej hibás csatlakoztatásakor zárlat keletkezik, ami többek között az egyenirányító elemet teszi tönkre. Ilyen esetben ajánlatos vagy az oszcilloszkópot, vagy a mért készüléket leválasztótranszformátorral üzemeltetni. Használható olyan oszcilloszkóp is, amelynek érintésvédelme védővezeték nélkül – védőleválasztással – vagy kettős szigeteléssel van megoldva. Ezekben a készülékekben a testcsatlakozás nincs összekötve a védővezetékkel. Az 1. ábrán látható zárlat ekkor nem fordulhat elő.

Hálózati mérésekhez védőszigetelésű oszcilloszkópot kell használni.

Árammérés

Az áram alakjának vagy nagyságának oszcilloszkópos mérésekor a mérendő áramkörbe ismert nagyságú ellenállást kell beiktatni, és mérni kell rajta a feszültségesezt. A 2. ábrán R_N olyan kis értékűre van választva, hogy az i mérendő áramot ne befolyásolja jelentősen. Másrészt ez az ellenállás olyan nagy kell, hogy legyen, hogy feszültségeseése a képernyőn elegendő kitérést okozzon. Az áramlépték egyszerű kalibrálása érdekében ajánlatos R_N értékét $1\ \Omega$, ill. dekadikus többszöröseire választani: pl. $1\ \Omega$, $10\ \Omega$, $100\ \Omega$ stb.

Fázisszögmérés

Két, azonos frekvenciájú feszültség fázisszögének mérésére több módszer is ismeretes:

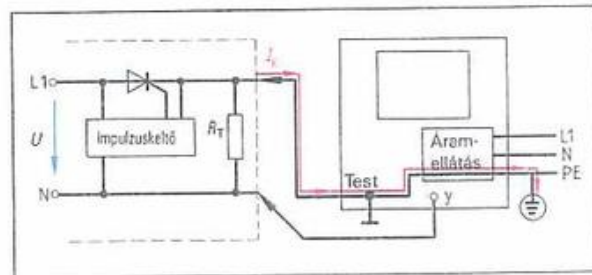
1. Mérés kétsugaras vagy kétcsatornás oszcilloszkóppal. A fázisban eltolódott két feszültséget az oszcilloszkóp két bemenetére kapcsoljuk, és lemérjük a képernyőn az a és b szakaszokat; az a szakasz az Δt időeltolódásnak és b a T periódusidőnek felel meg (3. ábra).

Ennek alapján:

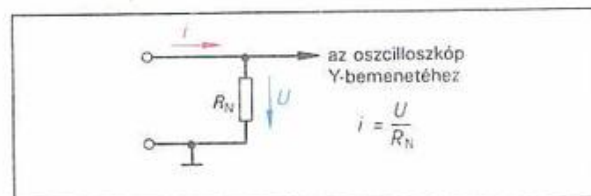
$$\varphi = \frac{a}{b} \cdot 360^\circ$$

2. Mérés egysugaras vagy egycsatornás oszcilloszkóppal. Ha két, időben eltolódott feszültség fáziseltolódását egymás után láthatóvá akarjuk tenni, nem szabad belső triggerelést használnunk. Ebben az üzemmódban ugyanis elvesz a két feszültség időbeli eltolódása, és az ernyőn a kép mindig ugyanabban a fázisban kezdődik. Azonban ha az oszcilloszkóp a feszültségek egyikéről külső triggereléssel működik, akkor a fűrészfeszültséget ez a feszültség indítja. A két feszültséget egymás után nézve a φ fázisszögüket az 1. pontban leírtak szerint meghatározhatjuk.

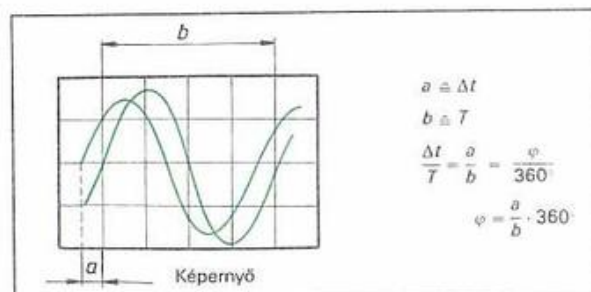
E két módszer hátránya, hogy kis szögek csak pontatlanul mérhetők. Ez a hátrány a következő módon küszöbölhető ki:



1. Rövidzárlat keletkezése hálózatról üzemelő kapcsolásban az oszcilloszkóp hibás csatlakoztatása miatt

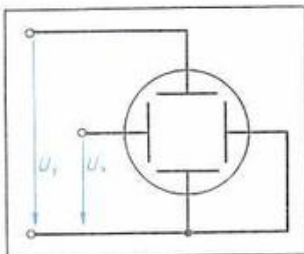


2. Árammérés oszcilloszkóppal



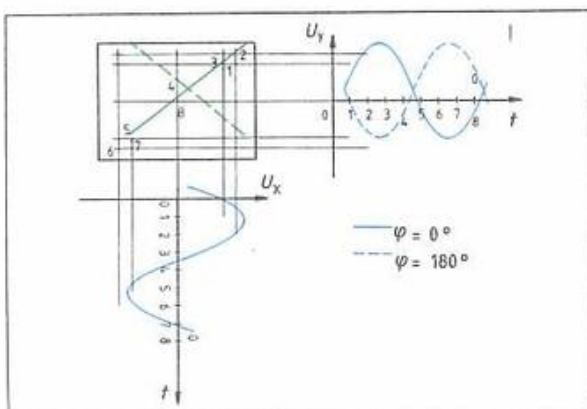
3. Fázisszögmérés kétsugaras oszcilloszkóppal

3. Mérés Lissajous-ábrával¹. Ehhez kikapcsoljuk az időeltérítést, és a két feszültséget az X- és Y-bemenetre kapcsoljuk (1. ábra).



1. Fázisszögmérés Lissajous-módszerrel

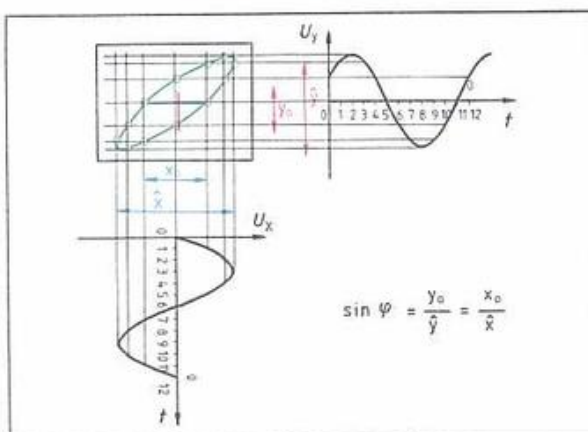
Ha a két feszültség fáziseltolása 0° , ill. 180° , akkor a képernyőn egyenes vonal jelenik meg (2. ábra). Minden más fázishelyzetben ellipszis látható.



2. Lissajous-ábra $\varphi = 0^\circ$ és 180° esetén

Leolvassuk a képernyőn az y_0 , $\hat{y}$ vagy x_0 , $\hat{x}$ szakaszokat (3. ábra), és kiszámítjuk a fáziseltolást:

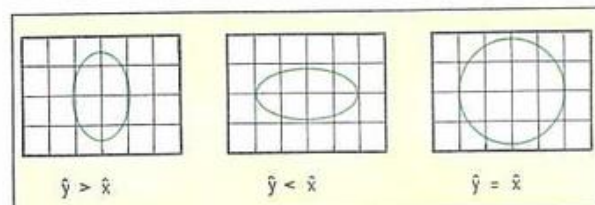
$$\sin \varphi = \frac{y_0}{\hat{y}} = \frac{x_0}{\hat{x}}$$



3. Lissajous-ábra tetszőleges fázisszögnél

¹ Lissajous (1822 – 1880) francia fizikus

$\varphi = 90^\circ$ fáziseltolásnál a koordinátatengellyel párhuzamos ellipszist látunk. Ha a két feszültség maximális kitérése egyenlő, akkor $\hat{y} = \hat{x}$, és határesetként kört kapunk (4. ábra).

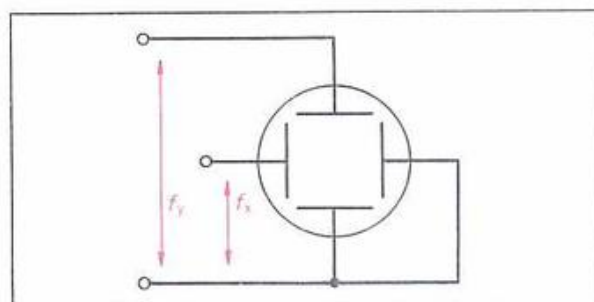


4. Lissajous-ábra $\varphi = 90^\circ$ esetén

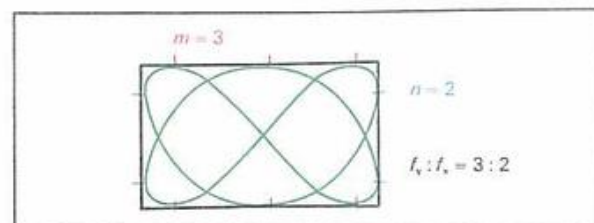
Frekvenciamérés

Oscilloszkópos frekvenciaméréshez szintén a kalibrált időeltérítést használjuk. A mért T periódusidőből a frekvencia: $f = 1/T$. Ennek az abszolút frekvenciamérésnek a pontossága a leolvasás és az időeltérítés pontosságától függ. A mérési hiba legalább 3...5%. Ha az adott mérőfrekvencia nagyobb pontosságát is ki akarjuk használni, frekvencia-összehasonlítással relatív frekvenciamérést végzünk. E módszerek egyike ugyancsak a Lissajous-ábrán alapszik (5. ábra). Ha a két feszültség frekvenciája egymás egész számú többszöröse, állóképet kapunk. Az alsó vagy felső oldal m számú, és a bal oldali vagy jobb oldali n számú érintési pontból kiszámítható a frekvencia-viszonyszám (6. ábra).

$$f_y : f_x = m : n$$



5. Frekvencia-összehasonlítás Lissajous-ábrával



6. Lissajous-ábra frekvencia-összehasonlításakor

Jellegörbe-ábrázolás

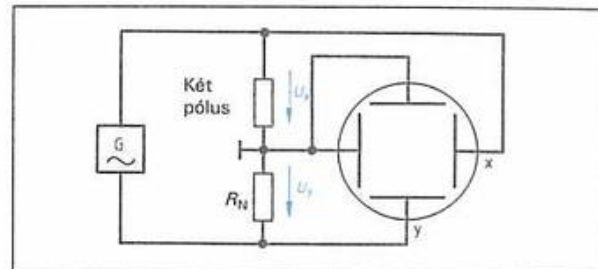
Jelleggörbén két mennyiség kölcsönös összefüggésének ábrázolását értjük. Ha ezeket a mennyiségeket sikerül analóg feszültségekké átalakítani, akkor ezeket az oszcilloszkóp X- és Y-bemeneteire kapcsolva a függvényt grafikusán ábrázolhatjuk. A számtalan lehetőség közül egy kétpólus áram-feszültség jelleggörbéjének felvételét írjuk le (1. ábra).

A kétpólusra jutó u_x feszültséget az oszcilloszkóp X-bemenetére és az árammal arányos $i \cdot R_N = u_y$ feszültséget az Y-bemenetre kapcsoljuk. Változtatható egyenfeszültséggel minden egyes feszültségértékhez beállíthatjuk a kétpólus által meghatározott áramértéket. Az elektronsugár fénypontja így befutja a keresett jelleggörbét.

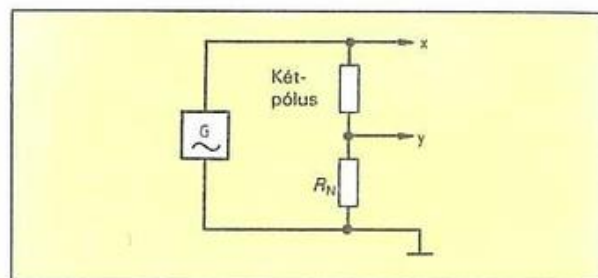
Kényelmesebb azonban változtatható egyenfeszültség helyett váltakozó feszültséget használni. Az ismertett kapcsolás földfüggetlen váltakozó feszültséget igényel, és fejrallított jelleggörbét állít elő. A 2. ábra szerinti kapcsolás ezt a hátrányt kiküszöböli. Természetesen az R_N ellenállás feszültségese a feszültséghez hozzáadódik. R_N a lehető legkisebb értékű kell, hogy legyen, hogy a feszültségmérési hibát csökkentjük. Az ábrázolt jelleggörbe kiértékeléséhez az áram- és feszültségtengelyt léptékeznünk kell. Az áramléptéket az u_y feszültségből és az R_N ellenállásból kapjuk:

$$i = \frac{u_y}{R_N}$$

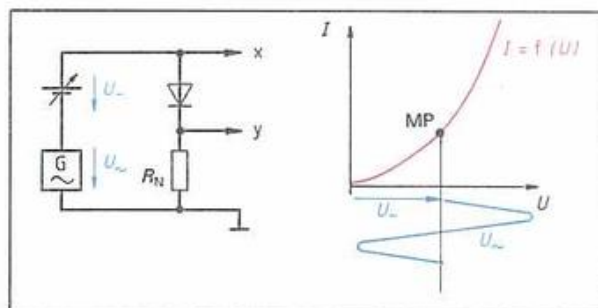
Ha R_N értékét, mint korábban említettük, dekadikusán választjuk, akkor az áramléptékre egyszerű átszámítási tényezőt kapunk. Vibrálásmentes kép érdekében a rákapcsolt váltakozó feszültség frekvenciáját 50. . 200 Hz között választjuk meg. Szuperponált egyenfeszültséggel a munkapontot eltolhatjuk a jelleggörbén. Ez módot nyújt arra, hogy a jelleggörbének csak egy részét, pl. egy dióda nyitóirányú tartományát ábrázoljuk a képernyőn (3. ábra).



1. Kapcsolás $I-U$ jellegörbe felvételéhez, földfüggetlen feszültségforrással



2. Kapcsolás $I-U$ jellegörbe felvételéhez, földelt feszültségforrással



3. Dióda jellegörbe-felvétele

11.12. Ellenőrizze tudását

11.1. szakaszhoz: A villamos mérés technika alapjai

1. Mi különbözteti meg az analóg műszer kijelzését a digitális műszerétől?
2. $I_{\text{max}} = 30 \text{ mA}$ végkitérésű műszer $I_A = 10,4 \text{ mA}$ áramot mutat. A valószínű áramérték $I_v = 10 \text{ mA}$. Mekkora a H abszolút és h relatív hiba a mérésben? Mekkora lehet a felhasznált műszer hibaosztálya?
3. Miért kell változtatható méréshatárú műszernél lehetőleg olyan méréshatárt választani, amelyben a kitérés az utolsó harmadba esik?
4. Egy műszer skáláján a következő rajzjeleket és számértékeket látjuk:



Mit jelentenek ezek a rajzjelek?

5. Mit jelent a műszer érzékenysége?

11.2. szakaszhoz: Az analóg műszerek működési elve

1. Miért vezetnek sok lengőtekercses mérőműbe spirálrugón át a mérőáramot?
2. Miért van szükség mutatós műszerekben csillapítórendszerre?
3. Milyen konstrukciós megoldásokkal lehet mutatós műszereknél a parallaxishibát csökkenteni?

11.3. szakaszhoz: Áram- és feszültségmérés, a méréshatár kiterjesztése

1. Áramméréshez két azonos mérési pontosságú, de eltérő belső ellenállású műszerünk van. Melyik műszert használjuk, ha a műszer hatását a mérésre csökkenteni akarjuk?
2. Rajzoljuk le a több méréshatárú feszültségmérő elvi kapcsolását!
3. $0,1 \text{ mA}$ maximális áramú és 150 mV ehhez tartozó feszültségű lengőtekercses műszer méréshatárát 250 V -ra kell bővíteni. Mekkora az ehhez szükséges előtét-ellenállás?

11.4. és 11.5. szakaszhoz: Lágyvasas és lengőtekercses műszer, áram- és feszültségmérő

1. Miért lehet a lágyvasas mérőművet mind egyen-, mind váltakozó áram mérésére használni?
2. Mik az előnyei és hátrányai a lágyvasas műszernek a lengőtekercses műszerrel szemben?
3. Magyarazzuk meg rajzvázlattal a forgatónyomaték keletkezését a lengőtekercses műszerben!
4. Miért nem tér ki a lengőtekercses műszer váltakozó feszültség hatására?
5. Mi az előnye a feszítettzálas műszernek a tűscsapágyazású mérőművel szemben?

11.6. szakaszhoz: Ellenállásmérés

1. Melyik mérőkapcsolást alkalmazzuk áram- és feszültség egyidejű mérésével nagyon nagy ellenállás méréséhez, ha a feszültség/áram hányadost számítási korrekció nélkül akarjuk megkapni?
2. Mitől függ az áram-összehasonlító módszerrel mért ellenállásérték pontossága?
3. Ideális esetben miért végtelen nagy a kiegyenlített kompenzátor bemeneti ellenállása?
4. Miért nem használható a Wheatstone-híd nagyon kis ellenállások mérésére?
5. Milyen hibák léphetnek fel többes vezetéseken, és ismert hibafajta esetében hogyan lehet a hibás éren a hibahelyet bemérni?

11.7. és 11.8. szakaszhoz: A teljesítmény és a villamos munka mérése

1. Elektrodinamikus műszerrel végzett teljesítményméréskor a műszer rossz irányba tér ki. Hogyan korrigálható ez a hiba kapcsolástechnikailag?
2. Mi a feladata annak az U alakú állandómágnestnek, amelynek pólusai között forog az indukciós fogyasztásmérő alumíniumtárcsája?
3. Milyen fizikai mennyiségek mérhetők indukciós fogyasztásmérővel?
4. Egy fogyasztó elé kapcsolt indukciós fogyasztásmérő alumíniumtárcsáján 135 s alatt 45 fordulatot számolunk. Mekkora a fogyasztó teljesítményfelvétele, ha a számláló állandója $C = 300 \text{ ford/kWh}$?

11.9. és 11.10. szakaszhoz: Az oszcilloszkópok segéd- és kiegészítő eszközei

1. Magyarazzuk el elvi rajz alapján az oszcilloszkóp egyes építőegységeinek a feladatát!
2. Milyen villamos és geometriai mennyiségektől függ az elektronsugárcső eltérítési érzékenysége?
3. Írjuk le, hogyan keletkezik „állókép” triggerelt oszcilloszkópon!
4. Magyarazzuk meg a különbséget a kétcsatornás oszcilloszkóp ALTERNÁLÓ és CHOPPER üzemmódja között!
5. Mik a mérőfej használatának előnyei?

11.11. szakaszhoz: Mérések oszcilloszkóppal

1. Szinuszos váltakozó áram 10Ω ellenálláson olyan feszültséget hoz létre, amely az oszcilloszkópon 8 skálaosztás kitérést okoz. Mekkora az áram effektív értéke, ha az eltérítési tényező 1 V/osztás ?
2. Két váltakozó feszültség között 2° fáziseltolás van. Írjunk le egy megfelelő fázismérési módszert!
3. Egy Z-dióda Z-tartományát kell oszcilloszkópon ábrázolni. Írjuk le az erre megfelelő mérőkapcsolás működését!

12. Az elektronika alapjai

12.1. A félvezetők fizikai alapjai*

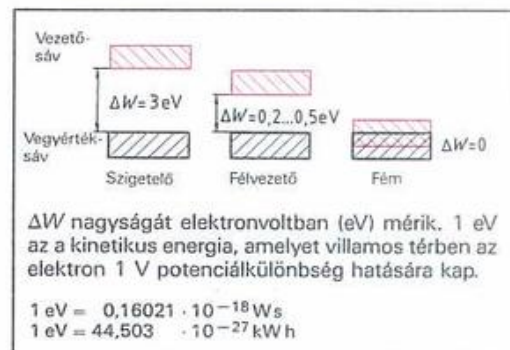
Vezetőképesség

Az elektrotechnikában a szilárd anyagokat vezetőképességük alapján **vezetők**, **szigetelők** és **félvezetők**re osztják fel. Míg az anyagokat $\chi = 0,1 \text{ S} \cdot \text{m/mm}^2 = 10^{-3} \text{ S/cm}$ vezetőképesség felett önkényesen a vezetőkhez sorolják, a $\chi = 10^{-6} \text{ S/cm}$ értéknél kisebb vezetőképességű anyagokat szigetelőknek nevezik. A két tartomány között vannak a **félvezető** anyagok, amelyek többek között a **szilícium**, a **germánium** és a **szelén** (1. ábra).

Az eltérő vezetőképességek a sávmodellel magyarázhatók. Az atommag körül keringő elektronok energiaállapotuknak megfelelően a héjban csak pontosan meghatározott távolságban lehetnek az atommag körül. Az anyag villamos tulajdonságai szempontjából csak a legkülső telített héjnak, az ún. **vegyértéksávnak**, és az ezen kívüli nem vagy részben telített **vezetősávnak** van jelentősége. Köztük egy **tiltott sáv** van, amelynek energiaszintjére nem kerülhetnek elektronok. Ahhoz, hogy az elektronok a vegyértéksávból a vezetősávba jussanak és az anyag vezetőképességét megváltoztassák, ΔW energiát kell közölni velük. Ennek az energiának a nagysága szabja meg, hogy az anyag a **vezetők**, **félvezetők** vagy a **szigetelők** csoportjába tartozik-e (2. ábra). Vezetőknél ezek a sávok részben átfedik egymást, úgyhogy a legnagyobb energiájú elektronok szabad elektronként jelentős vezetőképességet eredményeznek. Ezzel szemben a szigetelőknél olyan széles a tiltott sáv, hogy az elektronok nem juthatnak a vezetősávba. A **félvezetők** az abszolút nullapont közelében szigetelők. Csak akkor válnak villamosan **vezetővé**, ha a vegyértéksáv elektronjaival hőenergiát, sugárzási energiát vagy kinetikus energiát közlünk. Szobahőmérsékleten már olyan sok elektron jut fel a vezetősávba, hogy elérik az 1. ábra szerinti vezetőképességet. A ΔW energiaszint szilíciumnál 1,2 eV, germániumnál 0,72 eV.

	$\frac{\chi}{\text{S/cm}}$	Anyag
Vezető	10^6	Ezüst Réz
	10^2	Grafit
Félvezető	10^{-2}	Manganin Germánium
	10^{-6}	Szilícium Szelén
Szigetelő	10^{-10} 10^{-14}	Üveg

1. A vezetők, a félvezetők és a szigetelők vezetőképessége



2. A fémek, a félvezetők és a szigetelők sávmodellje

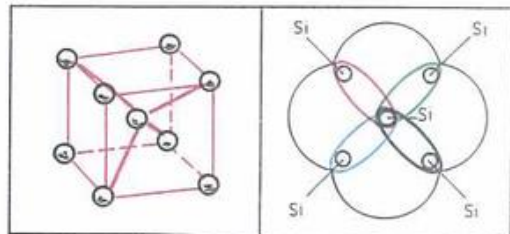
Kristályszerkezet

A félvezető kristály felépítését a szilíciumon mutatjuk be. A rác felépítés a gyémántrácshoz hasonló, azaz az atomok köbös térközpontú rácsot alkotnak (4. ábra). Itt minden szilíciumatomot négy szomszédos atom vesz körül. A periódusos rendszerben elfoglalt helyének megfelelően a szilíciumatomnak a külső M sávjában négy valenciaelektronja van (3. ábra). A kristályban a két szomszédos atom között a vegyértékelektronok hozzák létre a kötést azzal, hogy a saját és szomszédos atom körül is keringenek (5. ábra). Ha az atomok között a vegyértékelektronok kötését egy vonallal ábrázoljuk, a Si kristályszerkezetét síkban egyszerűsítve kettős vonallal jelölhetjük (l. az 1. ábrát a 159. oldalon). Ahhoz, hogy ilyen hibátlan kristályszerkezetet kapjunk, nagy tisztaságú félvezető alapanyag szükséges. Így 10^{10} számú Si-atomra legfeljebb 1 idegen atom juthat.

* A vonatkozó magyar szabvány: MSZ 7202

Oszlop:	III	IV	V
Héj	Bór 5 B	Szén 6 C	Nitrogén 7 N
KLM	Alumínium 13 Al	Szilícium 14 Si	Foszfór 15 P
KLMN	Gallium 31 Ga	Germánium 32 Ge	Arzén 33 As
KLMNO	Indium 49 In	Ón 50 Sn	Antimon 51 Sb

3. Részlet a periódusos rendszerből



4. Tétközpontú rácsszerkezet

5. Elektronkötés a szilícium kristályban

Sajátvezetés

A tiszta félvezető kristályban abszolút nullafokon ($T = 0 \text{ K}$) minden elektron kötött állapotban van. A vezetősáv üres, és villamos vezetőképesség nincs (2. ábra). Növekvő hőmérséklettel ($T \geq 0 \text{ K}$) a bevezetett hőenergia miatt a kötések felszakadnak. A vezetősávba vegyérték elektronok kerülnek, és a félvezető kristály sajátvezetését hozzák létre (3. ábra). A félvezetők sajátvezetésében azonban nem csak a vezetősávba jutott szabad elektronok vesznek részt. Ha az elektronok a hőenergia révén az atomi kötésekben kiszabadulnak és a vezetősávba kerülnek, a helyükön lyuk vagy elektronhiány keletkezik (4. ábra.)

A félvezetők sajátvezetését a szabad elektronok jelenléte a vezetősávban és a helyhez nem kötött lyukak hozzák létre.

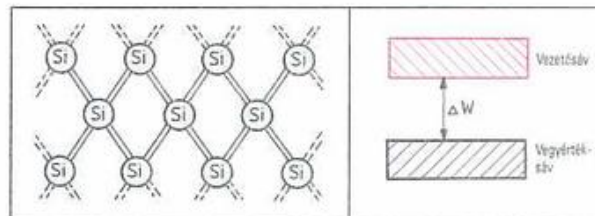
A hőenergia hatására felbomló kötések következtében a töltéshordozók mindig párosan keletkeznek. Az elektronok és lyukak párképződésével vagy generációjával¹ szemben álló mindig ellenkező folyamat a rekombináció². Ennek során az elektronok a vezetősávból a kristályrács lyukaiba jutnak vissza. Állandó hőmérsékleten a párképződések és rekombinációk száma egyensúlyban van. Szobahőmérsékleten, 1 cm^3 szilíciumkristályban, amely 10^{23} atomot tartalmaz, kb. $2 \cdot 10^{10}$ elektron és lyuk van. Ennek $\kappa = 0,5 \cdot 10^{-5} \text{ S/cm}$ vezetőképesség felel meg.

A sajátvezetés a hőmérséklettel exponenciálisan nő.

Ezt a tulajdonságot a technikában a melegvezetők esetében hasznosítják.

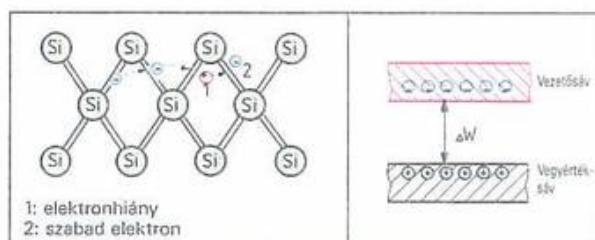
A félvezetők sajátvezetése akkor is létrejöhet, ha a hőmérsékletet elektromágneses hullám helyettesíti.

Ha a fényellenállásra látható fény jut, ebben az esetben is elektronok jutnak a vezetősávba. Emiatt a töltéshordozó-sűrűség, tehát a vezetőképesség megnő.



1. Si-kristály egyszerűsített síkbeli ábrázolása

2. Nemvezető Si sávmodellje ($T = 0 \text{ K}$)



1: elektronhiány
2: szabad elektron

3. Szabad elektronok és lyukak keletkezése Si-ban ($T > 0 \text{ K}$)

4. Sajátvezető Si sávmodellje ($T > 0 \text{ K}$)

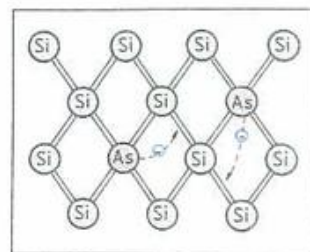
12.2. Idegenvezetés félvezetőkben

Szennyező atomok

Ha a félvezető anyagokat idegen atomok szennyezik, a vezetőképesség erősen megnő. A meghatározott mennyiségű idegen atom hozzáadását **dotálásnak**³ nevezzük. Germánium, ill. szilícium dotálásakor olyan idegen atomok jöhetnek szóba, amelyeknek a félvezető anyaghoz képest a külső elektronhéjban eggyel több, vagy kevesebb vegyértékelektron van. A szennyező atomok vegyértékétől függően **n** vagy **p** típusú félvezető anyagot különböztetünk meg.

n típusú félvezető szilícium

Építsünk be a négy vegyértékű szilícium kristályrácsába öt vegyértékű idegen atomot, pl. arzént, akkor az 5. ábra szerinti kristályrácsot kapjuk. Az arzén ötödik vegyértékelektronjára nincs szükség a kristály felépítéséhez, ezért az nagyon kis $\Delta W \approx 0,1 \text{ eV}$ energiakülönbéssel szabad elektronként a vezetősávba jut.



5. Szilíciumkristály ötvegyértékű idegen atommal dotálva

¹ Generatio: létrehozás (latin)

² Rekombinatio: újraegyesülés (latin)

³ Dotatio: itt ellátás idegen atomokkal (latin)

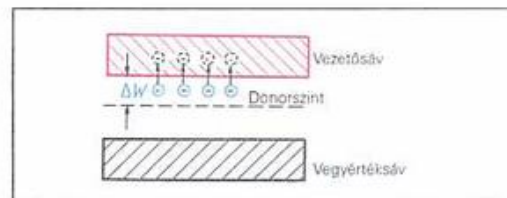
A sávmodellben a szennyező atomok a vegyérték és vezetősáv közötti energiaszinten vannak (1. ábra). Már szobahőmérsékleten elég termikus energia van ahhoz, hogy az összes szennyező atom leadjon egy szabad elektront és ezzel a szilíciumkristály vezetőképessége megnöjön. Az ilyen szennyezőatomokat **donoratomnak**, vagy **donornak**¹ nevezzük.

A félvezetőkben donorok vannak. A félvezető kristály $10^5 \dots 10^8$ atomjára jut egy idegen atom. A szennyezettség ennek következtében 0,001 ... 0,000 001% vagy $10^{-5} \dots 10^{-8}$.

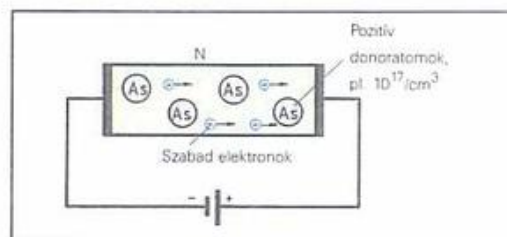
A donorral szennyezett félvezetőket **n típusú félvezető** anyagnak nevezzük (negatív vezető). Annak ellenére pl. az n típusú szilíciumban szabad elektronok vannak, a félvezető villamosan semleges. Minden donoratom, amelyik lead egy szabad elektront, pozitív ionná válik, mert atommagjának pozitív protontöltéseivel szemben nem áll már szemben azonos számú elektron.

Az n típusú félvezetők szabad negatív töltéshordozójú anyagok. Villamosan semlegesek.

Kapcsoljunk az n típusú szilíciumra feszültséget, ekkor a szabad elektronok a feszültségforrás pozitív pólusa felé haladnak, elektronáram folyik (2. ábra).



1. Szilícium sávmodellje öt vegyértékű szennyező atommal



2. Elektronáram n típusú szilícium kristályban

p típusú félvezető szilícium

Ha szilícium kristályrácsába három vegyértékű idegen atom, pl. indium épül be, akkor a 3. ábra szerinti kristályfelépítést kapjuk. Az indiumatom hiányos kötését egy szomszédos elektron tölti be. Ez az elektron lyukat hagy maga után. Csekély ΔW energiafelhasználással (4. ábra) a keletkezett lyukat további szomszédos elektronok töltik be, és a sávmodell vegyérték sávjába kerülnek. Ezen a módon szabadon mozgó lyukak vándorlása jön létre. Azokat a szennyező atomokat, amelyek ilyen elektron-hibahelyeket hoznak létre, **akceptoratomnak**, vagy **akceptoroknak**² nevezzük.

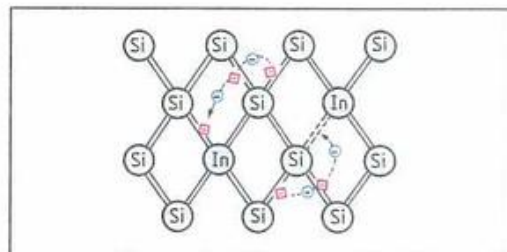
Az akceptorral dotált félvezetőket **p típusú félvezető** anyagnak nevezzük, mert ezen anyagok vezetőképességét pozitív töltéshordozók határozzák meg.

Villamosan a p típusú félvezető anyag is semleges. Minden akceptoratom negatív ionná válik a felvett elektron révén, amellyel egy szabadon mozgó lyuk áll szemben.

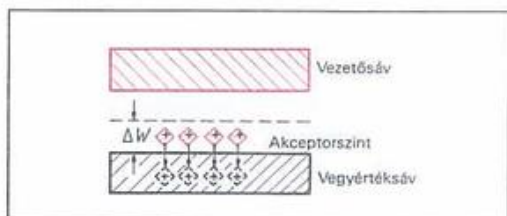
A p típusú félvezető anyagok szabad pozitív töltéshordozójúak. Villamosan semlegesek.

p típusú félvezető szilíciumra feszültséget kapcsolva, a lyukak a feszültségforrás negatív pólusa felé haladnak (5. ábra)

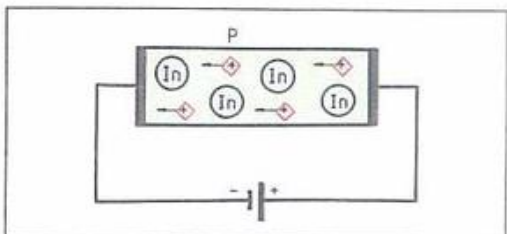
Egy félvezető idegenvezetése mellett mindig jelen van az előzőekben említett sajátvezetés is, azaz a dotált félvezető kristályban mindig vannak szabad elektronok és lyukak is. A túlsúlyban lévő töltéshordozókat **többségi töltéshordozóknak**, a kisebb számban lévőket **kisebbségi töltéshordozóknak** nevezik. A p típusú félvezető szilíciumban tehát a lyukak a többségi, az elektronok a kisebbségi töltéshordozók. n típusú félvezető szilíciumban a megnevezésük éppen fordított.



3. Szilíciumkristály három vegyértékű szennyező atommal dotálva



4. Három vegyértékű szennyező atommal dotált szilícium sávmodellje



5. Lyukáram p típusú szilíciumkristályban

¹ Donare: adni, ajándékozni (latin)

² Accipere: felvesz (latin)

12.3. A p-n átmenet

Diódák és tranzisztorok gyártásakor az eltérően dotált rétegek között keletkező határrejteget nevezzük p-n átmenetnek.

p-n átmenet külső feszültség nélkül

A gázmolekulák szétterjedéséhez hasonlóan a hőmozgás miatt a határfelületen át elektronok jutnak a p típusú félvezető rétegbe, és fordítva, lyukak kerülnek az n típusú félvezető rétegbe is (1a. ábra). Ez a **diffúziós**¹ folyamat nem vezet azonban az eltérő rétegek két-féle töltéshordozóinak teljes kiegyenlítéséhez. A p típusú félvezető anyagba diffundált elektronok ott a p-réteg legközelebb lévő lyukaival rekombinálnak. Az n-rétegbe jutó lyukak is rekombinálnak ennek a rétegnek az elektronjaival. A töltéshordozók villamosan semlegesítik egymást. A határrejtegen túlsúlyba kerülnek az n típusú félvezető anyag pozitív donorionjai és a p típusú félvezető anyag negatív akceptorionjai (1b. ábra).

A p-n átmenetben **tértöltési réteg** keletkezik.

A létrejövő téröltés a töltéshordozók diffúziós törekvésével ellentétes irányú E télerősséget hoz létre.

Egyensúly áll be a töltéshordozókra ható diffúziós erő és a villamos tér taszítóereje között (1c. ábra)

Ebben a téröltési zónában nagyon lecsökken a szabad töltéshordozók száma, emiatt nagyon megnő a tartomány ellenállása. Ezért nevezik a határrejteget **zárórétegnek** is.

A szabad töltéshordozókban szegény téröltési tartomány az áramvezetés szempontjából záróréteget jelent.

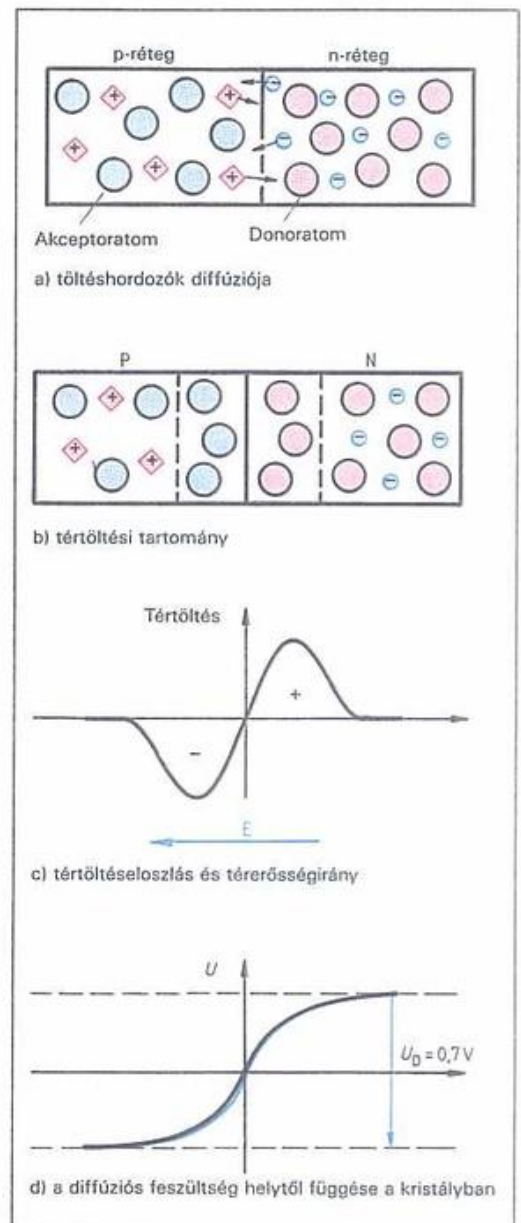
A határrejtegen létrejövő téröltéseloszlás feszültséglépcsőt hoz létre. A diffúziós feszültség helytől függése látható az 1d. ábrán. A diffúziós feszültség nagysága a két réteg dotálásától függ. Tipikus feszültségértékek szilíciumnál 0,6 ... 0,7 V, germániumnál kb. 0,3 V. A diffúziós feszültség akadályozza a töltéshordozó-kiegyenlítődést a határrejtegen át.

p-n átmenet külső feszültséggel

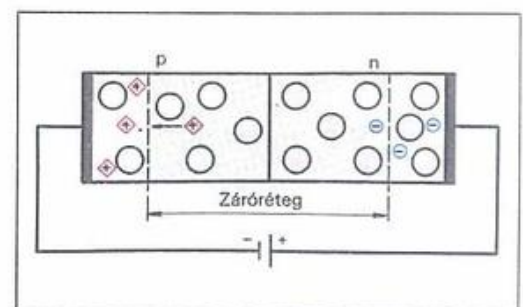
Kapcsoljunk feszültséget a p-n átmenetre a 2. ábrának megfelelően úgy, hogy a feszültségforrás pozitív pólusa az n-réteg, negatív pólusa a p-rétegbe kerüljön. Ennek következtében a többségi töltéshordozók — elektronok az n-rétegben és lyukak a p-rétegben — a határfelülettől a feszültségcsatlakozások felé vonzódnak. A töltéshordozók elszívása kiszélesíti a záróréteget.

A p-n átmenet záróirányban előfeszített, ha a feszültségforrás pozitív sarka az n-rétegbe kerül.

¹ Diffúzió: kölcsönös áthatolás (latin)



1. p-n átmenet külső feszültség nélkül



2. Záróirányú előfeszítés

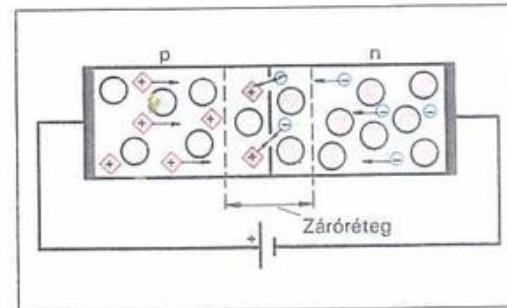
A rákapcsolt feszültség és a diffúziós feszültség azonos irányúak. A feszültségkülönbség ezáltal a határrétegben megnő, és akadályozza a többségi töltéshordozók cseréjét a két réteg között.

A kisebbségi töltéshordozók számára, amelyek a félvezető anyag sajátvezetése miatt mindig jelen vannak, az így polarizált átmenet nem jelent akadályt. A p-réteg elektronjai és az n-réteg lyukai a rákapcsolt feszültség hatására átlépik a határréteget, és egy kis áramot, **vi sszáramot** hoznak létre.

A kisebbségi töltéshordozók **vi sszáramot** hoznak létre.

Ha a p-n átmeneten megfordítjuk a feszültséget, a töltéshordozók elárasztiák a záróréteget (1. ábra). A rákapcsolt feszültség csökkenti a diffúziós feszültséget, és a mindenkori többségi töltéshordozók átdiffundálhatnak a határrétegen. A most kis ellenállású határréteg jelentős nyitóirányú áramot enged át. A határréteg túloldalán rekombinálnak a másik rétegbe diffundált töltéshordozók. Az n-rétegben tehát elektronáram, a p-rétegben lyukáram folyik.

Ha a feszültségforrás pozitív sarkát a p-rétegre kapcsoljuk, a p-n átmenet kis ellenállásúvá válik, áram folyik. A p-n átmenet nyitóirányban előfeszített.



1. Nyitóirányú előfeszítés, elektron- és lyukáram

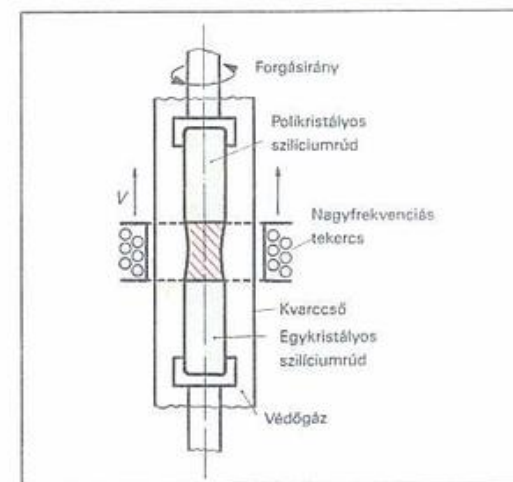
12.4. A szennyezés megvalósítása

A tiszta alapanyag előállítása

A szennyező atomok pontosan adagolt bevitele érdekében a félvezető alapanyaggal szemben a tisztasági követelmények igen nagyok. Ennek a tisztasági foknak az eléréséhez a finomkémiai előállítású germánium- és szilíciumrudakat zónás olvasztással kell tovább tisztítani (2. ábra).

Szennyezési (dotálási) eljárások

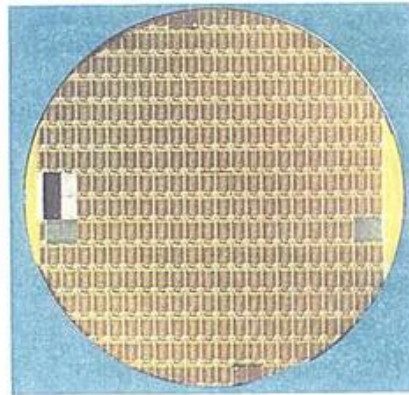
Már az egykristály húzásakor az olvadékból a szennyezés dotálóanyagok hozzáadásával bevihető (l. a 2. ábrát a 163. oldalon). Ha pl. 10^8 germániumatomhoz szennyezésként 1 antimonatomot akarunk beépíteni, ez azt jelenti, hogy 2 kg germániumhoz 0,03 mg antimont kell hozzáadni. Ezt a minimális mennyiséget az olvadékban egyenletesen el kell osztani. A húzás ideje kb. 7 óra. Az olvadékból származó germániumrudat vékony szeletekre vágják. A csiszolt tárcsák, amelyeket **szeletnek** is neveznek,



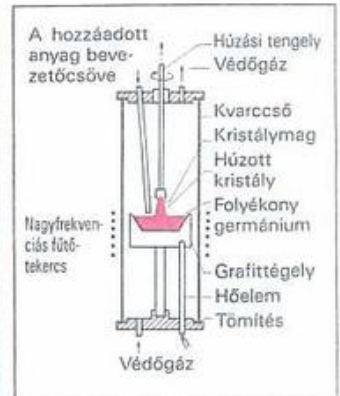
2. Szilícium függőleges zónás olvasztása (vázlatosan); v a nagyfrekvenciás tekercs mozgásiránya

a félvezető elemek további feldolgozásának kiindulóanyagai (1. ábra).

Egy másik eljárással a félvezetőbe a dotálóanyagot ötvözéssel viszik be. Gyártáskor itt indiumgolyócskákat tesznek az n-szenyezett kiindulóanyagra. A golyócskákat villamos árammal vagy kályhában olvasztják meg. A megszilárduláskor az indiumatomok beépülnek a germániumrácsba, és létrehozzák a kívánt p-réteget.



1. Szelet kész csipekkel



2. Kristályhúzás

12.5. Félvezető diódák

Egykristály félvezető diódák

Az egykristály félvezető diódákban (röviden csak félvezető diódák) a p-n átmenet tulajdonságait használják ki. A diódák gyártásához mindenekelőtt szilíciumot, germániumot, de más félvezető anyagokat is használnak.

Minden egykristály lemezkébe egy n-réteget és egy p-réteget dotálnak. A két zóna határán p-n átmenet keletkezik.

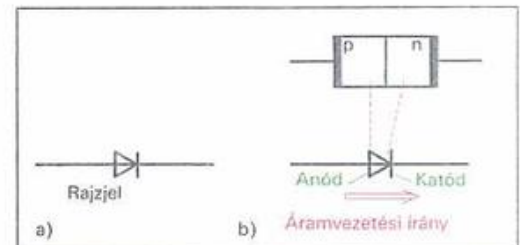
A p-n átmenet úgy viselkedik mint egy áramszelep. Általában kijelenthetjük:

A félvezető dióda az áramot az egyik irányban átengedi, a másik irányban zárja.

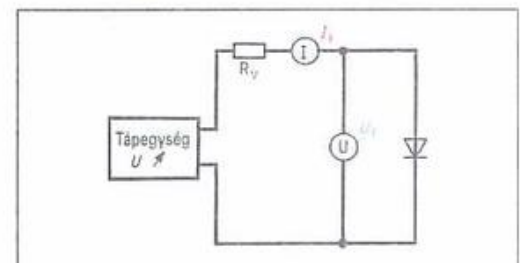
Ezt a tulajdonságot a diódanévvel is kifejezhetjük. A dióda áramiránytól függő ellenállású alkatrész. Rajzjelének nyíliránya (3. ábra) az áteresztőirányt mutatja. Ez a pozitív konvencionális áramirányra érvényes, amit technikai áramiránynak is nevezünk. Az elektródákat anódnak és katódnak nevezik.

A nyitóirányú jellemzőket a 4. ábra kapcsolásán felvett dióda-jelleggörbén tanulmányozhatjuk.

Kis nyitóirányú feszültségnél (pl. 0,1 V) a diódán gyakorlatilag nem folyik áram, a p-n átmenet még nagy ellenállású. A töltéshordozó-diffúzióval létrejött záróréteget le kell építeni. Ha a záróréteg leépült, akkor az áram meredeken emelkedik (5. ábra).

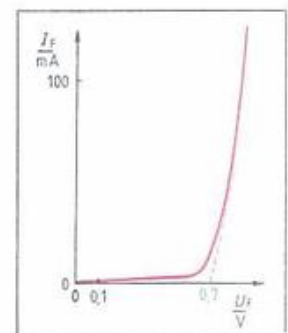


3. Rajzjel (a) és az elektródák megnevezése (b) félvezető diódáknál



4. Kapcsolás dióda-jelleggörbe felvételéhez

5. Szilíciumdióda
 $I = f(U_F)$
nyitóirányú
jelleggörbéje, a
küszöbfeszültség
meghatározása



Azt a feszültséget, amely a zárórét leépítéséhez szükséges, küszöbfeszültségnek nevezzük. Nagyságát az érintővel határozzuk meg. A szilíciumdiódák küszöbfeszültsége 0,6 . . . 0,7 V.

A félvezető dióda csak a küszöbfeszültség feletti tartományban kis ellenállású.

A félvezető dióda ellenállásértéke a munkaponttól függ. Megkülönböztetünk R_F egyenáramú ellenállást és r_F differenciális ellenállást.

Az egyenáramú ellenállás értéke:

$$R_F = \frac{U_F}{I_F}$$

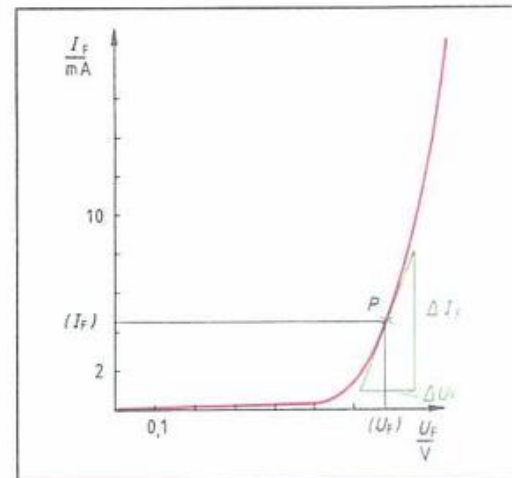
Az U_F és I_F értékek meghatározott P munkaponthoz tartoznak (1. ábra).

A differenciális ellenállás a jelleggörbe meredekségét adja meghatározott munkapontban. Értéke a ΔU_F feszültségváltozás és a ΔI_F áramváltozás összefüggéséből számítható ki (1. ábra).

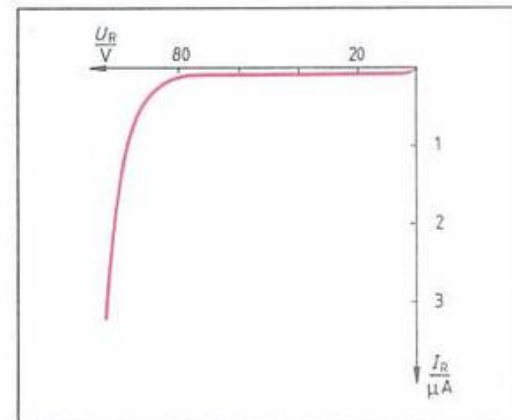
$$r_F = \frac{\Delta U_F}{\Delta I_F}$$

A félvezető diódának az áramot záróirányban tökéletesen kellene zárnia, ez azonban nincs így. Egy nagyon kis záróirányú áram folyik. Ez néhány nanoamper (nA) és meghatározott típusoknál mikroampereket (μA) ér el.

A 2. ábrán szilíciumdióda záróirányú jelleggörbéje látható. A záróirányú áram erősen hőmérsékletfüggő, növekvő kristályhőmérséklettel adott határ után erősen nő.



1. R_F és r_F meghatározása

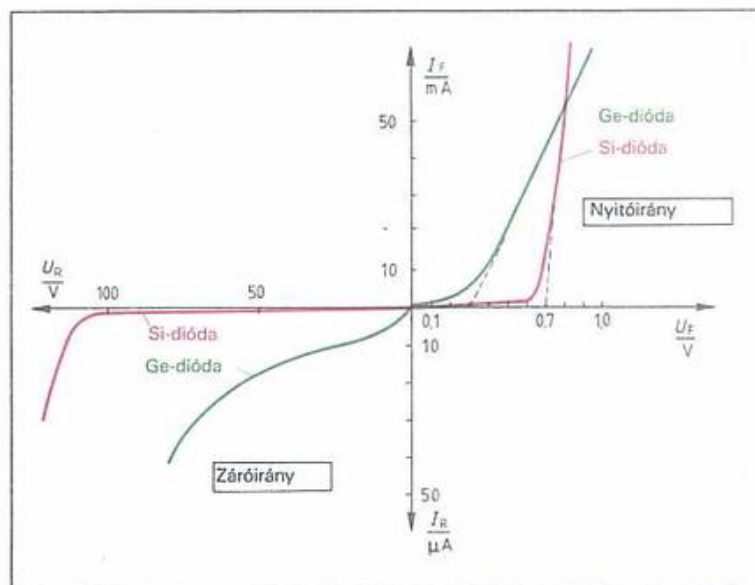


2. $I_R = f(U_R)$ jelleggörbe Si-dióda záróirányú tartományában

A félvezető dióda nem zár tökéletesen.

A 3. ábrán a szilíciumdióda és a germániumdióda teljes jelleggörbéjét látjuk. A Ge-dióda küszöbfeszültsége kb. 0,3 V. Nyitóirányú jelleggörbéje a vezetőtartományban nem olyan meredek, mint a Si-dióda jelleggörbéje. A Ge-diódának nagyobb a differenciális ellenállása.

Záróirányban a Ge-dióda sokkal rosszabb, mint a Si-dióda. A Ge-dióda záróirányú árama sokkal nagyobb.



3. Si- és Ge-dióda jelleggörbéje

A félvezető diódákat nem szabad túlterhelni!

Ha túl nagy a nyitóirányú áram, a kristályhőmérséklet a legnagyobb megengedett értéke fölé nő, a dióda pedig tönkremegy. Az I_F nyitóirányú áram maximális értékét nem szabad túllépni!

Si-diódáknál a megengedett kristályhőmérséklet kb. 200 °C, Ge-diódáknál kb. 90 °C.

Záróirányú igénybevételhez maximálisan megengedett zárófeszültség tartozik. Ha ezt túllépjük, átütés következik be, amitől a félvezető dióda általában tönkremegy.

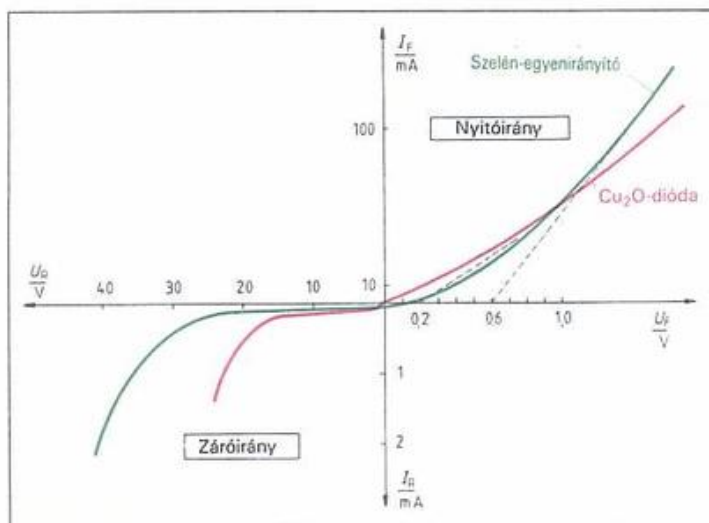
P_{tot} veszteségi teljesítmény nagysága:

$$P_{\text{tot}} = U_F \cdot I_F$$

Polikristályos félvezető diódák

A polikristályos félvezető diódák szelén és réz (II)-oxid¹ félvezetők-ből készülnek. A félvezetőrétegek sok kis egyedi kristályból állnak, ezek a fémelektrodával p-n átmenetet alkotnak. A 2. ábra szeléndiódá vagy szeléncella felépítését szemlélteti.

A szelén- és réz-oxidul-diódák voltak a legelső félvezető egyenirányítók. Régen „száraz egyenirányítóknak” nevezték őket.



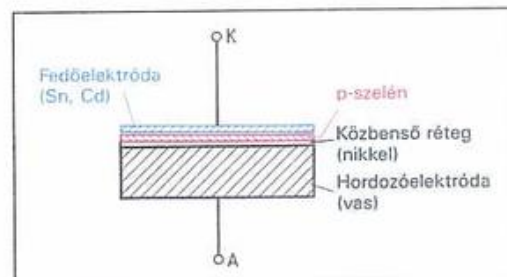
1. Szelén-egyenirányító és réz (II)-oxid-dióda jelleggörbéje

A szeléndiódák rövid idejű túlterheléssel szemben igen ellenállóak.

A réz (II)-oxid-diódák mérőműszerek egyenirányítóiként különösen alkalmasak.

A szelén egyenirányítók és a réz-oxidul-diódák záróirányú árama sokkal nagyobb, mint az egykristály félvezetőké. Ez hátrány, de nem mindig, a kisebb záróirányú ellenállás a diódák soros kapcsolásakor előnyt jelent.

¹ Korábbi elnevezés: réz-oxidul



2. Szeléncella felépítése

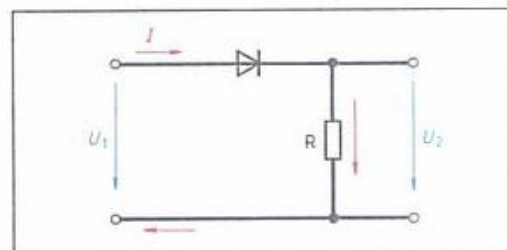
Alkalmazási példa

A félvezető diódák áramszelepek, ezért egyenirányító kapcsolásokhoz kiválóan alkalmazhatók. A 3. ábrán egyszerű egyenirányító kapcsolást látunk, ún. együtemű vagy egyutas egyenirányító kapcsolást.

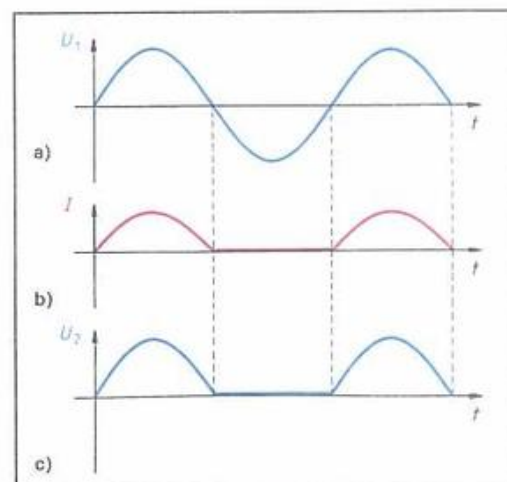
Az U_1 feszültség pozitív félhulláma alatt az áram a diódán és az R ellenálláson át folyik, a kimeneten ennek megfelelő U_2 feszültség van (4. ábra).

A negatív félhullám alatt a dióda zár, áram nem folyik, a kimeneti U_2 feszültség nulla.

Az U_2 kimeneti feszültség kevert feszültség, egyenfeszültségű és váltakozó feszültségű összetevője van. Az egyenfeszültségű összetevőt megfelelő kapcsolással simítani lehet.



3. Együtemű egyenirányító kapcsolás



4. Feszültség- és áramfüggvények együtemű egyenirányító kapcsolatban

12.6. A félvezető diódák kivitelei és jellemzői

Kiviteli alakok

A félvezető diódákat széles körben alkalmazzák változó feszültség egyenirányítására. Hálózati egyenirányítóként többnyire 50 Hz-es feszültségről működnek, de a félvezető diódákat a nagyfrekvenciás technikában is használják, ezenkívül kapcsolódiódként is. Például a vezérlés- és szabályozástechnikában mechanikus kapcsolókat helyettesítenek, és kapcsolóelemként használják őket logikai áramkörökben. Az eltérő alkalmazási területek eltérő követelményeket támasztanak, ami eltérő kiviteli formákhoz vezetett.

A legfontosabb kivitelek:

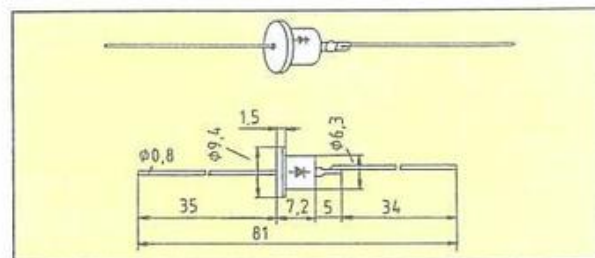
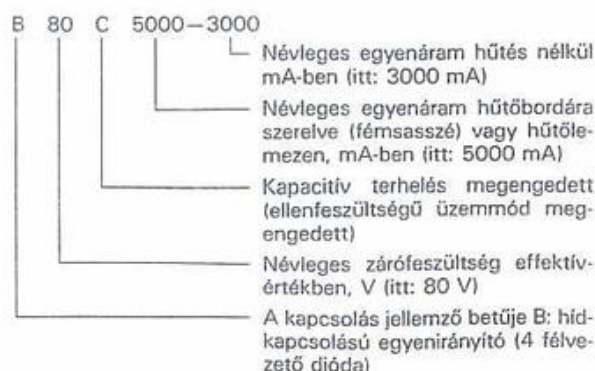
Egyenirányító diódák
Nagyfrekvenciás diódák
Kapcsolódiódák
Univerzális diódák

Egyenirányító diódák

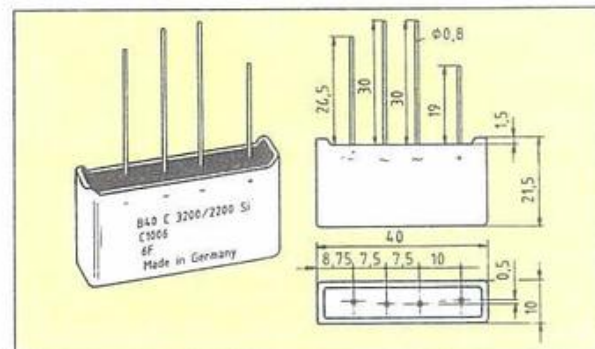
Az egyenirányító diódák a kis teljesítményű diódák és a teljesítménydiódák. A kis teljesítményű diódákat néhány milliampertől 5 A maximális áramerősségig készítik. A teljesítménydiódák árama 5 A és kb. 2000 A között van. Az 1. ábrán az egyenirányító diódák egyik tokozata látható.

Az egyenirányító diódák p-n átmenete nagyfelületű. A p-n átmenet keresztmetszete annál nagyobb kell, hogy legyen, minél nagyobb a maximális árama. Az egyenirányító diódák ezért rétegdiódák. A rétegdiódáknak viszonylag nagy a kapacitásuk.

A két- vagy négy diódát egy tokban tartalmazó kapcsolási egységek (2. ábra) megjelölésére külön típusjelzéseket használnak, amint azt a következő példa mutatja:



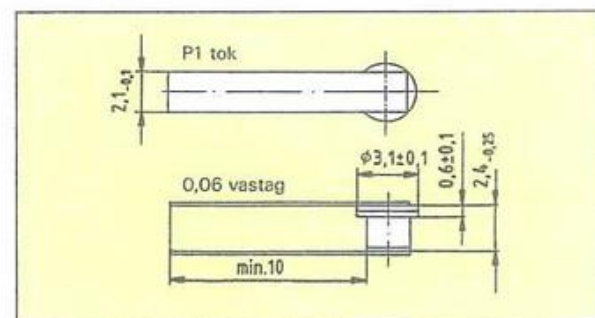
1. Egyenirányító dióda tokozata



2. Egyenirányító egység, kiviteli forma

Nagyfrekvenciás diódák

A szokásos egyenirányító diódák nagyfrekvencián nem használhatók. A változó feszültségű jel a p-n átmenet nagy kapacitásán áthatol. Itt speciális, kis felületű p-n átmenettel rendelkező nagyfrekvenciás diódákat használnak. Az ilyen diódákat aranytűs diódáknak is nevezik (3. ábra). Az egyenirányítandó áram többnyire nagyon kicsi. A nagyfrekvenciás diódák általában germániumdiódák, amelyeknek kicsi a küszöbfeszültségük.



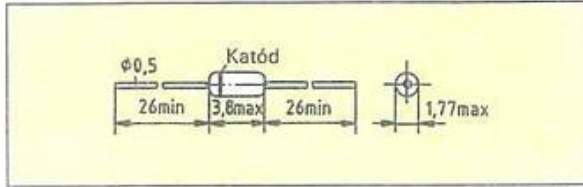
3. Nagyfrekvenciás dióda

Kapcsolódiódák

A dióda átkapcsolásához a nyitott állapotból a zárt állapotba, időre van szükség. A kristályban lévő szabad töltéshordozókat el kell távolítani, a záróréteget fel kell építeni. Ezt az időt záróirányú feléledési időnek (t_{rr}) vagy kikapcsolási időnek nevezik.

Ugyanígy meghatározott idő kell ahhoz is, hogy a dióda zárt állapotból nyitott állapotba kapcsoljon át. Ezt az időt nyitóirányú feléledési időnek (t_n) vagy bekapcsolási időnek nevezik.

A kapcsolódiódák kapcsolási ideje különösen kicsi. Nagyon gyors kapcsolásokat engednek meg, és főleg a digitális technikában alkalmazzák őket (1. ábra).



10. Kapcsolódióda

Univerzális diódák

Az univerzális diódákat számos helyen alkalmazzák. Alkalmazhatók kisáramú egyenirányító diódként. Mivel a rétegkapacitásuk közepes, nagyfrekvenciás diódként néhány MHz-ig megfelelnek, és ha nincs szükség nagyon rövid kapcsolási időre, akkor az univerzális diódák kapcsolódiódként is használhatók.

A félvezető diódák jellemzői

Fontos határértékek a következők:

Zárfeszültség	U_R
Egyenáram	I_0
Nyitóirányú áram	I_F
Réteghőmérséklet	T_l
Környezeti hőmérséklet	T_k
Veszteségi teljesítmény	P_{tot}

I_0 alatt a diódaáram számtani középértékét értjük.

Fontos jellemző adatok:

Nyitóirányú feszültség (meghatározott I_F áramnál)	U_F
Záráirányú áram (meghatározott U_R feszültségnél)	I_R
Rétegkapacitás	C_D
Bekapcsolási idő (nyitóirányú feléledési idő)	t_n
Kikapcsolási idő (záráirányú feléledési idő)	t_{rr}

Az egyes jellemzők értékei a gyártók katalógusaiban találhatók.

12.7. Különleges félvezető diódák

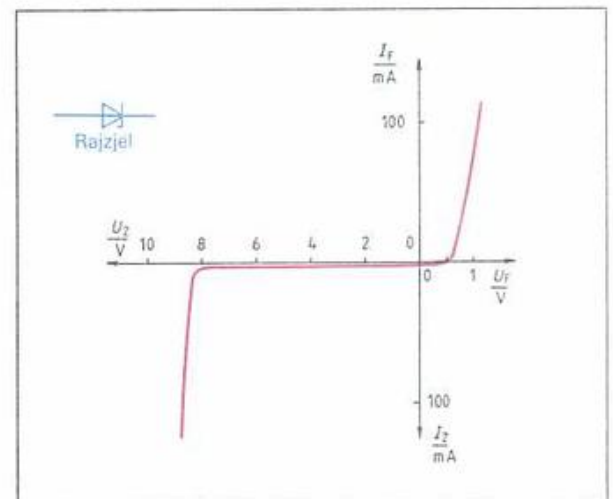
Z-diódák¹

A Z-diódák olyan különlegesen dotált szilíciumdiódák, amelyek záráirányban meghatározott feszültségérték fölött kis ellenállásúvá válnak (1. ábra). Ezt a zárfeszültség-értéket nevezik Z-feszültségnek (U_{Z0}).

A Z-diódák záráirányban a Z-feszültséget elérve kis-ellenállásúakká válnak.

A Z-feszültség a konstrukciótól függően minden egyes Z-diódánál különböző, ez „lépcsőzi” a Z-diódákat. A zárt állapotból kis ellenállású állapotba való átmenetnek két oka van, a Zener-effektus és a lavinajelenség.

¹ Korábbi elnevezése Zener-dióda, C. Zener német fizikus után



2. Z-dióda jelleggörbéje és rajzjele

Zener-effektus

A Z-dióda zárórétegében villamos tér van, ami a Z-dióda nagyfokú szennyezése miatt igen nagy.

Növekvő zárófeszültséggel a térerősség egyre nő. Kb. 20 V/ μm térerősségnél az elektronokra ható erő már olyan nagy, hogy kristálykötésükből kiszakítja őket és szabad elektronokká válnak. Ezenkívül lyukak is keletkeznek, amik pozitív töltéshordozóként szerepelnek.

A Zener-effektus során a villamos tér ereje kiszakítja az elektronokat a kristálykötésükből.

Lavinaeffektus

A zárórétegben található elektronokat a villamos tér erőhatása felgyorsítja. Nagy energiát vesznek fel, és más elektronokat kilöknék a kötésükből. A szabad töltéshordozók száma lavinaszerűen nő. A záróréteget elárasztják a töltéshordozók, a Z-dióda kis ellenállásúvá válik.

A lavinaeffektus során a szabad elektronok más elektronokat kilöknék a kristálykötésükből.

A Z-dióda hirtelen ellenállás-csökkenését Zener-átütésnek nevezzük. Az áram ilyenkor nagyon meredeken nőhet.

A Z-átütés után feltétlenül az áramot korlátozni kell a megengedhető értékére, különben a Z-dióda tönkremegy.

Ha Z-diódára jutó feszültség U_{Z0} , azaz a Z-feszültség alá csökken, a töltéshordozók felszabadulása abbamarad. A záróréteg újra hatásos, a Z-dióda lezár.

A Z-feszültség alá kerülve a Z-dióda újra nagy ellenállásúvá válik.

A Z-dióda jelleggörbéjén a következő szakaszokat különböztetjük meg (1. ábra): nyitóirányú szakasz, zárószakasz, könyökszakasz és letörési szakasz. A könyökszakasz átmenet a zárószakasz és a letörési szakasz között. A Z-dióda tulajdonképpen üzemi tartománya a letörési szakasz.

A Z-dióda üzemi tartománya $I_{Z\min}$ minimális és $I_{Z\max}$ maximális áramérték között van.

Az üzemi tartományban a jelleggörbe meredeksége változó. Minden jelleggörbeponthoz r_z differenciális ellenállás rendelhető:

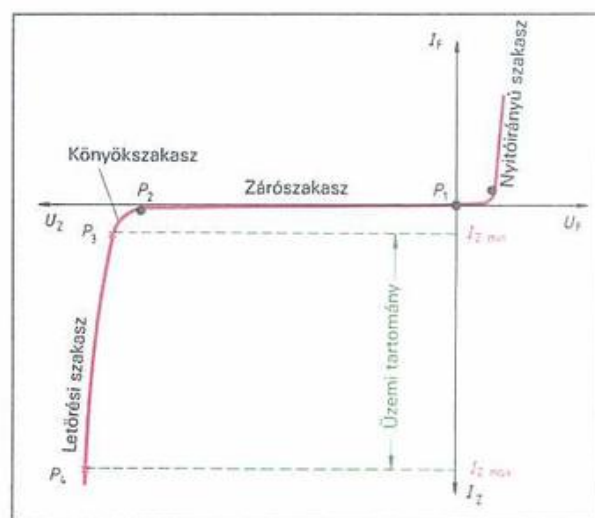
$$r_z = \frac{\Delta U_z}{\Delta I_z}$$

ΔU_z a feszültségváltozás;
 ΔI_z az áramváltozás;
 r_z a differenciális ellenállás.

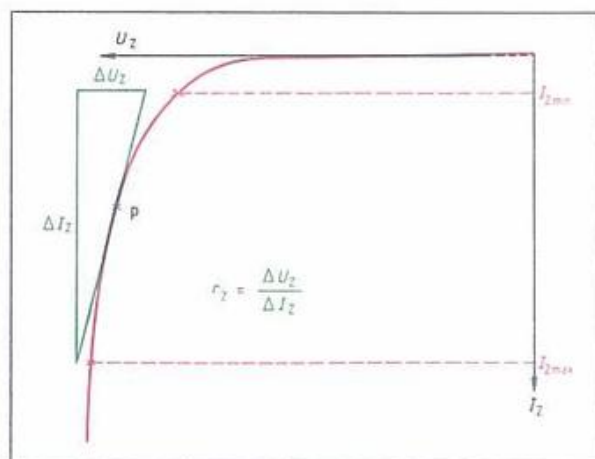
A P munkapontban az r_z differenciális ellenállás meghatározását a 2. ábrán láthatjuk.

A Z-dióda jelleggörbéje hőmérsékletfüggő, az U_z Zener-feszültség is függ a hőmérséklettől. Hőmérséklet-tényezőjük típustól függően pozitív vagy negatív is lehet.

A Z-diódák kiválóan megfelelnek feszültségstabilizátor-kapcsolások felépítéséhez. Majdnem minden stabilizált tápegységben használják őket.



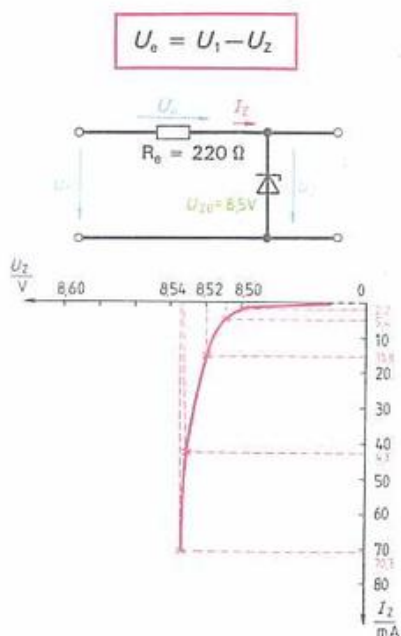
1. Z-dióda jelleggörbéjének felosztása szakaszokra



2. Az r_z differenciális ellenállás értelmezése

Példa:

Az első ábrán egyszerű feszültségstabilizáló kapcsolás látható. Az U_z feszültséget a Z-dióda jelleggörbéjéből kapjuk (második ábra). R_e előtétellenállásra mindig U_1 és U_z különbsége jut.



A különböző bemeneti feszültségekhez U_e , I_z és U_z értékét a táblázat tartalmazza. A kapcsolás csak akkor stabilizál, ha a bemeneti feszültség nagyobb az U_{z0} Z-feszültségnél.

$\frac{U_1}{V}$	$\frac{U_e}{V}$	$\frac{I_z}{mA}$	$\frac{U_z}{V}$	
5,0	0	0	5	Nincs stabilizálás
8,0	0	0	8	
9,0	0,5	2,3	8,50	
9,6	1,19	5,4	8,51	
12,0	3,48	15,8	8,52	Van stabilizálás
18,0	9,47	43,0	8,53	
24,0	15,468	70,3	8,532	

Egy Z-dióda annál jobban stabilizál, minél meredekebb a jelleggörbéje a letörési szakaszban.

A Z-diódát széles körben alkalmazzák feszültségkorlátozásra is. A rákapcsolt feszültség csak jelentéktelen mértékben nőhet U_{z0} értéke fölé, a feszültségcsúcsokat levágja. A Z-dióda feszültségvédő diódának is használható.

A Z-diódák hőmérséklet-kompenzált kivitelét vezérlő- és szabályozó-áramkörökben alapjeladónak és feszültség-összehasonlításra használják.

12.8. A Z-diódák kivitele és jellemzői

Z-diódákból vannak kis- és nagyteljesítményűek is. Tokozatuk normális diódákat.

Jellemzők

A diódák határértékei és adatai a Z-diódára is érvényesek, azonban sajátos jellemzői is, amelyek a különleges tulajdonságaival és alkalmazásával vannak kapcsolatban.

Z-dióda

A Z-dióda határértékei és adatai a következő katalógus-kivonatból ismerhetők meg. Az adatlap a ZPD 1—ZPD 33 típusú Z-diódák adatait tartalmazza.

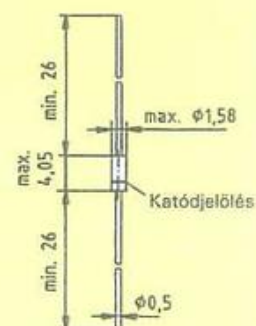
Szilícium-planár-Z-diódák

Üzemi feszültségük a nemzetközi E 24 (5%-os) sornak felel meg. A diódák szűkebb tűrésű üzemi feszültséggel is szállíthatók, a nagyobb üzemi feszültségű diódák külön rendelhetők.

Üvegtok JEDEC DO-35

Tömeg kb. 0,13 g.

Méret mm-ben



Határértékek

A munkaponti áramot I a következő kivonatos táblázatban.

Veszteségi teljesítmény $T_a = 25^\circ\text{C}$ -on: P_{tot} 500¹ mW

Kristályhőmérséklet: T_j 175 $^\circ\text{C}$

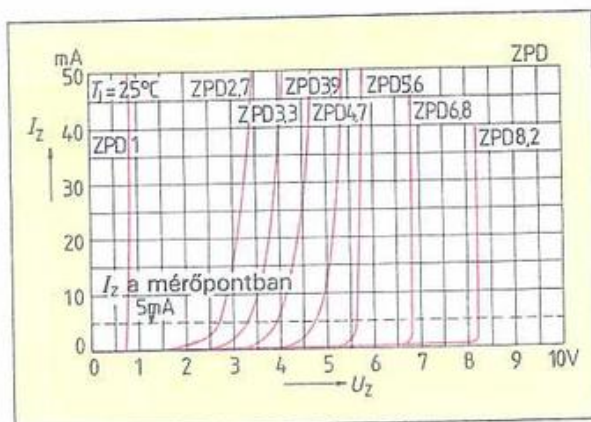
Raktározási hőmérséklet: T_s -55...+175 $^\circ\text{C}$

Jellemzők $T_a = 25^\circ\text{C}$ -on:

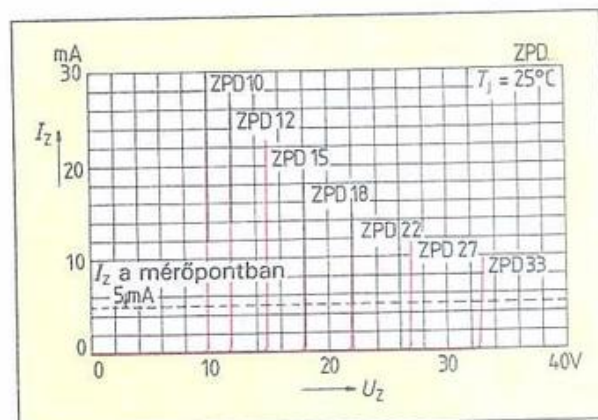
Hőellenállás a zérórétteg és a környező levegő között $R_{tha} < 0,3^1$ K/mW

¹ Az értékek akkor érvényesek, ha a kivezetőhuzalok a tokozattól 8 mm távolságban a környezeti hőmérsékleten vannak

1. ZPD 1 ... ZPD 33 szilícium-planár diódák határ- és jellemző értékei



1. ZPD 1 ... ZPD 8,2 letörési jelleggörbéi



2. A ZPD 10 ... ZPD 33 letörési jelleggörbéi

Típus	Üzemi feszültség $I_Z = 5 \text{ mA}$ $U_Z, \text{ V}^1$	Differenciális ellenállás $I_Z = 5 \text{ mA}$ $f = 1 \text{ kHz}$ r_{Z1}, Ω	$I_Z = 1 \text{ mA}$ $f = 1 \text{ kHz}$ r_{Z1}, Ω	Üzemi feszültség hőmérsékleti tényezője $I_Z = 5 \text{ mA}$ $\alpha_{U2}, 10^{-4}/\text{K}$	Záró-feszültség $I_R = 100 \text{ nA}$ $U_Z, \text{ V}$	Megengedett üzemi áram $T_u = 25^\circ\text{C}$ $I_Z, \text{ mA}^2$ $T_u = 45^\circ\text{C}$ $I_Z, \text{ mA}^2$	
ZPD 4,7	4,4 ... 5,0	70 (< 78)	< 500	-5 ... +2	-	90	76
ZPD 5,1	4,8 ... 5,4	30 (< 60)	< 480	-3 ... +4	> 0,8	80	67
ZPD 5,6	5,2 ... 6,0	10 (< 40)	< 400	-2 ... +6	> 1	70	59
ZPD 6,2	5,8 ... 6,6	4,8 (< 10)	< 200	-1 ... +7	> 2	64	54
ZPD 6,8	6,4 ... 7,2	4,5 (< 8)	< 150	+2 ... +7	> 3	58	49
ZPD 7,5	7,0 ... 7,9	4,0 (< 7)	< 50	+3 ... +7	> 5	53	44
ZPD 8,2	7,7 ... 8,7	4,5 (< 7)	< 50	+4 ... +7	> 6	47	40
ZPD 9,1	8,5 ... 9,6	4,8 (< 10)	< 50	+5 ... +8	> 7	43	36

¹ Impulzussal mérve² Az értékek akkor érvényesek, ha a kivezetőhuzalok a tokozattól 8 mm távolságban a környezeti hőmérsékleten vannak

3. Táblázat részlet a ZPD 4,7 ... ZPD 9,1 típusú Z-diódákhoz

12.9. Vezérelhető ellenállás-kétpólusok (Villamos feszültség, mágneses tér és nyúlás)

A vezérelhető ellenállás-kétpólusok olyan ellenállások, amelyeknek az ellenállása fizikai behatással széles határok között változtatható.

Feszültségfüggő ellenállások — varisztorok (VDR)¹

A VDR-ellenállások, vagy varisztorok szilíciumkarbidból vagy cinkoxidból (ZNR)² készített ellenállástárcsák, amelyek jelleggörbéje nem lineáris. Az ellenállásérték növekvő feszültséggel csökken, ami az ellenállás-anyagban fellépő télerősséggel van összefüggésben.

A hőmérsékletfüggő NTC ellenállásokkal szemben a nagy ellenállásérték azonnal visszatér, ha az ellenállás feszültsége lecsökken. A VDR ellenállások villamos tulajdonságát az áram—feszültség

jelleggörbe írja le (3. ábra), amely közelítőleg az $I = \left(\frac{U}{C}\right)^{\frac{1}{\beta}}$ összefüggéssel írható le.

Jellemzők és határadatok:

- C az alapellenállás jellemzője (nagy vagy kis ellenállású);
- β az áramnövekedés meredekségének mértéke (β értéke 0,2 ... 0,3 közötti. Az áram tehát a 3 ... 5-ik hatvány szerint nő);
- $P_{\max}$ maximális terhelés.

Ezeket feszültségkorlátozásra és rövid idejű feszültséglökések, ún. feszültségcsúcsok elleni védelemre használják. A maximálisan megengedett teljesítmény rövid idejű túllépése a VDR ellenállásokat nem károsítja.

A korlátozás módjától függően a párhuzamos kombináció előtt soros ellenállás van. Ezen az ellenálláson esik az U_E bemeneti feszültség és a VDR ellenállás U_A feszültségének a különbsége (2. ábra).

Mágnes térfüggő ellenállások — térlapok (MDR)³

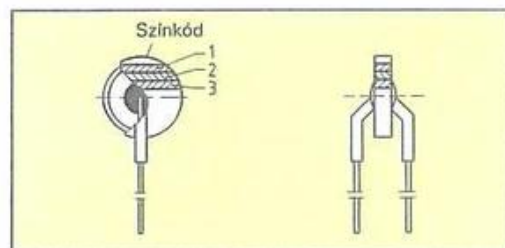
Kerámia hordozólapon vékony rétegben félvezető anyagot visznek fel, amelyben mintegy $10 \mu\text{m}$ távolságban csöppnyi, tű alakú fémzónák vannak. A töltéshordozók mozgására merőleges fémtűk nem befolyásolják a töltéshordozók mozgását, ha nincs mágneses tér. A lapkára merőleges mágneses tér a télerősség irányától függetlenül az áramutakat eltéríti, és ezzel meghosszabbítja a töltéshordozók útját a félvezető anyagban (4. ábra). Ez a hatás a hatásos réteghossz meghosszabbításának felel meg, az ellenállás érték nő, az eltérítési szög növekvő télerősséggel nő.

A réteg anyaga, vastagsága és a meander alakú hidak szélessége és hosszúsága határozza meg az ellenállás értékét.

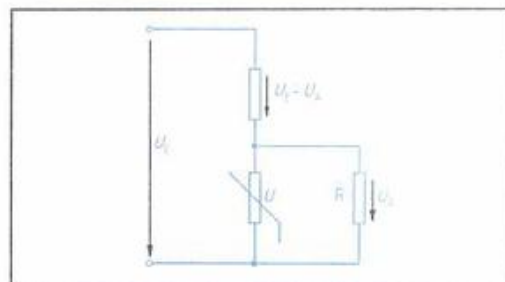
¹ Voltage Dependent Resistor; feszültségfüggő ellenállás (angol).

² Zinc Oxide Nonlinear Resistor.

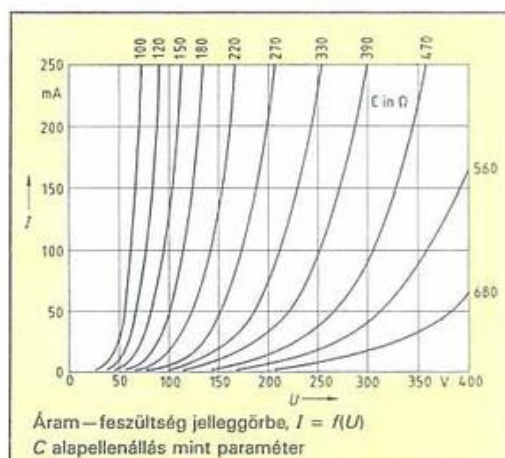
³ Magnetic Field Depending Resistor.



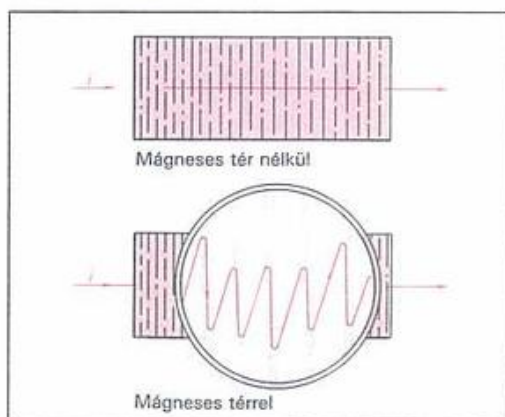
1. VDR-ellenállás (tárcsa alak)



2. Korlátozókapcsolás VDR ellenállással



3. A VDR-ellenállás jelleggörbéi



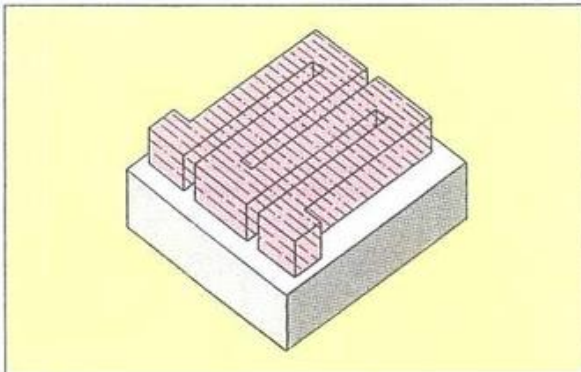
4. Áramutak négyzetleges félvezető lemezen, fémesen vezető NiSb tűkkel mint rövidre záró csatlakozásokkal

A mágnes térlemezeken ellenállásanyagának mágnes-tér-függését közvetlenül vagy különböző mágneses indukcióhoz tartozó áram–feszültség jelleggörbékkel lehet megadni (2. ábra).

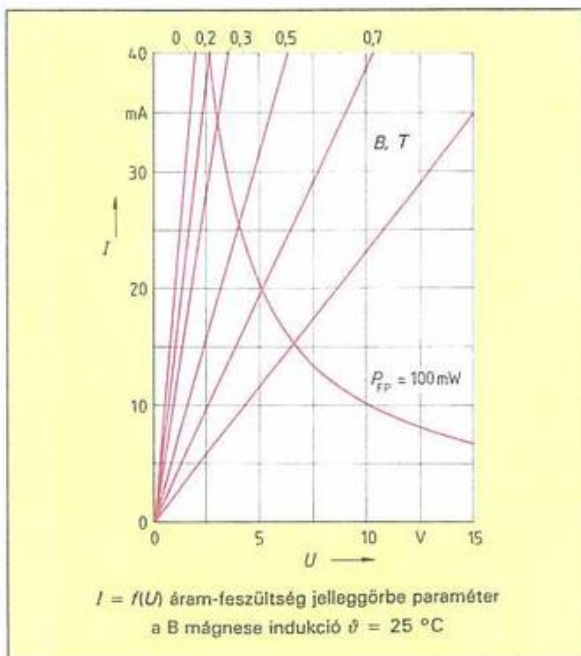
Jellemzők és határadatok:

R_0	Alapellenállás mágneses tér nélkül.
R_B	Ellenállás mágneses tér hatásaira.
R_B/R_0	Relatív ellenállás-változás.
Tk_{25}	Hőmérsékleti tényező 25 °C-on, emellett megadják a maximális üzemi hőmérsékletet és a maximális villamos teljesítményt is.

A mágnes térlemezeket pergésmentes relék vagy nyomógombok érintkezőiként, érintkezőmentes jeladóként, vagy végálláskapcsolóként, mágneses körök légrésében a B mágneses indukció mérésére használják.

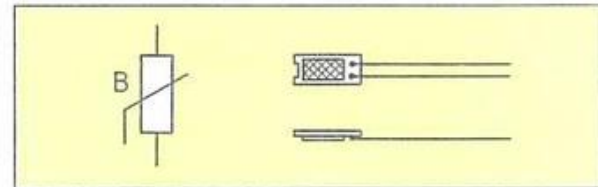


1. Mágnes térlemez (MDR) hordozólemezzel



2. Mágnes térlemez jelleggörbéi

¹ Dehnungs-Meß-Streifen: DMS.



3. Mágnes térlemez kapcsolási rajzjele és kiviteli formája

Nyúlásmérő bélyegek — DMS¹

A DMS ellenállások konstantán huzalrácscból vagy fémfilmből készült ellenállások, amelyekkel álló vagy mozgó alkatrészek, pl. turbinalapátok, tartók, tartályok stb. alakváltozása mérhető (4. ábra).

A DMS ellenállást ragasztóval rögzítik a mérőhelyre. Ha az anyag megnyúlik, akkor a meander alakban elhelyezett huzal minden L_1 hosszúságú hurka a nyúlással arányosan Δl értékkel nő és így L_2 hosszúságú lesz (5. ábra).

Ennek megfelelően a DMS ellenállása megváltozik:

$$\Delta R = R \cdot \frac{\Delta l}{L_1} \cdot k$$

Jellemzők és határértékek:

A mérőrács alapanyaga.

A névleges ellenállás és tűrése.

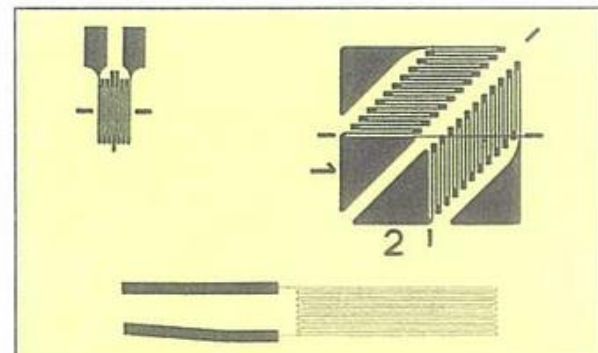
k -tényező.

Legnagyobb megengedett nyúlás.

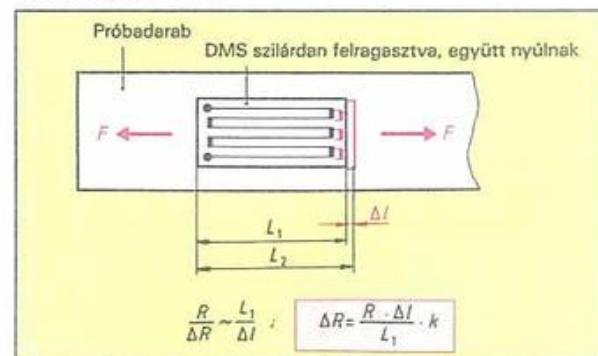
Legnagyobb megengedett mérési hőmérséklet.

Tk -érték.

Maximális terhelhetőség, P_{max} .



4. DMS kiviteli formái



5. Nyúlásmérő bélyeg a mért tárgyra felragasztva

12.10. A tranzisztor mint vezérelhető ellenállás

Az előzőekben ismertetett ellenállás-kétpólusokkal szemben a tranzisztor olyan építőelem, amelynek három kivezetése van. A harmadik kiegészítő kivezetés segítségével a másik két kivezetés közötti ellenállásérték befolyásolható.

Leginkább a kézzel (manuálisan) állítható potenciométerrel lehet összehasonlítani. Az ellenállás kézi beállítását villamos beállítás helyettesíti.

A beállítást meghatározó mennyiség vagy feszültség, vagy áram lehet. Míg a változtatható ellenállásként használt potenciométer esetében az ellenállásérték $0\ \Omega$ és az ellenállás R_N névleges értéke között lehet, a tranzisztor ellenállása közel $0\ \Omega$ -tól közel $\infty\ \Omega$ -ig változtatható.

Az 1. ábrán a tranzisztor mint változtatható ellenállás alapelve látható. Felépítése és működésmódja alapján két különböző működésű tranzisztor különböztethető meg.

A térvezérlésű (FET) tranzisztorban a drain- (D)¹ és source- (S)² kivezetések közötti ellenállást D és S közötti vezetékpes félvezető szakasz szűkítésével vagy elzárásával lehet változtatni, amit a gate- (G)³ elektródára kapcsolt feszültség és az így létrejövő villamos tér okoz.

Bipoláris tranzisztorban, pl. az 1. ábra szerinti npn-tranzisztorban a kollektor- (C)⁴ és emitter- (E)⁵ elektródák közötti ellenállás-változtatás a p-n átmenetek zárórétegének növelésével, csökkentésével vagy megszüntetésével történik. Ezt a bázis- (B) elektródára kapcsolt feszültséggel és ezzel a BE-zárórétegből a bázisárammal kiszívott elektronok segítségével érjük el.

A tranzisztornak mint változtatható ellenállásnak a működését legjobban a kimeneti feszültséget meghatározó terheletlen potenciométerrel lehet összehasonlítani (l. az 1a ábrát a 174. oldalon).

A jelleggörbesereg R_2 meghatározott beállításaihoz leírja az áram és feszültség elméletileg lehetséges értékpárjait az adott jelleggörbe pontjaiként. A feszültségosztó áramát az eredő ellenállás határozza meg, amely R_1 és R_2 összege. Az U_2 kimeneti feszültség tehát az U_T tápfeszültség és az I áram által az R_1 ellenálláson eső feszültség különbsége.

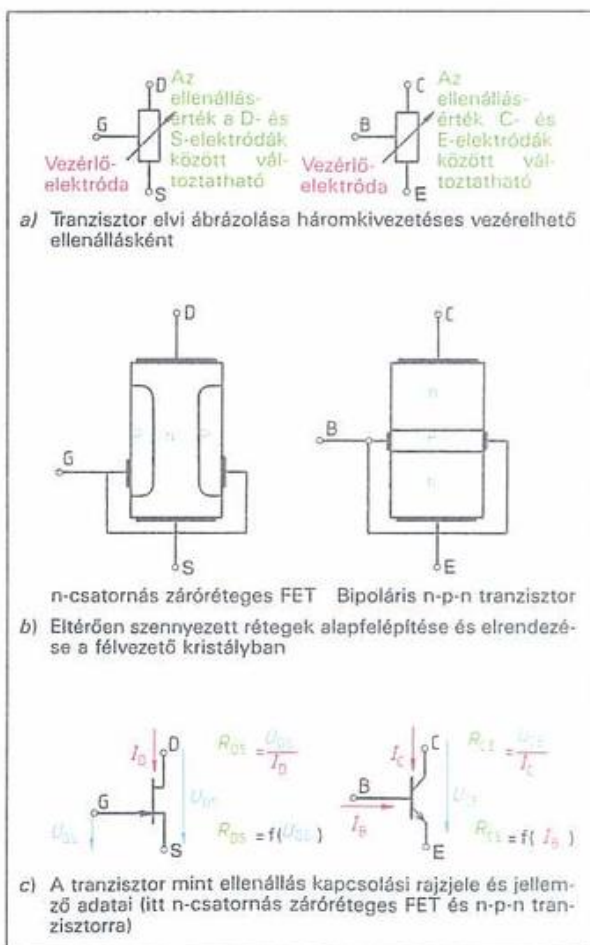
Vizsgáljuk meg a 174. oldal 2a ábrája alapján példaként az I áram, az U_1 és U_2 feszültségek szélső értékeit, ekkor a következőket kapjuk:

$$\begin{aligned} \text{ha} \\ R_2 = 0\ \Omega: \quad I &= \frac{U_T}{R_1} = \frac{10\ \text{V}}{1\ \text{k}\Omega} = 10\ \text{mA}; \\ U_1 &= I \cdot R_1 = 10\ \text{mA} \cdot 1\ \text{k}\Omega = 10\ \text{V}; \\ U_2 &= U_T - U_1 = 10\ \text{V} - 10\ \text{V} = 0\ \text{V} \end{aligned}$$

A következő értékpárokat kapjuk:
 $I = 10\ \text{mA}; U_2 = 0\ \text{V}$

$$\begin{aligned} \text{ha:} \\ R_2 = 10\ \text{k}\Omega: \quad I &= \frac{U_T}{R_1 + R_2} = \frac{10\ \text{V}}{11\ \text{k}\Omega} = 0,91\ \text{mA}; \\ U_1 &= 0,91\ \text{mA} \cdot 1\ \text{k}\Omega = 0,91\ \text{V} \\ U_2 &= U_T - U_1 = 10\ \text{V} - 0,91\ \text{V} = 9,09\ \text{V} \end{aligned}$$

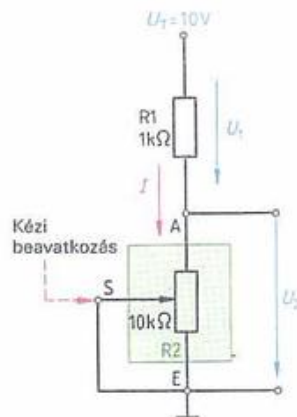
A következő értékpárokat kapjuk:
 $I = 0,91\ \text{mA}; U_2 = 9,09\ \text{V}$



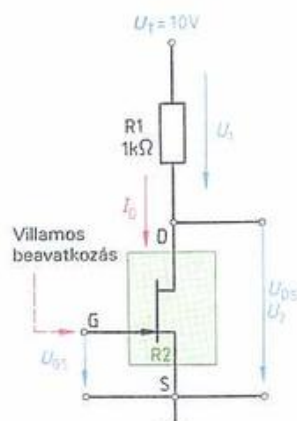
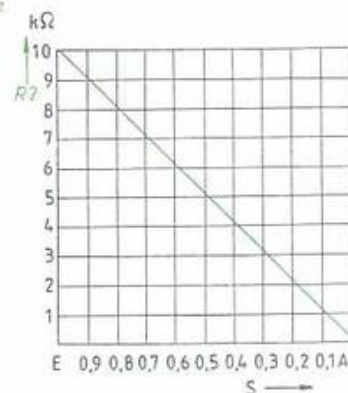
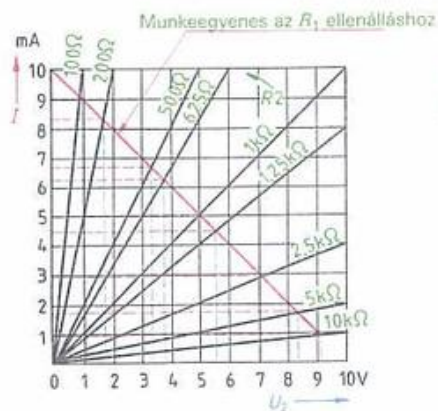
1. Tranzisztor mint ellenállás; elvi ábra

¹ Drain: gödör, nyelő (angol)
³ Gate: kapu (angol)
⁵ Emittre: kibocsátani (latin)

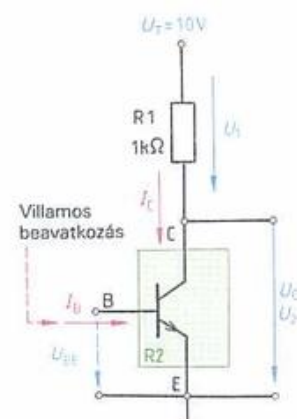
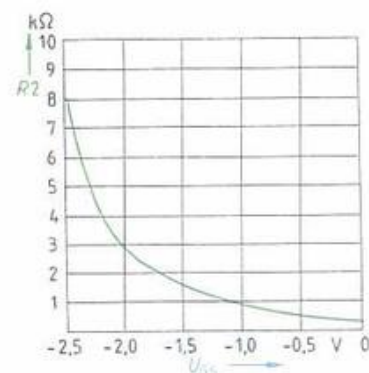
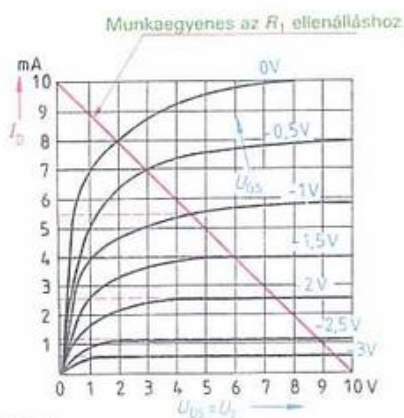
² Source: forrás (angol)
⁴ Collecta: gyűjtemény (latin)



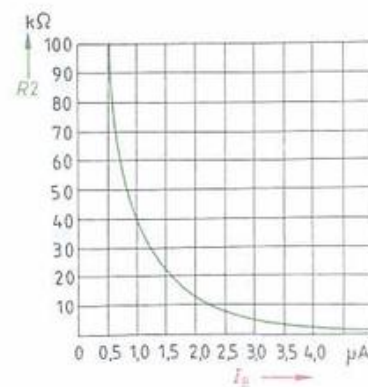
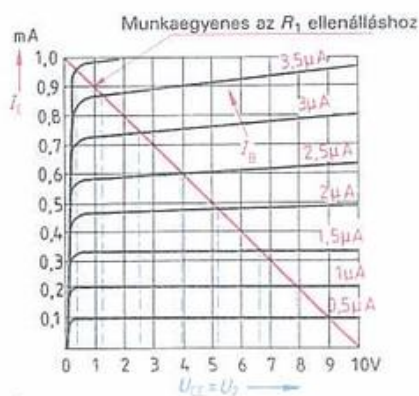
a) Feszültségosztó változtatható ellenállással



b) Feszültségosztó n-csatornás zárréteges FET-tel



c) Feszültségosztó bipoláris n-p-n tranzisztorral



1. Összehasonlító ábrák a tranzisztorhoz mint vezérelhető ellenálláshoz

Ha most összekötjük a jelleggörbesereg két szélső pontját (l. az 1. ábrát a 174. oldalon), akkor megkapjuk az R_1 ellenállás munkaegyenesét.

Az U_2 kimeneti feszültség és a feszültségosztó I áramának értékpárjait, amelyeket az R_2 ellenállás állított be, R_1 munkaegyenesének és R_2 beállításának megfelelő érték metszéspontja szolgáltatja. A közbenső értékeket interpolálni¹ kell.

Az U_2 feszültség és az I áram hányadosa R_2 beállított értékét adja, amelynek változását a beállító mennyiség függvényében a jobboldali jelleggörbén láthatjuk.

Az 1b. és 1c. ábrán tervezérlésű és bipoláris tranzisztor jellemzői hasonlíthatók össze.

Az R_2 beállításától függő görbesereg most az elemekre jellemzően nemlineáris. A beállító mennyiség FET esetében az U_{GS} feszültség, és n-p-n tranzisztornál az I_B bázisáram.

A beállított ellenállásérték, a kimeneti feszültség és áram meghatározásának alapelve ugyanaz, mint a korábban leírt feszültségosztó esetében.

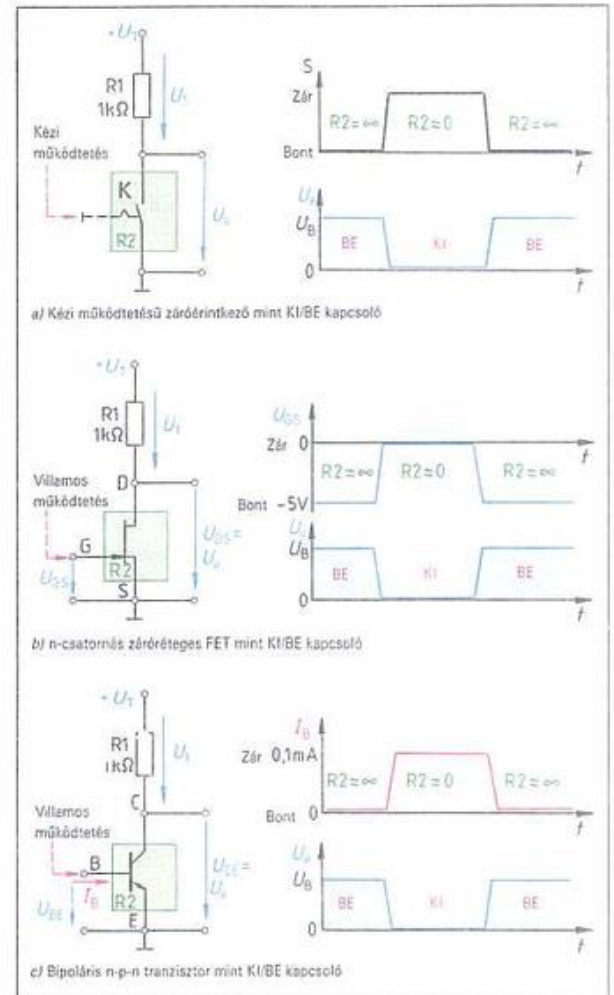
A tranzisztor tehát — mint egy potenciométer — változtatható ellenállású, és az az előnye, hogy az ellenállás-változás nagyon gyors lefolyású, beállítása $0\ \Omega$ és $\infty\ \Omega$ között változtatható.

Ha az egyik szélsőérték ($0\ \Omega$, ill. $\infty\ \Omega$) és a másik szélsőérték ($\infty\ \Omega$ ill. $0\ \Omega$) között a vezérlőbemenetre kapcsolt megfelelően gyors jellel átvezéreljük a tranzisztort, akkor kapcsolóként viselkedik.

Mint egy záró- vagy bontóérintkezőnél, két eset van:

- a kapcsoló zárva — az ellenállásérték $0\ \Omega$;
- a kapcsoló nyitva — az ellenállásérték $\infty\ \Omega$

A tranzisztor mint kapcsoló összehasonlító ábráit látjuk az 1. ábrán. A tranzisztor ilyen alkalmazásának a digitális technikában igen nagy a jelentősége.



1. Tranzisztor mint kapcsoló összehasonlító ábrája

¹ Interpolation: közbesső érték meghatározása (latin)

12.11. Optoelektronikai építőelemek

A belső fényelektromos hatás vagy fotoeffektus

A nagyon tiszta félvezető anyag sajátvezetése lényegében attól függ, hogy mennyi az időegység alatt felszakadó kristálykötések száma. Egy kristálykötés felszakadásakor egyszerre egy elektron és egy „lyuk” válik szabaddá. A kristálykötés felszakadásának oka elsősorban az atomok hőmozgása; ez tehát a bevitt hőenergia. Általában mondhatjuk:

Energiaközlésre a nagy tisztaságú félvezető anyag sajátvezetése megnő.

A fénysugárzás energiaközlést jelent. Úgy képzelhetjük, hogy a fényrészecskék, az ún. fotonok széttörik a kristálykötéseket (1. ábra), ezáltal a kötött elektronok szabad töltéshordozóvá válnak.

Félvezető anyagban a fény hatására bekövetkező töltéshordozó-felszabadulást belső fényelektromos hatásnak vagy fotoeffektusnak nevezzük.

Az időegység alatt felszabaduló töltéshordozók száma annál nagyobb, minél nagyobb a fényerősség. Bizonyos hatása a fény színének is van. A fotonok energiája a fény színétől, azaz a hullámhosszától függ.

Ha a fényrészecskék egy p-n átmenet zárórétegébe jutnak, itt is töltéshordozókat szabadítanak fel, s kristálykötések szakadnak fel. Az így keletkező töltéshordozókat a záróréteg villamos tere eltávolítja (2. ábra), tehát villamos áram folyik.

Fotoellenállások

A fotoellenállások fénytől függő ellenállások. A fotoellenállás tipikus felépítését és rajzjelét a 3. ábra mutatja.

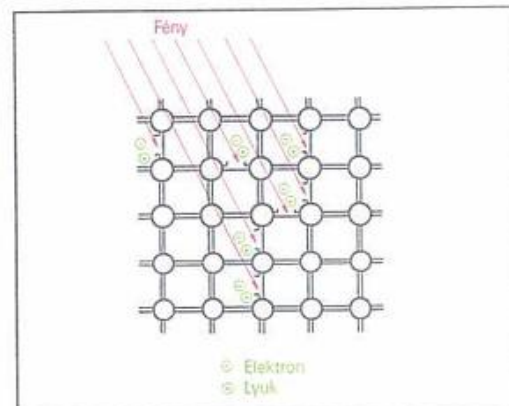
A fényérzékeny rétegek polikristályos félvezetőből vannak. Olyan anyagokat használnak, amelyeknek nagyon erős a belső fényelektromos hatása. Ilyen anyagok a kadmium-szulfid (CdS), ólom-szulfid, ólom-tellurid, ólom-szelenid.

Fény hatására a félvezető rétegben töltéshordozók szabadulnak fel, ezáltal vezetőképessége megnő.

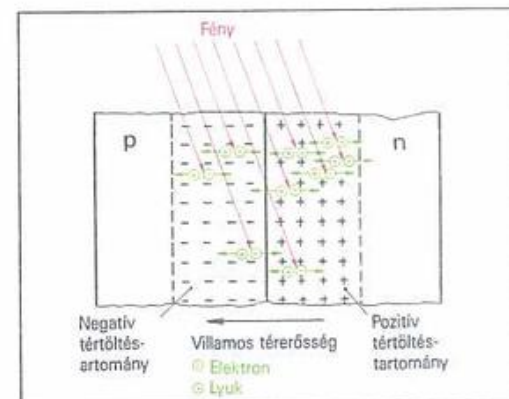
Minél jobban megvilágítunk egy fotoellenállást, annál inkább csökken az ellenállása.

A 4. ábrán az R ellenállásérték és az E fényerősség összefüggését látjuk. A fényerősség mértékegysége a lux (lx).

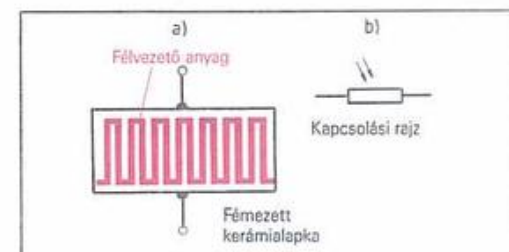
A fotoellenállás meghatározott fényerősséghez tartozó ellenállásértéke azonos típusnál is meghatározott tartományban szór, ez a tartomány az ún. szórási sáv.



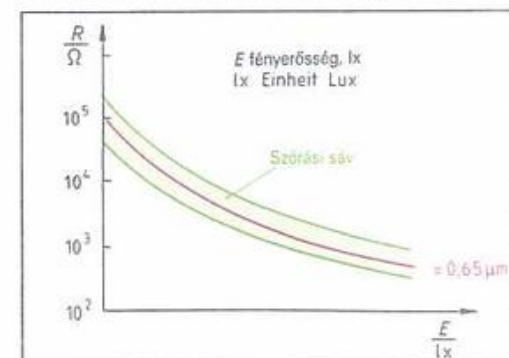
1. A fotoellenállás spektrális érzékenysége



2. A töltéshordozók felszabadulása a zárórétegben fény hatására



3. A fotoellenállás felépítése (a) és rajzjele (b)



4. A fotoellenállás ellenállásértékének változása a fényerősség függvényében

A fotoellenállás meghatározott fénycsuhámhossznál éri el a legnagyobb érzékenységet.

A fénycsuhámhossztól függő érzékenységet **spektrális érzékenység**-nek nevezik. Az 1. ábrán a fotoellenállás spektrális érzékenysége látható, ez a fotoellenállás a legnagyobb érzékenységet a $\lambda = 650 \text{ nm}$ csuhámhossznál, azaz világos vörös színnél éri el.

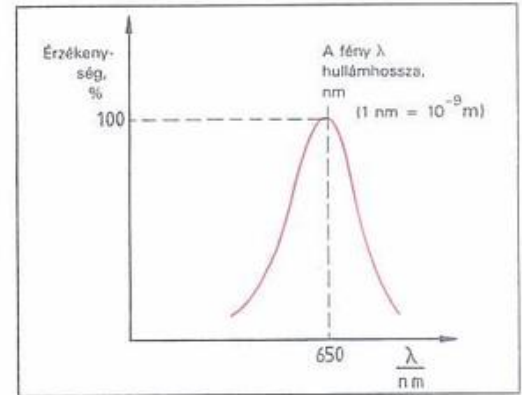
Vannak olyan fotoellenállások, amelyek különösen a kék, zöld, narancs vagy vörös fényre érzékenyek. Vannak olyanok is, amelyek legnagyobb érzékenysége az infravörös tartományba esik.

A fotoellenállásokhoz megadják a sötétellenállást és a világos ellenállást. A sötétellenállás a megvilágítás nélküli ellenállásérték, ez rendszerint néhány M Ω . A világos ellenállást 1000 lx megvilágításhoz adják meg, értéke többnyire 100 Ω és néhány k Ω között van.

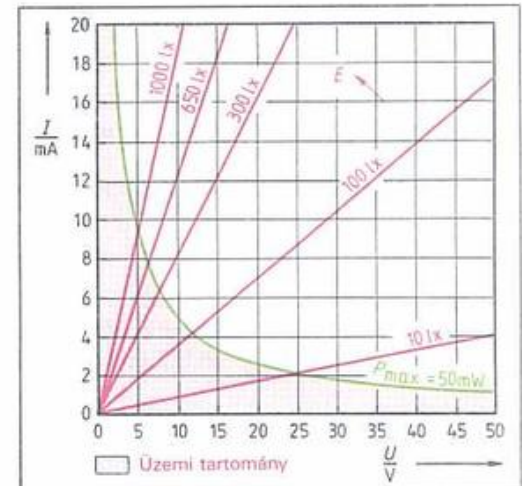
A fotoellenállásoknak tehetetlenségük van. A megvilágítás pillanattól néhány milliszekundumig tart, amíg a hozzá tartozó kis ellenállásértéket elérik.

Határadatok: a megengedett legnagyobb veszteségi teljesítmény, üzemi feszültség és környezeti hőmérséklet (2. ábra).

A fotoellenállások igen olcsón gyárthatók. Elterjedten használják őket mindenféle fénymérőben, lángőr-kapcsolásokban, pl. olajégőkhöz és sötétedés-kapcsolókhoz.



1. A fotoellenállás spektrális érzékenysége



2. A fotoellenállás áram-feszültség jelleggörbesége

Fotoelemek

A fotoelemek feladata a villamos feszültség előállítása. Ezek energiaátalakítók.

A fotoelemek fényenergiát alakítanak villamos energiává.

Jelenleg a szilícium- és szelén-fotoelemeknek van műszaki jelentősége. A szilícium-fényelemek speciális kivitele a napelem (szolárcella)¹.

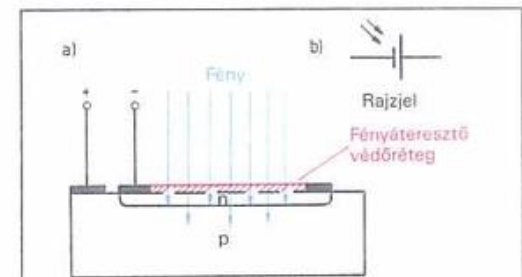
Szilícium fotoelemek

Az ún. „n a p-n” típusú Si-fotoelemek felépítése látható a 3. ábrán. Az n-réteg mindössze 1 μm vastag. Az n- és p-réteg között tértöltési zóna (zároréteg) jön létre, amely az n-réteget majdnem teljesen átfogja.

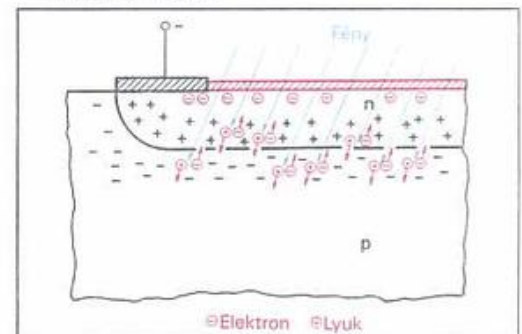
Az n-réteget fényáteresztő védőréteg takarja, ezért a fény a tértöltéstartományt elérheti.

A fényrészecskék a tértöltéstartomány kristálykötéseiből töltéshordozópárokat — egy elektront és egy lyukat — szabadítanak ki (4. ábra). A tértöltéstartományban villamos tér van, amely erőhatást fejt ki az elektronokra és lyukakra. Az elektronok a zároréteg nélküli n-rétegbe, a lyukak a zároréteg nélküli p-rétegbe vándorolnak.

¹ Solar: napfényvel működő (latin)



3. Si-fotoelem felépítése (a) és rajzjele (b) (n a p-n típus)



4. A töltéshordozók felszabadulása és szétválasztása Si-fotoelemben

A zárórég nélküli n-rétegben a szabad elektronok túlsúlya jön létre, ez lesz a negatív pólus. A zárórég nélküli p-rétegben elektronhiány lép fel, ez a réteg a pozitív pólus.

A szilícium-fotoelem feszültsége félvezető zárórégben a töltéshordozók felszabadulása és szétválása révén keletkezik.

A keletkező forrásfeszültség a megvilágítás erősségével nő (1. ábra). A forrásfeszültség nagy megvilágításkor sem nagyobb 0,6 V-nál. A rövidzárási áram a fényerősséggel arányos.

A szilícium-fotoelemek energiaátalakítási (teljesítmény-) hatásfoka mintegy 10%. Teljes sugárzásnál kb. 10 mW/cm² teljesítményt tudnak leadni.

Napelemek (szolárcellák)

A napelemek (szolárcellák) olyan szilícium-fotoelemek, amelyeket a világűrben való alkalmazásra készítenek. Nagyon nagy hőmérsékleten is működnek, és védettek a világűr nagy energiájú részecskesugárzásával szemben. A földön is használatosak.

Szelén-fotoelemek

A szelén-fotoelemek felépítése a 2. ábrán látható. A polikristályos szelénréteg és a kadmium-oxid-réteg (CdO-réteg) között zárórég van.

A zárórég ki van téve a fény hatásának. A feszültség, ugyanúgy mint a szilícium-fotoelelemnél, a belső fényelektromos hatás, töltéshordozó-felszabadítás és -szétválasztás révén keletkezik.

A forrásfeszültség a megvilágítással kb. 0,3 V-ig nő. A rövidzárási áram a megvilágítással arányos. Az energiaátalakítás hatásfoka 1% alatt van. A teljesítménysűrűség teljes napfénynél kb. 1 mW/cm², az aktív felületre vonatkoztatva.

Fotodiódák

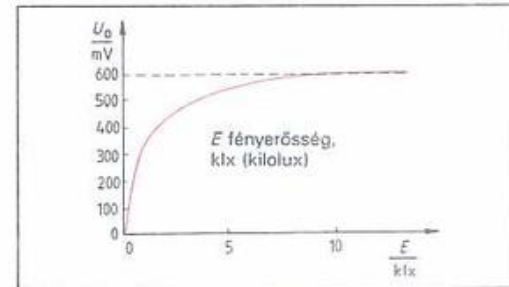
A fotodiódák olyan félvezető diódák, amelyek p-n átmenete fényhatásnak van kitéve. Felépítésük és rajzjelük a 3. ábrán látható. Vannak szilícium- és germánium-fotodiódák.

A fotodiódák mindig záróirányban működnek.

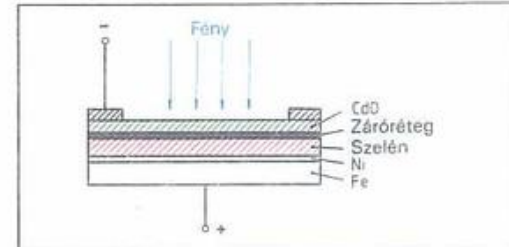
Sötétben ugyanúgy zárnak, mint a normális diódák, azaz csak I_0 sötétáram, elhanyagolhatóan kis záróirányú áram folyik rajtuk.

Fény hatására a zárórégben a belső fényelektromos hatás miatt töltéshordozók szabadulnak fel, a fotodióda vezetővé válik.

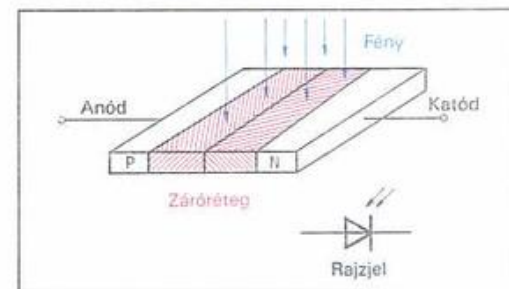
A záróirányban folyó I_R áram arányos a megvilágítással (4. ábra). A spektrális érzékenység az ultraibolyától az infravörös tartományig terjed (5. ábra).



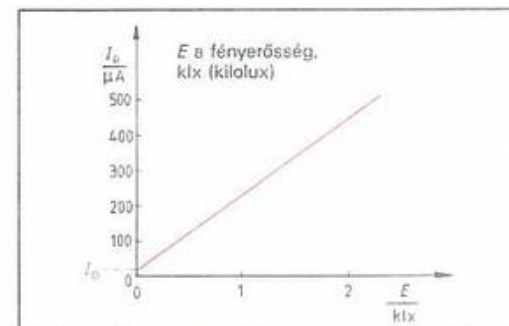
1. Az Si-fotoelem forrásfeszültsége a megvilágítás függvényében



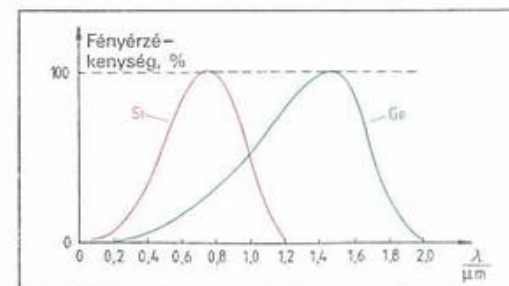
2. A szelén-fotoelem felépítése



3. A fotodióda felépítése (a) és rajzjele (b)



4. Az I_R áram és a fényerősség összefüggése, I_0 a sötétáram



5. A fotodióda spektrális érzékenysége

Ha egy fotodióda külső feszültség nélkül üzemel, a fény hatására a kapcsain feszültség jelenik meg. A negatív sarok az n-rétegnél jelentkezik.

A fotodióda külső feszültség nélkül fényelemként működik.

A fotodiódákat elsősorban mérési és vezérlési feladatokban használják. A fényelemekkel szemben a fénynek kitett zárórétegfelületük kicsi. Maximális megengedett zárófeszültségük 60...200 V.

Fototranzisztorok

A fototranzisztorok olyan n-p-n vagy p-n-p bipoláris tranzisztorok, amelyeknek a bázis-kollektor zárórétegére fény juthat. A fototranzisztoroknak fénynyílásuk vagy lencséjük van.

Fény hatására a fototranzisztor bázis-kollektor zárórétegében töltéshordozók válnak szabaddá.

A töltéshordozók belső fotoelektromos hatásra keletkeznek.

A szabaddá vált töltéshordozók úgy hatnak mint a bázisáram.

A fototranzisztor egy fotodiódával és egy közös bázisú bipoláris tranzisztorral helyettesíthető. A helyettesítő kapcsolását az 1. ábra mutatja.

Minél nagyobb a fényerősség, annál nagyobb a bázisáram, annál nagyobb a kollektor-emitter átmenet kivezérése.

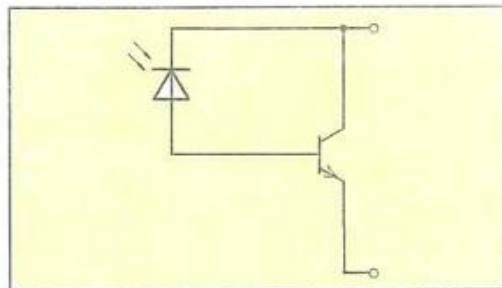
A fototranzisztoroknak nincs báziskivezetésük. Ha mégis beépítenek báziskivezetést, az megkönnyíti a munkapont beállítását és növeli a vezérlés lehetőségét. Emiatt a fototranzisztorokat báziskivezetéssel és a nélkül is gyártják. Az n-p-n és p-n-p fototranzisztorok rajzjele látható a 2. ábrán báziskivezetéssel és a nélkül.

Az $I_C - U_{CE}$ jelleggörbesereg (3. ábra) hasonlít a közös bázisú bipoláris tranzisztoréhoz. A bázisáram helyett a bázisáramot létrehozó fényerősség a paraméter.

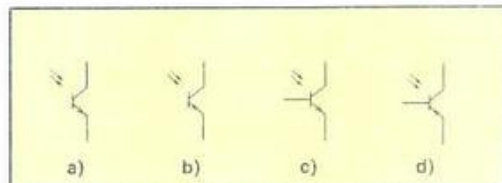
A fototranzisztor fényérzékenysége sokkal nagyobb, mint az azonos fényérzékeny felületű fotodiódáé. A fotoeffektust a fototranzisztor felerősíti.

A fototranzisztor B egyenáramú erősítése a fényre érzékenyebb, mint a hasonló fotodiódáé.

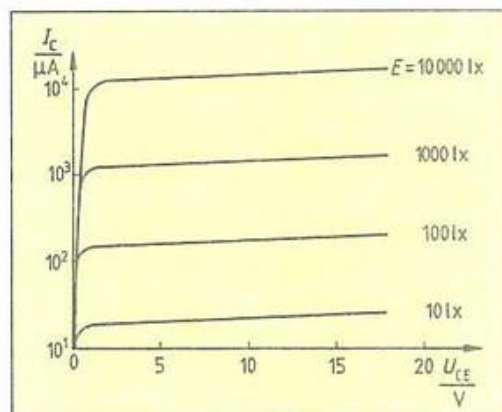
A fototranzisztorokat túlnyomórészt vezérlési célra használják. Nagy fényérzékenységük miatt nagyon kis méretben gyárthatók, és nagy alkatrész-sűrűség érhető el. Lyukkártyák fényelektromos letapogatására pl. igen sűrűn elhelyezve 12 vagy 80 fototranzisztor használhatók (4. ábra).



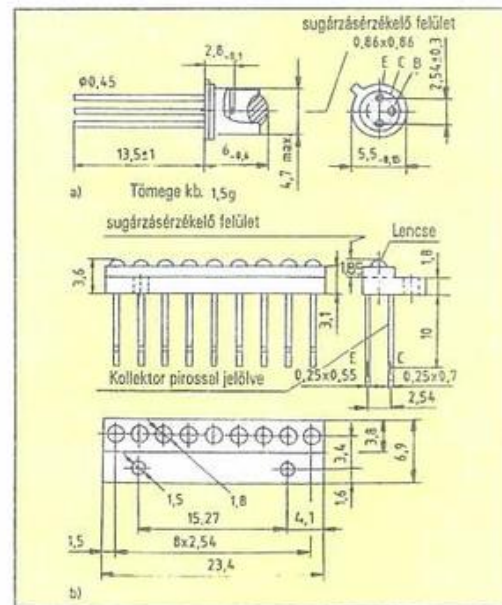
1. A fototranzisztor helyettesítő kapcsolása



2. Fototranzisztor-rajzjelek



3. Fototranzisztor $I_C - U_{CE}$ jelleggörbeserege



4. Fototranzisztor és fototranzisztor-cella kivitele

Világítódiodák

A világítódiodák áram hatására fényt bocsátanak ki. Lumineszcensz¹ vagy LED diódáknak (*Licht Emittierende Dioden*) nevezik őket. Működési elvük a belső fotoelektromos hatás ellentéte.

A világítódiodákban a villamos energia fénné alakul.

Az 1. ábrán világítódioda kristályszerkezete látható. Alapanyagként félvezető polikristályt használnak, elsősorban gallium-arszenid- (GaAs), gallium-foszfid- (GaP), gallium-arszenofoszfid- (GaAsP) kristályt. A p-réteg vastagsága csak $1 \dots 3 \mu\text{m}$. Erősen szennyezett, azaz nagy a lyuksűrűsége. A rákapcsolt feszültség hatására az elektronok az n-rétegből a p-rétegbe vándorolnak. Az elektronok többsége a p-rétegben a lyukakkal rekombinálódik.

A rekombináció során energia szabadul fel, ami fényenergiaként kisugárzódik.

A kisugárzott fényenergia nagysága a diódán átfolyó áram értékétől, de sokkal inkább az anyagától függ. A különböző anyagok hatásfoka eltérő. Meghatározott fény spektrumban sugároznak, tehát meghatározott színnel.

A kisugárzott fény színe és a hatásfok az alapanyagtól függ.

Jelenleg vörös, zöld és sárga (narancs) színben gyártanak világító- (LED) diódákat, de vannak infravörös tartományban (a fényhullámhossz $\lambda = 900 \dots 940 \text{ nm}$ között) működő diódák is. Ezeknek nagyon jó a hatásfokuk.

A világítódiodát többnyire gyűjtőlencsés műanyag tokba építik be (2. ábra).

A világítódiodákat széles körben használják. Előnyük:

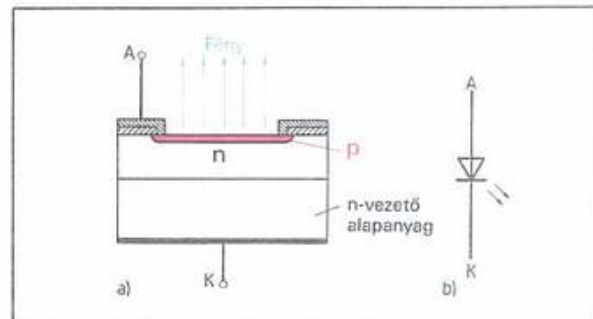
- kis feszültségigény;
- kis méretek;
- nincs bekapcsolási áramlökécs (mint pl. az izzólámpáknál);
- egyszerű szerelhetőség, nagy alkatrész-sűrűség majdnem időkésés nélküli működés;
- a kisugárzott fény modulálási lehetősége (kb. 10 MHz-ig);
- nagyfokú ütés- és rázásállóság;
- hosszú élettartam (kb. 10^6 h), kedvező ár.

Egyes alkalmazásokban hátrányuk a viszonylag nagy áramfelvétel.

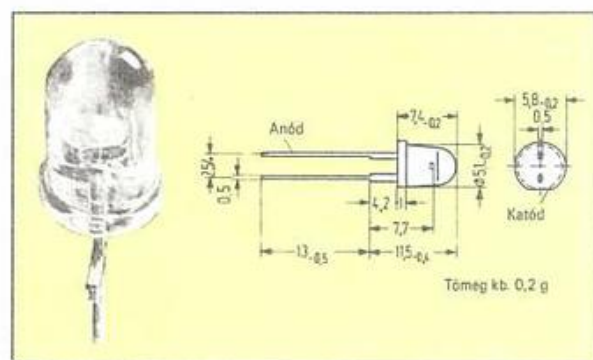
A világítódiodákat egyszerű üzemi állapot-jelzőként is használják. Világítódioda-oszloppal skála is készíthető

¹ Luminencia: olyan fényjelenség, ami nincs kapcsolatban nagyobb hőmérséklettel (latin)

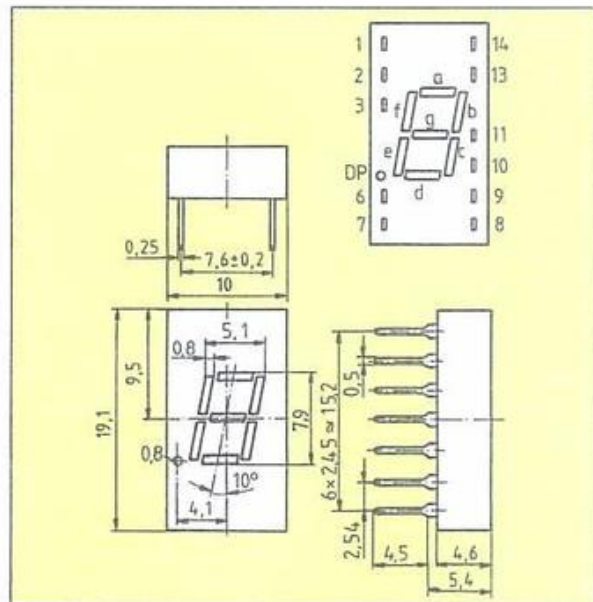
(pl. adó hangolására és kivezélés jelzésére a híradástechnikában). Az ún. 7-szegmenses kijelzővel decimális számokat lehet megjeleníteni (3. ábra). Világítódiodákkal mint fényforrásokkal modulált fényt lehet sugározni információátvitel céljára. Ilyen infravörös adókat használnak nagy számban a tv-készülékek távvezérlésére.



1. Világító- (LED) dióda kristályfelépítése (a) és rajzele (b)



2. Világítódioda műanyag tokozással



3. 7-szegmenses kijelző világítódiodákkal

Optocsatolók

Egy fényemittáló és egy fényérzékelő elem együttesét optocsatolónak nevezzük.

Fényemittálásra igen alkalmasak az infravörös tartományban dolgozó világítódiodák, mert jó a hatásfokuk. Emellett látható fényt emittáló diódákat is használnak.

Fényérzékelőként pl. fotodióda vagy fototranzisztor alkalmazható. Optocsatoló rajzjele látható az 1. ábrán. Az optocsatoló tranzisztortokozattal vagy hatlábú DIL-tokozattal készül (2. ábra).

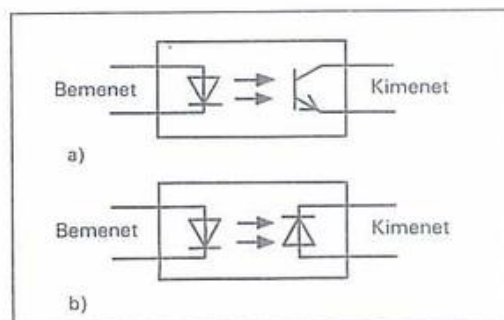
A fényérzékelő a világítódioda kisugárzott fényét érzékeli, ezáltal a bemenet és a kimenet között kapcsolat jön létre.

A bemenőáram változásakor változik a fényemittálás, és ezzel megváltozik a fényérzékelő kimenőárama is.

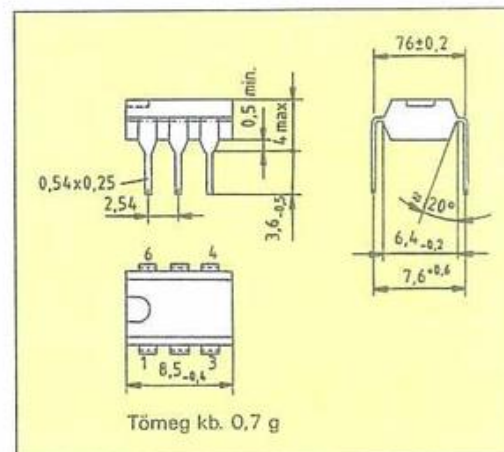
Optocsatolókat mintegy 10 MHz frekvenciáig lehet használni.

Az optocsatolók különleges előnye az, hogy a bemeneti kapcsolást a kimeneti kapcsolástól szigetelten elválasztják. A kimenetnek nem lehet visszahatása a bemenetre.

Optocsatolókat használnak minden olyan helyen, ahol a bemenet és a kimenet biztonságos elválasztása célszerű vagy elő van írva.



1. Az optocsatolók rajzjele



2. Az optocsatoló kivitele

12.12. A félvezető elemek hűtése

A félvezető elemek melegedése

A félvezető elemek áramvezetéskor felmelegszenek, a villamos energia hőenergiává alakul. Ez az átalakulás az egész kristályban, de elsősorban a p-n átmenetben megy végbe. A félvezető elemek zárórétege ezért nagyon erősen melegszik.

A záróréteg-hőmérséklet az a legnagyobb hőmérséklet, ami a félvezető kristályban fellép.

A félvezető elemek gyártói határértékként megadják a legnagyobb megengedhető T_j réteghőmérsékletet.

Ha a maximális réteghőmérsékletet túllépjük, a félvezető elem tönkremegy.

A hőátadás

A félvezető kristályban keletkező hőenergiát át kell adni a környezetnek. Az időegység alatt keletkező hőenergia, tehát a hőteljesítmény a P_{tot} eredő veszteségi teljesítménnyel egyenlő.

Az elvezetendő összes veszteségi teljesítmény a hőteljesítménnyel egyenlő.

A veszteségi teljesítményt hővezetéssel, hőáramlással (konvekció) és sugárzással lehet átadni.

Hővezetéskor a hőenergia a nagyobb hőmérsékletű helytől a kisebb hőmérsékletű hely felé áramlik. Ha egy tranzisztort jó hővezetéssel összekötünk egy nagy fémtesttel, amelynek kisebb a hőmérséklete, mint a tranzisztoré, akkor hőenergia áramlik a tranzisztortokozattól a fémtest felé.

Hőáramlásról akkor beszélünk, ha a test körül kisebb hőmérsékletű közeg — amely lehet gáz, levegő vagy folyadék — áramlik. Az anyagok áramlás közben felmelegsznek, tehát hőenergiát vesznek fel, amit elszállítanak. A kis veszteségi teljesítményű félvezető elemeket szinte kizárólag levegővel hűtik.

Minden test hőszugárzással ad le energiát. A sugárzás a növekvő hőmérséklettel erősen nő, függ ezenkívül a test színétől is. A feketetestek különösen intenzív sugárzók. A tranzisztor-hűtőbordák és -hűtőlemezek ezért feketék.

A hővezető képesség és a hőellenállás

Az átvitt hőteljesítmény a G_{th} hővezető képességtől és a $\Delta T = T_1 - T_2$ hőmérséklet-különbségtől függ (1. ábra).

A G_{th} hővezető képesség megadja, hogy Kelvinenként mekkora az elvitt hőenergia.

Mivel a hőteljesítmény a félvezető elem teljes veszteségi teljesítményével egyenlő, a következő összefüggés, érvényes:

$$G_{th} = \frac{P_{tot}}{\Delta T} \quad \Delta T \text{ a hőmérséklet-különbség; } P_{tot} \text{ a teljes veszteségi teljesítmény.}$$

A G_{th} hővezető képesség helyett többnyire az R_{th} hőellenállást használják:

$$R_{th} = \frac{1}{G_{th}}; \quad R_{th} = \frac{\Delta T}{P_{tot}}$$

Az R_{th} hőellenállás azt fejezi ki, hogy mekkora ΔT hőmérséklet-különbség szükséges K-ben ahhoz, hogy egy alkatrész 1 W hőteljesítményt adjon át a környezetének.

$$\text{Mértékegysége: } [R_{th}] = \frac{K}{W}$$

A következő hőellenállások vannak:

R_{thjc} hőellenállás a záróréteg és a tokozat között.

R_{thcr} hőellenállás a tokozat és a hűtőborda között.

R_{thra} hőellenállás a hűtőtest és a környezeti levegő között.

R_{tha} hőellenállás a záróréteg és a környezeti levegő között, ha az elem nincs hűtőbordára szerelve.

Hűtés hűtőbordával vagy hűtőlemezzel

Ha a félvezető elemet hűtőbordával vagy hűtőlemezzel hűtjük, a hőátadás R_{thjc} , R_{thcr} és R_{thra} hőellenállásokon át megy végbe (2. ábra). A hőteljesítmény a zárórétegből a félvezető elem tokozatának, onnan szigetelő alátétten át a hűtőbordának, végül a hűtőbordából a környező levegőnek adódik át.

Az R_{th} eredő hőellenállás a sorba kapcsolt hőellenállások összege.

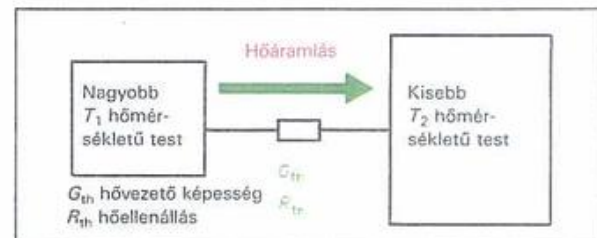
$$R_{th} = R_{thjc} + R_{thcr} + R_{thra}$$

Minél kisebb az eredő hőellenállás, annál jobb a félvezető eszköz hűtése.

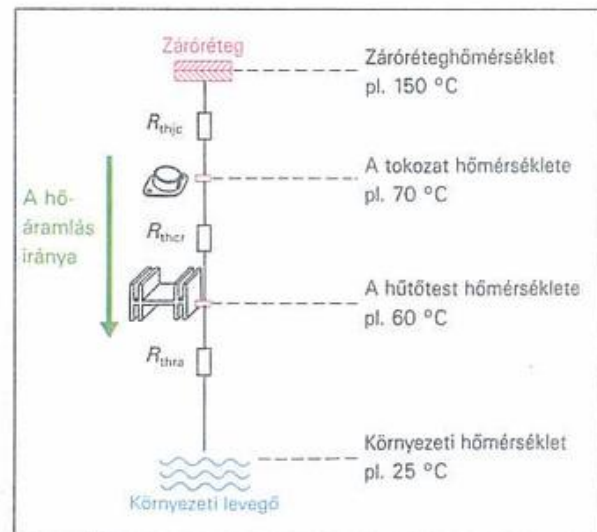
A hőellenállások tájékoztató értékei:

$$R_{thjc} \approx 90 \frac{K}{W} \dots 1,5 \frac{K}{W}; \quad R_{thcr} 1,0 \frac{K}{W} \dots 0,3 \frac{K}{W};$$

$$R_{thra} \approx 50 \frac{K}{W} \dots 0,1 \frac{K}{W}.$$



1. Hőátadás hővezető képességén, ill. hőellenálláson át



2. Hőellenálláslánc hűtőbordával való hűtéskor

Gyakran használnak olyan hűtőlemezt, amelyre a félvezető elemet jó hőérintkezéssel felcsavarozzák. Ez a lemez lehet a szerelőlap, vagy a burkolat lemeze is. Az 1. ábrán négyyszögletes, tiszta alumíniumlemez R_{thra} hőellenállását látjuk, az oldalhossz és a lemezvastagság függvényében.

A lemezeket függőlegesen kell elhelyezni. A vízszintes szerelés R_{thra} értékét 1,3-szorosára növeli. Egy feketére festett lemez hőellenállása 0,7-szer kisebb.

Példa:

Egy teljesítménytranszistor csillám szigetelő alátéttel $R_{thra} = 1,5 \frac{K}{W}$ hőellenállású hűtőtestre van felszerelve. A csillám alátét hőellenállása: $R_{thci} = 0,5 \frac{K}{W}$. A gyártó a teljesítménytranszistorra a záróréteg és a tokozat között $R_{thjc} = 1,8 \frac{K}{W}$ hőellenállást és $T_j = 175^\circ C$ maximálisan megengedett záróréteg-hőmérsékletet ad meg.

Mekkora lehet P_{tot} eredő veszteségi teljesítmény, ha a környezeti hőmérséklet $35^\circ C$?

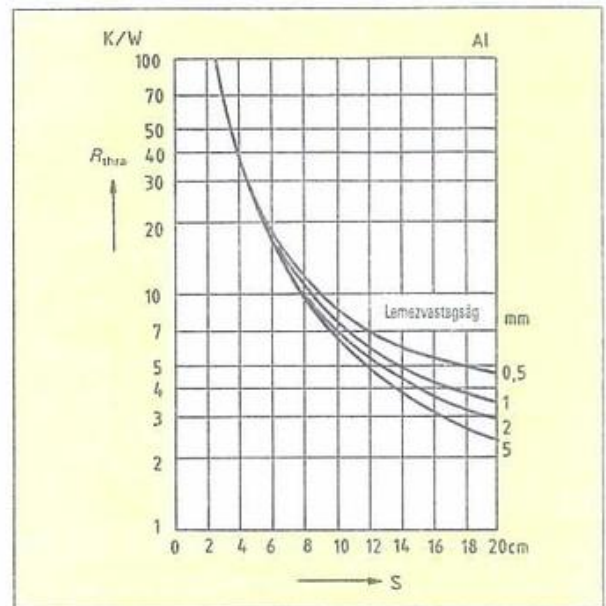
$$R_{th} = R_{thjc} + R_{thci} + R_{thra}$$

$$R_{th} = 1,8 \frac{K}{W} + 0,5 \frac{K}{W} + 1,5 \frac{K}{W} = 3,8$$

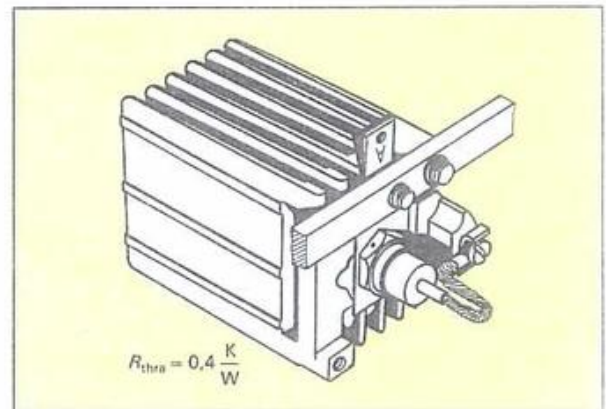
$$R_{th} = \frac{\Delta T}{P_{tot}}; \Delta T = 175^\circ C - 35^\circ C = 140 K$$

$$P_{tot} = \frac{\Delta T}{R_{th}} = \frac{140 K \cdot W}{3,8 K}$$

$$P_{tot} = 36,8 W$$



1. Tiszta, négyzetes alumíniumlemez R_{thra} hőellenállása



2. Hűtőborda teljesítménydióddal

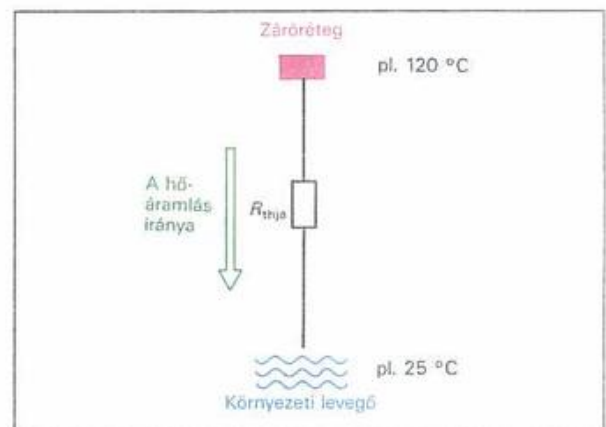
Hűtés hűtőborda vagy hűtőlemez nélkül

A félvezető elemek esetében csak kis veszteségi teljesítmény mellett lehet lemondani a hűtőbordával vagy hűtőlemezzel való fokozott hűtésről. Ilyenkor a keletkező hő elvezetésére a környezeti levegő is elegendő.

A félvezetőgyártók ilyenfajta hűtéshez a záróréteg-környezet közötti R_{thja} hőellenállást adják meg.

R_{thja} szokásos értéke $700 \dots 200 \frac{K}{W}$. Ez esetben R_{thja} az egyetlen hőellenállás (3. ábra), és értéke az eredő ellenállással egyenlő:

$$R_{thja} = R_{th} = \frac{\Delta T}{P_{tot}}$$



3. Hűtés hűtőborda vagy hűtőlemez nélkül

12.13. Ellenőrizze tudását

12.1. szakaszhoz: A félvezetők fizikai alapjai

1. Ismertessük a szilíciumkristály elvi felépítését!
2. Mi az egykristály?
3. Mik a követelmények a félvezető anyagokkal szemben?
4. Mit értünk a sajátvezetésen?

12.2. szakaszhoz: Idegenvezetés a félvezetőkben

1. Mi a donor és az akceptor?
2. Mit értünk n-szenyezésű szilíciumon?
3. Mit értünk p-szenyezésű szilíciumon?
4. Mik azok a többségi töltéshordozók?

12.3. szakaszhoz: A p-n átmenet

1. Hogy viselkedik a p-n átmenet a rákapcsolt feszültség hatására? (Pozitív pólus az n-rétegen.)
2. Mi a tértöltés?
3. Mi történik a p-n átmenetben, ha nincs rajta külső feszültség?

12.4. szakaszhoz: A szennyezés megvalósítása

1. Ismertessük a nagy tisztaságú szilícium alapanyag előállítását zónás átolvasztó-eljárással!
2. Mit értünk szennyezésen?

12.5. szakaszhoz: Félvezető diódák

1. Ismertessük a félvezető dióda elvi felépítését!
2. Rajzoljuk fel szilícium félvezető dióda I - U jelleggörbáját nyitóirányban és záróirányban!
3. Melyek a polikristályos félvezető diódák?
4. Rajzoljunk fel együtemű egyenirányító kapcsolást Si-félvezető diódával!

12.6. szakaszhoz: A félvezető diódák kivitelei és jellemzői

1. Soroljuk fel a félvezető diódák négy fontos kiviteli alakját!
2. Mi a különbség a félvezető diódák jellemző adatai és határértékei között?
3. Mit értünk a félvezető dióda bekapcsolási és kikapcsolási idején?

12.7. és 12.8. szakaszhoz: Különleges félvezető diódák, Z-diódák

1. Rajzoljuk fel egy Z-dióda I - U jelleggörbáját!
2. Mi a Zener-effektus?
3. Mi történik a lavinaeffektus során?
4. Hogyan lehet meghatározni az r_z differenciális ellenállást a jelleggörbe segítségével?
5. Rajzoljunk egyszerű feszültségstabilizátor-kapcsolást Z-diódával!

12.9. szakaszhoz: Vezérelhető ellenállás-kétpólusok

1. Hogyan működik a feszültségfüggő ellenállás (VDR)?
2. Mi a mágnesztérlemez (mágnesztérfüggő ellenállás)? Mik a tulajdonságai?
3. Ismertessük a nyúlásmérő bélyeg működését és felépítését!

12.10. A tranzisztor mint vezérelhető ellenállás

1. Ismertessük a térvezérlésű tranzisztor (FET) vezérlésének elvi megoldását!
2. A bipoláris tranzisztor felfogható vezérelhető ellenállásnak is. Mivel lehet vezérelni az ellenállás-értékét?

12.11. szakaszhoz: Optoelektronikai építőelemek

1. Mit értünk belső fényelektromos hatáson?
2. Rajzoljuk fel közelítőleg a fotoellenállás ellenállás-értékének változását a fényerősség függvényében!
3. Ismertessük a szilícium-fotoelem felépítését!
4. Miért lehet a fotodiódát fényelemként is használni?
5. Rajzoljuk le a fényelem és a fotodióda rajzjelét!
6. Hogy működik a fototranzisztor?
7. Milyen folyamatok okozzák a világítódioda kristályában a fényemittálást?
8. Az optoelektronikai eszközöknek spektrális érzékenysége van. Mit értünk ezalatt?
9. Indokoljuk meg, hogy miért használják egyre nagyobb számban a világító- (LED) diódákat!
10. Mi az optocsatoló és hogyan működik?
11. Vázoljuk fel két különböző optocsatoló felépítését!

12.12. szakaszhoz: A félvezető elemek hűtése

1. Körülbelül mennyi a megengedett legnagyobb hőmérséklet a szilíciumkristály zárórétegében?
2. Mit értünk hővezetésen, hőáramláson (konvekción) és hősugárzáson?
3. Mit jelent a G_{th} hővezetési érték?
4. Soroljunk fel három különböző hőellenállást és írjuk le a jelentésüket!
5. Miért többnyire fekete a hűtőbordák színe?

13. Bevezetés a vezérléstechnikába

A digitális technika alapjai

13.1. A vezérléstechnika feladatai

A technika területein széles körben foglalkoznak az energia-, anyag- és információáramlás vezérlésével. Az energiát csak célirányos vezérléssel lehet a szükségleteknek megfelelően gazdaságosan elosztani és hasznosítani, az anyagszállítással a használható termékeket előállítani, vagy az információkat a megfelelő időben a megfelelő helyre eljuttatni.

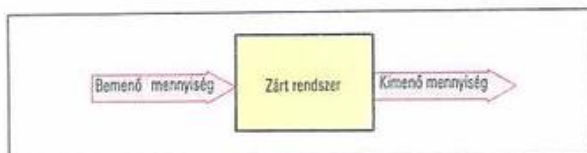
A vezérléstechnikát az elektrotechnikai gyakorlatban egyre több helyen alkalmazzák.

A vezérléstechnikai alkalmazások sokrétősége miatt először az általános fogalmakat és szakkifejezéseket ismerjük meg, és csak ezután az egyes alkalmazási területeket.

13.2. Alapfogalmak

A vezérlés és a szabályozás közötti különbség

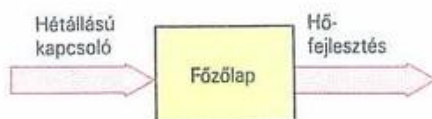
A vezérlés a zárt rendszerben olyan folyamat, amelyben a bemenő jellemzők adott törvényszerűség szerint befolyásolják a kimenő jellemzőket (1. ábra).



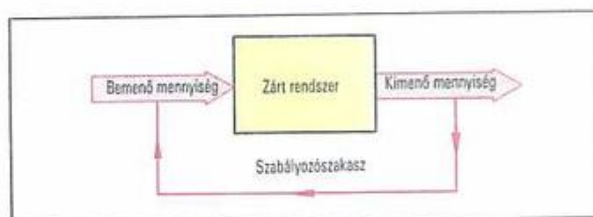
1. A vezérlés alapelve

Példa:

Egy főzőlapot hétállású kapcsolóval működtetünk. A kapcsoló helyzete a bemenő jellemző, a keletkező hő a kimenő jellemző. A kapcsolóállástól függően több vagy kevesebb hő keletkezik.



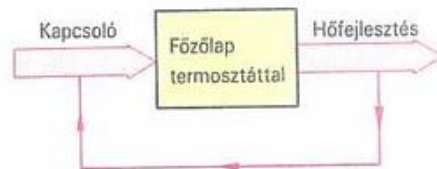
Szabályozásról akkor beszélünk, ha a vezérlőkapcsolást kiegészítjük azzal, hogy a kimenő jellemzőt folyamatosan összehasonlítjuk a bemenő oldalon beállítani kívánt értékkel (2. ábra). Szabályozáskor zárt kör jön létre, ilyenkor szabályozókörről van szó.



2. A szabályozás alapelve

Példa:

A főzőlapot kapcsoló működteti. Amikor eléri a beállított hőmérsékletet (alapjel), egy termosztát ki-kapcsolja. Ha a hőmérséklet meghatározott érték alá csökken, a villamos energiát újra bekapcsolja.



A vezérléstechnika elemei — áttekintés (I. az 1. táblázatot a 186. oldalon)

A kapcsoló az áramkört zárja vagy nyitja, a nyomógomb a kapcsolóhoz hasonlóan működik. A kapcsoló állapota nem maradó, a működtetés után visszatér alaphelyzetébe.

Vezérlőszervek azok az építőelemek, amelyek nyitják vagy zárják az energia- vagy tömegáramlást, ilyenek pl. a szelepek.

A jelzőeszközök közé tartoznak a hibajelzők, a jelzőlámpák, a világítódiodák, a dudák, a berregők stb. A relék és kapcsolók feladata a kapcsolások végrehajtása pl. nyomógombok parancsára.

Építőelem	Hatás	Az elérendő hatás kiváltója	Rajzjelek
Kapcsoló nyomógomb	Zárás Nyitás Átkapcsolás	Pl. kézi működtetés	
Vezérlő-eszközök	Az áramlás engedélyezése vagy lezárása	Pl. motoros hajtás	
Jelző-eszközök	Fény Látjelzés Berregő Duda	Izzólámpa, glimmlámpa Világítódiodóda Mágneskapcsoló Elektromágneses billenőkapcsolás	
Relék, kapcsolók	Zárás Nyitás Átkapcsolás	Elektromágnesség	
Hőmérséklet-függő ellenállás	Kapcsolás	Ellenállás-változás a hőmérséklet-változás miatt	
Fotoellenállás	Kapcsolás	Ellenállás-változás fény hatására	
Pneumatikus és hidraulikus kapcsoló	Kapcsolás	Gáz- vagy folyadék nyomás változása	
Dióda	Kapcsolás	Villamos folyamat félvezetőben	
Tirisztor	Kapcsolás	Villamos folyamat félvezetőben	

1. Példák vezérléstechnikai elemekre

A kapcsolást hő-, fény-, nyomásváltozás stb. is indíthatja. E célra hőmérsékletfüggő ellenállásokat (PTC, NTC), fotoellenállásokat, pneumatikus kapcsolókat, különböző érzékelőket használnak.

A villamos vezérlések fontos elemei a diódák, tranzisztorok és tirisztorok is.

A villamos vezérléstechnikában feladatot jelent a mozgó kapcsolóelemek számának minimálisra csökkentése. Az érintkező nélküli vezérlés előnye a szinte korlátlan élettartam, hiszen nincs alkatrészkopás.

Már a felületes áttekintésnek is lényeges tartalma van:

A vezérlések analóg és digitális jelekkel működhetnek, ennek megfelelően az ide tartozó építőelemek analóg vagy digitális működésűek.

Analóg jelek; folytonosság

A természetben a hőmérséklet, vízállás, légnyomás, áramlási mennyiségek és hasonlóak nem változnak ugrásszerűen. Állapotuk minden tetszőleges értéket felvehet. Skálán való leolvasásukkor néha arra kényszerülünk, hogy a közbenső értékeket becsüljük (interpoláljuk). Az ilyen jeleket analóg jeleknek nevezzük.

Az analóg jelek a tartományukban bármely tetszőleges értéket (közbenső értéket) felvehetnek. A változásuk általában folyamatos, nem ugrásszerű.

Digitális jelek; szakaszosság

A digitális jelek az analóg jelek ellentétei. Ezeknek az egyes meghatározott értékek között nincs közbenső értéke (éppen úgy, mint ha az ujjunkon számolunk: digitus latinul ujj). Ha közbenső értékű hatás jelentkezik, akkor kerekítve a legközelebbi nagyobb vagy kisebb értékre ugrik. Ezt a lépcsőzést kvantálásnak is mondják.

Az általunk leggyakrabban használt digitális rendszer a tízes vagy decimális rendszer, aminek alapja a tíz ujjunkkal való számolás, ebből származik a megszokott tízes számrendszerünk.

A legegyszerűbb digitális rendszer csak két állapotot ismer, nevezetesen: „be–ki” („helyes–hibás”), „igen–nem” („fel–le”), „feszültség van – feszültség nincs”. Az ilyen, csak kétállapotú digitális rendszereket bináris rendszernek nevezzük.

A digitális jelnek meghatározott értékei között nincs közbenső értéke, csak egyes fokozatokat különböztet meg. A legegyszerűbb digitális jel a bináris jel. Csak két állapotot, „be (1) és ki (0)” állapotot vehet fel.

Megjegyzés: Az analóg állapot megadása decimális számmal ugyancsak digitális adat, pl. az $I = 2,57$ mA érték a tizedespont után két helyvel megszakad. Az utána következő helyiértékek a leolvasó számára éreketlennek tűnnek. A tényleges értéket fel- vagy lekerekíti. Az $I = 2,5687$ mA adat ugyanúgy kvantált, tehát digitális. A nagyobb pontosságot csak több helyiérték leolvasásával érhetjük el, az adat itt is digitális marad. A lépcsőzés itt $1/10 \mu\text{A}$. Az eredmény bizonytalansága most már csak ± 50 nA.

Minél nagyobb a digitális adat helyiértékeinek száma, annál pontosabb a tényleges érték megadása, annál kisebb a maradék hiba (kvantálási hiba).

A csak kétállapotú bináris jelek is lehetővé teszik az olyan számrendszer felépítését, amely az ismert decimális számrendszer felépítésének felel meg. Ezt a rendszert kettes (bináris) számrendszernek nevezik.

13.3. A kettes számrendszer

Egy bináris helyiérték, azaz két jel, pl. 0 és 1 közötti eltérés információtartalmát 1 bitnek nevezzük.

A tizes számrendszer felépítése

A 2793 számot a következőképpen is írhatjuk:

$$2 \cdot 10^3 + 7 \cdot 10^2 + 9 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0$$

vagy másként:

Ezresek 10^3	Százások 10^2	Tizedesek 10^1	Egyesek 10^0
2	7	9	3

A számokat jobbról balra 10 növekvő hatványaival kell megszorozni, hogy megkapjuk a helyes eredményt. Az előbbi példán (jobbról balra) azt jelent:

$$3 \cdot 10^0 + 9 \cdot 10 + 7 \cdot 100 + 2 \cdot 1000 = 2793$$

Négy helyiértékű decimális számmal 0. . .9999 között 10 000 értéket lehet megszámlálni. A megszámlálható értékek N száma tehát:

$$N = 10^4, \text{ vagy általában: } N = 10^n$$

n a decimális helyiértékek száma;

N a kombinációk száma.

A képletek értelemszerűen két jelle is érvényesek.

A kettes számrendszer felépítése

Csak két szám van: a 0 és az 1. A számrendszer előbbi sémája szerint az egyes helyiértékek jobbról balra:

az utolsó hely $2^0 = 1$
utolsó előtti $2^1 = 2$ stb.

Példa bináris számra:

Helyiérték:	16 2^4	8 2^3	4 2^2	2 2^1	1 2^0
-------------	-------------	------------	------------	------------	------------

Bináris szám-
ként írva: 1 0 1 1 0

Ez a bináris szám decimális alakban a következő:

$$0 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 4 + 0 \cdot 8 + 1 \cdot 16 = 22$$

A bináris számok helyiértéke jobbról balra kettes szorzóval nő.

A kombinációk száma 5 hellyel (5 bit) a bináris számrendszerben:

$$N = 2^5 = 32 \text{ vagy általában } N = 2^n$$

n a bináris helyek (bitek) száma,

N a kombinációs lehetőségek száma.

Négy helyiértékű bináris szám kombinációit láthatjuk a következő táblázatban.

Helyi- értékek	8 2^3	4 2^2	2 2^1	1 2^0	Decimális számérték
Növekvő	0	0	0	0	0
bináris	0	0	0	1	1
számok	0	0	1	0	2
	0	0	1	1	3
	0	1	0	0	4
	0	1	0	1	5
	0	1	1	0	6
	0	1	1	1	7
$N = 2^4 = 16$ (0 ... 15)	1	0	0	0	8
	1	0	0	1	9
	1	0	1	0	10
	1	0	1	1	11
	1	1	0	0	12
	1	1	0	1	13
	1	1	1	0	14
	1	1	1	1	15

A bináris számrendszer felépítése: az oszlopokban egymást követő számok értéke az oszlopa helyiértékével egyenlő.

Műveletek bináris számokkal

Az összeadás ugyanolyan, mint decimális számokkal. Általában legfeljebb három bináris számot adunk össze.

A kis számérték miatt (0 és 1) gyakran van átvitel (maradék), eszerint:

$$0+0=0; \quad 0+1=1, \quad 1+0=1$$

$$1+1=0 \text{ marad } 1, \quad 1+1+1=1 \text{ marad } 1.$$

$$\begin{array}{r} \text{Például:} \quad 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \\ + 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{maradék:} \quad 1 \ 1 \ 1 \\ \hline 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \end{array}$$

A kivonást a decimális számok alapján lehet levezetni.

$$\begin{array}{r} 675 \text{ kisebbítendő} \\ - 382 \text{ kivonandó} \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{kölcsön} \quad 1 \\ \hline 293 \text{ A kérdés így szól:} \end{array}$$

2 és mennyi az 5? 2 meg 3 az 5
8 és mennyi az 17? 8 meg 9 az 17 kölcsön 1
1+3 az 4 és mennyi az 6? 4 meg 2 az 6

Azt jelenti, hogy ha a kisebbítendő kisebb, mint a kivonandó, akkor a magasabb helyiértékről egyet kölcsönözni kell. A kölcsönzött értéket hozzáadjuk a kivonandóhoz és levonjuk az eredményből:

$$\begin{array}{r} \text{Például:} \quad 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \quad \text{ellenőrzés: } 81 \\ - 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \quad 52 \\ \hline \text{kölcsön} \quad 1 \ 1 \ 1 \ 1 \quad 1 \\ \hline 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \quad 29 \end{array}$$

A szorzás kettővel való eltolást jelent egy helyiértékkel balra: $1 \ 0 \ 1 \ 0_2 \cdot 1 \ 0_2 = 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0$

Az osztás kettővel való eltolást jelent egy helyiértékkel jobbra: $1 \ 0 \ 1 \ 0_2 : 1 \ 0_2 = 1 \ 0 \ 1$

13.4. Bináris alapkapcsolások és alapösszefüggések

Az 1. ábrán analóg működésű feszültségosztó látható, mert a kimeneti feszültsége 0 és 12 V között folyamatosan (kontinuálisan¹) állítható. A 2. ábra kapcsolója viszont digitálisan működik, mert a kimeneti feszültsége csak négy meghatározott értéket vehet fel.

Ha csak kétféle feszültségre szorítkozunk, digitális kapcsolásról beszélünk, amelyet bináris digitális kapcsolásnak nevezünk.

A 3. ábra kapcsolója pl. binárisan² működik.

Bináris alapkapcsolások, ill. alapkapcsolatok

Alapkapcsolások érintkezőkkel

A bináris kapcsolások olyan kapcsolási elemekből épülnek fel, amelyeknek csak két állapota van. A legegyszerűbb esetben ez egy kétállású kapcsoló.

A 4. ábra három elrendezést mutat, a következő jellemzőkkel;

- 4 a) ábra: a H lámpa világít, ha **VAGY** az A kapcsolót, **VAGY** a B kapcsolót, vagy az A **VAGY** B kapcsolót működtetjük.
- 4 b) ábra: a H lámpa világít, ha az A **ÉS** a B kapcsoló zárva van.
- 4 c) ábra: a lámpa világít, ha az A kapcsolót **NEM** működtetjük.

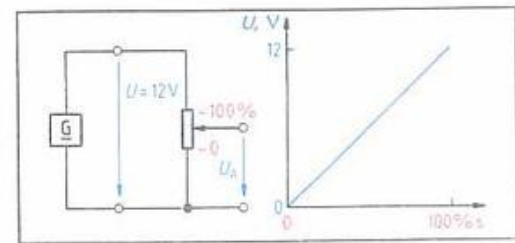
E tulajdonságai miatt a záróérintkezők párhuzamos kapcsolását **VAGY** kapcsolásnak, a záróérintkezők soros kapcsolását **ÉS** kapcsolásnak és a bontó funkciót **NEM** kapcsolásnak nevezük.

Működési táblázatok

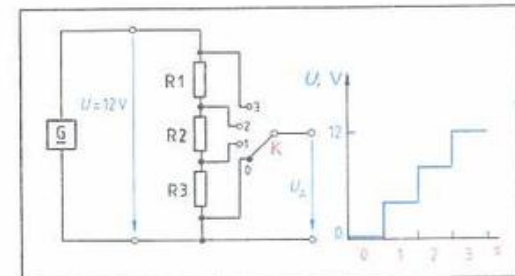
Ha a kapcsolást kibővítjük a 189. oldal 1. ábrája szerint, bináris kapcsolást kapunk, amelynek bemenete 0-szinttel³, vagy 5 V-os szinttel vezérelhető, és a kimeneten 0-szint vagy 5 V-os szint van. A két lehetséges feszültség szint elnevezése a következő:

L (angolul LOW, alacsony), alacsonyabb szint, 0 V,
H (angolul HIGH, magas), magasabb szint, 5 V.

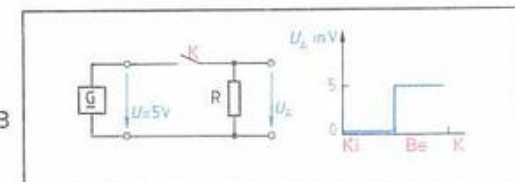
Az alacsonyabb szint L jelölése és a magasabb szint H jelölése általában is érvényes, függetlenül a feszültség abszolút értékétől.



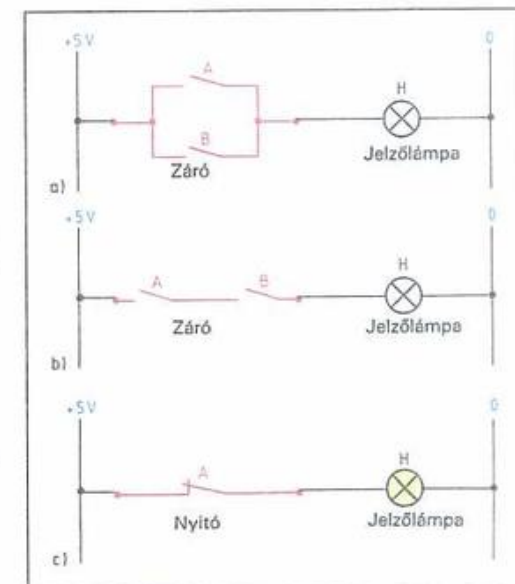
1. Folyamatosan beállítható feszültségosztó



2. Fokozatokban beállítható feszültségosztó



3. Bináris jel



4. a) VAGY kapcsolás érintkezőkkel
 b) ÉS kapcsolás érintkezőkkel
 c) NEM kapcsolás érintkezővel

¹ Kontinuális, folytonos, ugrás nélküli.

² Bináris: két részből álló (latin).

³ Szint: itt egy vonatkoztatási ponthoz tartozó feszültségérték.

Ha összefoglaljuk a kimeneti szinteket a bemeneti szintek kombinációinak függvényében, a működési táblázatot kapjuk, amely a kapcsolat villamos tulajdonságairól ad felvilágosítást (1. ábra).

VAGY kapcsolat			ÉS kapcsolat			NEM kapcsolat	
A	B	X	A	B	X	A	X
L	L	L	L	L	L	L	H
H	L	H	L	L	L	H	L
L	H	H	L	H	L		
H	H	H	H	H	H		

Igazságtáblázatok

A bináris kapcsolások kapcsolási állapotai és működése a kapcsolási algebra segítségével írható le, ha az egységekhez és építőelemekhez matematikai függvényt és a fizikai mennyiségekhez, ill. állapotokhoz matematikai értékeket rendelünk.

Bináris rendszerben a két érték, a 0 és az 1 elegendő.

Pozitív logika esetében:

L-szinthez 0 érték tartozik.

H-szinthez 1 érték tartozik.

Ezzel a fizikai összefüggésből is le lehet vezetni a matematikai igazságtáblázatot.

VAGY kapcsolat			ÉS kapcsolat			NEM kapcsolat	
A	B	X	A	B	X	A	X
0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	1	1	0	0	1	0
0	1	1	0	1	0		
1	1	1	1	1	1		

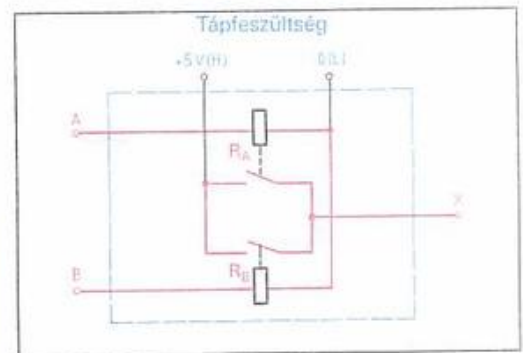
Negatív logikához a hozzárendelés fordított.

Függvények, kapcsolatjelölések

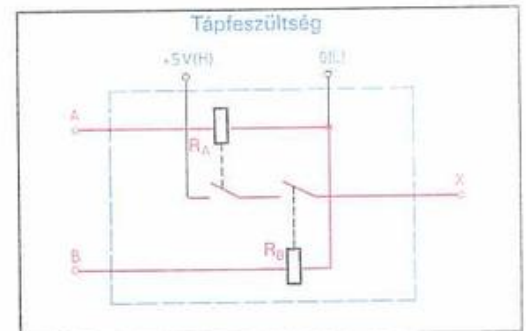
A matematikai kapcsolatokat függvényként írjuk le.

Kapcsolat	Kapcsolat-jelölés	A függvény írásmódja	Olvasás
VAGY Diszjunkció	$\vee$	$X = A \vee B$	X egyenlő A VAGY B
ÉS Konjunkció	$\wedge$	$X = A \wedge B$	X egyenlő A ÉS B
Nem Negálás Invertálás	$\neg$	$X = \bar{A}$	X egyenlő A NEM

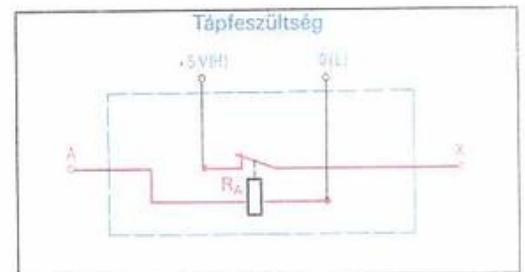
A kapcsolásokban a függvényeket a 2. ábra szerinti rajzjelekkel ábrázoljuk a hozzárendelt függvényjelölésekkel.
A rajzjel melletti üres kör mindig negálást jelent.



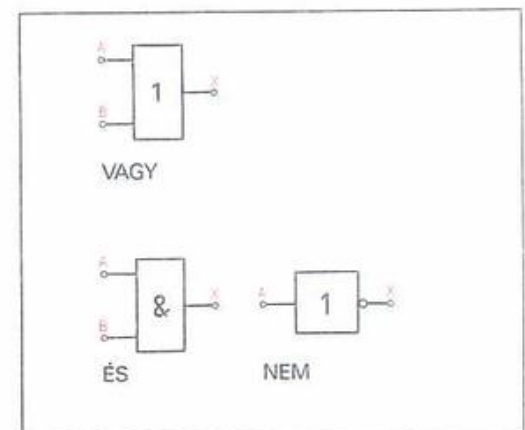
1. a) VAGY kapcsolat relével



1. b) ÉS kapcsolat relével



1. c) NEM kapcsolat relével



2. Rajzjelek

NAND kapcsolat

Gyakran az ÉS kapcsolást az utána kapcsolt fokozattal negálják. Az ÉS kapcsolatból így ÉS–NEM kapcsolat jön létre (1. ábra), elnevezése **NAND** kapcsolat (az angol *not and* szavakból).

Példa:

Egy pánccélszekrény betörésvédelme (sziréna) csak akkor **NEM** kapcsol be (0), ha:

- a biztonsági zár az íróasztalban be van kapcsolva (1) **ÉS**
 - a mennyezetvilágítás teljes fénnnyel ég (1).
- Ha nem teljesül bármelyik (1) feltétel, megszólal a sziréna.

Ebből a logikai kapcsolatból és a logikai függvényből ($X = \overline{A \cdot B}$) a következő igazságtáblázatot kapjuk (2. ábra):

ÉS		NAND	
A	B	$A \cdot B$	$X = \overline{A \cdot B}$
L	L	L	H
L	H	L	H
H	L	L	H
H	H	H	L

A NAND kapcsolat kimeneti oszlopából is kiolvashatjuk: a NAND tag jelet ad, ha A NEM vagy B NEM jel van (3. ábra).

Két bontóérintkező párhuzamos kapcsolása NAND kapcsolatot jelent.

NOR kapcsolat

Ha a VAGY kapcsolat kimenőjelét negáljuk (4. ábra), **VAGY–NEM**, másként **NOR** kapcsolat jön létre (az angol *not or* szavakból).

Példa:

Egy felvonó motorja **NEM** (0) indulhat el, ha:

- ha az ajtó nyitva van (1) **VAGY**
- ha a maximális terhelést túllépték (1).

A logikai kapcsolatból és a logikai függvényből

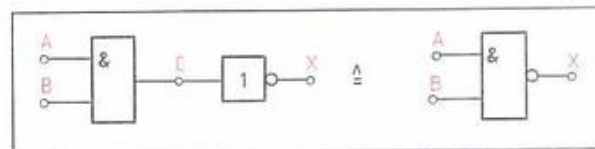
($X = \overline{A + B}$) kapjuk az igazságtáblázatot:

VAGY		NOR	
A	B	$A + B$	$X = \overline{A + B}$
L	L	L	H
L	H	H	L
H	L	H	L
H	H	H	L

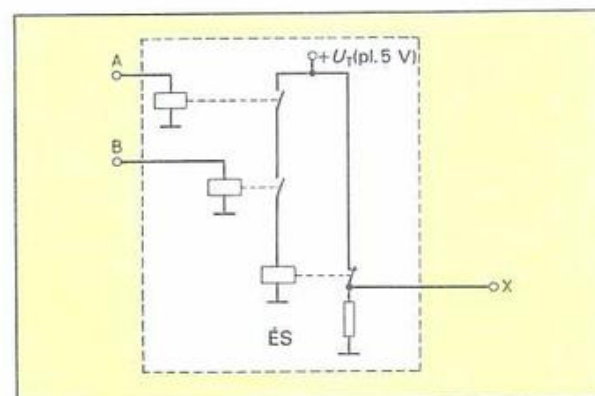
A NOR tag X kimenetén akkor nincs jel, ha A VAGY B jelet kap.

A NOR kapcsolat kimeneti oszlopát másként is olvashatjuk:

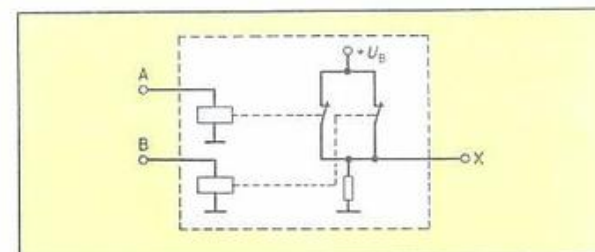
A NOR tag kimenetén csak akkor van jel, ha A NEM és B NEM jel van a bemeneten.



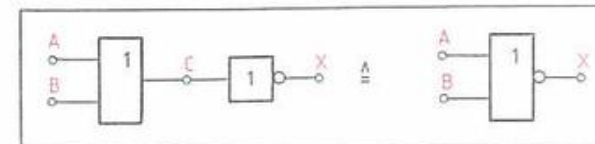
1. NAND kapcsolat



2. NAND tag kapcsolási lehetősége relékkel



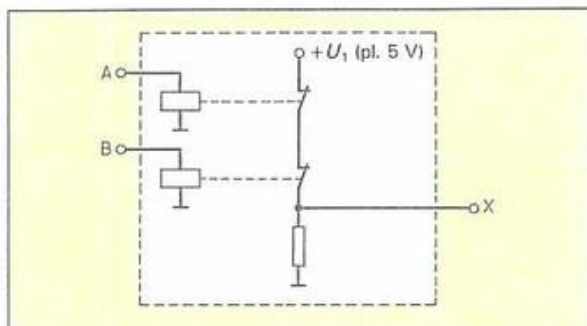
3. NAND kapcsolat bontóérintkezők párhuzamos kapcsolásával



4. NOR kapcsolat

A feladat megoldása érintkezőkkel (1. ábra) ez utóbbi megállapítás alapján nyitóérintkezők (NEM kapcsolat) sorba kapcsolásával (ÉS kapcsolat) lehetséges. Ellenőrizzük az eredményt lépésről lépésre, ez nagyon fontos a következőkben!

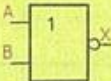
Két bontóérintkező sorba kapcsolása NOR kapcsolatot jelent.



1. NOR kapu megvalósítása lehetősége relékkel

Fontos bináris kapcsolatok

A 2. táblázatban a fontos bináris kapcsolatokat látjuk, a rajzjelükkel és tulajdonságaikkal együtt.

Kapcsolat	Igazság-táblázat	Logikai függvény															
VAGY 	<table><tr><td>A</td><td>B</td><td>X</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	A	B	X	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	$X = A+B$
A	B	X															
0	0	0															
1	0	1															
0	1	1															
1	1	1															
ÉS 	<table><tr><td>A</td><td>B</td><td>X</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	A	B	X	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	$X = A \cdot B$
A	B	X															
0	0	0															
1	0	0															
0	1	0															
1	1	1															
NEM 	<table><tr><td>A</td><td>X</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A	X	0	1	1	0	$X = \bar{A}$									
A	X																
0	1																
1	0																
NOR 	<table><tr><td>A</td><td>B</td><td>X</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A	B	X	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	$X = \overline{A+B}$
A	B	X															
0	0	1															
1	0	0															
0	1	0															
1	1	0															
NAND 	<table><tr><td>A</td><td>B</td><td>X</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A	B	X	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	$X = \overline{A \cdot B}$
A	B	X															
0	0	1															
1	0	1															
0	1	1															
1	1	0															

2. A fontos bináris kapcsolatok táblázata

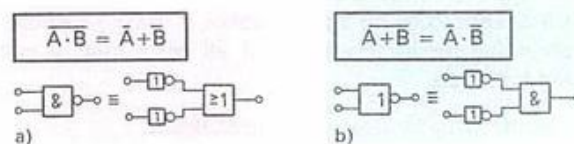
De Morgan-szabály¹

Az a tény, hogy egy NAND kapcsolat bontóérintkezők párhuzamos kapcsolásával (a párhuzamos kapcsolat VAGY, a bontóérintkező NEM kapcsolatot jelent) és egy NOR kapcsolat bontóérintkezők soros kapcsolásával (ÉS kapcsolat) is megvalósítható, azt sejteti, hogy a NAND és VAGY, ill. a NOR és ÉS között összefüggés van.

Az összefüggések a különböző kapcsolások igazságtáblázataival bizonyíthatók. Azonos igazságtáblázatok egyenértékű kapcsolásokat jelentenek.

Függvény negálás nélkül	A kimenet negálása	A bemenetek negálása																																													
ÉS $X = A \cdot B$	NAND $X = \overline{A \cdot B}$	$X = \bar{A} \cdot \bar{B}$																																													
VAGY $X = A + B$	NOR $X = \overline{A + B}$	$X = \bar{A} + \bar{B}$																																													
<table border="1"> <tr><th>A</th><th>B</th><th>X</th></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	A	B	X	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	<table border="1"> <tr><th>A</th><th>B</th><th>X</th></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	A	B	X	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	<table border="1"> <tr><th>A</th><th>B</th><th>X</th></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	A	B	X	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
A	B	X																																													
0	0	0																																													
0	1	0																																													
1	0	0																																													
1	1	1																																													
A	B	X																																													
0	0	1																																													
0	1	1																																													
1	0	1																																													
1	1	0																																													
A	B	X																																													
0	0	1																																													
0	1	0																																													
1	0	0																																													
1	1	0																																													
<table border="1"> <tr><th>A</th><th>B</th><th>X</th></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	A	B	X	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	<table border="1"> <tr><th>A</th><th>B</th><th>X</th></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	A	B	X	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	<table border="1"> <tr><th>A</th><th>B</th><th>X</th></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	A	B	X	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
A	B	X																																													
0	0	0																																													
0	1	1																																													
1	0	1																																													
1	1	1																																													
A	B	X																																													
0	0	1																																													
0	1	0																																													
1	0	0																																													
1	1	0																																													
A	B	X																																													
0	0	1																																													
0	1	1																																													
1	0	1																																													
1	1	0																																													

Az összehasonlítás teljes egyezést mutat a rózsaszínű, ill. kék igazságtáblázatok, és ezzel a hozzájuk tartozó kapcsolások között is. Tehát így írhatjuk és rajzolhatjuk (3. ábra):



3. De Morgan-szabály kapcsolása

Az összefüggést De Morgan-szabálynak nevezzük:

Egy NAND kapcsolat helyettesíthető negált bemenetű VAGY kapcsolattal.

Egy NOR kapcsolat helyettesíthető negált bemenetű ÉS kapcsolattal.

Az ÉS, VAGY, NEM logikai alapkapcsolatokkal minden egyszerű vezérlőkapcsolás leírható és felépíthető. A De Morgan-szabály lehetőséget ad a kapcsolások egyszerűsítésére és kizárólag NAND, ill. NOR elemekkel való megvalósítására.

¹ De Morgan (1806–1871), angol matematikus

Alkalmazási példák

Riasztókapcsolás

Egy hűtőtérnek három hűtőaggregátja van. Egy aggregát kiesésekor a szóban forgó egységnél jelzőlámpát kell kigyújtani, és közös hangjelet kell adni.

Megoldás

A kapcsolást az 1. ábrán látjuk. A K_A , K_B és K_C kapcsolók zárva vannak, ha a hűtőaggregátok működnek. A három NEM kapcsolást 5 V-tal tápláljuk, a kimenetek mind nullák.

Ha egy aggregát, pl. az A aggregát nem működik, akkor K_A bont. Az A bemeneten így nulla van, a NEM kapcsolás kimenetén 5 V jelenik meg, H_A pedig világít. A VAGY kapcsolás is 5 V-t ad, mert egyik bemenetén 5 V van, és megszólal a kürt.

Biztonsági kapcsolás (2. ábra)

Egy szerszámgépen biztonsági okból egyszerre csak egy motor foroghat. Mindhárom motor ezért K mágnescapcsolón át kap tápfeszültséget, amely csak a következő feltételekkel kapcsol be:

csak a K_A kapcsoló van bekapcsolva ($A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C}$)

csak a K_B kapcsoló van bekapcsolva ($\bar{A} \cdot B \cdot \bar{C}$)

csak a K_C kapcsoló van bekapcsolva ($\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C$)

A függvény:

$$X = A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + (\bar{A} \cdot B \cdot \bar{C}) + (\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C)$$

Ha e feltételek egyike teljesül, az ÉS kapcsolások egyike 1 jelet ad a VAGY kapcsolás bemenetére. A VAGY kapcsolás ekkor szintén 1 jelet ad, és a K_X relé meghúz.

Ha meg nem engedett állapot következik be, pl. a K_A és a K_B kapcsolók bekapcsolásakor, a VAGY kapcsolás bemenetén és kimenetén az 1 jel nincs meg, a relé nem húz meg.

Tároló tulajdonságú kapcsolások

Öntartó kapcsolás

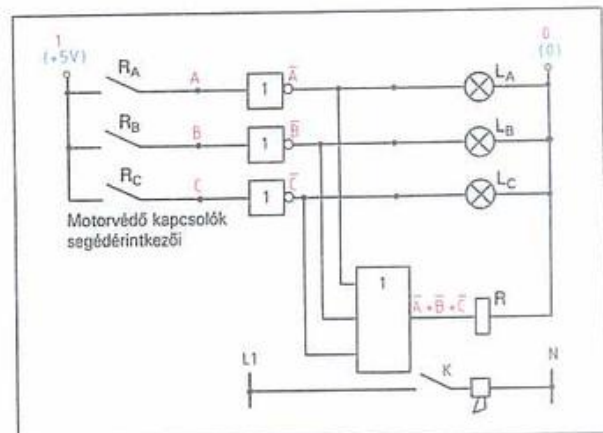
Tároló tulajdonságú kapcsolás példája a 3. ábrán látható öntartó kapcsolás, a következő stabil állapotokkal:

- 1 állapot: a mágnescapcsoló elejtett (KI) és
- 2 állapot: a mágnescapcsoló meghúzott (BE).

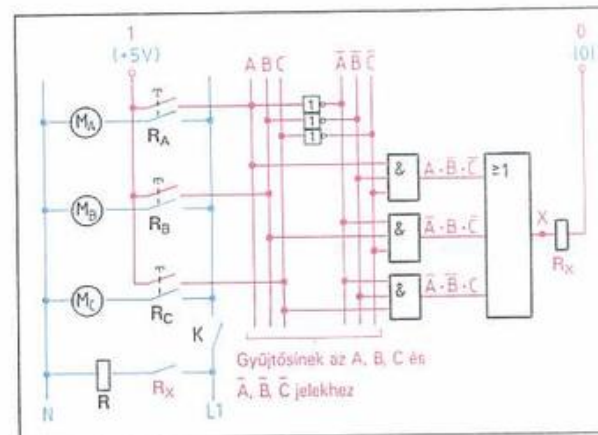
A tárolási funkció a 4. ábra impulzus diagrammján követhető. A kapcsolás tárolja a BE és KI információt, ha a nyomógombot rövid ideig megnyomjuk.

A kapcsolás érintkezés nélkül is megvalósítható. Az ehhez tartozó függvények:

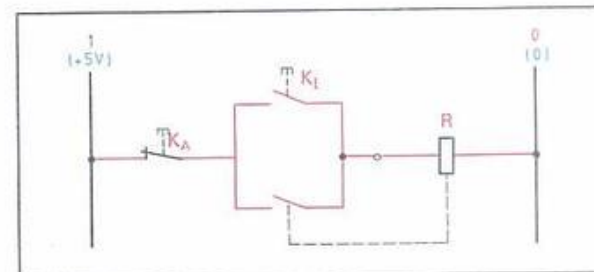
a mágnescapcsoló gerjesztést kap, ha NEM nyomjuk meg a KI nyomógombot
ÉS a BE nyomógombot megnyomjuk,
VAGY ha a KI nyomógombot NEM nyomjuk meg
ÉS az ÖNTARTÓ érintkező zárva van.



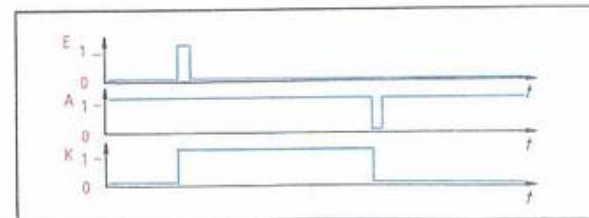
1. Három aggregát ellenőrző kapcsolása



2. Biztonsági kapcsolás



3. Öntartó kapcsolás érintkezőkkel



4. Az öntartó kapcsolás kapcsolási tulajdonságai

A logikai algebra segítségével ez a következőképpen fejezhető ki:

$$K = (\bar{A} \cdot E) + (\bar{A} \cdot S)$$

A zárójel felbontásával $\bar{A}$ kiemelve:

$$K = \bar{A} \cdot (E + S)$$

A hozzá tartozó kapcsolást az 1. ábra mutatja.

Bistabil billenőfokozat (flipflop)

A 2. ábrán szimmetrikusan felépített bistabil billenőfokozat látható. Mindig csak a két relé egyike húzhat meg, mert a reteszrelé érintkezők az éppen nem gerjesztett relé áramkörét megszakítják.

S vagy R nyomógombok működtetése eldönti, hogy a két relé közül melyik húzza meg. Ehhez a kapcsoláshoz feltételként a következő formula tartozik:

a Q relé meghúzott állapotú, ha
a $\bar{Q}$ relé nem kap gerjesztést VAGY
ha az S nyomógombot működtetjük.
a $\bar{Q}$ relé meghúzott állapotú, ha
a Q relé NEM kap gerjesztést VAGY
ha az R nyomógombot működtetjük.

A 3a) és 3b) ábrák a kapcsolás logikai alapkapukkal való megvalósítását mutatják. A 3b) ábrán ugyanez látható NOR kapukkal kialakítva.

Igazságtáblázat:

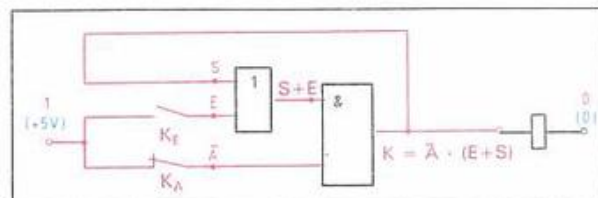
S	R	Q	$\bar{Q}$	Megjegyzések
0	0	Q_n	$\bar{Q}_n$	A kapcsolás állapota nem változik
1	0	1	0	A billenőfokozat $Q = 1$ értéket vesz fel
0	1	0	1	A billenőfokozat $Q = 0$ értékre áll vissza
1	1	0	0	A Q és $\bar{Q}$ kimenet nem inverze ¹ egymásnak, így ez a bemeneti kombináció nem engedélyezett.

A bemenetek elnevezése a funkciójukból adódik:

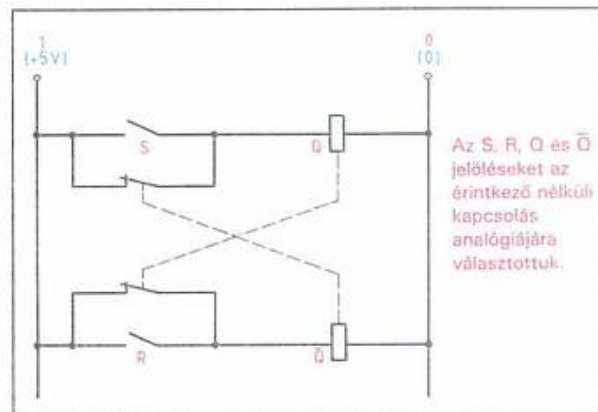
Az S nyomógommbal a Q kimenet egyértelműen 1 állapotba hozható (angolul SET: ültetni).
Az R nyomógommbal a Q kimenet egyértelműen visszaállítható 0 állapotba (angolul RESET: vissza-ültetés).

A kimenetek jelölése Q és $\bar{Q}$, mert többnyire inverz értékűek. A billenőfokozat elnevezés helyett a flipflop (FF) elnevezés is használható. Az ismertetett kapcsolás egy SR-flipflop rajzjele a 4. ábrán látható.

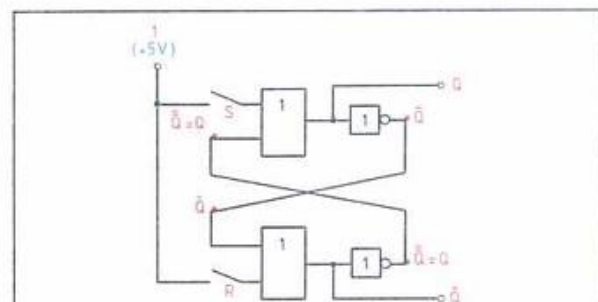
¹ Invers: fordított (latin).



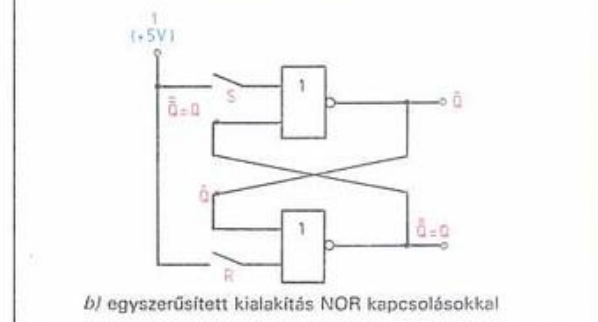
1. Érintkező nélküli öntartó kapcsolás



2. Szimmetrikusan felépített bistabil billenőfokozat (flipflop)

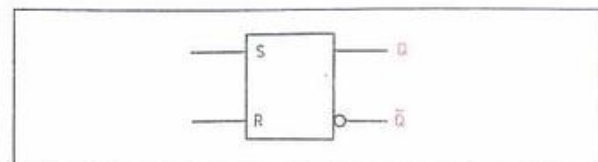


a) VAGY kapcsolással és inverterrel



b) egyszerűsített kialakítás NOR kapcsolásokkal

3. Bistabil billenőfokozat bináris alapkapukkal



4. SR flipflop rajzjele

13.5. Vezérlések

Fogalmak és meghatározások

Nyitott hatáslánc

A vezérlések alapján véve ún. nyitott hatáslánccal működnek (1. és 2. ábra).

A vezérlés eredménye nincs hatással a beavatkozószervre. Ilyen nyitott hatáslánccal kapunk akkor is, ha egy szabályozókört felnyitunk.

Ahhoz, hogy egy vezérlést kifejelesszünk, leírjuk a működését, vagy kipróbáljuk, az egyes tagokat ismerni kell. Az egyes tagok együttműködésekor **vezérlőlánccról** vagy **vezérlésről** beszélünk.

Példa vezérlőlánccra

Az 1. és 2. ábrán látható vezérlés elemei a következők:

A vezérlő ember dönt arról, hogy a motornak gyorsabban kell-e forognia. **Jelet** ad arra, hogy a fordulatszám nőjön. Ezt a jelet végálláskapcsoló, a szabályozóerősítő vagy a tárolt program is adhatja.

A jeladó tag a vezérlőlánc első tagja.

Mielőtt a jel kézzel a szabályozótranszformátorhoz jutna, meg kell vizsgálni azt, hogy milyen irányban kell forgatni a szabályozótranszformátort, és hogy megengedhető-e egyáltalán a fordulatszám növelése. Logikai megfontolásokra van szükség! Ezt a feladatot a technikában a vezérlőelemek, pl. a segédkapcsolók, a reteszelvek, a logikai kapcsolások stb. veszik át.

A vezérlőtagok olyan tagok, amelyeket a jeladó és a beavatkozótágok közé iktatnak.

A vezérlőtag által ellenőrzött vagy tovább feldolgozott jel a beavatkozótágra kerül, példánkban az ember keze révén.

A beavatkozótág módosítja az energiaáramlást a vezérelt szakaszban. Beavatkozótág pl. a szabályozótranszformátor, a szabályozó-ellenállás, a mágnescapcsoló, a tirisztor stb.

A motor a vezérelt szakasz végén a kimenő jellemzőt, a beállítandó fordulatszámot szolgáltatja.

A beavatkozótág és a motor alkotják az ún. vezérelt szakaszt.

A vezérléstechnika elnevezései és fogalmai a szabályozástechnika hasonló fogalmainak felelnek meg, mert a vezérlés és a szabályozás általában kapcsolatban vannak egymással.

Folytonos és szakaszos vezérlések

A folytonos vezérlésekben, mint pl. az 1. és 2. ábra szerintiekben, lehetőség van arra, hogy a vezérelt jellemző ugrások nélkül tetszőleges értéket felvegyen.

A folytonos vezérlések analóg jelekkel működnek.

A szakaszos vezérlések fokozatokban beállíthatóan, a legegyszerűbb esetben Be-Ki állapotban működnek.

A szakaszos vezérlések digitális jelekkel működnek.

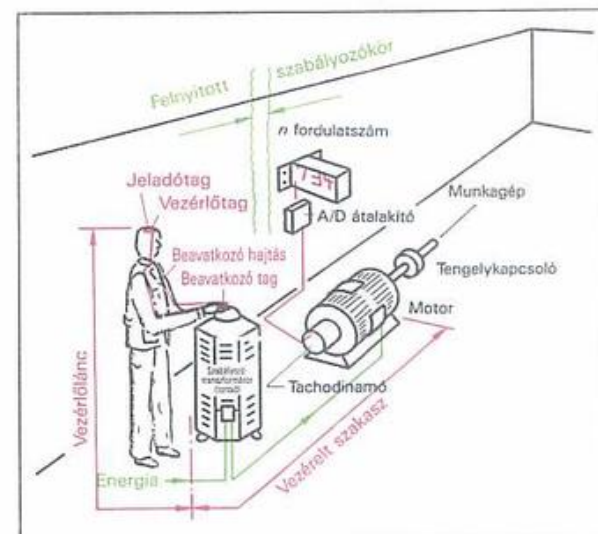
Ha egy jelet olyan mértékben digitalizálunk¹, hogy az ugrások igen kicsik, kvázifolytonos² vezérlésről beszélhetünk.

Érintkezős vezérlések

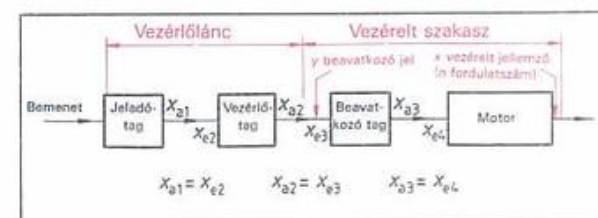
A klasszikus érintkezős vezérlés alapeleme a mágnescapcsoló és a relé. Ábrázolási módja az áramúterv. A legfontosabb funkciók a következők:

nyitó; záró; öntartó; reteszelő; időzítő (késleltető); programkapcsoló (mechanikus); jelző (fényjelző).

¹ digitalizálás; itt két értékűvé alakítás
² quasi (latin), mintegy

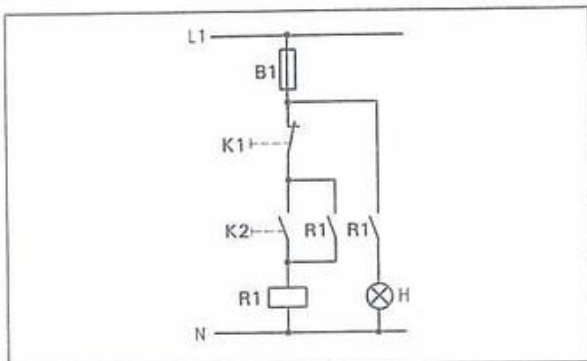


1. Motor fordulatszámának vezérlése

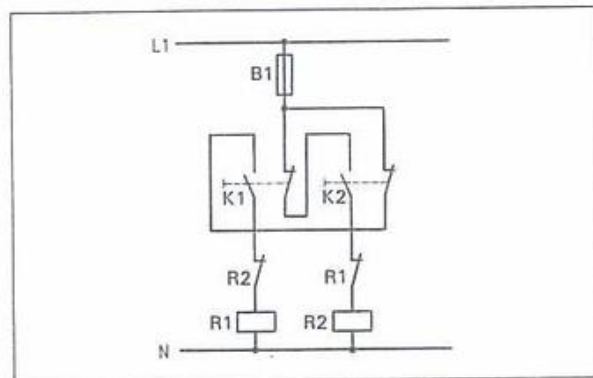


2. Motor fordulatszám-szabályozása; a jelfolyamábra szerkezete

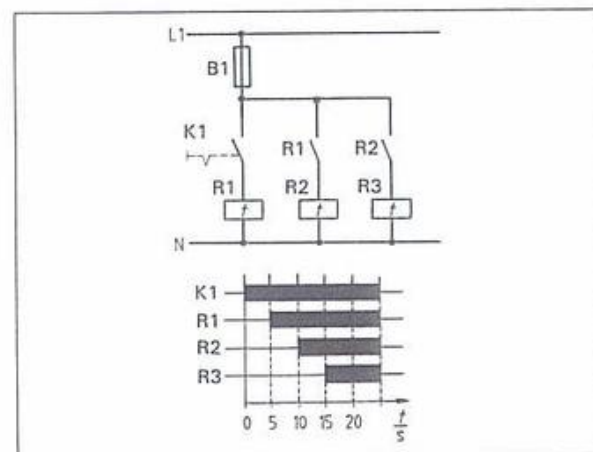
Az 1. . . 4. ábrán klasszikus mágneskapcsolós vezérlések funkcióinak áramúterve látható. E technikának az egyszerű és a kis berendezésekben van jelentősége.



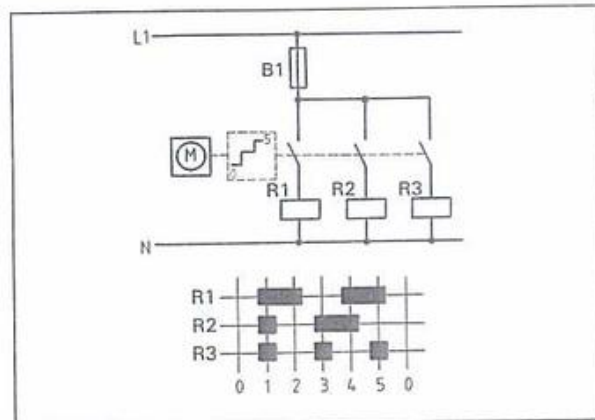
1. Öntartás bontó- (S1) és záró- (S2) érintkezővel, fényjelzéssel



2. Reteszelések



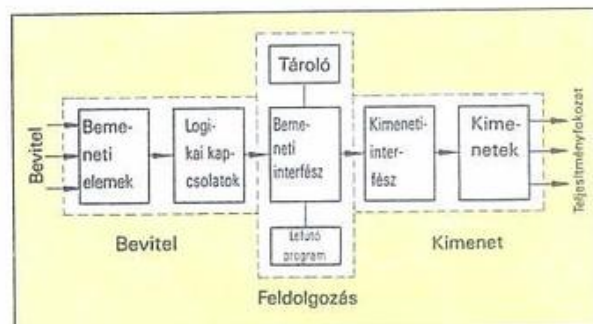
3. Időzítőkapcsolások meghúzás késleltetéssel, lefutó vezérléssel kombinálva



4. Mechanikus programkapcsolás lefutási vázlatlalt

Érintkező nélküli vezérlések

Az érintkező nélküli vezérléstechnika építőelemei az integrált áramkörös és logikai áramkörök. Számos kapcsolás hozható létre velük egyszerű kivitelben.



5. Érintkező nélküli vezérlés felépítése és részei

Egy érintkező nélküli vezérlés tagozódása (5. ábra):

Adatbevitel:

Bemeneti elemek (nyomógomb, jeladó, érzékelő stb.).

Bemeneti (interface) illesztés (illesztőtagok az adatbevitel és az adatfeldolgozó rész között).

Adatfeldolgozás:

Bináris kapcsolatok (ÉS, VAGY, NEM stb.).

Lefutó programok (pl. ütemadóval).

Programtároló.

Kimenetek:

Kimeneti (interface) illesztés (illesztőtagok a jelfeldolgozó és végrehajtó szervek között).

Végrehajtó szervek (transzisztorok, relék stb.).

Teljesítményfokozat:

Beavatkozásszervek, mágneskapcsolók, tirisztorok stb.

Sok esetben a teljes adatfeldolgozást, beleértve a programtárolást is, egyetlen építőelem, a **mikroprocesszor** végzi. A komplex vezérlések alkalmazása az 1. ábrán látható.

Nagyon összetett folyamat vezérlésére, pl. egy egész város közlekedési jelzőlámpáinak vezérlésére, járműgyártósor gyártásirányítására többek között **folyamatirányító processzorokat** használnak.

A 2. ábrán áttekinthetjük a különböző vezérlési eljárások alkalmazási területeit és fejlesztési tendenciáit.

A vezérlések megkülönböztető jegyei

A vezérlések sokrétűségének áttekintése érdekében a következő szempontokat lehet figyelembe venni:

- Az információ megjelenítése.
- Jelfeldolgozás.
- A programmegvalósítás módja.
- A vezérlés felépítése és tagolódása (hierarchia)¹.

Az információk (jelek) megjelenítése

Analog jelek analog vezérlést tételeznek fel folytonos beavatkozásszervekkel. Például: fordulatszám-vezérlés, áramló mennyiség vezérlése stb.

Digitális jelek digitális vezérlést tételeznek fel, szakaszos működésű beavatkozásszervekkel. Például: kétállású vezérlés, lépcsős vezérlés, számlálás, szárnítások stb.

A digitális-analog átalakítók (DA-átalakítók) és az analog-digitális átalakítók (AD-átalakítók) korlátozott mértékben lehetővé teszik a jelek átalakítását, így pl. mód van analog jelek digitális feldolgozására is.

Jelfeldolgozás

Aszinkron vezérlésről beszélünk, ha a vezérlési folyamat sem meghatározott idővel, sem ütemmel nincs összekapcsolva. Ilyen pl. a fordulatszám-vezérlés (l. az 1. és 2. ábrát a 194. oldalon).

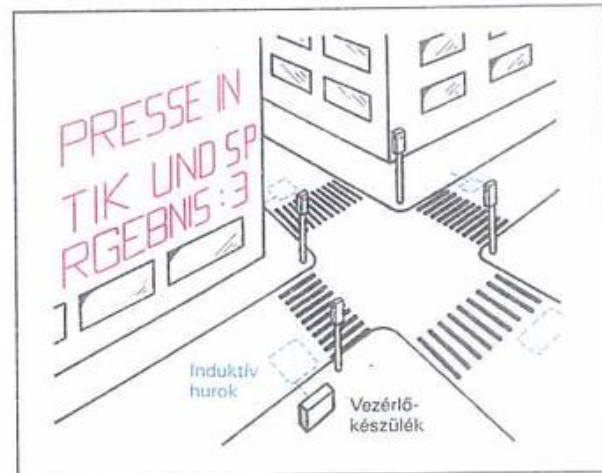
Szinkronvezérlés az, amikor a vezérlési folyamatokat ütemadó indítja. Tipikus példa erre a közlekedési lámpák vezérlése (1. ábra).

Csatolt vezérlés az, amikor a kimenő vezérlőjeleket logikai kapcsolatok szerint a bemenőjelekből nyerjük. Tipikus példák: felvonók, szállítószalagok, szerszámgépek és prések vezérlése stb. Mikroprocesszorral nagyon nagy bonyolultságú vezérlések is megoldhatók.

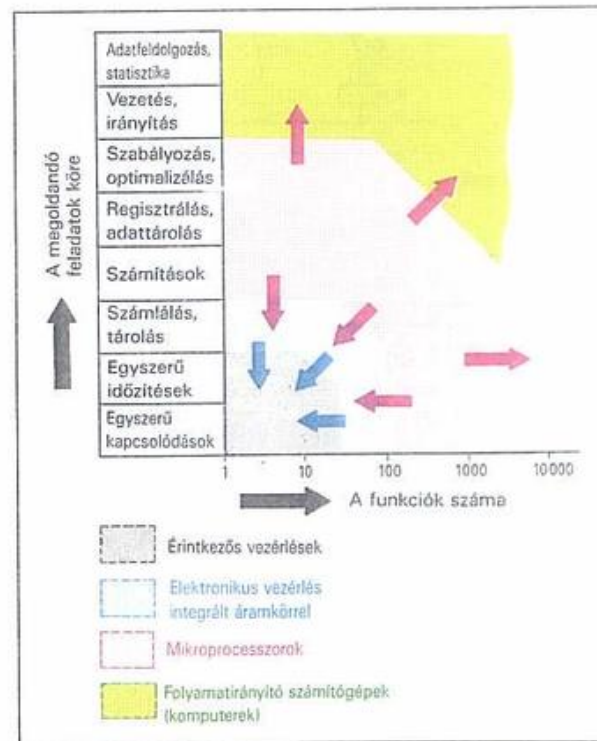
A **lefutó vezérlések** kényszerlépésekkel működnek. A lefutó program időfüggő is lehet, ekkor **idővezérelt lefutó programról** beszélhetünk. A tisztán idővezérelt vezérlések ritkák, példa erre a tanítási rend tanítási órákra és szünetekre osztva.

¹ Hierarchia: rangsor (görög)

Többnyire más feltételeknek elsőbbségük van, pl. a vízszint vagy a mosási hőmérséklet elérése a mosógépben, a szárítási fok a centrifugában, a darálnivaló finomsága a darálóban stb. A vezérlendő jellemzőt a folyamat szolgáltatja, ezért az ide tartozó vezérlési módot **folyamatvezérelt lefutó vezérlésnek** nevezzük. Az ún. **végtermékvezérlés** a szerszámgépekben szintén folyamatvezérelt, mert a továbblépés feltételét a szerszám gépnek az úttól függő jeleiből származtatjuk.



1. Komplex vezérlés példája: közlekedési lámpa vezérlése, fényűjság



2. Különböző vezérlési módszerek alkalmazási területe a fejlődési tendenciákkal

Programfejlesztés

A vezérléssel kapcsolatos irányelvek és elgondolások összessége a **vezérlési program**.

Az az egység, amely a vezérlőprogramot és az adatokat őrzi, a **vezérlés tárolója**.

A különböző vezérlőprogramokat a mosási folyamat kapcsán tekintjük át.

Korábban, amikor még kézzel mostak, a „programot” a mosónő tárolta, lefutását a kézzel végzett munka jelentette.

A következő lépés a kötött programú, kiválasztható vezérléssel működő mosógépek kifejlesztése volt. A vezérlésnek ezt a fajtáját **kötött programozású vezérlésnek** nevezzük. A programot a programadó és a beavatkozásszervek választéka határozzák meg. Programkapcsolóval vagy lyukkártya érintkezőivel meghatározott kapcsolatrendszert lehet felépíteni és ezáltal meghatározott programot lefuttatni. A tároló, amely a kapcsolódási pontokat előírja, kapcsolóállás vagy lyukkártya lehet.

A továbbfejlesztés a tárolt programú vezérlésekhez vezetett, ahol az összeköttetést már nem az egyes egységek között alakítják ki, hanem digitális jelként tárolják.

A tárolt programú vezérlésekhez elsősorban a **mikroprocesszoros** vezérlések tartoznak. Mindenütt használják őket, ahol sok függvényt vagy lefutási lépést kell feldolgozni, pl. mosógépekben, varrógépekben, szerszámgépekben, járművekben, folyamatvezérlésekben és sok egyéb területen.

Tárolt programú vezérlésnél gyakran **szabad programozásra** is lehetőség van. Ez azt jelenti, hogy mechanikai beavatkozás nélkül (pl. billentyűzettel) meg lehet változtatni a vezérlőprogramot. Ezzel új alkalmazási területek nyíltak, de nagyobb az igény a felhasználók oktatásával kapcsolatosan is.

A vezérlések osztályozása (hierarchia, l. az 1. ábrát)

Az **egyedi vezérlés** a legkisebb működési egység. Ez pl. egy motort, mágnesszelepet, szerszámgéphajtást és egyebet vezérel. Többnyire kézi- és automatikus üzemmódot, valamint üzem- és hibajelzést tartalmaz. Ha egy berendezés egyes vezérlései egymástól függetlenül működnek, **hierarchia nélküli vezérlésről** beszélünk.

Csoportos vezérlésről van szó, ha az egyes vezérlések kapcsolatban vannak egymással, és értelem szerűen folyamatként vagy részfolyamatként kapcsolódnak egymáshoz.

Az **irányító vezérlést** a csoportvezérlések fölé rendelik, és ez az egész folyamatot vezérli.

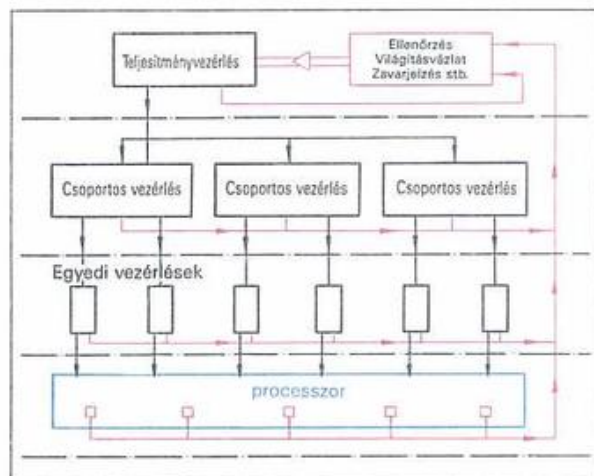
Az irányító vezérléshez ellenőrző szervek, üzemi jelzések (pl. világítózárak), zavarjelzések tartoznak.

A felosztást **egyedi vezérlésekre, csoportos vezérlésekre, irányító vezérlésre stb. hierarchikus felosztásnak** vagy **hierarchikus rendszernek** nevezzük.

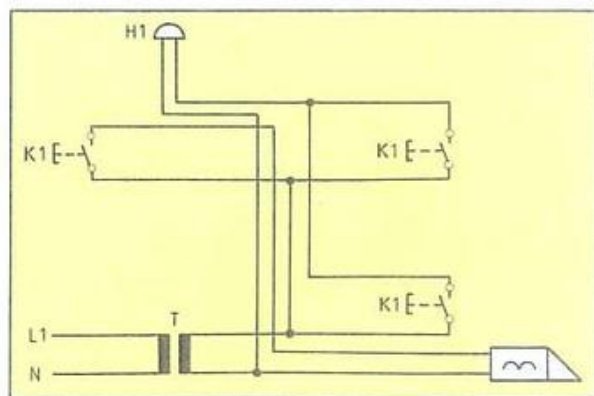
A hierarchikus rendszereket számos esetben kizárólag biztonságtechnikai okból alkalmazzák.

Mechanikai mennyiségek vezérlése

A lakóház-installáció fontos eleme az ajtónyitás vezérlése. Ha a kapunál csöngetnek, a lakásból a kapuzárat távvezérléssel kell kinyitni. A 2. ábrán kapunyitó vezérlés látható csengővel.



1. Szerteágazó vezérlés hierarchikus felépítése



2. Ajtónyitó berendezés

Ha úgy akarjuk vezérelni az ajtót, hogy kinyíljon, amikor valaki közeledik, fénySOROMPÓT alkalmazunk.

A fénySOROMPÓ fényforrásból áll, amely fényellenállásra irányított fókuszált fényt bocsát ki. Ha valaki a fény-sugár útjába kerül, a fényellenállás megváltoztatja az értékét. Erősítőkapcsolás vezérli az ajtónyitó motort. Az 1. ábrán fénySOROMPÓT látunk irányváltó kapcsolóval, jobb és bal forgásirányhoz. Ezáltal az ajtó kinyílik, majd újra becsukódik.

Hőfejlesztő készülékek vezérlése

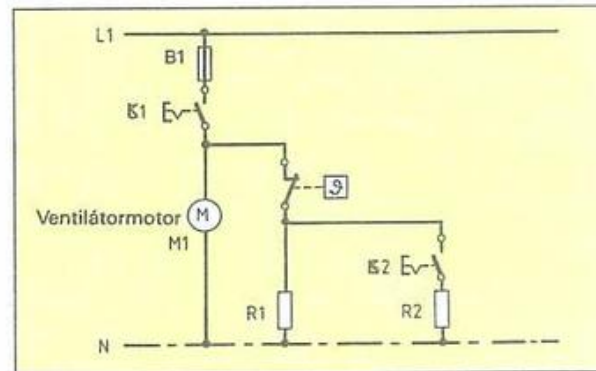
A hőfejlesztő készülékek esetében gondoskodni kell arról, hogy a készülék a túlmelegedésekor kikapcsoljon. A 2. ábrán hőfűvő ventilátor kapcsolását látjuk. A K 1 kapcsoló az R1 fűtőtestet és a ventilátort a hálózatra kapcsolja, a K2 kapcsolóval az R2 fűtőtestet lehet mellékapcsolni. Túlmelegedéskor a fűtés kikapcsol, de a ventilátor a hőelvezetés érdekében bekapcsolva marad.

A villamos motorok vezérlése

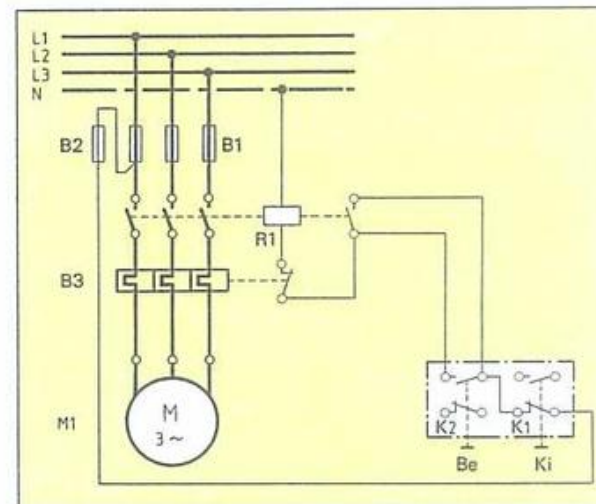
Ha egy készüléket mágneskapcsolóval vezérelnék, általában nyomógombot használnak a be- és kikapcsolásra. Hogy a be-nyomógomb megnyomására a készülék tartósan bekapcsolva maradjon, a kapcsoló egy érintkezőjét öntartásra használják (3. ábra).

Számos aszinkron hajtásnál használnak indításkor csillag-háromszög átkapcsolást.

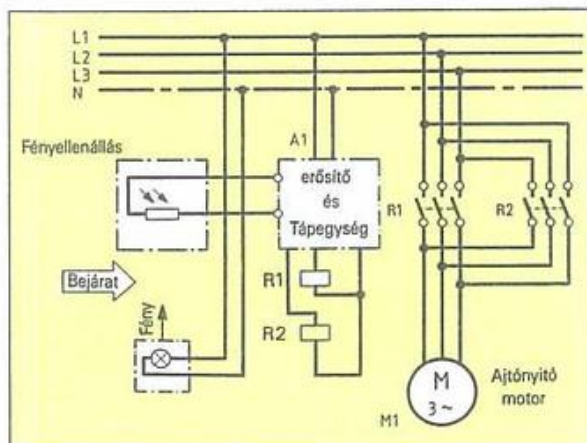
A 4. ábra ilyen kapcsolást mutat. A be-nyomógomb működtetése után a motor csillagkapcsolásban felfut, a felfutás után pedig háromszögbe kapcsol át



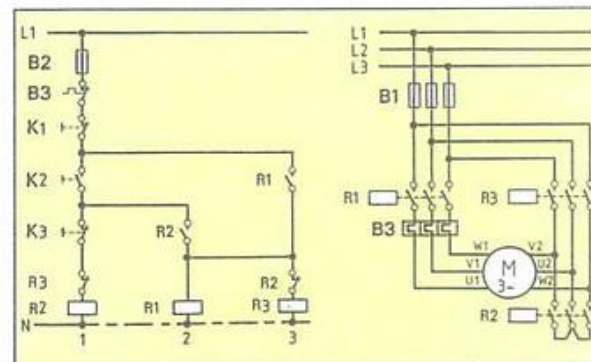
2. Hőfűvő ventilátor vezérlése



3. Mágneskapcsoló-vezérlés öntartással



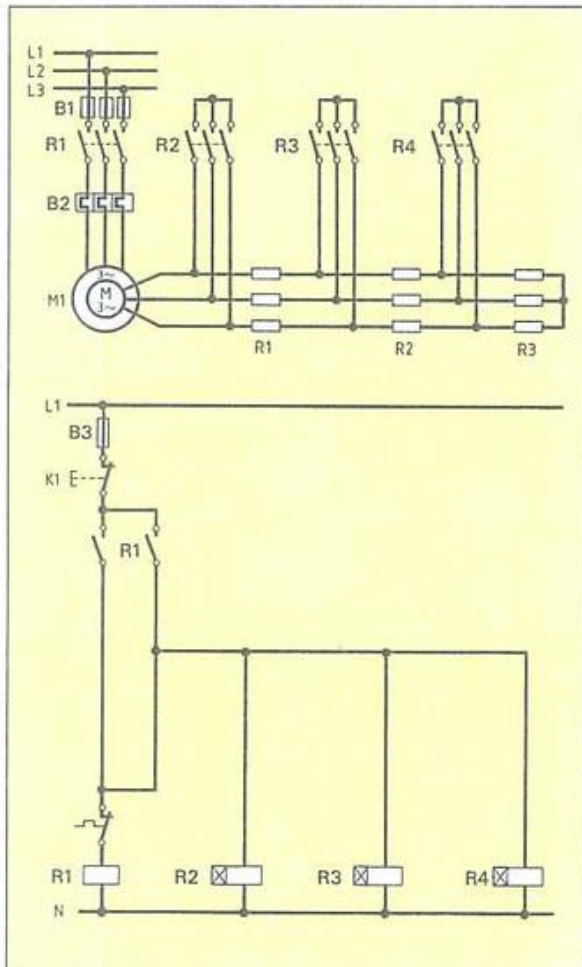
1. Ajtóvezérlés fénySOROMPÓval



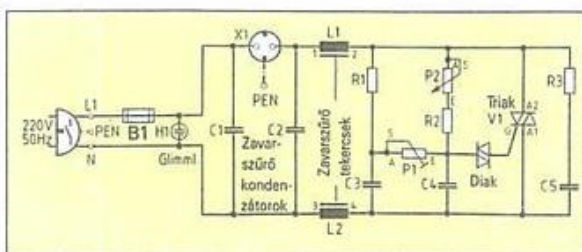
4. Csillag-háromszög mágneskapcsoló-vezérlés

Csúszógyűrűs motort ellenálláson át indítanak. Az 1. ábrán automatikus indítókapcsolást látunk a csúszógyűrűsmotorhoz. Az indító-ellenállásokat mágneskapcsolókkal, bekapcsolási késleltetéssel három fokozatban iktatják ki.

A háztartási készülékek és kis szerszámgépek motorjainak fordulatszám-szabályozására (de izzólámpák teljesítményszabályozására is) tirisztorok használhatók, gyújtásszögvezérléssel.



1. Csúszógyűrűs motor indítókapcsolása



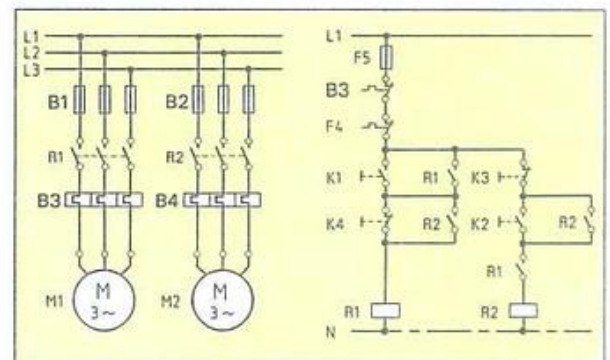
2. Gyújtásszögvezérlés

A 2. ábrán gyújtásszögvezérelt kapcsolást látunk, ahol a tápfeszültséget hálózatról veszik.

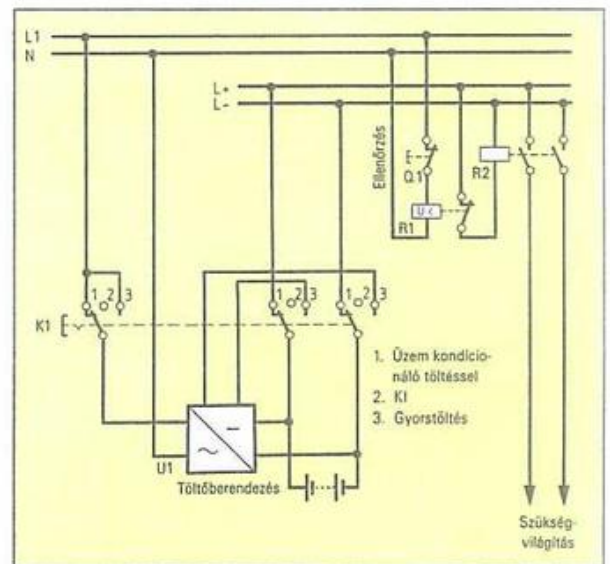
Példák összetett vezérlésre

Feltételes vezérlésről beszélünk, ha egy készülék kapcsolási állapotát csak akkor lehet megváltoztatni, ha egy másik pontosan meghatározott kapcsolási állapotban van. A 3. ábrán reteszelés látható, ahol a 2. motor csak akkor indítható, ha az 1. motor már forog.

A 4. ábrán szükségáramforrás vezérlését látjuk, amit kisebb gyűléstermekben vészvilágításra használnak.



3. Feltételes kapcsolás



4. Szükségvilágítási berendezés vezérlése

13.6. Ellenőrizze tudását

13.1. szakaszhoz: A vezérléstechnika feladatai

1. Nevezzünk meg néhány vezérléstechnikai feladatot!

13.2. szakaszhoz: Alapfogalmak

1. Ismertessük a vezérlés és a szabályozás elvét!
2. Vázoljunk fel egy vezérlési elvet, és rajzoljuk be azt a hatásvonalat, amely belőle szabályozást csinál!
3. Miért nem lehet egy potenciométer kézi beállítását (pl. „hangerő-szabályozást”) szabályozásnak nevezni! Hogy szól a helyes meghatározás?
4. Soroljuk fel a vezérléstechnika építőelemeit!
5. Rajzoljuk le egy nyomógomb (három fajta), beavatkozásszerv pneumatikus kapcsoló szabványos jelöléseit!
6. Mi a különbség az analóg és digitális jel között?
7. Soroljuk fel az érintkezős, ill. az érintkező nélküli vezérlés építőelemeit!

13.3. szakaszhoz: A kettes számrendszer

1. Miben különbözik a kettes számrendszer a tízes számrendszertől?
2. Írjuk le a kettes számrendszer felépítését! Ábrázoljuk a 0...15 közötti decimális számokat bináris számként!
3. Mit jelent az 1 bit információ?

Feladatok:

1. Adjuk össze a következő bináris számokat:
 - a) 10111010
01101101
 - b) 11010110
10111010
 - c) 11100001
10101110
2. Ellenőrizzük az 1. feladat összeadásait decimális számokkal!
3. Vonjuk ki egymásból a következő bináris számokat:
 - a) 10101010
10010111
 - b) 11010111
01111001
 - c) 110011001
100101010
4. Ellenőrizzük a 3. feladat kivonásait decimális számokkal!
5. Az 1. feladat bináris számai 1a-tól 1c-ig egymás után két 8 bites kimenetre kapcsolódnak. ÉS kapcsolattal összekötjük őket. Mi lesz az eredmény?
6. 3a-tól 3c-ig a feladatban szereplő számok egymás után 8 bites kimenetre kapcsolódnak. VAGY kapcsolattal összekötjük őket. Mi lesz az eredmény?

13.4. szakaszhoz: Bináris alapkapcsolások és alapösszefüggések

1. Rajzoljunk egy-egy VAGY és ÉS kapcsolást relékkel és a digitális technika rajzjeleivel, az igazságtáblázattal együtt!
2. Milyen relékapcsolással lehet negálást ábrázolni?
3. Milyen lehetőségeket nyújt a De Morgan-szabály?
4. Igazoljuk a De Morgan-szabályt az ÉS, ill. VAGY kapcsolatok igazságtáblázatával!
5. Írjuk fel a De Morgan-szabály azonosságait a megfelelő rajzjelekkel!
6. Rajzoljunk öntartó kapcsolást relétechnikával és a digitális technika szimbólumaival!
7. Egyszerű tárolókapcsolást két NOR tagból is fel tudunk építeni. Rajzoljuk le a kapcsolást, és írjuk rá a tárolóneveket!
8. Milyen az SR flipflop igazságtáblázata?
9. Keressük meg az SR billenőtág tiltott bemeneti kombinációit, és írjuk le a normális függvényeit!

13.5. szakaszhoz: Vezérlések

1. Mik a vezérlőlánc egyes tagjai?
2. Soroljunk fel különböző vezérlési módokat a jelfeldolgozás módja szerint!
3. Ismertessük a következő kapcsolást: ajtóvezérlés fényesorompóval!

7. A bináris szám szorzása kettővel egy hellyel balra való eltolással lehetséges. Keressünk számítási módszert a következő tényezőkhöz: 3, 7, 6, 11 (decimális számok)! Válasszunk példaként bináris számokat az 1. vagy 3. feladatból, és ellenőrizzük az eredményt decimális számokkal!

Levezetés: az összeadás és a szorzás a 2 hatványaival megengedett. Bontsuk fel a tényezőket ilyen alakra:

$$\text{Pl.: } 5 \text{ tényező} = (2 \cdot 2 + 1)$$

$$13 \text{ tényező} = (2 \cdot 2 \cdot 2 + 2 \cdot 2 + 1)$$

$$6 \times 13 \text{ bináris számokkal a következő:}$$

$$110_2 \times 13_{10} \text{ azt jelenti } (2 \cdot 2 \cdot 2 + 2 \cdot 2 + 1)$$

$$1. \text{ Eltolás 3 hellyel balra } (2 \cdot 2 \cdot 2)$$

$$110000$$

$$2. \text{ Eltolás 2 hellyel balra } (+2 \cdot 2)$$

$$11000$$

$$3. \text{ Magát a bináris számot használva } (+1)$$

$$4. \text{ Mindhárom tagot összeadva}$$

$$110000$$

$$11000$$

$$110$$

$$\hline 1001110_2 = 78_{10}$$

$$6_{10} \cdot 13_{10} = 78_{10}$$

14. Anyagismeret

14.1. Az anyagok minősítése és ellenőrzése

Általános összehasonlító adatok

Az anyagok tulajdonságait a szakszerű felhasználás érdekében szabványokban rögzítik, jelekkel látják el, és vizsgálati eljárásokat írnak elő rájuk. A legfontosabbak a következők:

Általános összehasonlító adatok pl.: sűrűség (g/cm^3); olvadási hőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$); forráshőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$); hővezető képesség ($\text{W/m}\cdot\text{K}$); fajlagos hőkapacitás ($\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$); fajlagos olvadási hő (kJ/kg); lineáris hőtágulási együttható ($\cdot 10^{-6}/\text{K}$).

Szilárdsági adatok

Méretezéskor az igénybevételt úgy kell megválasztani, hogy maradó alakváltozás ne lépjen fel; a biztonságot is betervezik. Viszonyítási alap a rugalmassági határ. A rugalmas és maradó alakváltozás határa a 0,2% nyúláshatár. Az a határ, amelynél törés keletkezik, a törési határ. A törési nyúlás szakítási vizsgálatkor a százalékban adott maradó alakváltozás a kiindulási hosszhoz képest, a próbadarab szakadása után.

Az E , N/mm^2 rugalmassági modulus lehetővé teszi az összehasonlítást rugalmas alakváltozáskor. Minél nagyobb a rugalmassági modulus, annál kisebb az alakváltozás. Például szerkezeti acélnál (St 37.3) $E = 80 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$; alumíniumötvözetnél $E = 4 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$ műanyagnál $20 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$; azaz azonos terheléskor az alakváltozás 1:2:4 (fordított arányosság).

Keménységen azt az ellenállást értjük, amivel egy anyag egy keményebb anyag behatolásának ellenáll. Brinell-méréskor a méréshez acél- vagy keménységmérő golyót, Vickers-vizsgálatkor gyémántkúpot használnak, előírt terheléssel. A keménység számértéke a terhelés és a benyomódás felületének a hányadosa. Rockwell-méréskor egy gyémántkúp behatolási mélységét mérik. A Shore-eljárásban a rugalmas műanyagok esetén keménységmérésre csónkakúpot használnak.

Technológiai jellemzők

Ilyen pl. az önthetőség, megalakíthatóság, pl. kovácsoláskor, sajtoláskor; a hidegalakíthatóság, pl. mélyhúzáskor; a forgácsolhatóság pl. az esztergálás, marás, gyalulás során.

Kémiai ellenállóképesség és korrózióállóság

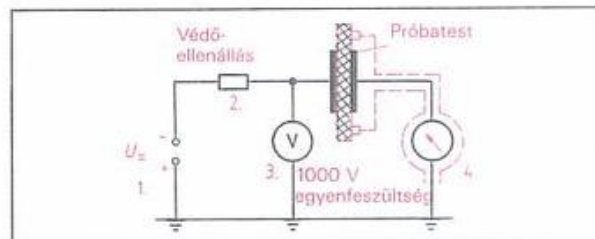
A vegyszerek vagy az elektrokémiai oldás csökkenti a szilárdságot és az élettartamot.

Műanyagok melegszilárdsága

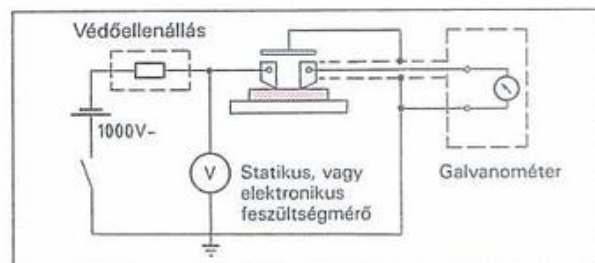
A hőmérséklet döntően befolyásolja a mechanikai szilárdságot. Vizsgálják továbbá az alaktartást és a tűzállóságot.

Villamos jellemzők, különösen a szigetelőanyagok esetében

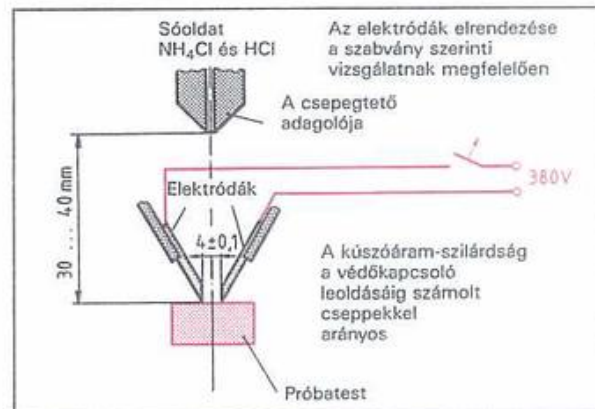
A térfogati ellenállást a szabvány szerint $\Omega\cdot\text{cm}$ -ben mérik, az 1. ábra szerint. Az Ω -ban mért felületi ellenállást meghatározott távolságban elhelyezett ezüstelektrodák között mérik (2. ábra). Szennyezett felület felületi ellenállásának meghatározására a kúszóáram-szilárdságot mérik, ahol két elektróda közé sóoldatot csöpögtetnek (3. ábra). A mérés során megszámlálják a cseppek számát a rövidzárástól (KA-eljárás), ill. megmérik azt a legnagyobb feszültséget, amely az 50. csepp után sem hoz létre kúszóutat (KB-eljárás).



1. A térfogati ellenállás mérése



2. A felületi ellenállás mérése



3. Szigetelőanyagok kúszóáram-szilárdságának mérése

Az E_d villamos átütési szilárdság (DIN 53481)

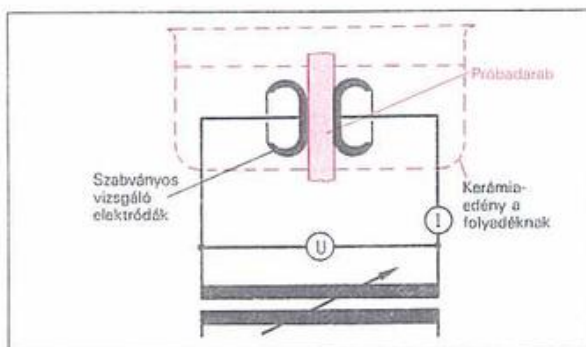
Az a villamos térerősség, amelynél a szigetelőanyag átüt, az E_d átütési szilárdság. A mérés során a próbatestet olaj alá helyezik, 50 Hz-es váltakozó feszültséget kapcsolnak rá, és nullától az átütésig növelik. Az átütés 20 s után következhet be (1. ábra).

Az átütési szilárdság az anyagvastagsággal és a hőmérséklettel együtt csökken.

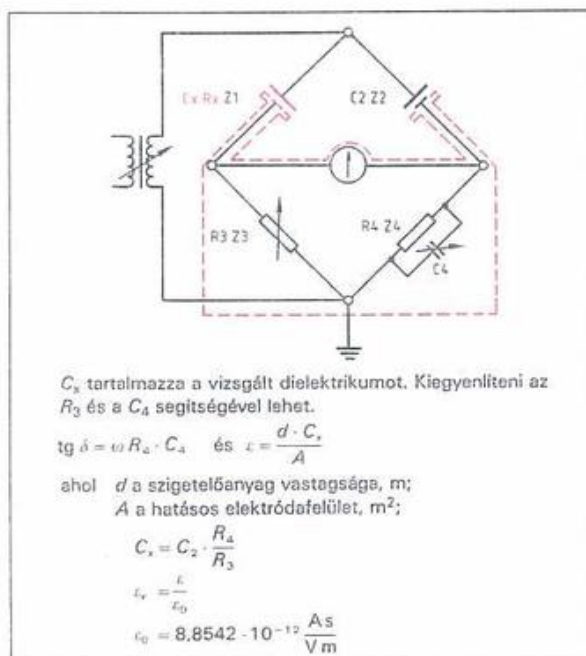
Az ϵ , permittivitás

Értékét a szigetelőanyaggal és a nélkül mért kapacitás hányadosa adja:

$$\epsilon_r = \frac{C_{\text{szigetelő}}}{C_{\text{levegő}}}$$



1. Átütési szilárdság vizsgálata



2. Szigetelőanyag ϵ , permittivitásának és $\text{tg } \delta$ veszteségi tényezőjének meghatározása Schering-híddal

A dielektromos veszteségi tényező ($\text{tg } \delta$; 2. ábra)

A szigetelőanyag szerkezete meghatározza a veszteségi tényező értékét. Ha a szigetelőanyagban a dipólusok csak a villamos tér hatására keletkeznek, eltolási polarizációról beszélünk, a veszteség ebben az esetben kicsi. Ha a molekulák már a villamos tér hatása nélkül is dipólusok, akkor a villamos tér hatására rendeződnek, az ezzel kapcsolatos veszteség nagyon nagy (3. ábra). Villamos térben csak nagy veszteségi tényezőjű műanyagok hegeszthetők.

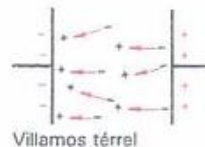
A veszteségi tényező függ a frekvenciától és a hőmérséklettől. Növekvő frekvenciával és hőmérséklettel a dielektromos veszteségek nőnek (l. a 225. oldal táblázatát és a 220. oldal 1. és 2. ábráit).



a) Dielektrikum polarizációja

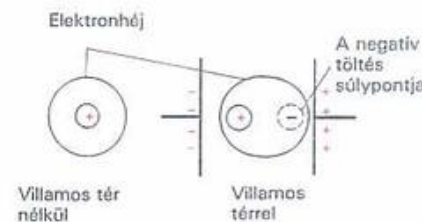


Villamos tér nélkül



Villamos térrel

b) Rendeződő polarizáció (nagy dielektromos veszteség). Az atomok és molekulák már a villamos tér hatása nélkül is dipólusok



c) Eltolási polarizáció (kis dielektromos veszteség)

3. Villamos tér hatása a szigetelőanyagra: eltolási polarizáció, rendeződő polarizáció

14.2. Vasanyagok

Acél

Az acél utókezelés nélkül kovácsolható vas. Az acélok felosztása az 1. ábrában látható. Széntartalmuk többnyire 1% alatt van.

A nemesacélokat a nagy tisztaság jellemzi, igen kis kén- és foszfortartalommal.

Öntöttvas

Az öntöttvas széntartalma nagyobb, többnyire 3% körüli. Ha a szén lemezes beágyazódású, **lemezgrafitos öntöttvasnak** nevezik, amelynek nincs törési nyúlása, de rezgéscsillapító hatása jó (motorházak). A **gömbgrafitos öntöttvas** nyújtható és van törési nyúlása. Öntvényeiből bonyolult formák készíthetők, precíziós öntéskor forgácsoló megmunkálásra nincs szükség.

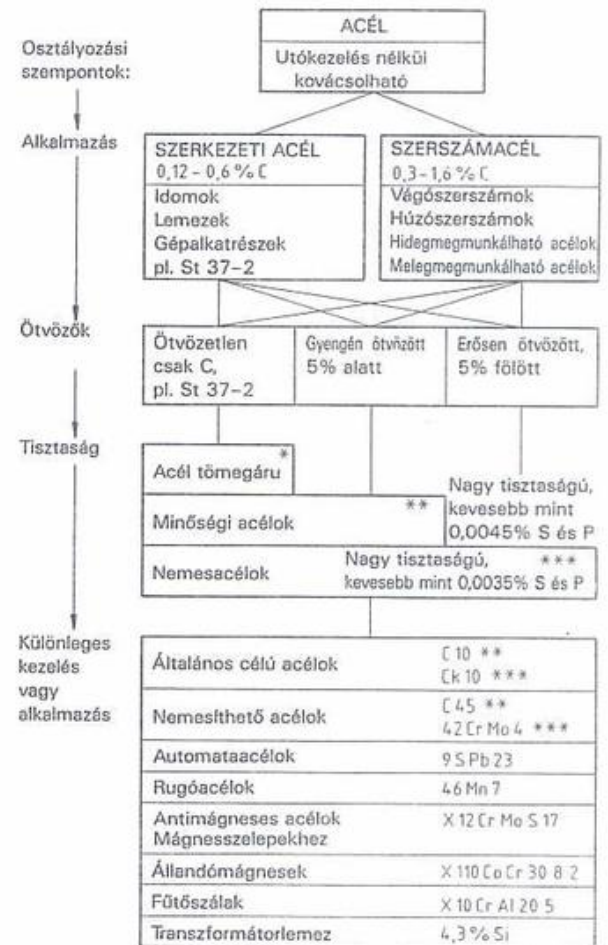
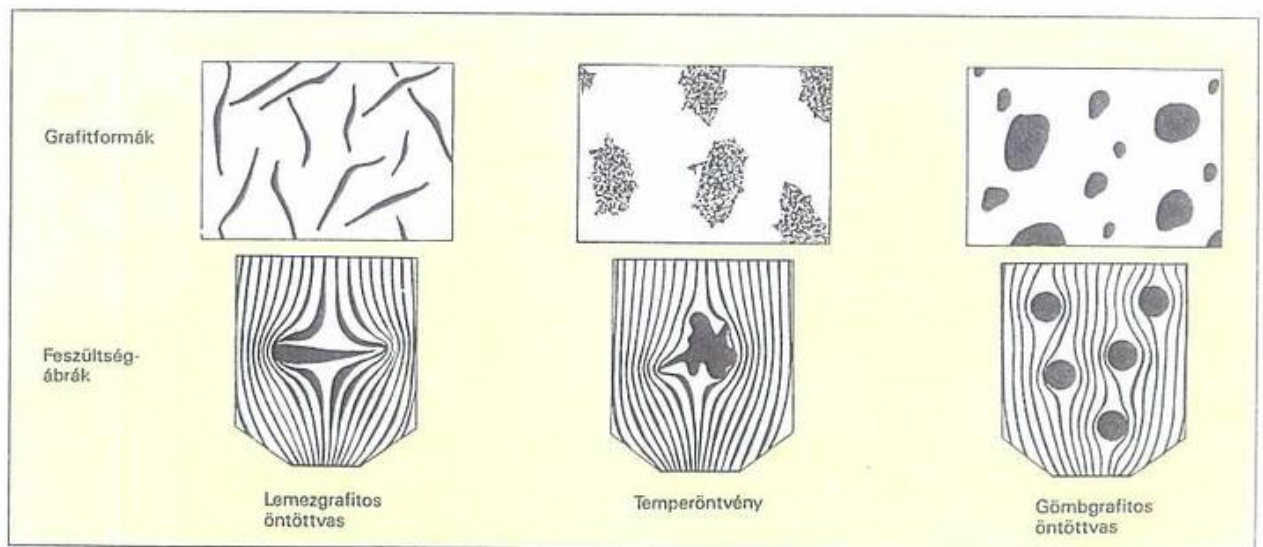
Temperöntvény

A temperöntvény speciális vasöntvény, amely a hőkezeléssel, az ún. temperálással nagyobb nyúlású lesz.

Az anyagok osztályozása

A 204. oldal 1. táblázata összefoglalja a fémek anyagokat, és jellemzőiket.

A vasanyagok betű- és számjelzést kapnak, amiből pl. megállapítható az összetétel vagy a szilárdság, a különleges tulajdonságok, az alkalmazási terület és a megmunkálhatóság.

1. Az acélok osztályozása¹

2. A különböző öntvényanyagok grafitformái és feszültségábrái

¹ Az acélok jelölése a Magyar Szabvány szerint ettől eltérő!

Anyagjelölő szám, DIN 17007	Jelölés, DIN 17006	Kémiai összetétel, %	Szakítószilárdság, R_m N/mm ²	Nyúlási határ, R_e N/mm ²	Nyúlás, %
1.0116	St 37.3	0,17 C; 0,045 S	410 ... 580	275	26
Ötvözetlen szerkezeti acél; 3 csoport: alkalmazás pl. gépszerkezetekben					
1.7361	32 Cr Mo 12	0,32 C; 3 Cr 0,4 Mo	980 ... 1180	765	11
Gyengén ötvözött acél; alkalmazás: tengelyek, fogaskerek, reteszek					
1.4401	X5CrNiMo1810	0,05 C; 18 Cr, 10 Ni	450 ... 800	175 ... 350	40 ... 50
Erősen ötvözött acél; alkalmazás nagy kémiai igénybevételhez — rozsdamentes, antimágneses					
0.6025	GG 25	3 C	245	—	—
Lemezgrafitos öntöttvas; alkalmazás: házak — rezgécscillapító					
0.7050	GGG 50		490	—	7
Gömbgrafitos öntöttvas; alkalmazás: pl. fogaskerek					
0.8040	GTW 40		400	220	5
Szénmentesített hőkezelt temperöntvény; alkalmazás: pl. armatúrák szabadvezetékekhez					
0.8145	GTS 45		450	270	6
Széntartalmú hőkezelt temperöntvény; alkalmazás: pl. armatúrák					
1.0551	GS 52		510	255	18
Acélöntvény; alkalmazás: gépkatrészek					

1. Példák vasanyagokra¹

Az acélok hőkezelése

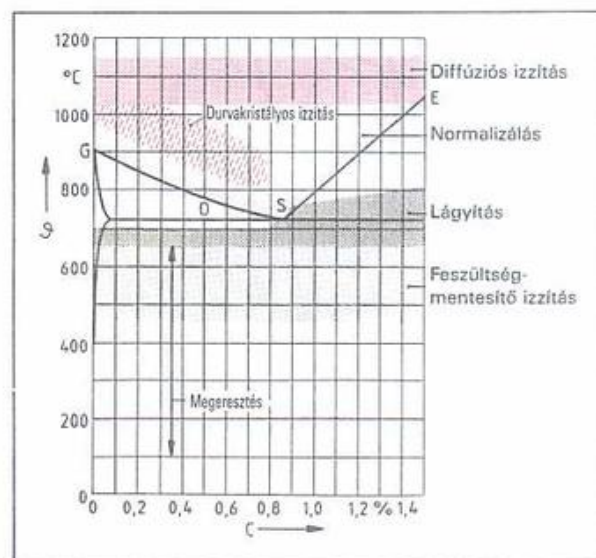
A vasanyagok — mint minden fém — mikrokristályokból állnak. Az olvadékból ezek a növekvő egykristályok köicsönös akadályozásából keletkeznek. Felépítésük és összetételük határozza meg a tulajdonságukat, pl. a megmunkálhatóságot, keménységet, kopásállóságot és a mágneses tulajdonságokat. A mikrokristályok hőkezeléssel megváltoztathatók, amire az ötvözőknek, elsősorban a széntartalomnak döntő befolyása van. A fogalmakat szabvány tartalmazza.

Izzítás

Az anyagot a célnak megfelelő hőmérsékletre felmelegítik, hőt tartják és lassan lehűtik. Az átmelegítéshez idő szükséges.

Normalizáló izzításkor a mikrokristályok újraképződnek, ehhez 800 °C körüli hőmérsékletre van szükség.

¹ A vasanyagok jelölése a Magyar Szabvány szerint ettől eltérő!



2. Izzítási tartományok

Normalizáló izzításkor a durva kristályokat, amelyek pl. hegesztéskor keletkeznek a nagy hőmérséklet hatására, újra finomszemcséssé teszik a szilárdsági jellemzők javítása érdekében.

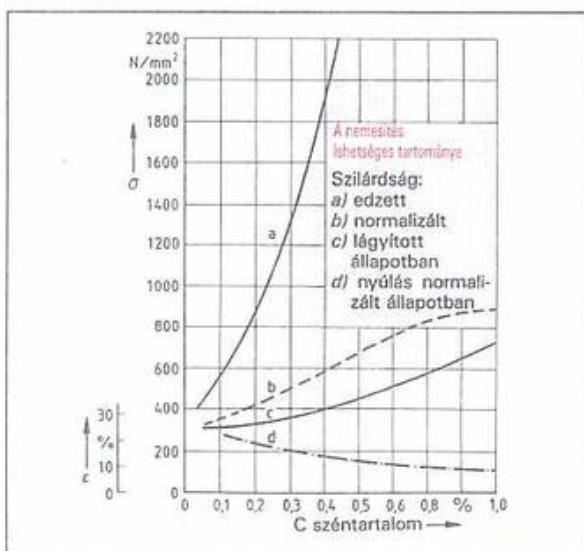
Lágyító izzításkor a cementit lemezes állapotból gömb formájúvá válik. A lágyítással a forgácsolhatóság javul.

Újrakristályosító izzításra nagymértékű hidegalakítás után van szükség. A hőmérsékletet az anyagösszetétel és az alakítás mértéke szerint kell megválasztani. Az újrakristályosítással módosul a kristályszerkezet, és lehetővé válik a további alakítás. A kívánt szemcseszerkezet-finomításhoz normalizálásra van szükség.

Feszültségmentesítő izzításra hegesztések után van szükség, mert az belső feszültségeket okozhat. A feszültségmentesítés 500. . 600 °C hőmérséklete megszünteti a belső feszültségeket és növeli a szerkezet terhelhetőségét.

Edzés és megeresztés

A forgácsolószerszámok keménysége az acélénál nagyobb kell, hogy legyen. A rugóknak nagy tartományban rugalmasan alakíthatóknak kell lenniük. A súrlódó helyeken kicsi kell, hogy legyen a kopás. Ezek a tulajdonságok edzéssel érhetők el. Edzéskor a megfelelő széntartalmú acélt annyira felmelegítjük, hogy a szén oldatba megy, tehát ausztenit alakul. Nagyon gyors, vízzel való hűtéskor nincs idő ferrit- és perlitképződésre; egy nagyon kemény kristályszerkezet, az ún. martenzit jön létre. Az acél edzés után nagyon kemény, de rideg. Ismételt felmelegítéssel, amit megeresztésnek neveznek, csökkenthető a keménysége és a nyúlása megnő.



1. A szénacélok szilárdsága különböző hőkezelés után

A megeresztési színek alapján lehet felismerni a megeresztési hőmérsékletet (2. ábra).

Az acél izzítási színei		Az acél megeresztési színei	
Sötétbarna	550 °C	Sárgásfehér	200 °C
Barnászörös	630 °C	Szalmasárga	220 °C
Sötétvörös	680 °C	Aranyásárga	230 °C
Sötét cseresznyeörös	740 °C	Sárgásbarna	240 °C
Cseresznyeörös	780 °C	Barnászörös	250 °C
Világos cseresznyeörös	810 °C	Vörös	260 °C
Világosvörös	850 °C	Bíborvörös	270 °C
Erősen világosvörös	900 °C	Ibolyaszínű	280 °C
Sárgászörös	950 °C	Sötétkék	290 °C
Sárga	1000 °C	Búzavirágkék	300 °C
Világossárga	1100 °C	Világoskék	320 °C
Sárgásfehér	1200 °C	Kékesszürke	340 °C
		Szürke	360 °C

és fölötté

Erősen ötvözött acél esetében ezek a megeresztési színek csak nagyobb hőmérsékleten jelentkeznek.

2. Izzítási és megeresztési színek

A nagyobb keresztmetszetű tiszta szénacél nem edződik át teljesen, a vágószerszámok utánköszörülésekor hamar a lágy anyaghoz jutunk, a szerszámot pedig újra kell edzeni. Ötvözött acél esetében ez nem olyan mértékű, vagy elő sem fordul. A szükséges lehűtési sebesség lényegesen kisebb, a hűtőközeg olaj, sőt levegő is lehet.

Nemesítés

Elsősorban a nagy igénybevételű gépelemeket nemesítik. Ennek során az alkatrészeket 800 °C felett normalizálják, utána edzik és megeresztik.

Ötvözetlen acél esetén az elérhető szakítószilárdság:

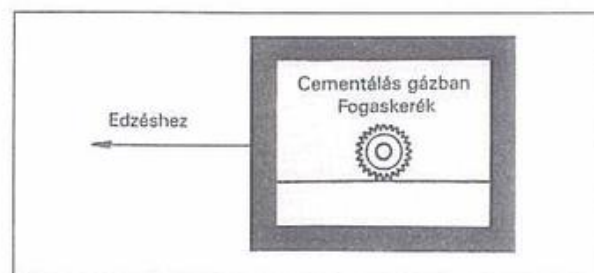
$$\sigma = 1000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \text{ ötvözött acél esetében:}$$

$$\sigma = 1300 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ is elérhető. A keménység azonban}$$

csökken.

Felületi edzés

A fogaskerek és tengelyek nagy ütőszilárdságúak, tehát szívósaknak kell lenniük. Felületük azonban igen kopásálló és kemény kell, hogy legyen, ez felületi edzéssel érhető el.



3. Kis széntartalmú acél, pl. Ck 10

Görgőzés

A háztartási gépek csapágyazási helyeit sokszor a felület egyszerű erős nyomásával, tehát görgőzéssel teszik kopásállóbbá.

Betétedzés (l. a 3. ábrát a 205. oldalon)

Gyakran használnak olyan különleges acélt, amelynek annyira kicsi a széntartalma, hogy nem edzhető. Kéregedzéskor az acél felületébe szénttartalmú, és azt leadni képes szén, só vagy gáz segítségével kb. 900 °C hőmérsékleten szénét juttatnak, azaz diffundáltatnak, a felület így edzhetővé válik. A behatolási mélységet az izzítás ideje határozza meg. Eredeti eljárás szerint az edzés során a munkadarabot faszénbe, koksza vagy csontszénbe ágyazták. Ezt a felületi edzést nevezik **betétedzésnek**. Ma gyakran nitrogént is vezetnek hozzá.

Nitridáló edzés

Nitridáló edzéskor a munkadarabot csak kb. 500 °C hőmérsékletre melegítik, pl. ammóniagázban (NH_3).

A felület nitrogént (N) vesz fel. Ez a réteg nagyon kemény, de legfeljebb 0,3 mm-es, ezért könnyen benyomható.

Különleges alumíniumtartalmú ötvözet szükséges hozzá. A darabokat nitridálás előtt készre kell munkálni. A kis hőmérsékleten **vetemedés nem lép fel**.

Egyes **szerszámokat**, pl. az esztergakéseket edzés után még nitridálják. Ezzel élettartamuk, azaz az újraélezéshez szükséges idő a nagyobb keménység eredményeként megháromszorozódik, csökken a súrlódás és kevésbé törik a kés.

Láng-, indukciós- és sóedzés (1. és 2. ábra)

Az **edzhető acélokat** is lehet kis mélységben edzeni. Ilyenkor nagy hőbevitellel olyan gyors a melegítés, hogy a felület már eléri az edzési hőmérsékletet anélkül, hogy az anyag belsejébe jelentős hő jutna. A gyors, vízzuhanyos hűtés hatására a felületi réteg kemény lesz. A hőbevitelt nagy teljesítményű gázégőkkel, a tömeggyártásban inkább indukciós úton oldják meg. Nagyfrekvenciás váltakozó árammal gyorsan váltakozó mágneses teret keltenek, amivel a munkadarab

felületén indukált áram felmelegíti a felületet. A behatolási mélységet a frekvencia és az idő határozza meg. Ezeket az eljárásokat nevezik **lángedzésnek** vagy **indukciós edzésnek**.

Borálás

Ez az eljárás megegyezik a nitridálással, de nitrogén (N) helyett bört (B) diffundáltatnak.

Keménykrómozás

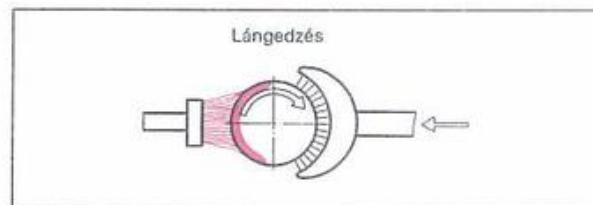
Ennek során a munkadarab felületére galvanizálással kemény krómréteget visznek fel.

Felrakóhegesztés

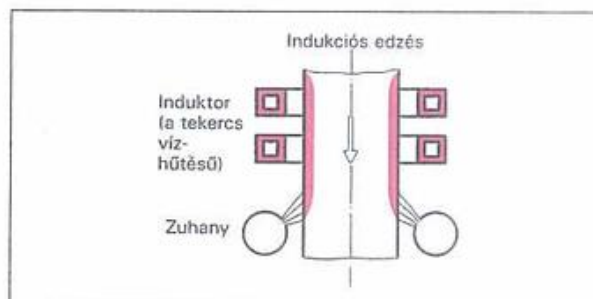
Felrakóhegesztéssel a munkadarab felületére keményebb anyag vihető fel.

A kéregedzés betétedzéssel, nitridálással stb. a tartós szilárdságot növeli.

Fontos, hogy a javítások során ezt az edzett réteget nem szabad hőhatásnak kiténni!



1. Edzhető acél, pl. 42 CrMo4



2. Edzhető acél, pl. CrMo4

14.3. Nemvas fémek

A nemvas fémek jellemzői

Általános megkülönböztetőjegyek

Minden létező anyagot visszavezethetünk a periódusos rendszer elemeire. Ezek fizikai és kémiai tulajdonságaik alapján fémes és nemfémes anyagokra oszthatók.

E felosztás alapja a **villamos vezetőképesség** (1. ábra).

Fémek: nagy a villamos vezetőképességük. Villamos ellenállásuk a hőmérséklet növekedésével nő.

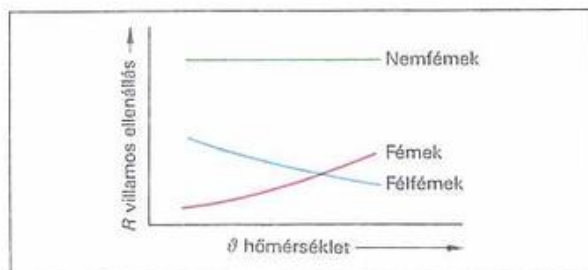
Félfémek: bár van villamos vezetőképességük, lényegesen kisebb, mint a fémeké. Villamos ellenállásuk a hőmérséklet növekedésével csökken.

Nemfémek: villamos vezetőképességük gyakorlatilag nulla.

A fémeket kémiai viselkedésük szerint **nemesfémekre**, **félnemes fémekre** és **közönséges fémekre** osztjuk (2. táblázat).

A könnyű- és nehézfémeket a 3. táblázat foglalja össze.

Az olvadáspont alapján a **nehézfémek** tovább oszthatók **alacsony**-, **magas**- vagy **igen magas olvadáspontú fémekre** (4. táblázat).



1. A hőmérséklet hatása a villamos vezetőképességre

Fajta	Például	Felhasználás
Nemesfémek	Arany Ezüst Platina	Érintkezők, elektródák stb.
Félnemes fémek Közönséges fémek	Réz Nikkel Vas Ólom	Villamos készülékek, vezetékek stb. Szerszámok, építőelemek, akkumulátorok stb.

2. Nemesfémek, félnemes fémek, közönséges fémek

Fajta	Sűrűség, kg/dm ³	Például
Könnyűfémek	≤ 4 kg/dm ³	Alumínium Magnézium
Nhézfémek	> 4 kg/dm ³	Vas Arany

3. A könnyű- és nehézfémek osztályozása

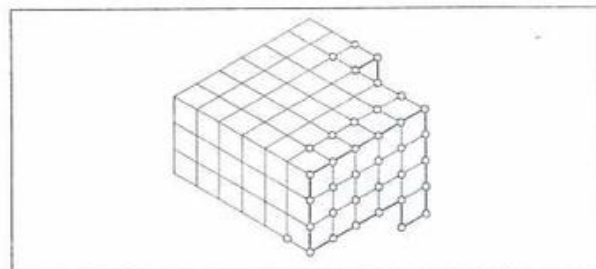
A nehézfém fajtája	Olvadáspont	Például
Alacsony olvadáspont	900 °C alatt	Higany Ón Ólom
Magas olvadáspont	900 °C...1700 °C között	Vas Réz Ezüst
Igen magas olvadáspont	1700 °C fölött	Króm Vanádium Volfrám

4. A nehézfémek olvadáspont szerinti osztályozása

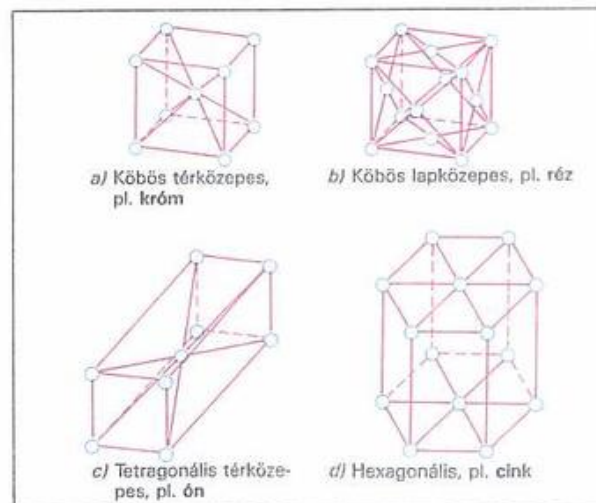
Tiszta fémek

A tiszta fémek sajátossága (szilárd, rendezett állapotban) az atomok szabályos szimmetrikus elrendeződése **térrácsszerkezetben** (kristályok, 5. ábra).

A rács sarkai és csomópontjai mindig összeesnek az atomok középpontjával. Az atomok egymás közötti távolságát röntgensugarakkal lehet mérni. A távolság kb. $4 \cdot 10^{-11}$ m, azaz a rácsban 1 mm-enként 25 millió atom van egymás mellett. A rácsszerkezetek a fémek fajtái szerint különbözőek. Egyes fémek rácsszerkezete attól függ, hogy a darab milyen hőkezelésen ment át (6. ábra).



5. A tiszta fémek atomjai szimmetrikus térrácsba rendeződnek



6. A fémek fontosabb rácsszerkezetei

Ötvözetek

Azokat a fémes anyagokat, amelyek több fémből állnak, ötvözetnek nevezzük. Ebbe a nemfémes anyagok, pl. a szén is beletartozik.

Az ötvözetek homogén keverékek.

A keverékben az alkotóelemek többnyire megőrzik eredeti tulajdonságaikat.

Az ötvözés műszaki jelentősége az, hogy általa meghatározott tulajdonságok javíthatók. Az ötvözetek tulajdonságai erősen eltérnek az alkotók tulajdonságaitól.

Kevert kristályos ötvözetek

A kevert kristályos ötvözetek alkotói szilárd és olvadt állapotban egyaránt teljesen feloldódnak egymásban.

Ezek valódi oldatok. Dermedéskor a kristályok a két alkotóból álló, ún. szubsztitúciós¹ kristályok (1. ábra).

A szubsztitúciós kristályú ötvözeteket csak olyan arányban lehet előállítani, amely a kevert kristály felépítésének megfelel.

Kevert kristályok csak akkor jönnek létre, ha az ötvözőelemek atomjainak átmérője közel egyenlő (pl. Cu és Ni).

Ezzel szemben, ha az atomok átmérője erősen eltérő, lehetőség van arra, hogy a kisebb atomok a másik kristályszerkezetbe beágyazódjanak. Ekkor beépült kristályszerkezet jön létre (2. ábra).

Beépült kristályszerkezet csak akkor jöhet létre, ha az ötvözőpár atomjainak átmérője erősen eltérő.

Eutektikus ötvözetek²

Az eutektikus ötvözetekben az alkotók olvadt állapotban teljesen feloldódnak egymásban, megszilárdulásakor az alkotók mikrokristályai elválnak (pl. ólom és ón).

Lehűlés után az ötvözők tiszta alakban és nagyon finom eloszlásban csak akkor keverednek egymással, ha a keverési arányuk pontosan meghatározott. Ezt az arányt nevezzük eutektikus keverési arálynak.

¹ Substitutio: helyettesítés (latin)

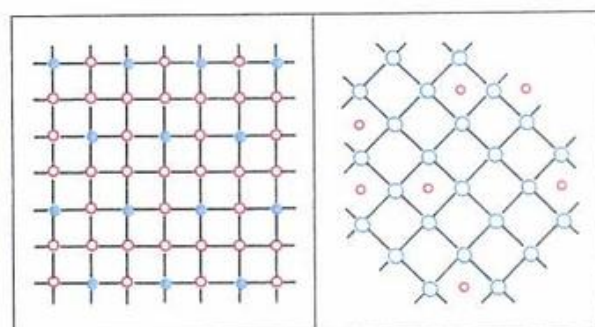
² Eutektikum: jól felépített (görög)

Az eutektikumok a hőmérséklet növelésekor az olvadáspont elérésekor azonnal folyékonnyá válnak. Ha a keverési arány eltér az eutektikus arányszámtól, nincs meghatározott olvadáspont, csak egy hőmérséklet-tartomány, amelyben az anyag kásás alakú.

A nem eutektikus keverési arányban is, az A és B alkotók viszonyától függően a dermedési hőmérséklet kisebb, mint az alkotóké.

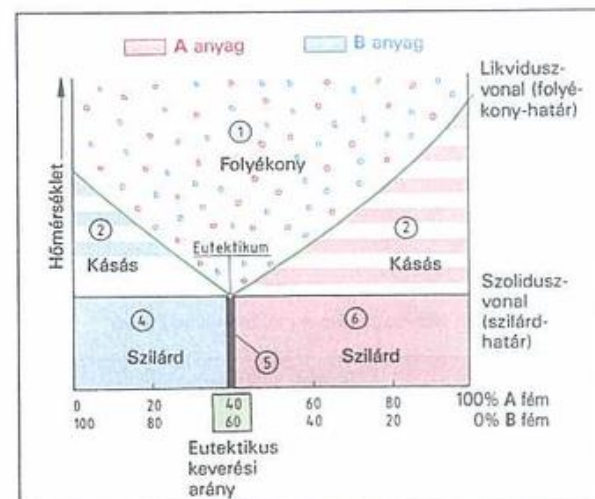
Az állapotábra 2 tartományában (3. ábra) a B alkotó túlsúlyban van. Ez korábban dermed, és kiválik az olvadékból. A 2 tartományban tehát szilárd és folyékony részek egyszerre vannak jelen.

Ugyanez a helyzet a 3 tartományban. Itt előbb az A alkotó részei szilárdulnak meg, ezek túlsúlyban vannak. Ezután az eutektikus viszony felett az A összetevőből fennmaradt rész a B összetevővel elkülönült, de finom kristályok alakjában megszilárdul.



1. Szubsztitúciós kristály

2. Beépült kristályszerkezet



3. Eutektikus ötvözet vázlatos állapotábrája

A szoliduszvonal alá hűtéskor szilárd szerkezet jön létre. Az 1a ábrán a tiszta B alkotó kristályszerkezete látható. Ennek túlsúlya az eutektikus arány fölött az 1b ábrában még felismerhető. Az 1c ábra a pontos eutektikus keveréket mutatja. Az 1d és 1e ábrákon az A alkotó van túlsúlyban.

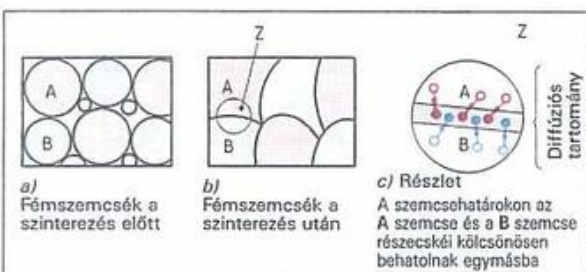


1. Eutektikus ötvözet kristályszerkezetének vázlatos ábrázolása

Szinterezett fémek

A szinterezett fémeknél az ötvözők folyékony és szilárd állapotban egyaránt oldódnak egymásba (pl. a keményfémek).

Ötvözeteket ilyen alkotókból nem lehet olvasztással előállítani. Az egyes alkotókat többnyire finom porrá őrlik, összekeverik, majd melegen, nyomás alatt összesűtik. Ezt az eljárást nevezzük szinterezésnek (2. ábra).



2. A szintezés alapelve szinterfém gyártásakor

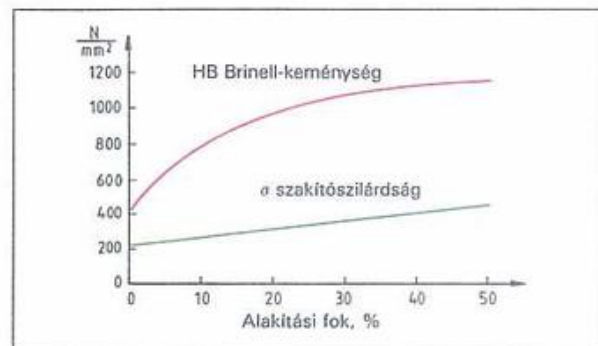
A réz és a rézötvözetek

A réz	
Vegyjele:	Cu
Sűrűsége:	$\rho = 8,9 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$
Olvadáspontja:	1083 °C
Villamos vezetőképessége:	$\kappa = 56 \cdot 10^6 \frac{\text{S}}{\text{m}}$
Fő alkalmazási területei:	vezetékanyagokhoz
Fontos rézötvözetek:	sárgaréz, bronz

3. A réz fontosabb adatai

A réz tulajdonságai¹

A réz jól vezeti a villamos áramot és a hőt. Az időjárási hatásokkal, vízzel és gőzzel szemben nagy az ellenállása. Hidegen jól alakítható, húzható és kovácsolható (4. ábra).



4. A hidegalakítás hatása a réz szilárdsági jellemzőire

A réz megfelelő felületi kezelés után jellegzetes vöröses csillogású. Levegőn az idő múlásával felülete zöld bevonatot kap, ezt nemesrozsdának vagy patinának mondják. Ez a réz-hidroxid-karbonát $[\text{Cu}_2(\text{OH})_2 \text{CO}_3]$, valamint réz-hidroxid-szulfát $[\text{Cu}_2(\text{OH})_2 \text{SO}_4]$. Ez a réteg szorosan tapad a felületre és megvédi az anyagot a további káros hatásoktól. Olyan „átrozsdásodás”, mint a vasnál, a réz esetében nem fordulhat elő.

A réz levegőn való izzításakor felületén fekete oxidréteg keletkezik, ezt a réteget a továbbmunkálás előtt el kell távolítani.

A réz a hidegalakítás, pl. hengerlés vagy kovácsolás után kemény és törékeny lesz. A ridegség felmelegítéssel (újrakristályosító izzítás) feloldható.

A villamos vezetőképesség erősen függ a rézanyag tisztaságától. Már kis mennyiségű idegen anyag is erősen csökkenti a vezetőképességét.

A réz alakíthatósága és kovácsolhatósága miatt nehezen forgácsolható.

A réz olvadt állapotban hidrogén felvételére hajlamos; a hidrogén pl. a hegesztőlángból származhat.

A keletkező vízmolekulák olyan nagyok, hogy a réz kristályszerkezetét tönkreteszik.

Réz hegesztésekor oxigéntöbblettel kell dolgozni, így a jelenlévő hidrogént teljesen elégetjük, vagyis az nem juthat be a rézbe.

¹ A rézet az egyiptomiak már kr. e. 4800-ban ismerték (latinul: Cuprum)

Felhasználás

A réz legfőbb felhasználója a villamosipar. Legnagyobb részéből vezetékek és huzalok készülnek. A gyűjtősínnek, a villamos gépek tekercsei, transzformátorok, a nyomtatott áramkörök is többnyire rézből vannak.

Előfordulás

A réz a ritka elemek közé tartozik. Az elemek gyakoriságát tekintve csak a 27. helyen áll a földkéregben (1. ábra).

A fontosabb rézlelőhelyeket a 2. ábra mutatja. Jelenleg a világon évenként 7 millió tonna rezet termelnek, ebből az NSZK pl. egyedül kb. egy tizedrészt, mintegy 0,7 millió tonnát használ fel.

Németországnak nincs számottevő rézérckincse. Szükségeit importból fedezi.

Kitermelés

A rézérceket felszín alatti és külszíni bányákból termelik. Az érc fajtája szerint a réztartalom csak 0,7 . . 2%. Legfontosabb rézércek:

Kalkopirit	CuFeS_2
Szürkerézérc	Cu_2S
Bornit	Cu_3FeS_3

A réz tiszta fémként is előfordul a természetben.

Előállítás

Az ércet felaprítják és golyós malomban (3. ábra) porrá őrlik. Ezután a finomra őrölt ércet ún. flotációval habosítják (4. ábra).

Ezzel 20 . . 30%-os rézkoncentrátumot nyernek. A kén egy részét pörköléssel távolítják el.

A rézkoncentrátum ezután lángkemencébe kerül (5. ábra), ahol mészkővel vagy más adalékkal megolvasztják.

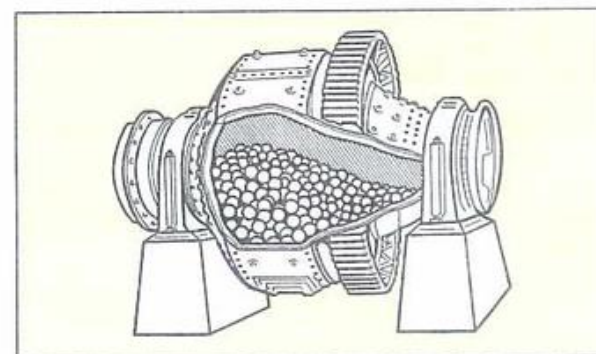
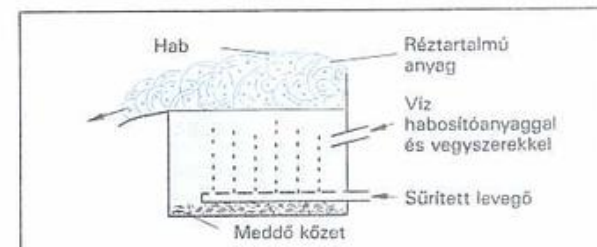
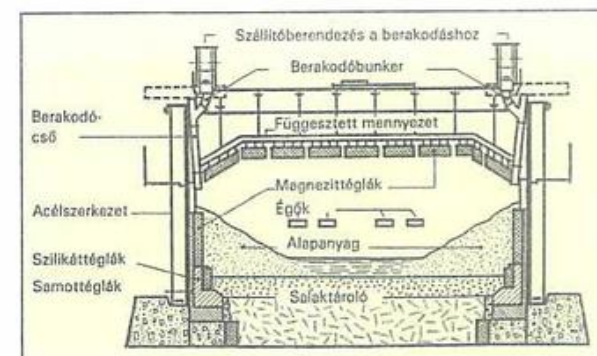
Kéneskő és salak keletkezik.

A kéneskő 25 . . 50% rezet tartalmaz.

A kéneskövet folyékony állapotban konverterbe öntik, ahol levegűbefúvással eltávolítják a nemkívánt alkotókat. A mintegy kétórás eljárás után 96 . . 98% Cu-tisztaságú nyers réz marad.

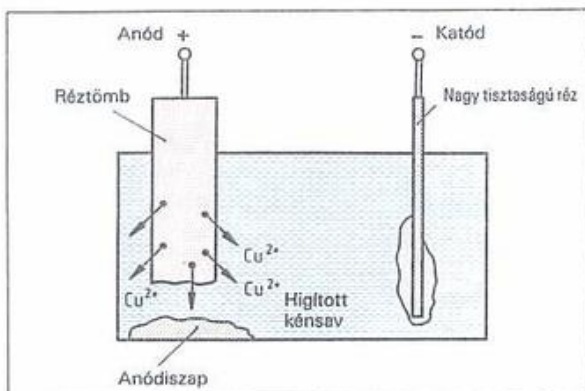
210

1. Oxigén	46%
2. Szilícium	27,7%
3. Alumínium	8,1%
4. Vas	5%
5. Kalcium	3,6%
...	
27. Réz	0,005%

1. A réz százalékos előfordulása a földkéregben**2. A legjelentősebb rézbányák és termelésük****3. Golyós malom nézete, részben metszetben****4. A habosítás elve, az ún. flotáció****5. A lángkemence metszete**

Elektrolitikus raffinálás

A nagy tisztaságú réz előállításához az anód nyersrész tömb, a katód nagy tisztaságú réz, az ún. indítólemez. Elektrolitként híg kénsavat használnak (1. ábra).



1. Az elektrolízis előállítása

A Cu-részecskék az áram hatására a katódhoz vándorolnak és 2 elektron felvételével semlegesé válnak.

A reakció: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$

Ez a fémes réz megtapad az indítólemezen.

A feszültség kb. 0,3 V. 1 kg réz előállításához 0,3 kWh energia szükséges.

Elektrolitikus raffinálással akár 99,97% tisztaságú réz is előállítható.

Rézötvözetek

A réz legfontosabb ötvözőanyagai:

cink, ón, alumínium, nikkel, ólom.

Az elektrotechnikában kis mennyiségben még:

ezüst, kadmium, króm, berillium, cirkónium

ötvözeteket is használnak.

Réz-cink ötvözet (sárgarézt)

A cink hatására nő a szakító- és a nyomószilárdság, valamint a keménység is. A nyúlás és a hidegalakíthatóság csökken.

Felhasználás: csövek, idomok, burkolatok, gáz- és vízszelvények.

Réz-ón ötvözetek (bronz)

A bronznak a sárgarézzel szemben nagyobb a korrózióállósága, a szakító- és a kopásslárdsága, de drágább.

Felhasználás: csövek, csapágycsavarok, rugók, villamos vezetékek.

Réz-alumínium ötvözetek (alumíniumbronz)

Az alumíniumbronznak nem olyan kedvezőek a tulajdonságai, mint az ónbronznak, azonban olcsóbb, ezért sokszor használják helyette.

Réz-nikkel ötvözetek

Ezeket az ötvözeteket az elektrotechnikában ellenállásanyagként használják.

Réz-nikkel-cink ötvözetek (úzezüst, alpakka)

Ez az ötvözet jól hajlítható és korrózióálló. Az úzezüstöt finommechanikai alkatrészekhez, rugókhoz, zárhoz, idomokhoz használják.

Könnyűfémek

Jellemzők	Alumínium	Magnézium	Berillium
Vegyjel	Al	Mg	Be
Sűrűség ρ , g/cm ³	2,7	1,74	1,86
Olvadáspont, °C	660	650	1280
Villamos vezetőképesség $\times 10^6 \frac{\text{S}}{\text{m}}$	37,6	22,2	16,9
Fő felhasználása az elektro- technikában	Vezeték- anyag	Hordozható készülékek tokozata	Speciális célokra
Fontos ötvözetek	Alumínium- magnézium ötvözetek	Magnézium- alumínium ötvözetek	Berillium-réz ötvözetek

2. Az alumínium, a magnézium és a berillium néhány jellemzője

Alumínium**Tulajdonságai**

Az elektrotechnikában az alumínium a réz után a legfontosabb fém. Vezetőképessége eléri a vezetőként használt réz vezetőképességének kb. 62%-át. A réz azonban több, mint háromszor nehezebb az alumíniumnál.

A frissen megmunkált alumínium felülete ezüstfehér, színét a levegőn gyorsan elveszíti. Mattszürke oxidréteg keletkezik rajta, amely a fémet megvédi a levegő további hatásától.

Az alumínium lágy és nyújtható. Forgácsolásmentes, forgácsoló alakíthatósága jó. Önthető, hegeszthető és forrasztható.

A tiszta alumínium a kémiai hatásokkal szemben nem túlságosan ellenálló, pl. a sósav és a nátronlúg erősen megtámadja.

A tiszta alumínium hátrányos tulajdonságai ötvözéssel kedvezően befolyásolhatók.

Hidegalakítással, pl. hengerléssel, húzással, sajtolással a tiszta alumínium keménysége és szilárdsága fokozható.

Előfordulás

Az alumínium az oxigén és a szilícium után az egyik leggyakoribb elem, amely a földkéregben található. Tiszta formában nem fordul elő, csak vegyületekben, leginkább a bauxitban.

A bauxit olyan ásvány, amely kb. 50%-ban alumínium-oxidból áll. Fém-oxidokat és vizet tartalmaz még.

Az 1. ábra a bauxitlelőhelyek százalékos értékét mutatja. Az NSZK-ban jelenleg évi 150 000 t alumíniumot használnak fel.

Németországban alumíniumot nem állítanak elő.

Gyártás

Előkészítés

A darabos bauxitot összetörik, majd forgókemencében felmelegítik, ezáltal a szerves összetevők eltávolíthatók. Ezt követően golyós malomban porrá őrlik.

Autoklávban kb. 200 °C hőmérsékleten és kb. 10^6 Pa (10 bar) nyomás alatt nátronlúggal (NaOH) kezelik. A reakció során az alumínium feloldódik, de a többi ásványi anyag nem.

Az alumínium-hidroxidból a kalcinálókemencében timföld (Al_2O_3) keletkezik.

4 t bauxitból kb. 2 t timföld állítható elő.

Tűzfolyós elektrolízis

Az alumíniumot elektrolitikus eljárással nyerik, amihez a timföldet meg kell olvasztani. A tiszta Al_2O_3 2000 °C felett olvad. Azonban ha kriolitot adagolnak a timföldhöz, az olvadáspont mintegy 900 °C-ra csökken (3. ábra), emellett a villamos vezetőképesség is jelentősen nő.

A kriolit alumíniumból, nátriumból és fluorból álló vegyület.

A tűzfolyós elektrolízis során egyenáram hatására (kb. 100 kA), mintegy 5 V feszültségesés mellett a tiszta alumínium a kád alján kiválik.

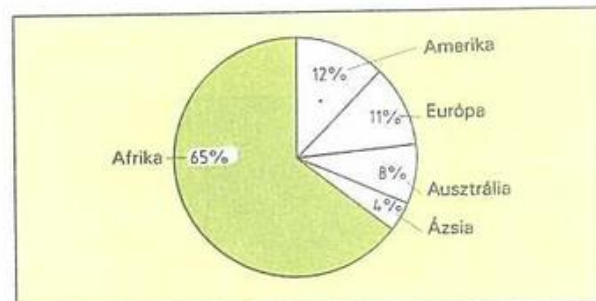
2 t timföldből kb. 1 t tiszta alumínium (kohóalumínium) állítható elő. Ehhez mintegy 15 000 kWh energiára van szükség.

További elektrolitikus eljárással a kohóalumíniumból nagy tisztaságú alumínium állítható elő.

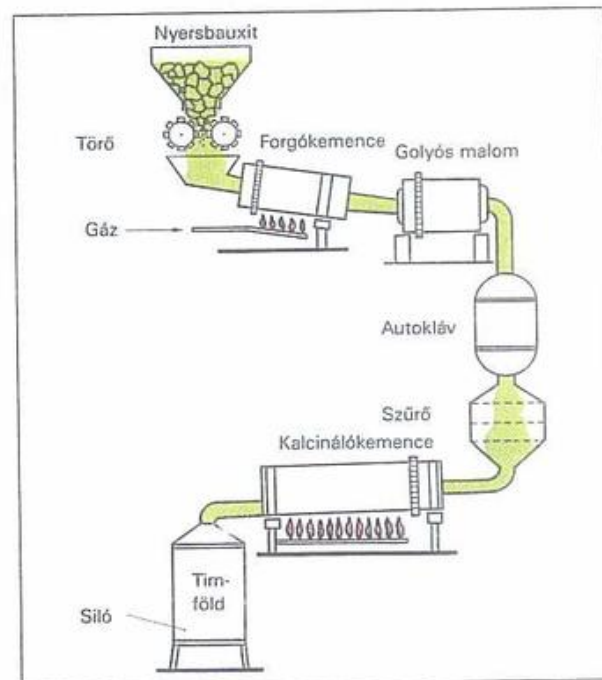
Önthető alumíniumötvözetek

Az alumínium-szilícium ötvözetek (AlSi) eutektikumok. Kitűnően önthetők, jó a kémiai ellenálló képességük, valamint ütés-, rezgés- és nyomásállóak.

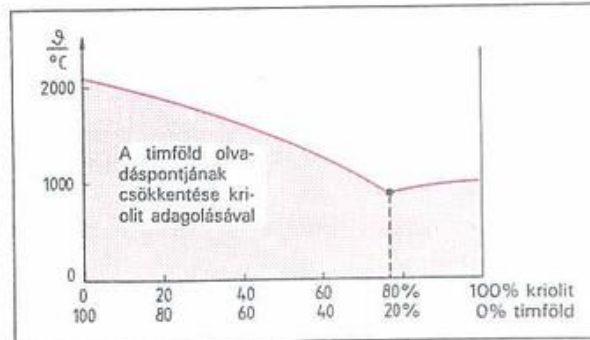
Felhasználás: szerkezetek öntött alkatrészei, vegyipar.



1. A világ bauxitkészletei



2. Timföld előállítása bauxitból



3. A timföld olvadáspontjának csökkentése kriolit hozzáadásával

Az alumínium-szilícium-magnézium ötvözetek edzhetők. Kitűnő önthetőségük és nagy mechanikai szilárdságuk miatt motorházakhoz, hengerfejekhez stb. használatosak.

Alakítható alumíniumötvözetek

Az alumínium-magnézium ötvözetek (AlMg) nagyon jól alakíthatók, polírozhatók és jó a kémiai ellenálló képességük. A Mg-tartalom növekedésével szakítószilárdságuk nő.

Felhasználás: mérsékelt igénybevételű alkatrészek, pl. díszléc.

A réz-, mangán- és magnéziumötvözetek edzhetők. A legismertebb ötvözet a duralumínium, amelyet már 1909 óta gyártanak.

Az elektrotechnika különleges anyaga az alumínium, magnézium, szilícium pontosan meghatározott összetételű ötvöze. Ennek az **ALDREY** nevű ötvözetnek a

villamos vezetőképessége legalább $30 \cdot 10^6 \frac{\text{S}}{\text{m}}$, a szakítószilárdsága $220 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ felett van.

Felhasználás: gyűjtősínek, szabadvezetékek.

A magnézium

Tulajdonságok

A magnézium az alumíniumnál lényegesen könnyebb. Ezüstfehér színű, lágy és nyújtható. Levegőn a felületén oxidréteg keletkezik. Tiszta magnézium mechanikai igénybevételnek kitett alkatrészhez nem használható.

A magnézium nagyon világos fénnel ég, apró forgácsai könnyen gyulladnak. Ez kizárja a hőfejlődéssel járó forgácsoló megmunkálását.

Magnéziumtűzet soha nem szabad vízzel oltani, mert szúróláng keletkezik! A megfelelő oltóanyag a homok vagy a szürkeöntvény-forgács.

A magnézium rácsszerkezete hexagonális.

Felhasználás

A magnézium az alumínium fontos ötvöztársa. Egyik ötvözetük, amely kb. 90% magnéziumot, 8% alumíniumot továbbá némi cinket és mangánt tartalmaz, elektronfémként ismert.

Az ilyen ötvözet sűrűsége kb. $1,8 \text{ kg/dm}^3$, szakítószilárdsága 300 N/mm^2 feletti. Ehhez járul még a nagyon jó mechanikai megmunkálhatóság.

A magnéziumötvözetek a legkönnyebb szerkezeti fémek.

A berillium

A berillium ezüstfehér, kemény fém. Könnyű, sűrűsége, $\rho = 1,86 \text{ kg/dm}^3$, nagy szakítószilárdságú: $\sigma = 600 \text{ N/mm}^2$.

Ötvözőként más fémek tulajdonságait kedvezően befolyásolja.

Ón, cink, ólom

Jellemzők	Ón	Cink	Ólom
Vegyjel	Sn	Zn	Pb
Sűrűség, ρ , g/cm ³	7,28	7,13	11,34
Olvadáspont, °C	232	419	327
Villamos vezetőképesség, $\chi \cdot 10^6 \frac{\text{S}}{\text{m}}$	9,1	16,7	4,82
Fő alkalmazási terület az elektrotechnikában	Forrasztóanyag	Száraz-elemek	Akkumulátorok
Fontos ötvözetek	Bronz	Horganyozás	Kábelköpeny
		Sárgaréz	Ólom-ón ötvözetek

1. Az ón, a cink és az ólom jellemzői

Az ón

Tulajdonságai

Az ón fehér, csillogó fém, csillogását hosszú ideig megőrzi. Olvadáspontja alacsony. Szobahőmérsékleten levegőnek, víznek és gyenge savaknak is ellenáll, emellett nem mérgező.

Két módosulatban (modifikációban) fordul elő: fehér-ón (β) és szürkeón (α). A fehér-ón és a szürkeón közötti fázisváltozás átkristályosodással jön létre. $13^\circ\text{C} \dots 161^\circ\text{C}$ között az ón mint fém tetragonális térközepes rácsszerkezettel fordul elő. Ha az ón 13°C alá hűl, a fém szürke porrá esik szét. Ezt ónpestisnek nevezik.

Felhasználás

Az ón az elektrotechnikában lágyforrasztó előállításához szükséges.

A lágyforrasztó az ón és az ólom ötvöze.

Ez az ötvözet eutektikus. Amint azt a 214. oldal 1. ábrán vázlatosan ábrázoltuk, 183°C az olvadáspont, ha 62% ónból és 38% ólomból áll. Ezüst hozzáadásával a lágyforrasztó munkapontja kb. 300°C hőmérsékletű lehet. Ha viszont bizmutot és kadmiumot adunk hozzá, a forrasztó munkapontja 100°C alatt is lehet. Ezek az óntötvözetek az érzékeny elektronikai elemek forrasztásához szükségesek.

Az ón a réz fontos ötvöze.

Az ón a többi fém felületkezelésében nagy jelentőségű alapanyag. Így pl. az elektrotechnikában a réz gyűjtősíneket tűzi ónozással kezelik, a vékony bekötővezetékek végét a sorkapocsba való bekötés előtt forraszanyaggal ónozzák.

A cink (horgany)

Tulajdonságok

A cink kékesfehér fém, igen alkalmas forgácsmentes megmunkálásra. Levegőn a felületén oxidréteg keletkezik, az ún. **fehérrozsda**, ami a fémet a további környezeti hatásoktól jól védi.

Felhasználás

Az elektrotechnikában a cinknek a szárazelem- és az akkumulátor-gyártásában van nagy jelentősége, negatív elektródként (2. ábra). Ezenkívül fontos ötvöző, különösen a réz (l. a 211. oldalt).

Acélépítményeknél a cink igen fontos korróziógátló anyag.

A horganyzott vasalkatrészek igen korrózióállóak.

A cinkbevonat többféle módszerrel vihető fel:

tűzi horganyzással,
galvanikus horganyzással,
fémszórással.

A 3. ábrán egy hosszú idejű korrózióvédelmi kísérlet eredményét látjuk, horganybevonat vizsgálata esetén.

Az ólom

Tulajdonságok

Az ólom a nehézfémek tipikus képviselője. A frissen megmunkált ólom felülete kékesfehér csillogású, ez a csillogás azonban átváltozik kékeszürke oxidréteggé. Az ólom lágy, és a környezeti behatásokkal szemben jól ellenáll, sósavval és kénsavval szemben is.

Az ólom és sok vegyülete mérgező! Vigyázat!

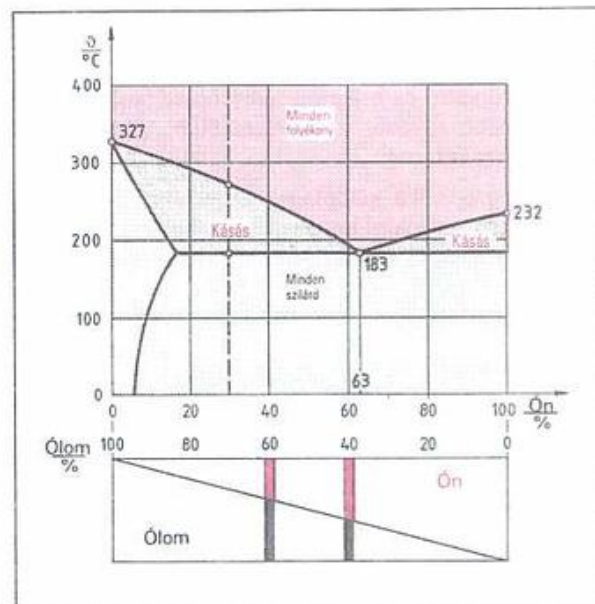
Az ecetsav és egyéb szerves savak, amelyek a gyümölcsökben, zöldségekben és levekben vannak, megtámadják az ólmot. Az ólom tehát ezekben oldódik.

Az ólom elektrokémiai jellemzői előnyösek. Bizonyos rádióaktív sugárzásokkal szemben, amelyeket a közönséges anyagok átengednek, az ólom akadályt jelent.

Alkalmazás

Az ólom az elektrotechnikában az akkumulátorgyártáshoz nélkülözhetetlen. Telefon-, jelző- és erőáramú kábelek köpenyeként régóta bevált.

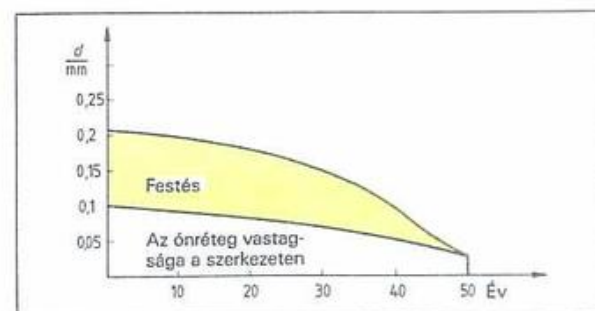
Az ólom más fémek fontos ötvözőanyaga. Ólomkádat használnak acél sóedzésére. Nagy szerepe van a vegyiparban és a festékgyártásban. Végül a veszélyes sugárzások, pl. a röntgensugárzás elleni védelemre is használják.



1. Forrasztóórn-ötvözetek hőmérsékletgörbéje hűtéskor, ill. melegítéskor



2. A cink alkalmazási példája: a szén-cink elem



3. Vasszerkezet felületi állapota a környezet hatásának kitéve

A higany és a nemesfémek

Jellemzők	Higany	Ezüst	Arany	Platina
Vegyjel	Hg	Ag	Au	Pt
Sűrűség, g/cm ³	13,6	10,5	19,32	21,45
Olvadáspont, °C	-38,9	960,6	1063	1774
Villamos vezetőképesség, $\chi \cdot 10^6 \frac{S}{m}$	1,06	63	45,7	10,2
Fő alkalmazási terület az elektrotechnikában	Hg- lámpák	Érint- kezők	Tran- zisztor- technika	Elek- tródák
Fontosabb ötvözetek	Amal- gám	Ezüst- réz ötvö- zetek	Arany- ezüst ötvö- zetek	Platina- fém ötvö- zetek

1. A higany, az ezüst, az arany és a platina jellemzői

A higany

Tulajdonságok

A higany az egyetlen fém, amely szobahőmérsékleten folyékony. Egyaránt rendelkezik a folyadékok tulajdonságaival, pl. az adott tér kitöltésével, és a fémek tulajdonságaival, pl. a jó vezetőképességgel.

A higany és számos higanyvegyület erősen mérgező. Vigyázat!

A szétszóródott higanyt maradéktalanul össze kell gyűjteni, amire speciális szerszámok vannak. A higany megköthető cink- vagy rézforgáccsal is, azután felszedhető vagy felszívható.

A higany kémiaileg eléggé ellenálló.

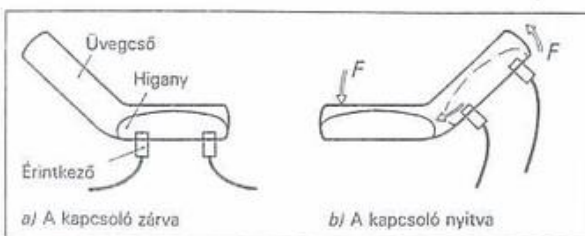
Alkalmazás

Az elektrotechnikában **higanygőzlámpákban** használnak higanyt. Ezek a lámpák ultraibolya fénnel világítanak, amely pl. a kvarclámpákhoz szükséges.

A higany az egyenirányító- és tiratron-technikában is szerepe van. A **higanygőz-egyenirányítókkal** 8000 A áramerősség egyenirányítható 1000 V feszültségen.

A **tiratron** higanygőzzel működő, vezérelhető egyenirányító. Ma mindkét eszközt félvezető elemekkel helyettesítik.

A **higanykapcsolóknak** a bimetallal együtt van szerepük (2. ábra). Felmelegedéskor a bimetall úgy fordítja el a csövecskét, hogy az elfolyó higany az érintkezőket nyitja vagy zárja.



2. Higanykapcsoló

Az ezüst

Tulajdonságok

Az ezüst mint nemesfém az elektrotechnika számára fontos, mert a fémek közül a legnagyobb a vezetőképessége. Villamosan vezető az ezüst-oxid is. Nagyon jól megmunkálható, nagy a kémiai ellenálló-képessége, a fényt nagyon jól veri vissza, ezenkívül néhány ezüst-ötvözet fényérzékeny. Fény hatására és előhívó folyadékkal az ezüstionok fémézüstté redukálhatók.

Alkalmazás

Az ezüst az elektrotechnikában mint érintkezők, elektródák, olvadóbiztosítók és precíziós ellenállások használatosak. Sok fém ötvözője, pl. az ezüstforrasztás.

Az ezüst speciális akkumulátorok része (gombakkumulátorok). Filmek, fotopapírok alapanyaga, de részben nyomtatott áramköri lemezek fényérzékeny bevonatának anyaga is.

Az ezüstöt tükrök és termoszkok bevonatához széles körben használják.

Az arany

Tulajdonságok

Az arany a nemesfémek fő képviselője. A sárga, csillogó, lágy anyag hidegen jól alakítható. A környezeti hatások, savak és lúgok alig támadják meg. A királyvíz (3 rész sósav és 1 rész salétromsav) keveréke oldja az aranyat.

Felhasználás

Az arany az elektrotechnika speciális területein van jelentősége, pl. hajszálvékony huzalkivezetések készülnek belőle integrált áramkörökhöz, és érintkezőbevonásra használják igényes csatlakozóknál.

A platina

A platina a rokon platinafémek fő képviselője:

ruténium, palládium, íridium,
ródiium, ozmium, platina

mindegyike nemesfém.

A **platina** fehér, nyújtható, melegen kovácsolható és hegeszthető fém. Nagyon nehéz, kémiaileg rendkívül ellenálló. A királyvíz a platinát is megtámadja.

Alkalmazás

Az elektrotechnikában a platina a legigényesebb elektródaanyag.

Vegyi eljárásokban platinából **tégelyeket** készítenek, és **katalizátorként** is használják.

A benzínmotor gyújtógyertyája gyakran platinaötvöztű elektródával készül.

A platinafémeket termoelemben lángkemencék hőmérsékletmérésére (1000. . .2000 °C) használják.

Rövidítések és anyagszámozások a DIN szerint

Nemvas fémek (színesfémek) rövid jelölései

A DIN 1700 szerint minden anyagnak van rövidített jelölése. Ez a jellemzők sorozatából áll amelyek a következőkre utalnak:

előállítás,
felhasználás,
összetétel
különleges tulajdonságok.

Anyagszámozások

Ahhoz, hogy az anyagokat számítógépes adatfeldolgozással lehessen nyilvántartani, a Német Szabványintézet (DIN) a rövidített jelölés mellett szisztematikus sorszámozást vezetett be (DIN 17007).

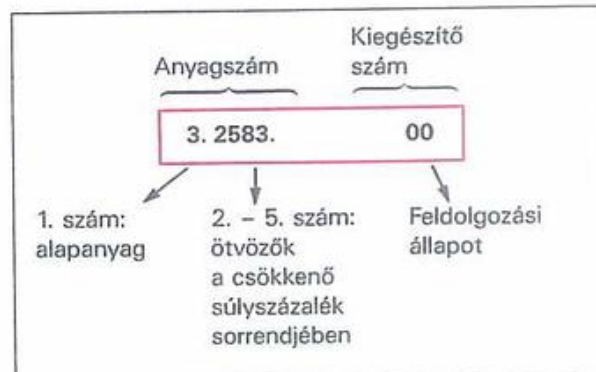
A számok ötjegyűek. Ezt kétjegyű kiegészítés követheti, ami a feldolgozási állapotot jellemzi.

A G-AlSi12 (Cu) anyagot az 1. ábra szerint kódolják.

Példa:

G-AlSi12(Cu)

Alumínium öntőfém 12% szilícium és 1% réz mellékötvözővel.



1. Számítógéphez rendelt anyagszám a DIN 17007 szerint

Összehasonlító áttekintés

Jellemzők	E-Cu	Tiszta Al	AlMgSi ötvözet (aldrey)	CuSn ötvözet, bronz	CuZn ötvözet, sárgaréz	Ón	Cink	Ólom	Ezüst
Sűrűség, g/cm ³	8,9	2,7	2,7	8,7		7,3	7,1	11,3	10,5
Olvadáspont, °C	1083	660	650	900	950	232	420	327	960
Fajlagos hőkapacitás, $\frac{Ws}{g \cdot K}$	1,61	3,77	3,85	1,57		0,95	1,58	0,54	0,98
Létező hőtágulás, $\frac{10^{-6}}{K}$	17	24	23	17		21	30	28	20
Villamos vezetőképesség, $10^6 \frac{S}{m}$	57	37	32	18 ... 36	~ 20	0,2	17	5	63
Hővezető képesség, $\frac{W}{cm \cdot K}$	3,94	2,22	1,88	3,77		0,67	1,13	0,33	4,19
Állapot	Húzott	Húzott	Hidegen keményített	Húzott	Kemény	Lágy	Lágy	Lágy	Lágy
Rugalmassági modulus, $\frac{N}{mm^2}$	125 000	72 000	70 000	120 000		55 000	94 000	16 000	81 600
Szakítószilárdság, $\frac{N}{mm^2}$	200 ... 300	70 ... 90	300 ... 350	660 ... 740	450 ... 550	27	150	16	140
Brinell-keménység, $\frac{N}{mm^2}$	500 ... 900	200	900 ... 1100	1600	1300	50	350	60	250

2. A nemvas fémek (színesfémek) fizikai-műszaki irányadatai

14.4. A nemfémek anyagok áttekintése

Csoportosításuk

A következő táblázatban a legfontosabb nemfémek anyagokat találjuk.

Szerkezeti anyagok		Szigetelőanyagok		Ragasztóanyagok		Szerszámanyagok		Kenőanyagok	
Természetes anyagok		Módosított természetes anyagok		Műanyagok					
Ásványok (szervetlen anyagok)	Növényi és állati eredetű anyagok (szerves anyagok)	Ásványi eredetű	Cellulóz- alapú	Duroplasztok		Termoplastok		Elastomerek	
Azbeszt	Pamut	Üveg	Papír	Fenolgyanta (PF) Karbamidgyanta (UF)		Polietilén (PE) Polipropilén (PP) Poliizobutilén (PIB)		Lágy PVC Fluórkarbonát Poliizobutilén (PIB)	
Csillám	Juta	Kerámia (KER)	Prespán (psp)	Melaminyanta (MF) Poliuretán (PUR)		Polisztirol (PS) Poliuretán (PUR)		Poliuretán (PUR)	
Kvarc	Kaucsuk	Gipsz	Cellulóz-acetát (CA)	Epoxygyanta (EP) Poliészter (UP)		Poli(vinil-klorid) (PVC)			
Gyémánt	Fa	Cement	Cellulóz-ace- tobutirát (CAB) Etil-cellulóz (EC)	Szilikon (SI)		Poli(tetrafluór- etilén) (PTFE)		Szilikon (SI)	
Korund	Bőr		Benzil-cellulóz	Poliamid (PI)		Poliamid (PA)		Kaucsuk (CP) (szintetikus)	
	Ásványolaj					Polikarbonát (PC) Akrilüveg, plexi (PMMA)			

A fémekkel való anyagkombinációk tágítják az alkalmazhatóságukat.

1. Nemfémek anyagok (válogatás)

A nemfémek anyagok mindegyikének kicsi a villamos és hővezető képessége.

Természetes anyagok

A természetes anyagok szervetlen anyagokra, pl. kőzetekre és szerves anyagokra oszthatók, amelyek növényi és állati eredetűek, mint pl. a szálanyagok és az olaj.

Ezen anyagok hátránya, hogy nem egyenletes tisztaságban, méretben fordulnak elő, és nem egyesülnek bennük a kívánt műszaki jellemzők.

Módosított természetes anyagok

A módosított természetes anyagok alkalmazási területe a különleges eljárások, pl. keverés, hőkezelés és egyébek révén jelentősen bővíthető.

Műanyagok

A műanyagok műszaki tulajdonságait a felhasználás céljához lehet kiválasztani. A műanyagok nagy tisztaságukkal, egyenletes minőségükkel tűnnek ki, és tömeggyártásra igen alkalmasak.

Vannak hőre nem lágyuló műanyagok, ezeket **duromereknek** (duroplasztoknak is) nevezik. Vannak, amelyek melegen tetszőlegesen alakíthatók, újfelfeldolgozhatók, sőt hegeszthetők, ezek a **plasztomerek** (termoplastok).

A gumihoz hasonló tulajdonságú műanyagokat **elasztomereknek** nevezik.

Ásványi anyagok (szervetlen anyagok)

Az azbeszt

Az azbeszt szálakra felbontható szilikátközet. Az azbesztpor nagyon káros az egészségre (rákkeltő), ezért napjainkban nem használható. A meglévő berendezésekből való eltávolításakor a porképződést meg kell akadályozni. Alkalmazásai azbesztszínórral készített ellenállások, hőszigetelések és azbesztcement (eternit-) lapok (saválló).

A csillám

A csillám kristályos szilikát, amely vékony lemezekre hasítható. Nagy hőállóságával, kedvező villamos szilárdságával és kis dielektromos veszteségével tűnik ki. Csillámgyártmányokat sorol fel a 218. oldal 1. táblázata. Nagy jelentősége van a villamos gépek szigetelésében, ahol szilikongyanta és csillám elektroforetikus¹ eljárásával dolgozzák fel.

Az üveg

Lényegében kvarcból (SiO_2), mészkőből (CaCO_3), szódából (Na_2CO_3) és más olyan összetevőkből áll, amelyek a kívánt tulajdonságok eléréséhez, pl. kis hőtágulás, meghatározott ultraibolya sugarak áteresztése, kedvező fénytörés (pl. optikában és üvegszálakban) szükségesek (l. a 218. oldalon a 2. ábrát). Az üveget az elektrotechnikában szigetelőként, égőkhöz és világító-

¹ Elektroforézis töltött szilárd részecskék vándorlása szigetelő folyadékban, villamos tér hatására.

testekhez, a műanyagokban a szilárdság növelésére, a híradástechnikában fényvezető kábelként (2. ábra) használják. Bizonyos üvegfajtákból hőkezeléssel nyerik a főzőlapok üvegkerámiáját, amely mellett, hogy

üvegszerű (amorfi) kristályos anyag, a hőtágulása is kicsi. Az üveg gázzáró (csövek), kémiaiilag ellenálló, lágyult állapotában villamosan vezető.

Csillámtermékek

Név	Alkotók	Forma	Felhasználás	Tulajdonságok
Természetes csillám	Tiszta lemezes és tömbcsillám	Fólia	Kondenzátor, dielektrikum, hőfejlesztő készülékek	Hasíthatóság, hőállóság, ívállóság, glimmkisülés-állóság, szigetelési ellenállás, átütési szilárdság, kis dielektromos veszteség
Mikanit	Csillámlemez ragasztóanyaggal	Lap és préselt idom	Kommutátorok, hőfejlesztő készülékek, villamosgépek	Hőállóság, szigetelési ellenállás, átütési szilárdság, ívállóság
Mikafólia	Csillámlemez + papír + ragasztóanyag	Lap és szalag	Villamos gépek horonyszigetelése	Hőállóság, átütési szilárdság
Csillámszövet	Csillámlemez + szövet + ragasztóanyag	Szalag	Villamos gépek tekercs- és tekercsfel-szigetelése	Hőállóság, átütési szilárdság
Csillámfólia	Csillámszemcsék ragasztóanyaggal	Lap, szalag, lemez	Villamos gépek, hőfejlesztő készülékek	Hőállóság, átütési szilárdság
Sajtolóanyag	Csillám üvegkötéssel	Sajtolt idom, lemez, rúdanyag	Nagyfrekvenciás technika	Hőállóság, kis dielektromos veszteség

1. Csillámtermékek

Kerámiaanyagok

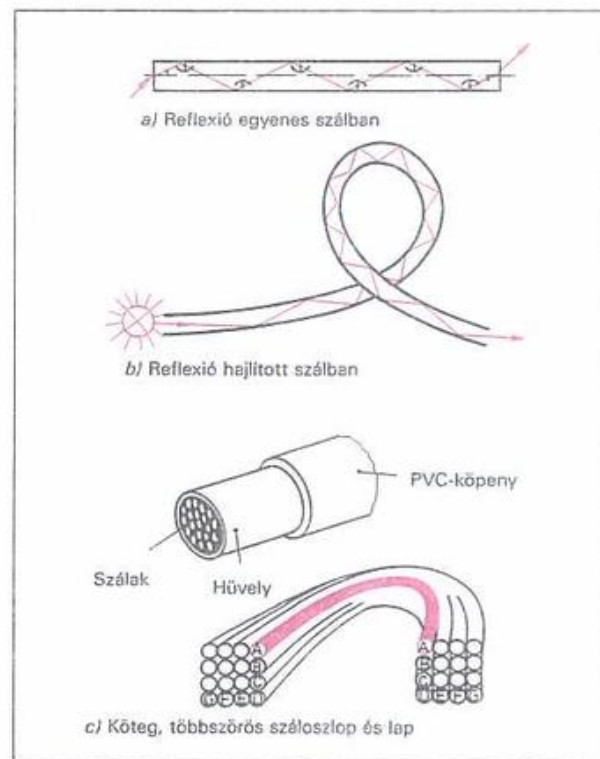
A különféle alkotók — pl. az agyag, kaolin, kvarc, földpát, fém-oxidok — szinterezésével kerámiaanyagok jönnek létre. Ezek különösen hőállóságukkal, kémiai ellenálló képességükkel, villamos jellemzőik széles skálájával tűnnek ki. A kerámia mindenesetre ütésre érzékeny, tehát törési nyúlása nincs. Jellemzői hosszú idő után sem változnak. A zománcbevonat növeli a felületi ellenállását, a kúszóáram- és a mechanikai szilárdságát.

A porcelán

Az elektrotechnikában a nagy mechanikai és villamos szilárdságát használják ki, pl. a szabadvezetékek szigetelőiben, a kapcsolók és mérőváltók tokozataként. Jól tűri a hirtelen hőmérséklet-változást, nedvességet nem vesz fel.

A szteatit

Zsírkőből állítják elő, égetéskor a porcelánnál kevésbé zsugorodik. Kisebb tűrésekkel gyártható. Szakítószilárdsága nagyobb, dielektromos vesztesége kisebb. A szteatitot kondenzátordielektrikumként és egyéb, a porcelán felhasználáshoz hasonló helyeken használják.



2. Fényvezető szál (száloptika)

Különleges kerámiák

A kondenzátorkerámia

A relatív permittivitás az összetétel megválasztásával 6...3000 között állítható be, a nagyobb állandóhoz azonban nagyobb dielektromos veszteség is tartozik. A ferrovillamos kerámiák a rájuk jutó télerősség függvényében hiszterézist mutatnak.

Kerámiák a hőfejlesztő készülékekhez

Jellemző rájuk a kis hőátadás. Kiválasztásuk a hőmérséklet és a fűtőszál anyagának függvénye, amivel nem léphetnek kémiai reakcióba.

Az alumínium-oxid-kerámia

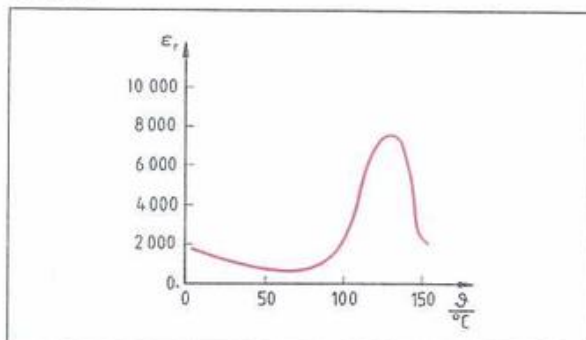
Fontosabb alkalmazások: vágóél a fémgyártáshoz, nagy mechanikai szilárdsága és kedvező felülete miatt alaktartó alkatrészek az elektrotechnikában és a gépgyártásban, valamint a gyógyászatban.

Az elektrooptikai kerámia

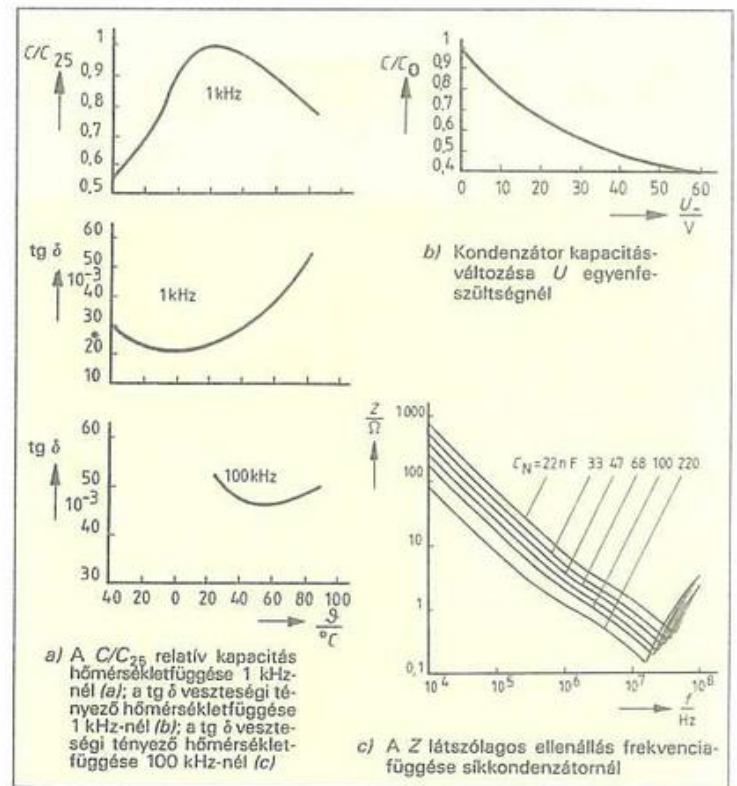
Fényáteresztő, amely képessége villamos térrel vezérelhető.

A piezokerámia

A piezoelektromos hatást az egykristályokban (turmalin, Seignette-só, kvarc) fedezték fel. A speciális kerámiák lényegesen nagyobb piezoelektromos hatást mutatnak. Rugalmas alakváltozáskor villamos tér keletkezik és az inverz¹ piezohatásnál a rákapcsolt villamos tér alakváltozást okoz (elektrosztrikció). A kerámiaanyag polikristályos, és az összetételével (bárium-titanát, ólom-cirkonát, titanát), valamint az alakjával az adott feladathoz illeszthető. Alkalmazások: érzékelők, gázgyújtók, erőmérők, nyomtatók, tasztatúrák, képfelvételek, sávszűrők, színes tv-készletet vezetékek, hangszedők (pick-up), mikrofonok, hangszórók, ultrahang-generátorok (tisztítókádák, anyagmegmunkálás, műanyaghegesztés), kis elmozdulások létrehozása.



2. Bárium-titanát relatív permittivitásának hőmérsékletfüggése



1. A hőmérséklet, a feszültség és a frekvencia hatása kerámiakondenzátorra, $\epsilon_r = 50\ 000$ mellett

A ferroelektromos kristályokban dipólusok vannak, amelyek alapállapotban kompenzálják egymást. A készre égetésük során egy irányba rendeződnek. Egy, az anyagösszetételétől függő ún. Curie-hőmérséklet fölött ez a tulajdonság eltűnik. A dipólusok rendeződése hiszterézissel² megy végbe.

Módosított természetes anyagok

A cellulóz

Növények alkotórésze, és elsősorban fából és gyapottól nyerik. A következők készülnek belőle: szigetelőpapír, prespán, vegyi kezeléssel cellulózszármazékok és fóliák.

Szigetelőpapírok

Ilyenek például a kábel- és kondenzátorpapír, ezeket a nedvességfelvételtől védeni kell. Műgyantaitatással, melegpressel keménypapírt kapunk.

A prespán

Ezt a nagy cellulóztartalmú anyagot fólia vagy lemez alakban elsősorban villamos gépekben használják.

¹ Inverz: fordított (latin)

² Hiszterézis: hatás fennmaradása, a kiváltó ok megszűnte után (görög)

Cellulóz-triacetát (CTA)

Mechanikai és villamos tulajdonságai kedvezőek, pl. szigetelőfóliának és szerszámfogantyúknak használgák.

Cellulóz-acetobutirát (CAB)

Ütésálló, nehezen gyulladó szigetelőanyag, amely alig vesz fel nedvességet.

Típus KER. . . DIN 40 685		110.1	110.2	220	410	530	710
Nedvességfelvétel képessége	%	0	0	0	0	10 ... 15	0
Térfogatsűrűség	kg/dm ³	2,2 ... 2,6	2,2 ... 2,6	2,6 ... 2,8	2,1 ... 2,2	2,0 ... 2,1	3,7 ... 3,9
Hajlítási szilárdság zománczott zománczatlan	N/mm ²	60 ... 100 40 ... 80	100 ... 140 89 ... 120	120 ... 160 120 ... 160	50 ... 85	40 ... 50	330 ... 420
Rugalmassági modulus	N/mm ² · 10 ⁹	0,55 ... 1		0,8 ... 1,1	0,9 ... 1,2	–	3,0 ... 3,8
Nyírószilárdság	N/mm ² · 10 ⁹	0,2 ... 0,4		≈ 0,4	≈ 0,5	–	–
Hőtágulási együttható							
+20 ... +100 °C	K ⁻¹ · 10 ⁻⁶	3,5 ... 5,5		7 ... 9	≈ 1,0	3,5 ... 5	5 ... 7
+20 ... +600 °C		4 ... 6		7 ... 9	2 ... 3	4 ... 6	6 ... 8
+20 ... +1000 °C		4 ... 6,5		8 ... 10	2 ... 3	4 ... 7	7 ... 8
Fajlagos hőkapacitás +20 ... +100 °C	W s kg K	795 ... 880		795 ... 880	795 ... 920	~ 880	830
Hővezetőképesség +20 ... +1000 °C	W/K m	1,16 ... 2,55		2,3 ... 2,8	2,0 ... 2,3	1,4 ... 1,6	18,6 ... 29,0
Fajlagos térfogati (hatásos) ellenál- lás 50 Hz váltakozó feszültségnél	Ω cm	10 ¹¹ ... 10 ¹² 10 ⁷ ... 10 ⁹ 10 ⁵ ... 10 ⁶ 10 ⁴ ... 10 ⁵ – –		5 · 10 ¹¹ ... 5 · 10 ¹² 10 ¹⁰ ... 10 ¹¹ 10 ⁷ ... 10 ⁸ 10 ⁵ ... 10 ⁶ – –	10 ¹¹ ... 10 ¹² 10 ⁶ ... 10 ⁹ 10 ⁴ ... 10 ⁷ 10 ⁴ ... 10 ⁵ – –	– – 10 ³ ... 10 ⁸ 10 ⁴ ... 10 ⁷ 10 ⁵ ... 10 ⁶ 10 ⁴ ... 10 ⁵	– 5 · 10 ¹² ... 5 · 10 ¹⁴ 10 ¹² ... 10 ¹³ 2 · 10 ⁹ ... 2 · 10 ¹⁰ 3 · 10 ⁷ ... 2 · 10 ⁸ 10 ⁴ ... 10 ⁷
Kúszóáramokkal szembeni ellenállás	–	A kerámiaszigetelők felületén villamos kúszás hatására nincs olyan elváltozás, amely vezető kúszótutat hozna létre					

1. Néhány kerámiaanyag-jellemző

Típus KER. . . DIN 40 685			221	310	320	330			
Térfogatsűrűség	kg/dm ³		2,6 ... 2,8	3,5 ... 3,9	3,1 ... 3,2	4,0 ... 5,0			
Hajlítási szilárdság	zománczott zománczatlan	N/mm ²	1400 ... 1600 1400 ... 1600	– 900 ... 1500	– 800 ... 1100	– –			
Nyúlástényező + 20. . . +100 °C között		K ⁻¹ · 10 ⁻⁶	6,0 ... 8,0	6,0 ... 8,0	6,0 ... 10	8,0 ... 8,5			
Hővezető képesség + 20. . . +100 °C között		W/K m	2,3 ... 28	3,5 ... 4,1	3,6 ... 3,8	–			
Átütési szilárdság (effektívérték) 50 Hz-en, zománczatlan		kV/mm	30 ... 45	10 ... 20	10 ... 20	10 ... 20			
ε _r relatív permittivitás		–	≈ 6	60 ... 100	12 ... 25	30 ... 50			
A permittivitás hőmérsékleti tényezője 10 ⁶ Hz-en, –60. . . +100 °C között		K ⁻¹ · 10 ⁻⁶	+100 ... +160	–630 ... –870	+90 ... –30	+40 ... –150			
Dielektromos vesztési tényező 20 °C-on	$\left\{ \begin{array}{l} 50 \text{ Hz-en} \\ 800 \text{ Hz-en} \\ 10^6 \dots 10^7 \text{ Hz} \end{array} \right.$	10 ⁻³	1,0 ... 1,5 0,8 ... 1,2 0,3 ... 0,5	– 0,3 ... 1,0 0,3 ... 0,8	– 0,3 ... 2,0 0,05 ... 0,3	– 0,2 ... 2,0 0,05 ... 0,3			
Dielektromos vesztési tényező növelt hőmérsékleten	$\left\{ \begin{array}{l} 60 \text{ °C} \\ 80 \text{ °C} \\ 100 \text{ °C} \end{array} \right.$	10 ⁻³	50 Hz-en 4 ... 6 7 ... 12 12 ... 15	10 ⁶ Hz-en 0,4 ... 0,5 0,5 ... 0,6 0,6 ... 0,8	50 Hz-en – – –	10 ⁶ Hz-en 0,3 ... 0,8 0,3 ... 0,8 0,3 ... 0,8	50 Hz-en – – –	10 ⁶ Hz-en 0,1 ... 0,3 0,1 ... 0,3 0,1 ... 0,3	10 ⁶ Hz-en 0,1 ... 0,3 0,2 ... 0,4 0,2 ... 0,5
Felületi ellenállás 80% relatív nedvesség és egyenfeszültség mellett	Ω	10 mm elektródátávolság és 100 mm elektródahossz esetén 10 ⁹ . . . 10 ¹²							

2. Kerámiakondenzátor-anyagok

Műanyagok

Áttekintés

A természetben nem találhatók műanyagok, a vegyipar állítja elő őket néhány alapelemből szintetikusán: C: szén, H: hidrogén, O: oxigén, N: nitrogén, Cl: klór, F: fluór, Si: szilícium, S: kén. A kiindulóanyagok az ún. monomerek, mint pl. a CH_4 : metán, C_2H_6 : etán, C_3H_8 : propán, C_4H_{10} : bután, C_6H_6 : benzol, $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$: fenol. Ezekből hozzák létre az óriásmolekulákat (makromolekulákat), amelyek polimereket alkotnak.

Termoplasztok — plasztomerek

Olyan műanyagok, amelyek melegítésre lágyulnak majd folyékonnyá válnak. Hulladékuk újra feldolgozható (recycling); hegeszthetők.

Duroplasztok — duromerek

Olyan műanyagok, amelyek feldolgozás után hővel nem lágyíthatók. Formatartóbbak, mint a plasztomerek. Feldolgozásuk véglegesen megkeményednek. Megmunkálásukat a kisütési idő drágítja.

Elasztomerek

Ezek gumyszerű anyagok és akár termoplasztok (plasztomerek), akár duroplasztok (duromerek) is lehetnek.

Habosított anyagok

Ezek lehetnek termoplasztok vagy duroplasztok. A feldolgozásuk során olyan adalékokat adnak hozzájuk, amik porózussá teszik őket. Lehetnek rugalmasan lágyak és kemények is.

Megmunkálhatóság

Forgácsolással jól megmunkálhatók, de precízebb készárak gyártásához nem használatosak. A termoplasztikus anyagból többnyire fröccsöntéssel készítenek munkadarabokat. A műanyagot granulátum formájában felmelegített csigába juttatják (l. pl. a húsdarálót), plasztikussá teszik (lágyítják), majd a formába sajtoltják. Extrudálásukkor a csiga folyamatosan átnyomja a formán az anyagot, végtelen hosszú profil jön létre, ez a vezeték- és kábelszigetelés. A termoplasztikus anyagok igen alkalmasak melegformázásra pl. a felmelegített fóliát vákuummal vagy sűrített levegővel formába nyomják (élelmiszer-csomagolás PVC-fóliába). Fémrészeket (pl. fogantyúkat) fluidágyban vonnak be műanyaggal. A levegővel lebegtetett műanyag porba merítik a felmelegített munkadarabot. A por egy rétegben részint eloldódik a munkadarabra. A duroplasztokat többnyire melegsajtolással dolgozzák fel, mielőtt kikeményednek.

Termoplasztikus műanyagok (termoplasztok vagy plasztomerek)

Polisztirol (PS) (sztirol-polimerizát)

Tipikus alkalmazás: olcsó háztartási készülékek, eldobható edények, tekercstestek és vezetékek a nagyfrekvenciás technikában, a csomagolóiparban (habosított polisztirol-sztiropor), magnetofonszalag- és filmcsévek, kondenzátorok szigetelőfóliái, rendezőtokok.

A villamos jellemzői jók (l. a 225. oldal táblázatát). Különböző összetevők, pl. sztirol, butadién stb. hozzáadásával tokozatokhoz jól használható, mert megfelelő a keménysége. A tiszta polisztirol csengő hangjáról lehet felismerni. Erősen kormozva ég.

Többnyire fröccsöntéssel dolgozzák fel, jól ragasztható és hegeszthető.

Egyéb, hasonló célra használt sztirolpolimerizátok:

Sztirol-butadién (SB), pl. készülékek tokozata, kisbútorok.

Sztirol-akrilonitril-kopolimerizát (SAN), pl. telefonkészülékek, logarúcsok, akkumulátorházak.

Akrilonitril-sztirol-akrilészter (ASA), különösen jó fény- és időjárásálló, ezért a járműiparban használják. Fűnyíróváznak is megfelelő.

Polietilén (PE)

Poliolefin (PE-HD, nagy sűrűség; PE-LD, kis sűrűség; PE-V, hálósítható polietilén).

Tipikus alkalmazások: harmonikaajtók, korrózióvédelem, akkumulátorházak, telefon- és nagyfeszültségű kábel, védőcsövek, csévetestek, vízvezetékcsövek, vödörök, olajkannák, szatyrok, edények, csomagolófóliák, zsugorfóliák, játékok, háztartási tárolóedények. Habosított polietilén a nagyfrekvenciás kábelekhöz, szövött PE-V kábelekhöz.

A PE villamos jellemzői kedvezőek (l. a 225. oldal táblázatát), a vegyszereknek ellenálló.

A PE-HD mechanikai és termikus szilárdsága nagyobb, a PE-LD dielektromos vesztesége kisebb.

A polietilén viaszos tapintású.

Polipropilén (PP) (Poliolefin)

Felhasználása a polietilénnél hasonló. Merevebb és hőállóbb. Transzformátorházak, huzalbevonatok, antennaelektromosok, mosógépdobok, háztartási cikkek, hőálló fóliák, lemezszerelők tartók készülnek belőle.

Tulajdonságait l. a 225. oldal táblázatában.

Feldolgozása mint a polietilénné.

Egy másik poliolefin a polibután (PB), ezt pl. nagyfeszültségű kábelekhöz és forróvíz-csővekhez használják.

Poliamid (PA)

A típusjelölések, pl. a PA 6, PA 12, PA 612 az atomszerkezetre utalnak.

Alkalmazások: fogaskerek, görgők, tengelykapcsolók, bűtykök, vezérlőtengelyek, siklócsapágyak, golyóscsapágy-kosarak, csavarok, hajócsavarok, elosztódobozok, villamos szerszámgépek tokozata, kopásálló kábelköpenyek, fóliák, kötelek, hajkefék.

Különleges tulajdonsága (l. a 225. old. táblázatát): a nagy mechanikai szilárdság, különösen nedvességgel telített állapotban. Nagyfrekvenciás tartományban szigetelésre nem alkalmas. Mikroüveggyökök (50 µm átmérő) vagy üvegszál hozzáadásával szilárdsága és formatarthatása jelentősen növelhető.

Megmunkálható fröccsöntéssel, extrudálással, forgácsolással, valamint a nagy dielektromos vesztesége révén nagyfrekvenciás hegesztéssel.

Polioxi-metilén (POM) (poliacetát)

Alkalmazások: gépszerkezetek, fogaskerek, csavarok, vezérlőtárcsák, csapágyak, szelepek, pneumatikaelemek, csévetestek, háztartási készülékek.

Különleges tulajdonságai: nagy keménység, merevség és szilárdság, jó súrlódási és kopásjellemzők, jó szigetelési tulajdonságok, kis dielektromos veszteség.

Megmunkálható: pl. fröccsöntéssel, extrudálással, hegesztéssel, forgácsolással.

Hasonló tulajdonságúak a **polietilén-tereftalát (PETP)** és a **polibutilén-tereftalát (PBTP)**.

Poli(vinil-klorid) (PVC)

A lágyító nélküli poli(vinil-klorid)-ot (PVC) pl. a vegyiparban használják tartályok és csövek alapanyagaként, továbbá mint szigetelőanyag, kábelcsatorna, elosztószekrények, hanglemezek, lefolyócsövek, ablakkeret, és élelmiszerek csomagolóanyaga.

Különleges tulajdonságai: merev, kemény, karcolásra érzékeny, kémiaiilag jól ellenálló, a nagy dielektromos vesztesége miatt a nagyfrekvenciás technikában nem használható, ezzel szemben nagyfrekvenciás eljárással jól hegeszthető.

Megmunkálható: fröccsöntéssel, extrudálással, melegalakítással, hegesztéssel, ragasztással, nagy sebességű forgácsolással.

Lágyított poli(vinil-klorid) (PVC-P)

Alkalmazása: bevonatok, csövek, kisfrekvenciás kábelköpenyek, zsugorcsövek, szigetelőszalagok, fóliák, építőanyagok.

222

Tulajdonságai erősen függenek a lágyító- és a töltőanyagtól. Hosszabb idő után a lágyító kiválhat és megkeményedhet. A PVC rosszul ég, égésekor sósav keletkezik, ez korlátozza a kábelelekhez való alkalmazását.

Megmunkálása: minden műanyag-feldolgozási módszer használható, a bevonatok készíthetők fluidágyas szinterezéssel is. A kábelfektetést hidegben kerülni kell!

Polikarbonát (PC)

Alkalmazása: átlátszó elosztószekrények, kapcsolók tokozata, a pneumatikus vezérlés elemei, sorozatkapcsok, számítógépházak, lámpák, a konyhagépek részei, háztartási készülékek stb.

Tulajdonságai: átlátszó, egyszínű, ütésálló, törésálló, melegben alaktartó, kicsi a vízfelvétele. Jók a villamos tulajdonságai.

Feldolgozása mint a termoplasztoké.

Akrilüveg (plexi)

Poli(metil-metakrilát) (PMMA) és akrilnitril-metil-metakrilát (AMMA).

Alkalmazása: villogók, hátsó lámpák, kapcsolóalkatrészek, skálák, lámpaburák, tetőüvegezések, mosogatók, fürdőkádak, háztartási készülékek, modellezés, bizsuk.

Tulajdonságai: üvegtiszta, ha nincs színezve, jó szilárdság, merev, jó felületi ellenállás és kúszóáramszilárdság, fiziológiailag közömbös.

Feldolgozása: extrudálás, fröccsöntés, melegalakítás, ragasztás, hegesztés (AMMA kivételével), forgácsolás.

Akrilnitril-butadién-sztirol-polimerizát (ABS)

Felhasználása: gyakori a háztartási készülékek működtetésében, a híradástechnikában, játékokhoz.

Tulajdonságai: rideg és szívós kis hőmérsékleten is, nagy a felületi és térfogati ellenállása.

Megmunkálása: fröccsöntés, extrudálás, melegalakítás, ragasztás, hegesztés, forgácsolás. Speciális típusai galvanizálhatók.

Polifenilszulfid (PPS)

Burkolatok, dugaszolóaljak, szerelőlapok, csévetestek.

Poliéterketon (PEK)

A műanyagok között legnagyobb a sugárzásállósága. Kapcsolók, dugaszolóaljak, fogaskerekek, kábel és vezetékköpenyek.

Poli(tetrafluór-etilén) (PTFE)

300 °C-on rövid ideig terhelhető, használható –200 °C. . 250 °C között. Siklócsapágyak, huzal- és kábelszigetelések, szigetelőcsövek, nagyfrekvenciás technika, tömítések, vegyipar, redőnyök, bevonatok. Sok fluórtartalmú műanyag van.

Poliimid (PTI)

Mikrohullámú sütők belseje, forrasztható sorozatkapcsok, IC-tokozatok, villamos gépek és nyomtatott áramkörök fóliái, biztosítókázak.

Duroplasztikus műanyagok (duromerek)**Fenolformaldehid-gyanta (PF) (bakelit)**

Összetétele: a gyantát töltőanyagokkal (szilárdítóanyagokkal) keverik, pl. fűrészporral, szövetdarabokkal, azbeszttel, kvarccal, csillámmal.

Felhasználása: burkolatok, gyújtáselosztók, dugaszolók, dugaszolóaljak, kommutátorok, sorozatkapcsok.

Az olcsóbban előállítható termoplasztikus anyagok nagyrészt kiszorították.

Tulajdonságai: a töltőanyagtól függően 100. . 140 °C hőmérsékletig tartóan hőálló, alaktartó, újból nem lágyítható. Villamos jellemzői a töltőanyagtól függenek. Forgácsoló megmunkáláskor a „külső bőre” eltűnik, ami megakadályozza a nedvességfelvételt.

Rétegelt présanyagok: gyantával itatott papír, szövet, üvegszálalás lemez a kívánt lemeztartósság szerint rétegelve és a bakelizáláshoz melegen préselve.

Aminoplasztok

MF: melamingyanta, UF: karbamidgyanta.

Alkalmazásuk a fenoplasztokéhoz hasonló. A gyanták fényben nem sötétednek, ezért világos, préselt idomok is készíthetők belőlük.

Telítetlen poliésztergyanták (UP)

Alkalmazásuk: tiszta, tehát adalék nélküli gyantával alkatrészek beágyazása. Üvegszál-erősítéssel szálszórástechnikával vagy rétegzéssel (laminálással) járművekhez, csónakokhoz, tartályokhoz (olajtartály). A masszából elektrotechnikai alkatrészeket préselnek.

Tulajdonságai: nagy szilárdság az üvegszál-erősítés révén, jó kúszóáram-szilárdság, kis hőmérsékleten sem törékeny. Jó megalaktartósság, 150 °C-ig terhelhető.

Epoxigyanta (EP)

Alkalmazása: kiöntőgyantaként villamos gépek részegységeiben, szigetelőkben, szerszámokban (pl. mélyhúzó-szerszámokban). Feldolgozásához többnyire két komponenst kevernek össze, ezek fajtája és a hőmérséklet határozza meg a kötési időt. Készítéskor a szemet és a bőrt óvni kell.

Rétegelve (gyantával itatott paplan) járművek, csónakok, nyomtatott áramkörök hordozólemezei készülnek belőle.

Kiöntéssel kondenzátorok, ellenállások, sorozatkapcsok köpenyeként használják.

Tulajdonságai: jó villamos jellemzők, öntőgyantaként kis zsugorodás. Tulajdonságát az erősítőanyagok befolyásolják.

Az elasztomerek és a kaucsuk**Természetes kaucsuk (NK, KR)**

Jellegzetesen rugalmas, lágy elasztomeranyag. Alkalmazását a viszonylag gyors öregedése, az olaj és a sugárzások iránti érzékenysége korlátozza.

A különböző keverésű műanyagok közül, amelyeket speciális követelményekhez használnak, most csak néhányat sorolunk fel.

Butadiénkaucsuk (BR) pl. a Buna, amely a természetes kaucsuknál kevésbé öregszik, kopásálló, hidegtűrő.

Akrinitril-butadiénkaucsuk (Buna N) (NBR). Az olaj és a zsírok nem támadják meg, –30 °C. . 100 °C között pl. kábelköpenyeként használható.

Izoprén-izobutilénkaucsuk (IIR). Ózontűrő, kémiaiilag nagyon ellenálló, kábelköpenyekhez megfelelő.

Klorofénkaucsuk (CR). –40 °C. . 130 °C tartományban hőálló és olajálló. Kábelköpenyekhez, védőöltözetekhez, szállítószalagokhoz alkalmazható.

Szilikongumi (gumi) (SIR). Olajálló, tulajdonságai –60 °C. . 180 °C között közel állandók. Ózon- és ultraibolyasugárzás-tűrő. Felhasználható elektronikai alkatrészek beágyazásához, huzal- és kábelszigetelésekhez, szigetelőcsövekhez, tömítésekhez.

Uretánkaucsuk (poliuretán) (UR). Nagy a szakítószilárdsága és a törési nyúlása, kopásálló. Kábelköpenyekhez, rezgécscillapító elemekhez, fogazatokhoz alkalmas.

Lágyított poli(vinil-klorid) (PVC-P). Felhasználható szigetelőcsövek, tömlők, zsugorcsovek, huzal- és kábelköpenyek, szigetelőszalagok kisfrekvencia esetén, fólia, játék, szatyor, kabát, csizma alapanyagaként.

Váltakozó feszültségű villamos térben hegeszthető.

Szigetelőfóliák

A szigetelőfóliákat tekercsek réteg- és fedőszigetelésére, a villamos gépek horonyszigetelésére, kondenzátorok dielektrikumaként és nyomtatott áramkörök hordozóanyagaként használják.

Példák az anyagokra

Papír és prespán, cellulóz-acetát, cellulóz-acetobutirát, polisztirol (kis dielektromos veszteség), polipropilén (nagy szilárdság, nagy dielektromos veszteség), polikarbonát (majdnem hőmérséklet- és frekvenciafüggetlen), poliészter (kopásálló), poliamid (a legnagyobb hőállóság 350 °C-ig).

Villamos szigetelőszalagok

A szigetelőszalagok ragasztóval bevont szigetelőfóliák. Ragasztójuk kaucsuk, akrilgyanta és szilikon. Előírásait a szabványok tartalmazzák. Példák: papír kaucsukragasztóval, sima papír, hullámosított papír (pl. rögzítéshez, tekercsek borítására).

Pamut kaucsukragasztóval (pl. tekercsfel-bandázsoláshoz, tekercstartókhoz).

Üvegszövet kaucsukkal, akrilgyantával vagy szilikonnal, határhőmérséklet 140 °C (pl. villamos gépek).

PVC-alapú szalagok kaucsuk- vagy akrilragasztóval, határhőmérséklet 90 °C (villanyszereléshez). Poliészterfóliák, acetátfóliák. A poli(tetrafluor-etilén) fóliák szilikonragasztóval 200 °C-ig használhatók.

ABS	Akriil-butadiénsztirol
BR	Polibutadién
C	Cellulóz
CA	Cellulóz-acetát
CAB	Cellulóz-acetobutirát
CN	Cellulóz-nitrát
CR	Klorofénkaucsuk
CTA	Cellulóz-triacetát
EP	Epoxigyanta
GFK	Üvegszállal erősített műanyag
GUP	Üvegszállal erősített telítetlen poliészter
Hp	Keménypapír
IIR	Butilénkaucsuk
LDPE	Poli(etilén (lágú) kis sűrűséggel
MDPE	Poli(etilén közepes sűrűséggel
HDPE	Poli(etilén (kemény) nagy sűrűséggel
MF	Nelamingyanta
NBR	Nitrilkaucsuk
NR	Természetes kaucsuk
PA	Poliamid
PAN	Poliakrilonitril
PC	Polikarbonát
PE	Poli(etilén
PETP	Poli(etilén-tereftalát
PF	Fenolformaldehid-gyanta
PFEP	Poli(tetrafluor-etilén)-perfluor-propilén
PI	Poliamid
PMMA	Poli(metil-metakrilát)
PO	Poli(olefin
POM	Poli(oximetilén (poliacetát)
PP	Polipropilén
PPO	Poli(fenilén-oxid
PS	Polisztirol
PTFE	Poli(tetrafluor-etilén)
PUR	Poli(uretán
PVC	Poli(vinil-klorid)
SAN	Sztirol-akrilonitril-polimerizátum
SB	Sztirol-butadién-polimerizátum
SBR	Sztirol-butadiénkaucsuk
SI, VQM	Szilikonkaucsuk
SI	Szilikon
UF	Karbamidgyanta
UP	Telítetlen poliészter
UR	Uretánkaucsuk
VAC	Vinil-acetát
VC	Vinil-klorid
VF, VI	Vulkánfibre
VPE	Hálósított poli(etilén

Márkanév	A kémiai összetétel rövid jele	Márkanév	A kémiai összetétel rövid jele
Arcella	PVC	Leguval	UP
Araldit	EP-ragasztóanyag	Lupolen	PE
Astralon	PVC-kevert polimerizátum	Luran	SAN
Bakelit	PF, UF, MF	Lycra	UR
Buna	BR	Makrolon	PC
Buna S	SBR	Mipolan	PVC
Buna N	NBR	Moltopren	PUR hab
Cellidor S	CA	Neoprén	CR
Cellofán	C-fólia	Noryl	PPO
Celluloid	CN	Novodur	ABS
Desmodur	PUR	Novopan	PF lemez
Diolen	PETP	Novotext	PF keményszövetek
Dolan	PAN	Nylon	PA
Dralon	PAN	Orlon	PAN
Duretán	PA	Perlon	PA
Epoxi	EP	Perlon U	PUR
Ferroccl	PF-keményszövet	Pertinax	PF keménypapír
Hostafán	PTFE	Plexi	PMMA
Hostaform	POM	Pollopas	UF
Hostalen	PP	Resopal	PF-MF keménypapír
Hostalit	PVC (Cop.)	Resolite	UF
Hostafán	PETP	Styrocell	PS hab
Igelit	PVC	Styropor	PS hab
Iporka	UF hab	Teflon	PTFE
Izopal	UF présanyag	Terilén	PETP
Kaurit	UF ragasztó	Trevira	PETP
Kohinor	PVC	Trolit	CA
Kopac	UF	Trolitul	PS
		Tolon	EP
		Ultramid	PA
		Ultrapas	MF
		Urafil	PUR (GFK)
		Vestamid	PA
		Vestolen	PP
		Vinidur	PVC (kemény)
		Vinoflex	PVC (hajlékony)
		Vulcollan	UR

1. A fontosabb műanyagok jelölései

2. A műanyagok márkanevei

Az anyag neve	Sűrűség	Szakítószilárdság	Szakításnyúlás	Erőgumiasági modulus	Lineáris hőtágulási együttható	Hővezető képesség	C-felület hőkapacitása	Felületi ellenállás	Felületi ellenállás	Felületi ellenállás	Dielektrikus veszteségi tényező	relatív permittivitás	Átütési szilárdság	Készítésméret	
	g/cm ³	N/mm ²	%	N/mm ²	20 és 50 °C között	W/mK	kg/K	Ω	Ω·cm	10 ⁶ Hz	10 ⁶ Hz	1000 Hz	kV/cm	KA	
Cellulóz-acetát, tip. 433	1,3	30...50		2000	0,27	160	1,5...1,9	>12	>13	0,02	0,06	5,3	4,6	320	3b
-acetobutírat, tip. 412	1,19	30		1500	0,31	120	1,3...1,7	14	15	0,01	0,02	3,6	3,5	380	3b/c
Epoxigyanta:															
Epoxigyanta-présanyag, tip. 872		ca. 40	ca. 2	ca. 11 000	0,23	20	0,8	12	14	0,05	0,06	5,5	>200	3c	>300
Öntőgyanta-formaanyag, töltetlen, tip. 1000-0	1,2	60	ca. 2	ca. 4000	0,3	75	1,4	13	14	0,01	0,02	4	4	2	300
Töltött, tip. 1000-6		40				40		13	14	0,02	0,02	4	4	1	200
Karbamidgyanta, tip. 1315	1,5	30		6000...10000	0,36	40...50	1,3	10	11	0,1	0,05	6...7	6	80...150	3a
Keményítőszórák, tip. Hgw 2083	100			7000...10000	0,2...0,3	20...40	1,3	8...11	8...11	0,1...0,3	0,05	5	5	80...150	3a
Keményítőszórák, tip. Hp 2061	120			7000...10000	0,2...0,3	20...40	1,3	8...11	8...11	0,08	0,06	5	5	80...150	3a
Keményítőszórák, tip. Hm 2472	1,9	100		8000...10000	0,35	10...30	1,3	12	12	0,05	0,04	5	5	80...150	3a
Melamin-epoxigyanta-prés, tip. 152	30			9000...15000	0,7	15...30	1,0	10	11	0,1	<0,5	5...10	50...140	3b	500
Fenolplaszt-prés, tip. 12	1,5	20		6000...8000	0,35	30...50	1,3	10	11	0,1	0,05	6...9	6	80...150	3a
tip. 315	1,4	25		7000...10000	0,32	15...30	1,3	7	8	0,4	0,1	6...10	4...7	50...100	3a
tip. 74	25			3000	0,3	100	1,4	15	15	0,002	0,005	4	4	700	3b
Poliacetal (Cep)	1,41	68	>25	3000	0,3	100	1,4	15	15	0,002	0,005	4	4	700	3b
min. 30% üvegszállal	100	5		9000											>600
Poliimid (0,92 kis szűrséggel)	0,92	8...10	ca. 600	200...300	0,82	20	2,1	13	>17	0,001...0,002	2...3	>700	>700	3b/c	>600
— (0,96 nagy szűrséggel)	0,96	20...30	400...800	1000	0,4	150	1,8	13	>17	0,001...0,002	2...3	>700	>700	3b/c	>600
Poliimid ² : 6	1,13	40	200	1400	0,29	70...100	1,7	12	12...15	0,002	0,02	3...4	350	3b	420
— 6,30% üvegszállal	1,35	100	7	5000	0,23	30	1,4								
— önthető poliimid	≥60			1500...4000											
Poliakrilonitril	1,2	65	80	2300	0,21	60...70	1,2	15	>16	<0,001	0,01	3,0	2,9	350	1
— 35...40% üvegszállal	~2,4	100	3	9500											
Poliésztergyanta (UP):															
— Poliésztergyanta présanyag, tip. 801	25	4		12500...15000	0,6	10...30	1,2	10	12	0,02	0,03	4,5	4	100...150	3c
— Öntőgyanta-formaanyag, tip. 1110	30	2		3500	0,80	60...80	1,2...1,9			0,01	0,02	4	4	3c	500
Öntőgyanta-formaanyag, tip. 1140	50	>2	3500	60...80						0,05	0,02	2,7	300	3c	500
Poliimidek (modosított)	80	5,5		3000	0,18	70...80	1,5	>15	>15	0,0004	0,0009	2,7	2,7	450	1
Poliimidek (modosított)	50...60	50		2300...2400	0,23	60...70	1,4	14	16	0,0004	0,0005	2,3	2,3	>700	3c
Poliipropilén	0,9	30...40	>600	800...1300	0,22	110...170	1,7	13	17	0,0005...0,0004	2,5	>500	%	>600	>600
— 40% azbesztzállal	~1,3	35	ca. 15	3500											
Poliészter	1,05	50	3	3300	0,16	70	1,3	>14	18	0,0005...0,0004	2,5	>500	%	200	200
— SB — szilikon-butadién	0,94	25...40	25...60	1800...2500	0,18	70	1,3	14	16	0,0004...0,0001	2,6	400	2	400	2
— ABS — akril-butadién-észter	1,1	35...52	15...30	2000...2800	0,18	80	1,5	13	15	0,0005...0,0015	4,6	350	3,4	350	3a
SAN — szilikon-akrilitril	1,0	75	5	3600	0,18	80	1,3	14	16	0,009	3	300	%	300	200
Poli(tetrafluor-eten)	2,2	30	ca. 400	7500	0,23	160...200	1,0	17	18	0,00003...0,00007	2,1	200...400	2,1	200...400	3c
Poli(vinil-klorid) PVC	ca. 50	20...50	2 L, a 190. oldal	3000	0,16	70...80	0,9	13	>16	0,015...0,03	3,5	2,7	200...400	%b	320

A számjegyek a táblázatban a következőképpen értelmezendők: pl. 14 = 10⁴ 2 L a 190. oldal

¹ A számjegyek a tizes hatványkitevő, pl. 14 = 10¹⁴. ² L, a 190. oldal. ³ A 5-os szám a kiindulópontban a szilárdságok számát jelenti.

1. A fontosabb műanyagok jellemzői

Kenő- és csiszolóanyagok

A kenőanyagok feladatai

A villamos gépek csapágyaiban, a készülékek a berendezések mozgórészeiben, a kapcsoló- és dugaszolóarmatúrákban súrlódás lép fel.

Megkülönböztetünk szárazsúrlódást, folyadéksúrlódást és gördülősúrlódást (1. ábra).

A súrlódás leküzdéséhez szükséges energiának lehetőleg kicsinek kell lennie, hogy a keletkező hő elvezetődjön, a kopást pedig korlátozni kell. Siklócsapágy súrlódási viszonyai láthatók a 2. ábrán.

A kenőanyagok feladatai a következők:

1. a súrlódási erő csökkentése.
2. a kopás csökkentése.
3. a hőenergia elvezetése, pl. nagy igénybevételű csapágyak esetében.
4. korrózióvédelem.

A kenőolajok és alkalmazásuk

Az ásványi kenőolajok nyersolajból nyert szénhidrogének. A kereskedelembe számos típusuk található.

A szintetikus kenőolajokat speciális tulajdonságokkal gyártják. Viszkozitásuk pl. széles hőmérséklettartományban hőmérsékletfüggetlen lehet. A szilikonolajok igen kis hőmérsékleten is folyékonyak, kenőképességük mindenesetre kisebb, mint az árványolajoké.

Az érintkezőolajok speciális szintetikus származékok. Tolókapcsolók, antennaátkapcsolók, tolóellenállások és kapcsolókészülékek kenésére használatosak. Az érintkezőfelületek kevésbé kopnak, csökken az átmeneti ellenállásuk, korrózióállóbbak, és könnyebben járnak.

A hatóanyagok (adalékok) majd minden kenőolaj fontos összetevői. Feladataik a következők:

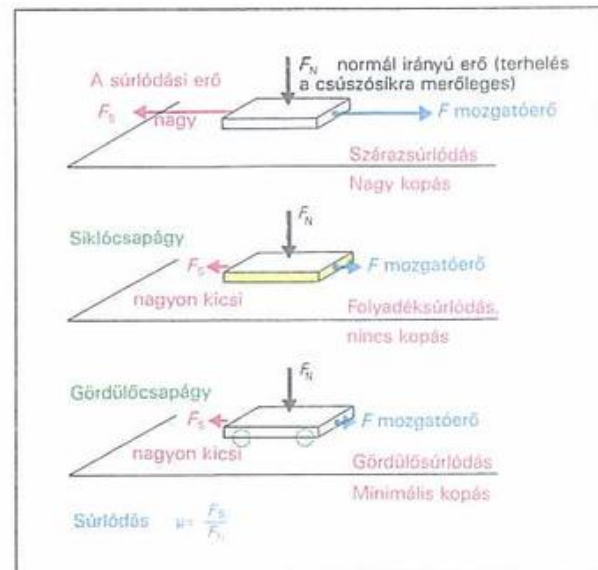
1. az élettartam, a kenőképesség, a viszkozitás, a kényszerjárás javítása;
2. az oxidáció, a korrózió, a rozsdaképződés és a habosodás megakadályozása.

A HD-olajok (Heavy Duty¹) a legnehezebb üzemviszonyokhoz szükséges, nagy mennyiségű hatóanyagot tartalmaznak.

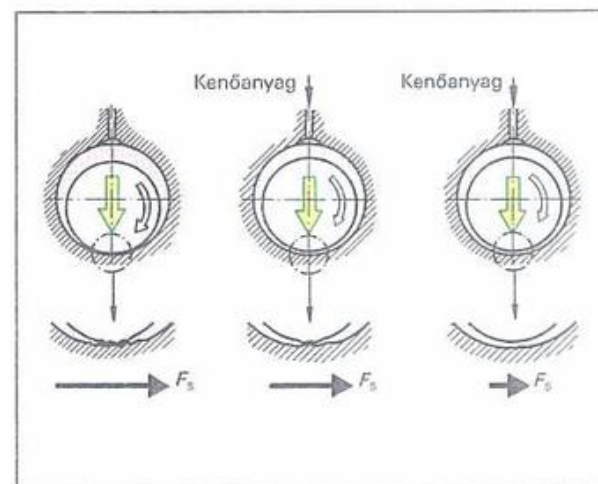
Néhány speciális alkalmazásuk: nagy fordulatszámu orsók kenése, ágy- és vezetőpályák kenése, hidraulikaolaj.

Az emulziók olyan folyadékeverékek, amelyek nem oldódnak egymásban, pl. a víz és az olaj. Az emulzió-

¹ Heavy Duty: nagy teljesítmény (angol)



1. A súrlódási erő és a súrlódási szám



2. Siklócsapágy. Üzemviszonyok indulástól üzemli állapotig

kat forgácsoláskor hűtő- és kenőfolyadékként használják (vágóolajok).

A hűtő- kenőolajok egészségre károsak lehetnek!

A kenőzsírok és használatuk

Az ásványolajok szappanosítással sűrítésével állítják elő. Szappannak a zsírsavak fémsóit nevezik.

A nátriumzsírsó a hőállóságával tűnik ki, a kalciumzsírsó pedig nagyon vízálló.

A gélzsírok szappan helyett gélállapotú töltőanyagot tartalmaznak. Hőmérséklet-tartományuk széles.

Az adalékokat a kenőolajokhoz hasonlóan teszik hozzájuk.

A szilárd kenőanyagok és alkalmazásuk

A szilárd kenőanyagokat olajokhoz és zsírokhoz adalékolják (additívok). Különleges üzemállapotban (pl. szükségüzem, nagy hőmérséklet) automatikusan átveszik a kenés feladatát.

A grafit kenődő kristályos felépítése révén kenésre 600 °C-ig alkalmas. Kevésbé használható vákuumban és kis hőmérsékleten.

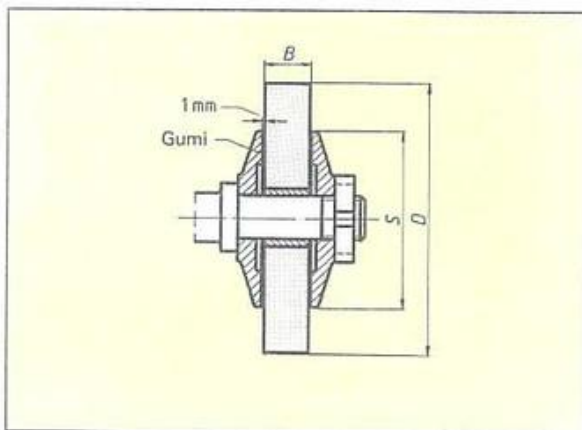
Molibdén (IV)-szulfid, MoS_2 , a grafithez hasonló hatású, de vákuumban és kis hőmérsékleten is használható. A fémekre szilárdan tapad, növeli a nyomószilárdságot, de csak 400 °C-ig használható.

A csillámpor 800 °C-ig használható, és villamosan szigetelő.

A poli(tetrafluor-etilén) (PTFE) nagyon kis súrlódási tényezőjű műanyag (l. a 223. oldalt). Elsősorban ott alkalmazzák, ahol olajfilm nem alakulhat ki. Többek között siklócsapágypersely anyagaként alkalmazható.

A kenőanyagok kiválasztásának és használatának általános szempontjai

1. Csak a gyártó által előírt kenőanyagot szabad használni!
2. Keverni az összeférhetőség ismerete nélkül tilos!
3. A szennyezést és a vizet feltétlenül távol kell tartani; kenés előtt alapos tisztításra van szükség; a tisztítószert teljesen el kell távolítani!
4. A kenőanyagot az előírt mennyiségben kell betölteni (gördülőcsapágyaknál fontos), különben a kenőanyag túlelegetés miatt felbomolhat!
5. A karbantartási előírásnak megfelelően, megfelelő időben gondoskodni kell a kenőanyag cseréjéről!



1. Felfogott korong

Csiszolóanyagok

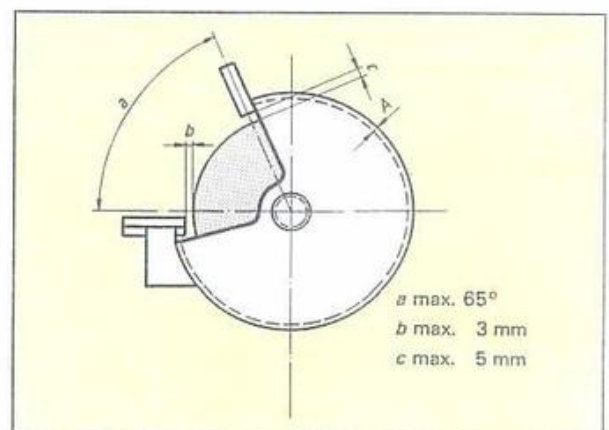
Feladataik

A szemcsés csiszolóanyagoknak sok éles élük van. Az élek feladata a vágószerszámokéhoz hasonló. Munkadarabok megmunkálására, pl. öntvények tisztítására, szerszámok élezésére, nagyon kemény anyagok vágására, valamint csiszolásra és polírozásra használják őket.

Balesetvédelem köszörüléskor

A balesetek száma köszörűmunkáknál viszonylag nagy. Feltétlenül be kell tartani a következő szabályokat:

1. Az adott korongra előírt kerületi sebességet semmi esetre sem szabad túllépni (a kő szétrepedhet)!
2. A korongot nem szabad addig felfogni, mielőtt hangpróbát nem csináltunk!
3. A korong a felfogásakor nem feszülhet meg, ezért rugalmas alátétet kell alkalmazni (1. ábra)!
4. A korongnak központosan kell forognia, esetleg ki kell egyensúlyozni. Az egyenetlen felületű korongot fel kell szabályozni!
5. A köszörűgép meg kell, hogy feleljen a biztonsági előírásoknak (a korong burkolása, rés a munkadarab felfekvésénél, biztos elhelyezés) (2. ábra)!
6. Köszörüléskor a köszörűsnek védőszemüveget kell viselnie.



2. Védőburkolat 45 m/s kerületi sebességig és 140 mm korong-átmérőig

A köszörűkorongok jelöléseit az 1. ábra foglalja össze. Minden köszörűkorongon címke van, amiről a szükséges adatok leolvashatók (2. ábra)

EKR 60/3-Jot 5-VA/83 XS															
Csiszolóanyagok	Szemcseszemcszerkezet				Keménységi fok					Szerkezet				Kötésmód	
	durva	közepes	finom	nagyon finom	nagyon	lágy				sűrű	közepes	laza	porózus		
Nemeskorund (fehér) EKW					E	H	L	Q	V	1	4	8	12	Keramikus V	
Nemeskorund (rózsaszín) EKR	10	36	80	220											
EKW+EKR	EWR	12	46	90	240	F	I	M	R	W	2	5	9		13
Nemeskorund (vörös) EKD														Műgyanta B	
EKW+EKD	EWD	14	50	100	280	G	Jot	N	S	X	3	6	10		14
Félnemes korund	HKW	20	70	150	400			K	O	T	Y	7	11		15
		24		180	500										
		30		200	600				P	U	Z		16		
Normálkorund	NK				700									Műgyanta üvegszál- erősítéssel BF	
Szilícium-karbid (zöld)	SCg				800										
Szilícium-karbid (fekete)	SCs														
A kombinációkat a szemcseszemcszerkezet utáni számmal jelölik, pl. 60/3					A jelek utáni betűk vagy számok a kötés módját jelölik, pl. VC vagy V1										

További kiegészítő betűk vagy számok, pl. 83×S, a különleges kivitelre utalnak.

1. A köszörűkorongok jelölésrendszere

A csiszolóanyagok alkalmazásának szempontjai

Normálkorund (NK)	Nagy szilárdságú anyagok, mint pl. nem edzhető acél, acélöntvény, temperöntvény különösen durva köszörüléshez.
Félnemes korund (HK)	Nemesített és edzett acélhoz.
Nemeskorund (EK)	Nagyon értékes, nagyon kemény acélhoz; szerszámacél, gyorsacél (pl. csigafűrő).
Szilícium-karbid (SC)	Kis szakítószilárdságú anyagokhoz, mint pl. szürkeöntvény, keményöntvény, rézötvözetek, nemfémek, pl. kerámiák, műanyagok, gumi, fa és keményfémek.
Bór-nitrid (BN)	Gyorsacélok, nagy krómtartalmú szerszámacélok csiszolóanyaga, de keményfémekhez nem megfelelő.
Gyémánt	A legkeményebb csiszolóanyag, mégsem megfelelő minden anyag-

Gyártó		
Kom. Nr. 1/2024		
300 × 40 × 76 NK 36 P 8 V		
Magengedett legnagyobb körületi sebesség	kézzel	szerszerkezettel
Ford/min	1900	2200
Ker. seb., m/s	30	35
DÖSA szerint forgásban ellenőrizve		

Keramikus kötésű köszörűkorong címkéje

2. A köszörűkorong előírás szerinti címkéje

hoz, mert a szén kémiaiilag reagálhat. Általában keményfémeket, kerámiát és üveget csiszolnak, váganak vagy fúrnak vele.

Segédanyagok

Oldó-, tisztító- és ápolószerek

Az elektrotechnika oldószerei

A következő területeken használatosak:

Tisztítás; zsír- vagy piszokréteg eltávolítása.

Szigetelőlakkok előállítása; hígítás is.

Bevonatok feloldása; kiöntött alkatrészek kiszabadítása.

Ragasztás oldással.

Lakkoldó szerként acetont, etanolt, metil-glikolt, acetátot, benzint, benzolt, triklór-etilént, terpentint és más szereket használnak.

Zsíroló szerek a benzin, triklóretilén, terpentín és mások alkalmasak.

Poliuretán, epoxigyanták és szilikonok oldására az ipar speciális oldószereket állít elő.

A sók (a savak és a lúgok is) vízben oldhatók (pl. maratáshoz).

Tisztítóeljárások

Alkatrészek, forrasztási helyek, ragasztási helyek szennyezésének eltávolítására mechanikus eljárást, oldást és kémiai folyamatokat használnak. A különböző eljárásokat gyakran kombinálják egymással.

Mechanikusan homokfúvással, csiszolással, ultrahanggal, víz- vagy gőzsugárral tisztítanak.

Oldószeres tisztításhoz olyan oldóanyagot használnak, amely a szennyezést feloldja, de a villamos alkatrészt nem támadja meg. Különösen hatásos a gőzzel való zsírtalanítás. Az oldószert gőze a tisztítandó tárgyra jut, és a hideg alkatrészen kondenzálódik. Ezután folyadékként lemossa a szennyeződést és a zsírt. Ha a tárgy hőmérséklete eléri az oldószergőz hőmérsékletét, szárazon kivethető a tisztítóból.

Az apró alkatrészeket oldószeres kádban mossák.

Figyelem: a tisztítószerek gyakran mérgezők, gőzük gyúlékony és egészségre ártalmas! A védő rendszabályokat be kell tartani!

A kémiai reakciókat fémek oxidrétegének eltávolítására használják. Az eljárást maratásnak nevezik, és savat, lúgot vagy sóit használnak hozzá.

Ápolószerek

Az érintkező ápolószerek oxidrétegoldó és súrlódás-csökkentő összetevőket tartalmaznak. Túladagolásuk a szigetelési ellenállást csökkentheti. Új érintkezőknél csak savmentes anyagot (pl. vazelint) ajánlatos használni!

A szilikonpaszták villamos berendezések szigetelőinek bevonására alkalmasak, a kúszóáramok és az átütések meggátolására.

Permetanyag (spray) a statikus feltöltődés ellen

Ezzel a szerrel a felületet beszórva a statikus feltöltődést megszüntetjük, egyben megakadályozzuk a por lerakódását is. Vigyázat! Ha ezzel a szerrel kapcsolásokat szórunk be, a szigetelési ellenállás nagyon lecsökken!

A polírozószerek a felületeket esztétikussá teszik, és egyben szennyeződéstől is védenek.

Segédanyagok szóróflakonban

Az egyszerű kezelhetőség érdekében a legkülönbözőbb folyadékokat és segédanyagokat szóróflakonba töltik. A szilárd segédanyagok oldószerekben oldva szintén permetezhetők.

A hajtógázok környezeti ártalma miatt a jövőben új módszert kell keresni (pumpás flakon).

Szóróflakonban található: tisztítószert, ápolószert, lakkfestéket, szigetelőlakot, statikus feltöltődés elleni anyag, kenőanyag, folyasztószert forrasztáshoz, polírozóanyag, ragasztó, berozsdásodott csavarok oldásához való szer és még sok más.

A hűtőszert (hűtőspray) a túlmelegedett alkatrészek hűtésére alkalmas. A beszórt alkatrészt a párolgás hűti le.

A szárítószereket a felületi nedvesség ellen használják. Behatol a nedves réteg alá, és javítja a felületi szigetelést.

Tisztítószerek	Vízben oldható (szennyeződés)	Légszennyező	Gyúlékony	MAK ¹ , érték ppm ²	Forráspont, °C
Víz	–	Nem	Nem	–	100
Triklór-etilén	Nyomokban	Igen	Nem	50	87
Triklór-etán	Nyomokban	Nem	Nem	200	71 ... 81
Szénkénes	Nyomokban	Nem	Nem	300	43,3 ... 48,9
Perklór-etilén	Nyomokban	Nem	Igen	100	–
Aceton	Igen	Nem	Igen	1000	56,2
Alkohol	Igen	Nem	Igen	200 ... 1000	64 ... 82

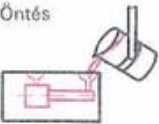
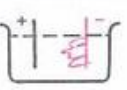
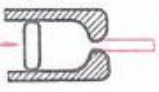
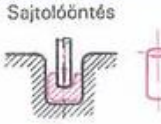
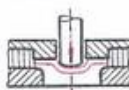
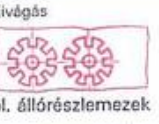
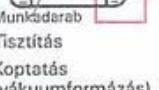
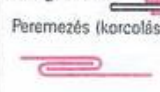
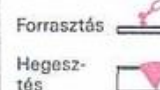
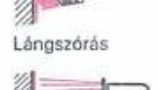
¹ MAK: maximális munkahely-sűrűség

² ppm: parts per million = 10⁻⁶ térfogatrész levegőben.

1. Néhány tisztítószert és jellemzőik

14.5. Megmunkálások (DIN 8580)

Az elektrotechnikában szinte minden megmunkálási eljárást alkalmaznak. A szabványban rögzített eljárásokat az 1. ábra foglalja össze. Az eljárás megválasztása a rendelkezésre álló gépektől, az elérni kívánt minőségtől és a gazdaságosságtól függ.

A Gyártási eljárások osztályozása; alkalmazási példák					
Alakítás	Alakítás	Darabolás	Összekötés	Bevonatolás	Anyagjellemzők változtatása
Öntés  Galvanoplasztika  Sajtolás  Szinterezés 	Sajtolóöntés  Mélyhúzás  Hajlítás  Kovácsolás 	Kivágás  pl. állórészlemez Forgácsolás  Fúrás Esztergálás Marás Kőszőrülés  Szikraforgácsolás 	Kötések Sajtolás  forgórész lemezcsomag Csavarozás  Szegecselés  Peremezés (korcolás) 	Felgőzőlés (pl. vákuumban) pl. fémezett papíré Festés  Lángszórás  Galvanizálás 	Edzés  (pl. vésőé) Megeresztés  Dekarbonálás  Karbonálás  Nitridálás  Magnetizálás  Habosítás  pórusok

1. Áttekintés: a gyártási eljárások osztályozása

Alakítás

Alakítás öntéssel

A folyékony fémeket, mint pl. az öntöttvasat, az acélt, az alumíniumot és ötvözeit formába öntik vagy sajtolják. A homokformát csak egyszer lehet használni. A kokillának nevezett acélformába nagyobb darabszám önthető. A precíziós és nyomásos öntés darabjai alig vagy egyáltalán nem igényelnek utánforgácsolást. Alkalmazás: tokozatok és gépalkatrészek. Folyamatos öntéssel profilokat gyártanak.

Alakítás sajtolással

A felmelegített anyagot bélyeg segítségével egy hengerből, az alaknak megfelelő matricán átsajtolják. Ezzel a módszerrel a legkülönbözőbb fém- és műanyag profilokat állítják elő. Hasonló módszerrel veszik körül a vezetékeket szigetelőanyaggal.

Alakítás szinterezéssel

A fémporokat, de a különböző porok keverékeit is acélformába sajtolják, ezután felmelegítik a darabot, amely a kerámiákhoz hasonlóan szilárd anyaggá szintereződik. A szinterezés tömeggyártásban általában olcsóbb, mint az öntés. Így készülnek pl. a gépalkatrészek, olajszívó siklócsapágys, szűrők, kapcsolóalkatrészek, mágneses anyagok, vágószerszámok (pl. fúrók).

Alakítás darabolással

Présszerszámmal lemezzsalagról darabok vágathatók ki, pl. transzformátorok és villamos gépek mágneses köréhez, relékhez stb.

Alakítás forgácsolással

Kézi forgácsolás a vésés, reszelés, fűrészelés. A gépi forgácsolás fúrógépekkel, esztergagépekkel, maró- és csiszológépekkel történik.

Szikraforgácsolás (elektroerózió)

A szikraforgácsolás villamos szikrával való termikus leválasztás. A pozitív (réz-) elektróda a szerszám, az alakja a kívánt alaknak megfelelő. Impulzusgenerátorral löktető egyenfeszültséget állítanak elő. A szikrák folyékony dielektrikumban jönnek létre, amely hűt, és elszállítja a leválasztott anyagot.

A szerszám akár egy huzal is lehet, amit megfelelően alakítottak ki.

¹ Erózió: lerágcsálás (latin)

Összeillesztés (kötéstechnika)

Mód, elnevezés	Alkalmazás	Tulajdonságok, előnyök	Hátrányok
Csavarkötés	Sorozatkapcsok Fedelek Gépgyártás Acélszerkezetek (oszlopok)	Oldható, könnyen cserélhető, javítható méretezés méretek és anyagválaszték szerint	Helyigényes, nagy a gyártási költség, furatok, menetek biztosítása
Szegecseles	Vezetékoszlopok Tokozatok Érintkezők	Olcsóbb, mint a csavarozás	Nem oldható, furatok szükségesek, gondos kivitelezés
Pattintókötés	Műanyag házak Készülékreszek összekötése. Olcsó tömeggyártás	Olcsó, helytakarékos, feltűnésmentes egyszerű konstrukció	Nem oldható összekötés. Oldható pattintókötéshez irányítás kell
Forrasztókötés Lágyforrasztás pákával lánggal fürdőben	Vezető-összeköttetések Alkatrészek összeforrasztása Biztosítók	Forrasztók viszonylag kis munkahőmérséklettel, gazdaságos eljárás	Csekély szilárdság, melegítéssel oldható, korrózióvesztély, előkészítés, illesztés, folyasztószer
Forrasztókötés Keményforrasztás forrasztópákával és lánggal Hullámforrasztás Infravörös lézerrel	Részek összekötése Kábelcsatlakozók Csatlakozódarabok Csővezetékek	Nagy szilárdság, tömeggyártásban alkalmazható	Nem oldható, jó illesztés kell (kis forrasztási rés), korrózió (eltérő fémek), folyasztószer
Hegesztés varrathegesztés ponthegeztés tompahesztés	Alkatrészek Érintkezők Acélszerkezetek, -tartályok Erőművek	Nagy szilárdság, azonos anyagok, kis korrózióvesztély, kis helyigény	Nem oldható, nagyon nagy munka- hőmérséklet, esetleges feszültségek
Ragasztókötések	Tokozatok Alkatrészek Alkatrészek hullámforrasztáskor Repülőgép-építés	Kis munkahőmérséklet, villamosan szigetelő, gazdaságos, korrózióálló	Nyírásra nem lehet igénybe venni, érzékeny a kivitelezésére
Sajtoló kötések	Vezető kötések az elektrotechnika minden területén	Kis átmeneti ellenállás	A gyártásra érzékeny, speciális szerszámok, pl. fogók szükségesek
Sasszeg Biztosítógyűrű Rugós alátét Csapok	Csavarbiztosítások Tengelyen lévő alkatrészek elfordulás elleni biztosítása	Oldható, helytakarékos, az alkatrészek cserélhető	Fúrás, esztergapadon beszúrás, nem állítható
Ékek Rugók	Tengelykapcsolók Fogaskerekek Korongok	Jó forgatónyomaték- átvitel	Horony a tengelyen, a bemetszés hatása
Illesztések	Tömeggyártáskor az illesztett részeknek tetszőlegesen cserélhetőeknek (csereszabatosaknak) kell lenniük. A méretek ezért a névleges mérettől többé-kevésbé szűk határok között térhetnek csak el. A szükséges adatokat a szabvány tartalmazza. Ha részeknek egymáson csúszniuk kell, laza illesztést kell alkalmazni, ha szoros kapcsolat kell, akkor szilárd illesztés szükséges.		

Csavarkötések

A csavarkötések oldható kötések, de kilazulhatnak, ezért biztosítani kell őket. A csavarkötést a súrlódóerő adja, amit meghúzásakor a rugalmasan megnyúló csavarszár hoz létre. Ezért fontos, hogy meghúzásakor tartsuk be a megengedett nyomatékhatárt, nehogy túlcsavarjunk! A helyes meghúzónyomaték nyomatékkulccsal állítható be. Ezt az előírt szilárdsági osztályhoz rendeljük, ami a csavarfejbe vagy az anyába van beütve, pl. 10.9. A szabványos osztályok 3.6. . 12.9 között vannak. Az első számjegy $\times 10$ az R_m szakítószilárdság N/mm^2 -ben. A második szám $\times 10$ a nyúlási határ osztva a szakítószilárdsággal.

Forrasztókötések

Forrasztáskor fémek anyagokat kötünk össze olvadt adalékanyaggal, forrasztóanyaggal. A forrasztóanyag olvadáspontja alacsonyabb kell, hogy legyen, mint az összekötött részek olvadáspontja. A forrasztás alatt nedvesítenie kell őket, a forrasztóanyag szétfolyva diffúzióval és ötvözéssel kötést hoz létre. Az oxidréteg eltávolítására folyasztsószert kell használni. Összekötő forrasztásnál a darabokat úgy kell illeszteni, hogy csak egy szűk rés maradjon, amelyen a forrasztóanyag a kapillárishatásra behatol. Ha a forrasztóanyag olvadáspontja $450^\circ C$ alatti, **lágyszerforrasztásnak**, e fölött **keményforrasztásnak** nevezzük.

A lágyszerforrasztást kis forrasztási hőmérséklete, és ezáltal a szigetelések kímélése miatt gyakran használják az elektronikában és az elektrotechnikában. Forrasztóanyagként $L-Sn\ 60\ Pb$ (59,5-től 60,5% Sn , maradék Pb) anyagot használnak, amely ezzel az összetétellel közel a legalacsonyabb olvadáspontú (eutektikus ötvözet). Nyomatott áramkörök gépi forrasztásakor az első forrasztáshoz $L-Sn\ 60\ Pb$ anyagot használnak (olvadáspontja $183^\circ C$. $190^\circ C$ között), a további beültetéskor ún. szekunder forrasztóanyagot, pl. $L-Sn\ Pb\ Cd\ 18$ jelzésűt (olvadáspontja $145^\circ C$), amely nem oldja az első forrasztást. Megkülönböztetünk lángforrasztást, hullámforrasztást, és pákaforrasztást. Lángforrasztáshoz gázzal vagy benzingőzzel táplált lángot, merülőforrasztáskor melegített tégelyt, pákaforrasztáskor villamos fűtésű pákát használnak.

A korrózióvesztés miatt a folyasztsószert le kell mosni. A kötéstechnikában csak olyan folyasztsószert használhatók, ami után nem marad korrodáló anyag (F-SW 3: folyasztsószert nehézfémhez; lágyszerforrasztás).

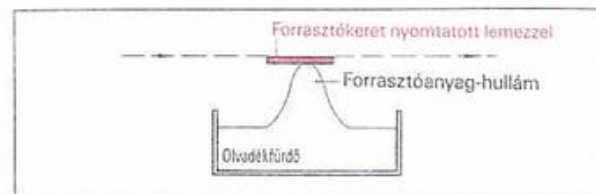
Alumínium lágyszerforrasztásához az ellenálló oxidréteg miatt speciális forrasztóanyag és módszer szükséges. A forrasztás nehézségei és a korrózióvesztés miatt a hűtőgyártás kivételével kevés helyen használják.

Keményforrasztáshoz tiszta fémeket, rézet és ezüstöt, leginkább az ötvözeit használják. (DIN 8513 és 1735). Ezek elsősorban réz-cink- és réz-ezüst ötvözetek, pl. $L-Ag15P$ (ez az ezüstforrasztó: 14. . 16% ezüst, 4,7. . 5,3% foszfor, a maradék réz.)

232



1. A mártóforrasztás vázlata



2. A hullámforrasztás vázlata

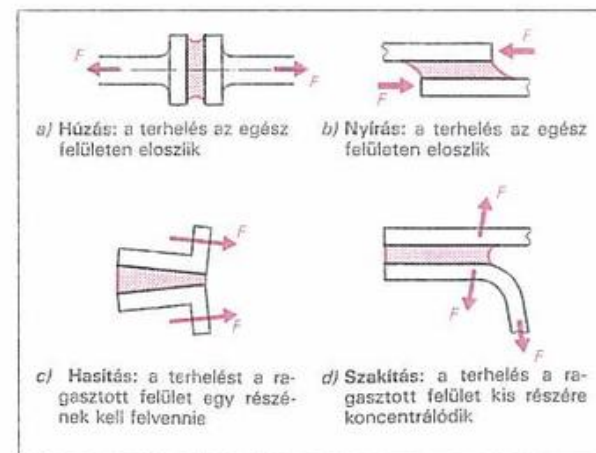
Ragasztókötés

A jól készített ragasztás tömör, megakadályozza a nedvesség és a gázok behatolását, a ragasztási hely gátolja a kóboráramokat és ezzel védelmet nyújt a kontakt-korróziótól. A ragasztási hely általában kémiai ellenálló, gyakran rezgécscillapító hatású is.

A ragasztandó darabokat nem szabad vagy csak kis mértékben lehet hőigénybevételnek kitenni, így a ragasztás helyén belső mechanikai feszültség nem keletkezik. A ragasztási helyet úgy kell tervezni, hogy szakító igénybevétele ne legyen (3. ábra).

A ragasztási felületeket célszerű finoman érdesíteni.

A ragasztás oldással, oldószeres ragasztóanyaggal vagy kémiai reakcióval jöhet létre. A legutóbbit többnyire két komponensből keverik. A szemre és a bőrre vonatkozó védőelőírásokat figyelembe kell venni! A ragasztóanyag megválasztása a ragasztandó anyagtól és az eljárástól függ, a választék szinte áttekinthetetlen.



3. A ragasztott kötések igénybevétele

14.6. A korrózió¹

A korrózió fajtái

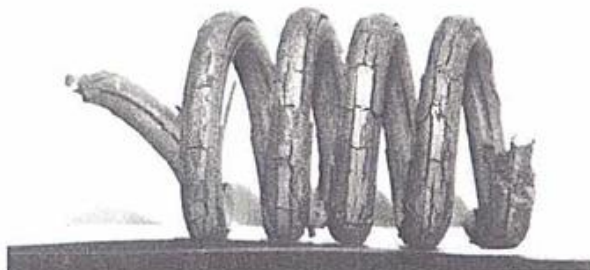
Újra meg újra tudomásul kell vennünk, hogy az alapanyagok, különösen a fémek felülete változik, pl. a fűtőszálak felületén oxidréteg keletkezik, a vasanyagok rozsdásodnak, az akkumulátorok kivezetésén só válik ki. Ezeket a többnyire nemkívánatos változásokat nevezzük korrózióknak.

A korrózió miatt óriási értékek semmisülnek meg, és baleseti következményei is lehetnek. Ahhoz, hogy ezt korlátozzuk vagy meggátoljuk, ismerni kell a korrózió okait.

Korrózió kémiai behatásra

A műanyagok esetén az oldószer okozhat korróziót, a fémek esetében ezek kémiai reakciók.

A fémeken oxidréteg keletkezik, különösen akkor, ha felmelegítjük őket. Ez a fémet általában védi, pl. az alumínium esetén. Hirtelen hőmérséklet-változás hatására azonban leválhat; többszöri újraképződése pl. fűtőszálaknál csökkenti a keresztmetszetet. Nagyobb hőmérsékleten gázok is okozhatnak korróziót (1. ábra).



1. Abnormális oxidációs jelenség fűtőszálon

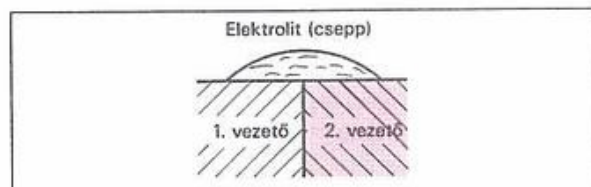
A fém-oxid-réteget a savak megtámadják, réz esetén ezt használjuk ki, amikor további felhasználás előtt az oxidréteget maratással eltávolítjuk. A savak sok fémet, mint pl. a cinket teljesen feloldják. Hasonlóképpen a lúgok is oldhatják a fémeket, pl. az alumíniumot.

Kontaktkorrózió

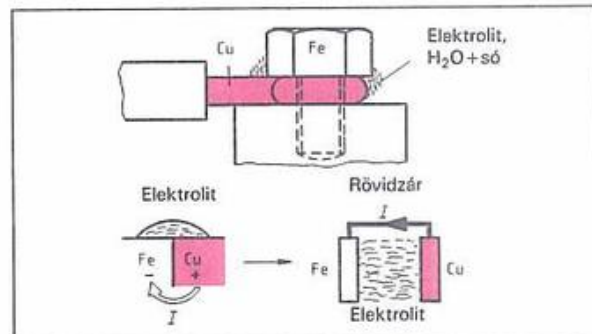
A kontaktkorrózió két fém érintkezési helyén, pl. alumínium- és rézvezeték összecsavarozásánál jön létre. Elektrolit jelenlétében az elektrokémiai feszültség-sornak megfelelően galvánelem keletkezik. A kevésbé nemes fém roncsolódik, mert a pozitív fémionjai feloldódnak. Ha az áram kilépési felülete nagyon kicsi a „nemesebb” fém felületéhez képest, az áramsűrűség nagy, a helyi korrózió igen erős. Ezért az összekötendő részeknél nemesebb anyagból készülni csavarokat kell használni. (2. és 3. ábra).

¹ Korrózió; corrodere: szétrágni (latin)

* A vonatkozó magyar szabvány MSZ 18 090/1–11



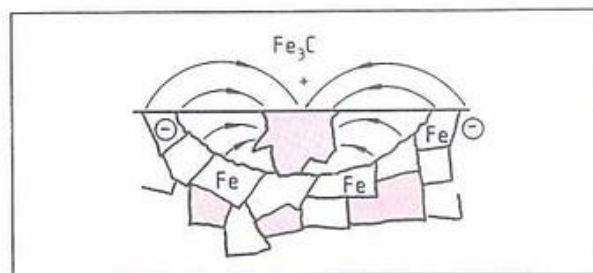
2. Elektrolitikus kontaktkorrózió



3. Rézhuzal kötése acélcsavarással

Kristályközi korrózió

Ha egy fémnek különbözők az alkotóelemei, akkor ezek saját kristályokat vagy közös kristályokat alkothatnak. Az olvadékból való kiválásukkor a kristályok kölcsönösen akadályozhatják egymást a növekedésben. Formájuk szabálytalan, ezért kristallitoknak nevezik őket. Ha egy munkadarab különböző összetételű kristallitokból áll, a felületén elektrolit jelenlétében nagyon sok féle galvánelem keletkezhet, s az egész felület korrodálódik. Ez az oka annak, hogy pl. a vasanyagok rozsdásodnak. Ezt a korróziófajtát nevezzük kristályközi korrózióknak. Általában egyenletesen támadja meg a felületet, de mélyedések, ún. berágódások keletkeznek (4. ábra).



4. Kristályközi korrózió. Az acél rozsdásodása

Az acél vas és vas-karbid ötvözet. Két alkotónk van tehát, amelyek helyi elemeket képezhetnek. A Fe_3C „nemesebb” a vasnál. A negatív pólus tehát a vason keletkezik, ezért a vas korrodálódik.

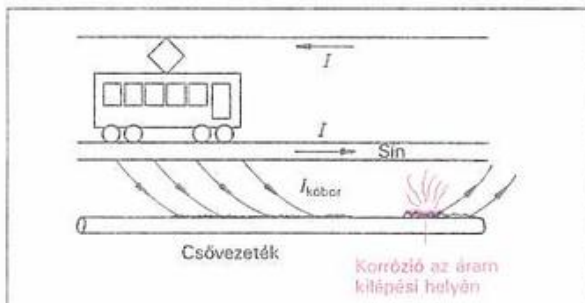
Kéntartalmú levegőben a korrózió eredménye nem rozsd, hanem vas-szulfát.

Figyelem: a kémiaiilag tiszta vas nem rozsdásodik!

Kóboráram-korrózió

A villamosok a földbe vezetik vissza az áramot, ami út közben részben a fémes vezetőkbe (pl. fém vízvezetékbe, gázvezetékbe) lép be. Mivel egyenáram, kilépése helyén korróziót okoz. Minél nagyobb az áramsűrűség a kilépés helyén, annál gyorsabban megy tönkre egy vezeték vagy egy cső.

A gépekben és berendezésekben is keletkezhetnek kóboráramok, többnyire indukció révén. Ezek korróziót okozhatnak pl. a görgős csapágysokban.



1. Korrózió „kóborárammal”

Az elektrolitkoncentráció és -hőmérséklet hatása a korrózióra

A földrétegben lévő elektrolitkoncentráció a helytől függően változó. Az eltérő koncentráció galvánelemet hoz létre, ezáltal pl. egy átmenő csővezetékben korrózió léphet fel. Hasonló hatású az elektrolitok hőmérséklet-eltérése. Lemezkötésekben ez is okozhat korróziót, amit a kapillaris hatás vált ki.

Feszültségkorrózió

Ha egy munkadarab bizonyos területén nagyobb mechanikai feszültség keletkezik, ez a tartomány erősebb korrózióra hajlamos. Ilyenkor feszültségkorrózióról beszélünk. Ez műanyagoknál is (pl. PE, PS, PA) előfordulhat.

Súrlódásos korrózió

Egy munkadarab illesztési helyein, ahol a részek súrolják egymást, esetenként rozsdásodás figyelhető meg, amit súrlódási rozsdának neveznek.

Korrózióvédelem

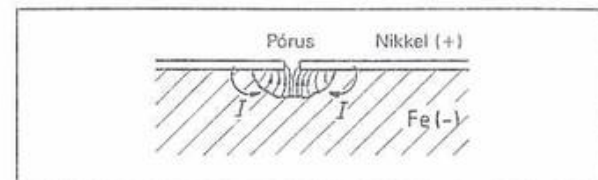
Hogy a korrózió ellen milyen fajta és milyen mértékű korrózióvédelmet kell alkalmazni, azt a kívánt élettartam és a költségek határozzák meg.

Korrózióálló alapanyagok

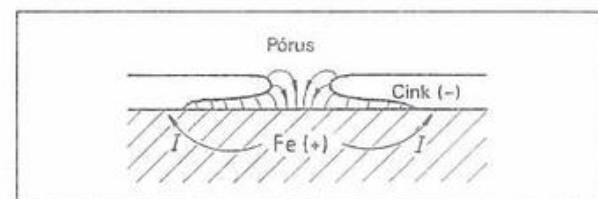
A korrózió megakadályozására pl. a kapcsolóérintkezőt nemesfémből, a mosógép forgódobját rozsdamen-

tes acélból készítik, a fűtőszálakat és gőztartályokat különböző fémek ötvözetéből előállított hőálló anyagokból gyártják.

A különleges szerkezeti acél ugyan rozsdásodni kezd, de a folyamat nem terjed, az anyag ellenáll. Az anyagból eredő védőréteg-képződést passzíválásnak nevezük. Kémiai kezelés, pl. a foszfátózás ezt elősegíti.



2. A bevonat nemesebb az alapfémnél



3. A bevonat nem olyan nemes, mint az alapfém

Fémbevonatok

Az elektrolitikus korrózió megakadályozása

Hogy az elektrolitot a védendő fémtől távolítsák, egy másik fémrel vonják be (l. a 239. oldalt). Ha a védőréteg kevésbé nemes, sérüléskor először a védőréteg korrodál. Ennek szellemében a vasúti felsővezeték-oszlopokat és az autokarosszériákat horganyozzák. Amíg elegendő a cinkmennyiség, nem lép fel rozsdásodás.

A kémiai hatások elkerülése

Az alapanyagot nemesebb fémrel kell bevonni, amely a várható kémiai hatásokkal szemben ellenállóbb, például az érintkezőket aranyozzák.

A fémbevonat felvitele

Plattírozás az, amikor lemez hengerlésekor a védőfém vékony rétegben vele együtt hengerlik, és az ráheged. Bimetall keletkezik.

A védőréteg tűzi úton is készíthető úgy, hogy a megtisztított alkatrészt folyékony fémbe mártják; a felsővezeték- és lámpaoszlopokat merítéssel horganyozzák (DIN 50 075).

Gyakran elektrolízissal, tehát galvanizálással választják le a bevonatot.

Lángszóráskor folyékony fémet szórnak fel.

14.7. Ellenőrizze tudását

14.1. szakaszhoz: Az anyagok minősítése és vizsgálata

1. Értékeljük a fontosabb szilárdsági adatokat!
2. Soroljuk fel a technológiai jellemzőket!
3. Soroljuk fel a hőmérsékletfüggő jellemzőket!
4. Milyen tulajdonságok jellemzik a szigetelőképeseket?

14.2. szakaszhoz: Vasanyagok

1. Soroljuk fel a vasanyagok fajtáit!
2. Hasonlítsuk össze az öntöttvasat az acéllal!
3. Nevezzünk meg egy nemmágneses acélt és főbb alkotóit!
4. Milyen eljárásokat használnak az acél izzítására és mi érhető el ezzel?
5. Mi az eredménye az edzésnek és megeresztésnek?
6. Hogyan lehet keményebbé és kopásállóbbá tenni az acél alkatrész felületét?
7. Indukciós edzésnél mivel befolyásolható az edzett réteg mélysége?

14.3. szakaszhoz: Nemvas fémek

1. Milyen jegyek alapján különböztethetők meg a fémek, a félfémek és a nemfémes anyagok?
2. Mi az ötvözetek műszaki jelentősége a tiszta fémekkel szemben?
3. Soroljuk fel a réz legfontosabb tulajdonságait!
4. Nevezzük meg a fontos rézötvözeteket!
5. Soroljuk fel az alumínium legfontosabb technológiai jellemzőit!
6. Mi a különbség az alumínium önthető és sajtolható ötvözetek között?
7. Mit értünk termiteljárásról?
8. Mi a cink (horgany) jelentősége az elektrotechnikában?
9. Mire használják az ólmot az elektrotechnikában?
10. Soroljuk fel a higany előnyös és hátrányos tulajdonságait!
11. Hol használnak ezüstöt az elektrotechnikában?
12. Mi a szerepe az aranyaknak mint alapanyagoknak az elektrotechnikában?
13. Hogyan lehet az alapanyagokat szabvány szerint rendszerezni?
14. Ismertessük a bronz fizikai–műszaki jellemzőit!
15. Magyarazzuk el a következő anyagjelölési példát: G – AlSi 12 (Cu)!

14.4. szakaszhoz: A nemfémes anyagok áttekintése

1. Hasonlítsuk össze a különböző nemfémes anyagcsoportokat a tulajdonságaik szerint!
2. Indokoljuk meg az üveg alkalmazását példákban!
3. Hol és miért vannak csillámgyártmányok az Ön munkaterületén?
4. Mi az üveg jelentősége az adatátvitelben?
5. Soroljuk fel az elektrotechnikában és az elektronikában alkalmazott kerámiákat a tulajdonságaikkal együtt!
Hasonlítsuk össze a jellemzőiket!
6. Milyen anyagcsoportba tartozik a prespán? Mondjunk példákat az alkalmazására!
7. Soroljuk fel a cellulózszármazékokat és ezek jellemző tulajdonságait!

8. Jellemezzük a termoplasztokat (plasztomerek), a duroplasztokat (duromerek), az elasztomereket és a habosított anyagokat!
9. Soroljuk fel a műanyagok megmunkálási eljárásait!
10. Soroljuk fel a termoplasztokat a rövidített jelöléssel (fogaskerékhez, csavarhoz, csapágyhoz)!
11. Mikor nem ajánlatos PVC-t használni?
12. Milyen feltételek betartása mellett lehet nagyfrekvenciás villamos térben hegesztetni?
13. Ismertessük a PVC és az akrilüveg (plexi) tulajdonságait!
14. Melyik termoplasztból lehet a forrasztásálló sorozatkapcsot és a mikrohullámú sütő belső alkatrészeit elkészíteni?
15. Nevezzük meg a duroplasztokat a rövidített jelöléssel!
16. Mire kell ügyelni az EP megmunkálásakor?
17. Soroljunk fel olyan elasztomereket, amelyeket az olaj és a zsír nem támad meg (kábelköpenyek)!
18. Nevezzünk meg egy nagy hőállóságú szigetelőfóliát!
19. Ismertessük a szigetelőszalag szerkezetét és használatát!
20. Mi a kenőanyagok és a forgácsolóanyagok feladata?
21. Milyen biztonsági előírásokat kell betartani köszörüléskor?
22. Soroljuk fel a csiszolóanyagokat és az alkalmazásait!
23. Értékeljük ki a 228. oldal 1. táblázata alapján a köszörülőkörong címkéjét!
24. Soroljuk fel a tisztítóeljárásokat! Mire kell ügyelni a balesetvédelem és a környezetvédelem szempontjából?

14.5 szakaszhoz: Megmunkálások

1. Milyen megmunkáláshoz sorolható a nitridálás, marás, galvanizálás, kovácsolás, csavarozás, szinterezés, szikraforgácsolás?
2. Hasonlítsuk össze a csavarkötést és a hegesztést alkalmazásuk és tulajdonságaik szerint!
3. Mi a célja az illesztések szabványosításának?
4. Mi a szerepük a folyasztószereknek?
5. Soroljuk fel az elektrotechnika forrasztóeljárásait!
6. Mire kell ügyelni a ragasztott kötés igénybevételekor? (A ragasztás előnyei).

14.6. szakaszhoz: A korrózió

1. Milyen feltételek között jön létre elektrokémiai korrózió?
2. Magyarazzuk el a kristályközi korrózió kialakulását!
3. Soroljon fel példákat saját szakterületéről a korrózió elleni védelemre!
4. Milyen lehetőségek vannak korrózió elleni fémbevonat felvitelére?
5. Soroljunk fel néhány nemfém korróziógátló bevonatot!
6. Mit jelent a korrózióvédelemben a fogyóelektroda kifejezés?
7. A híradástechnikában az áramellátásnak miért a +pólusát kötik a testhez (földhöz)?

Faraday¹ törvénye

1. ábra.

A törvény egyszerűsítve: a leválasztott anyag és a töltésszállítás arányosak egymással:

$$m \sim Q, \quad m \sim I \cdot t$$

Az „arányossági tényező” a c elektrokémiai állandó. Megadja, hogy amperenként és másodpercenként hány kg anyag válik le.

$$m \sim I \cdot t$$

$$m = c \cdot I \cdot t$$

m a tömeg, kg;

I az áramerősség, A;

t az idő, s;

c az elektrokémiai állandó, $\frac{\text{kg}}{\text{As}}$

A c értéke az anyagtól függ.

A c elektrokémiai állandó értékét fontosabb anyagokra a 2. táblázat foglalja össze. Az elektrolízis során nemcsak az érintett anyag, hanem szennyezők is kiválnak, emiatt a tényleges anyagleválasztás kisebb.

A 2. táblázatban található az ún. **hasznosítási fok** is.

Korábban az áramerősség definiálására az ezüst-nitrát- (AgNO_3) oldatból kiváló ezüstmennyiséget használták (1 A 1 s alatt 1,118 mg ezüstöt választ ki).

Galvanosztégia²

Galvánbevonat felvitele, amely lehet arany, ezüst, nikkel, króm, kadmium, horgany stb.

A tárgyakat az elektrolitfürdő előtt polírozni és zsírtalanítani kell.

A kád feszültségét, áramsűrűségét és hőmérsékletét pontosan kell beállítani és üzem közben ellenőrizni.

Katód $\rightarrow$ tárgy,

Anód $\rightarrow$ bevonóanyag.

Az elektrolit (a fürdő) a bevonóanyag sójának vizes oldata (3. ábra).

A galvanosztégia (galvanizálás) alkalmazásai

Korrózió elleni felületvédelem. Kemény felület (króm) mint kopás elleni védelem (pl. mérőeszközök esetén).

Felületszépítés.

Kopás esetén új anyag felvitele galvanikusan.

A nyomtatott áramkörök ezüstözése a jobb vezetőképesség érdekében.

Alumínium elektrolitikus oxidálása

A módszer, amit eloxálásnak is neveznek, az alumínium felületét védi.

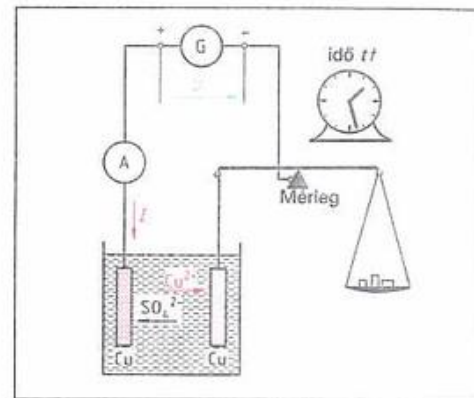
A tiszta alumínium csupasz felületén galvánfürdőben oxidálással vékony Al_2O_3 alumínium-oxid-réteget hoznak létre.

A műanyagok galvanizálása

A műanyag felületét előbb grafittal, vezetőlakkal, vagy fémgőzőléssel vezetővé kell tenni, ezután vihető fel a galvánbevonat, amely a műanyagnak fémkatrész külsőt biztosít.

¹ Michael Faraday (1791–1867) angol fizikus.

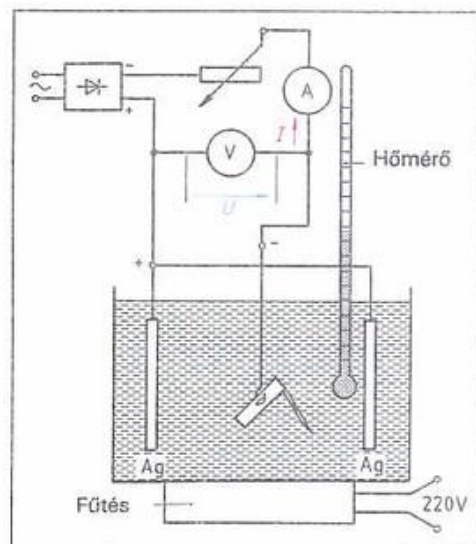
² Galvanos- tegie: bevonat (latin).



1. Az elektrokémiai egyenérték meghatározása

Anyag	Vegy- érték	$c \cdot 10^{-6}, \frac{\text{kg}}{\text{As}}$	Hasznosí- tás, %
Arany	3	0,678	90
Ezüst	1	1,118	100
Réz	1	0,659	80
Réz	2	0,328	98
Alumínium	3	0,093	60
Nikkel	2	0,304	97
Nikkel	3	0,203	95
Horgany	2	0,339	75 ... 100
Ón	2	0,615	90
Ón	4	0,308	86
Oxigén	2	0,083	99 ... 100
Hidrogén	1	0,010	99 ... 100

2. táblázat. Különféle anyagok elektrokémiai egyenértéke



3. Galvanosztégia (galvanizálás)

15.2. Primer elemek

Galváncellák

A galvánelemek külsőleg különböznek egymástól (1. . 3. ábra). Alapjában véve azonban mindig megtalálható bennük:

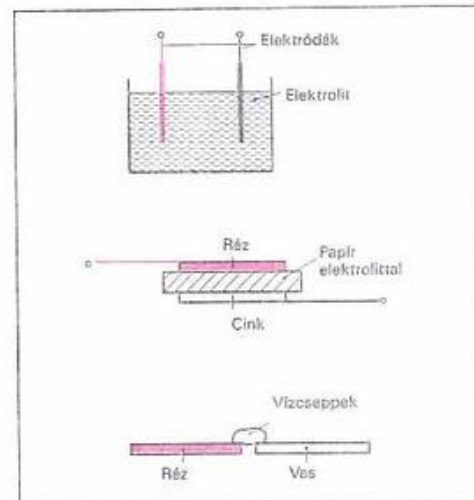
Két elektróda, amely vezető anyagból (többnyire fémből) van.

Elektrolit, azaz vezető folyadék: sav, lúg vagy só vizes oldata.

Az elektródáknak és az elektrolitnak egymással kapcsolatban kell lenniük.

A galváncella meghatározott körülmények között generátorként működik, azaz kémiai energiát alakít át villamos energiává.

Ezért nevezik **galvánelemnek**.



1. . 3. Galváncellák

Elektrokémiai feszültségsor (4. ábra).

A fémelektróda és a fémsó oldat közötti feszültség egy különleges mérési elrendezésben mérhető. E célra ún. hidrogénelektródát használnak, ehhez rendelik a ± 0 V vonatkoztatási potenciált.

A táblázatban a fémek szabványosan mért feszültségértékei találhatók.

Az elektrokémiai feszültségsor segítségével különböző elektróda-anyag kombinációk várható feszültsége határozható meg.

Azokat a fémeket, amelyek a hidrogénhez képest pozitív feszültségűek, nemesfémeknek, míg a többieket nemnemes (közönséges) fémeknek nevezzük.

Két fém összehasonlításakor a feszültségsorban nagyobb értékkel szereplő fémet a másiknál „nemesebbnek” hívjuk.

		-U 0 +U
Lítium	-3,045 V	
Kálium	-2,92 V	
Kalcium	-2,76 V	
Nátrium	-2,71 V	
Magnézium	-2,34 V	
Alumínium	-1,67 V	
Mangán	-1,07 V	
Cink	-0,76 V	
Króm	-0,56 V	
Vas	-0,44 V	
Kadmium	-0,40 V	
Nikkel	-0,23 V	
Ón	-0,14 V	
Ólom	-0,12 V	
Hidrogén	± 0,00 V	
Réz	+0,35 V	
Szén	+0,74 V	
Ezüst	+0,80 V	
Higany	+0,80 V	
Piatina	+1,20 V	
Arany	+1,40 V	
		Nemnemes nemes

4. Elektrokémiai feszültségsor

Galvánelem

Ha só vizes oldatába két különböző fémet helyezünk, galvánelemet kapunk. Nagyobb a feszültség két olyan fém között, amelyek a feszültségsorban távol vannak egymástól.

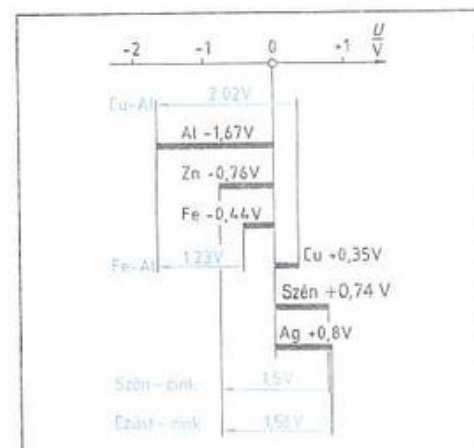
Az 5. ábrán elektródakombinációk számított feszültségértékét látjuk:

Szén—cink	1,5 V.
Ezüst—cink	1,56 V.
Réz—alumínium	2,02 V.
Vas—alumínium	1,23 V.

A galvánelem feszültsége a feszültségsor szerinti feszültségük különbségével egyenlő.

Ezeket az elemeket — ellentétben az akkumulátorokkal — **primer elemeknek**¹ nevezzük, mert kémiai felépítésükkor azonnal villamos energiát szolgáltatnak, és csak egyszer lehet használni őket.

¹ Primer: elsőnek létező, eredeti (latin)



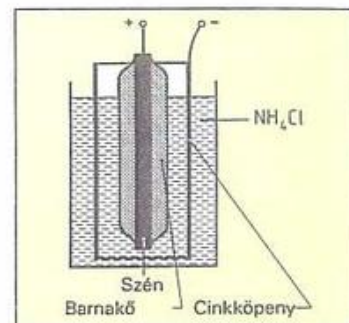
5. Elemek kombinációi

Nedves- és szárazelemek

Az 1. ábrán látható galvánelemben folyékony elektrolit van, ma már ezt gyakorlatilag nem használják.

Az elrendezés csak akkumulátorokban használatos, és nedveselemnek nevezik.

A ma használatos felépítésben az elembe besűrített elektrolit vagy elektrolittal átitatott szövet van. Ezek az elemek a szárazelemek, bár kötött nedvesség van bennük.



1. Cink-szén-elem

Cink-szén elem, primer elem

Feltalálója után Leclanché-elemnek nevezik, és ma is gyártják mint szárazelemet.

Elektrodái: cink és szén

Elektrolitja szalmiáksóoldat, kémiailag ammónium-klorid (NH_4Cl).

Feszültsége 1,5 V. Ezt a feszültségsorból kapjuk:

Cinkhez: $U = -0,76 \text{ V}$, szénhez: $U = +0,74 \text{ V}$.

A kettő közötti különbség 1,5 V (1. ábra).

A szénelektroda többnyire rúd alakú és hengeres cinkköpeny vagy cinkpohár veszi körül.

A szénrúd körül barnakőréteg (MnO_2) van, gyakran zsákocskába töltve.

A barnakő a hidrogénpolarizációt akadályozza meg.

Az energiát a cinkelektroda leépülése szolgáltatja.

A primer elemek további szisztémái¹

Elektrodarendszer	U (V)	Alkalmazások
Barnakő-cink-alkáli (alkáli-mangán elem)	1,5	Rádió, felvevő (magnetofon)
Barnakő-magnézium	1,5	Katonai, trópusi
Higany-oxid-cink	1,35	Hallókészülékek, órák
Ezüst-oxid-cink	1,6	Hallókészülékek, órák
Levegő-cink (minicella)	1,4	Áramok a μA -tartományban
Lítium-kén-dioxid	2,9	Katonai, -60°C -ig
Lítium- Ag_2CrO_4	3,3	Szívritmusadó

A következő tulajdonságok kívánatosak: nagy energiatartalom, nagy teljesítmény kis tömegben és kis térfogatban, hőmérséklettűrési széles tartományban, kis önkisülés, elegendően hosszú raktározhatóság.

Több cella kombinációját telepnek nevezzük.

¹ Szisztéma: összeállítás, tagozódás, felépítés (görög)

Élettartam, kapacitás és energia

Az élettartam meghatározásához megadják a feszültség alsó határát, amely többnyire a névleges feszültség 50%-a.

A 2. ábrán tipikus kisütési görbét láthatunk. Növekvő kisütőárammal csökken az „élettartam”.

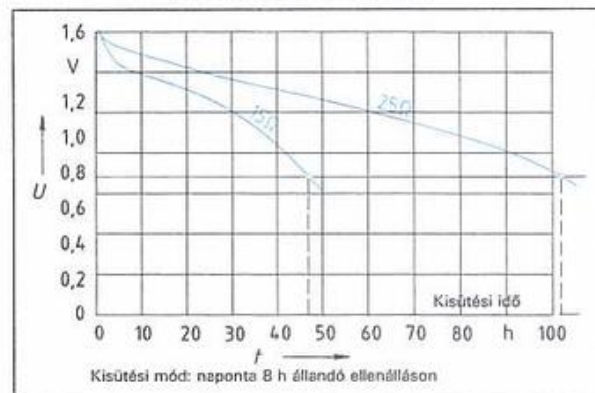
A Q kapacitás az elem tárolt töltése vagy tárolóképesége, amit amperórában vagy milliampérórában adnak meg:

$$Q = I_{\text{át}} \cdot t, \quad W = Q \cdot U_{\text{át}}$$

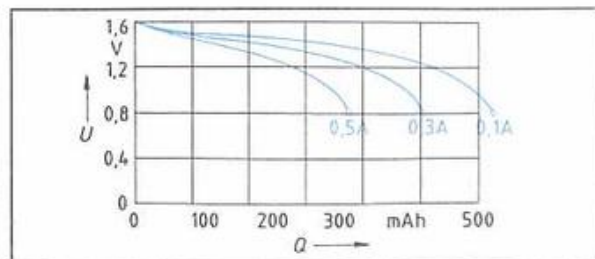
A kapacitás függ a kisütőáramtól. Lassabb kisütéskor vagy pihentető szakaszok beiktatásával a telepből nagyobb amperórászámot lehet kivenni (3. ábra).

A W energiatartalom a kapacitás és az átlagos kisütőfeszültség szorzata:

$$W = Q \cdot U_{\text{át}} = U_{\text{át}} \cdot I_{\text{át}} \cdot t$$



2. A cink-szén elem kisütési görbéi



3. Egy elem kapacitása különböző kisütőáramokkal

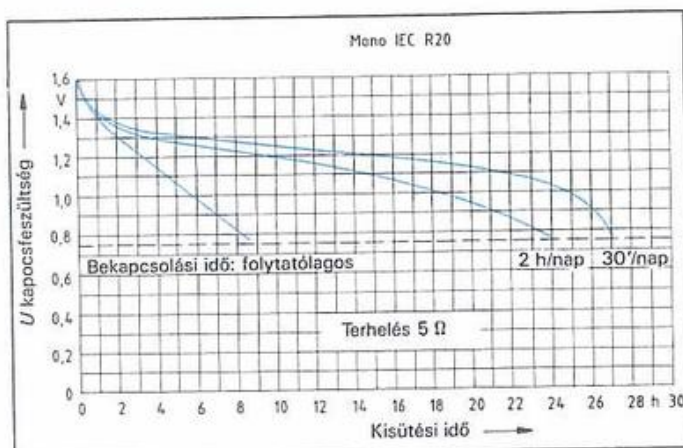
15.3. Primer elemek. Kivitel, kezelés, tárolás

A szárazelemek kiviteli alakjai

Rúdelemek

A szárazelemek leggyakoribb formája a henger alakú rúdelem. Cinkpohárban van a besűrített elektrolit és a szénelektroda, barnakővel körülvéve. Ennek az olcsó cellának az a hátránya, hogy élettartama vége felé a cinkköpeny kimarad, és az elektrolit kifolyik. Ez a készülékben kárt okozhat.

Ezért az elhasznált elemet ki kell venni a készülékből és szakszerűen hatástalanítani.



1. A rúdelem kisütési görbéje

Az elem típusa	U_N névleges feszültség, V	$U_{\text{átl}}$ átlagos üzemi feszültség, V	U_{min} végfeszültség, V
Cink-szén (Leclanché)	1,5	1,1 ... 1,3	0,9
Barnakő-cink-alkáli (alkáli mangán)	1,5	1,1 ... 1,3	0,9
Higany-oxid-cink	1,4	1,2 ... 1,3	1,1
Ezüst-oxid-cink	1,5	1,4	1,3
Levegő-cink	1,4	1,2 ... 1,3	0,9
Lítium-kén-dioxid (LiSO_2)	2,9	2,7	2,5
Lítium-ezüst-kromát ($\text{LiAg}_2\text{CrO}_2$)	3,3	3,0	2,8

2. táblázat. Különböző primer elemek névleges átlagos üzemi- és végfeszültsége

Kereskedelmi név	IEC szabványjelölés	Méretek, mm				U_N névleges feszültség, V	$U_{\text{átl}}$ üzemi átlagos feszültség, V	I terhelőáram 2...4 h naponta, mA	Q kapacitás adott terhelőáramnál	
		d	l	b	h				cink-szén Q	alkáli-mangán Q
Lady	R 1	12	—	—	30	1,5	1,2	kb. 4	400	600
Micro	R 03	10,5	—	—	40,5	1,5	1,2	kb. 4	370	760
Mignon	R 6	14,5	—	—	50,5	1,5	1,2	kb. 30	1000	1600
Baby	R 14	26	—	—	50	1,5	1,2	kb. 30	2600	4800
Bony	R 20	34	—	—	61,5	1,5	1,2	kb. 60	5800	9800
Mono	3 R 12	—	62	22	67	4,5	3,6	kb. 50	1600	—
Normal	6 F 22	—	26,5	17,5	48,5	9	7,5	kb. 9	380	480

3. táblázat. Cink-szén- és alkáli-mangán elemek jelölése, méretei és kapacitása

¹ Leak-proof: tömített, vízzáró (angol)

4. Leclanché Leakproof¹, szivárgásmentes cella acélköpenyben

5. Nikkel-kadmium gombelem

Alkáli-barnakő-cink elemek

Ezekben a szén-cink elemek szokásos elektróda felépítéséhez képest a szerkezet fordított. Acéltartályba, amely most a + pólus, üreges hengerként bepréselik a barnakövet. A barnakő henger belsejében található papír közbetéttel a cinkporelektroda mint – pólus. Az elektrolit besűrített kálium-hidroxid-oldat. Kapacitása a „paperlined” cellához képest akár 60%-kal nagyobb lehet, a fajlagos kapacitás a 160 mAh/cm³ értéket is elérheti.

Higany-oxid-cink elem

Ez préselt cinkport tartalmaz, és a depolarizátor higany-oxid (HgO). Az elektrolit kálium-hidroxid (káliólúg).

Kapacitása lényegesen nagyobb, mint a cink-szén elemé. Elektronikus kiskészülékekben használják.

A használt higany-oxid-cink elemek a környezeti veszélyük miatt a különleges hulladékhhoz tartoznak!

Ezüst-cink elem

Az ezüst-káliólúg-cink elektrolitrendszer primer és szekunder elemként egyaránt használható. A ma ismert teleptípusok között ez a legnagyobb energiatartalmú (70...150 Wh/kg).

Hőmérsékletfüggés, tárolás és üzemeltetés

A 2. ábrán a feszültség hőmérsékletfüggését látjuk. Látható, hogy a kedvező üzemi tartomány –5 és +20 °C között van.

Nagyobb hőmérsékleten megnő az önkisülés, ami korlátozza a telep élettartamát.

Hőmérséklet	Tárolás	Üzemeltetés
–20 °C alatt	Korlátlan, de elővigyázatos a felmelegítés	Nem lehetséges, az elektrolit befagyott
–10...0 °C	Gyakorlatilag nincs veszteség	Kisütés kisebb hatásokkal (kb. 50% kapacitás)
10...20 °C	Elviselhető mértékű veszteség	Normális kisütés
30...40 °C	Veszteség hosszabb tároláskor	Normális kisütés
50 °C fölött	Erős önkisülés	A kisütés még lehetséges, de fennáll a kifolyás és a tömítetlenség veszélye

Oxigénelem

Depolarizátorként a levegő oxigénje szolgál. Az elemben nincs barnakő.

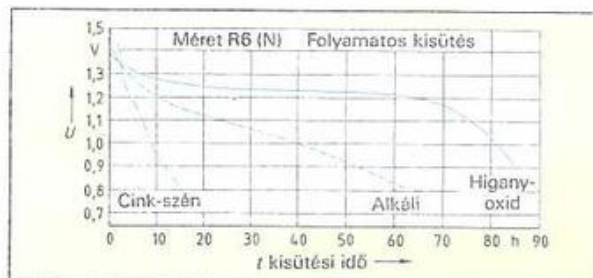
A szénelektroda porózus aktív szén-köpennyel van körülvéve. Ez adhézíóval magába szívja a levegő oxigénjét, ami elhasználódik a pozitív szénelektrodán a hidrogén polarizációjára.

Nagy kapacitás érhető el, de csak kisebb kisütőáramra alkalmas, pl. tranzistoros rádiókhoz. Órákhoz és hallókészülékekhez is gyártanak miniatűr levegő-cink elemeket.

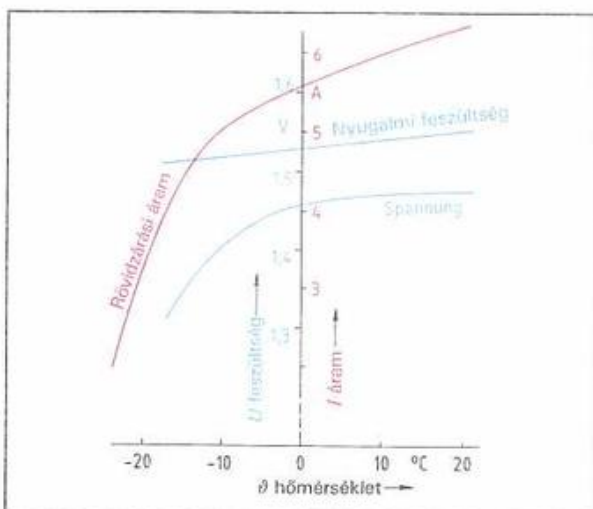
Töltendő elemek

Elsősorban katonai célra használatosak. Az elemben szalmiáksó és forrásanyagok vannak, víz nélkül. Üzembe helyezés előtt előbb vizet (lehetőleg desztillált vizet) kell tölteni bele, és a formálást¹ meg kell várni.

Korlátlan a tárolhatósága száraz állapotban.



1. Különböző primer rendszerek kisütési görbéjének összehasonlítása



2. Nyugalmi feszültség, kapcsolófeszültség és rövidzárási áram különböző hőmérsékleten

¹ Formálás, elektrolitképződés

15.4. Szekunder elemek

Akkumulátorok

Az akkumulátorok olyan galvánelemek, amelyek újra használhatók.

Ha az akkumulátor „kisült”, töltőkészülékre kapcsolva ismét „feltölthető”.

Megkülönböztethető a:

Töltés: ekkor villamos energiát juttatunk az akkumulátorba, amelyet az kémiai energiaként tárol.

Ólomakkumulátor¹

Az elektródákon a töltöttségi állapot tüggvényében a következő vegyületek fordulnak elő:

tiszta ólom iszap formájában Pb,
ólom-dioxid (barnásfekete) PbO₂,
ólom-szulfát (fehér) PbSO₄.

Az elektrolit hígított kénsav H₂SO₄.

$\rho = 1,14 \dots 1,285 \text{ kg/dm}^3$.

Kisütés: ekkor a tárolt kémiai energia villamos energiává alakul. Az akkumulátor generátorként működik.

E két üzemállapot váltakozása miatt nevezik az akkumulátort szekunder elemnek.

A primer elemek működése megfordíthatatlan elektrokémiai folyamaton alapszik, a szekunder elemekben a folyamat megfordítható.

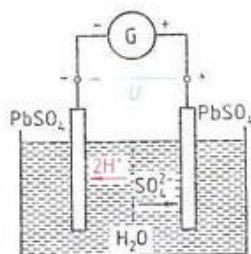
Az ólomakkumulátor feszültsége

Az átlagos cellafeszültség kb. 2 V. Töltéskor ez 2,7 V-ig nő, kisütéskor 1,8 V-ig csökken.

A villamos készülékek működtetésekor ebből bizonyos nehézségek származnak. Vagy a készüléket kell a nagy feszültségváltozásra kialakítani, vagy automatikával kell gondoskodni az állandó feszültségről.

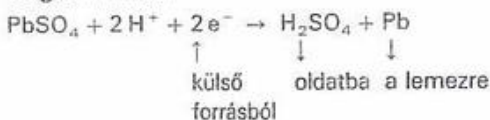
Töltés (1. ábra).

Az akkumulátort külső feszültségforrásra kapcsoljuk. A kénsav ionjai az elektródákhoz vándorolnak.

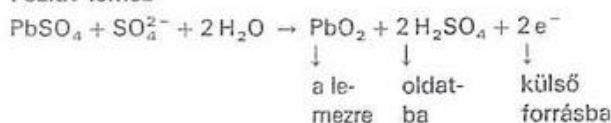


1. Ólomakkumulátor
Kisült állapot, feltöltés külső forrásról

Negatív lemez



Pozitív lemez



Elektrolit

Részt vesz a töltési folyamatban. A H₂SO₄ sűrűsödik. A savsűrűség nő, egyben ez a töltöttség mértéke.

Töltött állapot

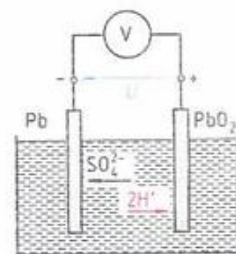
Két elektróda eltérő anyagból: Pb (iszap) és PbO₂; elektrolit a H₂SO₄.

Kisütés (2. ábra)

A szétválasztó nyomás hatására H⁺-ionok és SO₄²⁻-ionok vándorolnak az elektródákhoz.

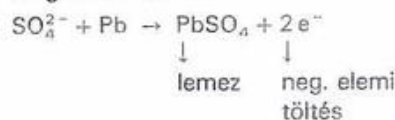
A H⁺-ionok a PbO₂-lemezhez (pozitív elektróda).

Az SO₄²⁻-ionok az ólomlemezhez (negatív elektróda).



2. Ólomakkumulátor töltött állapotban

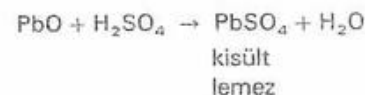
Negatív lemez



Pozitív lemez



A reakció eredménye:



Elektrolit

Az elektrolitból kénsav vonódik ki az ólom-szulfátképződéshez. A savsűrűség kisütéskor csökken.

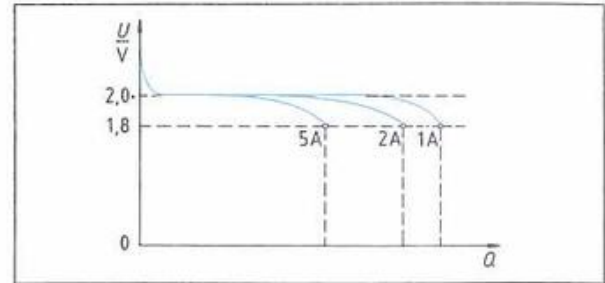
¹ Gaston Planté francia feltaláló, 1869

Az akkumulátor kapacitása

Amperóraban adják meg, és a következő képlettel számítják ki:

$$Q = I \cdot t$$

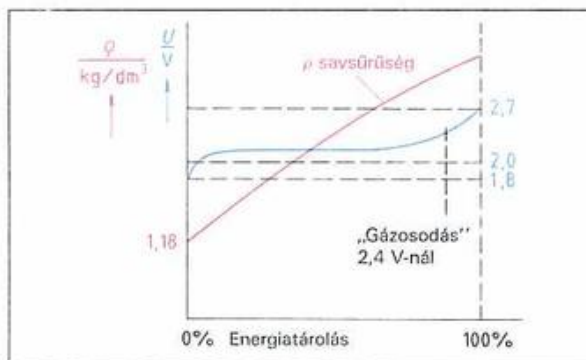
Egy akkumulátorhoz több névleges kapacitást adnak meg, pl. 3 órás, 5 órás vagy 10 órás kisütéshez tartozót. A kapacitás kisebb kisütőárammal nagyobb (1. ábra).



1. Kapacitás és kisütőáram

Az ólomakkumulátor töltése (2. ábra).

A töltőáramot normál töltéskor úgy állítják be, hogy az akkumulátor kb. 10 óra alatt töltődjék fel.



2. Töltés

Gyorstöltéskor, ami csak meghatározott akkumulátorok esetén megengedett, a töltési idő 1. . . 3 óra. Ez alatt ügyelni kell arra, hogy a savhőmérséklet ne emelkedjék 55 °C fölé!

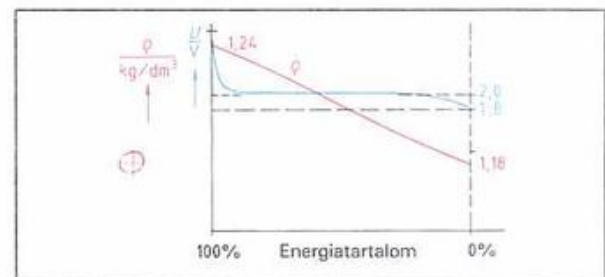
2,4 V felett a cella „gázosodni” kezd, azaz a töltés során vízbontás lép fel. Ekkor hidrogén és oxigén szabadul fel (robbanásveszély! durranógáz).

2,4 V gázosodási feszültség felett 2,7 V töltési végfeszültségig gondosan ügyelni kell arra, hogy az akkumulátor ne károsodjék!

Az ellenőrzést gyakran automatika végzi.

Az ólomakkumulátor kisütése (3. ábra).

Figyelni kell arra, hogy a feszültség ne csökkenjen 1,8 V alá, különben a lemezek „megkeményednek”. Fehér ólom-szulfát képződik (szulfátosodás).



3. Kisütés

Az akkumulátor energiatartalma

Számítása:

$$W = Q \cdot U_{köz}$$

Hatásfok

Mind a töltéskor, mind a kisütéskor a villamos energia egy része hővé alakul.

Megkülönböztetünk:

Amperóra-hatásfokot:

$$\eta_{Ah} = \frac{\text{kivett amperóra}}{\text{betöltött amperóra}} = \frac{Q_{ki}}{Q_{be}}$$

Az amperóra-hatásfok nem veszi figyelembe a cella változó feszültségét.

Wattóra-hatásfokot:

$$\eta_{Wh} = \frac{\text{kivett wattóra}}{\text{betöltött wattóra}} = \frac{W_{ki}}{W_{be}}$$

(Lásd ehhez a 40. . . 42. oldalakat.)

Töltési tényező:

$$t_{tölt} = \frac{1}{\eta_{Ah}}$$

15.5. Szekunder elemek. Kivitel, kezelés, tárolás

Az ólomakkumulátor kiviteli alakjai

Az ólomakkumulátor kapacitása annál nagyobb, minél több ólom vesz részt a kémiai átalakulásban.

Hogy az átalakulásban a telepben lévő összes ólom részt vegyen, vagy a lemezek felületét kell a lehető legnagyobbra növelni, vagy ólomrácsba helyezett, az elektrolit számára átjárható masszát kell használni.

A lemezeket a lehető legközelebb kell helyezni egymáshoz, hogy a belső ellenállás kicsi legyen. A porózus műanyag vagy üvegszövet megakadályozza az érintkezéseket.

A lemezek és az edény feneke között közbenső tér szükséges, hogy a lemezekből kihulló anyag ne okozhasson zárlatot (1. ábra). Ebben a térben gyűlik össze az „iszap”.

A nagy felületű lemezek szabványos jelölése Gro. A pozitív elektróda lemezelt kivitelű, a negatív masszája lyuggatott tartóban van. A telep nagy tömegű, de hosszú élettartamú.

A rácslemezek (Gi és GiS) az aktív masszát ólomrácsban hordják.

A páncéllemezek (Pz és PzS) pozitív lemezének aktív masszája keménygumi vagy műanyag tasakban van. A negatív lemez rácslemez. Járműben élettartamuk az 5 évet is elérheti.

A kezelést nem igénylő akkumulátorok a töltésen és a külső tisztításon kívül nem igényelnek ápolást. A hidrogént és az oxigént katalitikus úton kötik le.

A helyzetfüggetlen akkumulátorokban az elektrolit (gél) „besűrített”. Lezárásuk biztonsági szeleppel szivárgásmentes.

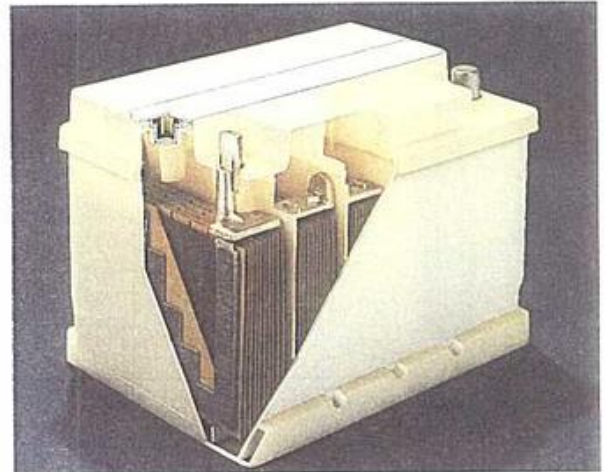
Az ólomakkumulátorok gondozása

Az ólomakkumulátor rendszeres gondozást kíván. Sohasem lehet kisütött állapotban!

(Szulfátkristályok keletkeznek az aktív masszában, és hatóképessége, tehát kapacitása csökken.)

Állandó feszültségű töltéskor gyorsított megy végbe, a töltőkészüléknek nagy teljesítményűnek kell lennie. Az áramkorlátozott töltőkészülékekhez elég kisebb teljesítmény is. A csepptöltést 2,23 V/cella feszültségen pl. szükségáramforrások esetén alkalmazzák.

A kisütési végfeszültség a kisütési időtől függ, és 1,63 V (10 min) és 1,87 V (10 h) között van.



1. Gépjármű-akkumulátor felépítése

Töltéskor a polaritást figyelembe kell venni:

$$+ a + -ra \text{ és } - a --ra!$$

A kellő töltőfeszültséget a c cellaszámból kapjuk:

$$U_t = c \cdot 2,75 \text{ V}$$

A töltés végén a cella „gázosodni” kezd. Vízbontás történik és robbanásveszélyes durranógáz keletkezik.

Nyílt láng és a dohányzás tilos; az akkumulátorhelyiségben gondoskodni kell a jó szellőzésről!

A gázosodás kezdete után még 1. . . 4 óráig kell utántölteni a töltőáram 1/10 részével.

A cellát „gáztalanítása” után le kell zárni. A pólusokat savmentes zsírral vagy olajjal kell bevonni.

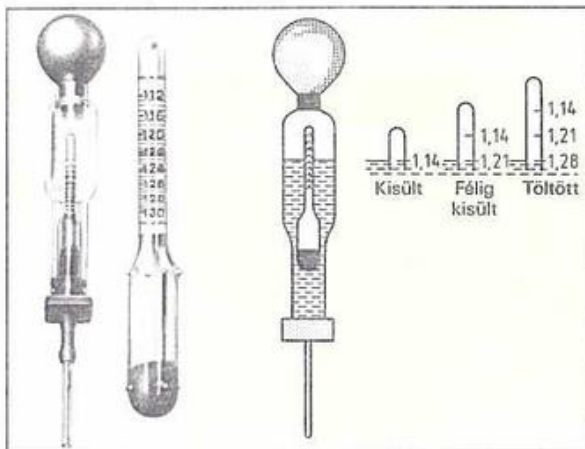
A hiányzó folyadékot a gázosodás kezdetekor desztillált vízzel kell utántölteni. Savat csak akkor töltünk bele, ha kilocsant belőle. Kisütés után azonnal újra kell tölteni! Ha árammal nem terheljük, akkor legalább 6 hetenként után kell tölteni.

A töltöttségi állapot ellenőrzése

A töltöttségi állapot a savsűrűség areométeres méréssel ellenőrizhető (l. az 1. ábrát a 246. oldalon).

A méréskor a gyártó savsűrűségadatait kell alapul venni.

Tömítve zárt akkumulátor esetén a körülbelüli töltöttségi állapotot terhelés alatti feszültségméréssel lehet megállapítani.



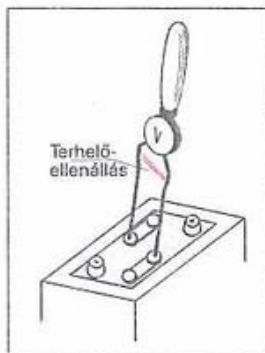
1. Savsűrűségmérő, areométer

A savsűrűség irányadatai:

Helyhez kötött telepekben: kisült állapotban $1,14 \text{ kg/dm}^3$; feltöltve $1,2 \text{ kg/dm}^3$.

Jármű-akkumulátornál: kisült állapotban $1,12 \dots 1,13 \text{ kg/dm}^3$; feltöltve $1,26 \dots 1,28 \text{ kg/dm}^3$.

A feszültségérték a kisülés során nem csökkenhet cellánként $1,8 \text{ V}$ alá. A töltöttségi állapotot cellavizsgálóval is megállapíthatjuk. A mérést terheléssel kell végezni. A cellavizsgáló mérőtűskéi között van a szükséges terhelő-ellenállás, ezt a kapacitáshoz kell illeszteni.

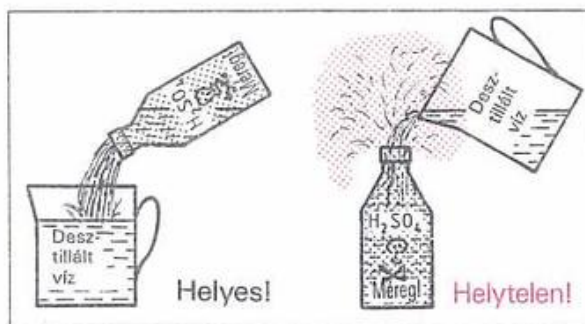


2. Cellavizsgáló

A sav betöltése

Csak a legtisztább kénsav használható, ami fémmel nem érintkezett. Betöltéskor védőszemüveget kell viselni!

Higitáskor mindig a savat kell a vízbe önteni, és nem fordítva; mert a sav azonnal kifröcsköl az edényből!



3.

Az ólomakkumulátor tárolása

Az ólomakkumulátort szabályosan csak gyári száraz, feltöltött állapotban lehet tárolni, így azonban korlátlanul.

Ha egyszer már savval töltve volt, akkor a teljes kezelési programot be kell tartani. Újbóli kiürítése és ezt követő tárolása nem ajánlott.

A gyári új akkumulátor első töltésekor figyelemmel kell lenni a gyári savsűrűség előírására, ez többnyire $1,28 \text{ kg/dm}^3$.

Élettartam

Jármű-akkumulátor esetében 2... 5 év. Helyhez kötött telepek élettartama gondos kezelés mellett a 20 évet is meghaladhatja.

Az élettartam szempontjából a sav tisztasága a döntő.

A töltések és kisütések száma:

- + lemeznél: 1000... 1500,
- lemeznél: 1500... 3000 alkalommal.

Az ólomakkumulátor hőmérsékletfüggése

A legfelső határ kb. $+55^\circ\text{C}$. Az ólomakkumulátor a kis hőmérsékletre különösen érzékeny. A belső ellenállás ilyenkor nő, és terheléskor letörik a kapcsolószűrő (autóakkumulátor télen).

Fagyási határ:

feltöltve -60°C ; félig töltve -23°C ; kisült állapotban -9°C .

A lúgos akkumulátor kiviteli alakjai¹

Megkülönböztetünk táskás és páncéllakkumulátorokat. Ezekbe az aktív anyagot iszapos állapotban preselik be. Vannak szinterelektródák is.

A cellaadény fémből (nikkelötvözet) vagy műanyagból készül.

A lemezek szigetelése ugyanolyan, mint az ólomakkumulátorok esetében

Kis készülékekhez gyakran használnak gáztömör nikkel-kadmium akkumulátorokat. Hogy töltéskor a gázok ne robbantsák fel a tokozatot, kémiaiilag meg kell kötni őket. Ezért a negatív elektródát túlméretezik.

Ennek ellenére elektronikus áramkorlátozású töltőkészüléket ajánlatos használni.

A lúgos akkumulátor kezelése

A lúgos akkumulátor elég igénytelen, és jól viseli a durva körülményeket. Kicsi az önkisülése, és kis hőmérsékleten is elegendően nagy a kapacitása.

Ugyancsak feltöltött állapotban kell tárolni, és az elektrolitot kétévénként cserélni kell: ez kálilúg, $1,2 \text{ kg/dm}^3$ sűrűséggel.

Az elektrolit betöltésekor, gondosan kell eljárni, védőszemüveg használata kötelező! A kifröccsent lúgvakságot okozhat!

¹ Vas-nikkel akkumulátornak is nevezik, nikkelezett acélháza és alkotórészei miatt.

A vas-nikkel akkumulátorokat elektronikus áramkorlátozással kell tölteni, mert a túlfeszültség károsíthatja őket.

A lúgos akkumulátor robusztusabb, mint az ólomakkumulátor. Kifogástalanul működik kis hőmérsékleten is, és hosszabb ideig kisütött állapotban maradhat. Tömege lényegesen kisebb az azonos kapacitású ólomakkumulátorénál. Hátránya, hogy drágább (nikkel).

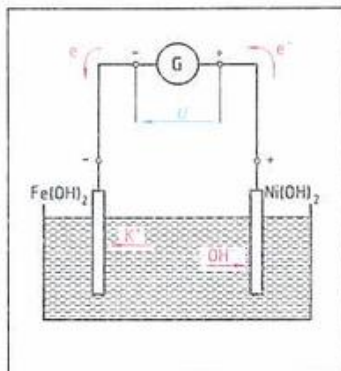
Lemezek	Ólom-akkumulátor	Vas-nikkel akkumulátor	Nikkel-kadmium akkumulátor
+ lemez, feltöltve	PbO ₂	Ni(OH) ₃	Ni(OH) ₃
+ lemez, kisütve	PbSO ₄	Ni(OH) ₂	Ni(OH) ₂
- lemez, feltöltve	Pb	Fe	Cd
- lemez, kisütve	PbSO ₄	Fe(OH) ₂	Cd(OH) ₂
Elektrolit	H ₂ SO ₄ + H ₂ O	KOH + H ₂ O (+ LiOH kiegészítés)	KOH + H ₂ O (+ LiOH kiegészítés)

1. A lemezek kémiai felépítésének összehasonlítása

Feltöltés (2. ábra)

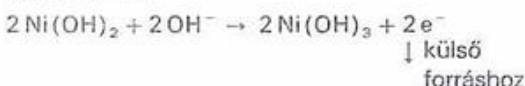
Külső áramforrást kapcsolunk az akkumulátorra. A kálium ionjai az elektródákhoz vándorolnak.

Töltőfeszültség
1,5 ... 1,85 V.

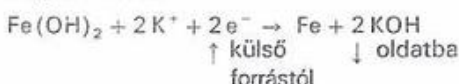


2. Vas-nikkel akkumulátor, feltöltés

Pozitív lemez



Negatív lemez



Elektrolit

Nem változik meg, csupán a OH⁻-ionok kicserélésében vesz részt.

Feltöltött állapot

Negatív lemez tiszta vas, ill. kadmium.
Pozitív lemez nikkel(III)-hidroxid.

A negatív elektróda alapján kétféle lúgos akkumulátort különböztetünk meg:

a vas-nikkel akkumulátort vagy Edison-akkumulátort¹,

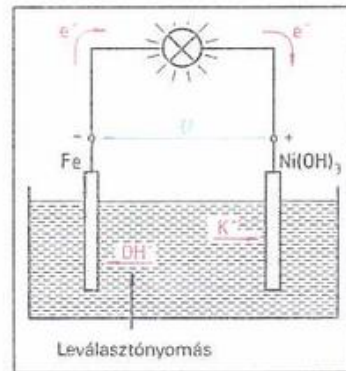
a nikkel-kadmium akkumulátort.

Napjainkban majdnem kizárólag csak a nikkel-kadmium akkumulátort használják.

Kisütés (3. ábra)

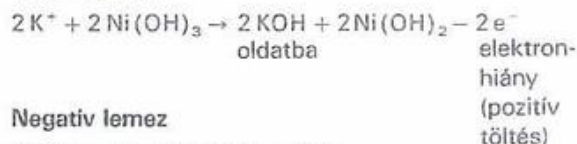
A leválasztónyomás következtében a K⁺ és OH⁻-ionok az elektródákhoz vándorolnak.

A K⁺-ionok a pozitív lemezhez, a OH⁻-ionok a negatív lemezhez. Kisütési feszültség:
1,4 ... 0,85 V.

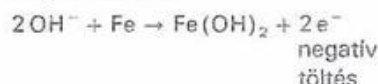


3. Vas-nikkel akkumulátor, kisütés

Pozitív lemez



Negatív lemez



Elektrolit

Kisütéskor is csak az OH⁻-ionok cseréje folyik.

Tárolás

Szárazon korlátlanul raktározható, töltött állapotban időről időre után kell tölteni.

Élettartam

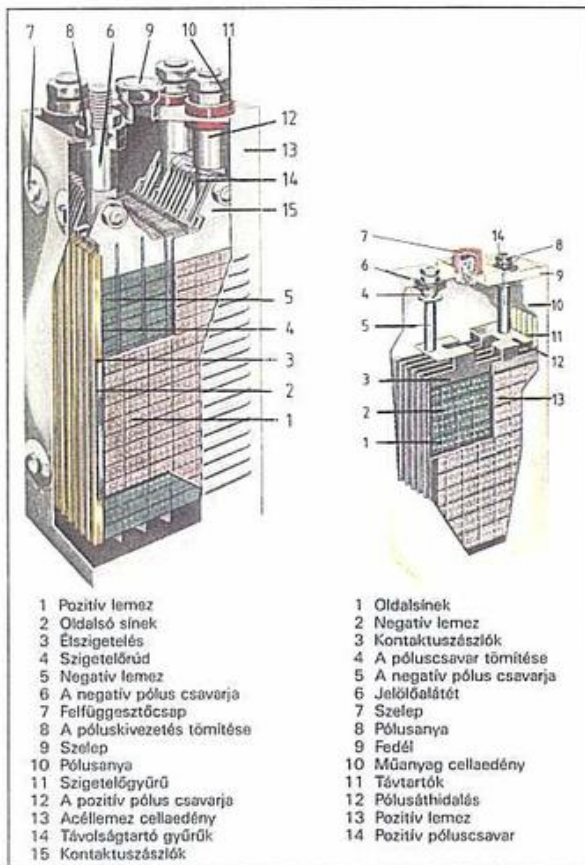
Több mint 4000 töltés és kisütés.

Hőmérsékletviszonyok

A vas-nikkel akkumulátor kapacitása erősen hőmérsékletfüggő. A felső határ kb. 50 °C; 0 °C alatt már alig van kapacitása.

Jobb a nikkel-kadmium akkumulátor, amely -20 °C hőmérsékleten kapacitásának 60%-át még megőrzi. Kis hőmérsékleten az ólomakkumulátornál jobban használható.

¹ Thomas Alva Edison (1847–1931) feltaláló



- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1 Pozitív lemez | 1 Oldalsín |
| 2 Oldalsó sín | 2 Negatív lemez |
| 3 Élszigetelés | 3 Kontaktuszsírók |
| 4 Szigetelőrud | 4 A póluscsavar tömítése |
| 5 Negatív lemez | 5 A negatív pólus csavarja |
| 6 A negatív pólus csavarja | 6 Jelölőalátét |
| 7 Felfüggesztőcsap | 7 Szelep |
| 8 A póluskivezetés tömítése | 8 Pólusanya |
| 9 Szelep | 9 Fedél |
| 10 Pólusanya | 10 Műanyag cellaadény |
| 11 Szigetelőgyűrű | 11 Távtartók |
| 12 A pozitív pólus csavarja | 12 Pólusáthidalás |
| 13 Acéllemez cellaadény | 13 Pozitív lemez |
| 14 Távtartó gyűrűk | 14 Pozitív póluscsavar |
| 15 Kontaktuszsírók | |

1. A lúgos akkumulátor felépítése

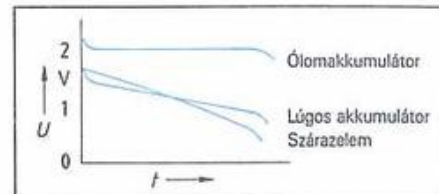
Az ólom- és a lúgos akkumulátor összehasonlítása

A 3. ábrán kisütési feszültségek láthatók, amelyek között összehasonlításként szárazelem kisütési görbéje is megtalálható.

A 2. ábrán áttekinthetjük a villamos jellemzőket.

Jellemzők	Ólomakku- mulátorok	Vas-nikkel és nikkel-kadmium akkumulátorok
U_0 nyugalmi feszültség	2,1 V	1,4 V (1,3...1,5 V)
Névleges feszültség = közepes kisütési feszültség ($U_N = U_{K(4h)}$)	2 V	1,2 V
U_{Kmin} kisütési végfeszültség	1,83 V	0,85 V
U_{Kmax} maximális töltőfeszültség	2,75 V	1,83 V
U_G gázosodási feszültség	2,4 V	1,6...1,7
$U_{T(4h)}$ közepes töltőfeszültség	2,3 V	1,7 V
$\eta_{A(1)}$ emperóra-hatásfok	0,85	0,75
$\eta_{W(1)}$ wattóra-hatásfok	0,72	0,56
W_e fajlagos energia	50 Wh/kg	75 Wh/kg
P_{sp} fajlagos teljesítmény	7,5 W/kg	15 W/kg
ρ elektrolit- sűrűség	1,18...	
	1,28 kg/dm ³	1,2 kg/dm ³
Fagyhatár	Z_L	ϑ_0
feltöltve	1	-60 °C
félíg töltve	0,5	-23 °C
kisütve	0	-9 °C

2. táblázat. Akkumulátorjellemzők

3. A kisütési
feszültsé-
gek össze-
hasonlítása

Ezüst-cink akkumulátorok

Különleges célokra, pl. műholdak és elektronikus készülékek miniatűr akkumulátoraként használatosak. A cellák általában gáztömörek, így karbantartásra nincs szükség.

Csak elektronikus töltőáram-korlátozással tölthetők!

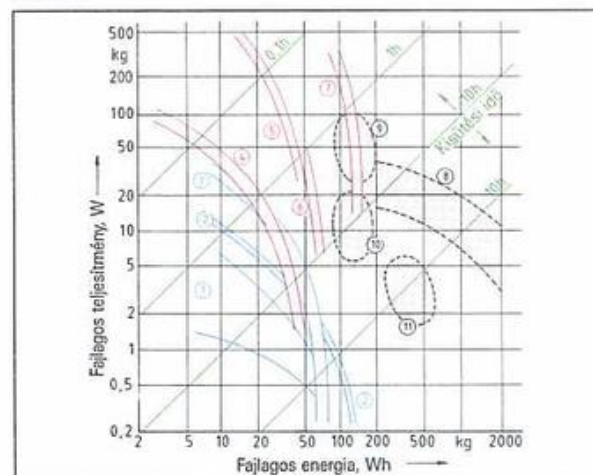
Élettartamukra akár 20 000 töltési-kisütési ciklust is garantálnak.

A rendszerek összehasonlítása

Egy elem típus alkalmazásakor döntő a kivethető teljesítmény, valamint az energiatartalom. A tömegre (súlyra) vonatkoztatva mindkettőnek lehetőleg nagy-nak kell lennie.

A 4. ábrán a legfontosabb primer és szekunder elemek, valamint tüzelőanyag-cellák összehasonlítása látható.

A fejlesztés az újratölthető vagy regenerálható elem-felépítésre irányul. Nagy reményeket táplálnak a nátrium, alumínium és lítium felhasználásának irányában, valamint a tüzelőanyag-cellák fejlesztésével kapcsolatban.



4. A különböző elemrendszerek fajlagos energiájának és fajlagos teljesítményének összehasonlítása különböző kisütési időkhöz

- 1 Cink-szén elem, különböző kivitelek
- 2 Higan-y-oxid-cink elem
- 3 Alkáli-cink-barnakő elem
- 4 Ólomakkumulátor
- 5 Nikkel-kadmium akkumulátor
- 6 Vas-nikkel akkumulátor
- 7 Ezüst-cink akkumulátor
- 8 Tüzelőanyag-cella

- 9 Nátriumelem
- 10 Alumíniumelem
- 11 Lítiumelem

15.6. Ellenőrizze tudását

15.1. szakaszhoz: A elektrokémia alapjai

1. Magyarázzuk el az elektrolízis előállításának példáján az elektrolitcellában lezajló folyamatokat egyenfeszültség rákapcsolásakor!
2. Ismertessük a Faraday-törvényt!
3. Elektrolízis gyártásakor $A = (725 \times 950) \text{ mm}^2$ felületű, kétoldalon galvanizált katódlemezzel dolgoznak. Az áramsűrűség $j = 180 \text{ A/mm}^2$, a cellafeszültség $U = 3 \text{ V}$. Az elektrokémiai állandó értéke, $c = 0,328 \cdot 10^{-6} \text{ kg/As}$ (két vegyértékű réz) és a hatásfok $\eta = 0,95$.
 - a) Mekkora a cella árama?
 - b) Mennyi réz válik ki óránként?
 - c) Mennyi (W) villamos energia kell 1 kg réz leválasztásához?
4. Soroljunk fel galvanosztégiai módszereket!
5. Korrózióvédelemnél a fémbevonat az alapfémnél kevésbé nemes lehet. Válasszunk ki acélhoz (vas) megfelelő fémet a 239. oldal 4. táblázata alapján!
6. Milyen eljárást nevezünk eloxálásnak?
7. Hogyan lehet bevonni műanyagot vékonyan fémmel?

15.2. és 15.3. Primer elemek.

szakaszhoz: Kivétel, kezelés, tárolás

1. Soroljuk fel a galvánelem alkatrészeit!
2. Miből állítja elő a galvánelem az energiáját?

3. Mire kell ügyelni a galvánelemek hatástalanításakor?
4. Milyen hatása van a kisütőáramnak, a kisütési időnek és a hőmérsékletnek?

15.4. szakaszhoz: Szekunder elemek

1. Mi a különbség a primer- és a szekunder elemek között?
2. Milyen kémiai vegyületek vannak az ólomakkumulátor lemezeinek aktív masszájában?
3. Milyen elektrolit van az ólomakkumulátorban, és hogyan lehet megállapítani a töltöttségi fokot?
4. Miért kell az akkumulátorhelyiségeknek jó szellőzést biztosítani, és miért nem szabad égő cigarettával belépni?
5. Nevezzük meg a lúgos akkumulátor elektródaanyagait és elektrolitját!
6. Mi különbség van az amperóra-hatásfok és wattóra-hatásfok között?
7. Az ólomakkumulátor névleges feszültsége, $U_N = 2,4 \text{ V}$, és névleges kapacitása, $Q = 84 \text{ Ah}$ tízórás kisütéskor. $t = 6$ óra alatt $I = 20 \text{ A}$ árammal töltik fel. Az átlagos kisütési feszültség $U_{\text{Kis}} = 2 \text{ V}$, az átlagos töltőfeszültség $U_{\text{Tölt}} = 2,3 \text{ V}$ cellánként.
 - a) Hány cellás a telep?
 - b) Mekkora a tízórás kisütőáram (I_{10})?
 - c) mekkora az η_{Ah} amperóra-hatásfok?
 - d) Mekkora az f_T töltési tényező?
 - e) Mekkora a W energiatartalom?
 - f) Mekkora az η_{Wh} wattórahatásfok?

$$Z_T = \frac{Q}{Q_N}$$

16. Műszaki rajz*

16.1. Bevezetés

Az alkatrészeket, készülékeket, gépeket és villamos berendezéseket nem egyének tervezik, gyártják és ki-vitelezik, hanem sok ember munkamegosztására van szükség.

A műszaki rajz közvetítőeszköz a tervezőiroda techni-kusai, a munka-előkészítés művezetője és az üzem vagy építési terület munkásai és szakemberei között.

A műszaki rajz információt ad a vevő számára is, de el-engedhetetlen a készülékek és berendezések ellenőr-zéséhez és javításához is.

A műszaki rajz információhordozó a készülékek és berendezések tervezése, gyártás-előkészítése és gyártása között.

Vannak műszaki leírások is, amelyeket úgy kell össze-állítani, hogy minden adatot tartalmazzanak, de fölös-legeseket ne. A leírásnak minimális szöveg mellett „szemléletesnek” kell lennie.

A szöveg ezért legyen igen tömör és egyszerű, hogy még a külföldi szakemberek is jól használhassák mint műszaki dokumentációt.

A műszaki rajzok áttekinthetősége és egyértelmősége érdekében a rajzokra vonatkozó szabványokat szigorú-an be kell tartani (1. ábra).

A villamos szakembernek ismernie kell a rajzszab-ványokat ahhoz, hogy maga készítse a műszaki raj-zokat, és „olvasni” (kiértékelni) tudja azokat.

A műszaki rajz fontos szabványait a 2. ábra foglalja össze.

16.2. Rajzeszközök

- A műszaki rajzot úgy kell készíteni, hogy
 - áttekinthető,
 - félreérthetetlen,
 - kicsinyítve is olvasható,
 - olcsó és sokszorosítható,
 - tartósan tárolható legyen.

Ehhez különleges rajzeszközökre és rajzpapírra van szükség.

Rajztáblák és rajzgépek

A villamos szakma tanulóinak általában elég egy A4 vagy A3 méretű rajztábla (3. ábra).

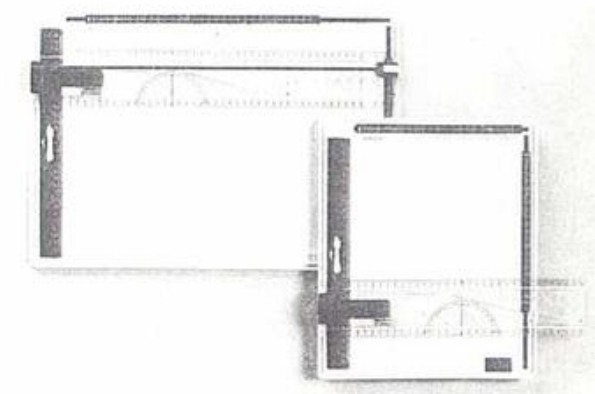
* A vonatkozó magyar szabványok a következők: MSZ 9200/1–54, MSZ 12897/1–6, MSZ 12899, MSZ IEC 669/1–2–3

Rövidítés	Szabvány
DIN	A Német Szabványhivatal által kidolgozott mű-szaki előírások
VDE	A Német Elektrotechnikusok Egyesületének ajánlásai
ISO	Nemzetközi Szabványszervezet. Világszerte a szabványok egységesítésén dolgozik.
IEC	Nemzetközi Elektrotechnikai Szervezet. Világ-szerte az elektrotechnika speciális szabványai-nak egységesítésén dolgozik.
MSZ	A Magyar Szabványügyi Hivatal által kidolgozott műszaki előírások

1. Elektrotechnikai műszaki rajz fontosabb szabványelőírásai

Cím	Szabványszám
Háromdimenziós ábrázolás	DIN 5
Rajzok metszete és nézete	DIN 6
Vonalak, vonalvastagságok	DIN 15
Rajzok léptékei	DIN 406
Grafikus ábrázolások	DIN 461
Csavarmenetek ábrázolása	DIN ISO 6410
Rajzméretek	DIN 823
Műszaki rajzok hajtogatása	DIN 824
Szabványírás	DIN 16; DIN 17; DIN 6776/ISO 3098
Léptékek	DIN ISO 5455
Kapcsolási rajzok, rajzjelek	DIN 40700
Vezetékek jelei	DIN 40711
Transzformátorok	DIN 40714
Villamos gépek	DIN 40715
Mérőműszerek	DIN 40716
Villanyszerelés (installáció)	DIN 40717
Dokumentációk (üzemviteli rajzok)	DIN 40719
Információfeldolgozás	DIN 66001
Számítástechnika	IEC 617-12

2. A műszaki rajz fontos szabványai



3. A3 és A4 méretű rajztáblák

A táblák műanyagból vannak, rugós léccel ellátva a rajzlap kifeszítéséhez. Ezenkívül a széleken csúszóhoronyok vannak, amelyekbe a vonalzó tehető. A vonalzó olyan elhelyezésű az egyik oldalon, hogy párhuzamos vonalakat lehessen vele rajzolni. Átlátszó, mérőskálás, és tusrajzolásra is alkalmas. Ahhoz, hogy a vonalzóhoz szögmérőt vagy írósablon is használni lehessen, a csúszóhoronyban arettálókapcsolóval van rögzítve.



1. A rajzgép

Nagyobb rajzokhoz, amelyek pl. a gépszerkesztésnél vagy építészeti rajzoknál fordulnak elő, szabadon álló rajzgépet használnak (1. ábra).

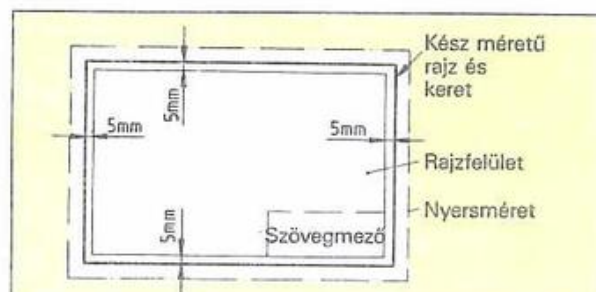
A rajzpapír

Rajzpapír a normál géppapírnál vastagabb papír, fehér színű, és toll- vagy tusrajzhoz is megfelelő (2. ábra). A műszaki rajzokat fénymásolással lehet sokszorosítani, ha átlátszó pauszpapírra készítik.

Fajta	Vastagságadat, g/m ²
Írógéppapír	80
Rajzpapír, normál	110
Rajzkarton, vékony	130
Rajzkarton, közepes	170
Rajzkarton, vastag	240

2. A rajzpapír vastagságát a négyzetmétertömeggel adják meg

A lapméretet (papírfarmátumot) szabvány írja elő (3. ábra). Ezt a sorozatot úgy alakították ki, hogy a lapot összehajtva és középen elvágva éppen a következő kisebb méretet kapjuk.



Lapméret A-sora	Kész méretű rajz és keret
A 0	841 × 1189
A 1	594 × 841
A 2	420 × 594
A 3	297 × 420
A 4	210 × 297
A 5	148 × 210

A lapok álló és fekvő formátumban is használhatók. A szövegmező a jobb első sarokban.

3. Rajzlapméretek a DIN 823 szerint

Így mód van arra, hogy pl. a szakiskolai oktatásban a rajzpapírokat előre odakészíthessék (adott feliratokkal is), és ezek pontosan illeszkedjenek a rajztáblára. Ezek a formátumok szabványos mappákba, gyorsfűzőkbe és borítókba is betehetők.

Vonalzók

Rajzoláshoz, méréshez és méretek felrakásához vonalzó szükséges. A 4a ábrán tipikus iskolai vonalzót látunk, amely tuskihúzásra is alkalmas. A 4b ábra szerinti fogantyús vonalzó különösen alkalmas arra, hogy rajzról méretet vegyünk le. A 4c ábrán háromlú lépétkvonalzó látható. Ezen hat különböző léptékű szabványos skála van, és villamos berendezések tervezésekor az építészeti tervekről vagy a szabadvezetékek tervezésekor a helyszínrajzról méretek vehetők vele.

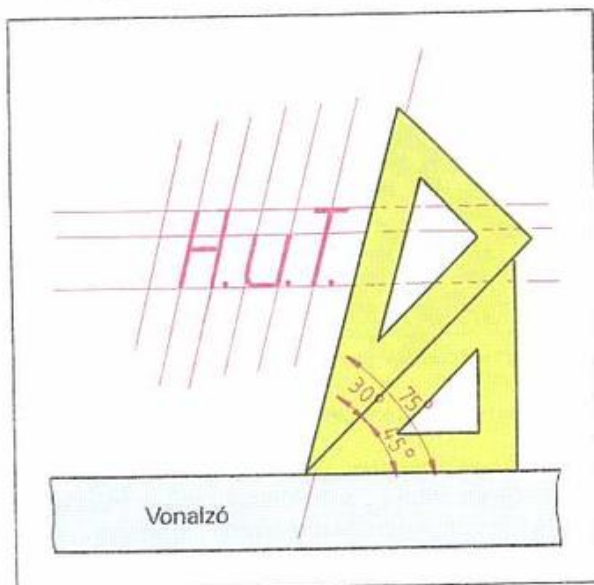


4. Vonalzók

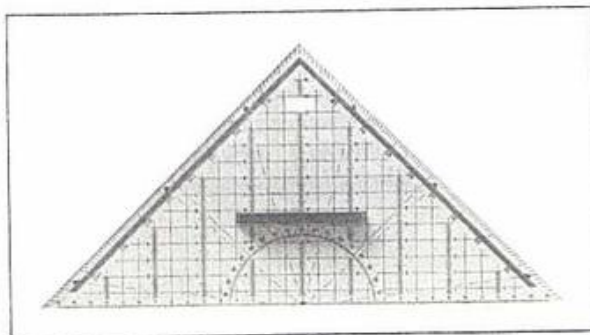
- a) Iskolai vonalzó
- b) Vonalzó fogantyúval
- c) Léptékvonalzó

Háromszögvonalzók

A készlethez alapjában az 1. ábra szerinti háromszögvonalzók tartoznak. Ezek átlátszóak, az egyik oldalon milliméter-beosztással, és az élük tusrajzhoz használható. A két vonalzó összeillesztésekor 75° kapható, ami a dőlt szabványírás segédvonalaihoz kell. A közös háromszögvonalzók kiegészítése lehet a geo-háromszög vonalzó. Ennek a hossz mérésre való skálán kívül szögmérésre alkalmas skálája is van (2. ábra).



1. 75° hajlásszög előállítási lehetősége ferde szabványírás segédvonalainak rajzolásához



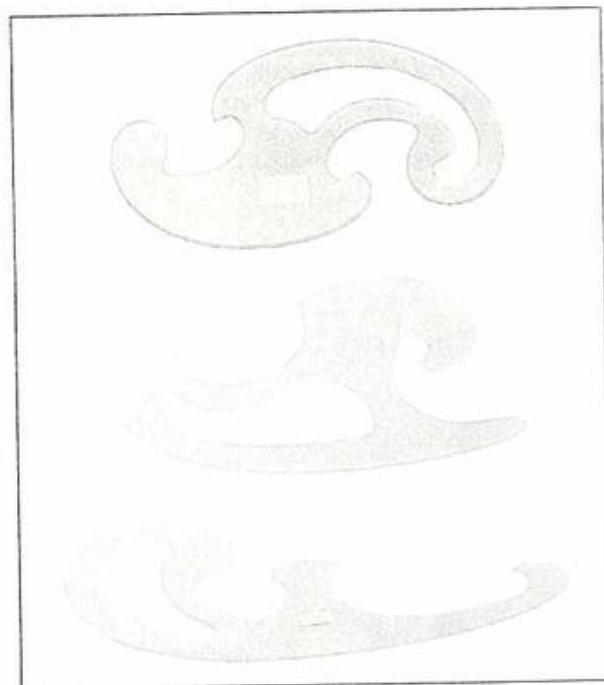
2. Technikus háromszög (Geo-háromszög)

Görbe vonalzók

Akkor van szükség rájuk, amikor görbe vonalakat, pl. elektronikus elemek jelleggörbéit kell pontosan megrajzolni.

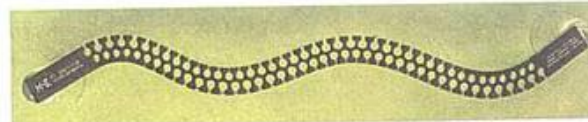
Az ún. Burmester-készletnek három tagja van, amelyeket úgy alakítottak ki, hogy gyakorlatilag minden görbealak (legfeljebb szakaszosan) megrajzolható legyen velük (3. ábra).

252



3. Görbe vonalzók (Burmester-készlet)

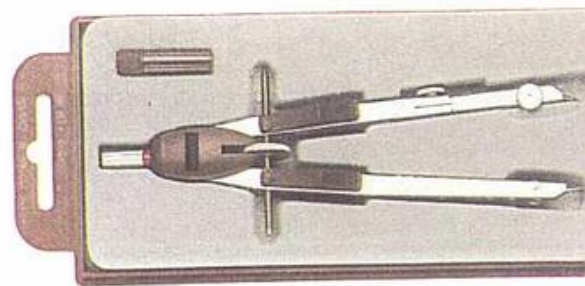
Az elektrotechnikában használnak olyan görbe vonalzókat is, amelyek formálható négyszögprofilból vannak. Ezeket a vonalzókat úgy használják, hogy esetenként a kívánt ívhez hajlítják őket (4. ábra).



4. Hajlítható görbe vonalzó

A körző

Körök rajzolásához és mértani szerkesztésekhez körzőt használunk (5. ábra).



5. Osztókörző póthegegyekkel. Ceruzahegygel vagy tuskihúzóval is használható.

Sablonok

A villamos szakemberek számára, akik a műszaki rajzon gyakran használnak jelképeket és rajzjeleket, hasznosak a sablonok (1. ábra). Figyelni kell arra, hogy az ilyen sablonoknak dudora legyen, ami megakadályozza a tus elkenését. Fontos rajz-segédeszközök a szabványos betűsablonok, a kör-, hatszög-, négyszög- stb. sablonok (2. ábra).



1. Sablon elektrotechnikához



2. Írósablon

Ceruzák, tuskihúzó

A ceruzarajz különösen vázlatokhoz megfelelő, mert radírgumival könnyen eltávolíthatók a fölösleges vonalak. Különböző keménységű ceruzabelek kaphatók (3. ábra), úgyhogy a ceruzarajzok jól másolhatók.

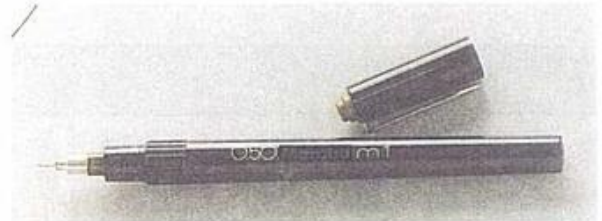
Nr.	Keménység	Alkalmazás	Magyarázat
1	3 B	Vázlatrajzhoz	B: Black: fekete (= lágy) (angol)
	2 B		
2	B	Fővonalak végleges kihúzásához	
	HB	Műszaki vázlatrajzhoz	
3	F	Rajzhoz, érdes papíron	F: Firm: szilárd (angol)
	H	Segédvonalakhoz	H: Hard: kemény (angol)
4	2 H	Rajzhoz, speciális (pl. transzparens) papíron	
	3 H		
	4 H		
	5 H		
	6 H		

3. A ceruzabelek keménysége

Rajz- vagy kihúzó tollal tiszta tusrajzok készíthetők. Kéves tust kell a patronból a nyelvek közé tölteni. Előnyük, hogy a különböző vonalvastagságok beállíthatók, ezenkívül könnyen tisztíthatók használat után. A tus színe is változtatható. Mindenesetre a tuskihúzóval való rajzolás gyakorlatot igényel.

Manapság főleg tustöltőtollakat használnak. Minden vonalvastagsághoz és színhez másik toll használható (4. ábra).

Előnyük, hogy ezekkel a tustöltőtollakkal a kezdők is pontosan tudnak dolgozni. A kihúzó körzöbe is befogható. Ezenkívül sablonokkal, különösen írósablonokkal is lehet velük rajzolni (5. ábra).

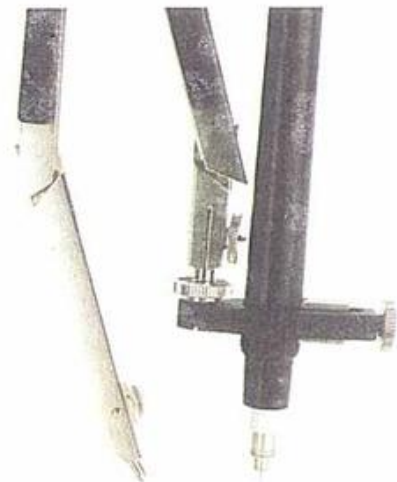


4. Tustöltőtoll (kapilláristoll)

a)



b)



5 a) Tustöltőtoll írósablonnal, rajzoláskor

b) Tustöltőtoll körzöben, univerzális adapterrel

16.3. A műszaki rajzok feliratai*

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
 12345677890IVX[(!?:;'-=+x:√%&)]φ

1. Szabványírás a DIN 6776, ill. az ISO 3098 szerint álló betűvel

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
 PQRSTUVWXYZ
 abcdefghijklmnop
 rstuvwxyz
 [(!?:;'-=+x:√%&)]φ
 12345677890IVX

2. Szabványírás a DIN 6776, ill. az ISO 3098 szerint dőlt (kürzív) betűkkel

h jellemző h	A írásforma ($d = h/14$)							B írásforma ($d = h/10$)						
	2,5	3,5	5	7	10	14	20	2,5	3,5	5	7	10	14	20
a	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4
b	3,5	5	7	10	14	20	28	3,5	5	7	10	14	20	28
c	—	2,5	3,5	5	7	10	14	—	2,5	3,5	5	7	10	14
d	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2
e	1,05	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4	12

A jellemzők jelentése:
 h nagybetűk magassága
 a betűtávolság egy szón belül
 b sortávolság
 c kisbetűk magassága
 d vonalvastagság
 e szavak közötti távolság

Az írás függőleges vagy 15°-kal jobbra döntött lehet.

A írásforma: $d = \frac{h}{14}$
 B írásforma: $d = \frac{h}{10}$



3. A DIN 6776, ill. ISO 3098 szerinti szabványírás jellemző adatai

A műszaki rajzokat jól olvashatóan kell feliratozni. Követelmény az is, hogy az írás egységes legyen, és kicsinyítéshez, pl. mikrofilmhez megfeleljen. Az 1. ábrán látható az MSZ ISO szabvány szerinti álló betűk szerkesztése. Ez az írás elsősorban sablonírás, ill. rajzgépes íráshoz megfelelő. Az írást szabad 15°-kal jobbra is dönteni (2. ábra).

Az állóbetűs szabványírásnál felismerhető, hogy a függőleges vonalakhoz mindig 90°-os szöggel kell csatlakozni. Kézi feliratozáshoz a dőlt forma mindenesetre megfelelőbb, mert a természetes kézmozgást követi (jobbkezeseknél).

A betűmagasság, az egyes betűk és szavak közötti távolság, a vonal vastagsága szabványosított, mint a 3. ábrán látható.

A szabványírás kézi gyakorlásához a kereskedelemben sokféle gyakorlólap kapható. Fontos, hogy ezeken olyan rácshálózat legyen, amivel a nagy- és kisbetűk magasságát, a betűk szélességét és egymástól való távolságát helyesen lehessen betartani. A 4. ábrán a görög írásjelek láthatók a DIN és MSZ műszakirajz-szabványa szerint.

*A vonatkozó magyar szabvány MSZ ISO 3098

Dőlt írás

α β γ δ ε ζ η θ ι κ λ μ
 Alpha Beta Gamma Delta Epsilon Zeta Eta Theta Iota Kappa Lambda Mu
 ν ξ ο π ρ σ τ υ φ χ ψ ω
 Nu Xi Omikron Pi Rho Sigma Tau Upsilon Phi Chi Psi Omega

Α Β Γ Δ Ε Ζ Η Θ Ι Κ Λ Μ
 Alpha Beta Gamma Delta Epsilon Zeta Eta Theta Iota Kappa Lambda Mu
 Ν Ξ Ο Π Ρ Σ Τ Υ Φ Χ Ψ Ω
 Nu Xi Omikron Pi Rho Sigma Tau Upsilon Phi Chi Psi Omega

Álló írás

Α Β Γ Δ Ε Ζ Η Θ Ι Κ Λ Μ
 Ν Ξ Ο Π Ρ Σ Τ Υ Φ Χ Ψ Ω
 α β γ δ ε ζ η θ ι κ λ μ
 ν ξ ο π ρ σ τ υ φ χ ψ ω

4. Görögbetűs írás, ahogyan a műszaki rajzokon használják

A műszaki rajzok elnevezései

A műszaki rajz összefoglaló név. A pontosabb megnevezések a gyakorlati alkalmazástól függenek. Az 1. ábrán a fontosabb elnevezéseket találjuk.



1. A műszaki rajz fajtái

Elnevezés a rajz fajtája szerint:

A vázlat többnyire szabadkézzel készített rajz, és nincs formátumhoz kötve. Ezek alapján dolgozzák ki a terveket és a kapcsolási rajzokat.

A rajz lehetőleg léptékhelyesen készül, és tartalmazza a szükséges nézeteket, metszeteket és egyéb adatokat.

A körvonalrajz egyszerűsített ábrázolással a készülék vagy alkatrész fontosabb csatlakozási, beépítési és helyszükséglet-adatait tartalmazza.

Terv alatt a készülékrészek vagy alkatrészek rajzait értjük, beépítésük vagy funkciójuk szerinti sorrendben.

A grafikus ábrázolások változó mennyiségek közötti összefüggést tesznek szemléletessé síkban vagy térben. Ide tartoznak pl. az alkatrészek jelleggörbéi.

Elnevezés a készítés módja szerint:

Eredeti (originál) rajzon egy készülék vagy berendezés eredeti rajzát értjük. Többnyire pauszpapírra készül.

A **ceruzarajz** ceruzával, a **tusrajz** tussal készül.

Az eredeti rajzról másolatok **sokszorosítások** fénymásolással, nyomtatással vagy diaprojektívvel készülnek.

Felosztás a tartalom szerint:

Az **összeállítási rajz** összeépített állapotban mutatja a készüléket. Egy több részből álló készülék egy egységének rajza a **rész-összeállítási rajz**. A **részletrajz**okon ábrázolják az egyes alkatrészeket.

A **tömbvázlatok** olyan ábrázolások, ahol az alkatrészek nem a valóságos alakjukkal és helyzetükkel szerepelnek. Többnyire az alkatrészek kapcsolódását szemléltetik. A villamos berendezések működési leírásai is rendszerint tömbvázlatot tartalmaznak.

Felosztás a cél szerint:

A **megmunkálási rajz** a forgácsolás nélküli vagy forgácsoló megmunkáláshoz való adatokat tartalmazza.

A **szerelési rajz** az alkatrészek összefoglaló ábrázolása, az összeszereléshez szükséges adatokkal.

A **telepítési terv** csak a készülék vagy gép felállításához szükséges adatokat tartalmazza.

A **szerszámrajzok** szerszámokat ábrázolnak.

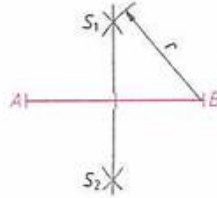
A **megrendelési rajzok** a tartalékalkatrészek megrendelését segítik. Ide tartoznak a **robbantott ábrák** is (l. az 1. ábrát a 260. oldalon).

16.4. Geometriai szerkesztések

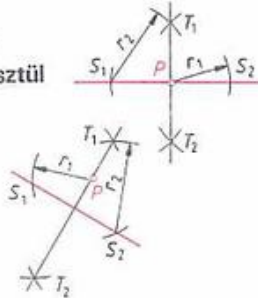
A műszakirajz-készítés alapvető ismereteihez tartozik, hogy a legfontosabb geometriai szerkesztéseket megtanuljuk. Aki pontosan tudja elvégezni a szerkesztéseket, alkalmas arra is, hogy a munkadarabokat a további megmunkáláshoz előrajzolja.

1. Az $\overline{AB}$ szakaszt felezni

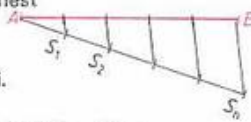
- Kört rajzolni r sugárral A és B körül
 $r = \overline{AB}$.
- S_1 és S_2 metszéspontokat egyenessel összekötni.

2. Merőlegest szerkeszteni a P pontban, ill. a P ponton keresztül

- Kört rajzolni tetszőleges r_1 sugárral a P pont körül.
- Kört rajzolni r_2 sugárral az S_1 és S_2 körül ($r_2 > r_1$).
- A T_1 és T_2 metszéspontokat egyenessel összekötni.

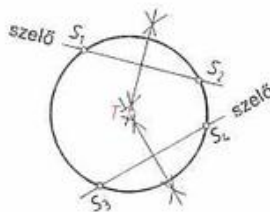
3. Az $\overline{AB}$ szakaszt n egyenlő részre osztani

- Az A pontból hegyesszöggel egyenest rajzolni.
- Az egyenesre n egyenlő (tetszőleges hosszúságú) szakaszt beosztani.
- Az S_n és B között egyenest húzni.
- Ezzel párhuzamos egyeneseket húzni az $S_1 \dots S_{n-1}$ pontokon keresztül.



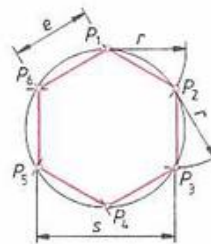
4. Körközéppontot keresni

- Két tetszőleges szelőt rajzolni.
- Az S_1 és S_2 , valamint S_3 és S_4 pontokra felezőmerőlegest szerkeszteni (szerk. 1.).
- A felezőmerőlegesek T metszéspontja a középpont

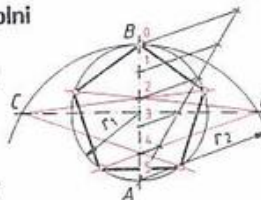


5. Hatszöget rajzolni

- Az e oldalhosszal mint sugárral kört rajzolni; $e = r$.
- A sugarat tetszőleges P_1 ponttól kezdve a kerületre felvinni.
- A metszéspontokat összekötni;
 $s = 1,73 \cdot e$

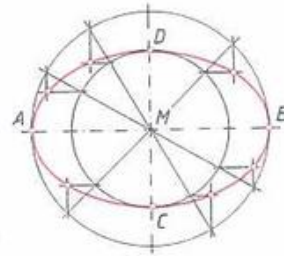
6. n -szöget (pl. ötszöget) rajzolni

- Az r_1 sugárral kört rajzolni.
- Az A pont körül $r_2 = \overline{AB}$ sugárral kört rajzolni.
- $\overline{AB}$ szakaszt a 3. szerkesztés szerint $n = 5$ részre osztani.
- A C és D pontokat a 0, 2, 4 vagy 1, 3, 5 pontokkal összekötni.



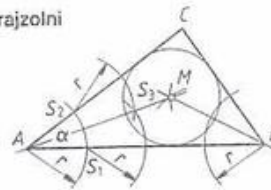
7. Ellipszist rajzolni

- Az $r_1 = \frac{1}{2} \overline{AB}$ és $r_2 = \frac{1}{2} \overline{CD}$ sugárral kört rajzolni.
- Az M ponton keresztül több egyenest rajzolni.
- A kisebb körrel való metszéspontokból vízszintes vonalakat rajzolni.
- A nagyobb körrel való metszéspontokból függőleges vonalakat rajzolni.
- A metszéspontok az ellipszis pontjai.



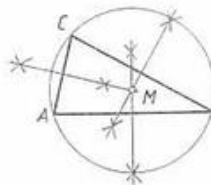
8. Háromszög belső érintőköre

- Az A pont körül r sugárral kört rajzolni
- Az S_1 és S_2 pontok körül r sugárral kört rajzolni
- Az S_3 az α szög szögfelező pontja.
- Két szögfelező metszéspontja a belső érintőkör M középpontja

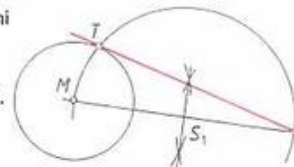


9. Háromszög köré írható kör

- A háromszög két oldalát az 1. szerkesztés szerint felezni.
- A két oldalfelező metszéspontja a köré írható kör M középpontja.

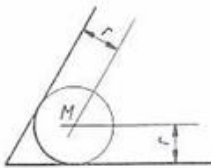
10. Kör érintője a P pontból

- A P pontból egyenest rajzolni az M körközépponton át.
- Ezt az egyenest az 1. szerkesztés szerint felezni.
- Az S_1 pontból az M és P pontokon átmenő kört rajzolni.
- A T és P pontokon átmenő egyenes az érintő.



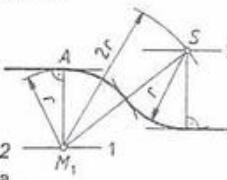
11. Egyenesek lekerekítése

- A szögleten belül két párhuzamosat szerkeszteni, a száraktól r távolságban.
- A párhuzamosok metszéspontja a lekerekítés M középpontja



12. Két egyenest körívvel összekötni

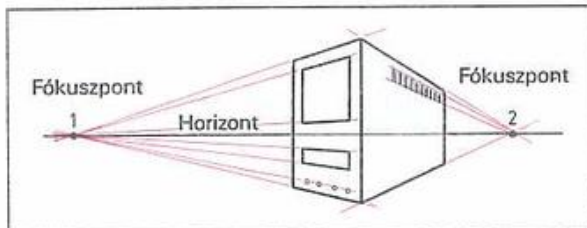
- Adott legyen az r sugár.
- Mindkét egyenessel r távolságban párhuzamosat szerkeszteni.
- Az 1 párhuzamosról A pontra merőlegest állítani.
- Az M_1 pontból húzott $2r$ sugarú kör a 2 párhuzamoson az S metszéspontot adja.



16.5. Térbeli (axonometrikus) ábrázolás

Műszaki készülékeket, berendezések részeit és alkatrészeit fényképezéssel szemléletesen lehet ábrázolni. Hátránya, hogy a képek sokszorosítása rajzlapméretben viszonylag drága és nehézkes felírni rá az írott magyarázatokat.

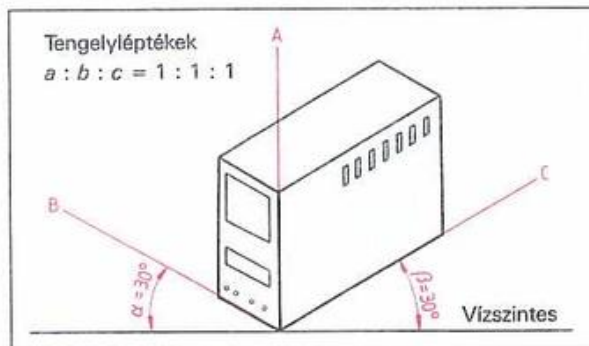
A fényképfelvételt a térbeli rajz helyettesíti. Ebben az ábrázolásmódban a vetítőegyenese az ún. gyújtópontokban futnak össze (1. ábra). Hátránya a sok rajzmunka, ezenkívül a rajzról nem lehet semmiféle méretet leolvasni.



1. Elektronikus készülék távlati ábrázolásra

Izometrikus (egyméretű) ábrázolás

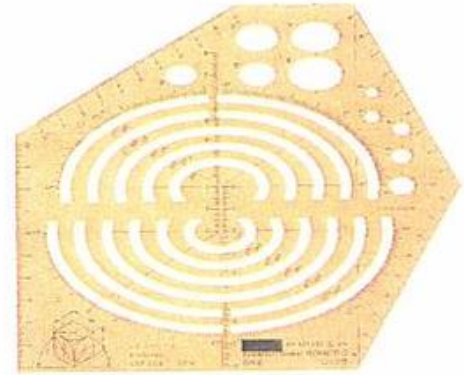
Olyan térbeli ábrázolás, ahol az összes hosszúság-, szélesség- és magasságlepték azonos és a méretek eredetiek. A valóságban párhuzamos vonalak az izometrikus ábrázolásban is párhuzamosak egymással (2. ábra).



2. Elektronikus készülék izometrikus ábrázolásra

Az izometrikus ábrázolást akkor használják, ha három nézeten kell lényeges dolgot bemutatni.

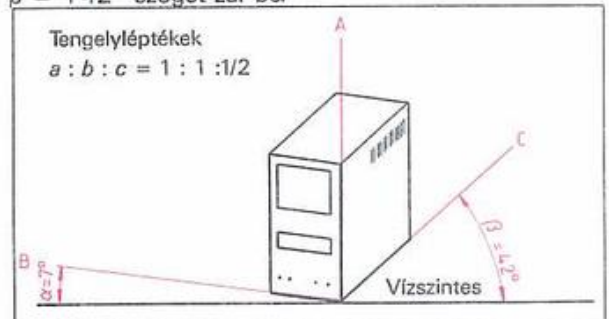
Az A tengely függőleges, a B tengely a vízszintessel $\alpha = -30^\circ$ szöget, a C tengely $\beta = +30^\circ$ szöget zár be. Rajzolásához segédeszközként egyméretű (izometria) sablont lehet használni (3. ábra).



3. Izometriasablon (egyméretű sablon)

Dimetrikus (kétméretű) ábrázolás

Olyan térbeli ábrázolás, amelyben a magasság és a szélesség azonos léptékű, a méretek eredetiek, de a mélységét felére kicsinyítve ábrázolják. A valóságban párhuzamos vonalak a rajzban is párhuzamosak (4. ábra). Az A tengely függőleges irányú, a B tengely a vízszintessel $\alpha = -7^\circ$ szöget, a C tengely $\beta = +42^\circ$ szöget zár be.



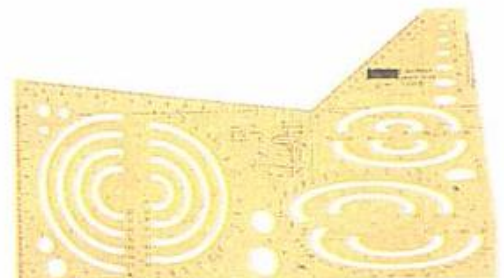
4. Elektronikus készülék dimetrikus ábrázolásra

A kétméretű ábrázolást akkor használják, ha az egyik nézeten kell lényeges dolgot bemutatni.

Segédeszközként a kereskedelembe kétméretű (dimetria) sablon kapható (5. ábra).

Az egyméretű és kétméretű ábrázolást axonometrikus vetítésnek is nevezik, mert az ábrázolás alapja a háromdimenziós tengelykereszt.

A görbe vonalak rajzolása mindkét ábrázolási módban nehézkes, mert például a körökből ellipszisek lesznek.



5. Dimetriasablon (kétméretű sablon)

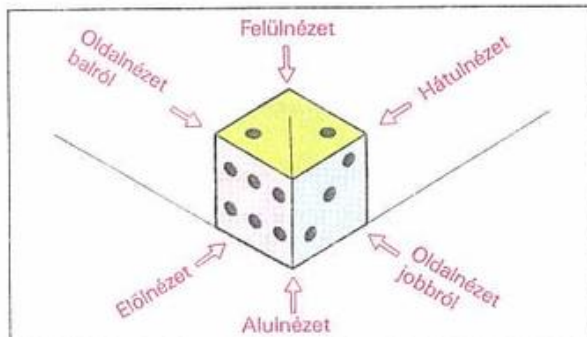
16.6. Ábrázolás nézetekben

Ha például egy kockát izometrikusan ábrázolunk, három oldalát láthatjuk (1. ábra).

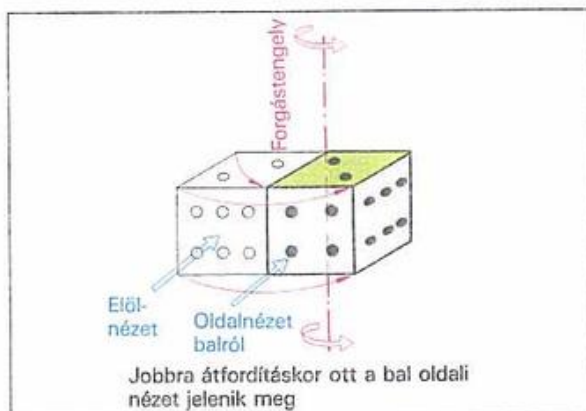
Ha mind a hat oldalát ábrázolni akarjuk, nézetrajzokra van szükség.

A legfontosabb oldal az előlnézet.

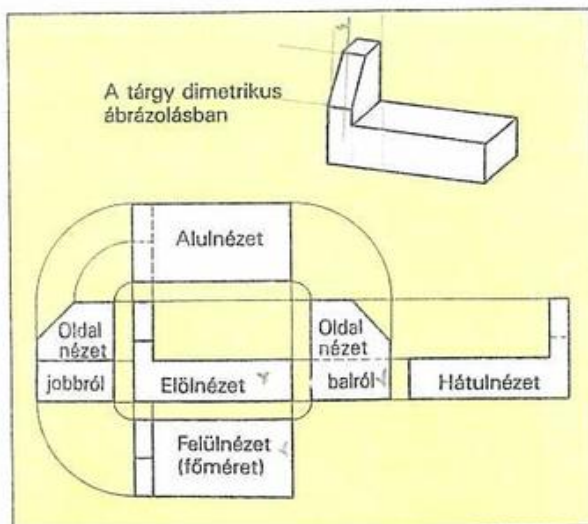
Az oldalnézeteket, a felülnézetet és alulnézetet forgatással kapjuk (2. ábra).



1. A műszaki rajz nézetei



2. A nézetek elhelyezése átfordítással



3. Az összes lehetséges nézet a műszaki rajzon

A bal oldal nézetét a rajzban az előlnézetből jobbra, a jobb oldal nézetét balra találjuk.

Ennek megfelelően a felülnézet az előlnézet alatt, az alulnézet az előlnézet fölött található a rajzon (3. ábra).

Ritkán van szükség minden nézetre. Többnyire elég az előlnézet, egyik oldalnézet és a felülnézet rajza.

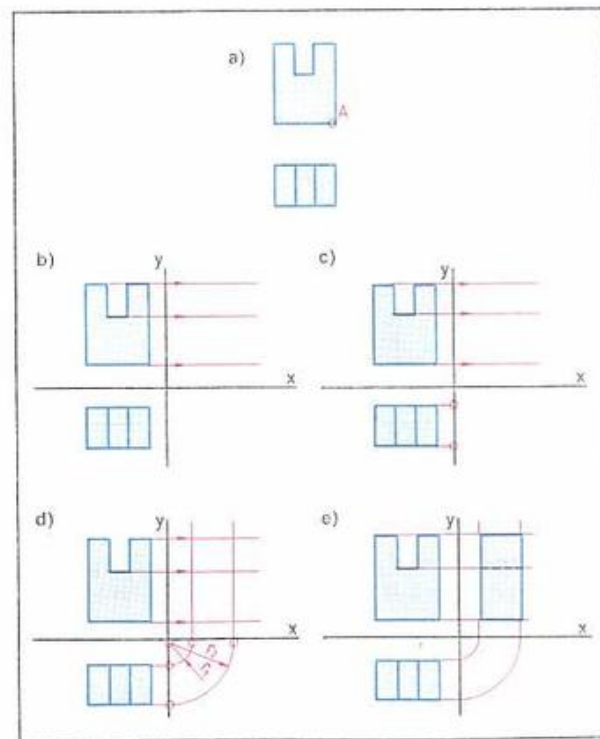
Ha egy rajz két nézetén minden méret legalább egyszer előfordul, a harmadik nézetet többnyire már meg lehet szerkeszteni (4. ábra).

Először felvesszük az x vetítőtengelyt a meglévő két nézet között kb. középen (4a ábra).

Ezután felvesszük az y -tengelyt úgy, hogy kb. ugyanannyira legyen az A ponttól, mint az x -tengely az A ponttól. Ezután az előlnézet minden pontját jobbra vetítjük (4b ábra).

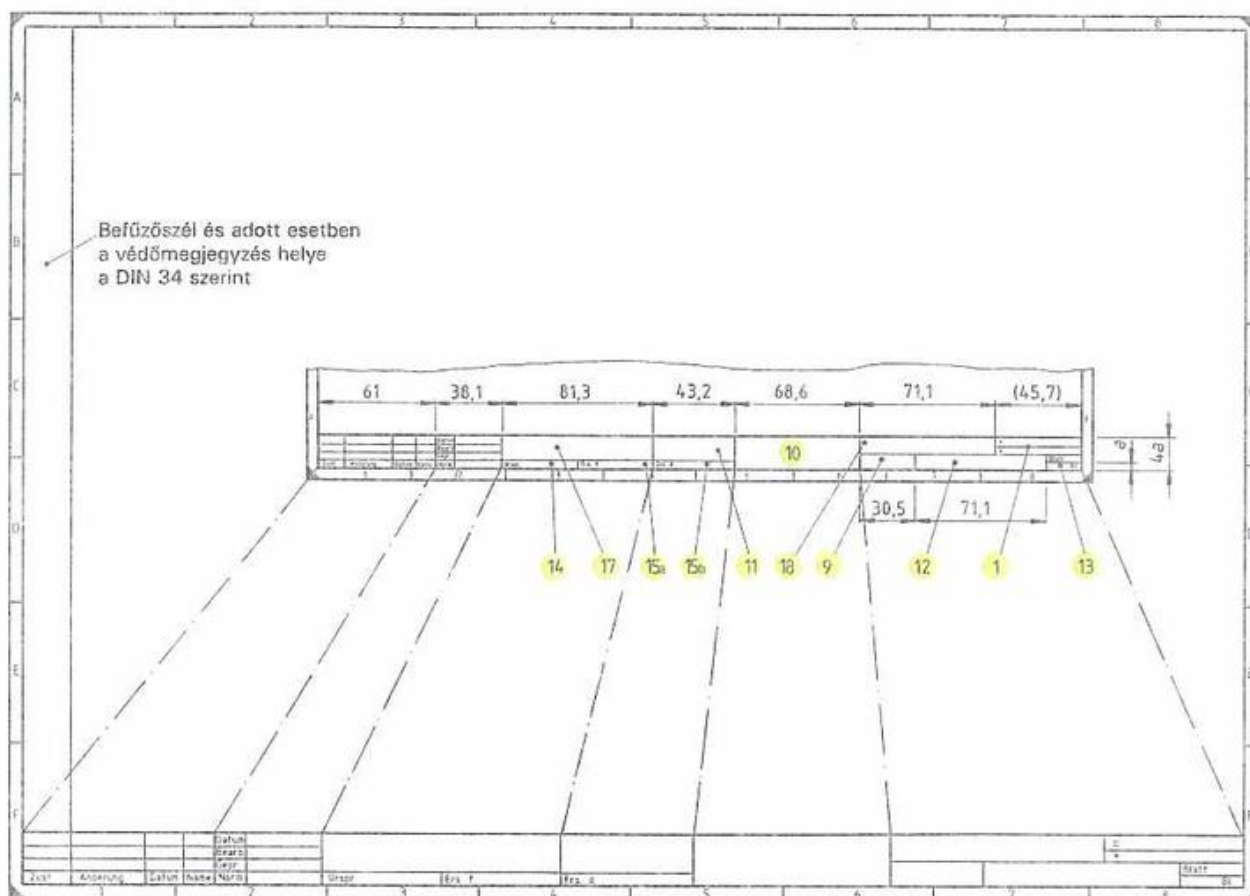
A felülnézetből a negatív y -tengelyhez vonalakat húzunk, és a koordináta-rendszer kezdőpontjából körzővel a pozitív x -tengelyre átvisszük (4c ábra). A vonalakat felfelé meghosszabbítjuk (4d ábra).

Most megrajzolhatjuk az oldalnézetet. Figyelni kell arra, hogy a nem látható vonalakat szaggatott vonallal ábrázoljuk (4e ábra).



4. Oldalnézet szerkesztése adott előlnézetből és felülnézetből

16.7. Szövegmező



1a A szövegmező formája a DIN 6771 T5 szerint, A3 formátumú kapcsolási rajzhoz

A műszaki rajzokat úgy kell feliratozni, hogy a felhasználók az ábrázolt munkadarabot, alkatrészt vagy elektronikus készüléket egyértelműen felismerjék. A szövegmezőben a következő adatoknak kell szerepelniük (1. ábra):

- a gyártócég,
- az ábrázolt tárgy megnevezése,
- a rajkszám,
- a rajzoló, az ellenőr a szabványfelelős neve,
- a kiadás dátuma,
- a lépték,
- a változások neve és dátuma.

A munka-előkészítéshez készített rajzokon a szövegmezőben darabjegyzék is van, ezt mellékletként is meg lehet adni.

A darabjegyzék adataiból pl. a műhely részére össze lehet állítani az anyagszükségletet. Emellett a darabjegyzék a kalkuláció alapja is.

¹ A szükségtelen számok elmaradhatnak

² A rasteregység 2,54 mm.

1b A szövegmező beosztása és magyarázatai az 1a ábra szerinti tervhez

Mező	Bejegyzés	Az osztások száma ²
1	Rajzjelblokk készülékek és elhelyezés szerint, pl. a DIN 40719, 2 rész szerint	18
7	Változási megjegyzések	24
6a	Dátum	15
9	Rajzoló különleges megjegyzései	12
9a	Megmunkálási és ellenőrzési megjegyzések	15
10	Megnevezés	27
11	Gyártó cég (rajzkiadó)	17
12	Dokumentációs szám, rajkszám	28
13	Lapsorszám, esetleg a lapok száma	6
14	Származás	16
15a	Helyettesítő megjegyzés: Helyettesíti ...	16
15b	Helyettesíthető ...	17
17	Megrendelő, rendelési szám	32
18	Megrendelő rajzszáma	28

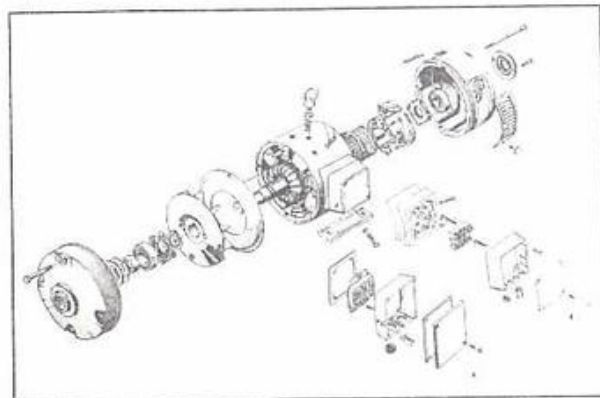
16.8. Robbantott ábrák

Ez az ábrázolásmód onnan kapta jellegzetes elnevezését, hogy megtekintve, az a benyomásunk, hogy az alkatrészek egy központi robbanás miatt éppen most esnek szét egymástól (1. ábra).

Izometrikus ábrázolás, amelyben minden egyes alkatrészt, tehát minden csavart, alátétet stb. egymástól szét húzva ábrázoltak és sorszámoztak.

A darabjegyzékben található a megfelelő megnevezések és vonatkozási számok.

A robbantott ábrák elsősorban a tartálék alkatrészek megrendeléséhez, de az egyes műszaki összefüggések megértéséhez is használhatók.



1. Robbantott rajz

16.9. Vonalak és vonalvastagságok

Műszaki rajzot úgy kell készíteni, hogy sokszorosítva vagy kicsinyítve is gond nélkül olvasható legyen. Ezt akkor lehet biztosítani, ha a vonalvastagságokat a szabványok szerint betartjuk. Ahhoz, hogy az alkatrész rajzán a segédvonalakat a közép vonalaktól jól megkülönböztethessük, alapjában véve két vonalvastagság szükséges. Erre mind ceruzarajz, mind tusrajz esetében figyelni kell (2. ábra)!

Ha pl. a vastag vonalak 1,4 mm szélesek, a vékonyakat 0,7 mm szélességgel kell rajzolni.

A látható éleket és kitöréseket mindig **vastag folytonos vonallal**, míg a méret- és méretsegédvonalakat, valamint a vonalkázást **vékony folytonos vonallal** kell rajzolni.

Az eltakart éleket **vastag szaggatott vonallal** ábrázoljuk.

A közép vonalakat és a szimmetriavonalakat **vékony pont-vonallal** jelezzük.

Működésmódok, pl. kapcsolókarok határhelyezeteinek, metszetek helyének jelölésére **vastag pont-vonalat** használunk.

A környező részek metszeteit **vékony pont-vonallal** ábrázoljuk (3. ábra).

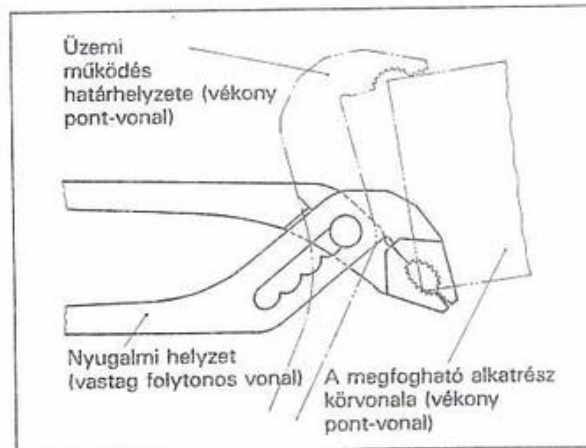
A 261. oldal 1. ábrája a vonalvastagságokat foglalja össze.

Munkadarabok és alkatrészek rajzaihoz, különösen A4 és A3 formátumban, a 261. oldal 1. és 2. ábráján pirossal jelölt méretek az ajánlottak.

Villamos kapcsolási rajzok és huzalozási rajzok készítésekor gyakran egyetlen vonalvastagság is elég. Az A4 és A3 formátumhoz 0,5 mm vonalvastagság a megfelelő.

Vonalfajta	Összetartozó vonalvastagságok, mm						
Vastag vonalak	2	1,4	1	0,7	0,5	0,35	0,25
Vékony vonalak	1	0,7	0,5	0,35	0,25	0,18	0,13

2. Összetartozó vonalvastagságok. Az A3 és A4 lapmérethez a pirossal jelzett vastagságok az ajánlottak



3. Példa pont-vonal használatára

16.10. Léptékek

Vonalfajta	Megnevezése	Vonalvastagság, mm							Használata
	Folytonos vonal (vastag)	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2	Látható élek és metszetek
	Folytonos vonal (vékony)	0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1	Méret- és méretsegédvonalak, vonalkázás
	Szabadkézi vagy cikk-cakk vonal (vékony)								Kitörés határvonala
	Szaggatott vonal (vastag)	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2	Eltakart élek
	Pont-vonal (vékony)	0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1	Középvonalak, szimmetriavonalak
	Pont-vonal (vastag)	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2	Megmunkálási mód jelölése
	Kétpont-vonal (vékony)	0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1	Szomszédos részek körvonala

1. A vonalak elnevezése és használata a DIN 15 szerint

16.10. Léptékek

Az alkatrészek, munkadarabok, villamos készülékek többsége valódi nagyságában nem fér el a rajzlapokon, vagyis gyakran kell a tárgyakat kicsinyítve rajzolni, míg az elektronikus elemeket, pl. a csipeket fel kell nagyítani. A 2. ábra a szabvány által ajánlott léptékeket tartalmazza.

A rajzban használt léptéket mindig fel kell tüntetni a szövegmezőben!

Az 1:100 lépték pl. azt jelenti, hogy a valóságban 100 mm-es méret a rajzlapon 1 mm.

Ha adott a lépték, minden hosszt és szélességet ebben a léptékben kell rajzolni.

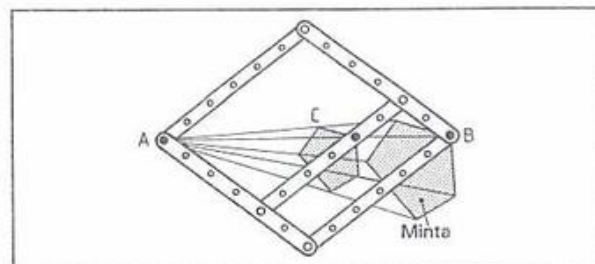
A kicsinyítés vagy nagyítás eszköze a **pantográf**¹ (3. ábra). Négy oldala van, amelyek mozgatható paralelogrammát alkotnak. Egy rögzített forgópontból kiindulva a mintáról arányos rajz készíthető.

A 3. ábrán 2:3 arányú pantográfos kicsinyítés látható. Ha szükséges, egyes részletek kiemelhetők más léptékkel, ezt a rajzon külön fel kell tüntetni.

¹ Pan; minden; grafo: rajzolok (görög)

lépték DIN ISO 5455 12/79			
Fajta	Ajánlott léptékek		
Kicsinyítések	1:2 1:20 1:200 1:2000	1:5 1:50 1:500 1:5000	1:10 1:100 1:1000 1:10000
Nagyítások	50:1 5:1	20:1 2:1	10:1
Valódi nagyság			1:1
A rajzon használt léptéket a rajz szövegmezőjében fel kell tüntetni			

2. A rajzok megengedett léptékei

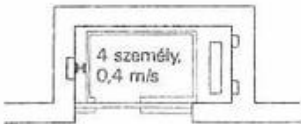
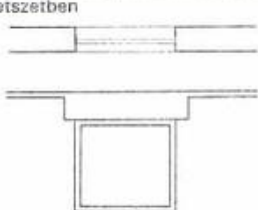
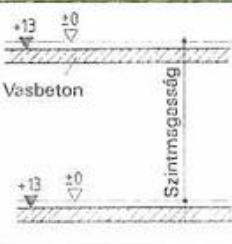
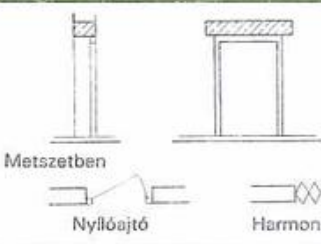


3. Pantográf

16.11. Építészeti tervrajzok

Az épületek villanszerelési és villamoskészülék-szerelési terveit többnyire a már elkészült építészeti tervekbe kell be-
rajzolni.

Az elektrotechnikusként ezért tudnia kell, hogyan rajzolnak pl. falat, aknát, lépcsőt, ajtót stb. Néhány fontos építési
részletet láthatunk az 1. ábrán, a DIN 1356 szerint.

Fal	Felvonóakna	Ablak
		
Lépcső	Födém	Ajtó
		

1. Építészeti tervek részletei a DIN 1356 szerint

Az építész a kiviteli tervek készítésébe bevonja az elektrotechnikust is abban a kérdésben, hogy a villanszerelést
hogyan kell megoldani, és a villamos készülékek hová kerüljenek. Ezeket a 2. ábrán látható villamos szerelési tervek
tervejeivel megrajzolják (l. a 272. oldalt is).

Rajzjel	Elnevezés	Rajzjel	Elnevezés	Rajzjel	Elnevezés
	Vezeték vakolat alatt		Egysarkú kapcsoló		Egyszeres dugaszolóaljzat (védőföldeléses nélküli)
	Vezeték vakolat felett		Kétsarkú kapcsoló		Egyszeres védőföldeléses dugaszolóaljzat
	Vezeték vakolatban		Háromsarkú kapcsoló		Többcsőrös csatlakozóaljzat
	Tápvezeték fölfelé		Fényszabályozó		Telefon-dugaszolóaljzat
	Tápvezeték lefelé		Csillárkapcsoló		Lámpa, általában
	Házi csatlakozó-szekrény vezetékkel		Váltókapcsoló		Gázkisülési lámpa, fénycső
	Elosztó		Keresztkapcsoló		Villamos készülék, általában
	Fogyasztásmérő		Nyomókapcsoló		Ajtónyitó

2. Építészeti rajzok rajzjelei

16.12. Méretjelölések a rajzokon

A rajzok méretjelölése attól függ, hogy működésre, gyártásra vagy gyártás-ellenőrzésre vonatkozik-e.

A működésre vonatkozó méreteket úgy kell megadni, hogy az alkatrész a feladatát biztosan ellássa.

Példa: Kapcsolókar emelőjének a hosszát olyan tűréssel kell megadni, hogy beépítése után a kapcsolóérintkezőt biztosan működtesse.

Ha gyártási méretet adunk meg, a gyártáskor kiadódó méretek (számítás nélkül!) közvetlenül legyenek mérhetők.

Példa: Villamos motor tengelyének esztergálásakor a tengelyátmérő megadása a gyártásra vonatkozó adat. Ha a sugár lenne megadva, az átmérőt tolómérővel mérve ki kellene számítani a sugarat. Ebben számítási hiba lehet.

Gyártás-ellenőrzésre vonatkozó méretmegadás az, amit adott idomszerrel vagy speciális mérőeszközzel számítás nélkül ellenőrizni lehet.

Példa: Egy munkadarabon a méretjelölés adott helyen csak akkor írhat elő meghatározott vastagságot, ha az határértékmérő idomszerrel ellenőrizhető.

Minden méretet, szimbólumot vagy szöveges adatot úgy kell megadni, hogy alulról fölfelé vagy balról olvasható legyen.

Figyelembe kell venni, hogy kicsinyítéssel a szabványos formátumú rajzlap az irányát elfordítja.

Egy rajz minden méretét azonos mértékegységben, elsősorban mm-ben kell megadni.

Ha mértékegység nincs megadva, az adat mindig milliméterre vonatkozik. Eltéréskor a mértékegységet meg kell adni.

Méretvonal-előírások

Adott tárgy hosszának megadásakor vékony folytonos vonalat kell használni. A méretvonalak és a méretsegédvonalak metszéspontjában

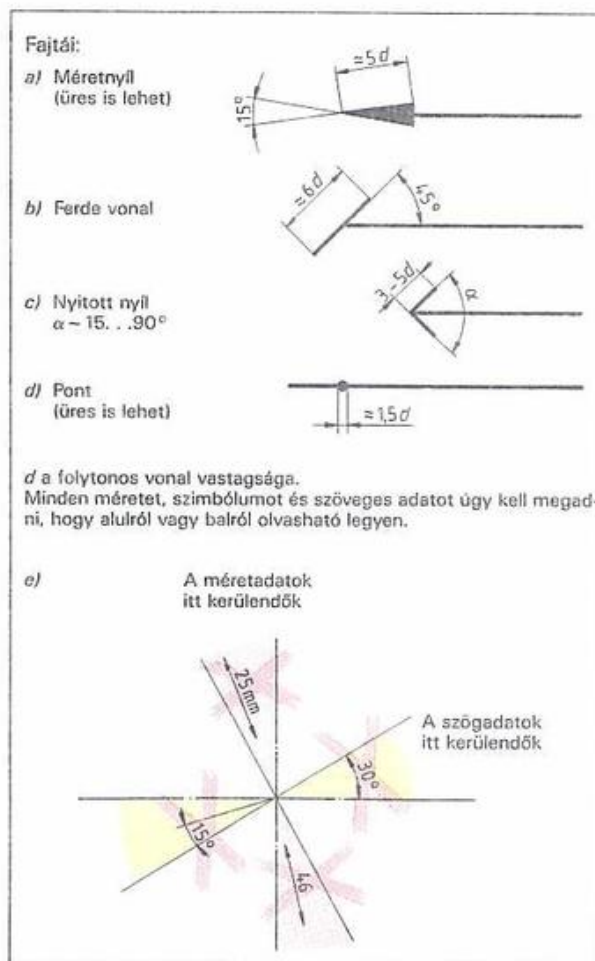
- nyílat (1a ábra) vagy
- ferde vonalkát (1b ábra)
- nyitott nyílat (1c ábra) vagy
- pontot (1d ábra)

lehet használni. A méretnyílatokat és pontokat üres alakban is használhatjuk (1a ábra).

A méretvonalakat akár segédvonalak, akár kontúrvonalak közé is rajzolhatjuk.

Ha a méretezendő szakasz olyan kicsi, hogy közte a feliratozás nem fér el, kívül is méretezhető.

Az 1e ábrán látható, hogy melyek azok a szögek, ahol nem lehet méreteket megadni, tehát:



1. Méretvonalak

Átmérő és sugár méretezése

Az 1. ábrán az átmérők és a sugarak méretezésére látunk példákat. Ha a rajzból nem derül ki egyértelműen, hogy a méretezendő darab kör alakú, a méret előtt kötelező az $\varnothing$ -jel használata.

Az átmérő helyett bizonyos esetekben a sugarat adjuk meg. A szám elé ki kell tenni az R jelet. A félkör középpontját középvonalkereszttel kell megadni.

Négyzetes alakok ábrázolása

Ha a rajzból nem derül ki egyértelműen, hogy a méretezendő tárgy négyszög alakú, a méretszám elé a $\square$ -jelet kell tenni (2. ábra).

Az átlókereszt a négyszögjelben azt jelenti, hogy sík felületekről van szó.

A szokásos nézetrajzokkal több munkadarabot és alkatrészt nem lehet ábrázolni (l. a 3. ábrát). A testet ezért (gondolatban) elmeteszük, és megmutatjuk a belső látnivalókat.

A metszet a munkadarab szétvágása gondolatban a rajz síkjára merőlegesen.

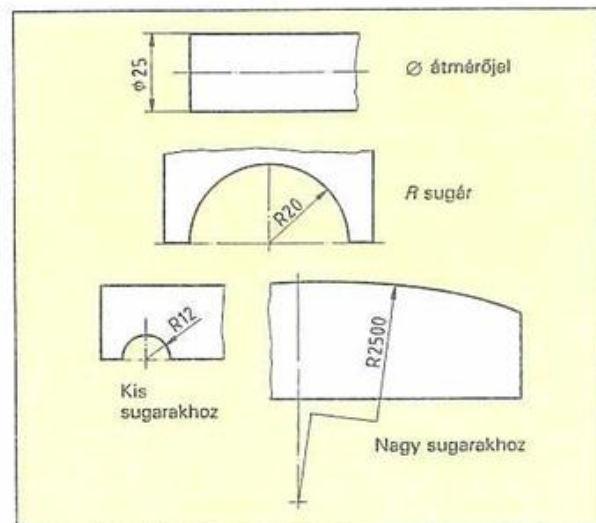
A metszeti felületeket vékony folytonos vonallal 45° szögben vonalkázzuk a főmetszetig vagy egy tengelyig (3. ábra). Ha a munkadarab két vagy több részén megy át a metszet, az egyes részeket más-más vonalkázással kell jelölni.

Egyszer balra, máskor jobbra vonalkázunk; a vonalkázás sűrűsége is darabról darabra változhat. A feliratozáshoz a metszeten belül meg kell szakítani a vonalkázást. Kis metszetfelületeket teljesen be lehet feketíteni.

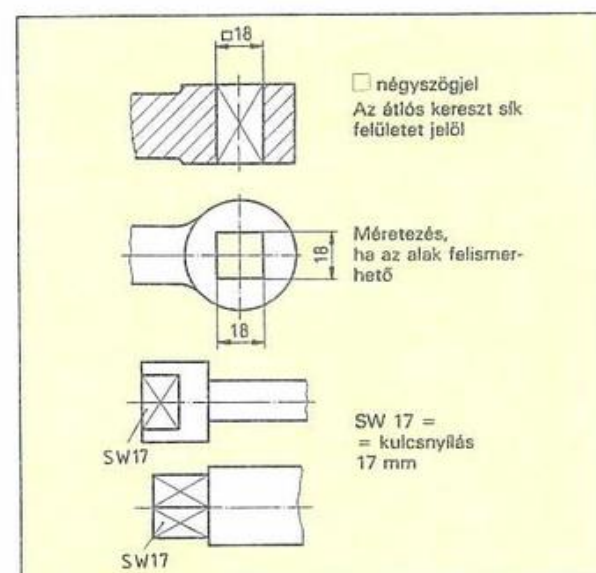
A metszet helyét az egyik nézetben vastag pont-vonallal lehet jelölni. A pont-vonalra rajzolt nyílak jelzik, hogy milyen irányú nézetet jelentenek (3. ábra). Ha több metszet is van, a pont-vonal kezdetéhez és végéhez írt nagybetű jelöli őket, pl. $A-A$ vagy $B-B$. Az adott metszetrajzot ezzel a betűkombinációval kell azonosítani.

Csavarok ábrázolása

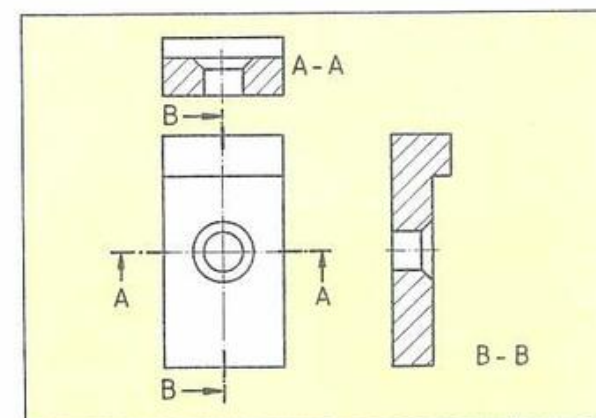
Ha a menet a hengeres munkadarab külsején van, csavar- vagy külső menetnek nevezzük. A furatban lévő menetet anya- vagy belső menetnek.



1. Átmérők és sugarak jelölése



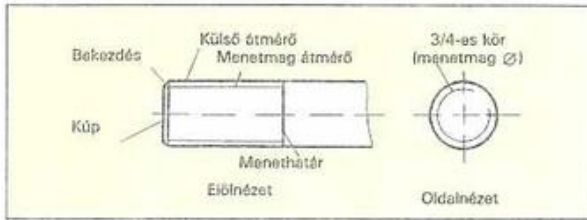
2. Négyzetes alakok jelölése



3. Metszetek ábrázolása

Csavar- vagy külső menetek

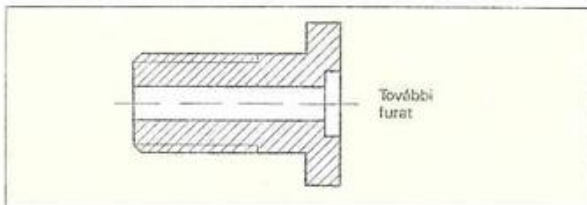
Előlnézetben a külső átmérőt, a kúpot, a menethatárt, a 45°-os letörést vastag vonallal rajzoljuk. A menetmagot vékony folytonos vonal jelöli (1. ábra).



1. Csavar- vagy külső menet ábrázolása

Oldalnézetben a menetmagot vékony folytonos vonalú 3/4 kör jelöli.

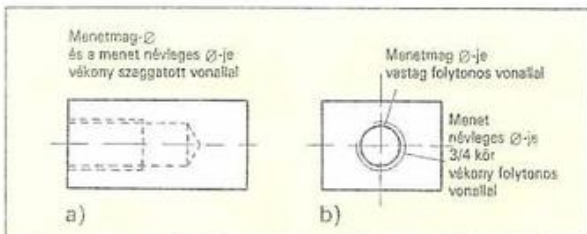
Ha a csavarmenetet metszetben ábrázoljuk, hogy például további furatot emeljünk ki, a vonalkázás a külső átmérőig tart (2. ábra).



2. Csavar- vagy külső menet metszetben

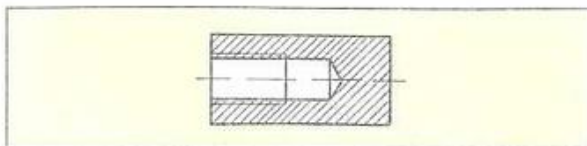
Anyá- vagy belső menetek

Belső menetes munkadarab előlnézetében mind a menetmagátmérőt, mind a névleges menetátmérőt vékony szaggatott vonallal jelöljük (3a ábra), az oldalnézetben a 3b ábra szerint.



3. Anyá- vagy belső menet ábrázolása

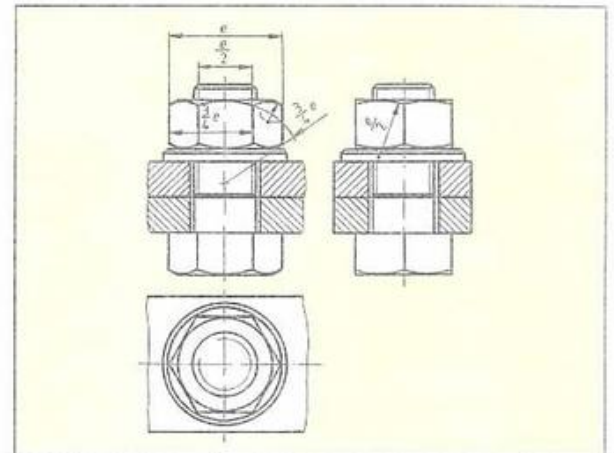
Ha anyamenetet metszetben ábrázolunk, a menet furata hosszabb kell, hogy legyen, mint maga a menet (4. ábra).



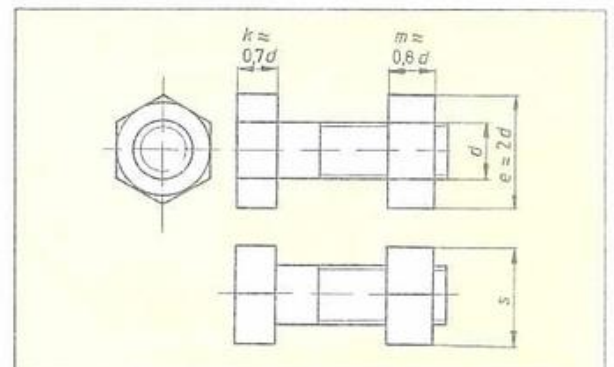
4. Belső menet metszetben

Csavarkötések ábrázolása

A csavarkötéseket pontosan ábrázolni (5. ábra) nehéz. A szabvány ezért megengedi a 6. ábra szerinti egyszerűsített ábrázolást.



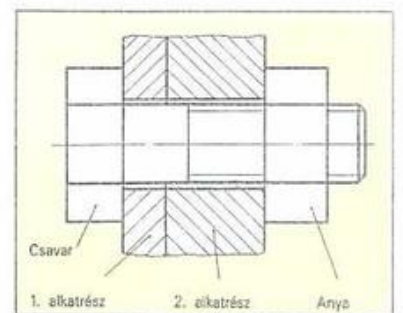
5. Csavarkötés pontos ábrázolása a szabvány szerint



d névleges menet-Ø	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10	M 12	M 16	M 20
s kulcsnyílás	7	8	10	13	16/17	18/19	24	30
e csúcs-távolság	7,7	8,8	11	14,4	17,8/18,9	20/21,1	26,8	33,5
k csavar-fejmagasság	2,8	3,5	4	5,3	6,4	7,5	10	12,5
m anyamagasság	3,2	4	5	6,5	8	10	13	16

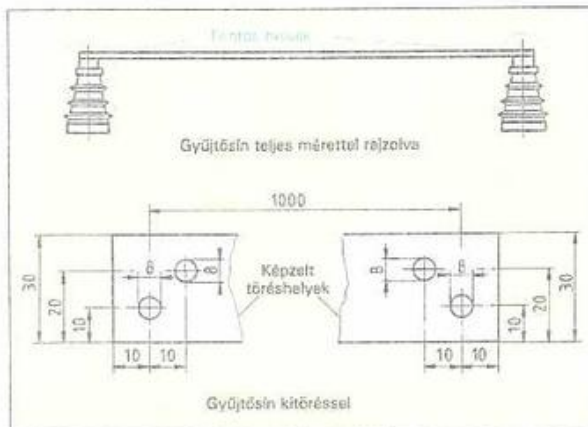
6. Csavarkötés egyszerűsített ábrázolása a szabvány szerint

Ha összecsavazott alkatrészeket metszetben ábrázolunk, a csavart és az anyát úgy rajzoljuk, mintha előlnézet lenne (7. ábra).

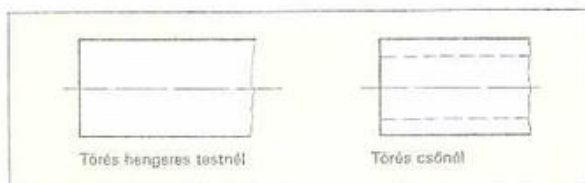


7. Csavarkötés egyszerűsített metszete

Bizonyos alkatrészeket, pl. belsőtéri kapcsolóberendezések gyűjtőcsínait alakjuk miatt nehezen lehet teljesen megrajzolni. Az ilyen elemekből (gondolatban) kivágjuk a középső (a rajz szempontjából érdektelen) részeket, és csak az elejét és végét rajzoljuk kitörve egymás mellé (1. ábra). A kitörés helyeinek természetesen egyértelműnek kell lennie. A rajz kivitele a szabvány szerint a munkadarab alakjától függ (2. ábra).



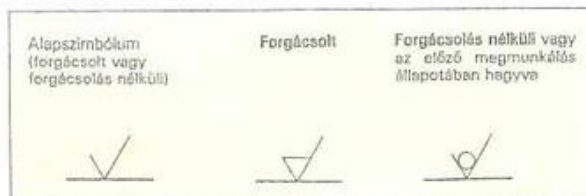
1. Munkadarabok rövidített ábrázolása törésvonalakkal



2. Törésvonal rajza hengeres test és cső esetén

A felületi megmunkálás adatai

A műszaki rajzon a munkadarab felületének fajtáját és minőségét jelölni kell. A 3. ábrán forgácsolt és forgácsolás nélküli anyagfelületek jelölése látható.



3. A felületminőség szimbólumai

Ezekhez az alapvető jelekhez tartoznak a felületi érdesség kiegészítő adatai (4. ábra).

Az 5. ábra példákat mutat a felületminőség lehetséges változataira.

Beütjel	Mód
a	R_a érdesség-középérték, μm (finomsági osztály)
b	Gyártási eljárás, kezelés módja, bevonat
c	Bevonatvastagság, mm
d	Az előtolás iránya
e	Megmunkálási ráhagyás
f	Más érdességi adatok

4. A betűjelek helye a felületminőség kiegészítő adataihoz

Felület, amellyel szemben semmiféle követelmény nincs	Forgácsolással megmunkálva. Az előtolás iránya ferde kereszttel jelezve
Tisztított Felület durva egyenetlenségek nélkül	Köszörűlve 1,6 0,5 Forgácsolt felület, 0,5 mm megmunkálási ráhagyással, köszörüléssel, 1,6 μm érdesség elérésére (= N 7)
12,5 Forgácsolással megmunkált felület, 12,5 μm érdességgel (N 10 finomsági osztálynak felel meg)	Lakkozva 12,5 0,5 Forgácsolás nélküli felület, amelyet majd lakkoznak

5. Példák a felületminőség adataira

16.13. Grafikus ábrázolások

Az elektrotechnika számára a gépészeti rajzok sok esetben nem elegendők. Sokszor előfordul, hogy a villamos készülékek fizikai mennyiségeit, pl. áramát, feszültségét stb. úgy kell ábrázolni, hogy róluk leolvasható legyen más tényezők hatása is.

A műszaki jellemzőket alapvetően két módon ábrázolhatjuk: táblázatokban vagy jelleggörbékkel.

Táblázatok

A táblázatok úgy kell kialakítani, hogy a számértékek áttekinthetően sorokba és oszlopokba legyenek beírhatók.

A szükséges jelöléseket és mértékegységeket az ún. fejléc tartalmazza.

A vonalvastagság megválasztásakor ajánlatos a fejlécet és a keretet vastagabb vonallal, a sor- és oszlop határvonalakat vékonyabb folytonos vonallal rajzolni.

Még áttekinthetőbb a táblázat, ha a fejléc (raszterrel) színesen ki van emelve (1. ábra).

A mérés sorszáma	t idő, s	U feszültség, V	I áram, mA
1			
2			
3			
4			
5			

1. A táblázat fejlécének kialakítása.

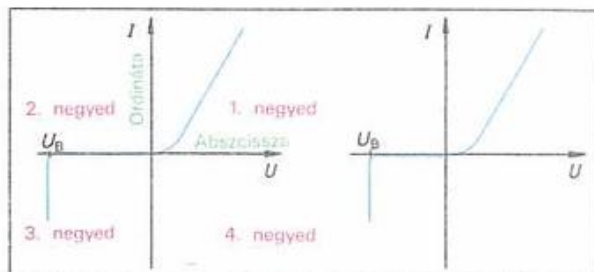
Jelleggörbék

A jelleggörbéket két csoportra oszthatjuk:

Függvényrajzok és szemléltető ábrák

A függvényrajzok koordináta-rendszerben ábrázolt függvénykapcsolatok. Másként rajzoljuk, ha csak a jellemző lefutásáról van szó, (minőségi ábrák), vagy ha a mennyiségekhez tartozó pontos számértéket is le kell tudni olvasni (mennyiségi ábrák).

A minőségi (kvalitatív) ábrázolásakor a tengelyeken nincs skálaosztás. A tengelyek végén vagy mellettük nyílhegyek és jelölések vannak (mértékegység nélkül) azon az oldalon és abban az irányban, amerre a számértékek nőnek (2. ábra)



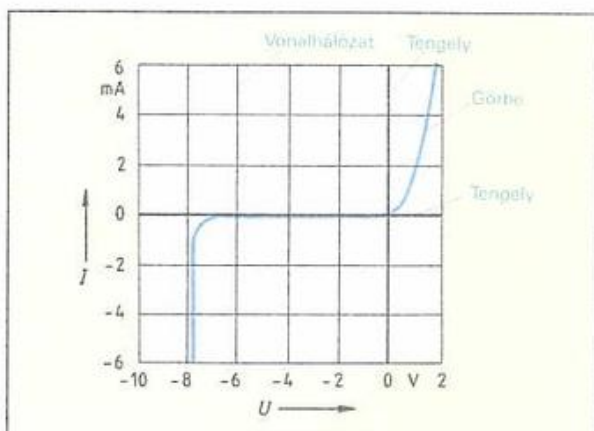
2. A függvénygörbe minőségi ábrázolása.

A vonalvastagságot úgy választjuk, hogy a tengely fele olyan vastag legyen, mint a görbe.

Vonalvastagság a szabvány szerint választható:

0,18 mm; 0,25 mm; 0,35 mm; 0,5 mm; 0,7 mm; 1 mm; 1,4 mm; 2,0 mm.

Mennyiségi (kvantitatív) ábrázolásakor a tengelyeket számozott osztásokkal (skálával) kell ellátni. Az egyes skálaértékekhez húzott vonalak vonalhálót alkotnak (3. ábra).



3. A függvénygörbe mennyiségi ábrázolása

A vonalvastagságokat kb. következő arányban választjuk:

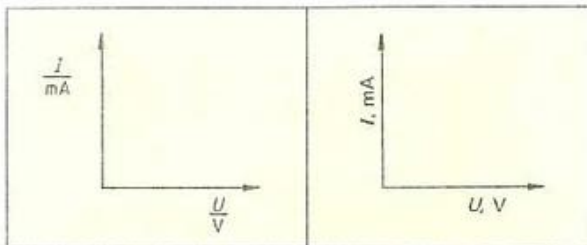
Hálózat : tengely : vonal = 1 : 2 : 4

A teljes vonalhálózatú függvénygörbénél a tengelyek pozitív végén a nyílak elmaradnak. A nyílak, amelyek a pozitív irányba mutatnak, a tengely mellé kerülnek, a jelöléssel együtt.

A mértékegységek az adott skálán a nyíl vagy a jel után írhatók.

A hálózatnak nem kell túlnyúlni az ábrázolt tartományon.

Kivétel: a kereskedelembe kapható diagrampapírok (l. a 3., 4., és 5. ábrát a 268. oldalon).



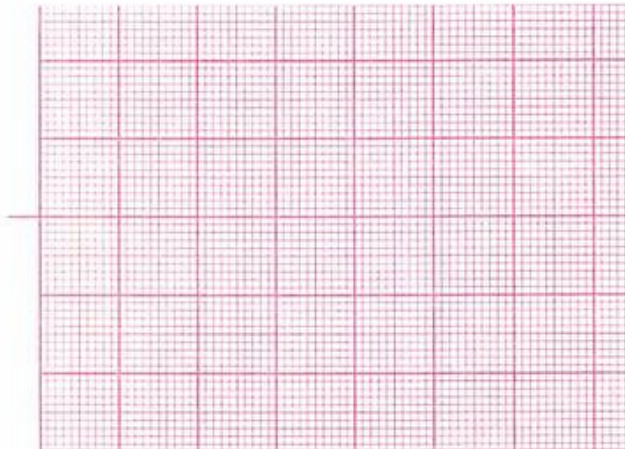
1. Jelölések és mértékegységek minőségi ábrázolásban, hénnyadosként írva.

2. A jelöléseket és mértékegységeket a tengely mellé kell írni úgy, hogy a mértékegység vesszővel van elválasztva a jelöléstől.

Kétdimenziós koordináta-rendszerben való ábrázolás-hoz a kereskedelmi diagrampapírok is megfelelnek. Ezek kb. A4 vagy A3 formátumú rajzlapok, amelyekre barnás vagy zöldes színnel vonalhálózatot, nyomtattak.

Ha a papírra a megfelelő helyen bejelöljük a tengelyke-resztet (koordináta-rendszer) a rajzlap kész a mennyi-ségi jelleggörbe-ábrázoláshoz.

Ha mindkét tengelyen egyenletes (lineáris) beosztás kell, az ún. milliméterpapírt használjuk (3. ábra).



3. A kereskedelemben kapható diagrampapír: a milliméterpapír.

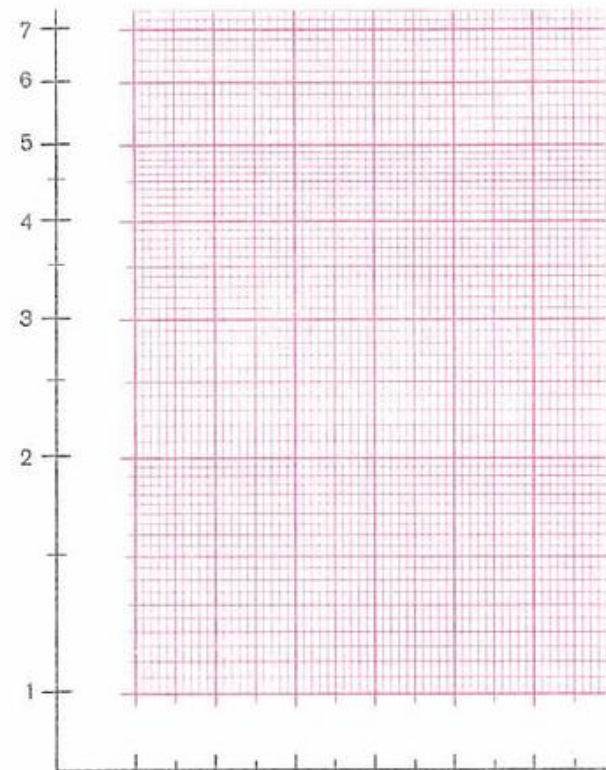
A jó leolvashatóság érdekében a skálaosztásokat cél-szerű egyes, ötös vagy tízes távolságra választani.

Példák: $1 \text{ cm} \hat{=} 1 \text{ V}$ vagy
 $1 \text{ cm} \hat{=} 5 \text{ mA}$ vagy
 $1 \text{ mm} \hat{=} 10 \text{ s}$

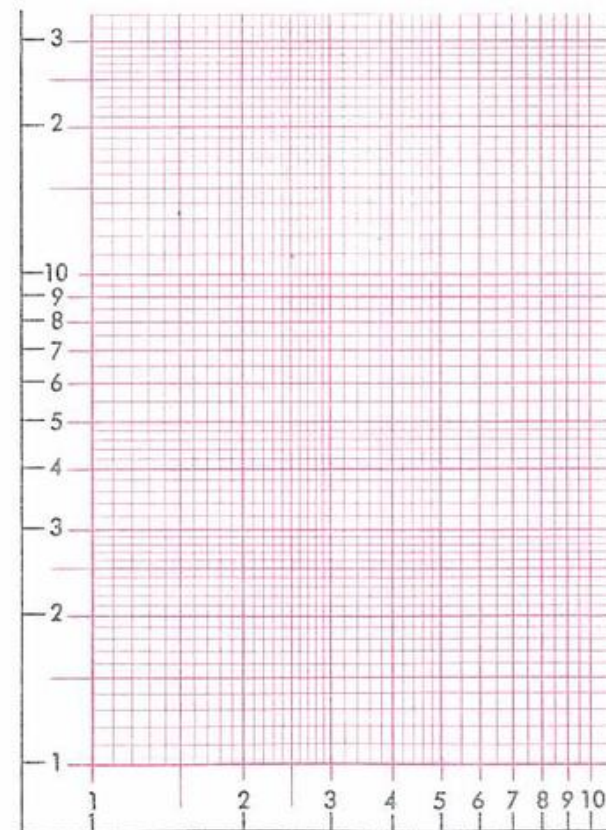
Vannak olyan diagrampapírok is, amelyeknek az egyik tengelye **logaritmikus léptékű**.

A 4. ábrán log y, x papírt látunk, mert az y-tengely (or-dináta) logaritmikus és az x-tengely (abszcissa) lineá-ris beosztású, log y, log x papír látható az 5. ábrán.

A könnyebb leolvastást segíti az **osztások feliratozása**.

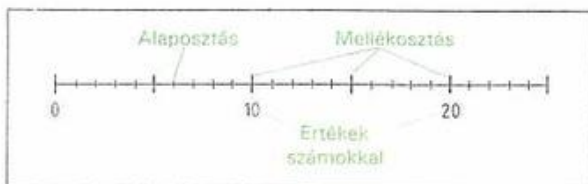


4. Diagrampapír egyszer logaritmikus tengellyel.



5. Diagrampapír kétszer logaritmikus tengellyel.

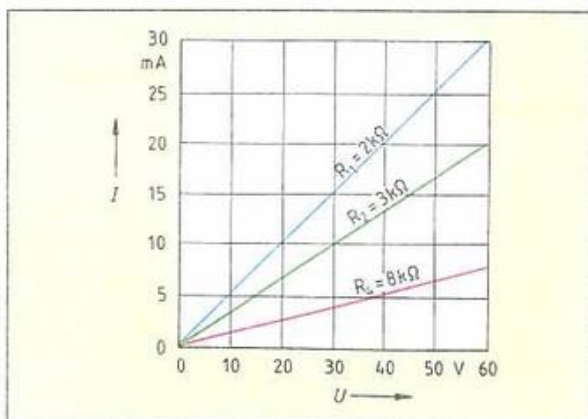
Először az alaposztást visszük fel a tengelyekre, ezután meghatározott távolságokban, pl. minden tizedik értéknél vastagabb vonalat húzunk, vagy a számértéket számmal kiírjuk (1. ábra).



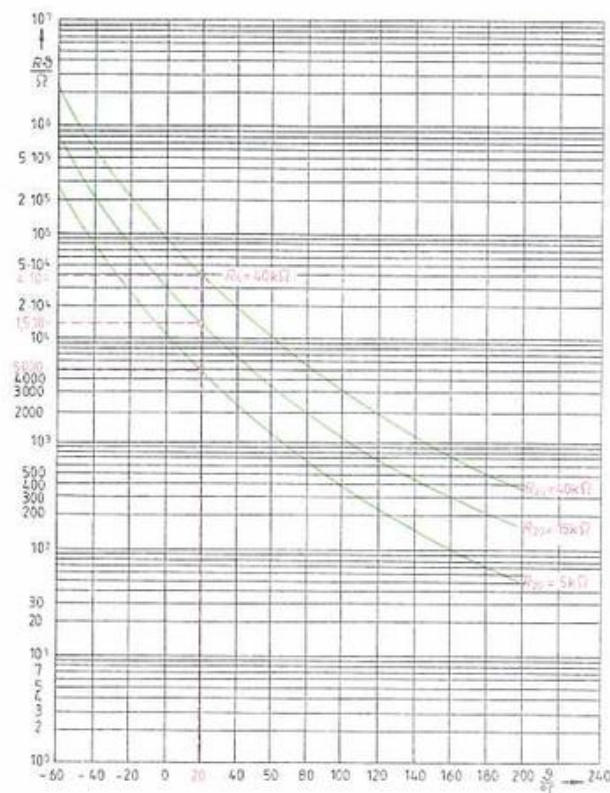
1. A leolvasás könnyítése osztások bejelölésével és számértékek beírásával

A 2. ábrán példaként három ohmos ellenállás, R_1 , R_2 és R_3 áramát látjuk, lineáris beosztású grafikus ábrán, a feszültség függvényében. Felismerhető, hogy az ábra három különböző villamos mennyiséget kapcsol össze annak ellenére, hogy a koordináta-rendszer kéttengelyű. A harmadik értéket (esetünkben az ellenállást) paraméternek nevezzük. Az ábrázolásnak ez a módja a paraméteres ábrázolás. A 3. ábrán három különböző termisztor (NTC) jelleggörbéje van log y , x papíron. A 20 °C hőmérsékletéhez tartozó ellenállásérték külön ki van emelve.

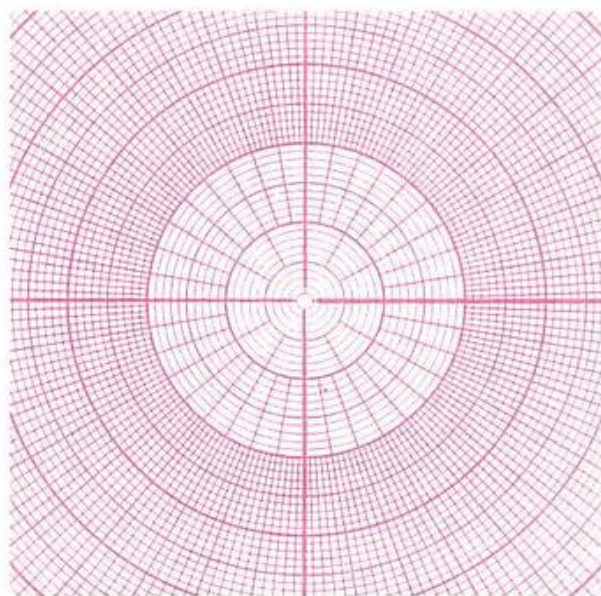
Olyan fizikai vagy műszaki mennyiségek ábrázolásakor, amelyek szög függvényében változnak, polárkoordinátás diagrampapírt használunk. Ennél a papírnál a lap közepéből sugár alakú vonalak indulnak ki, mégpedig olyan skálaosztással, hogy a teljes körülfordulás éppen 360° legyen. A középpontból körsereg is kiindul, amelyeken szám jelzi a középponttól mért távolságot (4. ábra).



2. Paraméteres ábrázolással kétdimenziós papírsíkon három fizikai mennyiség ábrázolható



3. Három különböző termisztor (NTC) jelleggörbéje paraméteres ábrázolással

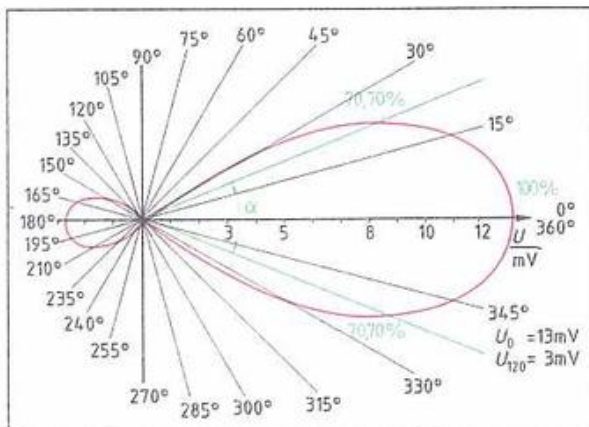


4. Kereskedelmi diagrampapír polárkoordinátával

A nulla szöget többnyire a vízszintes tengely jobboldalához rendelik.

A pozitív szögeket az óramutató járásával ellentétes irányban rajzolják.

Az 1. ábrán polárkoordinátás diagrampapír alkalmazására látunk példát: antenna feszültségnyeresége a vételi irányában.

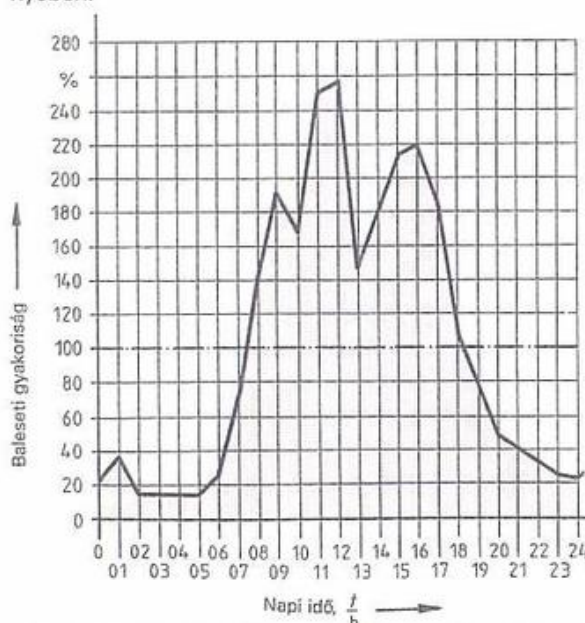


1. Példa: polárkoordináta (antenna-jelleggörbe)

Szemléltető ábrák

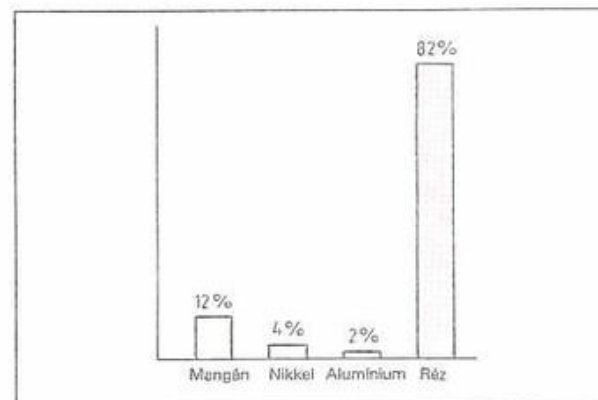
A szemléltető ábrák közé a terület-, oszlop-, mérleg- és kördiagramok sorolhatók.

A területdiagram a függvénydiagram olyan fajtája, ahol a görbe alatti terület meghatározott vonalkázással, raszterrel vagy színnel kiemelték. A 2. ábra mutatja a munkahelyi balesetek számát a napi idő függvényében.



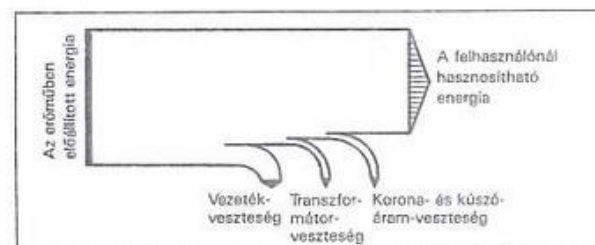
2. Példa: balesetgyakoriság a napi idő függvényében vonalas ábrázolással

Az oszlopdiagramban az oszlopok magassága az ábrázolandó mennyiséggel arányos. Az oszlopok azonos szélességűek. Az oszlopmagasságok összege a teljes összeg vagy 100% (3. ábra).



3. Példa: oszlopdiagram (ellenállásanyag százalékos összetétele)

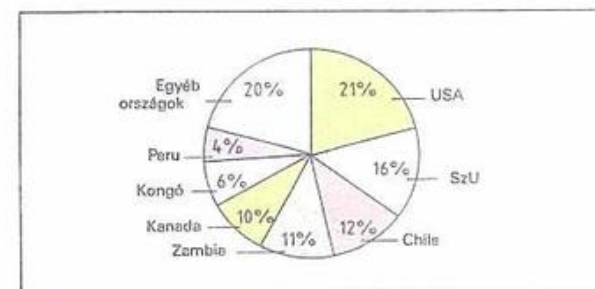
Különleges szemléltető ábra az ún. Sankey-diagram, amelyet speciálisan energia szemléltetésére használnak. Alkalmazási példaként a 4. ábrán a villamos energia szállítási vesztesége látható fajtánként és mennyiségileg.



4. Példa: Sankey-diagram (energiaelosztás veszteségei)

Kördiagramban a felülrész az ábrázolandó érték nagyságával arányos. Az 5. ábrán néhány fontos résztermelő ország teljes termelésből való részesedése látható.

Az ábrázolás előtt az ábrázolandó részeket szögekre kell átszámítani:



5. Példa: kördiagram (a legfontosabb részlelőhelyek és termelési részesedésük)

16. 14. Villamos dokumentációk

A dokumentáció részei

A villamos készülékek és berendezések (villamos eszközök) dokumentációja rajzokból, diagramokból, táblázatokból és műszaki leírásból áll.

A dokumentáció felhasználása szempontjából megkülönböztetünk:

Terveket, amelyek a készülék vagy berendezés működését írják le.

Terveket, amelyek a gyártáshoz, szereléshez, telepítéshez szükségesek.

Az 1. ábrán a dokumentációk feladatuk szerinti felosztása látható.

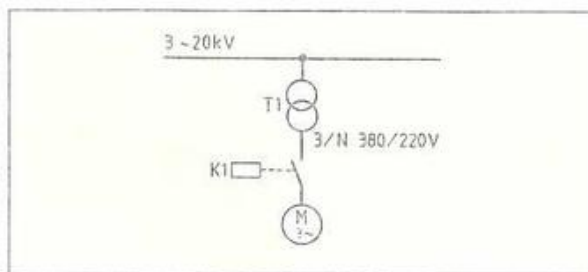


1. A villamos dokumentációk felosztása felhasználásuk szerint

A dokumentáció közé, amelyek a munkafeladatot tartalmazzák, a következők sorolhatók:

Áttekintő terv

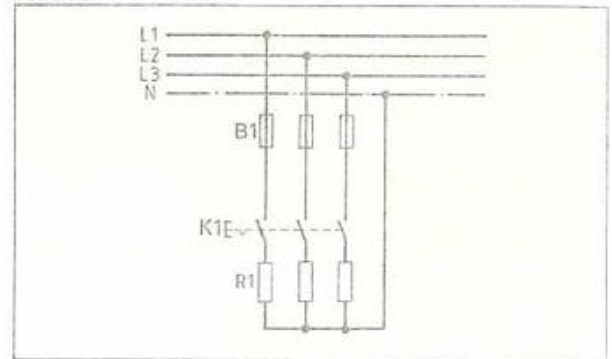
Az áttekintő terv a legegyszerűbb, többnyire egyvonalas kapcsolási rajz. A legfontosabb elemeket tünteti fel (2. ábra).



2. Példa egyvonalas áttekintő tervre

Áramúterv

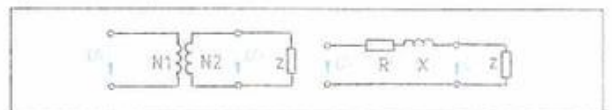
Az áramúterv az egyes áramutak részletes rajza, amit lehetőleg egyenes, keresztezés nélküli vonalakkal kell rajzolni. Az egyes építőelemek valóságos térbeli elhelyezését nem kell figyelembe venni (3. ábra), helyettük a tervjeleket és rajzjeleket kell használni az ábrázolásban.



3. Példa áramútervre (többvonalas)

Helyettesítő ábra

A helyettesítő ábra olyan rajz, amelyben a hálózat összetett építőelemeit egyszerű elemekkel, pl. ellenállásokkal, tekercsekkel, kondenzátorokkal helyettesítik. A helyettesítő rajzokat villamos készülékek és berendezések elemzésekor és a tervezéshez szükséges számításokhoz használják. A 4. ábrán transzformátor helyettesítő képe látható.



4. Transzformátor áramúterve és helyettesítő kapcsolási rajza

Folyamatdiagram

A folyamatdiagram számított, vagy megfigyelt kapcsolóállások grafikus ábrázolása. A fontos kapcsolóállásokat meghatározott sorrendben rögzíti. A kapcsolóállások folyamat táblázatban is megadhatók. Ha a villamos berendezés üzemszerű kapcsolássorozatát az idő függvényében ábrázoljuk, lefutó diagramoknak vagy lefutó táblázatoknak nevezzük őket. A gyártáshoz, telepítéshez vagy szereléshez szükséges dokumentációk a következők:

Készülékhuzaázási rajz

A készülékhuzaázási rajzok az egyes részegységek közötti huzaázást tartalmazzák, a készülék szerelőjének igénye szerint. Ez a dokumentáció a működésről nem ad felvilágosítást.

Összekötési rajz

Az összekötési rajz különböző készülékek és berendezések közötti összeköttetések dokumentációja.

Bekötési rajz

A bekötési rajz a bekötési pontokat és a bekötés módját ábrázolja.

Elrendezési rajz

Az elrendezési rajz a készülék vagy berendezés egyes építőelemeinek térben pontos elrendezését tartalmazza.

A kapcsolási rajzok ábrázolásmódjai a következők:

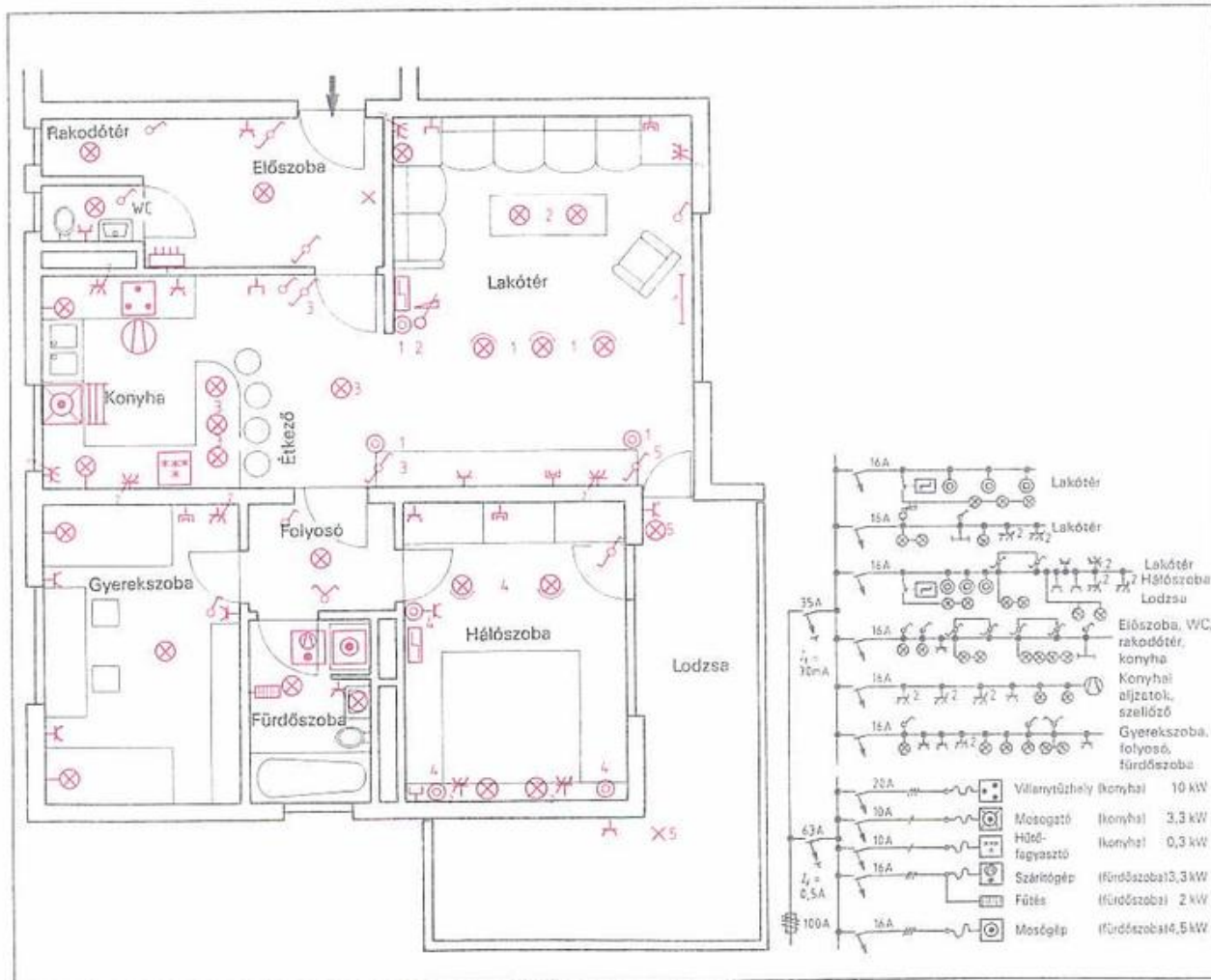
- egyvonalas vagy többvonalas kapcsolási rajz villamos szempontok szerint;
- összefüggő vagy részletrajzok;
- a kapcsolás kötéseinek pontos rajza a térbeli elrendezésnek megfelelően.

A szabvány szerint a felsorolt rajzfajták közös, kevert kapcsolási rajzon is szerepelhetnek.

Telepítési tervek

A telepítési vagy szerelési terveken a villamos szerelvények, lámpák, dugaszolóaljzatok, kapcsolók stb. ott szerepelnek, ahová később valóban szerelik őket (1. ábra). A villamos vezetékek rajzát többnyire elhagyják.

A szerelvényeket tervjeleikkel tüntetik fel.



1. Példa installációs és a hozzá tartozó egyvonalas tervvel

16.15. A részegységek jelölése

Villamos részegységeknek egyes alkatrészeket, készülékeket, berendezéseket stb. nevezünk, amelyeket a kapcsolási rajzban rajzjelekkel kell ellátni. E célra a dokumentáció vonatkozó rajzában a szabvány szerinti jelöléscsoportot használjuk.

A jelöléscsoport mint kód információt ad magáról a berendezésről, a helyéről, a feladatáról és a részegység csatlakozásáról.

A jelöléscsoport összetétele

Minden csoport alfanumerikus jelek sorozata, amelyben felváltva kell szerepeltetni a betűket és a számokat (1. ábra).

Villamos részegységek jelölése							
A betűk, számok, valamint előjelek sorozatából álló kód arra szolgál, hogy a dokumentációban és a berendezésekben a készülékeket azonosítsuk. Kód:							
=	Fő-rendszer	+	Hely	-	Funkció jelölése	:	Csatlakozás
	1. csoport		2. csoport		3. csoport		4. csoport
	Berendezés, pl. 110 kV-os berendezés		pl. vezénnyel		pl. mérés		pl. csatlakozás feszültség- mérőhöz
Az előjelek a csoportot jelölik. A jelölés a csoporton belül a betűk és/vagy számok meghatározott sorrendjében történik.							
Példa:	= 1 T5 – M3 az 5. turbina 3. motor 1. szivattyúja						

1. Villamos részegységek jelölése

A teljes jelöléscsoport blokkokra oszlik:

1. csoport a főegység, pl. 110 kV-os kapcsolóberendezés jele.
2. csoport azt a helyet jelzi, ahol a részegység található, pl. a vezénnyeltermében.
3. csoport a részegység fajtájáról, sorszámról és feladatáról ad felvilágosítást, pl. 4. műszer. Segédfunkciója van.
4. csoport a részegység csatlakozásait jelöli, pl. az összes vezeték és sorkapcsot.

A részegység jelöléséhez csak azokat a csoportokat kell megadni, amelyek az egyértelmű azonosításhoz szükségesek.

Ahhoz, hogy tudjuk, melyik csoportról van szó, az 1. csoport alfanumerikus jele elé egyenlőségjelet, a 2. csoport elé pluszjelet, a 3. csoport elé mínuszjelet és a 4. csoport elé osztásjelet teszünk.

Példa:

Egy erőműben van egy U1 jelű épület. Az épületben van az A3 jelű kapcsolótábla, amelynek B7 vázlat-táblájába vezérlőkapcsoló (impulzusrelé-kapcsolás) van beépítve. Ha a vezérlőkapcsolás 2 kapcsolóját kell leírni (nyomógombos működés), a következő jelölést kapjuk:

$$= U1 + A3 B7 - S2K$$

A szabványokban ajánlások vannak a betűjelölésekre. A vonatkozó IEC előírásban szerepelnek a villamos dokumentációk ajánlott magyarázó betűjelölései.

A 2. ábrán az energiatermelésben ajánlott betűjelölések találhatók az 1. és 2. csoporthoz.

Betűjel	Megnevezés
A	Hálózati- és elosztóberendezések
B	Energiaszállítás és energiaellátás
C	Irányítástechnikai berendezések
D	—
E	Hagyományos tüzelőanyag- és égéstermékkezelés
F	Nukleáris berendezések
G	Vízellátás és -kezelés
H	Hagyományos hőfejlesztés
J	Nukleáris hőfejlesztés
K	Nukleáris technika segédberendezései
L	Gőz-, víz-, gázvezeték-rendszerek
M	Fő gépegységek
N	Energiaelosztók (külső)
P	Vízűtő berendezések
Q	Segédberendezések
R	—
S	Mellékberendezések
T	—
U	Építmények
V	—
W	—
X	Nagygépek
Y	—
Z	Üzemi és irodai berendezések

2. Az 1. és 2. csoport betűjelöléseinek összefoglalása

16.16. Méretjelölés gépi programozáshoz

A 3. csoportban az általános funkciót az 1a ábra betűjelölésével, a részegység fajtáját az 1b ábra betűjelölésével kell megadni.

Általános jellemzők betűjelei (3. csoport)			
A	Segédfunkció	P	Arányosság
B	Mozgásirányítás	Q	Állapot (start, stop, korlátozás)
C	Számlálás	R	Visszaállítás, törlés
D	Differenciálás	S	Tárolás, regisztrálás
E	„BE” funkció	T	Időzítés, késleltetés
F	Védelem	U	—
G	Ellenőrzés	V	S sebesség
H	Jelzés	W	Összeadás
J	Integrálás	X	Szorítás
K	Szakaszos üzem	Y	Analog
L	Vezetékjelölés	Z	Digitális
M	Főfunkció		
N	Mérés		

1. A 3. csoport betűjelölései
a) Általános funkciók

Részegységek jelölése (3. csoport) (tervelemek)			
A	Építőegységek, részegységek	Q	Erőssármú kapcsolókészülékek
B	Nem villamos mennyiségek átalakítója villamos jellé és fordítva	R	Ellenállások
C	Kondenzátorok	S	Kapcsolók, választókapcsolók
D	Bináris elemek, késleltető-készülékek, tárolók	T	Tranzformátorok
E	Vegyes, pl. világítás	U	Modulátorok, átalakítók
F	Védőberendezések	V	Elektroncsövek, félvezetők
G	Generátorok, áramellátás	W	Átviteli utak, csővezetvények
H	Jelzőberendezések	X	Sorozatkapcsok, dugaszolócsatlakozók, dugaszolóaljzatok
K	Relék, kapcsolók	Y	Villamos működtetésű mechanikus eszközök
L	Fojtótekercek	Z	Csatlakozók, elosztók, szűrők, jelkiegénylők, korlátozók
M	Motorok		
N	Erősítők, szabályozók		
P	Műszerek, próbaberendezések		

b) Részegységek

16.16. Méretjelölés gépi programozáshoz

Itt a szokásos méretjelölések helyett az alkatrészt leíró geometriai elemek meghatározott jeleket (szimbólumokat) kapnak (2. ábra).

Így például:

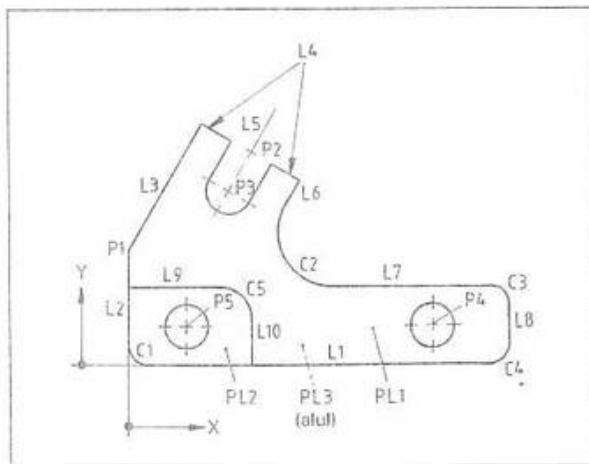
P pont (point),

L vonal (line),

C kör (circle).

A teljes jelölés nemcsak a geometriai alak jeléből áll, de a helyét is meg kell adni. A programnyelvtől függően egy pont az

- x, y, z koordinátákkal,
- két egyenes metszéspontjával,
- egyenes és kör két lehetséges metszéspontjának egyikével is megadható.

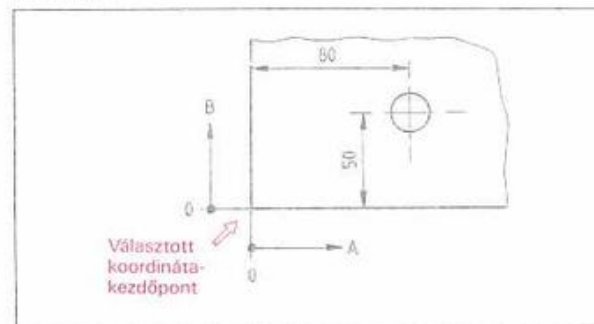


2. Példa méretmegadásra, gépi programozáshoz

A rajzon rögzíteni kell a koordináta-rendszer kezdőpontját, ehhez kiválasztjuk a munkadarab meghatározott vonatkoztatási pontját. Ez lehet pl. él, felület, szimmetriatengely vagy furat (3. ábra).

Minden méretet az egyszer megválasztott koordináta-nullapponthoz kell rendelni.

A méretezés a rajzban méretnyilakkal történik, de a méretek megadhatók koordinátatáblázatban is (4. ábra).



3. Példa koordináta-rendszer kezdőpontjának kijelölésére

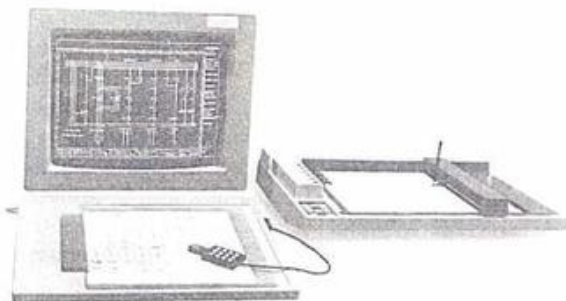
Pozíciószám	Koordinátatáblázat méretek mm-ben					
	A	B	C	Sugár	Szög	Furat-átmérő
1	0	0	—	—	—	—
2	80	50	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—

4. Példa koordinátatáblázatra

16.17. Számítógéppel segített műszaki tervezés

Nagyobb teljesítményű személyi számítógép és megfelelő szoftvercsomag segítségével a képernyőn is lehet tervezni.

Az ilyen CAD rendszerekkel nagyon gazdaságosan készíthetők pl. az áramútervek (1. ábra).



1. CAD rendszer

A korszerű programok úgy vannak felépítve, hogy a kész, szabványban adott rajzjelek lehívhatók. Mód van arra is, hogy saját rajzjeleket és egységeket tervezzünk a monitoron, és bevigyük a rendszer adattárába.

A billentyűzet mellett grafikus táblára is szükség van (2. ábra).



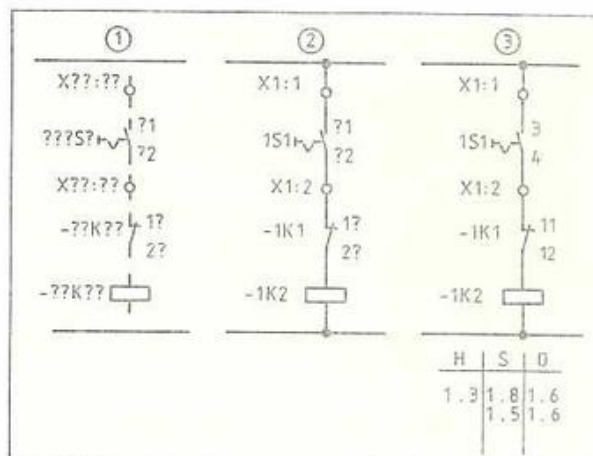
2. Grafikus tábla

Erre a grafikus táblára pl. rajzjeleket helyezünk. Ha a képernyőn meghatározott rajzjelet akarunk megjeleníteni, a szóban forgó rajzjelet

- vagy megérintjük a fényceruzával,
- vagy ráhelyezzük az egeret.

A kiválasztott rajzjelet a képernyőn tetszőlegesen el lehet helyezni. A feliratozáshoz minden rajzjel mellett (kérdőjelként jelentkező) tervjelhely van a feliratozáshoz (3. ábra).

Az áramutak a számítógép utasítására rajzolhatók fel. Mindemellett mód van a vezetékek olyan eltolására, hogy az áramutak optimális összekötéseit kapjuk meg.



① Először lehívjuk a rajzjeleket a könyvtárból, és elhelyezzük őket.

② A „tervjelhelyeket” kitöltjük.

③ Beírjuk az érintkezőszámokat; kölcsönösen a terv többi részeihez is.

3. Áramúterv tervezése képernyőn

Nagyon jól tervezhetők a nyomtatott áramkörök, mert a különböző síkokat a vezetékek megfelelő színválasztásával egyszerre lehet megjeleníteni.

A számítógép egyidejűleg kiírja a szükséges csatlakozásokat és kapocskiosztásokat is. Matrixyomtatóval vagy rajzgéppel kinyomtatható a kész rajz és a többi dokumentáció is (4. ábra).



4. Nyomtató. Egy teljes rajz mintegy 2 1/2 perc alatt elkészül

16.18. Ellenőrizze tudását

16.1. ... 16.3. szakaszhoz: A műszaki rajzokról általában

1. Miért van olyan nagy jelentősége a villamos szakemberek számára a műszaki rajzoknak?
2. Melyek a műszaki rajz készítésének minimális rajzeszközei?
3. Hogyan jelölik szabvány szerint a műszaki rajzok papírfarmátumát (lapméretét)?
4. Milyen segédeszközökkel lehet feliratozni a műszaki rajzokat?
5. Melyik négy nagy csoportba (fajtákba) lehet osztani a műszaki rajzokat?

16.4. szakaszhoz: Geometriai szerkesztések

1. Osszuk 132 mm-es szakaszt hét egyenlő részre!
2. Szerkesszünk hatszöget $r = 45$ mm sugarú körbe! Majd ötszöget ugyanezzel a sugarral!
3. Soroljuk fel az összes lehetséges nézetet, amelyből egy test a műszaki rajzból azonosítható! Hogyan tartoznak össze ezek a nézetek?

16.5. és 16.6. szakaszhoz: Térbeli ábrázolás. Ábrázolás nézetekben

1. Magyarazzuk el az izometrikus ábrázolás alapszabályait!
2. Magyarazzuk el a dimetrikus ábrázolás alapszabályait!
3. Soroljuk fel az összes lehetséges nézetet, amely műszaki rajzban egy testről készíthető. Hogyan vannak ezek egymáshoz képest elhelyezve?

16.7. ... 16.9. szakaszhoz: Fejlécek. Robbantott ábrák. Vonalak

1. Milyen adatoknak kell szerepelniük a műszaki rajz szövegmezőjében a szabványos előírások szerint?
2. Mikor használunk robbantott ábrát, és mi az előnye ennek az ábrázolásmódnak?
3. Hány különböző vonalvastagság létezik a műszaki rajzokon, és a szabvány szerint milyen vonalfajtákat lehet használni?

16.10. ... 16.12. szakaszhoz: Léptékek. Építészeti tervrajzok. Méretjelölések

1. Magyarazzuk meg ezt az adatot: lépték 1 : 100!
2. Rajzoljuk le egy egyszerű villanyszerelő-műhely alaprajzát egy ajtóval és egy ablakkal! Rajzoljuk le a szerelőnek, hogyan kell a villanyszerelést megoldani a következő kívánalmak szerint: a vezeték

a falban, mennyezetlámpa, lámpa a munkapad fölött, három dugaszolóaljzat a munkapad fölött, egy dugaszolóaljzat az ajtó mellett, a csatlakozás a forróvíz-tárolóhoz a mosdókagyló alatt van.

3. Rajzoljunk U-vasból készült szerszámot közbelső ellenőrzésre könnyítésekkel, lyukakkal és csavar-menetekkel! A rajzot méretezzük be!

16.13. szakaszhoz: Grafikus ábrázolások

1. Milyen két csoportra lehet osztani a jelleggörbéket?
2. Rajzoljunk lineáris beosztású mm-papírra $R_1 = 6 \Omega$, $R_2 = 12 \Omega$ és $R_3 = 18 \Omega$ ellenállásokhoz paraméteres ábrázolással $I-U$ diagramot, a következő feszültségértékekhez: 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 és 100 V. A léptéket értelemszerűen kell megválasztani.
3. Mondjunk példákat a logaritmus beosztású diagrampapír alkalmazására!
4. Szerkesszünk kördiagramot (sugara 50 mm), amely ellenállásanyag összetevőit szemlélteti! az adatok a következők: 82% réz, 12% mangán, 4% nikkel, 2% alumínium.

16.14. és 16.15. szakaszhoz: Villamos dokumentációk. A részegységek jelölése

1. Milyen dokumentációfajtákat ismer Ön?
2. Fűtőtest biztosítón és kapcsolón keresztül egyfázisú, váltakozó áramú hálózatra csatlakozik. Vázoljunk föl egy áttekinthető kapcsolási rajzot és egy áramútervet!
3. Milyenfajta tervet kell használni ahhoz, hogy a szerelőt egy beépítés helyén a legjobban tájékoztassuk arról, hogyan kell a készüléket a hálózatra csatlakoztatni?
4. Mi a műszaki tartalma a szabványos jelöléseknek a részegységek jelölésében?

16.16. és 16.17. szakaszhoz: Méretjelölés gépi programozáshoz. Számítógéppel segített műszaki tervezés

1. Mi a különbség a hagyományos műszaki rajzok méretezése és a gépi programozáshoz készült rajzok méretmegadása között?
2. Milyen készülékek és segédeszközök szükségesek a számítógéppel segített műszaki rajzkészítéséhez (CAD)?
3. Ha az áramúterv elektro-CAD segítségével készül, a számítógép ezekkel az adatokkal további rajzokat is készíthet? Nevezzünk meg néhányat!

17. Villanyszerelési kapcsolások*

17.1. A lakóépületek villanyszerelési irányelvei

A villanyszerelés biztonsága

A villanyszerelés sokfélesége és kivitelezése a lakóházakban a mindenkorai igényekhez igazodik, de elsődleges szempont a biztonsági feltételek megteremtése és betartása.

A biztonság itt nemcsak balesetvédelmet, hanem ellátási biztonságot is jelent. Álljon rendelkezésre a szükséges energia a hibalehetőségek csökkentésére, és legyen adott a bővítés lehetősége is, vagyis későbbi készülékcsatlakoztathatóság, lehetőleg kis költséggel.

Legfontosabbak:

- a mérőhely, az elosztótáblák;
- az áramkörök száma és csatlakozási helyek;
- a világítási és dugaszolóaljzat áramkörei;
- a távközlő berendezések.

Mérőhelyek

A fogyasztásmérők hitelesített műszerek, így törvényes felügyelet alá tartoznak.

Védni kell őket minden környezeti hatástól: nedveségtől, piszoktól, rázkódástól, mechanikai sérüléstől. Ezek a mérési folyamatokat befolyásolják.

Ezenkívül a mérőkészülékeknek és a vezérlőóráknak bármikor hozzáférhetőnek kell lenniük, valamint külön segédeszközök nélkül leolvashatóknak és ellenőrizhetőknak kell lenniük. Helyükre, a mérőhelyre ezért külön előírások vonatkoznak.

A fogyasztásmérőket és a vezérlőkészülékeket nem szabad lakóterekben, konyhában, WC-ben, fürdő- és mosóhelyiségben, tárolóban, nedves helyiségben, pincetérben, garázsban, olajtárolóban, nagy hőmérsékletű kazánházban, tűzveszélyes munkahelyeken és hasonlóknak elhelyezni!

Mérőhelynek megfelel az olyan helyiség, amely könnyen és bármikor hozzáférhető, a semleges tér, pl. külön mérőhelyiség, házi előtér, folyosó, lépcsőház (de nem emeleten).

A padlótól mért távolság a fogyasztásmérő közepéig nem lehet kevesebb 1,1 m-nél és több 1,85 m-nél (1. ábra).

A fogyasztásmérők és a vezérlőkészülékek helyén egyértelműen meg kell jelölni, hogy azok melyik fogyasztókészülékhez tartoznak.

*A vonatkozó magyar szabványok: MSZ IEC 669, MSZ 4875, MSZ 447.

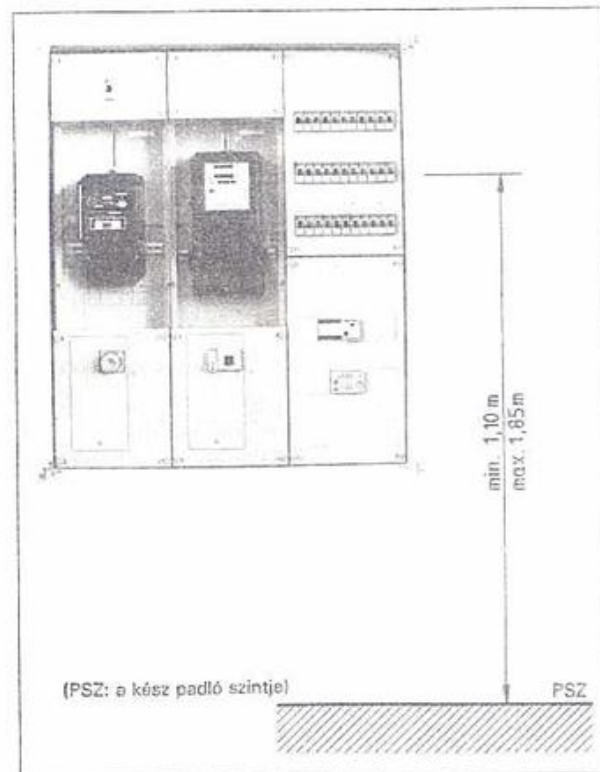
Minden épületben helyet kell kialakítani többtarifás mérő vezérlőkészüléknek (körvezérlés-vevőkészülék, kapcsolóóra stb.) akkor is, ha azt nem azonnal építik be. (1. ábra).

Többlakásos házban a vezérlőkészüléket a közösségi számláló mellett helyezik el. Innen a mérőhelyekhez min. $7 \times 1,5 \text{ mm}^2$ Cu, zöld-sárga, egyeres számozott vezérlőkábelrel kell csatlakozni.

Ha nincs még szükség a vezérlőkábelre, 29 mm-es műanyag vezetékcsövet kell beszerezni.

Mérőszekrény

A DIN 43 870 a mérőszekrények kialakításához egységes raszterrendszert ír elő. Egy mérőhely szélessége 250 mm, magassága 450 mm kétszintes mérőelhelyezés (két mérő egymás fölött) esetén 750 mm. Az alsó csatlakozótér mindig 300 mm magas, a felső 150 mm vagy 300 mm.



1. Példa fogyasztásmérő-szekrényre a DIN 43 870 szerint egy-lakásos családi házhoz (áramköri elosztóval)

A mérőszekrényeket folyosón, vagy lépcsőházban a falban kell elhelyezni. A falmélyedést a DIN 18 013 szabvány szerint kell készíteni (1. ábra).

A fogyasztásmérők bekötését a DIN 43 870/3. része egységesen írja elő. Mérővezetéként eszerint HO7V–K hajlékony vezetékét kell használni.

A mérőhely felső csatlakozómezője max. 63 A áramfelvételi fogyasztók vezetékeinek ad helyet az elosztóig. Az egyes áramköri leágazások (pl. pincevilágítás) biztosítói szintén itt helyezhetők el.

Hogy elkerüljük a megengedhetetlen melegedést, a mérőhely felső csatlakozómezője áramköri elosztóként nem használható.

Áramköri elosztó

Az áramköri elosztót a lakás terhelésének a súlypontjában, vagyis ott kell elhelyezni, ahol több nagyobb teljesítményű készülék üzemel (pl. konyha, házi műhely). Ilyen elrendezésben a nagy készülékek nagy keresztmetszetű vezetékei a legrövidebbek.

Családi házban az áramköri elosztót a mérőhelyen, a mérő- és a vezérlőmező melletti további mezőben szokták elhelyezni (l. az 1. ábrát a 277. oldalon).

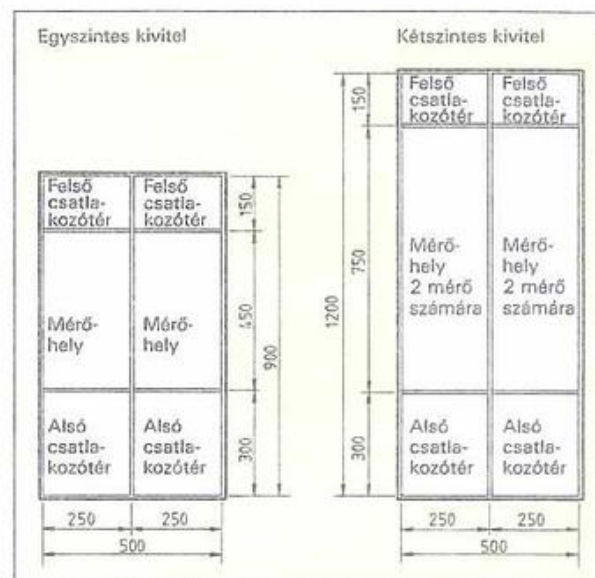
A mérőhely és az elosztó közötti összekötést legalább 3×63 A terhelhetőségű, háromfázisú vezetékkel kell megoldani. Az áramköri elosztónak kiszakaszolhatónak, áramtalaníthatónak kell lennie (pl. háromsarkú kapcsolóval, hibaáram-védőkapcsolóval, biztosítóval).

Hogy az áramköri elosztóban kapcsolókészülékek (pl. mágneskapcsolók, kapcsolóórák, relék) is elhelyezhetők legyenek, a mérőhelytől idáig 7 erő megjelölt vezetékét vagy üres vezetékcsovet kell kiépíteni.

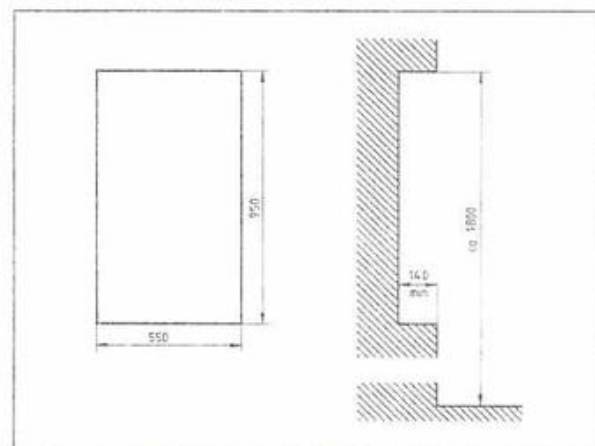
Áramköri elosztóként többnyire a DIN VDE 0606 szerinti, vakolat alatti kiselosztókat használnak (3. ábra).

Ezekben elegendő hely legyen a túláramvédelem eszközei és a kapcsolók számára, és a veszteségi hő elvezetését is biztosítani kell.

Minimális kivitelük ezért a kétsoros elrendezés. A villanszerelési tervnek megfelelően azonban a három- vagy négysoros kialakításra is szükség lehet, és az esetleg később szerelendő készülékek (utólagos dugaszolóaljzat áramkörei vagy egy állandó bekötés) számára is tartalékolni kell a helyet.

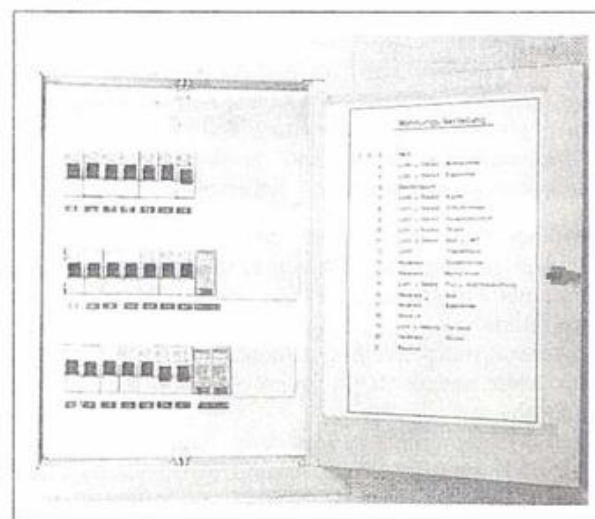


1. Példa: kétfázisú fogyasztásmérő-szekrény méretei a DIN 43 870 szerint



2. Falifülkeméretek a DIN 18013 szerint

Példa kétfázisú mérőszekrényre, egyszintes mérőhelyezéssel



3. Áramköri elosztó vakolat alatt elhelyezve

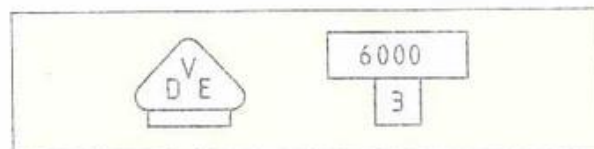
Túláramvédelmi eszközök

A világítási és a dugaszolóaljzat-áramkörök túláramvédelmére vezetékvédő kisautomatákat kell alkalmazni.

Ezek kapcsolóképessége legalább 6 kA legyen. A kisautomatákat 25 A névleges áramerősségig 3 áramkorlátozó osztályba sorolják, hogy túlterhelés és zárlat esetében a plombált biztosítóhoz képest (házcsoatlakozó-biztosító) szelektívek legyenek (1. ábra).

A túláramvédelmi eszközöket és kapcsolókat jól lát-

hatóan (pl. felirattal) kell megjelölni, hogy az egyes áramkörökhöz való hozzárendelésük felismerhető legyen (l. a 2. ábrát).



1. Kisautomaták jelölése a DIN VDE 0641 szerint: kapcsolóképesség minimálisan 6000 A, áramkorlátozási osztály 3 (25 A névleges áramig)

Villanszerelés a lakásban

A lakások villanszerelését (készülékek áramkörei, világítási és dugaszolóaljzat-áramkörök) a DIN 18015, 2. rész tervezési és kivitelezési előírásai szerint kell elvégezni.

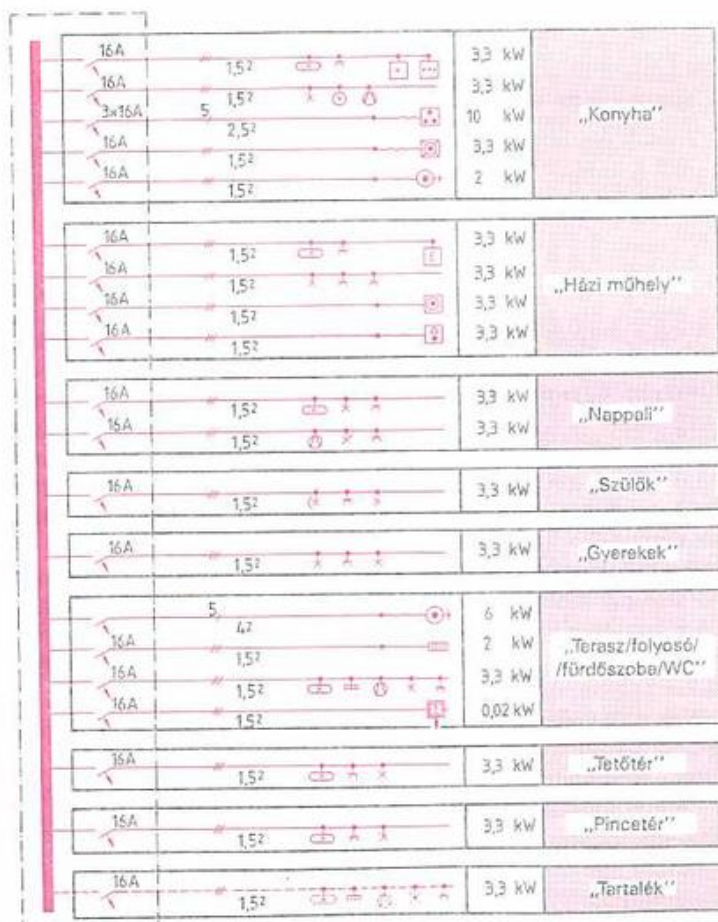
Tervezéskor figyelembe kell venni a lakás egyes helyiségeinek és részeinek szerepét, ill. funkcióját. Minden helyiségnek és lakrészben egyedi villanszerelés szükséges, az ott történő tevékenységnek megfelelően.

A lakás teljes installációja (felszerelése) az egyes „villanszerelési építőelemekből” áll össze (2. ábra).

Az ún. nagykészülékek számára, 2 kW csatlakozási teljesítmény fölött, pl. villanytűzhely, mosogatógép, forróvíz-tároló, mosógép, szárítógép, vasalógép stb. saját áramkört (készülék-áramkört) kell kiépíteni még akkor is, ha dugaszolóaljzaton keresztül csatlakoznak.

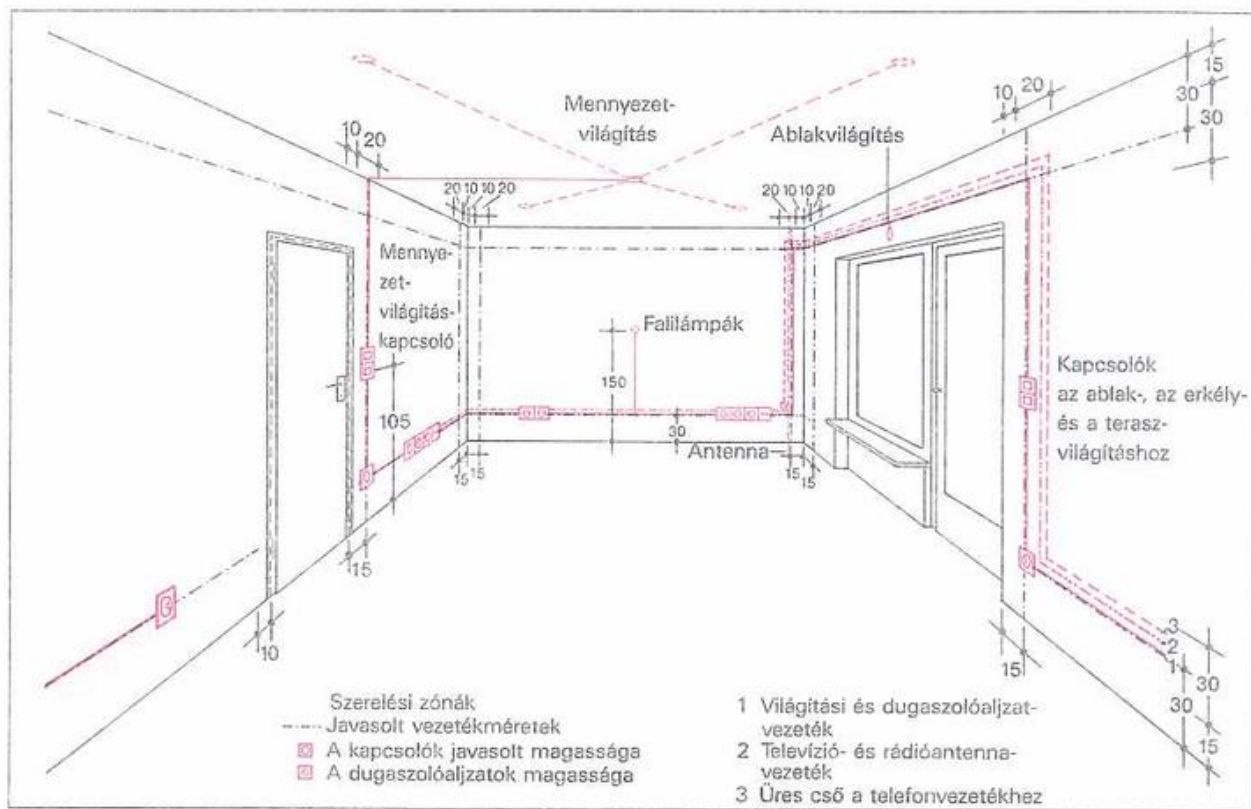
A helyhez kötött készülékek (pl. villanytűzhely) DIN VDE 0606 szerinti csatlakozódobozba vannak bekötve.

A lakás nagyobb helyiségei (nappali, hálószoba, konyha, gyerekszoba stb.) számára legalább egy saját világítási és dugaszolóaljzat-áramkör szükséges. A felszerelendő dugaszolóaljzatok számát a bekötendő készülékek számának megfelelően kell megválasztani. A háztartás „nagysága” és a későbbi felszereltség jó közelítéssel a tervezés alapja is lehet.



2. Példa: lakás áramkörei

Áramköri elosztó kisautomatákkal + áramkörökkel
+ villamos készülékekkel = villanszerelés



1. Szerelési zónák és javasolt méretek a DIN 18015 3. része szerint.

A dugaszolóaljzatokat úgy kell elrendezni, hogy a villamos készülékek csatlakoztatásakor ne legyen szükség hosszú vezetékekre és többszörös elosztóra.

Maximális biztonsággal meg kell akadályozni a háztartási baleseteket, pl. amelyeket a mozgatható vezetékek okoznak. A dugaszolóaljzatok szerelésekor figyelembe kell venni azt is, hogy a tapasztalatok szerint a háztartások villamos készülékekkel való felszereltsége állandóan bővül. Néhány dugaszolóaljzattal több a megfelelő helyen — lehetnek akár üresek is, vagyis szükség szerint beköthetők — megtakarítja a körülményes és költséges utólagos szerelést. Nagyobb helyiségekben ajánlatos 1,25 m távolságban üres dugaszolóaljatot felszerelni.

A világítás csatlakozásait szintén a helyiség használatához kell tervezni. Minden nagyobb helyiségnek legalább egy mennyezeti leágazása legyen. A rögzítetten elhelyezett fali világítótesteket a DIN VDE 0100 szerint fali csatlakozódobozokba kell bekötni.

A helyiségvilágítás kapcsolóját az ajtó közelébe kell szerelni.

A csatlakozódobozok, dugaszolóaljzatok, világítási bekötőhelyek és kapcsolók vezetékeit lehetőleg falban kell vezetni. A vezetékezés a falon függőleges és vízszintes legyen úgy, hogy a látható szerelvények (kapcsolók, dugaszolóaljzatok stb.) után a vezeték körülbelüli helyét meg lehessen állapítani.

A nem látható vezetékek, valamint a csatlakozóhelyek, kapcsolók és dugaszolóaljzatok elhelyezésére a DIN 18015 3. része egységes szerelési zónákat és javasolt méreteket tartalmaz (1. ábra).

Távközlési berendezések

A távközlési berendezéseket a villanszerelés tervezésekor és kivitelezésekor figyelembe kell venni.

A csengő, a házteléfono vagy házi videorendszer számára saját vezetékrendszer szükséges (gyengeáramú vezetékek). Többnyire az elosztóba szerelt transzformátorral (csengőtranszformátor) csatlakoznak a 220 V-os hálózathoz.

A rádió- és televízió-vételhez antennacsatlakozókat kell szerelni a megfelelő helyekre. Ezek legalább két dugaszolóaljzattal vannak kombinálva, a készülékek áramellátásához.

Antenna-kábelnek nagyfrekvenciás vezeték — koaxiális kábel — kell a falban, mégpedig védőcsőben elhelyezni.

Ha több antennacsatlakozót (pl. lakást) kell az antennáról ellátni, antennajel-erősítőre van szükség. Az erősítő közvetlenül az antenna mellé kerül, áramellátását hálózati csatlakozás (220 V) biztosítja.

Bár a telefoncsatlakozások kizárólagosan a távközlési intézmények hatáskörébe tartoznak, a telefonvezetékek csöveit az erőáramú villanszerelés során kell elhelyezni. Minden esetben több csatlakozóhelyet kell kialakítani.

Lakások villanszerelésének osztályozása

A leírt ismertetőjegyek szakember számára irányadókat adnak a villanszerelési feladatok megítéléséhez. A megrendelő, aki ezen a téren többnyire laikus, választási lehetőséget kap ezzel az osztályozással egyszerű megállapítások alapján.

Villanszerelés az 2. felszereltségi követelmény szerint		Értékelési rendszer	
		✶	✶✶
	Lakószoba	étkező nélkül $\geq 18 \text{ m}^2$	8 2
	Lakószoba	étkezővel $\geq 20 \text{ m}^2$	10 3
	Étkezőhely, ill. helyiség	$< 8 \text{ m}^2$	4 1
	Étkezőhely, ill. helyiség	$> 8 - 12 \text{ m}^2$	6 1
	Étkezőhely, ill. helyiség	$> 10 - 20 \text{ m}^2$	8 2
	Konyha	reggelizőhely nélkül	10 3
	Konyha	reggelizőhellyel	12 4
	Otthoni műhely		9 2
	1/2 ágyas szoba szülők/gyerekek	$< 8 \text{ m}^2$	5 1
	1/2 ágyas szoba szülők/gyerekek	$> 8 - 12 \text{ m}^2$	7 1
	1/2 ágyas szoba szülők/gyerekek	$> 12 - 20 \text{ m}^2$	9 2
	Fürdőszoba		4 3
	WC		1 1
	Folyosó/előter	hosszúság $< 2,5 \text{ m}$	1 2
	Folyosó/előter	$> 2,5 \text{ m}$	2 2
	Terasz, erkély	szélesség $< 3 \text{ m}$	1 0
	Terasz, erkély	$> 3 \text{ m}$	2 1
	erkély		2 1
	Világítás és dugaszolóaljzat-elosztók		lakásonként
	Készülék-áramkörök		
	Áramköri elosztó		a lakás terhelési súlypontjában
	Antennaerősítő dugaszolóaljzattal		
	Telefon-készülék		
	Csengő-és kapunyitó		
* Ha van.			
ha a melegvíz-ellátás villamos készülékkel van megoldva			

Villanszerelés az 1. felszereltségi követelmény szerint		Értékelési rendszer	
		✶	✶✶
	Lakószoba	étkező nélkül $\geq 18 \text{ m}^2$	4 1
	Lakószoba	étkezővel $\geq 20 \text{ m}^2$	5 2
	Étkezőhely, ill. helyiség	$< 8 \text{ m}^2$	2 1
	Étkezőhely, ill. helyiség	$> 8 - 12 \text{ m}^2$	3 1
	Étkezőhely, ill. helyiség	$> 10 - 20 \text{ m}^2$	4 1
	Konyha	reggelizőhely nélkül	6 2
	Konyha	reggelizőhellyel	7 3
	Otthoni műhely		7 1
	1/2 ágyas szoba szülők/gyerekek	$< 8 \text{ m}^2$	3 1
	1/2 ágyas szoba szülők/gyerekek	$> 8 - 12 \text{ m}^2$	4 1
	1/2 ágyas szoba szülők/gyerekek	$> 12 - 20 \text{ m}^2$	5 1
	Fürdőszoba		3 2
	WC		1 1
	Folyosó/előter	hosszúság $< 2,5 \text{ m}$	1 1
	Folyosó/előter	$> 2,5 \text{ m}$	1 1
	Terasz, erkély	szélesség $< 3 \text{ m}$	1 0
	Terasz, erkély	$> 3 \text{ m}$	1 0
	erkély		1 1
	Világítás és dugaszolóaljzat-elosztók		lakásonként
	Készülék-áramkörök		
	Áramköri elosztó		a lakás terhelési súlypontjában
	Antennaerősítő dugaszolóaljzattal		
	Telefon-készülék		
	Csengő-és kapunyitó		
ha a melegvíz-ellátás villamos készülékkel van megoldva			

Villanszerelés az 3. felszereltségi követelmény szerint		Értékelési rendszer	
		✶✶✶	✶✶✶✶
	Lakószoba	étkező nélkül $\geq 18 \text{ m}^2$	≥ 10 3
	Lakószoba	étkezővel $\geq 20 \text{ m}^2$	≥ 12 4
	Étkezőhely, ill. helyiség	$< 8 \text{ m}^2$	≥ 5 2
	Étkezőhely, ill. helyiség	$> 8 - 12 \text{ m}^2$	≥ 7 2
	Étkezőhely, ill. helyiség	$> 10 - 20 \text{ m}^2$	≥ 10 3
	Konyha	reggelizőhely nélkül	≥ 12 4
	Konyha	reggelizőhellyel	≥ 15 5
	Otthoni műhely		≥ 11 3
	1/2 ágyas szoba szülők/gyerekek	$< 8 \text{ m}^2$	≥ 6 2
	1/2 ágyas szoba szülők/gyerekek	$> 8 - 12 \text{ m}^2$	≥ 8 2
	1/2 ágyas szoba szülők/gyerekek	$> 12 - 20 \text{ m}^2$	≥ 11 3
	Fürdőszoba		≥ 5 4
	WC		≥ 2 2
	Folyosó/előter	hosszúság $< 2,5 \text{ m}$	≥ 2 3
	Folyosó/előter	$> 2,5 \text{ m}$	≥ 3 3
	Terasz, erkély	szélesség $< 3 \text{ m}$	≥ 2 1
	Terasz, erkély	$> 3 \text{ m}$	≥ 3 2
	erkély		≥ 3 2
	Világítás és dugaszolóaljzat-elosztók		lakásonként
	Készülék-áramkörök		
	Áramköri elosztó		a lakás terhelési súlypontjában
	Antennaerősítő dugaszolóaljzattal		
	Telefon-készülék		
	Kaputelefon (beszélőszélő) vezérlő készülék		1 és 2 lakásos házban
ha a melegvíz-ellátás villamos készülékkel van megoldva			

1. Tervezési táblázatok: lakás-villanszerelés minimális kerete 3—4 személyes háztartáshoz, az 1. . . 3. felszereltségi osztályban

A villamosenergia-felhasználás fő tanácsadó szerve (HEA) Frankfurtban a hannoveri Építészeti Kutatási Intézetrel együtt kidolgozott a lakások villanyszereléséhez egy értékelési rendszert, amelyet a Német Minőségbiztosítási és Védjegy Egyesületnél (RAL) regisztráltattak.

Az ún. „lakóépület villanyszerelésének az osztályozása” leírja a villamos készülékekkel való felszereltséget. A felszereltség fokozatát csillagokkal jelölik (l. az 1. ábrát a 281. oldalon).

Minden minőségi osztályban egyértelmű követelmények vannak a villanyszereléssel kapcsolatban, amely a felszereltségtől függ, mégpedig a háztartás nagysága szerint.

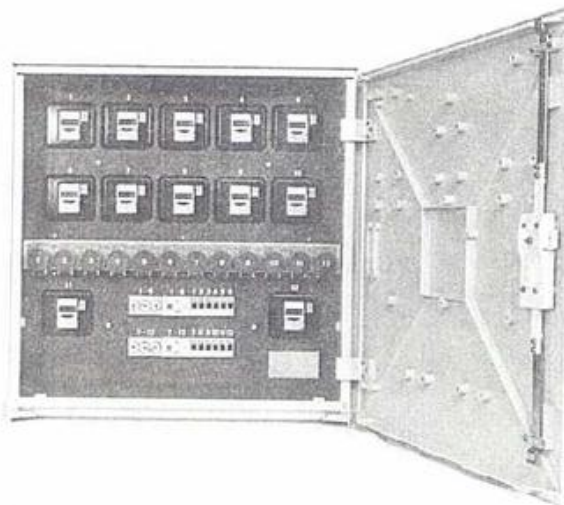
A bemutatott táblázatok 3–4 személyes háztartásokra és kb. 75. . . 100 m²-es lakásokra vonatkoznak.

A 2. felszereltségi fokozat eléréséhez egy ilyen lakás villanyszerelésének eszerint a következőket kell kielégítenie (l. a 281. oldal tervezési táblázatát: 2. felszereltségi osztály):

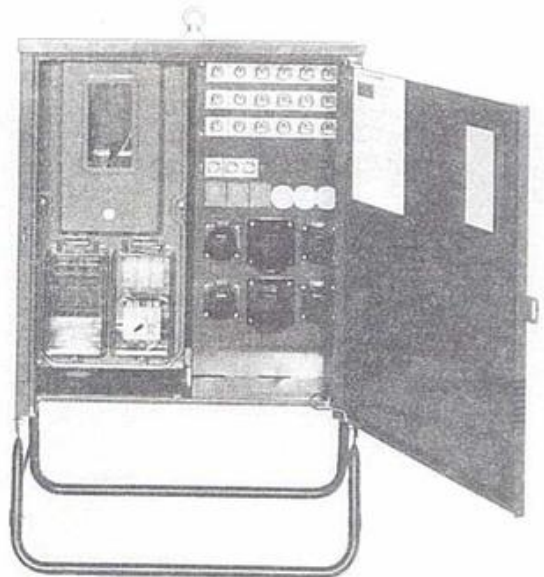
- háromsoros áramköri elosztó a lakás terhelési súlypontjában;
- 7 készülékáramkör (ill. 8, ha a melegvíz-ellátást villamos készülékkel oldják meg);
- 7 dugaszolóaljzat-áramkör;
- antennaerősítő 4 antenna-dugaszolóaljzattal;
- 3 telefonkészülék-dugaszolóaljzattal;
- csengő- és házibeszélő-készülék amely csengőből, ajtónyitóból és kaputelefonból áll;
- 8 dugaszolóaljzat és 2 lámpacsatlakozás (étkezőhely nélküli) a nappaliban stb.

A kempingek és az építési területek elosztói

A víz, az esetleges hibás készülékek, és a szabadon lévő vezetékek sérülési lehetőségei a kempingekben és az építési területeken egészen különleges veszélyeket jelentenek. Az itt használható elosztókra ezért speciális előírások vannak. Mivel itt nincs mód a részletes tárgyalásra, a következő képeken példaként két olyan elosztót mutatunk be, amelyek a VDE 0612/5.74 és a DIN 43868/8.80 előírásait kielégítik.



1. Kempingben használt elosztó



2. Elosztószekrény építési munkahelyekhez

17.2. Villanszerelési kapcsolások

A helyiségek villanszerelésének előtervezéséhez át-nézeti tervek készülnek, ezután pedig a kivitelezéshez kapcsolási rajzok. A helyiség használatjának kívánsága szerinti és a szükséges kapcsolóhelyek összehangolása igen eltérő terveket eredményez.

A kapcsolási rajzokat szabály szerint „KI” állásban rajzoljuk.

A „KI” állásban a világítóttesteken feszültség nem lehet, ez azt jelenti, hogy mindig a fázist szakítjuk meg.

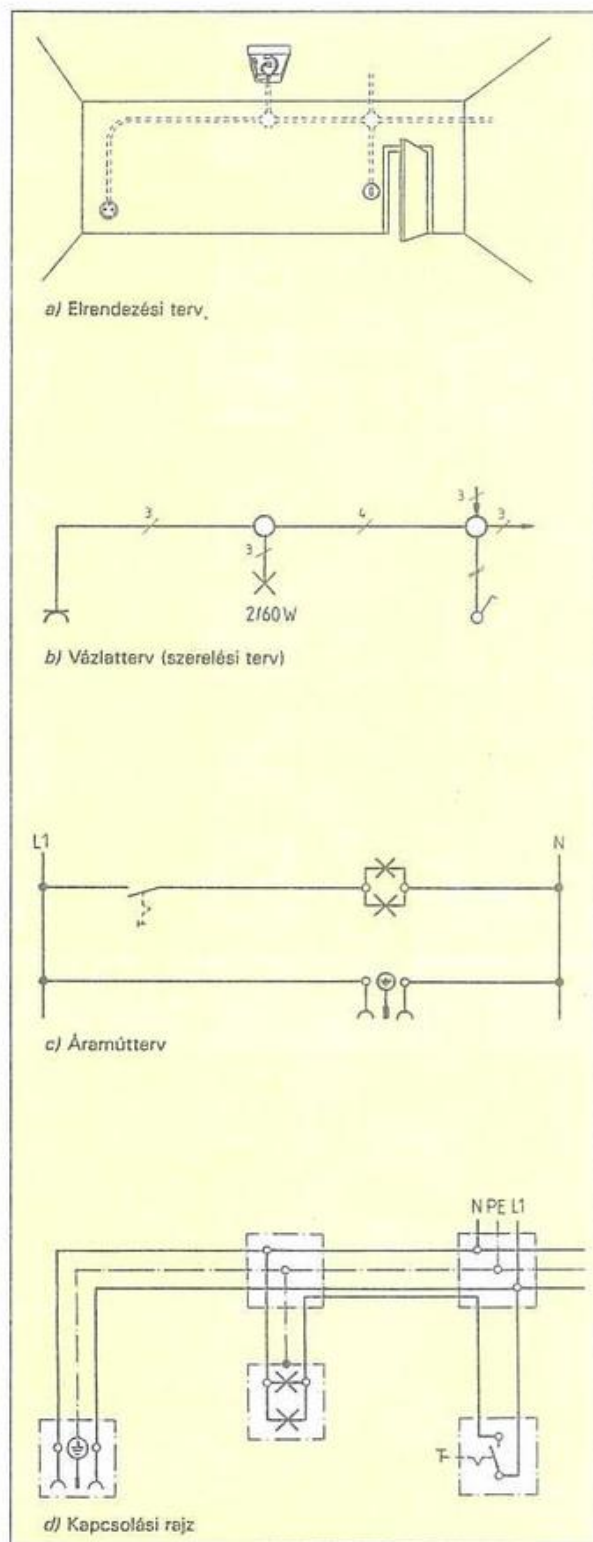
Az 1. ábrán egyszerű kikapcsoló és dugaszolóaljzat látható, különféle tervek alakjában. Az 1a ábra térbeli elrendezési terv, az 1b ábra vázlatterv, az 1c ábra áramúterv, végül az 1d ábra kapcsolási rajz. A tanulók számára főleg a kapcsolási rajznak van jelentősége, mert ez a teljes huzalozást közvetlenül mutatja. Ennek alapján lehet ellenőrizni az elkészült kapcsolás működőképességét.

Az 1. ábrán (284. oldal) két-két áramúterv és kapcsolási rajz látható világítási és fogyasztói dugaszolóaljzat szereléshez. Ezen az 1a ábra a „BE” és „KI” kapcsolási állapotot mutatja, a dugaszolóaljzat állandó bekötése mellett. Az 1b ábra olyan kapcsolást mutat, ahol a kapcsolóval nemcsak a lámpa, hanem a dugaszolóaljzat is kikapcsolható.

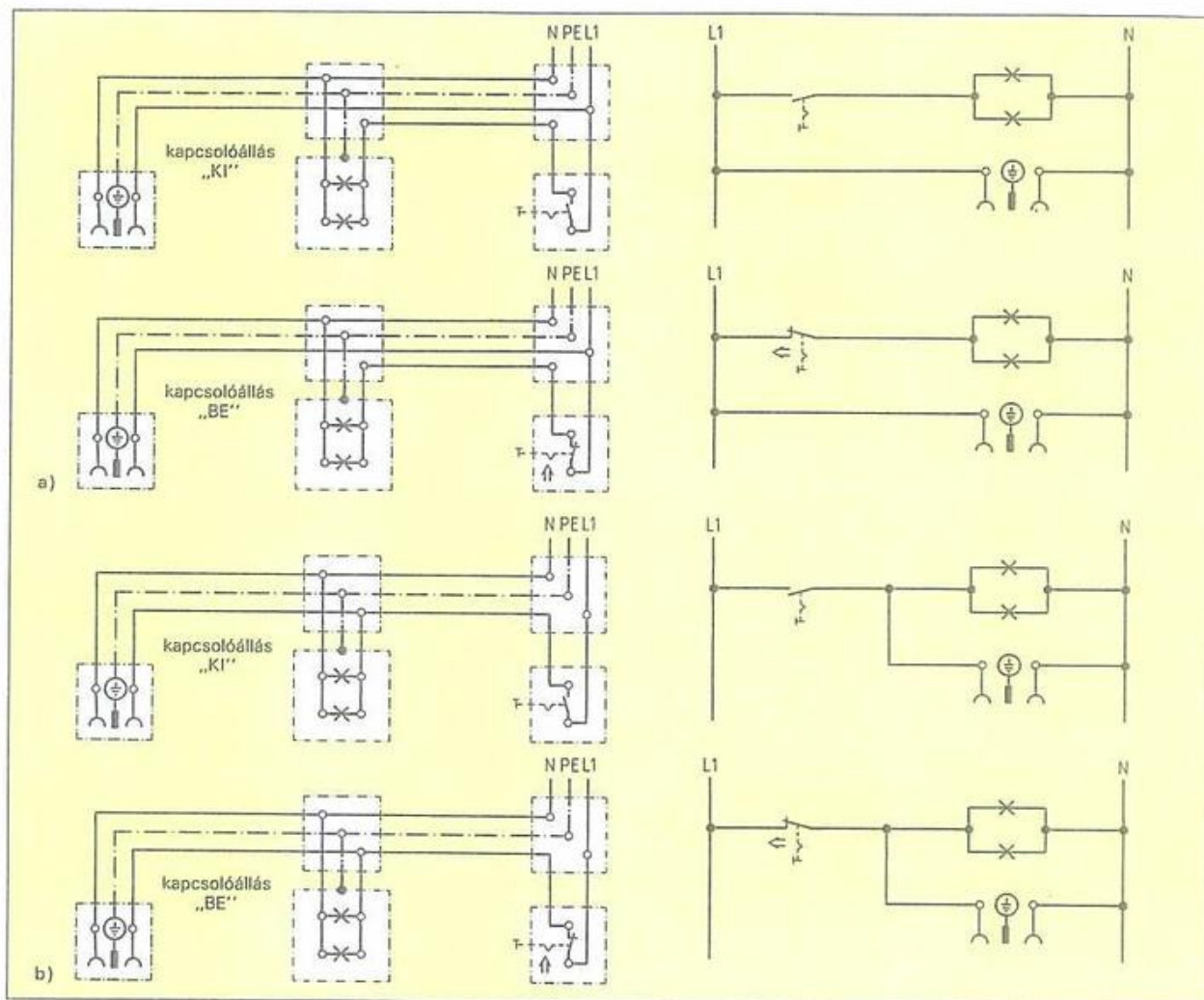
Soros kapcsolásnak azokat a világítási kapcsolásokat nevezzük, ahol több, többnyire két égőcsoportot kapcsolhatunk külön egy lámpában. A két kapcsoló közös dobozban van, így vezetéket lehet megtakarítani. A 284. oldal 2. ábrája mutatja a szóban forgó kapcsolást áramút- és kapcsolási rajz alakjában egyszer kikapcsolt, egyszer bekapcsolt égőcsoporttal.

Ha egy áramkört két helyen is ki kell kapcsolni (pl. egy szoba két ajtajánál), ehhez váltókapcsoló szükséges. Az 1. ábra áramútervéről (l. a 285. oldalon) két tényit állapíthatunk meg.

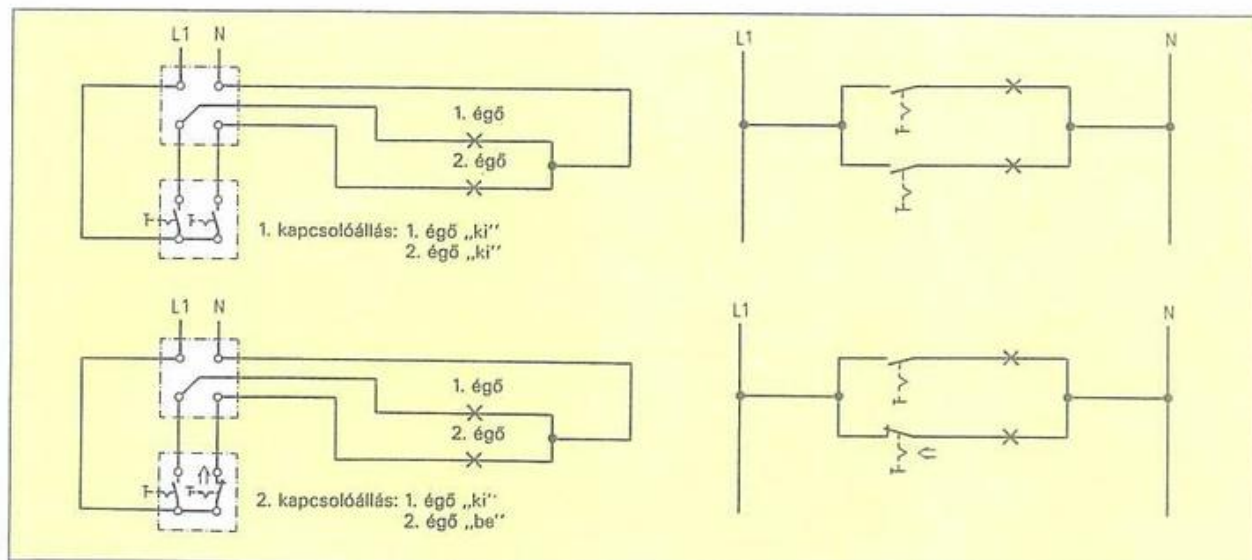
1. A lámpák a nullavezető oldalára vannak szerelve, ez biztosítja azt, hogy kikapcsolt állapotban a lámpán nincs feszültség.
2. A kapcsolás az „ÉS” kapcsolat különleges alakja (két záróérintkező soros kapcsolása). Csak akkor van bekapcsolva a lámpa, ha a két kapcsoló azonos állású, tehát mindkettő „fölfelé” vagy „lefelé” áll. Így lehet a fényt bármelyik kapcsolóval „BE” és „KI” kapcsolni.



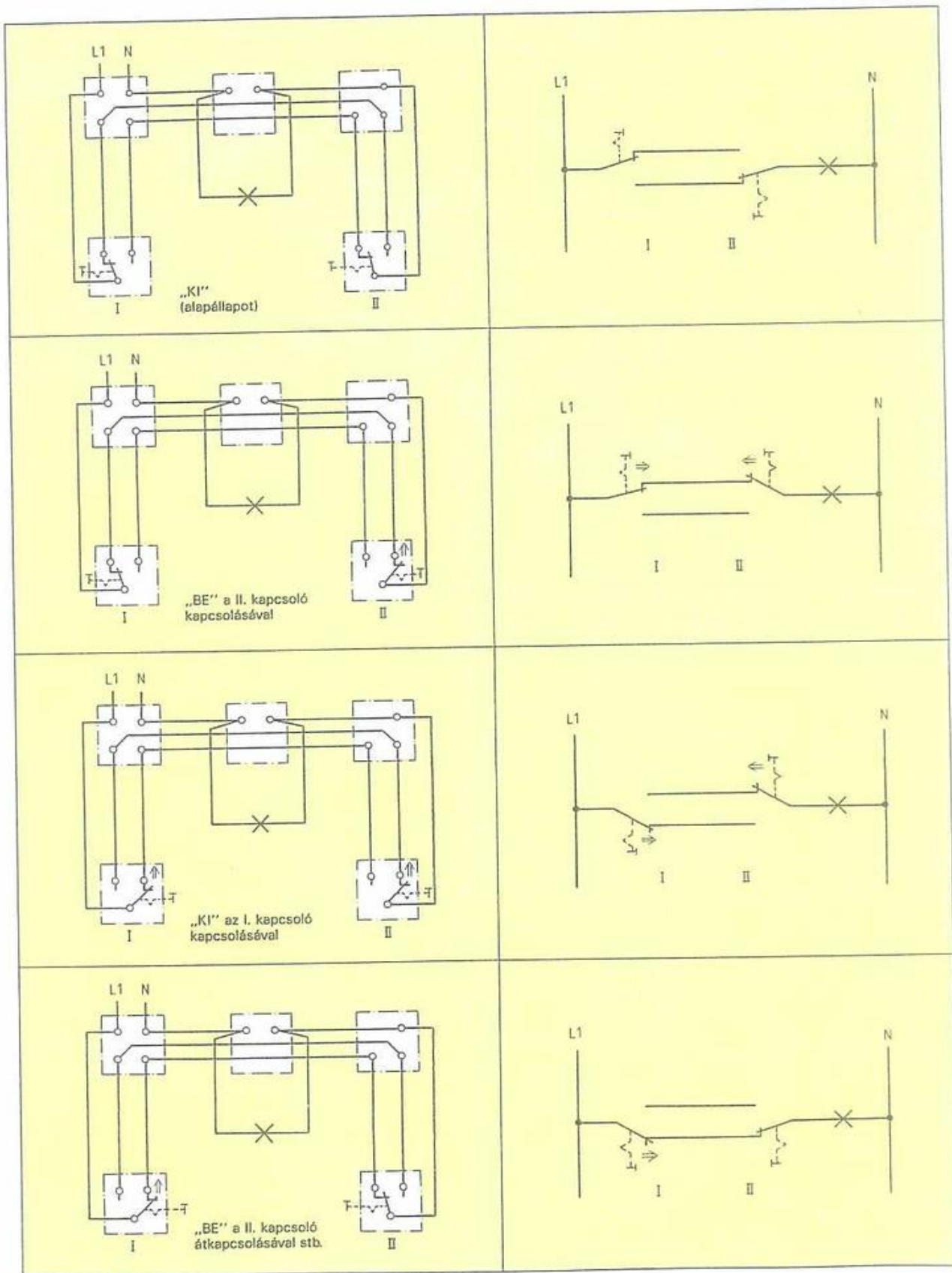
1. Villanszerelési kapcsolások különböző ábrázolásai (példa: kapcsoló lámpával és dugaszolóaljzattal)



1. Két különböző kapcsolás „kikapcsolt dugaszolóaljzattal”. Kapcsolási rajz és áramúterv



2. Soros kapcsolás két különböző kapcsolóállásban



1. Váltókapcsoló különböző állásai

A kapcsolási rajz már ebben az egyszerű esetben is eléggé áttekinthetetlen, és egyértelműen bizonyítja, hogy az egyvonalas rajz a kihúzandó vezetékek számát megadva sokkal áttekinthetőbb (1. ábra)

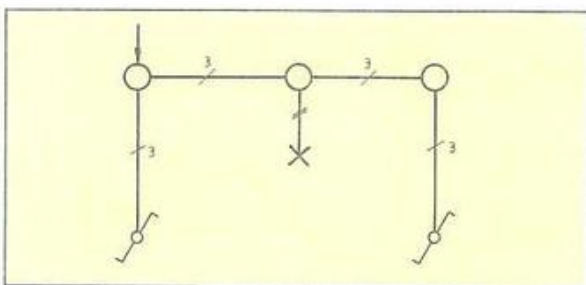
Még komplikáltabb a rajza az egyszerű kapcsolónak, ha váltókapcsolóval van kombinálva (2. ábra).

A 2a ábrán kapcsolási rajz, a 2b ábrán egyvonalas rajz látható. Ebből kiderül, hogy némi gyakorlással és tapasztalattal világosabb információt kapunk az egyvonalas vázlatból, mint a kevésbé áttekinthető kapcsolási rajzból.

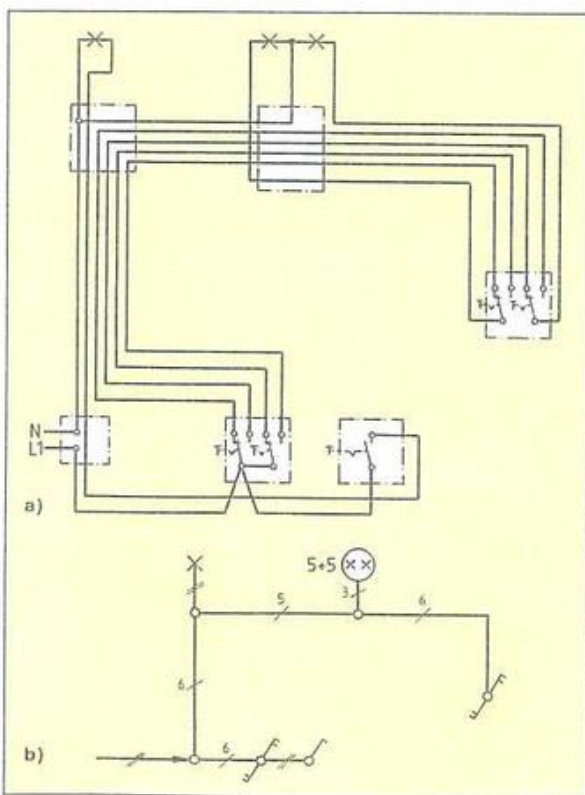
Ha a világítótestet két helynél több helyről kell kapcsolni, keresztkapcsolást használunk. Ezt a kapcsolást

korábban pl. lépcsőházakban használták. Napjainkban a hálósobákban fordul elő, ahol két ágyból és az ajtó mellől kell kapcsolgatni a lámpát.

A keresztkapcsolás onnan kapta a nevét, hogy a keresztkapcsolóban a két átkapcsoló a hozzá tartozó kontaktusokat „keresztbe kapcsolja”, azaz pólust vált (3a ábra). Ez biztosítja, hogy a felszerelt kapcsolók bármelyikének működtetésekor a világítás be- ill. kikapcsolódik. A 3b ábra áramúterve háromhelyű keresztkapcsolás kapcsolási lehetőségeit szemlélteti. Látható, hogy a keresztkapcsoláshoz két váltókapcsoló tartozik, amelyeket közvetlenül a fázisra és a nullára kapcsolunk. Közöttük keresztkapcsoló van.



1. Váltókapcsoló egyvonalas rajza a vezetékek számának feltüntetésével



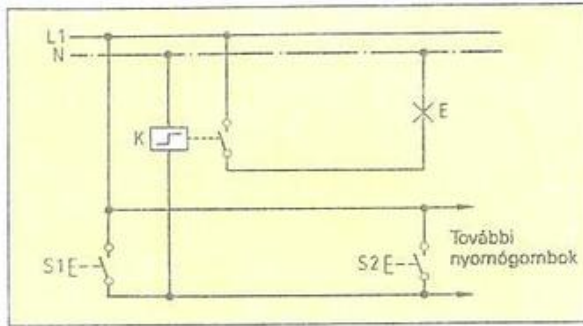
2. Kombinált soros váltókapcsoló járulékos kikapcsolóval.
(a) Kapcsolási rajz; (b) egyvonalas rajz



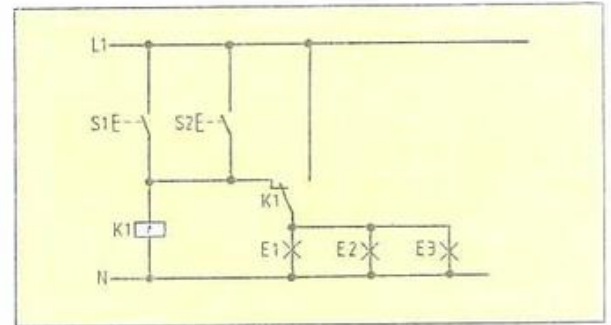
3. Keresztkapcsoló

Ha lakáskon kívül több kapcsolóhelyre van szükség, pl. lépcsőházakban, középületekben, majdnem kizárólag mágneskapcsolókat használnak (1. ábra).

Ha a világításnak csak meghatározott ideig kell bekapcsolva maradnia, pl. a lépcsőházakban, időkapcsolót (2. ábra) alkalmaznak.



1. Mágneskapcsolós vezérlés



2. Időkapcsoló

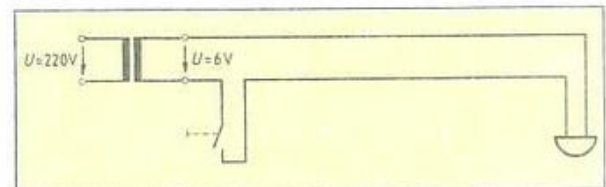
17.3. Hívóberendezések alapkapcsolásai

Házicsengők

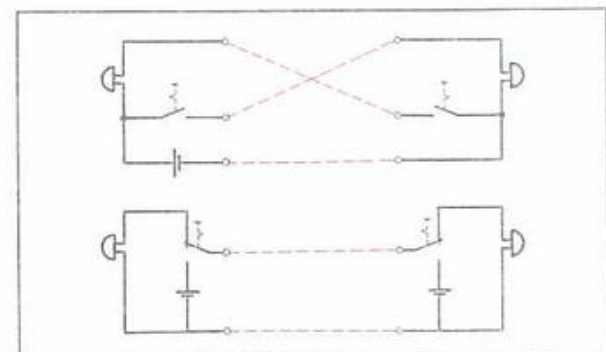
A házicsengők az általunk ismert legegyszerűbb hívóberendezések. A 3. ábrán egyszerű házicsengő látható egy nyomógommbal és egy csengővel.

Visszahívó készülék látható a 4. ábrán, amelyet pl. két helyiség között szerelnek fel. Ha csak egy telep vagy csengőtranszformátor van, három vezeték szükséges. Két teleppel, ill. csengőtranszformátorral elégséges két vezeték is. Egyetlen ér is elég, ha a másik pólus mindkét állomáson földelve van.

Valamivel bonyolultabb a nagyobb házicsengőrendszer felépítése kapunyitóval (l. az 1. ábrát a 288. oldalon). Minden lakáshoz tartozik egy nyomógomb a kapunál és egy a lakásajtó mellett. Egy nyomógomb van a lakásban kapunyitásra. Ilyen házicsengőrendszerhez a következő rendszer ajánlható: a tápfeszültség egyik sarka ott van minden nyomógombnál (a 288. oldal 1. ábráján pirossal), a másik sark az összes csengőhöz és ajtónyitóhoz csatlakozik (l. a 288. oldal 1. ábráján kékkel). A nyomógombok vezetékeit feketével, az ajtónyítók vezetékeit zölddel jelölték.



3. Egyszerű házicsengő



4. Visszahívó készülék

Személyhívó berendezések

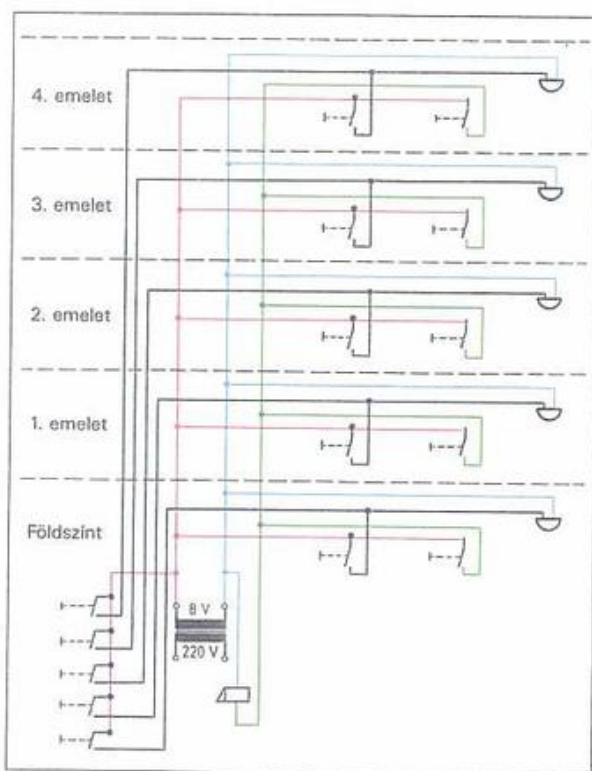
A személyhívó berendezések különböző személyek hívására valók. Gyakran lámpákkal vagy számokkal ellátott tablót használnak (2. ábra).

Minden hívott személyhez meghatározott lámpakombináció vagy szám tartozik.

Ha az X úrhoz tartozó lámpakombináció gyullad ki, az felszólítja őt arra, hogy azonnal hívja fel a legközelebbi telefonról a központot. Az észrevehetőség miatt a fényjelzést többnyire hangjelzéssel is összekapcsolják.

A 2. ábrán látható személyhívó berendezésnek összesen 16 különböző lámpakombinációja van. Egy kombináció, nevezetesen az, amikor egy lámpa sem világít, kiesik. A megmaradt 15 kombináció a 3. táblázat szerint 15 személy között osztható el.

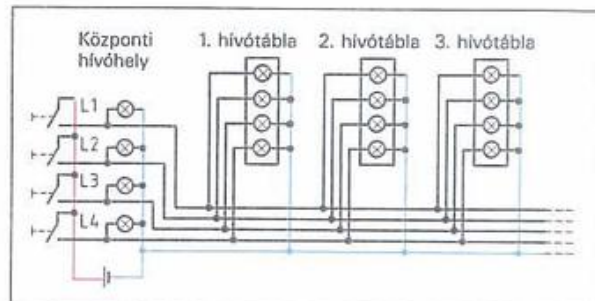
Ha több, mint 15 személyt kell hívni, a rendszer könnyen bővíthető. Minden kombinációhoz 2 személyt rendelünk. Ha az elsőre vonatkozik, a fényjel folyamatos. Ha a másodikra, villogó fényt ad. Ezzel a módszerrel az adott berendezéssel 30 személy hívható.



1. Házicsengő-berendezés ajtónyitóval

A kórházi hívóberendezések gyakran nagyon komplikáltak. Viszonylag egyszerű változat látható a 4. ábrán.

Ha a beteg megnyomja az RT hívógombot, az A relé meghúz és zárja az a_1 , a_2 és a_3 érintkezőket. A relé meghúzva marad, az a_1 érintkezőn át öntartó lesz (áramút: $+$, a_1 , AT , A -relé, $-$). A kórteremben kigyullad a nyugtázólámpa, a beteg látja a tevékenysége első eredményét. A szobaajtó fölött pedig a folyosón kigyullad a lámpa.

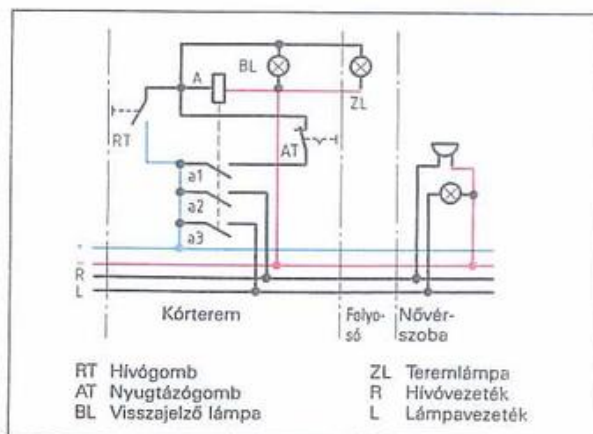


2. Személyhívó berendezés (lámpás)

A hívott személy száma	Lámpák L_1	L_2	L_3	L_4
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

0 : a lámpa nem világít; 1 : a lámpa világít.

3. Személyhívó berendezés táblázata (2. ábra)



4. Egyszerű kórházi hívóberendezés

Az a_2 reléérintkezőn át feszültség kerül az R hívóvezetékre, a nővérszobában pedig megszólal a berregő. Az R vezetékre további berregőket is kapcsolhatunk, pl. a teakonyhában, a kezelőhelyiségekben és más termekben, ahol nővérek és ápolók tartózkodnak.

Az a_3 érintkezőn keresztül jut feszültség az L lámpavezetékre, s a nővérszobában kigyullad a lámpa. Egy folyosó összes betegszobájához közös lámpavezeték is kiépíthető. Jobb azonban, ha minden kórteremnek saját lámpavezetéke van — és természetesen saját lámpája a nővérszobában. A lámpának átlátszó búrája van, a szobaszámmal ellátva. Minden lámpa megismételhető a többi fontos tartózkodási helyen is.

Ha a nővér belép a hívó beteg szobájába, akkor az AT nyugtázógombbal az A relét nyugalmi állapotába hozza. A fény- és hangjelzés ezzel megszűnik.

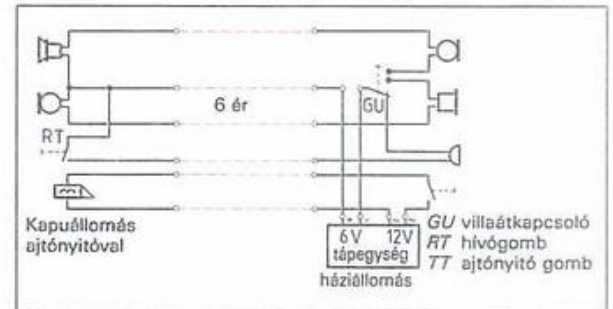
Ajtó- és kaputelefon-berendezések

Az ajtó- és kaputelefonok házitelefonok, kiegészítő berendezésekkel. A kertkapunál vagy a házkapunál kell, hogy legyen egy hangszóró, mikrofonnal összekötve (1. ábra). Vannak olyan hangszórók, amelyek egyben mikrofonom is. A többnyire rövid távolságok-

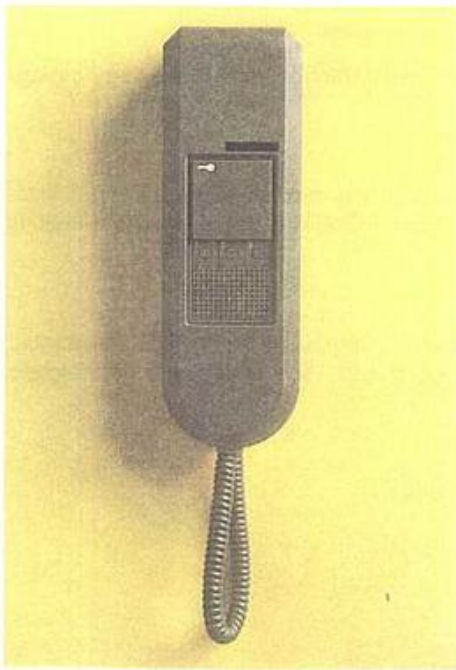
hoz nem kell erősítő. Ha a házi- és külső állomás között nagy a távolság, a hangszóró árama kis tranzistoros erősítővel felerősíthető. A külső állomás és a háziállomás között erősítésre soha nincs szükség, mert a hallgató a háziállomáson elég érzékeny.

A kaputól a hívógombbal (RT) lehet hívni. A kapunyitó a házból a TT gombbal működtethető.

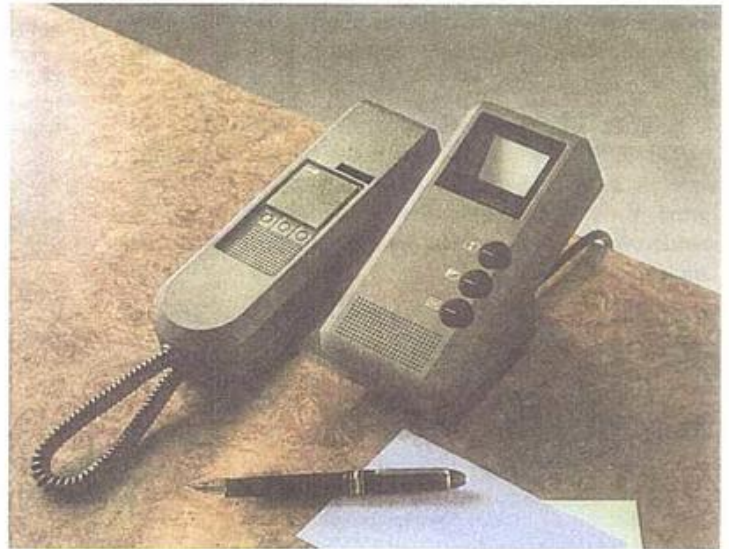
A gyakorlati kivitelük a 2. és 3. ábrán látható.



1. Kaputelefon-berendezés



2. Házitelefon ajtónyitóval



3. Házitelefon ajtónyitóval és videoképpel

17.4. Szigetelt vezetékek

Erősáramú szigetelt vezetékek

A villamos energiát megbízhatóan, gazdaságosan és veszélytelenül kell szállítani felhasználási helyére.

A vezetékeknek el kell viselniük a várható igénybevételeket, pl. húzást, nyomást, hőmérsékletet, nedvességet, kémiai behatásokat.

Szigetelt vezetékek a VDE¹ 0250, valamint a DIN 57281/VDE 0281 és DIN 57 282/VDE 0282 szerint. A vezetékek ki kell, hogy elégítsék a VDE előírásokat. 1976. január 1. határidővel a CENELEC² országokban (Belgium, Német Szövetségi Köztársaság, Dánia, Franciaország, Olaszország, Írország, Nagybritannia és Hollandia) a hordozható készülékek és szerelések vezetékai megegyeznek egymással, azaz ezekben az országokban azonos a jelölésük, a vizsgálati feltételeik, és a vizsgálatokat kölcsönösen elismerik.

A vezetékeket jelzőszállal vagy nyomattal jelölik. A VDE jelzőszál fekete-vörös, az egyeztetett vezetéké fekete-vörös-sárga, amelynél a színrend hosszúságviszonya a vizsgálóhely országára utal. A betűket a következő sorrendben nyomtatják, pl. HAR <VDE> <HAR> GYÁRTÓ.

A vezetékereket színekkel³ jelzik. A védővezeték színe zöld-sárga. Az egyeztetett kéterű, hajlékony vezetékek jelenleg világoskék-barna színűek a korábbi világoskék-fekete helyett.

Megkülönböztetjük a helyhez kötött vezetékeket, a mozgatható készülékek vezetékait és az erősáramú kábeleket.

Az egyeztetett vezetékek névleges feszültségét két váltakozó feszültséggel (U_0/U) adják meg. U_0 a vezeték és a föld közötti effektív érték, U az erek közötti effektív érték, többérű vezeték esetén. Az üzemi feszültség a névleges feszültséget legfeljebb 10%-kal lépheti túl.

A helyhez kötött vezetékek ereit a VDE 0293 és a VDE 0250 szerint jelölik. A nulla- vagy csillagpont-vezeték színe világoskék. A többi vezeték fekete és barna. 6 és több ér esetében a védővezeték kivéve minden ér fekete. Az ereket jelző nyomtatott számozás belülről kezdődik.

A következő táblázat a vezetékek betűjelzésének magyarázatát foglalja össze.

A DIN VDE 0250, DIN VDE 0283 és DIN VDE 0284 rövidítéseinek magyarázata

(A jelöléseknek az erősáramú és híradástechnikában néha eltérő a jelentése).

A	Ér
B	Olomköpeny vagy hajlékony
C	Vezetőburkolat a külső köpeny alatt (árnyékolás), NSH/Cőu
e	Egyszerű vezeték, pl. NYA 16 e
D	Sodrott vezeték
fl	Lapos kivitel, pl. NYLHY-O fl
F	Vékony huzalos, lapos vezeték
G	Gumiszigetelés, pl. NSGA Főu
2 G	Növelt hőállóságú gumikeverék, pl. N2GAFU
H	Kézi szerszám-vezeték
-J	Nemzetközi jelzésű zöld-sárga vezeték, pl. NYM-J
I	Világítási vezeték
m	Többérű vezeték, pl. NYA 16 m
M	Köpenyes vezeték
N	Első betű az összes jel előtt: VDE szabványvezeték
-O	Vezeték zöld-sárga védővezeték nélkül, pl. NMH-O
O	Özönálló
P	Lengőzsínór
ö	Olajálló, pl. NSHö
rd	Kerek vezeték kivitel, pl. NYLHY-Ord
u	Korlátozott éghetőség, pl. NSHöu
vers	Hajlékony vezeték, pl. NYFAw vers
w	Növelt hőállóságú vezeték, pl. NYPLYw
Y	PVC-alapú szigetelés vagy köpeny, pl. NYA

Színjelzés VDE 57 281 és 57 282 szerint (egyeztetett)	
Az erek száma	Az ér színe
1	Zöld-sárga, világoskék, más
2	Barna-világoskék
3	zöld-sárga-barna-világoskék
4	zöld-sárga-fekete-világoskék-barna
5	zöld-sárga-fekete-világoskék-barna-fekete

Az érszínek alkalmazása:

Kizárólag védővezetéknek és védő nulla- vagy csillagponti vezetéknek:

zöld-sárga

Nulla- vagy csillagponti vezeték jelölésére. Nincs kizárólagosság, kapcsolószámként vagy fázisvezetőknek is használható:

világoskék

A fázisvezető színe. Nem használható védővezetéknek, nullavezetéknek, közép- vagy csillagponti vezetéknek:

barna

fekete

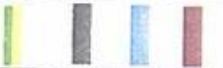
¹ VDE: Verband Deutscher Elektrotechniker, az utána következő szám az irányelvek száma.

² CENELEC: Az elektrotechnikai szabványosítás európai bizottsága.

³ Az eredeti színeket l. a 291. oldal színtábláján.

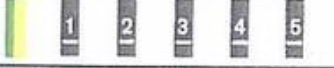
Erősáramú szigetelt vezetékek érjelzései

Rögzített helyzetű vezetékek

Ér- szám	Színjelzés a VDE 0250 szerint		Egyeztetett vezetékek
	Védővezetékekkel (rövidítés — J)	Védővezeték nélkül (röv. — O)	Jelölés színnel (DIN 57282/VDE 0282)
1	 és más színek	—	 és más színek
2	—		— 
3			
4			
5			

 használata kizárólag védővezetékeknek vagy középpont-, ill. csillagpontvezetékeknek, védelmi feladattal.

Mozgatható vezetékek

Ér- szám	Színjelzés a VDE 0250 szerint		Egyeztetett vezetékek
	Védővezetékekkel (röv. — J)	Védővezeték nélkül (röv. — O)	Jelölés színnel (DIN 57281 és DIN 57282)
1	—		 és más színek
2	—		— 
3			
4			
5			
6 és több			A védővezeték nélküli vezetékek még nincsenek egyeztetve
	Zöld-sárga, a többi ér fekete nyomatott számmal, 1-gyel kezdve belülről, a zöld-sárga a legkülső.	Az erek feketék, rájuk nyomott számmal, 1-gyel kezdve belülről.	

Hengeres csatlakozók színjelölései

A fedél színjelölése			
			
Hengeres csatlakozók a DIN 49462 és DIN 49463 szerint			

Harmonizált (egyeztetett) vezetékek jelölései, ill. rövid jelölései

Műanyag érvezeték 1,5 mm ² , fekete		
H 07	V U	1,5 fekete
Könnyű műanyag tömlővezeték		
H 03	V V - F	2 × 0,75
Nehéz műanyag tömlővezeték		
H vagy A 07	R N - F	3 × 10

A meghatározás jelölése	
H:	harmonizált meghatározás
A:	elfogadott hazai típus a harmonizált meghatározás kiterjesztésére
Névleges feszültség, V	
03:	300/300 V
05:	300/500 V
07:	450/750 V

Harmonizálás jelzése a vezetéken	
◁ VDE ▷ ▷ HAR ▷	
Jelzőszál (BRD)	
Kábelek és vezetékek közös jelölése. Felül nyomtatva vagy préselve; alul mint fekete-vörös-sárga színjelzés (a szín hosszúsága cm-ben).	

Érszigetelés	
V:	PVC
R:	természetes és/vagy sztirol-butadiénkaucsuk
S:	szilikonkaucsuk
Köpeny és fonadék	
V:	PVC
R:	természetes és/vagy sztirol-butadiénkaucsuk
N:	poliklorofén-kaucsuk
J:	üvegszálfonadék
T:	textilfonadék
A felépítés különlegességei	
H:	lapos, osztható vezeték
H2:	lapos, nem osztható vezeték
Vezetékfajta	
-U:	kerek, egyrű vezeték
-R:	kerek, többérű vezeték
-K:	sodrott vezeték helyhez kötött szereléshez
-F:	sodrott vezeték mozgatható vezetékhez
-H:	finomsodrott vezeték mozgatható vezetékhez
-Y:	lajn-lítze vezeték

Érszám	
G:	zöld-sárga ér is van
X:	nincs zöld-sárga ér
Vezeték-keresztmetszet	

Harmonizált műanyag vezetékek

Nr.	Jelölés a DIN 57281/VDE 0281 (HD 21*) szerint	Új rövid típusjelölés	Névleges feszültség, U_0/U , V	Érszám és vezeték keresztmetszet, mm ²	Korábbi típusjelölés a VDE 0250/3.69 szerint (azonos színnel)
1.	Könnyű ikervezetékek	HO3VH-Y	300/300	2 × kb. 0,1	NLYZ
2.	Ikervezetékek	HO3VH-H	300/300	2 × 0,5 és 0,75	NYZ (NYD (behúzott tartalék)
3.	Könnyű PVC tömlővezetékek kerek kivétel	HO3VV-F	300/300	2 × és 3 × 0,5 és 0,75	NYLHY rd
4.	lapos kivétel Közepes PVC tömlővezetékek	HO3VVH2-F HO5VV-F	300/500	2 × ... 5 × 1 ... 2,5	NYLHY fl NYMHY
5.	PVC huzalozóvezetékek tömör vezetével sodrott vezetével	HO5V-U HO5V-K	300/500	1 × 0,5 ... 1	NYFA (NYFAZ u. NYFAD NYFAF (behúzott tartalék)
6.	PVC érvezetékek egyszerű vezetével többérű vezetével sodrott vezetével	HO7V-U HO7V-R HO7V-K	450/750	1 × 1,5 ... 16 6 ... 400 1,5 ... 240	NYA (NSYA, NSYAP NYA (NSYAW NYAF (behúzott tartalék)

* HD 21: 21. sz. harmonizálási dokumentum

Harmonizált gumiszigetelésű vezetékek

Nr.	Jelölés DIN 57282/VDE 0282 (HD 22*) szerint	Új rövid típusjelölés	Névleges feszültség, U_0/U , V	Érszám és vezeték keresztmetszet, mm ²	Korábbi típusjelölés a VDE 0250/3.69 szerint (azonos színnel)
1.	Hőálló szilikongumi érvezető	HO5SJ-K	300/500	1 × 0,5 ... 16	N2GAFU
2.	Gumi érvezető	HO3RT-F	300/300	2 × vagy 3 × 0,75 ... 1,5	NSA
3.	Könnyű gumi tömlővezetékek	HO5RR-F	300/500	2 × ... 5 × 0,75 ... 2,5	NLH/NMH
4.	Nehéz gumi tömlővezetékek	HO7RN-F	450/750	1 × 1,5 ... 400 2 × és 5 × 1 ... 25 3 × és 4 × 1 ... 95	NMH/NMHou/ NSHou

* HD 22: 22. sz. harmonizálási dokumentum

A táblázatban felsorolt vezetéseken kívül egy sor hazai felépítési mód is van:

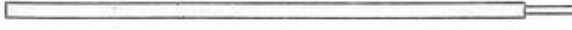
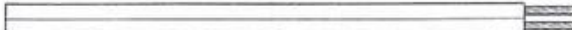
1. Az „elismert hazai típusok”, amelyek két csoportba oszthatók:

a) elismert hazai típusok, amelyek a harmonizált vezetékek kiegészítését alkotják, pl. az érszám és vezeték-keresztmetszet szempontjából. Egyéb szempontokból megfelelnek a harmonizált vezetékek előírásainak;

b) elismert hazai típusok, amelyek a harmonizált vezetékektől eltérő felépítésűek.

Hazai vezetéktípusok, amelyeket a harmonizálás még nem érintett, pl. ≥ 1 kV névleges feszültségű vezetékek, valamint helyhez kötött szerelésű többérű vezetékek, amelyek harmonizálása még nincs lezárva. Az összes 1. és 2. alatt szereplő vezeték kivételével megegyezik a korábbi VDE előírásokkal és alkalmazásuk a Németországi Szövetségi Köztársaságban megengedett.

Szigetelt vezetékek rögzített elhelyezésre (választék)

Típus	Minta	Névl. feszültség	Felépítés	Alkalmazás
NYFAw 0,75			NYFAw, NYFAZw rézvezeték szilikonkaucsuk- szigeteléssel (nem egyeztetett)	Lámpafoglalat-vezetékek növelt hőállósággal, üzemi hőmérséklet $\leq 180\text{ °C}$, nagy környezeti hőmérsékleten pl. kazánházakban, öntödékben
NYFAw bl 0,5				
NYFAZw w 2 x 0,75				
H05V-U1 sw			H05V tömör (U) vagy sodrott (R vagy K) rézvezeték PVC-szigeteléssel	Huzalozó vezeték belső huzalozásra
H05V-K1 gnge				
H07V-U ² H07V-R	Műanyag bevonatú vezeték	450/750 V	H07V-U, H07V-R tömör vagy sodrott rézvezeték, H07V-K különlegesen hajlékony rézvezeték PVC-szigeteléssel	Száraz térben készülékekben, kapcsoló- és elosztóberendezésekben, védőcsőben, falon kívül vagy falban (lakások és szállodák fürdő- és zuhanyozóhelyiségében csak műanyag védőcsőben), és falon kívül szigetelőkon az érintési magasság fölött
H07V-K ²				
NYIF ¹	Vezeték (lapos)	380 V	NYIF tömör rézvezeték PVC-szigeteléssel, 2, 3, 4 vagy 5 ér síkban elhelyezve, világos vulkanizált gumi összefogással	Száraz helyiségben vakolatban és falon kívül. Megengedett lakások és szállodák fürdő- és zuhanyozóhelyiségében is, fedővakolat nélkül mennyezeti és fali hornyokban (beton, kő vagy más neméghető anyagból)
NYM ¹ NYMZ	Köpenyes vezeték	500 V	NYM, NVMZ tömör vagy sodrott rézvezeték PVC-szigeteléssel A többeres vezetékek erei sodrottak és plasztikus töltőanyaggal vannak körbeöntve. Erre jön a PVC-köpeny	Száraz, párá és nedves helyiségekben, tűz- és robbanásveszélyes üzemcsarnokokban és raktárakban, mezőgazdasági üzemekben, valamint a szabadban (de nem a földben) Helyhez kötött szerelés vakolat fölött és vakolaton, valamint vakolatban és vakolat alatt
NSGAFöu ¹	Gumiszigetelésű vezeték	3000 V	NSGAFöu sodrott rézvezeték PVC-szigeteléssel, főltte nehezen gyulladó és olajálló kloropren-kaucsuk gumiköpennyel	Száraz helyiségben Sínhez kötött járművek és trolibuszok részére a VDE 0115 szerint, rövidzárlat- és földzárlatbiztos kötések kapcsolóberendezésekben, a VDE 0100 szerint

¹ Rövidített jelölés a 290. oldalon.² Rövidített jelölés a 292. oldalon

Típus	Minta	Névl. feszültség	Felépítés	Alkalmazás
NYL, NYLRZY ¹	Műanyag szigetelésű fénycsővezeték (VDE 0128)	3,75 vagy 7,5 kV maximális üzemi feszültség a földhöz képest	Csupasz rész, 1,5 mm ² , sodrott NYL Termoplasztikus műanyag, sárga színű NYLRZY mint a NYL; járulékosan falcolt horganyköpeny 0,25 mm-es szalagból (irányodati), alatta finomszálas ónozott rézsodrat 1,5 mm ² keresztmetszettel mint kísérőszál Termoplasztikus műanyag, sárga színű Legfeljebb 20 cm távolság- ban, fekete színnel tartósan rányomtatva a névleges feszültség	Fénycsőves készülékekben, rögzített elhelyezéssel
Vezetékek változtatható helyű fogyasztók számára (VDE 0250)				
H03VH-H ²	Ikervezetékek	300/300 V	H03VH-H Sodrott rézvezeték kis távolságra egymástól PVC-köpennyel véve körül úgy, hogy azok a szigetelés sérülése nélkül szétválaszthatók legyenek	Száraz helyiségben Nagyon kis mechanikai igénybevételre; könnyű kézikészülékek, hőfejlesztők kivételével
H03VV-F ²	Műanyag tömlővezetékek	300/300 V	H03VV-F Sodrott rézvezeték PVC-szigeteléssel. Az erek sodrottak, kívül PVC-köpeny	Száraz helyiségben Kis mechanikai igénybevételre, könnyű készülékekhez
H05VV-F ²	Műanyag tömlővezetékek	300/500 V	H05VV-F Sodrott rézvezeték PVC-szigeteléssel. Az erek sodrottak, kívül PVC-köpeny	Száraz helyiségekben Közepes mechanikai igénybevételre; háztartási és konyhai készülékekhez páras helyiségekben is
H05RR-F ²	Gumi tömlővezeték	300/500 V	H05RR-F Ónozott, sodrott rézvezeték, érszigetelése vulkanizált gumikeverék. Az erek sodrottak, belső gumiköpeny, fölötté gumiköpeny mint a H05RN-F és H05RR-F kábel esetén, de a köpeny nehezen éghető és olajálló kloroprén-kaucsukból	Száraz, helyiségekben Kis mechanikai igénybevételre könnyű kézi- és hőfejlesztő készülékekhez Száraz, páras és nedves helyiségekben A szabadban kis mechanikai igénybevétellel, mint pl. kerti vagy más könnyű készülékekhez
H07RN-F ²	Nehéz gumi tömlővezetékek	450/750 V	H07RN-F Ónozott, sodrott rézvezeték, érszigetelésük vulkanizált gumikeverék. Az erek sodrottak, belső gumiköpeny, fölötté a második köpeny nehezen gyulladó és olajálló kloroprén-kaucsukból	Közepes mechanikai igénybevételre, száraz páras és nedves helyiségekben, robbanásve- szélyes üzemépületekben a VDE 0165 szerint alkalmazható. Szabadban, mezőgazdasági üzemekben, tűzveszélyes üzemépületekben valamint ipari vízben használható. Szerszámokhoz, mozgatható motorokhoz, vasúti motorokhoz és mezőgazdasági gépekhez, valamint építkezéseken
NSSHöu ¹	Nehéz gumi tömlővezetékek	1000 V	NSSHöu Ónozott sodrott rézvezeték, érszigetelés vulkanizált gumikeverékből, az erek összesodorva, belső gumiköpeny, fölötté a második köpeny nehezen gyulladó és olajálló külső köpennyel	Nagy mechanikai igénybevételre, száraz, páras és nedves helyiségekben, robbanásveszélyes üzemépületekben, a VDE 0165 szerint a használata megengedett szabadban, tűzveszélyes üzemépületekben, valamint ipari vízben Szerszámokhoz, mozgatható motorokhoz, vasúti motorokhoz és mezőgazdasági gépekhez, építkezéseken

¹ Rövidített jelölés a 290. oldalon.² Rövidített jelölés a 292. oldalon

Híradástechnikai vezetékek

Berendezések és készülékegységek összekötésére alkalmasak. A vezetékeknek a következő VDE-ajánlásoknak kell megfelelniük:

VDE 0250; 0252; 0283; 0812-től 0817-ig és 0890. Ezek VDE jelzésekkel vagy jelzőszállal vannak ellátva, ill. kísérleti jelzőszállal vagy jelzéssel, ha új anyagot próbálnak ki.

A híradástechnikai vezetékekben mindig van jelzőszál a gyártó azonosítására, vagy a cég neve rá van nyomtatva a köpenyre.

A vezetékeket a VDE 0880, ill. VDE 0890 szerint kell szerelni.

YV Összekötő huzalok



Y = PVC-szigetelés
Sodrott huzal, ónozott

Készülékek és keretek huzalozásához

LiFY Huzalozó-lítzék



Lítze, finomhuzalos, PVC-szigetelés

Li f Y

LiFY

Mozgó részek összekötésére

YV(ST)Y Árnyékolt összekötő huzalok híradástechnikai- és vezérlőjelekhez



PVC-szigetelésű, ónozott összekötő huzal statikus árnyékolással és

Y V (St)

PVC-köpennyel

Y

V = ónozott/St = statikus árnyékolás

YV(St) Y

2YCY Koaxiális kábel Nagyfrekvenciás vezeték



Koaxiális nagyfrekvenciás-kábel

Középső rézvezeték, PE-távolságtartó, réz külső

Cu 2Y Cu

(itt PE köpennyel)

Cu2YCu

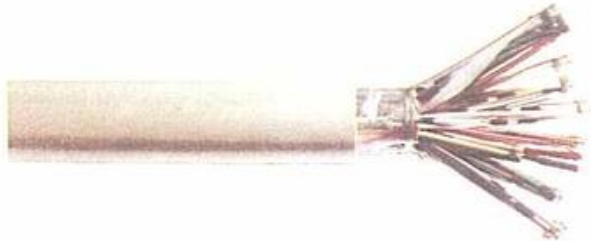
Antennákra mint a vezeték nélküli és vezetékes összeköttetés átmenetére a VDE 0855 ajánlás érvényes.

Híradástechnikai vezetékek és kábelek rövid jelölései:

Bd	Sodratkötég
C	Árnyékolás rézfalonat
J-	Szerelővezeték és -kábel
JE-	Ipari elektronikai szerelőkábel
L-	Vezeték
Li	Lítze-vezeték
S-	Kapcsolókábel
(St)	Villamos árnyékolás lémszalagból
V	Ónozott
Y	PVC-köpeny
7Y	(ETFE) etilén-tetrafluor-etilén szigetelés
2Y	(PE) polietilén-szigetelés

S-YV St Yx2x0,6 Bd

Összekötő kábel távközléshez



Összekötő kábel, PVC-szigetelésű, ónozott, statikus árnyékolással és PVC-köpennyel

10 kettős ér, $\varnothing$ 0,6 mm, kötegelve (Bd)

Ha S helyett I áll,

S-YV(St)Y 10x2x0,6 Bd szerelőkábelről van szó

I-2Y(Z)Y 10x2x0,6 Bd

Szerelőkábel



Installációs kábel, polietilén-szigetelés, tehermentesítő acélfonat PVC-köpennyel

10 kettős ér $\varnothing$ 0,6 mm-es vezetékiből kötegbe fonva

I-2Y(Z)Y10x2x0,6 Bd

L-YCY 4x1x0,75

Árnyékolt tömlővezeték mozgatható készülékekhez



Tömlővezeték:

Lítze-vezeték PVC-szigeteléssel, árnyékoló rézfalonat

L Y C

PVC-köpennyel

Y

4 ér, 0,75 mm² keresztmetszetűek

L-YCY 4x1x0,75

17.5. Ellenőrizze tudását

17.1. szakaszhoz: A lakóépületek villanyszerelési irányelvei

1. Mit értünk a villanyszerelés biztonságán?
2. Milyen feltételeket kell teljesíteniük a mérőhelyeknek?
3. Miért nem szabad bizonyos helyeken felszerelni a mérőket és vezérlőkészülékeket? Soroljuk fel ezeket a helyiségeket és a hozzájuk tartozó indokokat!
4. Milyen távolsághatárok érvényesek a DIN 43870 szerint családi házakban a mérőszekrényre?
5. Magyarázzuk meg azt az előírást, hogy a vakolat alatti vezetékeket csak vízszintesen és függőlegesen lehet vezetni!
6. Melyik szabvány írja elő a nem láthatóan elhelyezett vezetékek, leágazások, kapcsolók stb. és a szerelési zónák helyét?
7. A háztartások felszereltségi fokát milyen minőségi osztályokba sorolják a villanyszerelés szempontjából?
8. Ismertessük a 2-es felszereltségi osztályú lakások fontos jellemzőit!
9. Miért van szükség kempingekben és az építkezéseken külön elosztószekrényre?

17.2 és 17.3. szakaszhoz: Villanyszerelési kapcsolások. A hívóberendezések alapkapcsolásai

1. Soroljuk fel a VDE-előírásokat:
 - a) lámpák és készülékek csatlakoztatására;
 - b) elosztókhoz és dobozokhoz;
 - c) vezetékvédő kisautomatákra!
2. Soroljuk fel a villanyszerelési rajzok négy fajtáját!
3. Rajzoljunk installációs tervet kapcsolóval és lámpával, valamint dugaszolóaljzattal, és magyarázzuk el a megadott adatokat!
4. Rajzoljunk vázlattervet és áramútervet három kapcsolóhelyhez keresztkapcsolóval, és magyarázzunk el két kapcsolóállást!
5. Rajzoljuk fel a kaputelefon alapkapcsolását ajtónyitóval, és soroljuk fel az egyes szükséges áramköröket!

17.4. szakaszhoz: Szigetelt vezetékek

1. Milyen mechanikai és kémiai igénybevételeknek vannak kitéve a mozgatható vezetékek?
2. Nevezzünk meg olyan vezetékfajtákat, amelyek a vakolat alá, ill. a vakolatba fektethetők!
3. Milyen érszíneket használnak az erősáramú vezetékeknek? Melyik színt nem szabad áramvezetésre használni? Mire való ez a vezetékek?
4. Nevezzünk meg vezetékeket a mozgatható készülékekhez és alkalmazási területüket!

18. Adatfeldolgozás*

18.1. A számítógép jelentősége

A számítógép alkalmazási területei

Néhány példán keresztül bemutatjuk a számítógép sokoldalú felhasználhatóságát.

Számítógép a szolgáltatásban

A kereskedelemben alkalmazott számítógép nyilván tartja a mindenkor készletet, kiszámítja az árucikk árát, és számlát is ad. De számítógép felügyeli a raktárat, és intézi a megrendeléseket.

A bankok a sokrétű pénzügyleteiket csak számítógéppel tudják lebonyolítani. A számítógép teszi lehetővé, hogy a pénzmozgások nagy száma mellett állandó áttekintésünk legyen, hiszen nagy feladat a napi adatmennyiség adminisztrálása. Dönteni kell arról, hogy melyik adatot kell tárolni és melyiket lehet megsemmisíteni.

Az utasforgalomban az ügyfélnek van haszna a gyors könyvelésből és helyfoglalásból. Ez teszi pl. lehetővé hogy egy vonat meghatározott helyét több állomáson is le lehessen foglalni. Jobban kihasználhatók a repülőjáratok és a szállodák is, ebből is a vevőknek van hasznuk a kedvezőbb árú jegyek gyors megszerzésével.

Az újságok, folyóiratok és a könyvek elkészülésének átfutási ideje a számítógépek felhasználásával csökken, emellett a változtatások gyorsabbak és a szerkesztés sokrétűbb lehet.

Számítógép az államigazgatásban, közlekedésben

A számítógép az államigazgatásban is átvesz feladatokat, pl. az engedélyezési és számlázási ügyekben. A számítógép adatokat szolgáltat az építési és közlekedési tervezéshez.

Számítógép ellenőrzi és szabályozza a közlekedést a közutakon, a vasutakon és a levegőben. Számítógéppel irányított közlekedési lámpák segítik a forgalmat. A számítógépes váltóállító rendszerek sűrűbb vonatforgalmat és nagyobb biztonságot jelentenek. A navigátorok sokszor nem a radarernyőt, hanem a számítógépes radaradatokat látják.

Számítógép a gyógyászatban

Számítógép ellenőrzi a súlyos betegek állapotát, segít a diagnózisban és a kezelésben. Különösen a röntgen- és ultrahang-diagnosztikában szolgáltat sokrétű információkat.

Számítógépek a technikában

A számítógépeket különösen a műszaki életben alkalmazzák igen sok helyen.

A fejlesztésben a terveket számítógépen készítik. A folyamatokat számítógéppel szimulálják, ezzel időt és költséget lehet megtakarítani. A szerkesztésben a számítógép kiváltotta a rajztáblát. A rajzok CAD-rendszerben készülnek (COMPUTER AIDED DESIGN: számítógéppel segített tervezés és rajzolás).

* A vonatkozó magyar szabványok: MSZ 7788/1–22, MSZ 7798/1–, MSZ 7810/1–14

A termelésben a számítógép optimalizálja és vezérli az anyagáramlást. A robotok fokozzák a munkatempót és a minőséget, egyben átveszik az embertől a nehéz és veszélyes munkákat. A fejlődés az olyan rendszerek felé halad, amelyekben a teljes gyártást számítógép tervezi és hajtja végre (CIM: COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING: gyártás számítógéppel).

Váltás a szakképzésben

Mivel a számítógép egyre több rutin- és szalagmunkát vesz át, a szakképzés is váltásra kényszerül. Kevesebb munkaerő szükséges az egyszerű feladatokra, ezzel szemben egyre több magasan képzett személy kell a fejlesztési, beállítási és ellenőrző feladatokra.

A munkahelyek számának befolyásolása

Az iparban a munkabérigényes mechanikai munkákat a mikroelektronika alkalmazásával csökkentik. A gyártási folyamatokban egyre több automatikus rendszert és robotot használnak, s ennek közvetlen hatásaként munkaerőt lehet megtakarítani.

Az a kérdés, hogy a korszerű technika munkaerőigénye helyettesítheti-e a régieket. Egy biztos, hogy kevesebb lesz a fizikai munka a jövőben, és hosszú távon egyre csökken a munkaidő a hagyományos munkarendű üzemekben.

Adatvédelem

A személyekkel kapcsolatos információk igen különböző adatokat fognak össze: a munkahelyen a személyi adatok, mint pl. nem, családi állapot, életkor, lakáscím. Az orvosnál az egészségi állapotra vonatkozó adatok vannak együtt. Az adóhatóság rögzíti a kiadásokat és bevételeket. A közlekedési kihágásokat központi helyen regisztrálják.

Szinte minden országban létezik adatvédelmi törvény, amely arról gondoskodik, hogy csak az illetékesek jussanak az adatokhoz, és meg is akadályozza az illetéktelen vagy jogtalan hozzáférést. Például a munkahely nem juthat minden további nélkül az egészségre vagy a közlekedési büntetésekre vonatkozó adatokhoz.

Az adatvédelmi törvény betartását megfelelő hatóság ellenőrzi. Lényeges, hogy az adatvédelmi törvény módját ad arra, hogy ellenőrizhető legyen az adatok felhasználása.

18.2. Adatok

Adatfajták

A számítógépek a következő **adatféléseket** dolgozzák fel:

- számok** (numerikus adatok),
- jelek és jelsorozatok** (nem numerikus adatok).

A számértékeket a számtartomány (a legnagyobb és a legkisebb szám), valamint a feldolgozási pontosság korlátozza. A BASIC-nyelven programozható számítógépeken a szokásos határok:

- számtartomány: $\pm 2,9 \cdot 10^{-39} \dots \pm 1,7 \cdot 10^{38}$,
- pontosság: 7 helyiérték.

Jelek az összes betű, a számok 0-tól 9-ig, a különleges jelek pl. a betűköz, írásjelek, műveleti jelek, zárójelek, számjelek stb. A jelsorozat (angolul string) jelekből áll. Ez lehet szó vagy szöveg, de jelek tetszőleges sorozata, pl. típusjelölés is.

A számok feldolgozása

A számokkal műveletek végezhetők. Minden számítógépen elvégezhetők az alpműveletek, de sok más matematikai függvény is használható, pl. logaritmuskeresés, -visszakeresés, szögfüggvények és inverzek stb.

A számokat különböző kulcsoknak nevezett szempontok szerint lehet rendezni. Példaként válogatni lehet a számokat nagyság szerint, vagy **felosztható** egy

számhalmaz pl. páros és páratlan számokra. A válogatás és rendezés nem tartozik a számítógép alapfunkcióihoz, ehhez külön programra van szükség.

Jelek (jelsorozatok) feldolgozása

Szövegek

Szövegeket lehet **beírni** és **formázni**.

Ha a szöveg levél, akkor a beíráshoz tartozik a fejléc, cím, megszólítás, levélszöveg és üdvözlőblokk bevitele, majd ezt követi a megfelelő formátumu nyomtatás. A szövegek megírásához és formázásához célszerűen **szövegszerkesztő programot** használnak.

Adatok

Az adatokat **adattárba** viszik és rendezik, amelyben az adatok jegyzéke — vezetéknév, keresztnév, utca, irányítószám, lakóhely és telefonszám — található. Az egyes adatok jelsorozatok.

Az adattár különböző kulcsok szerint **rendezhető**, pl. a nevek ábécé sorrendjében vagy a növekvő irányítószámok szerint. Az adattárat meghatározott szempontok szerint **fel lehet osztani** vagy **át lehet vizsgálni**, pl. az említett címtárból kigyűjthető az összes személy, aki egy meghatározott helységben lakik vagy adott telefonszáma van. Az adattárak létrehozására és adatainak feldolgozására **adatbáziskezelő programokat** készítettek.

18.3. A számítógép felépítése (hardver)

Tömbvázlat

A 300. oldal 1. ábráján számítógép-tömbvázlat látható.

A tulajdonképpeni adatfeldolgozás a **központi egységben** folyik. A központi egységben e célra **aritmetikai** (számító) **részegység** van, amely a legegyszerűbb változatban képes a számokat összeadni, kivonni és összehasonlítani, továbbá a számokkal logikai műveleteket végezni. A központi egység nem önállóan, hanem utasításokra működik. Az összes műveletet a **vezérlőegység** irányítja, és ez ellenőrzi a parancsok végrehajtását is.

A feldolgozandó adatokat és utasításokat (programot) a **központi memóriaegység** tárolja, valamint itt tárolódnak a programfeldolgozás részeredményei is.

A felhasználónak a **billentyűzet** és a **képernyő** ad lehetőséget arra, hogy a központi egységgel érintkezésbe lépjen.

A szövegek és adatok kivitele a **képernyőn** vagy a **nyomtatón** keresztül lehetséges.

Háttértárolók a hajlékony és merev mágneslemezek, ill. mágnesszalagok. Ezeket elsősorban nagy adattömegek tartós tárolására használják (programok és adatok).

A központi egységen belül, valamint a központi egység és a perifériák között **síneken** (buszokon) keresztül oldják meg a villamos összeköttetéseket. A sínek többvezetékes rendszerek. Az **adatsínen** fut az összes adat és utasítás. A központi egység a **címsínen** keresztül meghatározza, hogy honnan kell venni az adatokat és az utasításokat (forrás), vagy hová kell azokat eljuttatni (cél). A **vezérlősínen** keresztül kapcsolják az egységeket a megfelelő állapotba, pl. a tárolót kiolvasásra vagy beírásra lehet átkapcsolni. Ezenkívül a vezérlősínen át a parancsok és az adatátvitel, ill. az adatfeldolgozás időbeli lefutása is vezérelhető.

A vezetékek nagy száma és a zavarérzékenység miatt célszerűtlen és gazdaságtalan, ha a központi egységtől minden perifériához elvezetik a síneket. Ehelyett a központi egységben többnyire dugaszolható és a perifériákhoz hozzárendelt **elágazások** vannak, amelyek ellátják a perifériákat a szükséges adatokkal.

Ha a számítógépet vezérlésre használják, az adatátvitel a számítógép és a vezérelt készülék között csak villamos jelek formájában történhet, a **bemeneti és kimeneti egységeken** át.

A központi egység

A házi és személyi számítógépekben a központi egység a **mikroprocesszor**.

Az adatsín a legtöbbször 8 vagy 16 adatvezetékkel áll (8, ill. 16 bites). Az adatok és utasítások digitális átvitelkor egy-egy vezetékek feszültsége csak két megengedett érték egyikét veheti fel. Ha a 0 és 1 értékekhez feszültség szintet rendelünk, az adatvezetékek 8, ill. 16 bites szavakat képviselhetnek. Ezeket a szavakat **bináris szavaknak** nevezzük, mert csupán 0 és 1 jelekből állnak.

Adott rendszerben csak azonos hosszúságú szavakat lehet használni. 8 jellel pl. 00000000 és 11111111 között 256 féle bináris szó képezhető. A bináris jeleknek utasítás- vagy adattartalma lehet. Az utasítások és az adatok több bináris szóból is állhatnak.

A 8085 típusú mikroprocesszor esetén a bináris szó pl. a következő parancsot jelentheti:

Bináris szó:	Jelentése
10000000	add össze a B regiszter tartalmát az A regiszterével

Az utasítások összessége a szóbanforgó mikroprocesszor utasításkészlete.

Mivel a bináris szavak jelentését nehéz megjegyezni, ezekhez értelmes és jól megjegyezhető rövidítéseket rendelnek, pl.:

Binerás szó:	Rövidítés:	Jelentése:
10000000	ADD A, B	l. az előbb

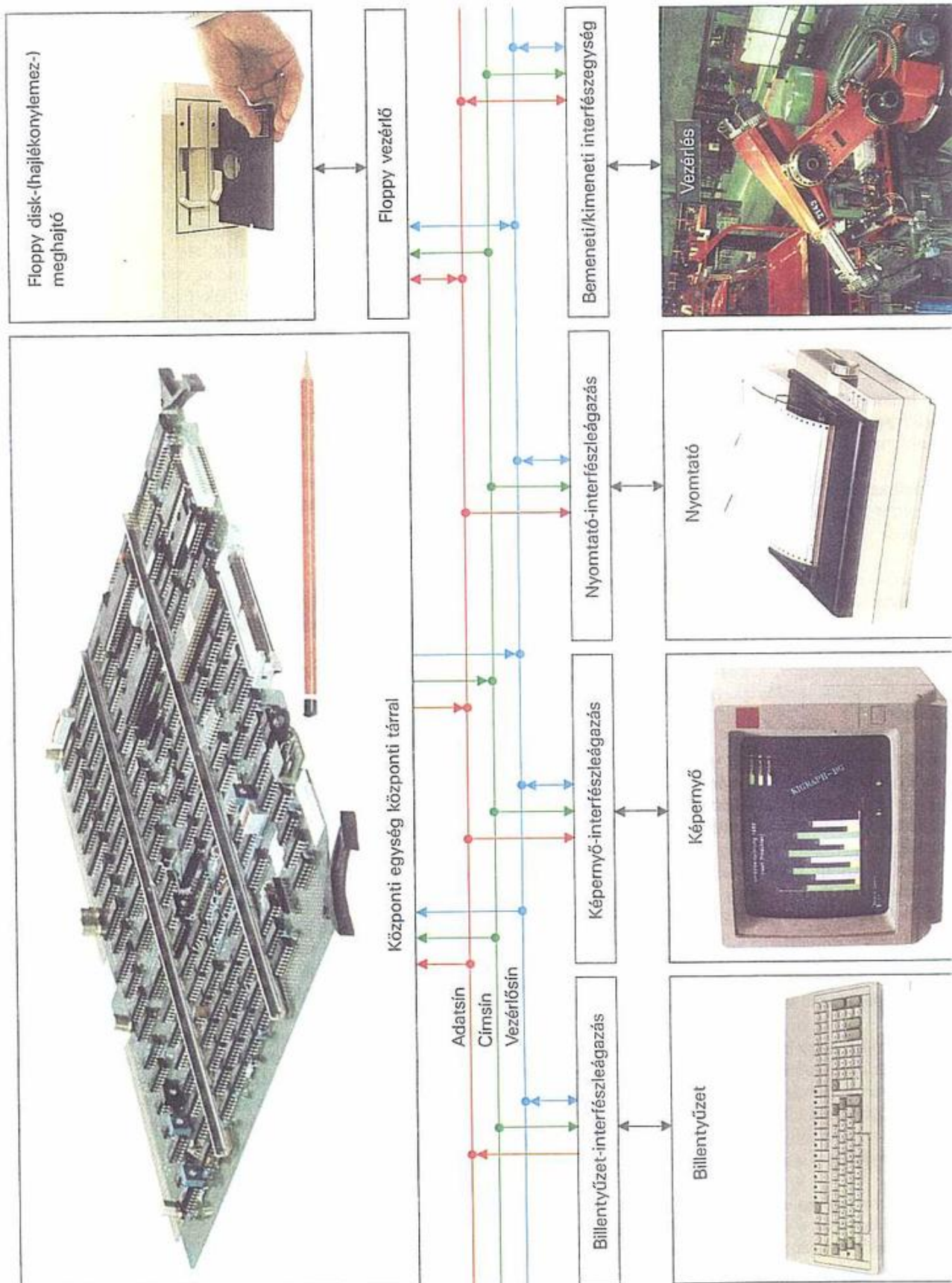
A nyelvet, ami a gépi nyelv ilyen rövidítésekkel leírt utasításainak összessége, assembly nyelvnek nevezzük.

A feldolgozandó adatokat (számokat, jeleket vagy jel-sorozatokat) bináris szavakká kell kódolni.

Mivel a bináris számokban csak két érték, a 0 és az 1 fordulhat elő, a számokat közvetlenül bináris alakban lehet ábrázolni, így a bináris szám és a bináris szó azonos. Ezt az ábrázolási módot bájtos számokhoz használják. A tárolóképesség: 1 bájt = 8 bit, számérték, a 0-tól 255-ig terjedő egész számok tárolását teszi lehetővé. A két bájtos tárolóhelyen -32768-tól +32767-ig terjedő egész számok tárolhatók. Az exponenciális alakú számokhoz speciális kódokat használnak, mert a helyiértékek száma bináris kód esetén a kis alap miatt igen gyorsan sokjegyű lenne.

A jelek kódolására többnyire a 7 bites ASCII-kódot használják (l. az 1. ábrát a 301. oldalon).

A 8 bites mikroprocesszorok címsínei többnyire 16 vezetékesek. Így 0000000000000000-11111111111111 közötti címeket, azaz $2^{16} = 65536$ címet lehet megkülönböztetni.

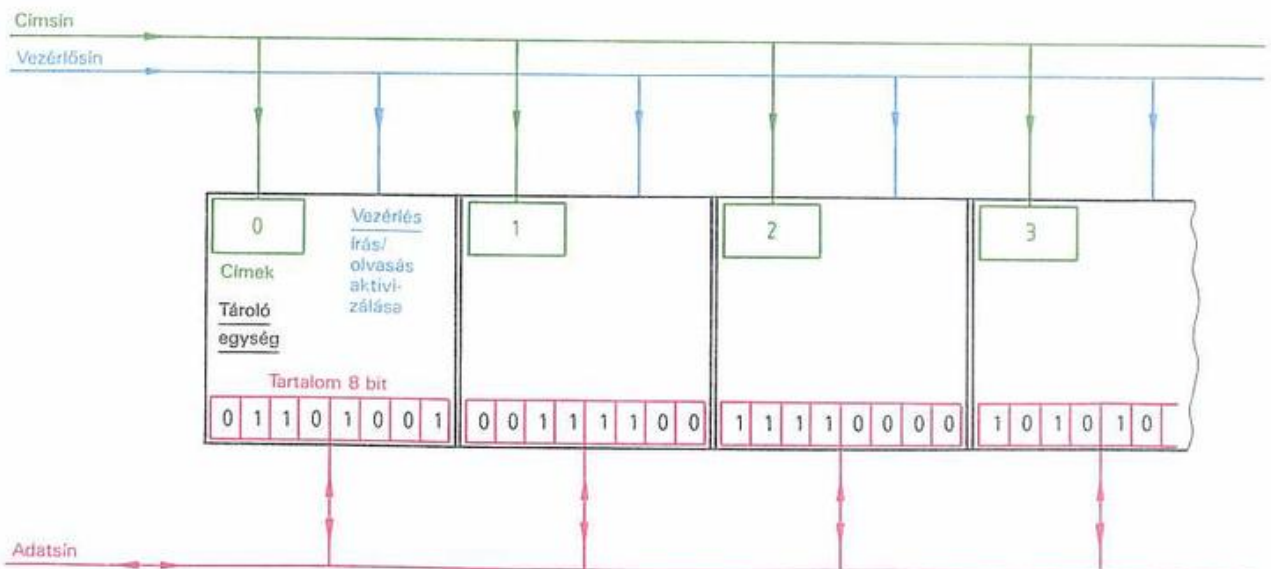


Bináris szó	Jel	Bináris szó	Jel	Bináris szó	Jel	Bináris szó	Jel
000 0000	NUL	010 0000	SP	100 0000	5	110 0000	.
000 0001	SOH	010 0001	!	100 0001	A	110 0001	a
000 0010	STX	010 0010	"	100 0010	B	110 0010	b
000 0011	ETX	010 0011	#	100 0011	C	110 0011	c
000 0100	EOT	010 0100	\$	100 0100	D	110 0100	d
000 0101	ENQ	010 0101	%	100 0101	E	110 0101	e
000 0110	ACK	010 0110	&	100 0110	F	110 0110	f
000 0111	BEL	010 0111	'	100 0111	G	110 0111	g
000 1000	BS	010 1000	(	100 1000	H	110 1000	h
000 1001	HT	010 1001	)	100 1001	I	110 1001	i
000 1010	LF	010 1010	*	100 1010	J	110 1010	j
000 1011	VT	010 1011	+	100 1011	K	110 1011	k
000 1100	FF	010 1100	,	100 1100	L	110 1100	l
000 1101	CR	010 1101	-	100 1101	M	110 1101	m
000 1110	SO	010 1110	/	100 1110	N	110 1110	n
000 1111	SI	010 1111	:	100 1111	O	110 1111	o
001 0000	DLE	011 0000	0	101 0000	P	111 0000	p
001 0001	DC1	011 0001	1	101 0001	Q	111 0001	q
001 0010	DC2	011 0010	2	101 0010	R	111 0010	r
001 0011	DC3	011 0011	3	101 0011	S	111 0011	s
001 0100	DC4	011 0100	4	101 0100	T	111 0100	t
001 0101	NAK	011 0101	5	101 0101	U	111 0101	u
001 0110	SYN	011 0110	6	101 0110	V	111 0110	v
001 0111	ETB	011 0111	7	101 0111	W	111 0111	w
001 1000	CAN	011 1000	8	101 1000	X	111 1000	x
001 1001	EM	011 1001	9	101 1001	Y	111 1001	y
001 1010	SUB	011 1010	:	101 1010	Z	111 1010	z
001 1011	ESC	011 1011	<	101 1011	[	111 1011	{
001 1100	FS	011 1100	=	101 1100	\	111 1100	
001 1101	GS	011 1101	>	101 1101	^	111 1101	~
001 1110	RS	011 1110	?	101 1110	_	111 1110	DEL
001 1111	US	011 1111		101 1111		111 1111	

A rövidítések jelentése:

NUL	Nulla	LF	Soremelés	DC4	Vezérlőjel 4	RS	Elválasztójel a feljegyzések között
SOH	A közlemény kezdete	VT	Függőleges mozgás a táblázatban	NAK	Téves jelzés	US	Elválasztójel az egységek között
STX	A szöveg kezdete	FF	Lap tetejére állás	ETB	Adatátviteli blokk vége	SP	Szóköz
ETX	A szöveg vége	CR	Kocsi vissza	CAN	Visszahívás		
EOT	Adatátvitel vége	SO	Kocsimozgatás balra	EM	Sorozat vége		
ENQ	Ki van ott?	SI	Kocsimozgatás jobbra	SUB	Helyettesítés		
ACK	Nyugtázás	DLE	Nem elégséges adat	ESC	Kilépés		
BEL	Csengő	DC1	Vezérlőjel 1	FS	Elválasztójel a fejezetek között		
BS	Visszalépés	DC2	Vezérlőjel 2	GS	Elválasztójel a csoportok között		
HT	Vízszintes mozgás a táblázatban	DC3	Vezérlőjel 3				

1. A 7 bites kód Német referenciaváltozat (umlauttal)



2. Az adattároló elvi felépítése

A központi tár (memória)

A központi tár író/olvasó tároló. A tároló egy fiókend-szernek képzelhető el, amelyen a fiókok tartalma egy-forma és a fiókok folytatódólagosan számozva vannak (l. a 2. ábrát a 301. oldalon). Egy tárolóelem, azaz egy fiók pontosan 1 bájt, azaz egy 8 helyiértékű bináris szót tud tárolni. A bináris szavak utasítások vagy adatok lehetnek. A fiók száma a címnek felel meg.

$2^8 = 256$ bájt, egy tárolóblokk és

$2^{10} = 1024$ bájt 1 K bájt (a K-t szokás ká-nak is ejteni, mert nem kiló)

A számítógép tárolóját az operációs rendszere különféle információs területekre osztja:

Programtároló: a program utasításait és adatait tartalmazza

Numerikus tár: számértékeket (adatokat) tartalmaz

Szövegtároló: jeleket és jelláncokat tartalmaz.

A teljes tároló nem áll a felhasználó rendelkezésére, annak egy része a vezérlőrendszer számára van fenntartva.

Háttértárolók

A házi és személyi számítógépek háttértárolói a következők:

- hajlékonylemez (floppy disk);
- merevlemez (hard disk);
- mágnesszalagok, (magnetofonkazetták).

A jeleket mindegyikükönél vékony mágnesezhető rétegre írják, mágneses jelrögzítéssel. Kiolvasni, törölni és újraírni bármikor lehet. A különböző rendszerek a tárolókapacitásban és az elérési időben térnek el egymástól.

Az elérési idő az az időtartam, amely alatt a HOZZ EGY INFORMÁCIÓT A TÁROLÓBÓL A SZÁMÍTÓMŰBE utasítás teljesül.

A következő táblázat a tárolók legfontosabb tulajdonságait foglalja össze:

Típus	Kapacitás	Elérési idő	Megjegyzés
Mágnesszalag, magnetofonkazetta	100 K ... 1 Mbájt	Néhány perc	Többnyire csak sorban olvasható. Hosszú keresési idő, elsősorban programok és adatcsomagok archiválására (könyvtározás).
Hajlékony lemez Merev lemez	200 K ... 1 Mbájtól 20 Mbájt-ig	μ s ... ms μ s ... ms	Nagyon rövid elérési idő a szektorokra és a sávokra osztás miatt.

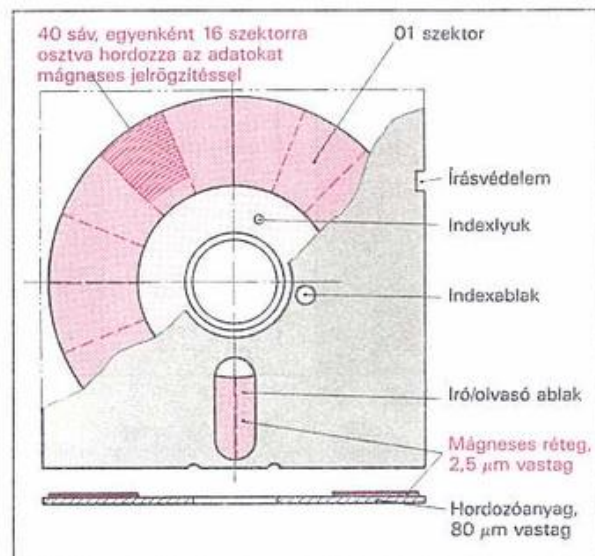
A legelterjedtebbek az 5,25 hüvelyk méretű hajlékonylemez, a következő adatokkal:

Átmérő: 5,25 hüvelyk, kb. 130 mm.

Lemezvastagság: 80 μ m.

A mágnesréteg vastagsága: 2,5 μ m.

Az adatbeírás az 1. ábra szerint sávokra, és szektorokra van osztva. Ez a felosztás biztosítja a rövid keresési és elérési időt. Az új lemezeket először formatálni kell, amikor a sávok és szektorok mágneses jelzéseket kapnak (markírozás).



1 Hajlékony lemez

Vannak egy- és kétoldalas felvételre alkalmas lemezek. Az oldalankénti tárolókapacitás:

1D, 2D típusok: 40 sáv, 0,16 Mbájt;
2/96 típus: 80 sáv, 0,33 Mbájt;
2HD típus: 80 sáv, 0,66 Mbájt
(nagy írássűrűség).

A lemezek kezelésekor figyelni kell a következőkre:

- A lemezeket csak a burkolatuknál lehet megfogni, soha nem szabad a mágneses réteget megérinteni!
- Tilos hajlítani, megtörni!
- Melegtől óvni kell (napsütés, meleg készülékek)!
- Portól és szennyezéstől távol kell tartani!

Billentyűzet

A számítógép billentyűzete az írógépéhez hasonló. A billentyűzettől a jelek a központi egységbe jutnak, ellenőrzésképpen a jelek a képernyőn is megjelennek. Vannak olyan billentyűk, amelyek az írógépen nem találhatók meg:

Billentyű	Funkció
Return	Adatbevitelt kezdeményez a központi egységbe
Control, Escape Funkcióbillentyű	Speciális vezérlési funkciókat indít el Meghatározott funkciókat vagy parancsokat indít el

A billentyűzet és a központi egység között szigorúan előírt jelkapcsolat kell, hogy legyen, de a csatlakozási helyhez kábelrel is köthető.

Adatmegjelenítők

Az adatmegjelenítők a csatlakozási helyről fényerő-, szín- és szinkronizációs jeleket (videojeleket) kapnak. A szokásos csatlakozók összetett videojellel fekete-fehér ill. színes megjelenítést, vagy analóg, ill. digitális RGB jelekkel vezérelt színes megjelenítést tesznek lehetővé. Ha soronként 80 jelet kell megjeleníteni, a videosáv-szélesség min. 25 MHz kell legyen a jelek éles megjelenítése érdekében.

Monitorként tv-készülékek is használhatók, ha a számítógépnek van erre alkalmas csatlakozója. Ilyenkor a kis sáv-szélesség miatt, — különösen 80 jel/sor mellett — nem kapunk éles képet.

Operációs rendszer

Az operációs rendszer azon alapprogramok összessége, amelyek a felhasználói programok betöltéséhez és végrehajtásához szükségesek.

Ritkán az operációs rendszer a számítógép csak olvasható tárolójában (ROM) van, ekkor rezidensnek nevezzük és a számítógép bekapcsolása után azonnal működőképes.

Az operációs rendszerek többségének fő része azonban a háttértárolóról betölthető és egy minimális rész-operációs rendszer gondoskodik arról, hogy a bekapcsolás után a számítógép tárolójába a fő operációs rendszert lemezzről betölthessük.

Az operációs rendszernek mindig alkalmazkodnia kell a számítógép hardveréhez. Az operációs rendszer vezérli többek között a perifériák együttműködését, pl. a billentyűzetet, az adatmegjelenítőt és a hajlékony vagy merevlemez egyseget.

A szokásos operációs rendszerek napjainkban:

- CP/M: CONTROL PROGRAM FOR MICROPROCESSORS (angol): vezérlőprogram mikroprocesszorokhoz. A CP/M rendszert a széles körben elterjedt 8 bites mikroprocesszorokhoz, a Z80, 8080 és 8085 típusokhoz fejlesztették ki. CP/M rendszerrel működnek többek között a Schneider, Apple, Commodore cégek számítógépei.
- MS-DOS: MICROSOFT DISK OPERATING SYSTEM (angol): a Microsoft (amerikai cég) által kifejlesztett lemezes operációs rendszer 16 bites processzorokhoz. Az MS-DOS rendszer az IBM személyi számítógépek és sok IBM-kompatibilis számítógép esetén

széles körben használatos. Ez jelenleg a személyi számítógépek (PC-k) szabványos operációs rendszere.

A programok általában csak az azonos operációs rendszerű számítógépek között cserélhetők. Az MS-DOS rendszer elterjedtsége miatt nagyon sok olyan program van, amely az összes MS-DOS rendszerű gépen futtatható.

Programozási nyelvek

Elvben gépi programnyelven minden feladat megoldható. A gépi nyelven való programozás azonban nagy munkát jelent, és speciális ismeretek szükségesek hozzá. Ezért magas szintű programnyelveket fejlesztettek ki, amelyekkel a feladatokat a géptől függetlenül lehet megoldani.

A tulajdonképpeni adatfeldolgozáskor a magas szintű programnyelven írt utasításokat és parancsokat természetesen át kell fordítani gépi nyelvre. Erre két lehetőség van:

1. Egy értelmező-program (interpreter) a végrehajtáskor a programutasításokat átalakítja gépi programozási nyelvre. Előnye, hogy programrészek is feldolgozhatók. Hátránya az, hogy a program futása alatt az átalakításhoz időre van szükség. Általában a programnyelvek közül a BASIC dolgozik interpreterrel (értelmezővel).
2. Egy fordítóprogram a teljes programot először átalakítja gépi nyelvre. Mivel az átalakított program rendelkezésre áll, a program feldolgozása nagyon gyors. Hátránya azonban, hogy programrészeket általában nem lehet futtatni, csak az egész programot. Minden magas szintű programnyelvhez létezik fordítóprogram (compiler).

A következőkben bemutatunk néhány elterjedt programnyelvet.

Nyelv	Magyarázat	Alkalmazás
BASIC	Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code; kezdők általános nyelve, interpreter és compiler formában használható	Általános
FORTAN	Formula Translation; az első műszaki-matematikai irányú programnyelv, compilerrel használható (elavult)	Műszaki-matematikai
PASCAL	Elnevezve B. Pascal francia tudósról, a strukturált programozás nyelve, compiler van	Műszaki-matematikai
COBOL	Common Business Oriented Language; kereskedelmi célú programnyelv, compiler van	Kereskedelmi-üzleti-pénzügyi
C, ADA	Programnyelv folyamatszabályozáshoz, adatfeldolgozáshoz, alkalmazzzák a folyamatirányításban, a robotokhoz és az űrhajózásban	Műszaki-matematikai

A ma használatos általános személyi számítógépeket elsősorban MS-DOS rendszerrel töltik be, ezt követően magas szintű programnyelvvél használják. A magas szintű nyelven írt program lefordított változatát betöltve a program futtatható.

18.4. A programozás alapjai

Elemi program előállítás

Utasítások

Egyszerű BASIC-program felépítését mutatjuk be egy példán. Tudatosan választottunk olyan egyszerű matematikai (geometria) példát, amelyben a mennyiségek és az összefüggések könnyen áttekinthetők.

1. Feladat:

Számítsuk ki egy $L = 6$ hosszúságú és $B = 4$ szélességű négyzög területét és kerületét!

Ezt a feladatot BASIC nyelvet használó számítógépen a következő utasításokkal lehet megoldani:

Utasítás	Megjegyzés
$L = 6$	A hosszúság és szélesség változói 6 és 4 értékek. Ezzel az érték megadással a számítógép memóriájában az L és B változókat 6, ill. 4 értékkel tesszük egyenlővé.
$B = 4$	
$A = L * B$	A számítógép újabb rekeszt nyit A néven. A rekesz tartalma $L * B = 6 * 4 = 24$, ez a terület számértéke.
$K = 2 * L + 2 * B$	Ez az utasítás további K változót vezet be $2 * L + 2 * B = 2 * 6 + 2 * 4 = 20$ értékkel. Ez a kerület számértéke.
PRINT A	A PRINT utasításra a megnevezett változó számértékét a rekeszből a képernyőre írja ki. Eredményként a képernyőn a 24 és a 20 számok jelennek meg.
PRINT K	

A változók nevét és az utasításokat a BASIC-nyelvben általában nagybetűvel kell írni.

Az egyes utasításokat a következő módon írjuk be:

1. Utasítást leírni.
2. Meg kell nyomni a RETURN billentyűt, amit a következőkben (RETURN)-nel jelölünk.

A képernyőn ekkor a következőt látjuk:

```
L = 6
      (RETURN)

READY
```

A „ready” közlemény azt jelenti, hogy a számítógép az utasítást megértette és végrehajtotta. Ennek az a feltétele, hogy az utasításokat a megfelelő szintaxissal, azaz a megfelelő írásmóddal és alakban adjuk meg.

A példában a következő BASIC utasításokat használtuk:

Utasítás	Magyarázat
=	Értékekadás. A tárolórekeszben az =-jel bal oldalán lévő nevet a jobb oldali értékkel összerendeli. Bal oldalon csak a változó neve, jobb oldalon számérték vagy matematikai kifejezés állhat.
*	Matematikai operátor BASIC írásmódban, a * a szorzójel. A BASIC ismeri és figyelembe veszi a műveletek rangsorát, pl. $2 * L + 2 * B$ esetében először szoroz majd összead.
PRINT	A PRINT utasításra a számokat és szövegeket kiírja.
PRINT X	Példák: Kinyomtatja az X változó értékét.
PRINT 7	Kinyomtatja a 7 (állandó) értékét.
PRINT „négyzög”	Kinyomtatja az idézőjelek közötti szöveget, például a négyzög szöveget. A szöveg maga tetszőleges karakterekből állhat.

A függelékben áttekintést találunk a BASIC-utasításokról és a változónevekről.

A BASIC-program

A bemutatott feladat megoldásához felsorolt utasítások sora már program:

A program értelmezhető utasítások sorozata a számítógép nyelvén.

Az utasításokat eddig egyenként adtuk be, és azonnal végrehajtottuk. A számítógépet így egyszerű zsebszámológépként használtuk. Ezt az üzemmódot **direkt üzemmódnak** nevezik. A programozható számítógépek ennél sokkal több lehetőséget nyújtanak:

1. Az összes utasítást egymás után be lehet írni a számítógépbe, amelynek során beadáskor nem hajtja végre az utasításokat, csak a memóriájába helyezi el.
2. A számítógép a megfelelő rendszerutasításra az összes programutasítást nagyon gyorsan egymás után végrehajtja.

A BASIC nyelvben az utasításokat soronként kell beadni. Minden sor sorszámmal kezdődik. A sorszám pozitív egész szám.

Az első sorszámot és a számok közötti távolságot tetszés szerint választhatjuk. Szokás általában a sorokat tizesével számozni. Ennek az az előnye, hogy szükség esetén további utasításokat lehet beiktatni, pl. a 10 és 20 sor közé még a 11., 12., ... 19. helyekre. Csak a legnagyobb számot adják meg, ami sorszámként használható.

A BASIC-program első lépését 100 sorszámmal ajánlatos kezdeni. A sorok ezután 10-es lépésekben következnek. Ezekután a következő programot kapjuk:

1.1. program:

Sorszám Utasítás	Magyarázat
100 L = 6	L változóhoz 6 értéket rendel Egyes számítógépek a változó érték megadásakor LET L = 6 (LET = legyen) beírást várják.
110 B = 4	B változóhoz 4 értéket rendel
120 A = L*B	Térületet kiszámítani, a számértéket A-hoz rendelni
130 K = 2*L+2*B	Kerületet kiszámítani, számértéket K-hoz rendelni
140 PRINT A	A változó értékét kiírni
150 PRINT K	K változó értékét kiírni
160 END	A program vége

Az egyes sorokat a következőképpen kell beírni:
Sorszám — szóköz — utasítás — (RETURN).

Ha a beíráskor egy utasítást elrontunk, a legegyszerűbb újraindítani az egész sort. Az előző hibás beírást ezzel egyszerűen átírjuk, s mindig az utolsó beírás érvényes.

Sorszám nélküli beíráskor észrevehető, hogy a RETURN billentyű megnyomása után nem jelenik meg a READY felirat. Ez annak a jele, hogy azt az utasítást nem lehet azonnal végrehajtani. A beírás után a program a számítógép memóriájában van.

A LIST utasításra a számítógép a teljes programot kilistázza.

A RUN utasításra a memóriában lévő programot végrehajtja.

Az 1.1. program után a képernyőn a következők láthatók:

```
RUN
24
20
READY
```

Magyarázat:

A RUN után a számítógép gyorsan egymás után végrehajtja az utasításokat. A kezelő számára csak a 140 és 150 sorok PRINT utasításai láthatók. Ezek arra utasítják a gépet, hogy A tartalmát, azaz a 24-et és K tartalmát, azaz 20-at kiírja. Az összes utasítás végrehajtása után a gép READY jelzést ad.

A memóriában lévő program a NEW utasítással törölhető.

Ezzel a rendszerutasítással óvatosan kell bánni. Előbb gondoljuk át, hogy a tárolóban lévő programot nem akarjuk-e még használni vagy lemezen tárolni.

Tárolásra és visszatöltésre a SAVE és LOAD rendszerutasítások szolgálnak.

Később, a IV. függelék a fontosabb rendszerutasításokat tartalmazza.

A bemeneti és kimeneti utasítások technikája

A bemeneti (input) utasítás

A program futtatásakor L és B értékének szabad megadásához a program 100 és 110 sorait a következőképpen kell megváltoztatni:

1.2. program:

```
100 INPUT L
110 INPUT B
120 A = L*B
130 K = 2*L+2*B
140 PRINT A
150 PRINT K
160 END
```

Az INPUT adatbeviteli utasítás a kezelő számára lehetővé teszi a program futtatásakor a változó értékeinek megválasztását.

Az adatbeviteli utasítás alakja BASIC-ben INPUT L
Ha a számítógép a program végrehajtásakor INPUT utasításhoz jut, a program futása megszakad, és a képernyőn kérdőjel jelenik meg. A számítógép adatra vár a billentyűzettől. Az adatbevitelt a (RETURN) utasítással kell befejezni.

Az INPUT szót mindig egy változónév kell, hogy kövesse, amely megadja, hogy milyen adatot kell beadni és ezt az adatot hol kell elhelyezni. Az L változó járulékok nélkül azt jelenti, hogy változó tizedeshelyű számot írunk be, és az L elnevezésű rekeszbe kerül.

Ha a RUN utasítással elindítjuk az 1.2. programot, lefutása a következő:

Képernyőfelirat	Magyarázat
RUN	Rendszerutasítás, (RETURN)
76	A hosszúság adatát beírni, (RETURN)
74	A szélesség adatát beírni, (RETURN)
24	A terület számértéke (A változó)
20	A kerület számértéke (K változó)
READY	A program végrehajtásának jelzése

A RUN rendszerutasításra a következő képernyőképet kapjuk:

RUN
A program egy négyszög területét és kerületét számolja a hosszúságból és szélességből
Hosszúságot megadni
76
Szélességet megadni:
74
A négyszög területe
24
A kerülete
20
READY

A kezelő tájékoztatása

A program minden részletét nem ismerő kezelő nem tudhatja, hogy az INPUT utasításnál megjelenő kérdőjelre milyen adatot kell beírni. Ugyanígy semmit nem tud kezdeni a kinyomtatott számokkal, ha nem tudja, mit jelentenek.

A PRINT utasítással az 1.3. program példaként a kezelő információkat és útmutatásokat kap.

1.3. program:

```

100 PRINT „A program egy négyszög területét és kerületét számolja”
110 PRINT „a hosszúságból és szélességből”
120 PRINT
130 PRINT „Hosszúságot megadni:”
140 INPUT L
150 PRINT „Szélességet megadni:”
160 INPUT B
170 A = L*B
180 K = 2*L+2*B
190 PRINT
200 PRINT „A négyszög területe”
210 PRINT A
220 PRINT „A kerülete”
230 PRINT K
240 END

```

Az itt használt PRINT utasítások jelentése:

Utasítás	Magyarázat
PRINT	A Print utasítás magában üres sort jelent (120-es és 190-es utasítások)
PRINT „Hosszúságot megadni:”	A PRINT után macskakörmökbe zárt szöveget szóról szóra kinyomtatja (100 és 110, 130, 150, 200, 220-as utasítások)

Magyarázatok:

1. sor: RUN rendszerutasítás, indul a program végrehajtása.
- 2, 3 sor: végrehajtja a 100 és 110 sor PRINT utasítását és megmagyarázza a programot.
4. sor: üres sor, a 120 sor PRINT utasítása
5. sor: megmagyarázza, hogy a kezelő a következő beírási utasításra mit írjon be. A magyarázatot a 130 sor PRINT utasítására nyomtatja ki.
6. sor: kérdőjel, a 140 sor INPUT utasításából származik. Ha a kérdőjel megjelenik a képernyőn, a kezelőnek be kell írnia egy számot és (RETURN) következik.
7. sor: megmagyarázza, hogy a kezelő a következő bemeneti utasításra mit írjon be. A magyarázatot a 150 sor PRINT utasítására nyomtatja ki.
8. sor: INPUT utasítás, mint a 6. sorban.
9. sor: üres sor, PRINT utasítás a 190 sorban.
10. . . 13. sorok: PRINT utasítások a 200. . . 230 sorokban a számértékek magyarázatára és kiírására.
14. sor: a program végrehajtása után a számítógép READY-vel bejelentkezik.

A feliratokkal a program felhasználóorientált, elmagyarázza önmagát, és a kezelőtől semmiféle programismertet nem igényel. Csupán azt kell tudnia, hogyan töltse be és indítsa el a programot.

A programszerkezet ábrázolása

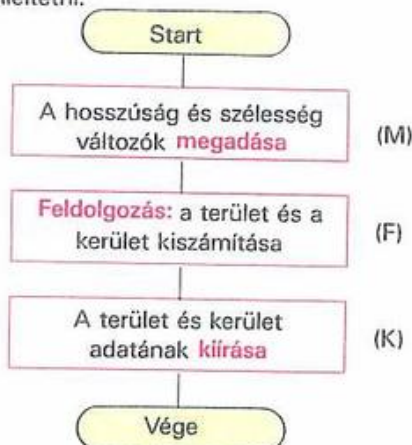
Folyamatábra:

Az 1.3. program alapvető szerkezete a következő:
130–160 sorok: a változók **megadása** a hozzájuk tartozó magyarázatok szerint.

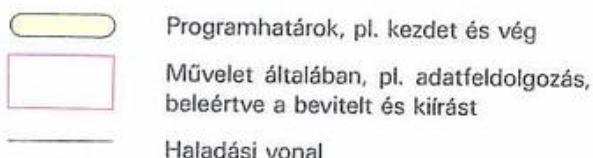
170–180 sorok: az adatok **feldolgozása**, példánkban A és K kiszámítása.

190–230 sorok: az adatok **kiírása** a kezelő részére szükséges magyarázatokkal.

A programot a három fő részével, adatbevitellel, adatfeldolgozással és adatkiírással a következőképpen lehet szemléltetni:



Ezt az ábrázolást **folyamatábrának** nevezik. A programterv szimbólumai a következőket jelentik:



Programszerkezet

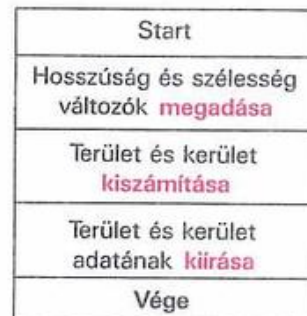
A program soros szerkezetű, ha az egyes programlépések egymást követik.

Más szerkezetekről, mint pl. elágazások és hurkok, később lesz szó.

Az adatok megadása, feldolgozása, és kiírása az MFK-struktúra.

Struktogram

A struktogram azt mutatja meg, hogy milyen a folyamatábra (programlefutási terv), az egyes programrészek és a program menete. A folyamatábrában a programrészeket haladási vonalak kötik össze. Az ilyen ábrázolásban a meghatározott szerkezet, így a folyamatábrában célszerűtlen és homályos struktúrák is lehetnek. Nem így a struktogramban:



A struktogramokban a programrészek közvetlenül egymás után következnek, nincsenek haladási vonalak.

A struktogram így a programozáshoz világos szerkezetet ad, ezért a folyamatábránál esetleg jobb lehet.

A struktogram előnye egy egyszerű szerkezetű programnál még nem nyilvánvaló, terjedelmes és komplikált programoknál viszont már észrevehető.

Bemutatunk egy programszerkezetet BASIC-program esetén, REM-magyarázatokkal.

REM-magyarázatok

1.4. program:

```

100 REM.....
110 REM.      négyszög program
120 REM.....
130 PRINT „A program egy négyszög területét és kerületét számolja”
140 PRINT „a hosszúságból és szélességből”
150 PRINT
200 REM ----- adatbeírás -----
210 PRINT „Hosszúságot megadni:”
220 INPUT L
230 PRINT „Szélességet megadni:”
240 INPUT B
300 REM ----- adatfeldolgozás -----
310 A=L*B
320 K=2*L+2*B
400 REM ----- adatkiírás -----
410 PRINT
420 PRINT „A négyszög területe”
430 PRINT A
440 PRINT „A kerülete”
450 PRINT K
500 REM ----- vége (stop) -----
510 END
  
```

Az 1.4. program REM utasításokat tartalmaz. A REM utasítással (angolul REMark: megjegyzés) a programozó megjegyzéseket írhat be a program magyarázatára. A program lefutás alatt nincs szerepük, mert a gép a REM utasításokat átugorja, és azonnal a következő utasítást hajtja végre.

A REM utasítások elsősorban a nagyobb programokban fontosak, mert felépítésüket e magyarázatok nélkül nehéz lenne követni.

Az 1.4. programban a REM utasítások jelentősége a következő:

A 100–200-as sorok bekeretezve feltűntetik a program nevét, itt a programnév a Négyszög (l. a SAVE és LOAD rendszerutasításokat).

A 200-, 300- és 400-as sorok a programrészek kezdetét, az adatbevitelt, adatfeldolgozást és adatkiírást jelentik.

Az 500-as sor a program végére utal.

A programszerkezetet ebben a programban nemcsak a REM utasításokkal, hanem sorszámokkal is ki lehet nyomtatni:

```
100-as sor Programnév és programleírás
200-as sor Adatbeírás
300-as sor Feldolgozás
400-as sor Adatkiírás
500-as sor Program vége
```

Eljárás feladatmegoldáskor

Előírt feladatot számítógépprogrammal a következőképpen kell megoldani:

1. A feladatmegoldást (algoritmust) ki kell dolgozni. A megoldásban a feladatot véges számú lépéssel (utasítással) kell leírni.
2. El kell készíteni a struktogramot (vagy folyamatábrát) és a sorszámokat rögzíteni kell.
3. A programokat blokkokban meg kell írni és ellenőrizni.

Hibaüzenetek

A képernyőn kinyomtatott hibaüzenetekkel a számítógép felhívja a kezelő figyelmét a hibákra. Sok hiba esetén a programfeldolgozás megáll és a program nem folytatható tovább.

Néhány BASIC-dialektusban több, mint 50 hibaüzenet van. Példaként bemutatunk néhányat, amelyekkel a BASIC-et tanulók gyakran találkoznak. A hibaüzeneteket a számítógép kézikönyvében találják.

Syntax error	Egy utasítást vagy parancsot rosszul írtak be, vagy a BASIC nyelvben nem létező szóval írták az utasítást.
Type mismatch	Az INPUT utasításra itt a gép adatot kér a billentyűzetről. Ha számértéket kér és a kezelő szöveget akar beírni (vagy fordítva), megjelenik ez az üzenet.
division by zero	Hibaüzenet nullával való osztáskor.

18.5. Példa szövegfeldolgozásra

A 2. példában egy egyszerű szövegfeldolgozást mutatunk be.

2. feladat:

Egy személy megszólítását, nevét és címét visszük be egymás után, és a szokásos címzésalakban kell kiírni.

A feldolgozandó adatok:

megszólítás, keresztnév, vezetéknév, utca és házszám, irányítószám, helység.

A program kidolgozásakor figyelembe kell venni az eddig megismerteket. A következő megoldást kapjuk:

Programnév: címek.

308

Szöveg beírása

Az egyes adatokat ugyanúgy lehet beírni és adatrekeszben elhelyezni, mint a számokat. Megkülönböztetésül a számoktól a változó nevéhez egy \$ jelet teszünk.

A következő változóneveket vesszük fel:

Név	Adat
N1\$	Megszólítás
N2\$	Vezetéknév
N3\$	Keresztnév
N4\$	Utca és házszám
N5\$	Irányítószám
N6\$	Helység

Szöveg kiírása

A feldolgozás és szöveghiírás egyetlen programrész. Ez itt csak az adatok helyes elrendezését jelenti.

Programszerkezet:

Start
Programleírás
A következő szövegváltozatok beírása : megszólítás, vezetéknév, keresztnév, utca és házszám, irányítószám, helység
Feldolgozás és szöveghiírás : adatok kiírása címzéseként
Vége

A programrészekhez a következő sorszámkat rendeljük:

Programmagyarázat:	100–199
Adatbevitel:	200–299
Feldolgozás és kiírás:	300–399
Vége:	400–

2. Program:

```

100 REM .....
110 REM      programcímzés      *
120 REM .....
130 PRINT „A program egy személy adatait”
140 PRINT „címzés formájába rendezi”
150 PRINT
200 REM ----- adatbevitel -----
205 PRINT „Megszólítás”
210 INPUT N1 $
212 PRINT „Vezetéknév”
215 INPUT N2 $
220 PRINT „Keresztnév”
225 INPUT N3 $
230 PRINT „Utca és házszám”
235 INPUT N4 $
240 PRINT „Irányítószám”
245 INPUT N5 $
250 PRINT „Helység”
255 INPUT N6 $
300 REM ----- adatfeldolgozás -----
310 PRINT
320 PRINT N1 $
330 PRINT N3 $; ” ”; N2 $
340 PRINT N4 $
350 PRINT N5 $; ” ”; N6 $
400 REM ----- vége -----
410 VÉGE

```

Ha a RUN billentyűvel elindítjuk a programot, a következő képernyőképet kapjuk:

```

RUN <RETURN>
Megszólítás:
? Herr <RETURN>
Vezetéknév:
? Maier <RETURN>
Keresztnév:
? Max <RETURN>
Utca és házszám:
? Bahnhofstrasse 14 <RETURN>
Irányítószám:
? 7500 <RETURN>
Helység:
? Karlsruhe <RETURN>

Herr
Max Maier
Bahnhofstrasse 14
7500 Karlsruhe

READY

```

Magyarázat:

A PRINT utasítások megmagyarázzák az adatbevitelt (l. a kezelői útmutatásokat) minden INPUT utasítás előtt. A magyarázat–adatbevitel sorrend az egész adatbevitel során ismétlődik.

Az ezt követő PRINT utasításra az adatok a kívánt formába rendeződnek.

Egyetlen PRINT utasításra több adat is kinyomtatható, ha az egyes adatok között ; (pontosvessző) van.

Mód van arra is, hogy kiíráskor a szöveg számokból és szövegváltozókból, ill. számokból és szövegállandókból álljon.

Általában minden PRINT utasítás sorváltást jelent a végén. Ez a sorváltás elkerülhető, ha a PRINT utasítás utolsó jeleként ; jelet írunk be.

18.6. Programelágazás

Az elágazás szerkezete

Elágazásokra van szükség a programban, ha valamilyen feltételtől függően különböző utasításokat kell végrehajtani.

A következő példákban a felhasználó két különböző számításmenet között választhat.

3. feladat:

A négyszöggel kapcsolatban a következő értékeket lehet kiszámítani:

1. területet és kerületet a hosszúságból és szélességből, vagy
2. szélességet és kerületet a területből és hosszúságból.

A felhasználó számára mindkét lehetőséget meg kell adni, és neki kell döntenie arról, hogy melyiket választja.

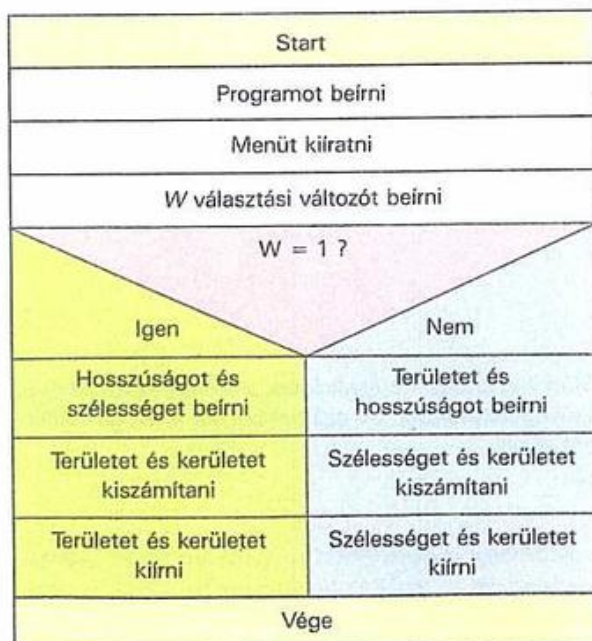
Megoldás

Programnév: elágazás.

Programrészek:

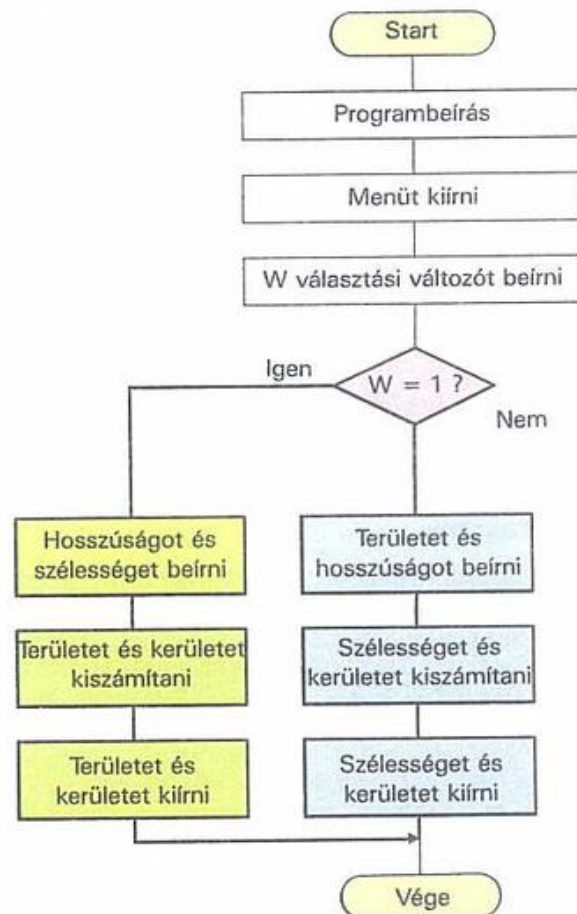
1. A kínálatot kiírni (a kínálatot menünek nevezzük).
2. Választás a felhasználó részéről.
3. Elágazás a felhasználó választása szerint.
4. 1., illetve 2. program.

Struktogram



A struktogramban az elágazást négyszögbe írt háromszöggel ábrázoljuk. A háromszögben van a feltétel. A háromszög egyik oldalán az igen-rész (feltétel teljesül), a másik oldalán a nem-rész van (feltétel nem teljesül).

Folyamatábra:



Új szimbólum: A rombusz az elágazást ábrázolja. A rombuszban van az elágazás feltétele.

Ha a feltétel teljesül, a program az igen-ágon fut tovább.
Ha a feltétel nem teljesül, a program a nem-ágon folytatódik.

A programfolyam csak kérdésfeltételeknél ágazhat el, amelyet rombuszba írt feltétellel jeleznek.
A programfolyam bárhol visszavezethető.

Elágazások a BASIC-ben

A programrészekhez a következő sorszámkat rendeljük:

A program megnevezése:	100-as számok
Menükiírás:	200-as számok
Választás:	300-as számok
Elágazás:	400-as számok
Terület- és kerületszámítás:	500-as számok
Kerület- és szélességszámítás:	600-as számok
Vége:	700-as számok

A BASIC-program a következő:

```

100 REM *****
110 REM *          program elágazás          *
120 REM *****
130 PRINT „A program négyszöget számít”
140 PRINT „1. területet és kerületet a hosszúságból és
    szélességből,”
150 PRINT „2. szélességet és kerületet a területből és
    hosszúságból,”
160 PRINT
200 REM ----- menü -----
210 PRINT „Terület és kerület 1. billentyű”
220 PRINT „Szélesség és kerület 2. billentyű”
300 REM ----- választás -----
310 INPUT W
400 REM ----- elágazás -----
410 IF W = 1 THEN GOTO 500
420 GOTO 600
500 REM ----- 1. rész -----
505 PRINT
510 PRINT „Hosszúságot beírni”;
515 INPUT L
520 PRINT „Szélességet beírni”;
525 INPUT B
530 A = L * B
535 K = 2 * L + 2 * B
540 PRINT
545 PRINT „A terület” ; A ; „”
550 PRINT „A kerület” ; K ; „”
555 GOTO 700
600 REM ----- 2. rész -----
605 PRINT
610 PRINT „Területet beírni”;
615 INPUT A
620 PRINT „Hosszúságot beírni”;
625 INPUT L
630 B = A/L
635 K = 2 * L + 2 * B
640 PRINT
645 PRINT „A szélesség” ; B ; „”
650 PRINT „A kerület” ; K ; „”
655 GOTO 700
700 REM ----- vége -----
710 VÉGE

```

Magyarázatok:

A 130-as és 160-as sorok között bemutatjuk a programot a felhasználónak.

A 210-es és 220-as sorok tartalmazzák a menüt a választáshoz. A menü egyben útmutatást ad arra, hogyan kell választani: példánkban az 1. vagy 2. billentyű megnyomásával.

A 310-es sorban dönt a felhasználó a számértékről, amit az INPUT utasításra beír: melyik programrészt választja. Abból indulunk ki, hogy helyesen írja be az adatot, és a W rekesz csak 1 vagy 2 értéket tartalmazhat. Az elágazás a 410-es sorban van, az IF W = 1 THEN GOTO 500 utasításra.

Szó szerint lefordítva: az IF . . . THEN utasítás HA . . . AKKOR jelentésű. IF és THEN között mindig feltételnek kell állnia. Ebben két lehetőség van:

1. A feltétel teljesül. Ekkor a THEN után következő utasítást hajtja végre.
2. A feltétel nem teljesül. Ekkor a számítógép arra az utasításra ugrik, amelyik az IF . . . THEN sor után van.

Példánkban a feltétel $W = 1$.

1. Ha $W = 1$, akkor a feltétel teljesül. Ez esetben végrehajtja a THEN utáni GOTO 500 utasítást, azaz a program az 500-as sornál folytatódik.
2. Ha W értéke valamilyen 1-től eltérő szám, ekkor a feltétel nem teljesül. A program az IF . . . THEN utáni sorral folytatódik. Ez a 420-as sor, ennek tartalma a GOTO 600 utasítás, így a program a 600-as sornál folytatódik.

Az elágazást tehát a BASIC-ben úgy alakították ki, hogy egy feltételtől függően eltérő sorszámnál folytatható a program.

Az 500 és 555 közötti sorok az 1. programrészt tartalmazzák, ami 1 beadása után fut. Ez a programrész az 1. feladatnak felel meg.

Nagyon fontos a GOTO 700 ugróutasítás az 555-ös sorban. Ezzel ugorjuk át a program 2. részét, ha csak az 1. részt kell végrehajtani.

A 600 és 655 közötti sorok tartalmazzák a 2. programot. A 655-ös sor GOTO 700 utasítására itt nem lenne szükség. Elvi megfontolásból mégis beírjuk azért, hogy megmutassuk, hogyan kellene folytatni a programot a 2. rész végrehajtása után.

A 700-as és a 710-es sorok fejezik be a programot.

18.7. Programciklus

A ciklus alapfelépítése

Definíció:

Programciklus akkor jön létre, ha egy programot vagy részprogramot többször hajtunk végre.

Az, hogy egy programot vagy részprogramot hányszor hajtunk végre, a feladattól függ. A számítógépnek ezért valamilyen értéket fel kell ismernie ahhoz, hogy a programot vagy részprogramot ismétlje-e vagy sem. Az az érték, amit ciklusváltozónak nevezünk, a ciklusban változtatható kell, hogy legyen, ellenkező esetben a ciklus végtelen lesz.

Ciklus visszakerdezéssel a végén

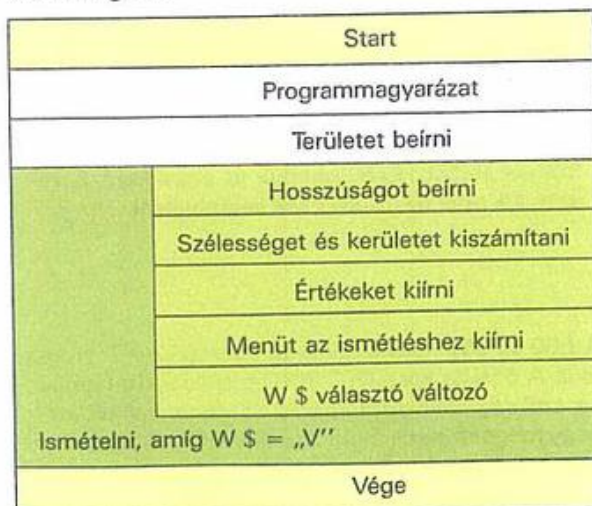
4. feladat:

Adott A területű négyszöghöz (amit a kezelő, ill. a felhasználó ad be) különböző, a kezelő által beírt hosszúságokhoz szélességet és kerületet kell kiszámítani. A kezelőnek kell döntenie arról, hogy akar-e további hosszúságértéket beadni, amihez ki kell számítani a szélességet és a kerületet.

A megoldás módja:

1. A területet beírni.
2. A hosszúságot beírni.
3. A területből és hosszúságból a szélességet és a kerületet kiszámítani.
4. Az értékeket kiírni.
5. Kiírni a kérdést, szükség van-e további számításra.
6. A döntést beírni.
7. Ha további számítás szükséges, a 2–6. részt újra végrehajtani (ciklus).
8. Ha nincs szükség további számításra, a programot befejezni.

Struktogram

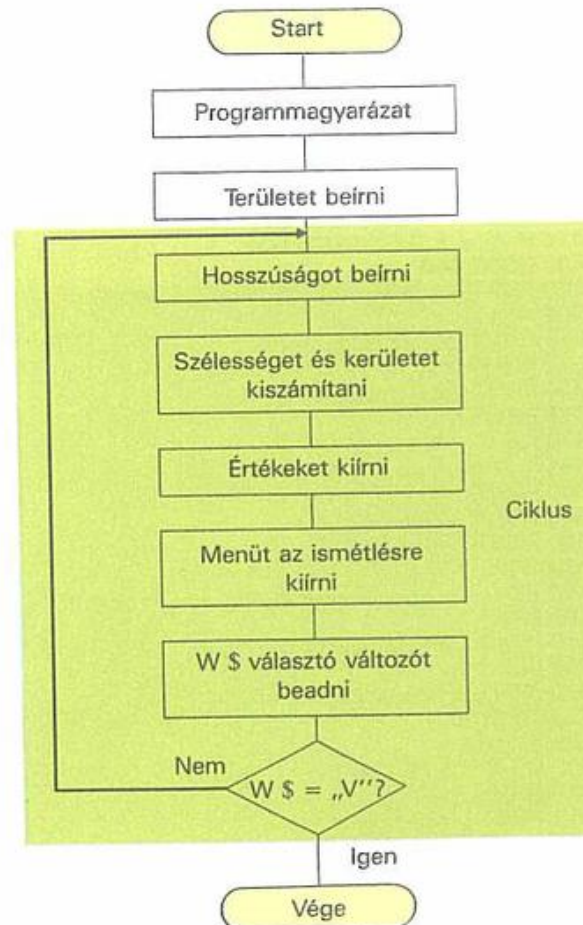


Az ismétlődő részt (ciklus) a struktogramban a sarokba írt résszel jelöljük. A függőleges rész az ismétlődő részt jelöli, a vízszintes részben van az ismétlés feltétele.

A példában a következőt kell ismételni: a hosszúságot beírni — szélességet és kerületet kiszámítani — értékeket kiírni — választó-változót beírni. Ez a kívánt számításmenet a kezelő döntése arról, hogy akarja-e folytatni a számítást. A választó változó példánkban nem szám, hanem jel. Ez felismerhető a változónévhez írt \$-jelről.

A program mindaddig ismétlődik, amíg „V” helyett bármilyen más jelet írunk be. Amikor a „V” (vége) jelet beadjuk, a program befejeződik.

Folyamatábra



A folyamatábrában a ciklust a következőképpen ábrázoljuk:

A ciklus végén rombusz van, amelyből a feltételtől függően elágazás lehet.

1. Ha a feltétel teljesül, a program a ciklus utáni utasítással folytatódik.
2. Ha a feltétel nem teljesül, a program visszaugrik arra az első utasításra, amelyet a ciklusban ismételni kell.

4. program:

```

100 REM *****
110 REM *          program ciklus          *
120 REM *****
130 PRINT „A program kiszámítja a négyyszög”
140 PRINT „A területéből és L hosszúságából a szélességet”
150 PRINT „és a kerületet, a területet és a hosszúságot”
160 PRINT „a kezelőnek mindig újra meg kell adnia”
170 PRINT
200 REM ----- területet beírni -----
210 PRINT „Területet beírni;”
220 INPUT A
300 REM ----- hosszúságot beírni -----
310 PRINT „Hosszúságot beírni;”
320 INPUT L
400 REM ----- feldolgozás -----
410 B = A/L
420 K = 2 * L + 2 * B
500 REM ----- kiírás -----
510 PRINT „Hosszúság”, „Szélesség”, „Terület”,
    „Kerület”
520 PRINT L, B, A, K
530 PRINT
600 REM ----- menü ismétlése -----
610 PRINT „Ismétlés → tetszőleges billentyű”
620 PRINT „Vége → V billentyű”
700 REM ----- választás -----
710 INPUT W $
720 PRINT
800 REM ----- ciklus -----
810 IF W $ = „V” THEN GOTO 900
820 GOTO 300
900 REM ----- vége -----
910 VÉGE

```

Magyarázatok:

A program neve: **ciklus**

A 130–170-es sorok a kezelőnek elmagyarázzák a programot.

A 200-as és 300-as sorokban a megfelelő kezelési magyarázatokkal beírjuk a területet és hosszúságot.

Az adatfeldolgozás a 410-es és 420-as sorokban van.

A kiírásnál új, hogy az 510-es sorban több, vesszővel elválasztott szöveg, és az 520-as sorban több, vesszővel elválasztott változó van. Ennek hatása a következő:

A PRINT utasítás után vesszővel elválasztott kifejezések nem egymást követően, hanem külön oszlopba kerülnek (fix tabulátor).

Példánkban ez azt jelenti, hogy az egyes változók neve és tartalma a következők szerint kerül a képernyőre:

1. oszlop	2. oszlop	3. oszlop	4. oszlop
Hosszúság	Szélesség	Terület	Kerület
6	4	24	20

Észrevehetjük, hogy a szöveghez képest a számok egy jellel jobbra vannak tolva. Ez azért van, mert a számítógép minden számjegy előtt helyet hagy az előjelnek. Ha a szám pozitív, a hely üresen marad.

Negatív számnál kinyomtatja a – jelet.

A legtöbb számítógépnél a fix tabulátorhelyek az első, ill. a 10, 20, 30 stb. pozícióknál vannak.

A 610-es és 620-as sorok kiírása mutatja a menüt az ismétlésre vagy befejezésre.

Ha a kezelő a befejezéshez V jelet ír be, a 810-es sorban a THEN után következő utasítást hajtja végre.

Ez a GOTO 900 utasítás.

Ha a kezelő más jelet ír be, akkor az IF . . . THEN utáni sort fogja végrehajtani. Ez a GOTO 300 utasítás. Így a kívánt programrész ismétlődik (ciklus).

Alkalmazási lehetőségek

1. A hosszúság különböző beírásaival megpróbálhatjuk a hosszúságot és szélességet lehetőleg egyenlővé tenni. A hosszúság, ill. szélesség azonos értékeinél a terület négyzetgyökét kapjuk.

Ezzel az egyszerű módszerrel néhány jegy pontossággal négyzetgyököt lehet vonni.

2. A négyyszög kerületénél megfigyelhetjük, hogy azonos területhez akkor kapjuk a legkisebb kerületet, ha a hosszúság és szélesség egyenlő. Levezethető ebből, hogy adott területhez az egyenlő oldalú négyyszög (négyzet) kerülete a legkisebb.

3. Mindkét eljárás alkalmas grafikus ábrázolásra, pl. állandó területhez a szélesség vagy a kerület a hosszúság függvényében felrajzolható.

A számítógép 4. programja értékpárokat ad a rajzhoz. Grafikai lehetőségű számítógéppel, megfelelő programmal az ábrát közvetlenül felrajzolhatjuk a képernyőre.

Számológiciklus

Definíció:

A számológiciklus olyan ciklus, amelyben a program vagy részprogram ismétléseinek számát előre meghatároztuk.

5. feladat:

$A = 5$ területű négyszöghöz ki kell számítani $L = 2$ és $L = 3$ között minden hosszúsághoz 0,1 lépésekben a hozzá tartozó szélességet, majd kiírni az értékeket.

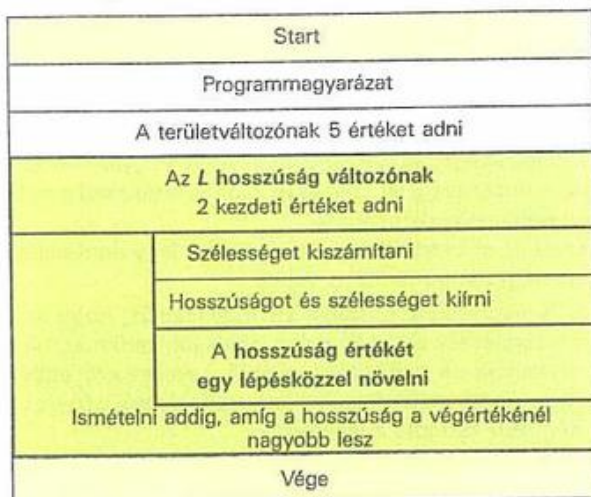
A részprogramot ahhoz, hogy kiszámítsa és kiírja a szélességet, esetünkben 11-szer kell ismétlni, mégpedig a 2,0, 2,1, 2,2 . . . 2,8, 2,9, és 3,0 hosszúságokhoz.

A programrészeket, amelyeknek ugyanazt a számítást kell elvégezniük egyik változó különböző értékeivel, mégpedig egy kezdeti értéktől a végértékig állandó lépésekben, számológiciklussal kell kialakítani.

A megoldás módja:

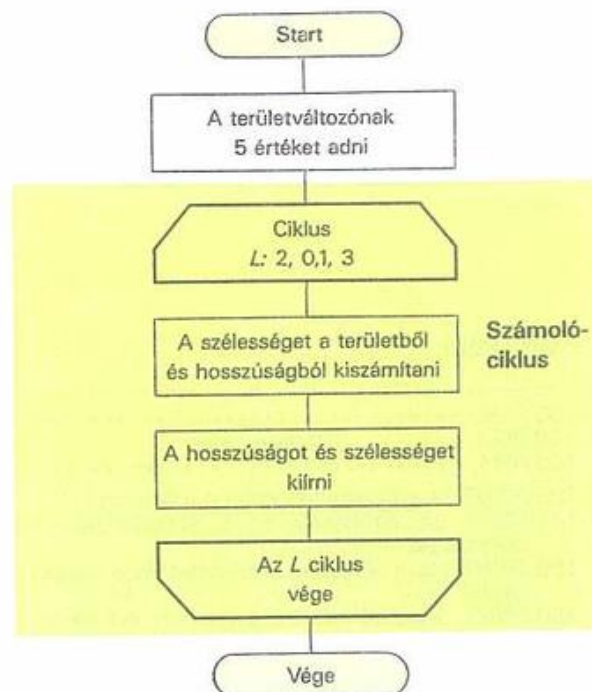
1. A terület A változójának 5 értéket adni.
2. Az L hosszúságnak a kezdeti értéket adni.
3. A szélességet kiszámítani.
4. A hosszúságot és a szélességet kiírni.
5. A hosszúságot a lépésközzel növelni.
6. Ellenőrizni, hogy a hosszúság a végértékét nem lépte-e túl (túllépési feltétel). Ha igen, akkor ciklust befejezni, ha nem akkor visszaugrani a 3. pontra.

Struktogram



A számológiciklusra jellemző, hogy a cikluson belül a ciklusváltozó (itt L) meghatározott értékkel (lépésköz) megváltozik.

Folyamatábra



Új szimbólumok a számológiciklushoz:

A ciklus kezdete, beírva: a változó neve (itt L), majd kettőspont, és utána vesszővel elválasztva a kezdeti érték, lépésköz és végérték.¹

A ciklus vége. Itt ellenőrzi a túllépési feltételt, és teljesített feltételnél kilépés a ciklusból.

A szimbólumok között a gép minden utasítást végrehajt a ciklusváltozó összes értékével.

¹ A számítástechnikában tizedesvessző helyett pontot használnak

Számológiciklus BASIC-ben

A következő ábrán az 5. feladat BASIC-programja látható.

```

100 REM*****
110 REM*      program számológiclushoz      *
120 REM*****
130 PRINT „A program A = 5 területű négyszögben
140 PRINT „2,0, 2,1 . . 3,0 hosszúsághoz számítja
    ki”
150 PRINT „a szélességet”
160 PRINT
200 REM -----értékkadás  A-nak -----
210 A = S
300 REM ----- feliratok kiírásához -----
310 PRINT „Hosszúság”, „Szélesség”
320 PRINT „-----”
400 REM a ciklus kezdete
410 FOR L = 2 TO 3 STEP 0,1
420 B = A/L
430 PRINT L, B
440 NEXT L
450 REM ciklus vége
500 REM vége
510 END

```

Programnév: számológiciklus.

A számológiciklus BASIC-ben a következő alakú:

A ciklus kezdete: **FOR L = K TO V STEP S**. Az utasítás azt jelenti: adjunk az *L* változónak minden értéket *K* kezdeti értéktől *S* lépésekben a *V* végértékig.

A ciklus vége: **NEXT L**.

Minden **FOR** . . és . . **NEXT** közötti utasítást minden értékkel végre kell hajtani.

A ciklus kezdeti utasítása a 410-es sorban, a vége utasítás a 440-es sorban van.

Ha a **RUN** utasítással elindítjuk a programot, a következőt kapjuk:

RUN

A program A = 5 területű négyszögben 2,0, 2,1,...3,0 hosszúsághoz számítja ki a szélességet.

Hosszúság	Szélesség
2	2,5
2,1	2,380953
2,2	2,272727
2,3	2,173913
2,4	2,083334
2,5	2
2,599999	1,923077
2,699999	1,851852
2,799999	1,785715
2,899999	1,724138
2,999999	1,666667

READY

Az oszloponkénti kiírás a feliratok és értékek esetében a 310-es és 430-as sor **PRINT** utasításában lévő vessző eredménye. Feltűnő a korlátozott számítási pontosság, ami miatt a 7. számítási lépésben már 2,599999 áll 2,6 helyett.

Módunk van ezzel az egyszerű programmal 5 négyzetgyököt behatárolni: a hosszúság- és szélességadatokat összevetve látható, hogy valahol 2,2 és 2,27 között kell lennie.

Az 5. program variációjaként bemutatjuk az 5.1. programot, amelyben a terület, valamint a szélesség kezdő- és végértéke, illetve a lépésköz **INPUT** utasítások révén szabadon választható. Az összes bemeneti és kimeneti adathoz a kezelő használati utasítást kap.

5.1. program:

```

100 REM *****
110 REM      program számológép-1
120 REM *****
130 PRINT „A program Q területű négyszög
    szélességét”
140 PRINT „számolja ki különböző hosszúság érté-
    kekhez.”
150 PRINT
200 REM ----- Q beírása -----
210 PRINT „Adja meg a területet ”;
220 INPUT Q
300 REM -- kezdeti érték, végérték és lépésköz --
305 PRINT „Adja meg a hosszúság kezdeti értékét”;
310 INPUT A
320 PRINT „Adja meg a hosszúság végértékét ”;
325 INPUT E
335 PRINT „Adja meg a lépésközt ”;
400 INPUT S
345 PRINT
350 REM----- felirat -----
355 PRINT „Hosszúság”, „Szélesség”
360 PRINT „-----”
400 REM ----- a ciklus eleje -----
410 FOR L = A TO E STEP S
420 B = Q/L
430 PRINT L, B
440 NEXT L
450 REM ----- a ciklus vége -----
500 REM ----- vége -----
510 END

```

Most szokás szerint elmagyarázzuk a programot. A területre az A változó a kezdeti értéknek van lefoglalva a ciklus elején.

Ezt követi a változók beírása, amelyeket a PRINT utasításokkal magyarázzunk meg (kezelési utasítás).

Minden PRINT utasítást ;-vel zár le (210, 305, 320 és 335 sorok). Ez azt eredményezi, hogy minden szöveg közvetlenül az előzőhöz csatlakozik. Ezért a kérdőjelek, amint az INPUT utasításokhoz ír ki a gép, közvetlenül a magyarázó szöveg utánra kerülnek.

Észrevehető, hogy a hosszúságértékek 0,01 lépésköznél pontosabbak, mint 0,1 lépésközből. Ennek oka a BASIC-interpreter működésmódja, és hogy BASIC-ben nem lehet nagy helyiérték-pontossággal számolni. Néhány BASIC-kel futó számítógépet át lehet kapcsolni nagyobb pontosságra, de ekkor a sebesség csökken.

A RUN utasítás után a következő jelenik meg a képernyőn:

```

RUN
A program Q területű négyszög szélességét
számolja ki különböző hosszúságértékekhez.

Adja meg a területet           ? 5
Adja meg a hosszúság kezdeti értékét ? 2,2
Adja meg a hosszúság végértékét   ? 2,3
Adja meg a lépésközt           ? 0,01

Hosszúság      Szélesség
2,2            2,272727
2,21          2,262443
2,22          2,252252
2,23          2,242152
2,24          2,232143
2,25          2,222222
2,26          2,212389
2,27          2,202643
2,28          2,192982
2,29          2,183406
2,3           2,173913

READY

```


18.8. A kész programok használata

Szövegfeldolgozó rendszerek

A szövegfeldolgozó rendszerekben szöveget lehet

beírni,
szerkeszteni és
tárolni.

Mivel a programok utasításai és szolgáltatásai különbözőek, csak az általános funkciókat ismertetjük. A részleteket (a többnyire igen részletes) a programhoz adott kézikönyvekből tudhatjuk meg. A beírás általában olyan, mint amikor az írógépen dolgozunk. A számítógépes szövegszerkesztésben azonban nagy előny, hogy sorokat, szavakat, bekezdéseket vagy akár egész fejezeteket lehet törölni, beiktatni vagy átrendezni. A rendszer segít a szavak elválasztásában és a sorok automatikus tördelésében anélkül, hogy a helyesírást elrontaná.

Mindig csak az a szöveg vagy szövegrész, van a képernyőn, amit látni akarunk. A szöveget lefelé vagy fölfelé egyszerűen eltolhatjuk (scroll), vagy akár a terjedelmes szövegben lapozhatunk.

A szerkesztéshez tartozik:

Formátum:
Sorok száma, leütések száma, margó, sortávolság

Szerkezet:		
Balra igazodóan írni ez a szöveg balra igazodik.	Jobbra igazodóan írni: ez a szöveg jobbra igazodik.	Blokkírás: ez a szöveg blokkírással van.

Betűtípus, betűnagyság
Betűtípus: álló <i>kurzív</i> arányos
Jelsűrűség: jelek száma hüvelykenként: 10 jel 12 jel 15 jel
fett (vastag)
aláhúzott
első index
első index

A megszerkesztett szöveget ki lehet írni a képernyőre, és még a nyomtatás előtt korrigálhatjuk.

A teljes szöveget általában meghatározott név alatt elmenthetjük. Tárolóeszköznek kizárólag hajlékony- vagy merevlemezek jöhetnek számításba.

Szövegrészeket és blokkokat is lehet tárolni, ezek természetesen ismét betölthetők, és egymással is összekapcsolhatók.

A szövegfeldolgozó rendszer tetszőleges szövegekhez, a levelektől kezdve a tudományos munkáig használható.

Adatbázis-kezelő rendszerek

Az adatbázis-kezelő rendszerek lehetővé teszik az adatok

gyűjtését,
rendezését,
átvizsgálását és
kiírását.

Gyűjtéskor közölni kell a rendszerrel, hogy milyen adatokat kell értelmeznie. Ezek közé tartozik többek között:

Adattípus: szám, megadva, hogy lebegőpontos, egész szám vagy bájtos szám, vagy jelsorozat (string), a hosszúságával együtt.

Az adatok száma és tulajdonsága, pl. az adatok kulcsokkal rendezhetők, vagy egy adathalmazban csak egyszer fordulhatnak elő.

Az adatszerkezetet szintén rögzíteni kell. Ehhez például meg kell határozni, hogy hány halmazban lesznek az adatok, és milyen kapcsolat van ezek között.

Az adatokat általában beírómaszkon át viszik be, ez a képernyőn megjelenő formula, amely elmagyarázza a beírást, és csak meghatározott adatokat enged beírni. Ezt a beírómaszkot a kezelő is elkészítheti.

Ha az adattípusokat és az adatszerkezetet rögzítettük, és bevittük az adatokat, azok feldolgozhatók. Tegyük fel pl., hogy van egy adathalmazunk nevekkkel, címekkel és telefonszámokkal.

Ezeket az adatokat a következőképpen lehet feldolgozni:

osztályozás nevek szerint,
osztályozás lakóhely szerint,
meghatározott nevek kikeresése,
válogatás meghatározott lakóhelyek szerint.

A képernyő mellett az adatok a nyomtatón is kiírhatók.

Az adathalmaz feldolgozása címnyilvántartásnál sokkal komplexebb feladat is lehet, pl.:

könyvelés,
raktárnyilvántartás.

18.9. Ellenőrizze tudását

18.1. szakaszhoz: A számítógép jelentősége

1. Nevezzünk meg két fontos területet számítógép alkalmazására! Magyarázzuk el, hogy ezeken a területeken milyen feladatot vesz át a számítógép!
2. Milyen irányban változik a szakképzés a számítógép megjelenése után?
3. Mondjunk két előnyt és két hátrányt a gyártórobotokra vonatkozóan!
4. Milyen tipikus feladatokat kell teljesíteni az adatvédelemben?

18.2. szakaszhoz: Adatok

1. Milyen alapvető adatfélések különböztethetők meg?
2. Soroljunk fel két fontos feldolgozási lehetőséget a számokhoz és a szövegekhez!
3. Milyen formában lehet kezelni nagy adatmennyiséget, pl. neveket és címeket? Nevezzünk meg ilyen adatokhoz két feldolgozási lehetőséget!

18.3. szakaszhoz: A számítógép felépítése

1. Milyen minimális kiegészítések kellenek a központi egységhez, hogy a számítógépként legyen alkalmazható? Soroljuk fel a szükséges részeket és azok funkcióját!
2. Milyen sinek vannak a számítógépben?
3. Magyarázzuk meg a gépi nyelv és az esszembi (assembler) fogalmakat!
4. a) Mi a központi tárolóegység szerepe?
b) Mi a tárolókapacitás mértékegysége?
5. a) Milyen feladatot lát el az operációs rendszer?
b) Milyen szabványos operációs rendszerük van a személyi számítógépeknek, és mi az előnye ennek az egységes rendszernek a kezelő (felhasználó) szempontjából?

18.4. szakaszhoz: A programozás alapjai

1. Milyen a legtöbb program alapszerkezete?
2. Milyen lehetőségeket nyújt a PRINT utasítás a BASIC nyelvben?
3. Milyen BASIC-utasítással lehet a program futása közben adatot bevinni? Ismertessük a komplett utasítást, és magyarázzuk el tényezőinek szerepét!
4. Ismertessünk két fontos rendszer-utasítást!
5. Mit értünk kezelői útmutatón?
6. A darabonkénti árból és a darabszámból ki kell számítani és ki kell írni az árú árát.
a) Vázzuk fel a program folyamatábráját!
b) Írjuk meg a BASIC-programot.
7. Hogyan lehet a BASIC-program szerkezetét szemléltetni? Írjunk egy egyszerű példát!
8. Mi a következménye, ha programíráskor egy utasítást hibásan írunk?

18.5. szakaszhoz: Példa szövegfeldolgozásra

1. Miben különbözik a szövegváltozó a számváltozótól?

18.6. szakaszhoz: Programelágazás

1. Egy programban Z számmal számolunk. BASIC-részprogramban a képernyőn a következő kifejezést kell megjeleníteni:
A Z SZÁM POZITÍV, ha Z nullánál nagyobb, vagy egyenlő vele.
A Z SZÁM NEGATÍV, ha Z kisebb nullánál.
a) Írjunk folyamatábrát a részprogramhoz!
b) Írjuk meg a BASIC-részprogramot!
2. Egy programban a kezelőnek három lehetőséget kell felajánlani. A kezelő az 1–3 számok beírásával választ. Mutassuk meg folyamatábrán, hogyan lehet a számmal a meghatározott programrészt kiválasztani!
3. Hogyan lehet a program különböző részeit azonos helyen folytatni?
4. Milyen alapfeltétel szükséges az elágazáshoz?

18.7. szakaszhoz: Programciklus

1. Mikor használunk programciklust?
2. Mikor használunk számológiklust?
3. BASIC-programban ki kell írni a képernyőn minden 1. . . 9 közötti természetes számot és a négyzetét. A számokat egymás alatt a második fix tabulátoroszlóponban, a négyzetüket negyedik fix tabulátoroszlóponban kell kiírni.
a) Írjuk meg a program folyamatábráját!
b) Írjuk meg a BASIC-programot!
4. Készítsünk BASIC-programot, amely kiszámítja a beírt sugárból a kör kerületét és területét! Ezt követően meg kell kérdezni, hogy a kezelő ki akar-e számítani további példát. Az I billentyű lenyomásakor további számítás lehetséges, az N billentyű lenyomásakor a program befejeződik.
Jelöljük REM sorokkal az egyes programrészeket!
5. Adott egy BASIC-program, amely négyszöghöz a terület és hosszúság beírása után kiszámítja a szélességet. Magyarázzuk el példával, hogyan lehet különböző hosszúságok beírásával egy szám négyzetgyökét kiszámítani!

18.8. szakaszhoz: A kész programok használata

1. Soroljuk fel egy szövegszerkesztő program három funkcióját!

I. függelék: A változók elnevezése

A változók elnevezése a standard-BASIC nyelvben

A standard-BASIC-ben csak egy vagy két jeltől állhat a változók neve. Az első jelnek mindig nagybetűnek kell lennie. Második jelként egy 0. . 9 közötti szám is megengedett. A standard-BASIC változónevei tehát:

A, B, . . . , Z
A0, A1, . . . , Z9
lehetnek.

A ma használatos és a standard-BASIC nyelvvel szemben lényegesen tágabb dialektusok bővített változóneveket is megengednek. Először is megengednek hosszabb neveket is, de az első jel minden dialektusban csak betű lehet. A további jelek számára betű, szám és tizedesponst is megengedett. A betűket továbbá akár kis-, akár nagybetűvel lehet írni.

Nem használhatók változók elnevezésére a BASIC nyelv fenntartott kulcsszavai, mint pl. a FOR, TO, PRINT, INPUT stb. BASIC-utasítások.

A változók neveinek kiegészítései

A változó nevéhez toldott kiegészítéssel az adatfajta határozható meg.

A standard-BASIC nyelvben a következő adatfajta lehet kiegészítésekkel definiálni:

Kiegészítő jelek	Adattípus
Nincs	Lebegőpontos (angolul REAL) Szám tartomány $\pm 2,9 \cdot 10^{-39}$ és $\pm 1,7 \cdot 10^{+38}$ között, pontosság 7 helyiérték Például: A, B, Z, A1, B7
%	Egész számok (angolul INTEGER) Szám tartomány -32768 és $+32767$ között Például: A%, B%, A1%, Z9%
\$	Jel- vagy jelsorozat-változó (angolul STRING), hossza korlátozott (többnyire 255 jel), a legrövidebb jellánc: " " ami az üres lánc Például: A\$, N1\$, E\$

A jelenlegi dialektusok még egy megkülönböztetést engednek meg a számok között: egyszeres pontosság (kiegészítés nélkül) és dupla pontosság, kiegészítéssel a változó neve után.

II. függelék: Az alkalmazott utasítások felsorolása

Csak a fejezetben használt standard-BASIC utasításokat tárgyaljuk. További utasítások a számítógép kézikönyvében találhatók.

A PRINT kiviteli utasítás

PRINT	PRINT egymagában üres sort ír ki.
PRINT 5	Kinyomtatja az 5 számállandót.
PRINT „aBc”	Betű szerint kinyomtatja a macskakör-mők közé zárt aBc szövegállandót.
PRINT A	Kiírja az A számváltozó értékét.
PRINT N\$	Kiírja az N\$ jel vagy jelsorozat-változó tartalmát.
PRINT N1\$ N2\$	Kiírja N1\$ és N2\$ tartalmát közvetlenül egymás után.
PRINT N1\$ N2\$	Kiírja az N1\$ és N2\$ tartalmát az előzőre megadott tabulátorpozícióba (oszlopok).

Ha a képernyő helyett nyomtatón akarjuk az adatokat kiírni, a PRINT helyett LPRINT-et kell beírni.

INPUT beviteli utasítás

INPUT A	Lehetővé teszi lebegőpontos szám beírását az A változó rekeszébe a program futása alatt.
INPUT N\$	Lehetővé teszi jel vagy jelsorozat beírását az N\$ változó rekeszébe a program lefutása alatt.

Feltétel nélküli ugrás

GOTO S	Ugróutasítás. Ha a számítógép ehhez az utasításhoz jut, a program az S sornál folytatódik. A jelzett sornak (vagy ennél nagyobb-nak) valóban ott kell lennie a programban.
--------	--

Feltételes utasítás

IF B THEN	B feltételtől függően különböző utasításokat lehet végrehajtani: ha teljesül a feltétel, a THEN utáni utasítást hajtja végre. ha a feltétel nem teljesül, az IF . . . THEN utáni sor utasítása teljesül. B feltétel logikai kifejezés. Benne számokat vagy jeleket lehet összehasonlítani. B helyén pl. ez állhat: $A = B$, $A > B$, $A < B$, $Z = 2$, E = „V”$, N = „Herr”$ BASIC-ben a feltételes utasításokkal elágazós program-struktúrákat és ciklusokat lehet megvalósítani.
-----------	---

Programmegjegyzések

REM	Program közbeni magyarázatok, ill. felvilágosítások a programozó számára. A program lefutására a REM utasításnak semmi hatása nincs. Mivel memóriahelyeket foglalnak el egy nagyobb programban, takarékoskodni kell velük.
-----	--

Számoló ciklus

FOR L = K TO V STEP S . . . NEXT	Számológiklus. A ciklus a FOR L = = K TO V STEP S utasítással kez- dődik és a NEXT utasítással fejező- dik be. Minden FOR és NEXT kö- zötti utasítást L minden értékére	végrehajt, először K kezdeti értékkel, majd a kezdeti érték + lé- pésköz = K+S, ezután A+2*S stb. értékkel. Elhagyja a ciklust a NEXT utasításnál, tehát az ezt követő utasítással folytató- dik, ha L további S lépésköz hozzáadásával átlépne a vég- értéket.
--	---	---

III. függelék: BASIC-standardfüggvények számokhoz

Alapműveletek

- + összeadás,
- kivonás,
- * szorzás,
- / osztás.

Hatványozás, gyökvonás, logaritmuskeresés

Függvény	Példa	Megjegyzés
I	$Y = A1X$	$y = a^x$ pl. $a = 2$ és $x = 3$ esetében 8 értéket jelent.
EXP	$Y = \text{EXP}(X)$	$y = e^x$ az e -alapú hatványt adja (Euler-féle szám, $e = 2,7182183$) $x = 1$ értékhez 2,7182183 értéket eredményez.
SQR	$Y = \text{SQR}(X)$	$y = \sqrt{x}$ az x szám négyzetgyökét szolgáltatja.
LOG	$Y = \text{LOG } X$	$y = \ln(x)$ az x értékének természetes logaritmus. A tetszőleges a -alapú logaritmust a következők szerint lehet kiszámítani: $a_{\log x} = \frac{\ln x}{\ln a}$ Példa: a 100 szám tizes alapú logaritmus $a = 10$ és $x = 100$ értékekhez. $10_{\log 100} = \frac{\ln 100}{\ln 10} = 2.$

Logikai függvények

Függvény	Példa	Megjegyzés
AND	$X = A \text{ AND } B$	A feldolgozandó számokat bináris számokká alakítja át, ezután az összes műveletben minden helyen bináris számok vannak. Az eredményt ismét decimális számmá alakítja és kiírja. Példa: $A = 6_{10} = 0110_2$ $B = 5_{10} = 0101_2$ AND OR NOT 6 0110 6 0110 6 0110 5 0101 5 0101 4 0100 7 0111 9 1001
OR	$Y = A \text{ OR } B$	
NOT	$Y = \text{NOT } A$	

Szögfüggvények és inverzeik

Függvény	Példa	Megjegyzés
SIN	$Y = \text{SIN } B$	$y = \sin b$ alak a b szög szinusza, koszinusz, ill. tangensértéket adja. A szöget radiánban kell írni. A szögfokról radiánra és fordítva az átszámítás: $b = \text{szög radiánban}, a = \text{szög fokban},$ $b = \frac{2 \cdot \pi}{360} \cdot a, a = \frac{360}{2 \cdot \pi} \cdot b$ (a derékszög 90°).
COS	$Y = \text{COS } B$	$b = \arctg y$ azt a szöget adja radiánban, amelynek tangense y . Példa: $y = 1$ (45° -os szög), $b = \arctg 1 = 0,785$. A szinusz és koszinusz inverz függvényeket a tangensből lehet kiszámítani:
TAN	$Y = \text{TG } B$	
ATN	$B = \text{ATN}(Y)$	

Különleges függvények

Függvény	Példa	Megjegyzés
ABS	$Y = \text{ABS}(X)$	x értékének abszolút értékét adja
SGN	$Y = \text{SGN}(X)$	x szám előjelét adja, amelyben: x szám az y függvény értéke pozitív 1, negatív -1, nulla 0.
INT	$Y = \text{INT}(X)$	A legközelebbi egész számot adja. Példa: x szám INT X 4.2 4 -3.1 -3

IV. függelék: Rendszerutasítások

A rendszerutasítások formája az operációs rendszertől és az éppen használt programnyelvtől függ, ezért ezeket az utasításokat mindig tanulmányozni kell a kézikönyvben. A következőkben az MS-DOS operációs rendszerrel kapcsolatos GW-BASIC nyelvben használatos utasításokat ismertetjük. Ez az IBM és IBM-kompatibilis személyi számítógépek szokásos utasításrendszere. Az utasításokat úgy írjuk, ahogy azok a képernyőn megjelennek, majd (RETURN) utasítással végrehajthatók.

1. Parancsok a BASIC előhívására és visszatérés az operációs rendszerre

Utasítás	Jelentése
BASIC	Az MS-DOS operációs rendszerbe betöltődik a BASIC nyelv. Ezt követően a számítógép BASIC-ben programozható, a programok BASIC nyelven futnak, és végrehajtódik minden BASIC-utasítás.
SYSTEM	Ha BASIC-ben beírjuk a SYSTEM utasítást, a számítógép újra visszatér az MS-DOS operációs rendszerre. A BASIC-programok és adatok ekkor elvesznek.

2. Basic-utasítások listázásra, programok végrehajtására és törlésére.

Utasítás	Jelentése
LIST	A memóriában található összes programot kilistázza a képernyőre. Ha nyomtatóval listázunk, LIST utasítást kell írni, ez az összes LIST funkcióra érvényes.
LIST 100	Csak a 100-as számú sort listázza ki.
LIST-100	Minden sort kilistáz a 100-as sorig.
LIST 100-	Minden sort kilistáz a 100-as sortól.
LIST 100-200	Kilistázza a 100 és 200 közötti sorokat.
RUN	Elindítja a memóriában levő program végrehajtását. A RUN utasítás után a számítógép már nem reagál a billentyűzetre. A program futását azonban a <CONTROL> és <C> billentyűk egyidejű lenyomásával vagy <CONTROL> és <Break> billentyűk segítségével meg lehet szakítani. A CONT utasításra a program újra elindul.
RUN 100	A program a 100-as sornál indul.
NEW	Törli a programot a memóriából. Ezt az utasítást csak akkor használjuk, ha biztosak vagyunk abban, hogy a program törölhető, mert pl. új programot akarunk írni.

3. BASIC-ből lehívható utasítások program betöltésére és tárolására

Utasítás	Jelentése
SAVE „név”	Ezzel a memóriában levő programot átírja mágneslemezre. „név”-ként a kívánt program nevét lehet megadni. Ez állhat egy részből, vagy két, ponttal elválasztott részből. Az első rész, a tulajdonképpeni név max. 8 karakterből állhat, a második rész, a név bővítése 3 karakter lehet. A nevet csak a következő jelekből lehet alkotni: A-tól Z-ig, 0-tól 9-ig, és ! # \$ % & ' () , - , / : [] .
LOAD „név”	Betölti az adott nevű programot a mágneslemezről. A névre vonatkozóan ugyanazok érvényesek, mint a SAVE utasításnál.
LOAD	Egymagában a sorrendben első programot tölti be.

4. BASIC-ből és MS-DOS-ból lehívható utasítások a mágneslemezen tárolt adatcsoportok tartalomjegyzékének elkészítésére

Utasítás	Jelentése
DIR ¹	Megjelenik a képernyőn az adatcsoportok tartalomjegyzéke. Ha a lemezen pl. három BASIC-program van NÉGYSZÖG, CÍMEK és ELÁGAZÁS névvel tárolva (l. SAVE), akkor ezek az adatcsoportok DIR, ill. FILES utasításra megjelennek.
FILES ²	NÉGYSZÖG BAS CÍMEK BAS ELÁGAZÁS BAS Először a név jelenik meg, utána a bővítése. A BAS bővítés azt jelenti, hogy a fájlban, ezen a címen Basic-program van.

¹ MS-DOS-ból is lehívható. A file nevéhez megadja annak a hosszúságát, és a készítés dátumát, ill. óráját is.

² BASIC-ban lehívható.

5. Csak MS-DOS rendszerben lehívható utasítás mágneslemez formátolására

Utasítás	Jelentése
FORMAT	A mágneslemez formátálja. Formátáláskor a lemezen mágneses beírással elkészülnek a sávok és szektorok. Az első használat előtt minden lemezt formátálni kell. FIGYELEM: formátáláskor a lemezen esetleg rögzített adatokat töröljük! Formátálás után a mágneslemez kész a tárolásra és a programok betöltésére. Más fájlok számára is üzemkész.

Tárgymutató

A, Á

ábrázolás nézetekben 258
abszolút frekvenciamérés 155
acél 203
adatbevitel 195
adatfajták 298
adattfeldolgozás 195, 297
adatgyűjtő rendszerek 317
adatmegjelenítő 303
adatsín 299
adattár 298
adattípus 302
adatvédelmi törvény 297
aerométer 246
ajtónyitó berendezés 197
ajtóvezérlés fotocellával 198
akceptor 160
akkumulátor 243, 245, 248
akrilüveg (plexi) 222
aktív korrózióvédelem 235
— szén 242
alakítás 230
alakítható ötvözetek 213
alaktényező 121
alkalmazott utasítások 319
alkonykapcsolók 177
állandó értékű kondenzátor 88
— feszültségű töltés 245
állandó mágnes 101
alukrom 15
alulnézet 258
alumínium 211
— elektrolitikus oxidálása 238
— elektrolitkondenzátor 91
aminoplasztok 223
amper 8, 9
ampermérő 9
amperóra-hatásfok 244
amplitúdó 119
analóg jelek 186
— mérőműszer 135
anyagfelépítés 3
anyagismeret 201
anyagszámozások 216
arany 215
áram, villamos 8
— hatása az emberi szervezetre 66
áramerősség 8
áram-hozzávezetés 143
áramillesztés 63
áramimpulzus-relés vezérlés 287
áramirány 8, 22
áramkör 22
áramköri elosztó 278
árammérés 142, 154
árammérő 138
— műszer 9
áramnemek 9
áram-összehasonlító mérés 141
áramsűrűség 47
áramúterv 271, 283
áramvezetés emberi testen keresztül 66
áramvezető tekercs 105, 115
aritmetikai részegység 299
ásványi anyag 217
aszinkron vezérlés 196
átalakító 230
átmágnesezési veszteség 102
átmeneti ellenállás 66, 201
atom 3, 4
atommodell 3, 158
áttekintő terv 271, 283
átütési feszültség, szilárdság 79, 202
átvezető kondenzátor 90
azbeszt 217
azonos fázisú váltakozó áramok 122
axonométrikus ábrázolás 257

B

bakelit 223
balesetvédelem 70, 227

322

balkéz-szabály 105
barnakő 240
BASIC-standard függvények számokhoz 320
— utasítás 304
bauxit 212
bázis 173
beállító- (trimmer-) kondenzátorok 94
beavatkozótág 194
beépült kristályszerkezet 208
bekapcsolási idő 167
— folyamat 113
bekötési rajz 272
belső ellenállás 54
— érintőkör 256
— fotoelektromos effektus 176
— menet 264
belsőmágneses mérőmű 140
bemeneti utasítás 305
bemeneti-kimeneti egység 299
berillium 213
betétedzés 206
betűjelek 266
betűnagyság 254
betűsablon 253
bifiláris tekercselés 16
billenőfokozat, bistabil 193
billentyűzet 299, 302
bináris alapkapsolások 188
— helyérték 187
— rendszer 186
— szó 299
bipoláris impulzus 128
— tranzistor 173
bistabil billenőfokozat 193
bit 187
biztonsági előírások 70
— kapcsolás 192
— leválasztás 65
biztonságtechnika 65
biztonságtechnikai jelölések 72
biztosító 49
Bohr-féle atommodell 3
borálás 206
borostyán 1
Braun-cső 146
Brinell-mérés 201
Burmester-készlet 252
busz 299
byte 302

C, Cs

C, ADA 303
CAD 297
— rendszer 275
cellavizsgáló 246
cellulóz 219
ceruzabeklek keménységi fokozatai 253
ceruzarajz 255
chopper-üzem 153
CIM 297
címek 302
címsín 299
cink 214
cink-szén elem 240
COBOL 303
compiler 303
coulomb 4
Coulomb-törvény 76
CP/M 303
cronix 15
csapágyazás 137
csatolt vezérlés 196
csavarkötés 231, 235, 265
csavarok 264
csillám 217
csillámpor 227
csillámtermékek 218
csillapítás 137
csiszolóanyagok 226, 227
csiszolókorongok jelölésrendszere 228
csomópont 27
csoportos vezérlés 188, 197
csökkentett üzemi feszültség 73
csőkondenzátor 90
csúcsérték 119

csúcstényező 120
csúcsból-csúcsig érték 120
csúszógörűs motor indítókapcsolása 199

D

darabolás 230
De Morgan-szabály 191
decimális számrendszer 186
déli pólus 96
diagram 267
diagrampapír 268
diametrikus sablon 257
— vetítés 257
dielektrikum 79, 202
dielektromos állandó (permittivitás) 81
— polarizáció 79
— veszteségi tényező, tg δ 202
differenciális ellenállás 164, 168
digitális jel 186
— műszer 135
— rendszer 186
— technika 185
dimetrikus ábrázolás 257
DIN 250
dióda-jelleggörbe 164
direktmodus 304
diszk 302
dokumentáció 271
donátor 160
dotálás 159
dugóhúzó-szabály 95
duromerek 223
duropaszt-duromer 221
duropasztikus műanyag 223
durranógáz 244

E, É

edzés és megeresztés 205
effektív érték 120
egyedi vezérlés 197
egyenáram időbeli lefolyása 117
egyenáramú ellenállás 164
— motor alapelve 105
— vezeték méretezése 47
egyes vezetők mágneses térben 108
egyenfeszültség 7
egyenirányító dióda kapcsolás 165
egyenirányított középérték 120
egykristály félvezető dióda 163
együtemű egyenirányító 165
elágazó egységek 299
elasztomerek 221, 222, 223
elektroakusztikai átalakítók rajzjelei 327
elektrodafoolyamatok 237
elektrodinamikus mérőmű 144
elektrokémia 237
elektrolit 237, 243, 247
elektrolitcella 237
elektrolitikus raffinálás 211
elektrolitkondenzátor 88, 91
elektrolitréz 211, 237
elektromotoros erő 54
elektronáram 8, 160
elektronfutási idő 148
elektronhő 3
elektronhiány 5, 159
elektronika 158
elektronok 3
elektronsugár 106
elektronsugárcső 146
elektromotoros 5
elektrooptikai kerámia 219
elektrotechnikai előírások 69
elemi cella 57
— mágnes 96
— töltés 4
— villamos töltés 3, 29
ellenállás hőmérsékletfüggése 50
—, mágneses 102
— nemzetközi szinkódja 19
—, villamos 11
ellenállás-egyes 24
ellenállásérték 11, 12

ellenállás-hálózat 29, 31
ellenállásmérés 141
ellenállás-mérőhid 37
ellenállások jelölése 19
— kapcsolása 24, 26
ellipszis 256
eloxálás 238
előlnézet 258
előtét-ellenállás 33
elrendezési rajz 272
elsőmágnesezési görbe 102
elsősegély villamos balesetek esetén 68
eltérítési tényező 150
eltérítőrendszer 147
emberi test áramvezetése 66
emitter 173
energia 240
energiaátalakítók 43
energiamegjelenési formák 43
energiatartalom 240
építészeti tervrajzok 262
epoxigyanta (EP) 223
eredő kapacitás 83
— vezetőképesség 28
erőhatás áramtól átvárt vezetők között 105
erősáramú kábelek 290
— szigetelt vezetékek 290
erősítő 150
erővonal, mágneses 95
—, villamos 76
esszembler 299
ezüst 215
—, cink elem 242
égés 67
érintési feszültség 72
érintésvédelem 72
érintkező nélküli vezérlés 186, 195
érintkezőlajok 226
érintkezős vezérlés 194
érintő 256
érszinek alkalmazása 290
érzékenység 136
ÉS-kapcsolás 189
északi pólus 96
eutektikus ötvözet 208

F

fagyhatár 248
fajlagos ellenállás 11, 48
— hőkapacitás (fajhő) 45
— villamos vezetőképesség 14
Faraday-kalitka 78
Faraday-törvény 238
fáziseltolási szög 123
fázisszögmérés 154
fékezőnyomaték 145
fékmágnes 145
félfémek 207
felharmonikus 125
feliratozás 254
felrakó hegesztés 206
feltételes vezérlés 199
feltöltés 84, 247
felületi edzés 205
— ellenállás mérése 201
— megmunkálás adatai 266
felülnézet 258
félvezető 14, 158
— dióda 163
— elemek hűtése 181
fémbevonatok 234
fémek fontosabb rácsszerkezetei 207
fémezett papír- (MP-) kondenzátorok 89
fémfilmellenállás 15
fémréteg-ellenállás 15
fenolfomaldehid-gyanta (PF) 223
fényerősség 178
fényhatás 2, 65
fénymérők 177
fénysebesség, c_0 118
fényvezető szál 218
ferritmag 111
ferromágnesség 96

feszültség 6
feszültségesség mérése 142
feszültségforrás 6, 54
feszültségforrások kapcsolásai 57
feszültségfüggő ellenállások 171
feszültséghiba-kapcsolás 141
feszültségillesztés 63
feszültségindukálás 107
feszültségkorrózió 234
feszültségmentesítés 70
feszültségmonetizáló izzítás 205
feszültségmérés 153
feszültségmérő 7, 138
feszültségmérők 7
feszültségosztó 32, 150
feszültség-összehasonlító mérés 141
feszültségvédő dióda 169
fix tabulátor 313
fiziológiai hatás 2, 65
flipflop 193
fluoreszkálás 147
fluxus, mágneses 98
—, villamos 78
fluxussűrűség, mágneses 98
—, villamos 78
fogasztásmérő 40
— állandó 40, 145
— szekrény 227
fogasztó 22
fogóelektróda 235
folyamatábra 307
folyamatdiagram 271
folyamatirányító processzor 196
folytonos vonal, vékony 260, 261
fordulatszám-szabályozás 199
forgácsolás 230
forgóáram 10
forgókondenzátor 93
forgómozgó 10
formatényező, k_f 121
forrásfeszültség 54
forrasztókötés 232
forrasztóon 214
forrasztott kötés 231
FORTRAN 303
foszforeszkálás 147
fotodióda 178
fotoeffektus 176
fotoelem 177
fotoellenállás 176
fototranzisztor 179
fókuszpont-perspektíva 257
fóliakondenzátor 88
fóliaszakasz 89
főléosztás 269
frekvencia 117
frekvenciakompenzáció 151
frekvenciamérés 155
frekvencia-összehasonlítás 155
függvénygörbe 267
függvényábrázolás 188
fűrészgenerátor 149

G, Gy

galváncella 239
galvánium 239
galvanizálás 238
galvanosztégia 238
generátor 58
generátorelv 109
generátorszabály 109
geo-(technikus-háromszög) 252
geometria alapszerkesztések 256
gépi nyelv 299
— programozás 274
gépjármű-akkumulátor 245
gerjesztés 97
germánium 158
gigaohm 11
golyósmalom 210
görbe vonalzó 252
görgözés 206
görögbetűs írás 254

grafikus ábrázolás 255, 267
grafit 227
Guericke 1
gyártásellenőrzés méretjelölése 263
gyártási eljárások 230
— méretjelölések 263
gyémánt 228
gyökvonás 320
gyújtásvégvezérlés 199

H

habosított anyag 221
hajlítható görbévonalzó 252
hálózati frekvencia 118
— rendszerek 75
harmonikusok 127
harmonizált vezetékek 302
— jelölési példái, rövidítései 292
háromélű léptékvonalzó 251
háromszögvonalzó 252
hasznos energia 43
— teljesítmény 44
határérték 167
határhőmérséklet 50
hatásfok 43, 61
hatásidőtartam 67
hatásos ellenállás 11, 128
hatóanyag (adalek) 226
hatszög 256
háttértároló 299, 302
hatványozás 320
házcicsengők 287
házi telefon ajtónyitóval 289
hegesztett kötés 231
helyérték 187
helyettesítő ábra 271
— ellenállás 28
— kapcsolás 54
helyzetfüggetlen akkumulátor 245
hengeres csatlakozók jelölései 291
— tekercs 111, 117
Henry Josef 110
Hertz 1
hétszegmenses kijelző 180
hibaáram-kapcsolás 141
hibafeszültség 72
hibahatár 135
hibahely-meghatározás 143
hibajelzés 308
hidegalakíthatóság 201
hidegvezető (PTC) 50
hídkapcsolások 36
higany 215
higanykapcsoló 215
HIGH 188
híradástechnikai vezetékek 295
hiszterézis 101
hídág 37
hídkapcsolás 36
hívóberendezések
— alapkiosztásai 287
homogén villamos tér 77
hőáramlás 181
hőátadás 181
hőellenállás 182
hőfejlesztés 46
hőfejlesztő készülékek vezérlése 198
hőhatás 2, 65
hőkapacitás 45
hőmérséklet 45
hőmérsékletfüggés 113
hőmérséklet-tényező 51
hőmozgás 45
hőszugárzás 181
hővezetés 181
hullámforrasztás 232
hullámhossz, λ 119
hurokváltozó 314
húzóellenállás 15
húzótekercselés 111
húzórugó 253
hűtőlemez 183
hűtőborda 46, 183

I

ideális kapacitás 129
 — tekercs 132
 idegenvezetés 159
 időalap 154
 időállandó 85, 113
 idődiagram és vektorára 122
 időeltérítés 148
 időkapcsoló 287
 IEC 250
 — sorok 18
 igazságtáblázat 189, 190
 illesztés 60
 impulzus 126
 indukált feszültség iránya 108
 indukció, mágneses 98
 indukciós edzés 206
 — fogyasztásmérő 145
 indukciótörvény 107
 induktív látszólagos ellenállás 135
 induktivitás 110
 — arányossági tényezői 113
 —, veszteségmentes 132
 induktivitások kikapcsolása 115
 induktivitástényező 102
 influenza (megosztás) 78
 inhomogén villamos tér 77
 installációs terv 272
 interpreter 303
 ionáram 8
 ionok 4, 237
 ionkiválás, ionvándorlás 237
 író-olvasó tároló 302
 ISO 250
 IT-hálózat 72
 ívmérték (radián) 118
 izometria-sablon, izometrikus ábrázolás 257
 izomgörcs 67
 izmitás 204
 izmitási és megeresztési színek 205

J

jeladó tag 194
 jelek 298
 jelfeldolgozás 196, 298
 jelleggörbe 156, 267
 jelöléscsoport 273
 jelzőkészülékek rajzjelei 327
 jobbcsavar-szabály 95
 jobbkéz-szabály 109

K

kapacitás 79, 129, 240
 kapacitív látszólagos ellenállás 130
 kapcsolási rajz 271, 283
 kapcsoló 185
 kapcsolódíoda 166
 kapcsolóvezérlés öntartással 198
 kapcsolófeszültség 54
 kaputelefon-berendezés 289
 kaucsuk 223
 Kelvin 45
 keményforrasztás 232
 keménykrómozás 206
 keménymágneses anyagok 101
 keménység 201
 kémiai elemek 3
 — ellenálló képesség, korrózióállóság 201
 — hatás 2
 kempingek elosztói 282
 kenőanyag 226
 kenőolajok, kenőzsírok, 226
 képernyő 299
 kerámiaanyagok 218
 kerámia-kondenzátor 88, 90
 kerámiatrimmer 94
 kéregedzés 206
 keresztirányú 286
 kész program használata 317
 készülék-húzóalozási rajz 271
 kétcsatornás oszcilloszkóp 152

kétvezetős fogyasztásmérő szekrény 278

kétsugaras csövek 152
 — oszcilloszkóp 152
 kettes számrendszer 187
 kettőspont-vonal 260, 261
 kevert áram 224
 — feszültség 224
 — kristályos ötvözetek 208
 kezelő tájékoztatása 306
 kiegyenlítés 36
 kiegyenlítőáram 59
 kikapcsolási folyamat 115
 — idő 166
 kikapcsolt dugaszolóaljzat 284
 kiloamper 9
 kilokalória 46
 kilohm 11
 kilovolt 6
 kilowattóra 40
 kimenet 195
 kimeneti egység 299
 Kirchhoffi törvényei 25, 27
 kisebbségi töltéshordozó 160
 kisütés 85, 247
 kisütési görbe 242
 kóboráram-korrózió 234
 kód 273
 kódolás 299
 koercitív térerősség 101
 kollektor 173
 kombinált soros váltókapcsoló 286
 kompenzáció-elv 142
 kompenzátor 142
 komplex vezérlés 196
 kondenzátor 81, 129
 kondenzátorkerámia 219
 kondenzátorok 57, 82, 83, 88
 konstantán 15
 kontaktkorrózió 233
 kontaktus nélküli vezérlés 195
 kórházi hívóberendezés 288
 korrózió 231
 korrózióálló alapanyagok 234
 korrózióvédelem 234
 könnyűfém 207, 211
 kördiagram 270
 körfrekvencia ω 118
 körgyűrű (toroid-) tekercs 111
 körvonalarajz 255
 körző 252
 köszörűkorong 228
 kötéstechnika 231
 központi egység 299
 — memóriaegység 299
 központi tároló 299, 302
 kriolit 212
 kritistályhúzás 163
 kristályközi korrózió 233
 kristályszerkezet 158
 kúszóáram-szilárdság 201
 különleges félvezető dióda 167
 — függvények 320
 — kerámia 219
 — váltakozó áramú kondenzátorok 90
 külső jelleggörbe 56
 — kör 256
 — menet 264
 — szívmasszázs 69
 kúszófeszültség 164

L, Ly

lakás áramkörei 279
 lakásvillanyszerelés 279, 281
 lakóépületek villanyszerelése 277
 laposelem 241
 lavinaeffektus 167
 lágyforrasztás 213, 232
 lágymágneses anyag 102
 lágyvasas mérőműszer 139
 lángedzés 206
 lángkemence 210
 lavinaeffektus 168
 LED dióda 180

lefejtési diagram 271
 lefutó diagram 271
 — vezérlés 196
 légcshipítés 137
 légréses mágneses kör 103
 légrés nélküli mágneses kör 102
 légtrimmer-kondenzátorok 94
 lemezellenállás 16
 lengési amplitúdó 119
 lengésidő 117
 lengőtekercses műszer 140
 Lenz-törvény 109
 légüres tér permittivitása 81
 lélegeztetés 69
 lépték 261
 léptékvonalzó 251
 lineáris középtértek 121
 Lissajous-ábra 155
 logaritmusos lépték 268
 logaritmuskeresés 320
 logikai függvények 320
 LOW 188
 lóg 237
 lógos akkumulátor 246
 lyuk 159

M

magasszintű programnyelvek 303
 mágnes 96
 mágnesek közötti erő 106
 mágneses anyagok 101
 — ellenállás 102
 — erővonal 95
 — fluxus 98
 — hatás 2, 65
 — indukció 98
 — kör 102
 — permeabilitás 98
 — pólus 96
 mágneses tér 95, 104, 111
 — téterősség 99
 — vezetés 102
 mágnesezési görbe 100
 mágnesformák 101
 mágneskapcsoló 95
 mágneskapcsolós vezérlés 287
 mágnes-tér-függő ellenállás 171
 mágnesszalag 302
 magnézium 213
 mangán 15
 maradék mágnesség 102
 Marconi 1
 mátrixnyomtató 275
 maximális érték 119
 Maxwell 1
 meander-köszörülés 17
 mechanikai mennyiségek vezérlése 197
 — munka 40
 megaamper 9
 megaohm 11
 megavolt 6
 megengedett legnagyobb áramsűrűség 49
 — — zárófeszültség 165
 megeresztés 205
 megmunkálás 230
 megmunkálási pontosság 298
 — rajz 255
 megalakíthatóság 201
 melegvezető (NTC) 50
 memória 299
 mennyiségek, mértékegységek 76
 meredekség 24
 mérés kisfeszültségű hálózaton 154
 — oszcilloszkóppal 153
 — teljesítménymérővel 144
 mérés-határ 136
 méréstechnika 135
 méretezés 263, 274
 méretjelölés 263, 273
 méretrajz 255
 méretvonal-előírások 263
 mérévlemez 302
 mérőfej-kompenzáció 151

mérőhely 277
 mérőhíd-eljárás 143
 mérőszekrény 277
 mértékegységek VI.
 mesterséges lélegeztetés 69
 metszet 264
 mikroamper 9
 mikroohm 11
 mikrovolt 6
 milliampér 9
 milliméterpapír 268
 milliohm 11
 millivolt 6
 módosított természetes anyag 217, 219
 molibdén-szulfid 227
 motorelv 105
 mozgatható készülékek 290
 MS-DOS 303
 mutatókiterés 136
 műanyag 217, 221
 – fólia kondenzátorok 89
 – galvanizálása 238
 műanyagok márkanevei 224
 – melegszilárdsága 201
 működésre vonatkozó méretjelölések 263
 műszaki rajz 250, 255
 műszer, analóg 135
 –, digitális 135
 –, lágyvasas 139
 –, lengőtekerccses 140
 műveletek bináris számokkal 187

N, Ny

n típusú félvezető 159, 160
 nagyfelületű lemez 245
 nagyfrekvenciás dióda 166
 NAND-kapcsolat 190
 nanoamper 9
 napelem 178
 nedveselem 240
 negatív logika 189
 négyszögimpulzus 126
 négyzetes alakok ábrázolása 264
 NEM kapcsolat 189
 nemesfémek 207
 nemesítés 205
 nemeskorund (EK) 228
 nemfémek 207
 nemfémes anyagok 217
 – bevonat 235
 nemszinuszos feszültségek, áramok 224
 nemvas fém 207
 nemvezető 12, 14
 nemzetközi mértékegység-rendszer VI.
 neutronok 3
 névleges ellenállásérték 19
 – kapacitás 87
 – szigetelési feszültség 136
 – teljesítmény 41, 44
 – terhelés 44
 nézet 258
 nikkel-kadmium akkumulátor 246
 – – gombaelem 241
 nikkelin 15
 nitridáló edzés 206
 NOR-kapcsolat 191
 normalizáló izítás 204
 normál korund (NK) 228
 NTC-ellenállás 52
 nyitóirányú feléledési idő 167
 nyitott hatáslánc 194
 nyomtató 275, 299
 nyúlásmérő bolyog – DMS 172

O, Ó

Ohm 11
 – törvénye 22
 ohmos ellenállás 15, 18, 128
 oldalnézet 256
 oldószer az elektrotechnikában 229
 olvadósól 49
 ólom 214

ólmakkumulátor 243
 ón 213
 operációs rendszer 303
 optocsatoló 172, 181
 optoelektronikai építőelemek 176
 oszcilloszkóp 146, 150
 oszlopdiagram 270
 osztóáram-tényező 35
 óvintézkedések 71, 73
 oxidáció 237
 oxidkerámia 219
 oxigén elem 242

Ö, Ő

öngyógyulás 89
 önindukciós feszültség 110, 115
 öntartó kapcsolat 192
 öntés 230
 önthető ötvözetek 212
 önthetőség 201
 öntött ellenállás 16
 öntöttvas 203
 örvényáram 110
 örvényáramú csillapítás 137
 összeállítási rajz 255
 összeillesztés (kötéstechnika) 231
 összekötési rajz 272
 összetett kapcsolat 30
 – vezérlés 199
 ötvözet 208

P

p típusú félvezető 160
 páncéllemez 245
 pantográf 261
 papirkondenzátorok 88
 parallaxishiba 137
 paraméter 269
 paraméteres ábrázolás 269
 Pascal 303
 pattintó kötés 231
 periódusidő, T 117
 permanens mágnes (állandó mágnes) 101
 permeabilitás 97
 permetanyag statikus feltöltődés ellen 229
 permittivitás, ϵ , 81, 202
 piezokerámia 219
 pillanatérték 119
 plasztomer 221
 platina 215
 plotter 275
 p-n átmenet 161
 polárkoordináta 269
 pont-vonal, vékony 260, 261
 porcelán 218
 potenciál 6, 36
 potenciálkiegyenlítés 75
 potenciométer 21
 préselt kötés 231
 prespán 219
 primer elem 239, 241
 próbafeszültség 136
 program 304
 programciklus 312
 programelágazás 310
 programleltutási terv (IPL) 307
 programozási nyelvek 303
 programszerkezet 301, 307
 protonok 4
 PTC-ellenállás 52

R

ragasztókötés 231
 rajzeszközök 250
 rajzfejlécek 259
 rajzgép 251
 rajzjelek, 327–330
 rajzkészülék 250
 rajzlapméret 251
 rajzpapír 251
 rajzszabványok 250

rajztábla 250
 rácslemez 245
 rádió-zavarvédelem jelölések 72
 redukció 237
 relatív frekvenciamérés 155
 relé 185
 REM-utasítás 307
 remanencia 101
 rendszerkönyvtár 275
 rendszerutasítás 305, 321
 részarány 29
 részegységek jelölése 273
 részfeszültség 25, 32
 részkapacitás 83
 részugaras cső 152
 rétegellenállása 15
 reteszelés 195
 réz, rézötvözetek 209, 211
 rézatom 4
 réz-szulfát 237
 riasztókapcsolás 192
 robbantott ábra 260
 Rockwell-mérés 201
 rotor 93
 rövidre záras 56, 62
 rövidzárási áram 56
 rugalmassági modulus 201
 rúdelem 241
 rúdtekerccselés 111

S, Sz

sablon 253
 sajátvezetés 159, 177
 sajtolás 230
 Sankey-diagram 270
 sav 237
 savsűrűségmérő 246
 sáv-atommodell 3, 158
 segédanyagok 229
 Shore-eljárás 201
 SI egységek VI.
 siklócsapágy 226
 sikkondenzátor 81
 skálaállandó 136
 sorszámozás 304
 soros kapcsolat 283
 – váltókapcsolás, kombinált 286
 sóedzés 206
 sönt 138
 speciális kerámia 16
 spektrális érzékenység 177
 SR-flipflop 193
 stuktogram 307
 súrlódási erő, szám, tényező 226
 súrlódási korrózió 234
 szabályozás 185
 szabályozott szakasz 185
 szabványírás 254
 szakaszos vezérlések 194
 szakítószilárdság 201
 szalagrugós csapágyazás 137
 szám feldolgozása 298
 számítógép alkalmazási területei 297
 számítógéppel segített műszaki rajz 275
 számláncok 298
 számológép 314, 320
 számtani középérték 121, 126
 számtartomány 298
 szárazelem 240
 szegecskötés 231
 szekunder elem 243
 szelén 158, 165
 szelén-egyenirányító 165
 szeléncella 165
 szelén-fotóelemek 178
 személyhívó berendezés 288
 szemléltető ábrák 270
 szén-cink elem 240
 szénréteg-ellenállás 16
 szennyezési eljárás 162
 szennyező atom 159
 szerszámrész 255
 szerteágazó vezérlés 197

szerteágazó vezérlés 197
szervetlen anyag 217
szigetelő 12, 158
szigetelőanyag 13, 201
szigetelőfólia 224
szigetelőpapír 219
szigetelőrúd 68
szigetelt vezeték(ek) 290
szikraforgácsolás 230
szilárd kenőanyag 227
szilárdági adatok 201
szilícium 149, 158
szilikongumi 223
szinkron vezérlés 196
szinkronizálás 149
szinterezés 230
szinterezett fém 209
szinterkondenzátor 92
szinuszos váltakozó áram 10, 119
szinkód 19
szívárgóáram 93
szívmasszázs 68
szolárcella 178
szögfüggvények 320
szögmérték 118
szögsebesség, ω 118
szövegfeldolgozás 308
szövegfeldolgozó program 298
— rendszer 317
szövegmező 259
sztátor 93
szteatit 218
szubsztitúciós kristály 208
szupravezetés 50
szükségvilágítás vezérlése 199
szűzgörbe 102

T. Ty

talaj fajlagos ellenállása 13
tantál elektrolitkondenzátor 87, 92
tárcsatrimmer 94
tároló tulajdonságú kapcsolás 192
tárolt programú vezérlés 197
távközlési berendezések 280
technikus-háromszög 252
technológiai jellemzők 201
tekerics 111, 113, 114
tekericselőgép 111
tekericselt kondenzátor 88
telepítési terv 255, 272
telítési állapot 96
telítetlen polisztergyanta (UP) 223
teljesítmény mérése 144
—, villamos 41
teljesítményfelvétel 142
teljesítményfokozat 195
teljesítményillesztés 60
teljesítménymérő 41
temperöntvény 203
térfogati ellenállás mérése 201
terheletlen feszültségosztó 33
terhelő-ellenállás 22
terhelt feszültségosztó 35
természetes anyag 217
— kaucsuk (NK, KR) 223
termoplasztikus műanyag 221
termoplasztok 221
—, plasztomerek 221
terv 255
Tesla 98
testellenállás 66
testműködés hibás vezérlése 67
tér, mágneses 95
—, villamos 76
térbeli ábrázolás 257
— elrendezési terv 283
térorösség, mágneses 95
—, villamos 76
térlap 172
tértöltési tartomány 161
térvezérlésű tranzisztor 173
Thomson-híd 143
tímföld 212

tiszta fém 207
tisztító eljárások 229
TK-érték 51
TN-C-S hálózat 71
többjelű oszcilloszkóp 151
többségi töltéshordozó 160
többszörös forgókondenzátorok 94
töltendő elemek 242
töltés, villamos 7, 77
töltéshordozó, villamos 3
— sebessége 10
töltéshordozó-szétválasztás 107
töltési tényező 244
töltőáram-korlátozás 248
töltöttségi állapot 245
tömbvázlat 255, 299
törési határ 201
törésvonal 260
törpefeszültség 72
transzformátor 109
tranzisztor 173
tranzisztoros voltmérő 55
triggerelés 149
túláramvédelmi eszközök 279
tuskihúzó 253
tusrajz 255
tüstölttoll 253
tűs csapágyazás 137
tűzfolyós elektrolízis 212

U, Ű

ugrásutasítás 311
újrakristályosító izzítás 205
univerzális dióda 167
utángyorsító-feszültség 148
utánvilágítási idő 147

Ü

üresjárás 61
üresjárási feszültség 56
— üzem 61
üveg 217

V

vágóolajok 226
VAGY kapcsolás 189
valenciásáv 158
váltakozó mennyiségek grafikus ábrázolása 122
— áram 10
— — alapfogalmai 117
— — effektív értéke 120
— — mérése 139
— — periódusa 117
— áramú indukciós fogyasztásmérő 145
— — mennyiségek 117
— feszültség 7
— — és egyenfeszültség összegezése 125
— — vektor- és idődiagramja 122
— mennyiségek 122, 124
váltóimpulzus 128
váltókapcsoló 285
változtatható kondenzátorok 93
változónév 304, 319
varisztor 171
vasanyagok 203
vasmagnélküli ill.
vasmagnos, elektrodinamikus mérőmű 144
vas-nikkel akkumulátor 247
vastag vonal 260, 261
vázlat 255
VDE 250
— jelölés 72
VDR-ellenállás 171
védekezés érintés ellen 72
védelem 73
védőszigetelés 74
vegyszeri hatás 65
vékony vonal 260, 261
vékonyréteg-ellenállás 15
vektorábra 122

veszélyes testáram 71
veszteségmentes induktivitás, kapacitás 128
vezérlés 185, 194
vezérelhető ellenállás-kétpólus 171
vezérelt szakasz 194
vezérléstechnika 185
vezérlőegység 299
vezérlőlánc 194
vezérlőcsín 299
vezérlőszervek 186
vezérlőtag 185, 194
vezetékek 48, 290, 295
vezető 14, 158
vezetőképeség 13, 23, 48
—, mágneses 102
—, villamos 13, 158
vezetősáv 158
Vickers-vizsgálat 201
világítódioda 180
világítóernyő utángyorsítással 147
villamos áram 8
— — veszélyei 65
— áramkör 22
— átütési szilárdság, E_n 202
— dokumentáció 271
— ellenállás 11
— energia átalakítása 43
— erővonal 76
— feszültség 5
— fluxus 78
— fluxussűrűség 76
— hőfejlesztés 45
— jellemző 201
— méréstechnika 135
— motorok 95
— — vezérlése 198
— munka 39
— — mérése 145
— szigetelőszalag 224
— teljesítmény 41
— tér 76
— — árnyékolása 78
— — mennyiségei 86
— térorösség 76
— töltés 4, 77
— töltéshordozók 3
— vezetőképeség 13
villamosság veszélyei 2
villanyszerelés lakásban 279
villanyszerelési kapcsolás 277, 283
visszahívó készülék 287
visszkapcsolás elleni védelem 70
visszáram 162
Volt, Volta 6
voltszekundum 98
vonalas ábrázolás 270
vonalháló 166, 268
vonaltávolság 260, 261
vonalzó 251

W

Wafer 163
Watt 40
wattóra 40
wattórahatalásfok 244
wattszekundum 40
Weber 98
Wehnelt-henger 146
Wheatstone 37
Wheatstone-híd 37, 143

Z

Z-átütés 168
Z-diódák 167, 169
Z-feszültség 167
záróirányú feledési idő 166
zárórétteg 161
zárórétteg-hőmérséklet 181
zener-effektus 167
zónás olvasztóeljárás 162

Kapcsolások készülék-rajzjelei (válogatás)

DIN 40 900 T6/3.88

	Készülék, általában. Akár négyzet, akár téglalap		Erősítő, általában		Egyenirányító hídkapcsolásban
	Egyenirányító készülék		Statikus generátor, általában		Telefon, általában

Antennák rajzjelei

	Antenna, általában		Dipólusantenna (röviden dipól)		Parabolaantenna, az üregvezető csatlako- zás négyszöggel jelezve
--	-----------------------	--	-----------------------------------	--	--

A veszélyt jelző berendezések rajzjelei (válogatás)

DIN 40 900 T8/3.88

	Rendőrségi jelzőkészülék		Tűzjelző		Önműködő hőmérsékletjelző, bimetall-elven
--	-----------------------------	--	----------	--	---

Kiegészítő rajzjelek

DIN 40 900 T2/3.88

	Mozgásirány egyenesen jobbra		Késleltetés jobbrányú mozgás esetén		Határvonal Elválasztóvonal
	Egyenes vonalú mindkét irányban		Mozgatás emberi erővel		Árnyékolás, ábrázolásmód tetszőleges
	Forgómozgás balra		Kézi hajtás, általában		Erőhajtás, általában
	Forgás mindkét irányban		Kézi hajtás, működtetés nyomással		Kézi felhúzással
Hatásnemek			Kézi hajtás, működtetés húzással		Retes
	Hőhatás		Működtetés elfordítással		Tengelykapcsoló oldva
	Elektromágneses hatás		Működtetés közelítéssel		Zárva
	Mágnesestér-hatás vagy -függés		Működtetés érintéssel		Fék, általában, behúzva
	Pozitív impulzus		Működtetés kulccsal		Nyitva
	Negatív impulzus				Hajtás (áttétel)
	Fűrés				
	Mozgás egyik irányban reteszelve		Alkatrész Készülék Működési egység		
	Mozgás mindkét irányban reteszelve		Burkolat Tokozat Elektroncső		

Jelzőkészülékek rajzjelei (válogatás)

DIN 40 900 T8/3.88

Elektroakusztikai átalakítók

DIN 40 900 T9/3.88

	Lámpa		Zümmögő		Mikrofon, általában
	Csengő		Kürt		Hallgató, általában
	Kereplő		Sziréna		Hangszóró, általában
					Hangszedő (pick up), sztereo

A vonatkozó magyar szabvány az MSZ 9200/1-54

	Vezető Vezető köteg Vezeték Kábel Áramút		Sodrott vezeték		Vezetékek keresztvezetése összekötés nélkül
	Tervezett vezeték		Koaxiális vezeték		egysarkú
	Mozgatható vezeték		Koaxiális vezeték csatlakozóhellyel		Vezetékek vezető- összekötése
	Három vezető (1. jelölés)		Árnyékolt vezeték		nem oldható kötés
	Három vezető (2. jelölés)		Vezetők egy kábelben, három érrel ábrázolva		bontható kötés
	Példa: 110 V-os egyenáramú áramkör két, 120 mm²-es alumíniumvezetővel		Dugaszolóaljzat rögzített része		Sorozatkapocs, sorkapocs, pl. a sor első 4 eleme
	Vezető vagy kábel, nincs bekötve		mozgatható része		oldható (kapcsolható) kötés
			Dugaszolt csatlakozás		

Ellenállások és kondenzátorok változtathatóságának,
beállíthatóságának jelölése (válogatás)

	Változtathatóság, általában		Változtathatóság, általában nemlineáris		Beállíthatóság jelölése
	Változtathatóság, folytonos		fokozatokban változtatható		Változtathatóság, belsőleg
	Ellenállás általában, javasolt alak		Hatásfől függő ellenállás, az ellenállás-változás iránya a feszültségváltozással ellentétes értelmű		Kondenzátor, általában
	más alakban (nem használjuk)				Polarizált kondenzátor, pl. elektrolitkondenzátor
	csúszóérintkezővel				Más jelölés (nem használjuk)
	tisztán ohmos (nem használjuk)				Állandó mágnes (permanens mágnes)
	Változtatható ellenállás				Primer elem, akkumulátor, telep
	Hatástól függő ellenállás: az ellenállás- változás a hatásváltozással ellenkező értelmű				Földelés, általában
			Tekercs, induktivitás, javasolt alak		Test, tokozat
			másik alak (nem használjuk)		
			Vasmagos tekercs		
			Vasmag légréssel		

Kapcsolókészülékek, működtetések, kioldók (válogatás)

	Záróérintkezés		Dugaszoló Érintkezőcsap		Nyomógomb záróérintkezővel, általában
	Bontóérintkezés		Érintkezőhüvely		Kézi működtetésű, négyállású kapcsoló
	Váltóérintkező megszakítással		Összekötés csappal és hüvellyel		
	Működtetés, általában, pl. mágneskapcsoló		Védőföldeléses dugaszoló		Háromsarkú kapcsoló termikus és elektromágneses túláramkioldással és nullafeszültség- kioldóval, pl. motorvédő kapcsoló
	Működtetés meghű- zés késleltetéssel		Biztosító		
	Hőrelé (bimetallrelé)		Túlfeszültség- levezető		

Rajzjelek

Transzformátorok és fojtótekercek rajzjelei (válogatás)

DIN 40 900 T6/3.88

1. alak	Rajzjelek	2. alak	Elnevezés	1. alak	Rajzjelek	2. alak	Elnevezés
			Fojtóteker				Háromfázisú transzformátor csillag-háromszög kapcsolatban
			Transzformátor				
			Takaréktanszformátor				Áramváltó impulzus-transzformátor

A villamosenergia-előállítás és átalakítás rajzjelei

DIN 40 900 T6/3.88

Rajzjelek	Leírás	Rajzjelek	Leírás	Rajzjelek	Leírás
	A * helyére a következők írhatók: C Átalakító (umformer) G Generátor GS Szinkron-generátor M Motor MG Motorként és generátorként is használható MS Szinkronmotor		Egyenáramú motor soros gerjesztéssel		Háromfázisú, soros gerjesztésű motor
			Egyenáramú motor külső gerjesztéssel		Szinkronmotor, egyfázisú
			Kettős gerjesztésű egyenáramú motor kapcsolattal és kefékkel		Háromfázisú, kalickás aszinkronmotor
			Egyenáramú forgóátalakító közös állandómágneses gerjesztéssel		Háromfázisú, csúszógyűrűs aszinkronmotor
	Lineáris motor		Egyfázisú soros gerjesztésű váltakozó áramú motor		Háromfázisú aszinkronmotor csillagkapcsolásban és indítótekerccsel a forgórészében
	Léptetőmotor				

Mérőműszerek, mérőeszközök és számlálók (válogatás)

DIN 40 900 T8/3.88

Rajzjelek	Elnevezés	Rajzjelek	Elnevezés	Rajzjelek	Elnevezés
	Mérőeszköz, általában		Mérőmű összegzéshez vagy különbségképzéshez		Mérőműszer, általában
	Regisztráló		Szorzatképző		Árammérő az amper mértékegység jelölésével
	Integráló, pl. számláló		Hányadosképző		Háromvezetékes forgótárcsás fogyasztásmérő
	Mérőmű feszültséggel		Mutató, általában		
	Mérőmű áramággal		Kijelzés, digitális		

Elektroncsövek (válogatás)

Félvezető eszközök (válogatás)

DIN 40 900 T5/3.88

	Dióda		Ellenállás, fényérzékeny fotoellenállás		Letörési tartományban üzemelő dióda, Z-dióda, Esaki-dióda
	Trióda		Félvezető dióda, általában		Világítódióda (LED)
			Dióda, fényérzékeny fotodióda		Fényelem

A félvezető eszközök rajzjelei (válogatás)

A digitális elemek rajzjelei (válogatás)

A szimbólumok összetétele		A bemenet és a kimenet közötti jelölések			
		Függvény-fajta	Betűk	Hatás a vezérelt bemenetre vagy kimenetre, ha a vezérlőbemenet a következő logikai állapotban van:	
				1 állapot	0 állapot
Elemkörvonal Vezérlőblokk-körvonal A kimeneti blokk körvonala		CÍMZÉS	A	Engedélyezett művelet (cím kiválasztva)	Tiltott művelet (cím nincs kiválasztva)
		VEZÉRLÉS	C	Engedélyezett művelet	Tiltott művelet
		ENGEDÉLYEZÉS	EN	Engedélyezett művelet	- tiltja a vezérelt bemeneteket; - extrém nagy ellenállású állapotot hoz létre a nyitott és 3 állapotú kimeneteken; a belső logikai állapot nem befolyásolja a 3 állapotú kimenet állapotát; - nagy ellenállású L-szintet hoz létre a passzívan lehúzott kimeneteken és nagy ellenállású H-szintet a passzívan felhúzott kimeneteken, 0 állapotot hoz létre a másik kimeneten.
Negálás a bemeneten a kimeneten		ÉS	G	Engedélyezett művelet	0 állapotot hoz létre
Logika-polaritás polaritásjelzés Dinamikus bemenet		MODUS	M	Engedélyezett művelet (módus kiválasztva)	Tiltott művelet (módus nincs kiválasztva)
Belső átvezetés		NEGÁLÁS	N	Az állapot komplementerben	Nincs hatása
		TÖRLÉS	R	A vezérelt kimenet úgy reagál, mint S=0, R=1 esetében	Nincs hatása
R-bemenet S-bemenet Több-bites bemenet		BEÍRÁS	S	A vezérelt kimenet úgy reagál, mint S=1, R=0 esetében	Nincs hatása
		VAGY	V	1 állapotot hoz létre	Engedélyezett művelet
		KAPCSOLAT	Z	1 állapotot hoz létre	0 állapotot hoz létre