

4.A Egyenáramú hálózatok alaptörvényei – Ohm és Kirchhoff törvények

Mutassa be az egyszerű áramkör felépítését és jellemzőit!

Értelmezze a generátort, mint töltésszétválasztót és a fogyasztót, mint töltés kiegyenlítőt!

Definiálja az egyenáramú hálózatok Ohm törvényét!

Ábrázolja az ellenállások jelleggörbéjét!

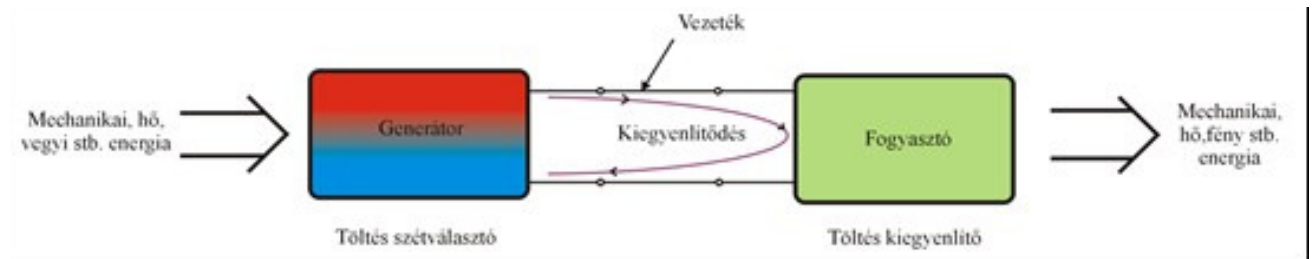
Definiálja az egyenáramú hálózatok csomópontokra és hurkokra vonatkozó Kirchhoff törvényeit!

Rajzolja fel az alaptörvények igazolására szolgáló mérési elrendezéseket!

Az egyszerű áramkör

Egyszerű áramkör felépítése

Mivel minden anyagnak van ellenállása, a töltéshordozók áramlása csak akkor marad fenn, ha a szabad elektronoknak az ütközésekkor elvesző energiáját folyamatosan pótoljuk, vagyis az elektronokat villamos térrel aktiváljuk. A gyakorlatban ezt egy generátorfeszültségével oldjuk meg. A generátort, a fogyasztót és az ezeket összekötő vezetőket együttesen áramkörnek nevezzük.



Az áramkör

A töltésszétválasztás

A generátor a befektetett energiafajtákat villamos energiává alakítja át úgy, hogy közben töltésszétválasztást végez.

Egyszerű töltésszétválasztó eszköz például

- a zseblep,
- a hőelem,
- a fényelem és
- az akkumulátor.

Az erőművekben háromfázisú generátorok segítségével állítják elő a kívánt feszültséget. A szétválasztott töltések egyik csoportja a generátor kivezetésén kilépve, majd a vezetéken és a fogyasztón áthaladva a generátor másik kivezetéséhez sodródik, ahol az ellentétes töltésekkel találkozik és kiegyenlítődik. Az ellentétes töltések kiegyenlítődését rekombinációnak nevezzük.

A pólusok

Az alkatrészek és az eszközök kivezetéseit, így a generátorét is kapcsoknak vagy pólusoknak nevezzük. A generátort elsősorban a feszültségével jellemezhetjük, amely a kapcsai között lép fel. A feszültség hajtja előre a töltéseket, ez készíti az elektronokat a töltés kiegyenlítődésre. A feszültség irányát, polaritását nyílal jelöljük. A nyíl a kiegyenlítődő pozitív töltéshordozók áramlási irányát jelöli, ezért minden esetben a generátor pozitív kapcsától a negatív kapcsa felé mutat.

Generátorok

A generátorok csoportosítása

A feszültséggenerátorokat csoportosíthatjuk az előállított feszültség időbeli lefolyása szerint, valamint az előállított feszültség értéke szerint. Megkülönböztetünk váltakozó- illetve egyenfeszültséget, valamint állandó és változó értékű feszültséget előállító generátorokat.

A generátorok fajtái

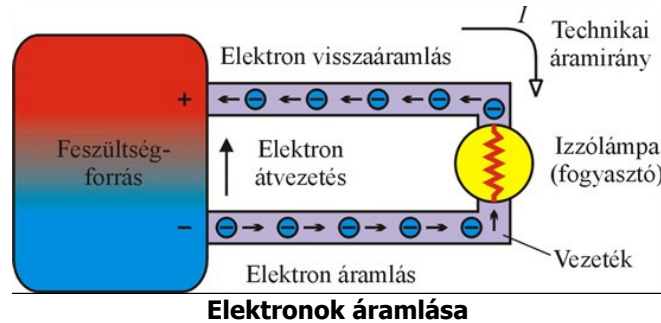
A gyakorlatban sokféle generátort használunk, ezek tulajdonságait a rajzjelükkel is kifejezhetjük. Az ábrán látható generátorok:

- a) egyszerű,
- b) forgógépes,
- c) egyenfeszültségű,
- d) szinuszosan változó feszültségű,
- e) elektronikus generátor
- f) galvánelem.

A galvánelem is egyenfeszültségű generátor, a hosszú vonal a pozitív, a rövid a negatív pólusa.

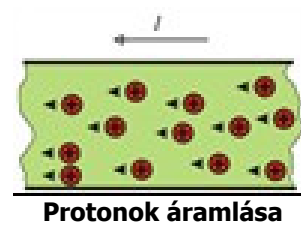
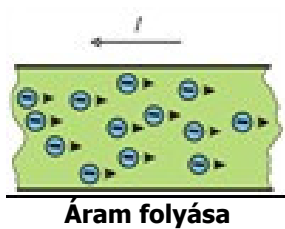
Az áramkör

A generátor U feszültségének hatására megindul a szabad töltéshordozók áramlása, ami nem más, mint az áram. Áram csak akkor alakul ki, ha az áramkör zárt. A gyakorlatban az áramkör zárását, megszakítását kapcsolókkal végzik. Az áramkörök fontos része a fogyasztók csatlakoztatását biztosító foglalat. A következő képeken a különböző típusú izzók foglatait láthatjuk.

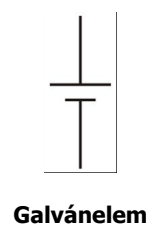
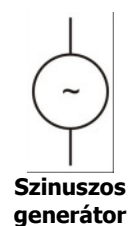
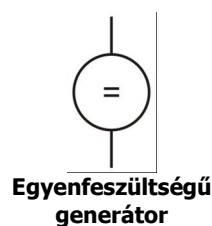
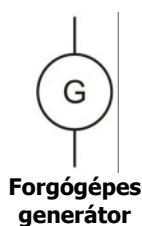
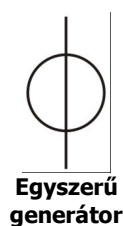


Az áramerősség

Az áramerősség csakúgy, mint a feszültség vektor mennyiség, iránya a pozitív töltéshordozók áramlási irányával egyezik meg. Ha megfigyeljük ez ellentétes a leggyakoribb töltéshordozó az elektron áramlási irányával. Az áramkörben az áram iránya a generátor pozitív pólusától a fogyasztón át a negatív pólus felé mutat.



A generátorok rajzjelei



A fogyasztók

Az áramkör másik fontos eleme a fogyasztó, amit egy ellenállással szimbolizálunk. Feladata a töltés kiegyenlítés. Áramköri jelölése egy téglalap. A fogyasztó a rajta átáramló töltéshordozók energiáját hő, mechanikai, fény stb. energiává alakítja. Ilyen fogyasztók például:

- izzólámpa,
- hajszárító,
- vasaló stb.

Ohm törvénye, az ellenállás jelleggörbéje

Ohm törvénye

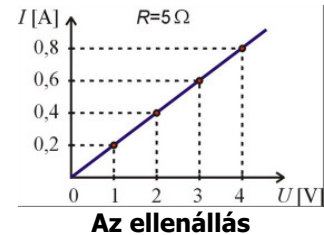
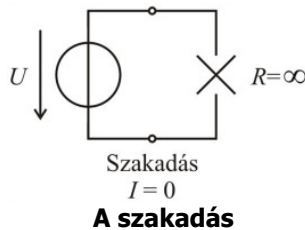
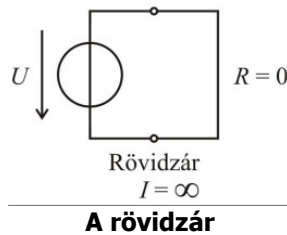
Georg Ohm német fizikus a kísérletei alapján az ellenállást a feszültségből és a hatására kialakuló áramerősségből határozta meg. Azt tapasztalta, hogy az áramkörben a két mennyiség hányadosa jellemző egy adott fogyasztóra és állandó érték, ami nem függ sem a feszültség, sem pedig az áramerősség értékétől.

$$R = \frac{U}{I} = \text{állandó}, \quad [R] = \frac{V}{A} = \Omega$$

Póluspárok nevezetes lezárásai

A generátorok kapcsainak (póluspárok) kétféle nevezetes lezárását ismerjük: a rövidzárt és a szakadást. Rövidzárról akkor beszélünk, ha nem szerepel fogyasztó az áramkörben, tehát $R = 0$ és $I = \infty$. A generátor által szétválasztott töltések akadálytalanul és közvetlenül a generátor kapcsai között egyenlítődnek ki. A gyakorlatban minden anyagnak van ellenállása, ezért az áram értéke sohasem lehet végtelen, így tökéletes, ideális rövidzár nem létezik.

Szakadásról akkor beszélünk, ha az áramkörben végtelen nagy értékű ellenállás szerepel, viszont ez nem tekinthető fogyasztónak, mert szakadás esetén az áramkörben nem folyik áram. $R = \infty$, $I = 0$.



Lineáris alkatrészek

Az $R = \frac{U}{I}$ összefüggés átrendezésével a törvény további alakjai: $I = \frac{U}{R}$ és $U = I \cdot R$. Az $I = \frac{U}{R}$ összefüggést egy U -

I koordináta-rendszerben ábrázolva R állandósága miatt egy olyan egyenest kapunk, amelynek a meredeksége: $1R$, ami nem más, mint a villamos vezetőképesség. Nagy értékű ellenálláshoz ezért kicsi, kicsihez nagy meredekségű egyenes tartozik.

Azokat az eszközöket és áramköröket, amelyek karakterisztikája egyenes, lineáris eszközöknek, illetve áramköröknek nevezzük, amelyeknél ez nem teljesül nemlineárisaknak.

A nemlineáris eszközökkel és áramkörökkel elsősorban az elektronika foglalkozik, és ezekre Ohm törvénye csak fenntartásokkal alkalmazható, hiszen az áramerősség nem egyenesen arányos a feszültséggel.

Kirchhoff I. törvénye: a csomóponti törvény

Egyenáramú áramkörök alapfogalmai

Minden olyan áramkört, amely több fogyasztót, vagy több generátort tartalmaz összetett áramkörnek tekintjük, és villamos hálózatnak is nevezhetjük.

A villamos hálózatokat csoportosíthatjuk energia vagy a kivezetések száma szerint is. Energia szerint megkülönböztetünk passzív illetve aktív villamos hálózatokat. Egy összetett áramkör passzív, ha csak fogyasztókat tartalmaz, míg aktív, ha a fogyasztókön kívül legalább egy generátort is magába foglal.

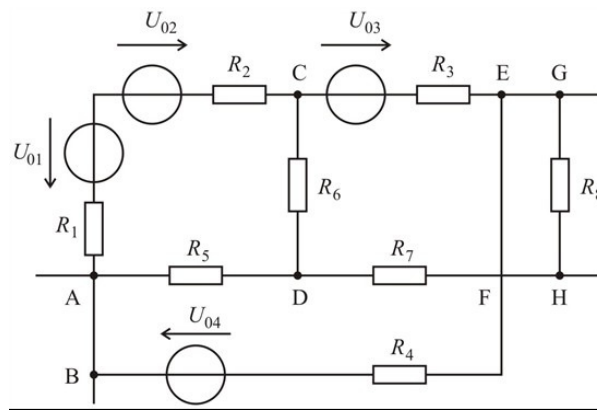
Pólusnak nevezzük a hálózatnak azt a pontját, amelyhez egy újabb áramköri elemet (alkatrészt, mérőeszközt, generátort, stb.) csatlakoztathatunk. A gyakorlatban alkalmazott hálózatok lehetnek:

- kétpólusúak (például a legtöbb fogyasztó: hangfal, izzólámpa,...) vagy
- négpólusúak (például az erősítőkapcsolások).

A szabad pólusok megszüntetését lezárásnak nevezzük, amelyet a legegyszerűbben egy ellenállással vagy egy generátorral valósíthatunk meg. Két nevezetes lezárásról már említést tettünk: a szakadásról illetve a rövidzárról.

Kirchhoff törvényei

Kirchhoff törvényei egyenáramú villamos hálózatok elemzéséhez nyújtanak segítséget, de később látni fogjuk, hogy bizonyos kritériumok figyelembevételével váltakozó áramú hálózatok analízisére is alkalmazhatók.



Összetett áramkör

Három vagy több vezeték találkozási pontja a hálózat csomópontja. Ilyenek például az áramkör A, B, C, D, E, G és H pontjai, de nem csomópont az F pont, hiszen ott nincs jelölve a kötés.

Két csomópont között található a hálózat egy ága (AD, AC, DH, ...). Azonos csomópontnak tekinthető az E és a G pont, valamint az A és a B pont, mert csak egy vezetékkel vannak összekötve, nincs köztük alkatrész.

Huroknak nevezzük azoknak az ágaknak az összességét, amelyeken végighaladva a kiindulási pontba térhetünk vissza úgy, hogy közben egy ágon sem haladunk kétszer végig (ACD, BACE, ...)

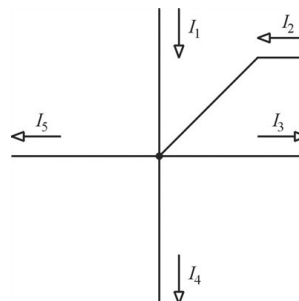
A csomóponti törvény

A csomópontba befolyó áramok nagyságának összege megegyezik a csomópontból elfolyó áramok nagyságának összegével.

Az ábra áramai között a csomóponti törvény értelmében a következő kapcsolat van:

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5, \text{ ebből: } I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0.$$

$\Sigma I = 0$, azaz a csomóponti áramok összege nulla, ha a be- és az elfolyó áramok előjeleit különbözőnek választjuk. Az ábra jelöléseinél tehát a csomópontba befolyó áramok (I_1, I_2) előjele pozitív, míg a kifelé folyó áramok (I_3, I_4, I_5) előjele negatív.



Csomóponti áramok

Kirchhoff II. törvénye: a huroktörvény

A huroktörvény

Bármely zárt hurokban az áramköri elemeken lévő feszültségek előjelhelyes összege nulla.

Az ábra feszültségei között a következő kapcsolat adható meg:

$$U_{01} + U_{02} - U_{03} = U_1 + U_2 + U_3 + U_4$$

ebből következik, hogy:

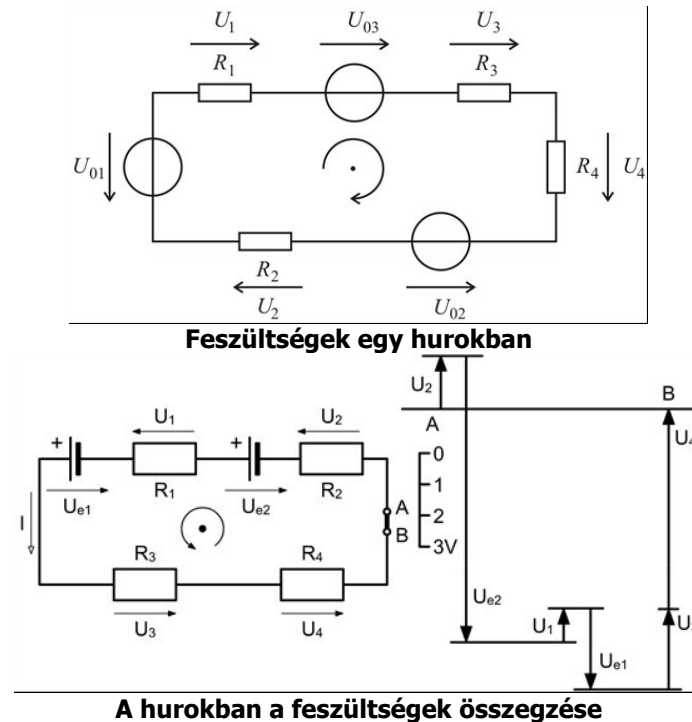
$$U_{01} + U_{02} - U_{03} - U_1 - U_2 - U_3 - U_4 = 0$$

vagyis

$$\Sigma U = 0$$

Az ábra jelöléseinél a körüljárási iránynak megfelelő feszültségek előjele pozitív ($U_1, U_3, U_{03}, U_4, U_2$), a körüljárási irányal ellentétes feszültségek előjele negatív (U_{02}, U_{01}).

A huroktörvény másképpen megfogalmazva: a sorba kapcsolódó fogyasztókra jutó feszültségek összege megegyezik a generátorok előjelhelyes feszültségösszegével.



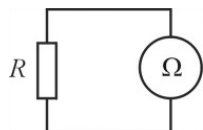
Az Ohm törvény igazolása méréssel

A villamos alapelemek mérése

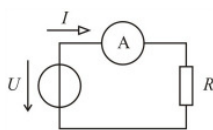
A villamos mérőműszereket egy körrel jelöljük, amelyben feltüntetjük a mérendő mennyiség mértékegységét (A, V, Ω , W, mV, μ A) esetleg a jelét (U, I, R, P, stb.).

Az ellenállások mérésének legegyszerűbb módja, ha az ellenállás két kivezetésére kapcsolunk egy ellenállásmérő műszert. A műszer tartalmaz saját feszültségforrást, és ennek a feszültségének hatására kialakuló áramerősség értékéből számítja ki az ellenállás értékét.

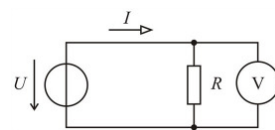
Ohm törvényének értelmében lehetőségünk van arra, hogy egy ellenállás értékét feszültségének és áramerősségének mérésével határozzuk meg. A hányadosuk ugyanis az ellenállást adja meg az $R = \frac{U}{I}$ összefüggés alapján. Nézzük meg először, hogyan kössük be az áramkörbe ezeket a mérőműszereket!



Ellenállás mérése



Áramerősség mérése



Feszültség mérése

- Az áramerősség a töltéshordozók áramlását jellemző mennyiség, ezért az árammérő műszert a fogyasztóval sorosan kell bekötni.
- A feszültség pedig két pont közötti potenciálkülönbség, ezért a feszültségmérő műszert a fogyasztóval párhuzamosan kell kapcsolni.

Mérés több műszerrel

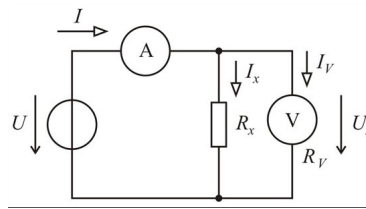
Ha a kétféle műszerrel ugyanannak az ellenállásnak a jellemzőit akarjuk megmérni, akkor a nem ideális műszerek miatt a következő problémákkal találkozunk.

1. Ha az ellenállással a feszültségmérőt kapcsoljuk párhuzamosan, akkor nemcsak az ellenálláson, hanem a feszültségmérőn folyó áramot is mérjük.

2. Ha az ellenállással az árammérőt kapcsoljuk sorosan, akkor nemcsak az ellenálláson, hanem az árammérőn eső feszültséget is mérjük.

Kis értékű ellenállások mérése

Alakítsunk ki egy soros áramkört az árammérő műszerből és az R_x ismeretlen ellenállásból a generátor két kapcsa között, majd kapcsoljuk a feszültségmérőt az ellenállással párhuzamosan.



Kis értékű ellenállás

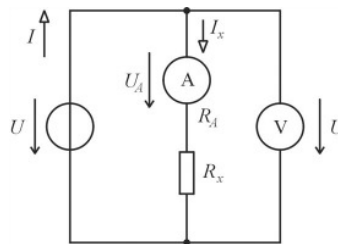
Az ellenállás mért értéke közvetlenül a mérési eredményekből számítva:

$$R_x = \frac{U_x}{I}$$

A mérési módszer annál pontosabb, minél kisebb az ellenállás értéke a feszültségmérő műszer belső ellenállásához képest. Kis értékű ellenállás mérésénél a feszültségmérő árama – a nagy ellenállása miatt – sokkal kisebb lesz, mint az ismeretlen ellenállásé, így a mérési hiba is kicsi lesz.

Nagy értékű ellenállások mérése

Alakítsunk ki egy soros áramkört az árammérő műszerből és az R_x ismeretlen ellenállásból a generátor két kapcsa között, majd kapcsoljuk a feszültségmérőt a generátorral párhuzamosan.



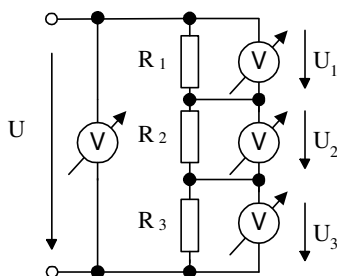
Nagy értékű ellenállás

Az ellenállás mért értéke közvetlenül a mérési eredményekből számítva:

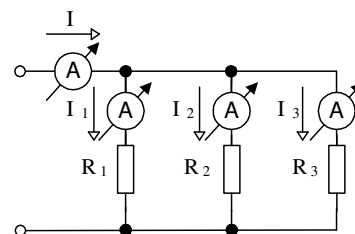
$$R_x = \frac{U}{I_x}$$

A mérési módszer annál pontosabb, minél nagyobb az ellenállás értéke az árammérő műszer belső ellenállásához képest. Nagy értékű ellenállás mérésénél az árammérő feszültsége – a kis ellenállása miatt – sokkal kisebb lesz, mint az ismeretlen ellenállásé, így a mérési hiba is kicsi lesz.

Az Kichhoff törvények igazolása méréssel



Huroktörvény mérése



Csomóponti törvény mérése