
VILLANYSZERELŐ KÉPZÉS

2 0 1 5

ELEKTROTECHNIKA 1.

EGYENÁRAMÚ HÁLÓZATOK

ÖSSZEÁLLÍTOTTA
NAGY LÁSZLÓ
MÉRNÖKTANÁR

Tartalomjegyzék

Az elektrotechnika tárgya és helye a tudományokban	3
Elektrotechnikai jelölések, mértékegységek, prefixumok	3
Elektrotechnikai alapfogalmak	4
Összefüggések az elektrotechnikai alapmennyiségek között	5
A villamos hálózatok alaptörvényei:	6
A villamos áramkör.....	6
Kétpólus fogalma, megadása, csoportjai	7
Az ellenállás	9
Az ellenállás hőmérséklet függése	10
Technikai ellenállások.....	10
Ellenállások hálózatai	11
Feszültségforrás teljesítmény viszonyai	14
Energiaforrások hálózatai.....	14
Feszültségosztó	15
Áramosztó.....	15
Hídkapcsolás.....	16
Méréshatár bővítés	17
A villamos áram hőhatása	18
Vezetékek méretezése	20

Az elektrotechnika tárgya és helye a tudományokban

A fizika részterülete a villamosságtan, mely a villamos jelenségek általános törvényszerűségeit vizsgálja. (a villamosság a villámlás szóból származik és az elektromossággal szinonim fogalom)

A villamosságtan vizsgálati módszerei:

- megfigyelés
- kísérletezés
- mérés
- törvényszerűség szóbeli megfogalmazása
- törvényszerűség matematikai megfogalmazása

Az elektrotechnika a villamos jelenségek technikai hasznosításával foglalkozó tudomány. (kapcsolódó tudományok: fizika, kémia, matematika, informatika)

Az elektrotechnika felosztása az áramot vezető közeg alapján:

ÁLTALÁNOS ELEKTROTECHNIKA

villamos áram a fémekben

villamos áram a folyadékokban

villamos áram a gázokban

ELEKTRONIKA

villamos áram a vákuumban

villamos áram a félvezetőkben

Elektrotechnikai jelölések, mértékegységek, prefixumok

Az elektrotechnikában az egyes fizikai jellemzőket, mennyiségeket a magyar, esetenként a görög ábécé betűivel jelöljük. Valamely mennyiséghez egyezményesen hozzárendelt betű, a mennyiség jele vagy dimenziója (pl. az erő jele az F betű). A dimenzióegyenlet egy matematikai kifejezés, amely egy adott mennyiség más mennyiségektől való függését mutatja be (pl. $B = \Phi/A$). A sokféle mennyiség miatt előfordul, hogy ugyanazt a betűt többször is használni kell (pl. Q -val jelöljük a töltést, a meddő teljesítményt és a jósági tényezőt). Az is előfordul, hogy egy mennyiséget több dimenzió jelöl (pl. út jele az s , a hosszúság jele az l és távolság jele a d). A mértékegység egy mennyiség egyezményesen elfogadott és alapnak tekintett értéke (pl. az idő mértékegysége a másodperc, algebrai alakban $[t] = \text{sec}$). Magyarországon 1980. jan. 1.-től kötelező az SI nemzetközileg elfogadott mértékegység rendszer, mely 7 alap (hosszúság, tömeg, idő, áramerősség, hőmérséklet anyagmennyiség és fényerősség), illetve 2 kiegészítő (szög és térszög) mennyiségből áll. Előfordul, hogy számítás-
sal vagy méréssel meghatározott mennyiség túl nagy, vagy túl kicsi az alapegységhez viszonyítva. Ilyenkor a könnyebb kezelhetőség céljából ún. normál alakban, azaz az értékes számjegyek és 10 egész számú pozitív vagy negatív kitevőjű hatványának szorzataként ad-

juk meg a mennyiséget. Például $0,000123 \text{ A} = 123 \text{ } \mu\text{A}$ ahol a μ jel a prefixum és 10^{-6} értéket helyettesíti.

A prefixumok neve, jele és értéke:

exa	E	10^{18}	atto	a	10^{-18}
peta	P	10^{15}	femto	f	10^{-15}
tera	T	10^{12}	piko	p	10^{-12}
giga	G	10^9	nano	n	10^{-9}
mega	M	10^6	mikro	μ	10^{-6}
kilo	k	10^3	milli	m	10^{-3}
hekto	h	10^2	centi	c	10^{-2}
deka	da	10^1	dec	d	10^{-1}

A műszaki gyakorlatban hatványkitevőként a 3 egészszámú többszöröseit használjuk.

Elektrotechnikai alapfogalmak

A villamos jelenségek az anyag szerkezeti felépítéséből következnek. Az anyag kémiaiilag tovább nem osztható legkisebb része az atom. Az atom fizikailag tovább bontható az atommagra és az azt körülvevő atomburokra. Az atommagot a pozitív töltésű protonok és a semleges töltésű neutronok alkotják. Az atomburok meghatározott pályákon keringő negatív töltésű elektronokból áll. Az atomburokban lévő elektronok számát a magban lévő protonok száma határozza meg, ahány proton annyi elektron. Ha az atomban a protonok és az elektronok száma megegyezik, akkor egymás töltéseit semlegesítik és az ilyen anyag villamosan is semleges. Külső hatásra az atomban elektron hiány vagy elektron többlet hozható létre.

Az az anyag melynek elektron többlete vagy elektron hiánya van villamosan töltött.

A villamos töltés jele: Q [As] [C]

1 C töltést $6.25 \cdot 10^{18}$ db. elektron hiány vagy többlet hoz létre. ($e^- 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ eV}$)

A töltés potenciálját az a munka jellemzi, amely a töltést a 0 potenciálú helyről elmozgatta. (a töltésnek potenciális -helyzeti- energiája van). Egységnyi töltés elmozgatására eső munkavégzés a feszültség.

A potenciál vagy feszültség jele: $U = W / Q$ [V] (Nm > joule > Ws > VAs)

1 V a feszültség, ha 1 C töltés elmozgatásakor (elmozdulásakor) 1 joule munkavégzés történik.

A töltések elmozdulása, áramlása a villamos áram. Az áram erőssége az időegység alatt elmozduló (egy vezető keresztmetszetén áthaladó) töltések darabszáma.

Az áramerősség jele: $I = Q / t$ [A]

1 A az áramerősség, ha 1 s alatt 1 Q töltés halad át egy vezető keresztmetszetén.

A töltések áramlását akadályozó hatás az ellenállás.

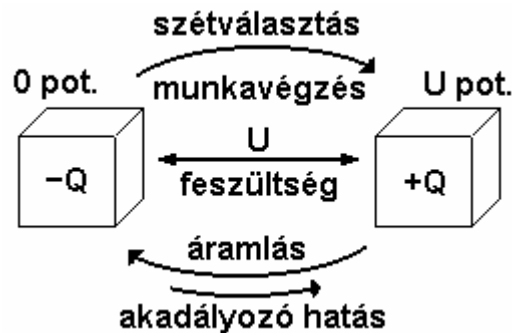
Az ellenállás jele: $R = U / I \text{ [V/A] } [\Omega]$

1 Ω az ellenállás, ha 1 A áram 1 V feszültség esést hoz létre.

Az áramló töltések munkát végeznek. A teljesítmény az időegységre eső munka.

A teljesítmény jele: $P = W / t = U Q / t = U I \text{ [VA] } [W]$

1 W a teljesítmény, ha a fogyasztón 1 V feszültség esik és 1 A áram folyik.



Összefüggések az elektrotechnikai alapmennyiségek között

Töltés :	$Q = I \cdot t$	$A \cdot s = As$
Feszültség :	$U = \frac{W}{Q}$	$\frac{VAs}{As} = V$
Áram :	$I = \frac{Q}{t}$	$\frac{As}{s} = A$
Ellenállás :	$R = \frac{U}{I}$	$\frac{V}{A}$
Munka :	$W = U \cdot Q$	$V \cdot As = VAs = Ws$
Teljesítmény :	$P = \frac{W}{t}$	$\frac{VAs}{s} = VA = W$

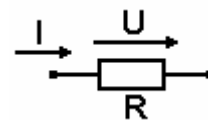
A villamos hálózatok alaptörvényei:

Ohm törvény: a feszültség, az áramerősség és az ellenállás közötti kapcsolatot fejezi ki

A feszültségesés egyenesen arányos az áramerősséggel és az ellenállással.

Az áramerősség egyenesen arányos a feszültséggel és fordítottan arányos az ellenállással.

Az ellenállás egyenesen arányos a feszültséggel és fordítottan arányos az áramerősséggel.

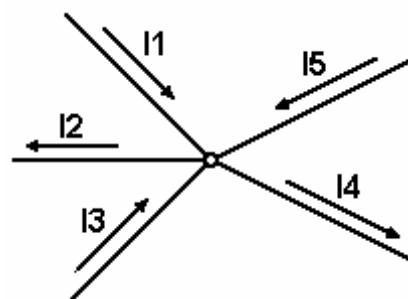


$$U = I R$$

$$I = U / R$$

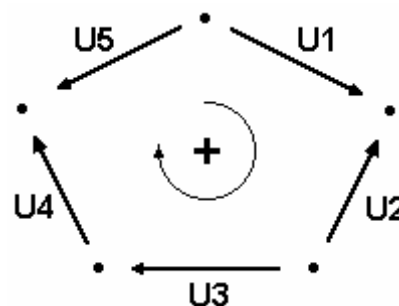
$$R = U / I$$

Kirchoff I. (csomóponti) törvénye: egy csomópontba befolyó és kifolyó áramok összege nulla. Megállapodás szerint a csomópontba befolyó áramokat pozitív, a csomópontból kifolyó áramokat negatív előjellel kell figyelembe venni. Ha a számítások során egy kérdéses áram eredménye negatív előjelű, akkor az, az általunk felvett mérőiránnyal ellentétes irányú.



$$I1 - I2 + I3 - I4 + I5 = 0$$

Kirchoff II. (hurok) törvénye: egy zárt hurokban működő feszültségesések összege nulla. Megállapodás szerint, az óramutató járásával megegyezően felvett körüljárási irányval azonos irányú feszültségeséseket pozitív előjellel, az ellenkező irányú feszültségeséseket negatív előjellel kell figyelembe venni. Ha a számítások során egy kérdéses feszültség eredménye negatív előjelű, akkor az, az általunk felvett mérőiránnyal ellentétes irányú.

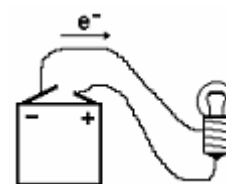


$$U1 - U2 + U3 + U4 - U5 = 0$$

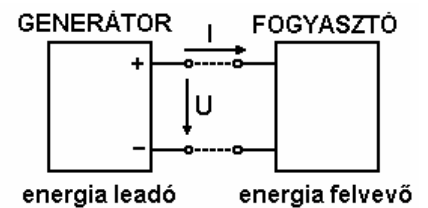
A mérőirány alatt a feszültség és árammérő műszerek pozitív kitérést adó bekötését értjük.

A villamos áramkör

Az egyszerű villamos áramkör tartalmaz egy energiaforrást, egy fogyasztót és az ezeket összekötő vezetéket. Az ábrán az energiaforrás egy zseblámpa elem, a fogyasztó egy zseblámpaizzó és az ezeket összekötő vonal jelképezi a vezetéket. Ezt a zseblámpás elrendezést blokkvázlatszerűen is ábrázolhatjuk, mellyel bármilyen más hálózatra, általánosan érvényes ábrát kapjuk. A blokkvázlatban a zseblámpa elemet a generátor felíratú doboz, a zseblámpaizzó

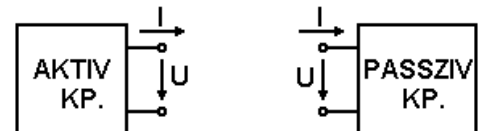


zót a fogyasztó feliratú doboz jelképezi. Az általánosítás miatt azonban teljesen mindegy, hogy milyen fizikai eszköz valósítja meg az energiaforrást és a fogyasztót. Az energia leadó dobozban valamilyen fizikai vagy kémiai folyamat gondoskodik a töltések folyamatos szétválasztásáról. Ennek következtében feszültség keletkezik, ami a fogyasztón keresztül áramot hajt át. A zseblámpa elemében a kémiai folyamat az elektronokat a negatívval jelölt kapcsan halmozza fel, így az áramkör zárásakor az elektronok ebből a kapocsból kiindulva hozzák létre az e^- áramot. A blokkvázlatban jelölt I áram iránya viszont az elektronok áramlásának irányával ellentétes. Elődeink azt feltételezték, hogy a villamos áramot a pozitív töltésű részecskék áramlása jelenti és ennek megfelelően állapodtak meg az áram irányában. Emiatt két áramirány létezik: az elektronok áramlásának iránya a technikai, az ezzel ellentétes pedig a konvencionális, vagyis megállapodás szerinti áramirány. A kézi és elektronikus műszerek a konvencionális áramiránynak megfelelően vannak elkészítve, azaz a műszer pozitív kapcsát az energiaforrás pozitív kapcsára kell csatlakoztatni. A blokkvázlatban jelölt feszültség és áram-irányt tekintjük szabványos mérőiránynak.

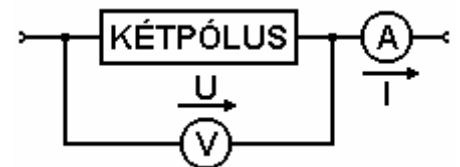


Kétpólus fogalma, megadása, csoportjai

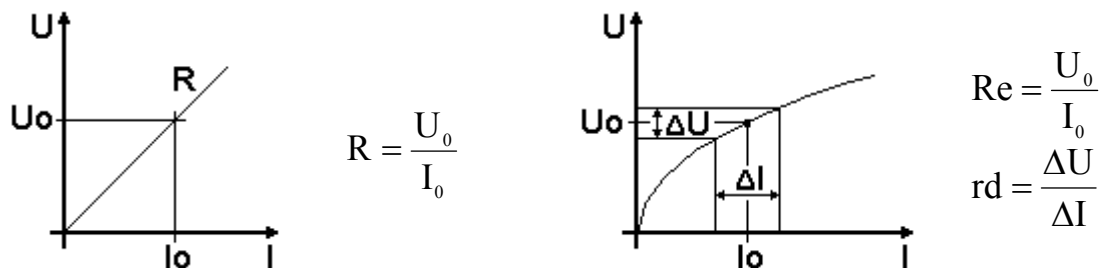
Egy egyszerű vagy összetett villamos hálózat minden esetben kétpólusokra bontható. A kétpólusra bontáshoz mindössze az összekötő vezetéket kell eltávolítani, a megmaradt alkatrészek a kétpólusok. Az előző zseblámpás hálózatból eltávolítva a vezetékeket, kapunk egy energia leadó vagy aktív és egy energia felvevő vagy passzív kétpólust. Ahhoz, hogy egy villamos hálózat működését megismerjük, első lépésben a felépítő kétpólusok működését kell megismerni. Az egyes kétpólusok működésének ismeretében az összetett villamos hálózat működése is megismerhető.



Kétpólusnak nevezzük azokat a tetszőlegesen bonyolult hálózatokat, melyeknek két villamos csatlakozó pontjuk van. A definíció szerint kétpólusnak tekinthetők az egyszerű alkatrészek, pl. izzólámpa, egyenirányító dióda, tekercs, indítókondenzátor, akkumulátor, stb, vagy a különféle hálózati készülékek pl. egyfázisú motor, kávéörlő, villanyvasaló, stb. és ide sorolható egy többhurkos hálózat tetszőlegesen kiválasztott két pontja is. A kétpólust a feszültség-áram (U - I) vagy áram-feszültség (I - U) karakterisztikája jellemzi. A karakterisztika végső soron egy olyan y - x koordináta rendszer, aminek a tengelyei feszültségben, illetve áramban vannak skálázva. Ismeretlen kétpólus karakterisztikáját méréssel lehet meghatározni. A kétpólusok méréshez szükséges egy feszültség és egy árammérő, passzív kétpólus esetén egy változtatható fe-



szűltség vagy áramforrás. A mérés során, vagy az áram függvényében a feszűltséget, vagy a feszűltség függvényében az áramot kell mérni, és az összetartozó értékeket táblázatban rögzíteni és karakterisztikában ábrázolni. A mérési eredmények alapján lehet a kétpólust besorolni. Ha a karakterisztikában az összetartozó feszűltség és áram értékpárok egy egyenesbe esnek, akkor a kétpólus lineáris, és ha valamilyen görbe vonalat alkotnak, akkor a kétpólus nemlineáris.



A lineáris kétpólus egyszerűen egy adattal megadható, egy tetszőlegesen kiválasztott U_0 - I_0 munkapontban a két mennyiség, tehát a függő változó (U_0) és a független változó (I_0) hányadosaként. Például: $U_0 = 5 \text{ V}$, $I_0 = 25 \text{ mA}$, esetén az $R = 0,2 \text{ k}\Omega$. A munkapont fogalma alatt egy összetartozó feszűltség és áram értékpárost értünk. Másik munkapontban képezve az előző hányados, ugyanekkora értéket kapnánk, tehát egy adat elegendő a kétpólus megadásához. Nemlineáris kétpólus esetén szintén kiválasztható egy U_0 - I_0 munkapont és képezhető egy hányados, de ez az érték csak ebben az egy munkapontban érvényes a nemlineáris jelleg miatt. Másik munkapontban más lesz a hányados értéke is. A karakterisztika tetszőleges helyén képzett U_0/I_0 hányados a nemlineáris kétpólus statikus vagy egyenáramú ellenállásának (Re) nevezzük. Az egyenáramú ellenállás alatt azt az ellenállást kell érteni, mellyel egy áramkörben működő nemlineáris kétpólust helyettesítve, az áramkör többi része ezt a cserét nem veszi észre. A mérés során egy kiválasztott U_0 - I_0 munkapont környezetében az áramot (tehát a független változót) egy nagyon kis (0-hoz tartó) értékkel, szimmetrikusan megváltoztatjuk, akkor kapunk egy ΔI szakaszt, ami a másik tengelyen kijelöl egy ΔU szakaszt. A két változásból hányadosot képezve megkapjuk az $rd = \Delta U / \Delta I$ dinamikus vagy váltakozó áramú ellenállást. Dinamikus ellenállás alatt azt az ellenállást kell érteni, melyet a nemlineáris kétpólus az adott munkapontban, a váltakozó árammal szemben mutat. Például: $U_0 = 6 \text{ V}$, $I_0 = 20 \text{ mA}$ és $U_{\Delta} = 6,05 - 5,95 = 0,1 \text{ V}$, $I_{\Delta} = 21 - 19 = 2 \text{ mA}$ esetén $Re = 300 \Omega$, és $rd = 50 \Omega$. A nemlineáris kétpólus megadásához tehát két adat szükséges, de ezek is csak egy adott munkapontban érvényesek. A kétpólusok mérésekor akkora feszűltség vagy áram tartományt kell választani, ami nem lépi túl a kétpólus működési tartományát. Egy 100 W-os izzólámpa üzemi árama kb. 0,5 A. Méréskor tehát ezt az áramértéket nem szabad jelentősen túllépni, mert az izzólámpa tönkremegy.

A kétpólusok csoportjai: aktív vagy energia leadó és passzív vagy energia felvevő
lineáris és nem lineáris

Aktív kétpólusok megadása szintén U - I , illetve I - U karakterisztikával történik. A feszűltség - áram irány aktív kétpólus esetén ellentétes, passzív kétpólus esetén azonos.

Az ellenállás

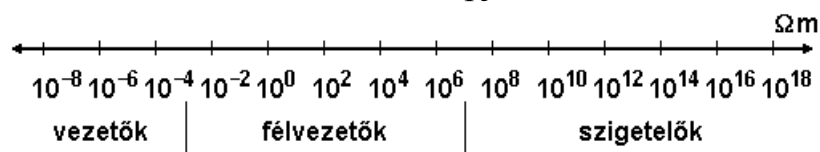
Az anyagokat felépítő atomok legkülső elektronjai, energia közlés hatására (már 20°C-on is) a vegyérték sávból a vezetési sávba léphetnek át. A vezetési sávba átlépő elektronok, mint szabad töltéshordozók növelik az anyag vezető képességét. A vegyérték és vezetési sáv közötti ún. tiltott sáv szélessége az anyagok a villamos árammal szemben mutatott akadályozó hatásuk jellemzője.

Szigetelők: a szabad elektronok száma nagyon kevés, az áramot gyakorlatilag nem vezetik. Erős villamos tér hatására elektronok szakadhatnak ki a vegyérték sávból (átütés), de ilyenkor az anyag szerkezetének megváltozása miatt már nem tekinthetők szigetelőnek. Fontosabb szigetelők: porcelán, csillám, papír, bakelit, olaj, üveg, gázok, gumi, stb.

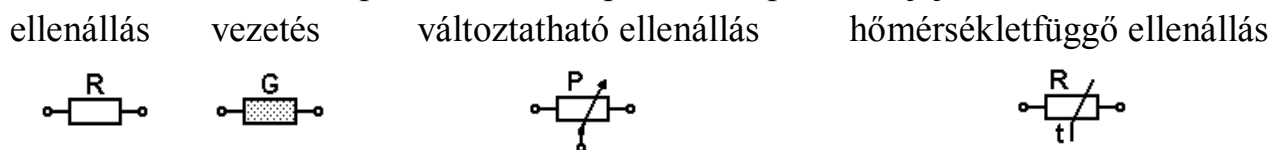
Félvezetők: kismértékű külső energia hatására, pl. már szoba hőmérsékleten is jelentős számú, szabad elektron keletkezik, de nem tekinthetők jó vezetőknek. A félvezetők bizonyos körülmények között vezetnek és bizonyos körülmények között, szigetelnek. Fontosabb félvezető anyagok: Si, Ge, Ga, As, Se.

Vezetők: a kristályszerkezet miatt a vegyérték elektronok egyben vezetési elektronok is. Az anyag minden atomjából keletkezhet szabad elektron, ezért a villamos áramot nagyon csekély mértékben akadályozzák. Elsőrendű vezetők a fémek: réz, vas, alumínium, ezüst, arany, stb. Másodrendű vezetők az elektrolitok.

Az anyagok felosztása a villamos ellenállásuk alapján:



Az ellenállás áramköri szempontból lineáris passzív kétpólus. Rajzjelei:



Az ellenállás meghatározása a vezető geometriai méreteiből

Egy vezető (vagy vezeték) ellenállását a vezető hosszúsága, a keresztmetszete (áramvezető terület), az anyaga és a pillanatnyi hőmérséklete határozza meg. A hosszabb vezetőknek nagyobb, a vastagabb vezetőknek kisebb az ellenállása. Az ellenállás tehát egyenesen arányos a vezető hosszával és fordítottan arányos a vezető keresztmetszetével.

Az ellenállás értéke a vezető adatai alapján:

$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$

Az összefüggésben a ρ (ró) a fajlagos ellenállás, ami fizikailag az 1 m hosszúságú és 1 mm² keresztmetszetű anyag ellenállását jelenti Ω -ban. Mértékegysége:

$$[\rho] = \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} = 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$$

A gyakorlatban használatos az ellenállás reciproka ($1/R$) is, azaz a vezetés.

$$G = \gamma \frac{A}{\ell} \left[\frac{1}{\Omega} = \text{Siemens} \right] \quad [\gamma] = \frac{\text{S} \cdot \text{m}}{\text{mm}^2}$$

Az összefüggésben a γ (gamma) a fajlagos vezetés, ami fizikailag az 1 mm² keresztmetszetű, 1 Ω ellenállású vezető hosszát jelenti m-ben.

A keresztmetszet meghatározása a vezető átmérője alapján:

$$A = \frac{D^2 \cdot \pi}{4}$$

Az ellenállás hőmérséklet függése

A vezető anyagok ellenállásának hőmérséklet függését a villamos árammal szemben kifejtett akadályozó hatásuk megváltozása okozza. A hőmérséklet és az ellenállás változás közötti kapcsolat alapján a vezetők lehetnek:

PTK jellegűek = növekvő hőmérséklet - növekvő ellenállás

NTK jellegűek = növekvő hőmérséklet - csökkenő ellenállás

Egy $\Delta T = T_m - T_{20}$ hőmérsékletváltozás hatására, egy ellenállás $\Delta R = R_m - R_{20}$ értékkel változik meg. Az ellenállás megváltozása egyenesen arányos a hőmérsékletváltozással, a 20°C-on mért kezdeti ellenállással valamint az anyagra jellemző állandóval, a hőfoktényezővel. A hőfoktényező (Temperature Coefficient = TK) az egységnyi hőmérsékletváltozásra eső egységnyi, azaz 1 Ω ellenállás megváltozásának értékét adja meg.

A hőfoktényező jele: α mértékegysége: 1 / C° (negatív előjel esetén NTK jellegű)

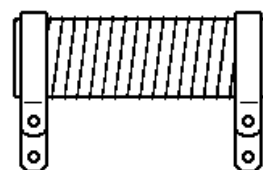
Az ellenállás megváltozása: $\Delta R = R_{20} \cdot \alpha \cdot \Delta T$

Az ellenállás értéke T_m hőmérsékleten: $R_m = R_{20} + \Delta R = R_{20} + R_{20} \cdot \alpha \cdot \Delta T = R_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$

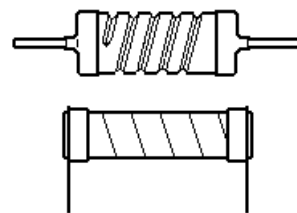
A hőfoktényező nem állandó érték, kis mértékben a pillanatnyi hőmérséklettől is függ. Vezetők hőfoktényezőit táblázatok tartalmazzák. A T_{20} -at mindig 20 C°-al kell helyettesíteni.

Technikai ellenállások

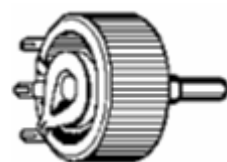
Huzalellenállás: tömör henger vagy cső alakú kerámiából készült hordozó, palástjára egy rétegben feltekercselt ellenállás huzal, bilincs vagy rézfonat kivezetésekkel. Az alkatrészt lakk, zománc vagy cement bevonat védi a korróziótól és a mechanikai sérüléstől. Az ellenállás értékét a huzal anyaga és méretei határozzák meg. A huzalellenállás 10 $\Omega \div 10 \text{ k}\Omega$ értéktartományban és általában nagyobb, 1 $\div 100 \text{ W}$ teljesítményre készül.



Rétegellenállás: tömör, henger alakú, kerámiából készült hordozó, palástjára felgőzölögtetett régebben szén, újabban fém réteg, a hordozóra sajtoltt axiális (felső rajz) vagy radiális (alsó rajz) irányú huzal kivezetésekkel. Az ellenállás névleges értékét a hordozó palást spirál köszörülésével lehet beállítani. A vékony ellenállás réteget lakk bevonat védi. Általában $0,1 \div 2 \text{ W}$ teljesítményre, $1 \Omega \div 10 \text{ M}\Omega$ értéktartományban készül.



Változtatható ellenállások vagy potencióméterek: huzal vagy rétegellenállás pályával érintkező csúszka helyzete határozza meg az ellenállás pillanatnyi értékét. Az ellenállás pálya kialakítása lehet kör alakú (forgató potm.) vagy egyenes vonalú (toló potm.). Felhasználás alapján vannak szerszámmal állítható ún. trimmer és üzemszerűen állítható (pl. hangerő beállítás) potencióméterek. Igen sokféle kivitelben, értéktartományban és teljesítményre készülnek.



Az ellenállásokon feltüntetett adatok:

Típus jelzés: gyártó által definiált egyedi azonosító jelzés, elsősorban az alkatrész megnevezésénél van szerepe.

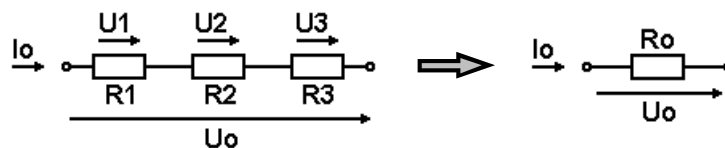
Névleges érték: ami az alkatrészen fel van tüntetve szöveggel vagy színkóddal. A tizedes pont helyett újabban a prefixumot tüntetik fel, ami nehezebben kopik le. Például a $6k8 = 6,8 \text{ k}\Omega$, az $M470 = 470 \text{ k}\Omega$, a $330R = 330 \Omega$ felel meg. Az ellenállások névleges értékeit az ún. E sor rögzíti, és szoros kapcsolatban van a tűréssel. Az E6 sor $\pm 20\%$ -os, az E12 sor $\pm 10\%$ -os, az E24 sor $\pm 5\%$ -os, az E48 sor $\pm 2\%$ -os és az E96 sor $\pm 1\%$ -os ellenállásokból áll. Az egyes értékek úgy vannak megállapítva, hogy a tűrés felső határa és következő érték tűrésének alsó határa ne fedjék egymást. Az E6 sor 6 db. az E12 sor 12 db stb. értéket tartalmaz. Az E6 sor esetén az n. tag értéke $\sqrt[n]{10^n}$.

Tűrés: a névleges értéktől való eltérés %-ban. Például egy 100Ω -os és 10% -os ellenállás értéke 90Ω és 110Ω között lehet.

Névleges teljesítmény: amivel az alkatrész üzemszerűen, tartósan, károsodás nélkül terhelhető. Általában nincs feltüntetve és ilyenkor az alkatrész adatlapját kell megnézni vagy a méretéből lehet következtetni a terhelhetőségre. A gyártó megadhat, tartós vagy időszakos terhelésre vonatkozó különféle előírásokat. Például: 150% -os túlterhelés 30 másodpercig.

Ellenállások hálózatai

A sorosan kapcsolt ellenállások helyettesíthetők egyetlen eredő ellenállással, melyen ugyanakkora I_0 esetén ugyanakkora U_0 esik, mint a sorosan kapcsolt ellenállásokon.



A huroktörvény alapján:

$$U_0 = U_1 + U_2 + U_3$$

A sorosan kapcsolt elemeken az áram azonos:

$$I_0 \cdot R_0 = I_0 \cdot R_1 + I_0 \cdot R_2 + I_0 \cdot R_3$$

Az eredő ellenállás:

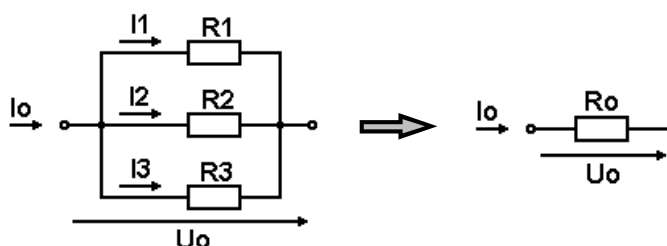
$$R_0 = R_1 + R_2 + R_3$$

A sorosan kapcsolt ellenállások eredője a részellenállások összegével egyenlő.

Sorosan kapcsolt n darab, azonos értékű ellenállás eredője a részellenállás n-szerese.

A sorosan kapcsolt ellenállások eredője minden esetben nagyobb, mint a legnagyobb részellenállás.

A párhuzamosan kapcsolt ellenállások helyettesíthetők egyetlen eredő ellenállással, melyen ugyanakkora U_0 esetén ugyanakkora I_0 folyik, mint a párhuzamosan kapcsolt ellenállásokon.



A csomóponti törvény alapján:

$$I_0 = I_1 + I_2 + I_3$$

A párhuzamosan kapcsolt elemeken a feszültség azonos:

$$\frac{U_0}{R_0} = \frac{U_0}{R_1} + \frac{U_0}{R_2} + \frac{U_0}{R_3}$$

Az eredő ellenállás:

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

A párhuzamosan kapcsolt ellenállások eredője a részellenállások reciprok összegének reciprokával egyenlő.

Párhuzamosan kapcsolt n darab, azonos értékű ellenállás eredője a részellenállás n-ed része.

A párhuzamosan kapcsolt ellenállások eredője minden esetben kisebb, mint a legkisebb részellenállás.

Két párhuzamos ellenállás eredőjének számítása a "replusz" művelettel:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} = \frac{R_A + R_B}{R_A \cdot R_B} \quad \Rightarrow \quad R_e = \frac{R_A \cdot R_B}{R_A + R_B} = R_A \otimes R_B$$

Két párhuzamosan kapcsolt ellenállás szorzatának és összegének a hányadosát nevezzük replusz műveletnek. Kettőnél több párhuzamos ellenállás eredőjének meghatározásához a replusz művelet többször ismételhető.

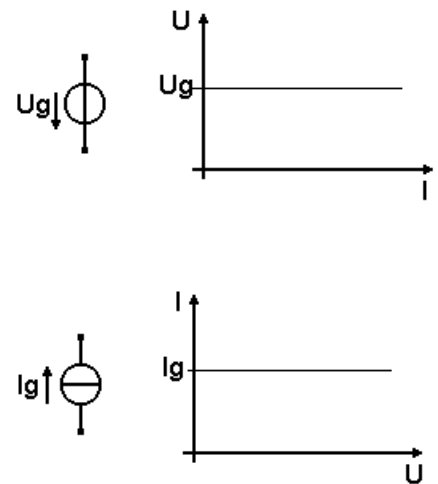
Aktív kétpólusok

Az ideális generátorok

Az ideális feszültségforrás a töltések folyamatos szétválasztásával állítja elő az U_g forrásfeszültséget, mely minden körülmények között, terhelési állapottól függetlenül állandó. Rajzjele és feszültség-áram karakterisztikája:

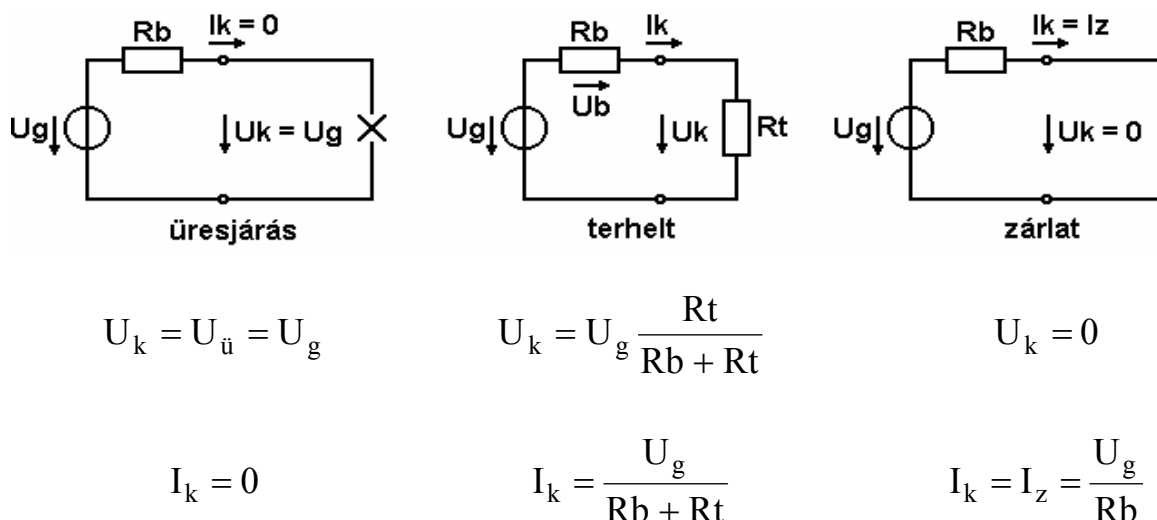
A fizikában a forrásfeszültség elnevezése elektromotoros erő.

Az ideális áramforrás a töltések folyamatos mozgásával állítja elő az I_g forrásáramot, mely minden körülmények között, terhelési állapottól függetlenül állandó. Rajzjele és áram-feszültség karakterisztikája:



A továbbiakban csak a feszültséggenerátorral foglalkozunk! Az ideális feszültséggenerátornak a rövidzárási (tehát ha 0Ω -ot kötünk rá) üzeme nem értelmezhető. A valóságos feszültséggenerátorok kapocsfeszültsége a különféle terhelő ellenállások hatására nem marad állandó. Például, ha egy zseblámpa elemre rákötünk egy zseblámpaizzót, akkor az üzemszerűen világít. Ha még egy vagy kettő izzót is rákötünk, akkor az első és a többi izzó is egyre halványabban világít. Ezt a jelenséget a generátorok belső ellenállása okozza. A valóságos feszültséggenerátor egy ideális feszültség forrásból és egy soros belső ellenállásból áll. A valóságos feszültséggenerátor három, azaz üresjárási, rövidzárási és terhelte üzemmódban működhet. A generátorok kapcsaira üresjárásban végtelen nagy (szakadás), terhelte üzemmódban R_t nagyságú, zárlatban nullaértékű (rövidzár) ellenállás csatlakozik.

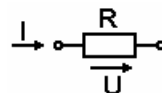
A kapocsfeszültség és a kapocsáram alakulása a három üzemmódban:



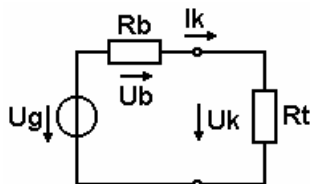
Feszültségforrás teljesítmény viszonyai

Egy ohmos jellegű fogyasztón keletkező teljesítmény (az időegységre eső munka) a feszültséggel és az árammal arányos:

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



Terhelt üzemmódban működő generátor esetén háromféle teljesítmény határozható meg:



$$P_g = U_g \cdot I_k$$

$$P_b = U_b \cdot I_k$$

$$P_t = U_k \cdot I_k$$

$$U_g = U_b + U_k$$

$$P_g = P_b + P_t$$

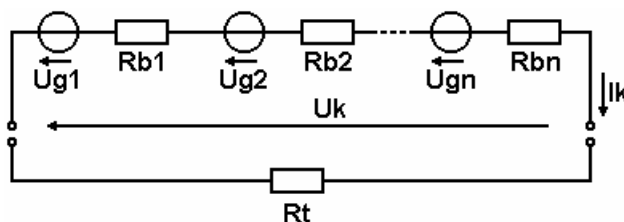
A huroktörvényből következik, hogy a generátor által leadott és az ellentétes áram irány miatt negatív P_g teljesítmény a belső ellenálláson P_b veszteségi és a terhelésen P_t hasznos teljesítményekre oszlik meg. A terhelésre jutó teljesítményt a kapocsfeszültség és a kapocsáram együttesen határozza meg. A két jellemző szorzata $R_t = R_b$ esetén veszi fel a legnagyobb értéket. Ezt az állapotot nevezzük illesztésnek. Egy generátort az illesztési teljesítménynél nagyobb teljesítménnyel nem lehet terhelni.

Hatásfok alatt a hasznos és a befektetett vagy összes teljesítmény viszonyát értjük. A hatásfok annál jobb, minél kisebb a veszteség, azaz minél kisebb az összes és a hasznos teljesítmény különbsége. A feszültségforrás hatásfoka alatt a terhelésen keletkező hasznos és a generátor által leadott összes teljesítmények viszonyát értjük. A veszteségi teljesítmény a belső ellenálláson alakul hővé. A hatásfok $R_t \gg R_b$ esetén tart a 100%-hoz, illesztés esetén 50%.

$$\eta = \frac{P_t}{P_g} = \frac{R_t}{R_t + R_b}$$

Energiaforrások hálózatai

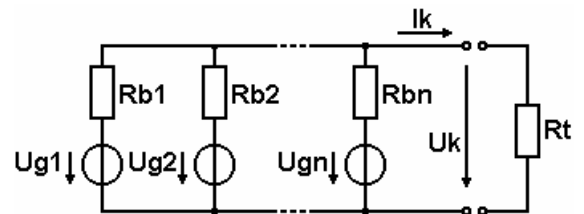
Energiaforrások soros kapcsolására akkor van szükség, ha egy generátor feszültsége kisebb a szükségesnél. A soros kapcsolás úgy jön létre, hogy az első generátor pozitív kapcsára a második generátor negatív kapcsát, a második generátor pozitív kapcsára a harmadik generátor negatív kapcsát és így tovább kötjük. A fennmaradó kapcsokra csatlakozik a terhelés.



A fennmaradó kapcsokra csatlakozik a terhelés. A sorosan kapcsolt energiaforrások üresjárási feszültsége az egyes generátorok forrásfeszültségeinek, belső ellenállása az egyes generátorok belső ellenállásainak összegével egyezik meg, tehát: $U_{k0} = U_{g1} + U_{g2} + \dots + U_{gn}$ és $R_{be} = R_{b1} + R_{b2} + \dots + R_{bn}$. Terheléskor valamennyi generátoron azonos áramerősség fo-

lyik, ezért csak olyan energiaforrások kapcsolhatók sorba, amelyeknek a megengedett áramerőssége a soros kapcsolást terhelő áramerősséggel egyenlő vagy annál nagyobb. Eltérő forrásfeszültségű és belső ellenállású generátorok csak akkor köthetők sorba, ha a rövidzárási áramuk azonos, különben előfordulhat, hogy a kisebb feszültségű generátor kapcsain a feszültség polaritása megfordul, azaz fogyasztóvá válik.

Energiaforrások párhuzamos kapcsolására akkor van szükség, ha egy generátor megengedett árama kisebb a szükségesnél. A párhuzamos kapcsolat úgy jön létre, hogy minden generátor pozitív és minden generátor negatív kapcsait egy-egy csomópontba összekötjük, és a terhelést is erre a két csomópontra csatlakoztatjuk. A párhuzamosan csak azonos forrásfeszültségű és azonos belső ellenállású energiaforrások kapcsolhatók össze. A párhuzamosan kapcsolt generátorok üresjárási feszültsége azonos lesz egy generátor üresjárási feszültségével, a belső ellenállása a párhuzamos generátorok belső ellenállásainak párhuzamos eredője lesz, tehát: $U_{k0} = U_{g1} = U_{g2} = U_{gn}$ és $R_{be} = R_{bn} / n$.

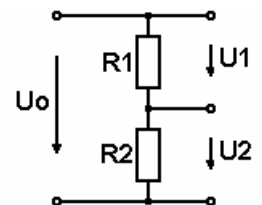


A párhuzamosan kapcsolt generátorok üresjárási feszültsége azonos lesz egy generátor üresjárási feszültségével, a belső ellenállása a párhuzamos generátorok belső ellenállásainak párhuzamos eredője lesz, tehát: $U_{k0} = U_{g1} = U_{g2} = U_{gn}$ és $R_{be} = R_{bn} / n$.

Energiaforrások vegyes kapcsolására akkor van szükség, ha egy generátor feszültsége és árama is kisebb a szükségesnél. Az összekapcsolás feltételei azonosak az előzőkkel. A gyakorlatban a villamos hajtású targoncák akkumulátor telepei vannak vegyesen kapcsolva.

Feszültségosztó

Feszültségosztónak nevezzük a kettő vagy több sorosan kapcsolt ellenállás hálózatát. Az ellenállásláncre kapcsolt U_0 feszültség, amit le kell osztani, a leosztott feszültség az egyes ellenállásokon jelenik meg. A legegyszerűbb feszültségosztó két ellenállásból áll. A részellenállásokon eső feszültségek:



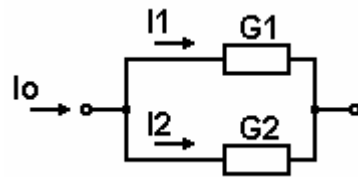
$$U_1 = U_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad U_2 = U_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{általában:} \quad U_n = U_0 \frac{R_n}{\Sigma R}$$

Az általános összefüggésben a ΣR a soros ellenálláslánc eredője, az $R_n / \Sigma R$ az R_n ellenállásra vonatkozó osztásviszony: azaz egységnyi U_0 feszültség esetén mekkora lesz, az U_n feszültség. A feszültségosztó alkalmazásának elsősorban a mérés technikában van jelentősége.

Áramosztó

Áramosztónak nevezzük a két vagy több párhuzamosan kapcsolt ellenállás hálózatát. A fő-

ágban folyó I_0 áram, amit le kell osztani, a leosztott áramok az egyes ellenállásokon jelennek meg. Egyszerűbb összefüggéseket kapunk, ha ellenállások helyett vezetéseket helyettesítünk. A legegyszerűbb áramosztó két párhuzamos vezetésből áll. Egy részvezetéseken folyó áramok:



$$I_1 = I_0 \frac{G_1}{G_1 + G_2}$$

$$I_2 = I_0 \frac{G_2}{G_1 + G_2}$$

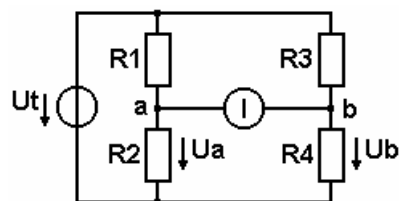
általában: $I_n = I_0 \frac{G_n}{\Sigma G}$

Az általános összefüggésben ΣG a párhuzamos vezetések eredője, az $G_n / \Sigma G$ a G_n vezetésre vonatkozó osztásviszony azaz egységnyi I_0 áram esetén mekkora lesz, az I_n áram. Az áramosztónak szintén a méréstechnikában, az árammérők méréshatárának bővítése témakörben van elsősorban jelentősége.

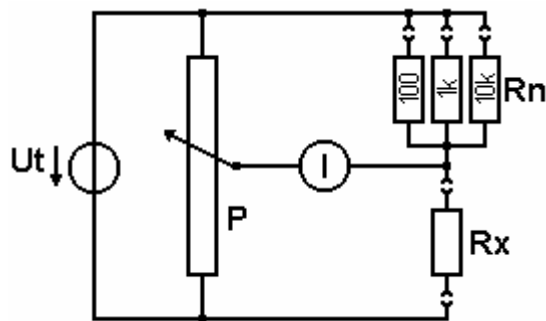
Hídkapcsolás

A hídkapcsolás két szembekapcsolt feszültségosztóból épül fel, melyeknek osztásponti feszültségét indikátor műszer jelzi. A feszültségosztók tápfeszültsége közös. Ha az „a” és „b” pontok közötti $U_a - U_b = U_{ab}$ feszültség nulla, akkor a hídkapcsolás kiegyenlített. Ennek feltétele, hogy az átlóban lévő ellenállások szorzata legyen egyenlő.

$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$$

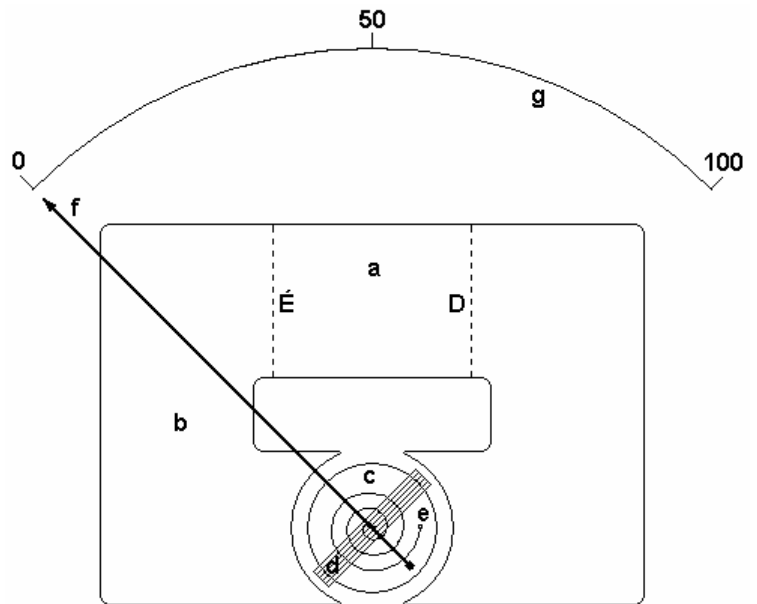


A kiegyenlített híd bármelyik ellenállás megváltoztatásával kiegyenlíthető. A kiegyenlített hidat az indikátor műszerként használt feszültség vagy árammérő nem terheli. A hídkapcsolás alkalmazási területe az ellenállásmérés. Ellenállás mérésére készült egyenáramú hidakat Wheatstone hídnak nevezzük. Egyszerű felépítésű üzemi ellenállásmérőben az R_1 és R_2 ellenállás helyett egy viszonylag hosszú pályájú huzalpotméter van beépítve, amivel a hidat lehet kiegyenlíteni. Az R_x az ismeretlen értékű ellenállás, az R_n pedig különböző és nagyon pontos értékű ún. normállenállás. Méréskor azt kell dugaszolással kiválasztani, amelyik az ismeretlen ellenállás nagyságrendjébe esik. A tápfeszültséget 1,5 V-os elemek biztosítják. Ha a potméter elforgatásakor az indikátor műszer nullára áll, akkor a potméter skálájáról leolvasható az ismeretlen ellenállás értéke. A pontos mérési eredményhez a be-dugaszolt normállenállás nagyságrendjét is figyelembe kell venni.

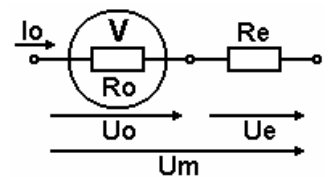


Méréshatár bővítés

Az elektrotechnikai gyakorlatban leggyakrabban alkalmazott mérőeszköz a Deprez rendszerű vagy állandó mágnesű mérőműszer. A működés, egy mágneses térbe helyezett áramjárta vezetőre ható erő mérésén alapszik. A mágneses teret egy állandó mágnes (a) hozza létre a lágyvas saruk (b) és egy lágyvas mag (c) közötti légrésben. Mivel a mágneses tér a felületből merőlegesen lép ki, ezért a légrésben sugárirányú homogén tér alakul ki. Ebben a mágneses térben helyezkedik el az ún. lengőtekercs (d), melyben a mérendő áram folyik. Az áramot a lengő tekercsen két foszforbronz anyagú, spirál rugó (e) vezeti át, melyek egyben a visszatérítő nyomatékot is szolgáltatják. Áram hatására a lengő tekercsre kitérítő nyomaték hat és addig fordul el, amíg az ellenkező irányú rugóerő visszatérítő nyomatékával egyensúlyba nem kerül. A lengő tekercsre erősített mutató (f) helyzetét egy alatta elhelyezett skálán (g) lehet leolvasni. A kitérítő nyomaték a lengőtekercsen átfolyó egyenáram átlagértékével arányos, a skála lineáris. Mivel végkitéréskor a műszeren I_0 áram folyik és a lengőtekercs R_0 ellenállásán U_0 feszültség esik, ezért a műszer akár áram, akár feszültség mérésére alkalmas. Egy átlagos Deprez műszer adatai $50 \mu A \div 1 mA$, $100 mV \div 500 mV$ és $100 \Omega \div 2 k\Omega$ tartományokba esnek. A műszer I_0 és U_0 alapérzékenységénél nagyobb értékek méréséhez méréshatás bővítésre van szükség.

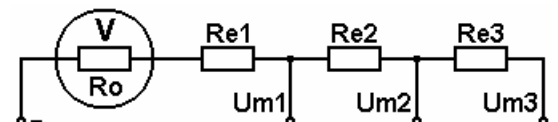


Feszültségméréshez a méréshatárt soros ún. előtét ellenállásokkal lehet bővíteni. Az előtét ellenálláson is átfolyik a műszer I_0 árama, így nagyobb feszültség esetén jön létre a végkitérés. Egy U_m mérendő feszültséghez szükséges előtét ellenállás meghatározása:



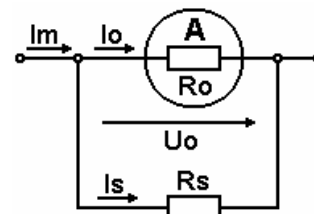
$$R_e = \frac{U_e}{I_0} = \frac{U_m - U_0}{I_0} = \frac{U_0}{I_0} \left(\frac{U_m}{U_0} - 1 \right) = R_0(n - 1)$$

Az összefüggésben az n a mérendő és mérhető feszültségek aránya. Több méréshatár esetén az előtét ellenállásokat célszerű sorba kapcsolni, így egy kisebb méréshatár ellenállása része lehet egy nagyobb méréshatár ellenállásának. Az egyes méréshatárok kiválasztása dugaszolással vagy fokozat kapcsolással oldható meg. Dugaszolás esetén minden méréshatárhoz tartozik egy aljzat. Nem túl



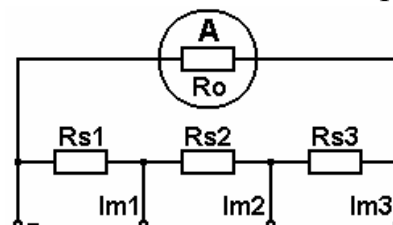
biztonságos megoldás, mert méréshatár váltáshoz a csatlakozó vezetékét másik aljzatba kell dugaszolni, és ha nem válasszuk le a mérendő hálózatról a vezetékét, akkor áramütés érheti a mérőszemélyzetet. A fokozatkapcsoló biztonságos, kezelése egyszerű, de olyan kivitel szükséges, melynél váltáskor nem záródik össze két egymás melletti méréshatár.

Áramméréshez a méréshatárt párhuzamos ún. sönt (shunt=elterel; angol) ellenállásokkal lehet bővíteni. A sönt ellenálláson is az U_0 feszültség esik, így nagyobb áram esetén jön létre a végkitérés. A sönt ellenállás áramosztót alkot a műszer belső ellenállásával. Egy I_m mérendő áramhoz a sönt ellenállás meghatározása:



$$R_s = \frac{U_0}{I_s} = \frac{U_0}{I_m - I_o} = \frac{U_0}{I_o} \left(\frac{1}{\frac{I_m}{I_o} - 1} \right) = R_o \left(\frac{1}{n - 1} \right) = \frac{R_o}{n - 1}$$

Az összefüggésben az n a mérendő és mérhető áramok aránya. Több méréshatár esetén a sönt ellenállások csak külön-külön kapcsolhatók párhuzamosan az alaplámpával. Váltáskor előfordulhat, hogy egy sönt ellenállás áramköre megszakad. Ilyenkor az összes mérendő áram a műszeren folyik keresztül, ami a műszer végleges károsodását okozhatja. Ennek elkerülésére alkalmazható az Ayrton sönt, amivel a sönt ellenállások áramkörének megszakadása nem fordulhat elő. A kapcsolás lényege, hogy a sönt ellenállások sorba vannak kapcsolva és a soros sönt lánc kapcsolódik párhuzamosan a műszerrel. Az egyes méréshatárok kiválasztása dugaszolással vagy fokozat kapcsolóval oldható meg. A fokozat kapcsolóval szemben követelmény, hogy váltás átlapolással, azaz két egymás melletti méréshatár összezárással történhet.



Feszültség és áram mérésére is alkalmas műszereket kombinált műszernek nevezzük. Igen sokféle típus létezik és használatos az iparban és különféle villamos szakterületen, szervizelési, hibakeresési és javítási munkák során. A műszerek használhatóságát leginkább a belső ellenállásuk jellemzi, azaz a mérés során mekkora hibát okoznak a mérendő hálózat működésében. Egy ideális feszültségmérő belső ellenállása végtelen, egy ideális árammérő belső ellenállása nulla.

A villamos áram hőhatása

Egy vezetőben folyó áram hatására hő fejlődik. A villamos áramot alkotó töltéshordozók rendezett mozgása közben az energiájuk egy részét a vezető molekuláinak átadják. Ha más energia átadás nincs, akkor ez az átadott energia teljesen hővé alakul, a keletkezett hőmennyiség egyenlő lesz a villamos munkával. Joule törvény szerint a hőmennyiség és a munka:

$$Q = W = U \cdot I \cdot t = \frac{U^2}{R} t = I^2 \cdot R \cdot t$$

Az SI mértékegység rendszerben a hőmennyiség és a munka mértékegysége megegyezik. A munka lehetséges mértékegységei: $[W] = VAs = Ws = J = Nm$. Az SI bevezetése előtt a hőmennyiség mértékegysége a kalória volt. A cal, illetve a kcal mértékegységek elsősorban az élelmiszerek energiatartalmának megadásakor használatosak. Az átszámítási tényezők:

$$1 J = 0,239 \text{ cal} \cong 0,24 \text{ cal} \quad \text{és} \quad 1 \text{ cal} = 4,18 J \cong 4,2 J$$

Testek melegítésekor a felvett hőmennyiség: $Q = c m (T_m - T_k) = c m \Delta T$, ahol:

- c a fajhő: megadja, hogy mekkora energia szükséges 1 kg tömegű anyag hőmérsékletének 1 C° - al történő emeléséhez. A fajhő mértékegysége $[c] = kJ / kg \text{ C}^\circ$.
- m a test tömege kg-ban.
- ΔT a hőmérséklet változása: a T_k kezdeti és a T_m melegített hőmérsékletek különbsége C°-ban.

Az áram által keltett hő lehet hasznos, például a különféle melegítő készülékek esetén, hő-sugárzó, forrasztópáka, merülőforraló, stb. és lehet káros, például a táv- és hálózati vezetékek, energiaátviteli transzformátorok, váltakozó áramú forgógépek, elektronikai alkatrészek, teljesítmény félvezetők esetén. A melegedő alkatrész működése növekvő hőmérséklet hatására megváltozik, szélső esetben tönkremegy. Károsodás elkerülése érdekében gondoskodni kell a megfelelő hűtésről. A hő terjedésének nevezzük azt a folyamatot, mialatt a hőenergia egy magasabb hőmérsékletű helyről eljut egy másik alacsonyabb hőmérsékletű helyre. A terjedés történhet vezetéssel, áramlással és sugárzással. Vezetéssel a szilárd anyagokban terjed a hő. Különböző szilárd anyagok között a jó hővezetés, csak nagy érintkezési felület esetén érhető el, például tranzisztor tok és hűtőborda között. Legjobb hővezetők a fémek. Áramlással terjed a hő folyadékokban és gázokban. A magasabb hőmérsékleten a molekulák mérete növekszik, a sűrűség csökken, ezért felfelé áramlik, helyére hidegebb anyag kerül. A radiátorokat, hűtőbordákat úgy kell elhelyezni, hogy a levegő akadálytalanul áramolhasson a lamellák között. Sugárzással terjedő hőenergia hordozója az elektromágneses sugárzás infravörös tartománya, melynek hullámhossza a 780 nm és 1 mm közé esik. A 800 nm és 400 nm közötti részt az emberi szem fénynek érzékeli. A hevített testek lehűlés-kor, meghatározott hullámhosszúságú sugárzást bocsátanak ki. A lesugárzott hőteljesítmény függ a test hőmérsékletétől, a sugárzó felület nagyságától, a test színétől és az anyagától. A feketére eloxált alumínium hűtőborda jobban lesugározza a hőt, mint a tiszta fémfelületű. A különféle villamos berendezések hűtését kisméretű ventilátorok is segítik.

A villamos áram hőhatásának leggyakoribb alkalmazásai:

Fűtés és melegítés. Előnye, hogy jó a hatásfoka, tiszta, könnyű a kezelése. Hátránya, hogy a felmelegedés lassú, viszonylag költséges. Fűtőtest anyaga nikkel, réz, króm, mangán, alumínium, és vas ötvözetek (a króm - alumínium - acél ötvözet a kantal 1300 C°-ig használható). Főbb alkalmazások a helyiségek fűtése, ipari edző és olvasztókemencék, háztartási

tűzhely, vasaló, forrasztópáka, stb.

Villamos hegesztés két változata használatos. Az ellenállás-hegesztés esetén a hegesztendő alkatrészeket összeérintik és nagy áram hatására az érintkező felületek felizzás után, összehegednek. Létezik ponthegesztés, például gépkocsi karosszéria gyártása során és vonalhegesztés, amikor az alkatrészek két görgő között áthaladva hegednek össze. Az ívhegesztés esetén villamos ív jön létre és marad fenn egy fémelektróda vége és a munkadarab között. A megolvadt fémcseppek az elektródáról az íven átjutnak a hegesztési ömledékbe, Az eljárást leginkább szerkezeti acélmunkák, hajóépítés és általános gépipari tevékenység során vasötvözeteknél alkalmazzák.

Világítási eszközök több változata létezik. Az izzólámpa egy légritkított üvegburában elhelyezett, wolframból készült, többnyire duplaspirál izzószálból áll. Az izzószálat a rajta folyó áram kb. $2100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra melegíti fel, ezért erős fényt sugároz. A hatásfoka nagyon rossz, a bevezetett villamos energia több mint 90 %-a a környezetet melegíti. Alkalmazásukat a fénycsőves és a LED-es eszközök kiszorítják. Az ívlámpa elve, hogy két, kb. egy ujjnyi vastag, néhányszor 10 V feszültségre kapcsolt szénrúd összeérintésekor villamos ív jön létre. A nap fényéhez hasonló ívet 50 - 100 A tartja fenn. A működés során a fogyó szénrudak előtolásáról gondoskodni kell.

Olvadó biztosító az energia szolgáltató hálózatot, illetve a fogyasztót védi meg a túláramtól és a zárlati áramtól. Túláram esetén a fogyasztó névleges áramfelvétele túlterhelés vagy valamilyen más ok miatt megnövekszik. Zárlati áram a fogyasztót tápláló vezetékek közötti szigetelés megszűnésekor lép fel, a hálózatra káros hatással van. Az olvadó biztosító egy vékony 20 - 40 mm hosszú vezető, melyen a fogyasztó árama folyik át. Ha az áram megnövekszik, akkor a vékony szál annyira felmelegszik, hogy elolvad, így megszakítja az áramkört. Olvadó biztosító igen sokféle kialakításban és kioldási karakterisztikával készül, széles névleges áram tartományban.

Ikerfém vagy más néven bimetál a túláram védelem egyik eszköze. Felépítésére nézve, két különböző hőtágulású hosszúkás fém lapocskából áll, melyek egyik végükön szigetelten másik végükön galvanikusan vannak egymáshoz rögzítve. A sorosan kapcsolódó lemezekén a fogyasztó árama folyik át. Ha ez az áram túllép egy adott értéket, akkor a lemezek a felmelegedés miatt a kisebb hőtágulású lemezke irányába elhajlanak. A néhány mm-es elhajlással érintkezőket lehet működtetni. Az ikerfémes kapcsoló késleltetési, időzí-tési feladatokra is alkalmazható.

Vezetékek méretezése

Egy fogyasztót tápláló vezetéken, mint ellenálláson feszültség esés, teljesítmény felvétel és az átfolyó áram hatására hő fejlődés lép fel. Ezek mind veszteségként jelennek meg a fogyasztó működésének szempontjából. A veszteségek csökkentése a vezeték anyagának és

méretének megfelelő megválasztásával megoldható, de ez minden esetben a gazdaságosság rovására megy. A túlságosan vékony vezetéken nagy a veszteség, a túlságosan vastag vezeték drága. A vezetékek méretezésének célja, hogy a kivitelezési és üzemeltetési költségek valamint a várható veszteségek között elfogadható egyensúly legyen.

Melegedésre történő méretezés alapja az áramsűrűség, azaz a fogyasztó áramának és a vezeték keresztmetszetének viszonya. Az áramsűrűség jele: $J = I / A$ mértékegysége $[J] = A / mm^2$ A szabványos megengedett áramsűrűség értékeket táblázatok tartalmazzák.

Feszültségesésre történő méretezés alapja, a fogyasztó árama által a vezetéken létrehozott feszültségesés nagysága. A feszültségesés a vezeték ellenállásának csökkentésével, a hossz kötöttsége miatt, a keresztmetszet növelésével csökkenthető. A feszültségesés számítása az áram és a vezető adataiból: $\Delta U = I R = I \rho \cdot 2 \ell / A$

A százalékos feszültségesés jele: $\varepsilon = 100 \Delta U / U_k [\%]$

Teljesítményveszteségre történő méretezés alapja a vezetéken, mint fogyasztón fellépő teljesítmény nagysága. A veszteségi teljesítmény a vezeték ellenállásának csökkentésével, a hossz kötöttsége miatt, szintén a keresztmetszet növelésével csökkenthető. A veszteségi teljesítmény számítása az áram és a vezető adataiból: $\Delta P = I^2 R = I^2 \rho \cdot 2 \ell / A$

A százalékos teljesítményveszteség jele: $\alpha = 100 \Delta P / P_k [\%]$
