

2. Fizikai alapok ismétlése

Írta: Veréb Szabolcs

Lektorálta: Szabó Ádám

Ahhoz, hogy megértsük az elektronikus áramkörök működését, tisztában kell lennünk néhány alapfogalommal, melyhez érdemes felfrissítenünk a fizika tudásunkat. Ebben a fejezetben definíciókat és levezetéseket is ismételünk, ám ezektől nem kell megijedni. Nem is várjuk el, hogy megjegyezd őket, elegendő, ha a gondolatmenetet megérted és az összefüggéseket megjegyezed.

AZ ENERGIA FOGALMA

Ha egy felmelegített serpenyőbe zsiradékot helyezünk, akkor a zsiradék rövid időn belül megolvad, tehát a meleg edénynek hőmérséklettel kapcsolatos változtatóképessége van. Egy íj csak akkor képes nyilak kilövésére, ha megfeszítjük, tehát a megfeszített íj szintén rendelkezik valamiféle változtató képességgel. Érdemes a testek különféle változtató képességét valamilyen közös fizikai mennyiséggel jellemezni, ezt a mennyiséget energiának nevezzük. Jele E , mértékegysége a Joule (ejtsd: zsúl), mértékegységének jele J .

A természetben az energiának (a testek változtatóképességének) többféle formája figyelhető meg. Ha egy dombról kerékpárral legurulunk, majd a leérkezésünk után fékezéssel állunk meg, azt tapasztaljuk, hogy a fékek felmelegednek. A dombra való feljutásunkkor energiát kell befektetnünk, hiszen megváltoztatjuk saját magunk és kerékpárunk helyzetét. Ezt az energiát a sejtjeink szolgáltatják a bevitt táplálék és a belélegzett oxigén kémiai reakciójából. A feljutás alatt befektetett energia leguruláskor képessé teszi a saját testünket és a kerékpárt arra, hogy megváltoztassa a mozgásállapotunkat. A sebességünk növekszik a legurulás során, vagyis a mozgási energiánk növekszik. Fékezéskor a sebességünk csökken, tehát mozgási energiánk is csökken, ám az energia nem tűnik el, a fékek hőenergiáját növeli meg. Ez a folyamat nagyon jól szemlélteti az energia legfontosabb tulajdonságát: megsemmisíteni nem tudjuk, csak a különböző formáiba átalakítani. Esetünkben a táplálékban rejlő kémiai energiát a szervezetünk helyzeti energiává alakította, majd a kerékpáron ülve mozgási energia lett belőle, végül a fékezéskor a fékeket melegítette fel.

MUNKA

Munkavégzésnek nevezzük azt a folyamatot, amikor egy test részecskéinek együttes mozgása során a test energiája megváltozik (például egy autó felgyorsul). Az energia megváltozást munkának nevezzük, jele W , mértékegysége Joule (megegyezik az energia mértékegységével, hiszen energia különbségről van szó).

$$W = \Delta E [J]$$

Az energia értelmezhető a test munkavégző képességeként is. Mérésekkel alátámasztható, hogy a munka egyenesen arányos a testre ható erővel és az erő irányába mutató elmozdulással.

$$W = F \cdot s$$

TELJESÍTMÉNY

Fáradásunk szempontjából nem mindegy, hogy egy dombra felsétálunk vagy felfutunk. Ugyan mindkét esetben ugyanakkora az energia megváltozása, mégis különbség van a két folyamat között: különböző idő alatt végeztük el ugyanazt a munkát. Érdekes egy olyan fizikai mennyiséget bevezetni, amely az energiaváltozással járó folyamatok időbeli lefolyását is figyelembe veszi. Ezt nevezzük teljesítménynek, jele P , mértékegysége Watt, melynek jele W (nem összetévesztendő a munka jelével!), azt mutatja meg, hogy egységnyi idő alatt mekkora az energia megváltozása.

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{W}{\Delta t} [W] = \frac{[J]}{[s]}$$

Ha egy izzó 100 wattos teljesítményű, akkor az azt jelenti, hogy működése közben másodpercenként 100 J villamos energiát alakít át fény- és hőenergiává.

AZ ELEKTROMOS TÖLTÉS

Az elektromos töltés egyes részecskék alapvető megmaradó tulajdonsága, mely meghatározza, hogy milyen mértékben vesznek részt az elektromos kölcsönhatásokban. A töltést, mint fizikai mennyiséget Q betűvel szokás jelölni, mértékegysége a Coulomb, mértékegységének jele C . Töltése lehet atomoknak, molekuláknak, kiterjedt testeknek. A kiterjedt tárgyak töltését az elektronnak nevezett elemi részecske többlete vagy hiánya okozza. Az elektron kis negatív töltéssel rendelkezik. Az anyagokban normál esetben minden elektronnhoz tartozik egy ugyanakkora pozitív töltésű részecske is (proton), így kívülről tekintve az anyag semleges, össztöltése nulla. Előfordulhat olyan eset, amikor egyes testeken elektrontöbblet vagy elektronhiány alakul ki például két test összedörzsölésekor. A pozitív protonok nem tudnak elmozdulni, azonban a negatív elektronok egy része igen, tehát dörzsöléskor elektronok vándorolhatnak egyik testről a másikra.

ELEKTROSZTATIKUS ERŐ (COULOMB-ERŐ)

A tapasztalat azt mutatja, hogy az azonos előjelű töltéssel rendelkező testek taszítják, míg az ellenkező előjelű töltésűek vonzzák egymást, vagyis mindkét esetben erővel hatnak egymásra.

Az elektrosztatikus erő a fizika egyik alapvető kölcsönhatása, nagyságát az

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

képlet írja le (Coulomb-törvény) pontszerű töltések esetén.

Coulomb-erő értelmezése

A k szám egy konstans (értéke megközelítőleg $9 \cdot 10^9$), Q_1 és Q_2 a két test előjeles töltése (negatív töltésnél negatív, pozitív töltés esetén pozitív), r a két töltés közötti távolság. Jól látható, hogy minél nagyobb a két test töltése, annál nagyobb a köztük fellépő vonzó vagy taszító erő. A távolság növelésével négyzetesen csökken a hatás, vagyis dupla akkora távolságban már csak negyed akkora erő ébred a két test között.

ELEKTROMOS TÉRERŐSSÉG

Vegyünk egy töltéssel rendelkező pontszerű testet és helyezzük el valahol a térben, távol más testektől, majd helyezzünk el a közelében egy pozitív töltést, melyet nevezzünk próbatöltésnek és mérjük meg mekkora erő hat rá. Ha a kapott erőt elosztjuk a próbatöltés töltésével, akkor olyan fizikai mennyiséget kapunk, amely a tér ezen pontjára jellemző. Ezt a mennyiséget elektromos térerősségnek nevezzük és E betűvel jelöljük, mértékegysége V/m.

$$E = \frac{F}{q} = \frac{k \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}}{q} = k \cdot \frac{Q}{r^2} [V/m]$$

Ha F helyére behelyettesítjük a Coulomb-erő képletét, akkor azt kapjuk, hogy a térerősség független a próbatöltés töltésének nagyságától, csupán a töltött test töltésétől és a mérés távolságától függ. A tér minden pontjához hozzárendelhető ezzel a gondolatmenettel egy térerősség érték.

Az elektromos töltések elektromos teret hoznak létre maguk körül, melynek „nagyságát” az elektromos térerősség értéke mutatja meg. Ahol nagyobb a térerősség értéke, ott egy oda helyezett töltésre nagyobb erő hat.

ELEKTROMOS FESZÜLTÉS

Vegyünk egy olyan esetet, ahol a tér minden pontjában az elektromos térerősség azonos nagyságú és irányú, de nem nulla. Helyezzünk ebbe a térbe egy pozitív próbatöltést. Mivel a Coulomb-erő hatással van rá, ezért elmozdul. Az elmozdulás kezdőpontját jelölje A , végpontját pedig B . A mozgása során az elektromos tér munkát végez rajta.

$$W_{AB} = F \cdot s = E \cdot q \cdot s_{AB}$$

Látható, hogy a végzett munka egyenesen arányos a próbatöltés nagyságával (q), a térerősséggel (E) és az elmozdulással (s_{AB}).

Ha olyan mennyiséget szeretnénk kapni, ami a tér adott pontjára jellemző munkavégző képességet adja meg, akkor ez független kell legyen a próbatöltéstől. A munkát leosztva a próbatöltés nagyságával megkapjuk ezt a mennyiséget. Neve elektromos feszültség, U betűvel jelöljük, mértékegysége a Volt (V).

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{E \cdot q \cdot s_{AB}}{q} = E \cdot s_{AB} [V]$$

A feszültség a fentiek alapján csak két pont között értelmezhető. Ha megállapodunk egy nulla pontban, akkor minden más feszültséget ahhoz képest értünk, elektromos áramkörökben a „nulla” pont szerepét a földelés (ground, GND) tölti be.

Amikor a mindennapokban azt mondjuk, hogy egy galvánelem „9 voltos”, akkor ez alatt azt értjük, hogy a pozitív és negatív kapcsai (kivezetései) között 9V feszültséget mérhetünk. Tehát a galvánelem (elem, telep) egy olyan eszköz, amelynek munkavégző képessége van. A benne lezajló kémiai folyamatok következménye töltésszétválasztódás: a negatív kivezetésén elektronok halmozódnak fel, miközben a pozitív kapcsán elektron hiány lép fel. Ha a két kapocs közé vezető anyagot helyezünk, a negatív kivezetésén felhalmozódott elektronok a vezetőn keresztül a pozitív kivezetés felé haladnak.

KAPACITÁS FOGALMA (KONDENZÁTOR)

A kondenzátor elektromos töltések felhalmozására szolgáló eszköz. Sokféle típust készítenek. Legegyszerűbb fajtája az ún. síkkondenzátor, amely tulajdonképpen két egymással párhuzamosan elhelyezett fémlemezről (fegyverzetek), és a közöttük levő szigetelő anyagból (pl. levegő) áll.

Ha egy galvánelem pozitív kivezetését az egyik fegyverzethez, a negatívát a másikhoz kötjük egy-egy vezetékkel, akkor a lemezeken egyenlő nagyságú, de ellentétes előjelű töltés fog kialakulni, vagyis a negatív töltésű lemezen elektron felesleg, a pozitív lemezen elektron hiány lesz.

Ha képesek lennénk a töltés kialakulása közben mérni a kondenzátor fegyverzetein kialakuló töltés nagyságát, akkor azt tapasztalnánk, hogy a mért töltés egyenesen arányos a fegyverzetek közé kapcsolt feszültséggel. Tehát, ha dupla akkor feszültséget kapcsolunk a kondenzátorra, akkor dupla akkora lesz a töltés a fegyverzetein. A két mennyiség közötti arányossági tényező a kapacitás (jele C , mértékegysége Farad [F]).

$$Q = C \cdot U$$

tehát

$$C = \frac{Q}{U}$$

melyeknek mértékegységei:

$$[F] = \frac{[C]}{[V]}$$

A kapacitás a kondenzátor töltéstároló képességét mutatja meg. Minél nagyobb egy kondenzátor kapacitása, annál több töltést tud tárolni ugyanakkora feszültség mellett.

A kondenzátorokról

Mérésekkel és számítással alátámasztható, hogy a kondenzátor kapacitása függ a két lemez távolságától (d), a két lemez felületétől (A) és a köztük lévő szigetelőanyag fajtájától (ϵ_r).

$$C = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

ϵ_0 a légüres tér dielektromos állandója, értéke

$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \left[\frac{C^2}{N \cdot m^2} \right]$$

ϵ_r az adott anyag relatív dielektromos állandója, megmutatja, hogy adott kondenzátor fegyverzet elrendezés esetén a vizsgált anyag hányszorosára növeli a kapacitás értékét a légüres térhez képest.

A kapacitás képletéből az látszik, hogy minél közelebb helyezzük el a fegyverzeteket, annál nagyobb lesz a kapacitás értéke. Ugyanez történik, ha növeljük a fegyverzetek felületét. A gyakorlatban az 1F kapacitású kondenzátor ritka, ez egy nagy értéknek számít, szokásos értékek nagyságrendje a nF, μ F.

A kondenzátorok készítésénél is ezt az összefüggést használják fel. Minél kisebb szigetelő vastagságot és minél nagyobb felületű fegyverzeteket igyekeznek létrehozni, így egy adott kapacitású

kondenzátor kisebb helyen elfér. A szigetelő vastagságát nem csökkenthetjük büntetlenül, mivel a szigetelőréteg vékonyodásával a rákapcsolható maximális feszültség is csökken, illetve villamos kisülés jöhet létre, mely tönkreteszi a szigetelőréteget és ezzel együtt a kondenzátort is.

A kondenzátor feltöltött állapotban energiával rendelkezik, energiát tárol. Ha egy kondenzátort feltöltünk, majd a fegyverzeteit hirtelen rövidre zárjuk egy vezetékkel, azt tapasztaljuk, hogy a vezető felmelegszik. Ez azt jelenti, hogy a vezeték energiája megnőtt, ami pedig csak a kondenzátorból származhat.

Érdemes megérteni, hogy különbség van a kapacitás és a kondenzátor fogalma között. A kondenzátor kapacitással rendelkező eszköz, mely töltések tárolására szolgál, elektronikus áramkörökben használatos. A kapacitás tehát egy fizikai mennyiség, a kondenzátor pedig egy tárgy, amelynek legfontosabb paramétere a kapacitása.

ELEKTROMOS ÁRAM

Ha két, különböző töltésű testet fém vezetékkel összekötünk azt vehetjük észre, hogy elektronok vándorolnak át a negatívabb test felől a pozitívabb test felé. A töltések áramlását elektromos áramnak (I) nevezzük, mértékegysége Amper [A]. Az elektromos áram megmutatja, hogy adott idő alatt mennyi töltés áramlik át a vezetőn.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}, \quad [A] = \frac{[C]}{[s]}$$

Ha egyik helyről a másikra elektromos töltés vándorol át, legyen az bármilyen töltött részecske, elektromos áramról beszélünk. Folyadékokban például nem csak elektronok mozoghatnak, hanem olyan atomok, melyek elektron hiánnyal vagy többlettel rendelkeznek (ionok). A műszaki rajzokban az áram irányát nyíllal szokás jelölni.

Az elektromos áram iránya

Az áram irányát (röviden áramirány) tetszőlegesen megválaszthatjuk. Történelmi okokból pozitívnak nevezzük azt az áramirányt, amerre a pozitív töltések áramlanak. Ez az ún. technikai áramirány. Az elektron felfedezése óta tudjuk, hogy valójában fémes vezetőkben negatív töltések vándorolnak, mégis jelölésekben és számításokban a technikai áramirányt használjuk, tehát a műszaki rajzokon a nyíl nem az elektronok vándorlásának irányába mutat, hanem azzal ellentétesen.

ÁRAM ÉS FESZÜLTSG KAPCSOLATA

Ha egy testen áram folyik keresztül, biztosak lehetünk abban, hogy két pontja között feszültség mérhető, hiszen a töltések áramlásához munkavégzésre van szükség, a munkavégző képesség mértéke pedig a feszültség.

VEZETÉSI JELENSÉGEK, ELLENÁLLÁS

Folyamatos elektromos áramot áramkörrel hozhatunk létre, melynek fő részei a telep, a vezető és a fogyasztó. A telep negatív kapcsán elektrontöbblet, a pozitív kapcsán elektronhiány alakul ki a benne

lezajló kémiai folyamatok során. Ha vezetékekkel összekötjük a fogyasztóval, akkor az elektronok a negatív kapocsról a vezetéken és a fogyasztón keresztül eljutnak a telep pozitív kapcsára, igyekeznek kiegyenlíteni a töltéskülönbséget. A telep a benne lezajló kémiai folyamatok révén pótolja az elektronokat a negatív kapcsán.

A vezető anyagok atomjai stabil fémrácsban helyezkednek el. Az áramló elektronok mozgásuk során beléjük ütköznek, így mozgási energiájuk egy részét átadják a kötött atomoknak, ami hőmérséklet emelkedéssel jár. A telep elektromos energiája az elektronok mozgási energiájává alakul, aminek egy része az ütközés során hőenergiává alakul, ez hőmérséklet emelkedéséhez vezet. A különböző anyagú és geometriájú vezetők eltérő mértékben gátolják mozgásukban az elektronokat, ennek a tulajdonságnak a leírására használjuk ellenállás fogalmát. Jele R , mértékegysége Ohm (a mértékegység jele a görög nagy omega $[\Omega]$).

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

A fenti ún. Ohm-törvény kimondja, hogy az ellenállás értéke meghatározható a vezető darabon eső feszültség és a rajta folyó áram hányadosaként. Ebből az is következik, hogy ha egy vezetőn áram folyik és két pontja között az ellenállás nem nulla, akkor ezen két pont között feszültség mérhető.

Különböző anyagok ellenállása

Ha megmérjük különböző anyagokból készült különböző hosszúságú és átmérőjű vezetékdarabok ellenállását, azt tapasztaljuk, hogy az ellenállás mindhárom paramétertől függ a következő módon:

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

ahol ρ az anyagra jellemző ún. fajlagos ellenállás (mértékegysége $\Omega \cdot \text{m}$), l a vezeték hossza, A pedig a vezeték keresztmetszetének felülete. Ez azt jelenti, hogy a vastagabb vezetéknek kisebb az ellenállása ugyanolyan hossz mellett, és a hosszabb vezeték nagyobb ellenállású, azonos keresztmetszet mellett. Az anyagok fajlagos ellenállásának értékét táblázatokból tudhatjuk meg, a legtöbb anyag ellenállását az emberiség már megmérte. Az anyagokat csoportosíthatjuk a fajlagos ellenállásuk értéke alapján. Ha kicsi ez az érték, akkor vezetőknek nevezzük, ha nagy, akkor szigetelőknak. Érdekes tudni, hogy a szigetelőknak sem végtelen az ellenállása, ezért nagyon kis áram folyik rajtuk keresztül, ha feszültséget kapcsolunk rájuk.

Az elektromos áramkörökben gyakran szükség van olyan alkatrésze, aminek adott értékű, szándékosan nagyobb ellenállása van a vezetékekénél. Ezeket az alkatrészeket ellenállásnak nevezzük (az angol nyelvben külön szó van az alkatrésze [resistor] és a fizikai mennyiségre [resistance]). Az ellenállás az elektromos áramkörökben gyakran használt alkatrész, sok esetben állandó feszültség melletti áram korlátozó szerepe miatt.

AZ ELEKTROMOS TELJESÍTMÉNY

Azt már megállapítottuk, hogy ha egy vezetőn áram folyik, akkor hő fejlődik rajta, melyet Joule-hőnek nevezünk. Ha megmérjük az átfolyó áramot és az anyag két pontja között a feszültséget, akkor szorzatukból megkapjuk, hogy mekkora a hőfejlődés teljesítménye.

$$P = U \cdot I$$

Érdekes azonban az Ohm-törvényből az áramot és a feszültséget is kifejezni, ezeket a teljesítmény képletébe helyettesítve kapjuk:

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

Ez azt jelenti, hogy például 1,5-ször akkora áram esetén a hőveszteség 2,25-ször akkora.

A vezetékek is rendelkeznek ellenállással, emiatt hő fejlődik rajtuk. Ezért például a háztartási gépeket a hálózattal összekötő vezetékek méretének megválasztásakor figyelembe kell venni, hogy ez a hőfejlődés mennyire melegíti fel majd őket, ugyanis előfordulhat olyan magas hőmérséklet is, amely esetén a vezetéket körülvevő szigetelő megolvad és tüzet okoz.

ELEKTROMOS FORRÁSOK

Az elektronikában megkülönböztetünk feszültségforrást és áramforrást. A feszültségforrás egy olyan eszköz, amelynek a feszültsége minden külső hatástól (még az átfolyó áramtól is) függetlenül állandó a kivezetései között.

Ezzel ellentétben az áramforrás úgy változtatja a kivezetései közötti feszültséget, hogy a rá jellemző áram folyjon rajta keresztül.

Ezek a definíciók ideális esetet tételeznek fel, a valóságban a feszültségforrásokon mérhető feszültség a terhelő áram hatására kis mértékben csökken. A feszültségforrás kivezetéseit nem szabad rövidre zárni (összekötni kis ellenállású vezetékkel), mert ekkor nagyon nagy áram fog folyni (közel állandó feszültsége miatt), ami a berendezést tönkreteszi és személyi sérüléshez vezethet.

A hétköznapi nyelvben a galvánelemeket és az akkumulátorokat főleg áramforrásnak szokás nevezni, pedig ezek elektromos szempontból inkább feszültségforrások, ugyanis terhelés közben közel állandó feszültség mérhető rajtuk. Elektronikai szempontból áramforrást a valóságban egyszerű elektrokémia módszerekkel (mint a galvánelem) nem tudunk készíteni, de megfelelő elektromos áramkör segítségével igen.

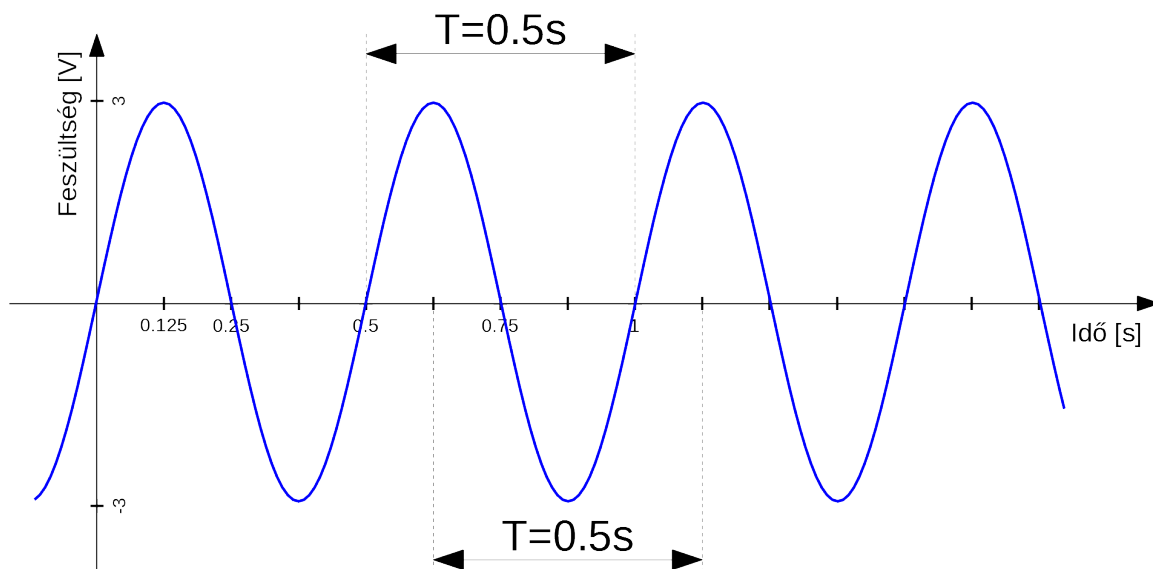
Eddig egyenáramról és egyenfeszültségről beszéltünk. Ez ideális esetben azt jelenti, hogy az egyes esetekben a feszültség illetve az áram értéke minden időpontban változatlan. A valóságban ilyen helyzet nem áll fenn sok ideig, ugyanis pl. egy akkumulátor feszültsége is csökken merülése közben.

A VÁLTAKOZÓ FESZÜLTSG

A váltakozó feszültség egy olyan speciális eset, amikor a feszültségforráson mérhető feszültség értéke pozitív, azután egy ideig negatív és ez periodikusan ismétlődik. Hogy miért jó ez? Az elektromágneses jelenségek alapján működő gépeink (transzformátorok, motorok jó része) szinuszos váltakozó

feszültséget és áramot igényelnek, nélkülük nehezen képzelhető el az olcsó és nagy teljesítményű villamosenergia termelése és szolgáltatása.

Az alábbi ábrán látható egy szinuszos váltakozó feszültség ábrázolása derékszögű koordináarendszerben. A vízszintes tengelyen az idő, a függőleges tengelyen a feszültség értéke olvasható le.



1. Ábra - Szinuszos váltakozó feszültség

Mivel a feszültség értéke az időtől függ, ezért az ilyen függvényeket időfüggvényeknek nevezzük. A periodikus időfüggvényeknek van periódusideje, ami azt mutatja meg, hogy egy ismétlődő függvényrész mennyi ideig tart. A periódusidőt általában T betűvel szokták jelölni. A fenti példában a periódusidő 0,5 másodperc.

A függvény ismétlődésének ütemét szokták még az úgynevezett frekvenciával jellemezni, ami azt mutatja meg, hogy 1 másodperc alatt hányszor ismétlődik meg a periodikus függvény rész. A frekvenciát f betűvel szokás jelölni, mértékegysége a Hertz (jele: Hz). A frekvencia a periódusidő reciproka, vagyis a fenti példában látott függvény frekvenciája 2 Hz:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,5 [s]} = 2 [Hz]$$

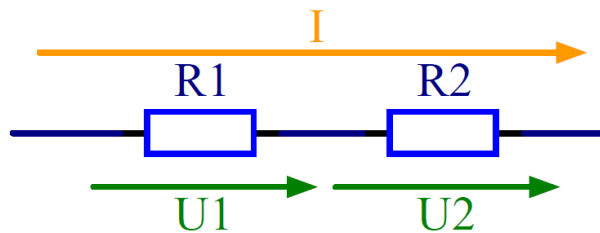
A fenti példában látható feszültség-idő függvényt egyenletként is leírhatjuk a frekvencia vagy a periódusidő segítségével:

$$U(t) = 3 \cdot \sin(2\pi f \cdot t) = 3 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right) = 3 \cdot \sin(4\pi \cdot t)$$

ELLENÁLLÁSOK SOROS, PÁRHUZAMOS KAPCSOLÁSA

Soros kapcsolásról akkor beszélünk, ha a két kivezetéssel rendelkező alkatrészek kivezetései közül csak egyet-egyét kötünk össze.

Párhuzamos kapcsolás esetén ezen alkatrészek mindkét kivezetését összekötjük.



2. Ábra - Ellenállások soros kapcsolása

Soros kapcsolás esetén (ábra) a két ellenálláson ugyanaz az áram folyik át, tehát az áramuk megegyezik. Ebből következik, hogy R_1 ellenállás feszültsége $U_1 = R_1 \cdot I$, míg R_2 feszültsége $U_2 = R_2 \cdot I$ és $U_1 + U_2 = U$.

Az A és B pont közötti, úgynevezett eredő ellenállást megkaphatjuk a fentiek és az Ohm-törvény alapján.

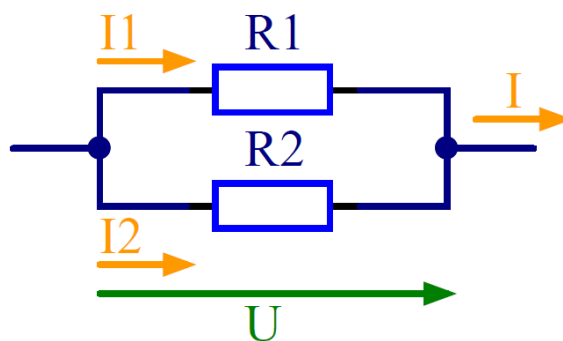
$$R_{AB} = \frac{U}{I} = \frac{U_1 + U_2}{I} = \frac{R_1 \cdot I + R_2 \cdot I}{I} = R_1 + R_2$$

Tehát ellenállások soros kapcsolása esetén az eredő ellenállás értéke a két ellenállás összege. Ha több ellenállást kapcsolunk sorosan, akkor a fenti gondolatmenet alapján belátható, hogy az eredő ellenállás az összes sorbakapcsolt ellenállás összege.

Párhuzamos kapcsolás esetén az ellenállások feszültsége lesz azonos, hiszen mindkét kivezetésük össze van kötve. Ekkor a két ellenállás árama $I_1 = \frac{U}{R_1}$ és $I_2 = \frac{U}{R_2}$. Az eredő ellenállás ebben az esetben Ohm-törvénye alapján levezethető.

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U}{I_1 + I_2} = \frac{U}{\frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}} = \frac{U}{\frac{U \cdot R_2 + U \cdot R_1}{R_1 \cdot R_2}} = \frac{U}{1} \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{U \cdot (R_1 + R_2)} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Ezzel megkaptuk a párhuzamosan kapcsolt ellenállások eredőjének kiszámítási módját.



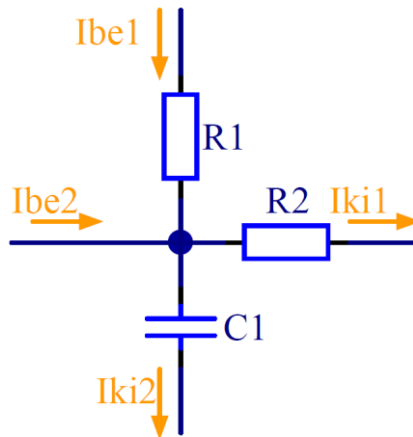
3. Ábra - Ellenállások párhuzamos kapcsolása

KIRCHHOFF-TÖRVÉNYEK

Az elektromos áramköröket leképező kapcsolásokban uralkodó feszültség és áramviszonyokat valamilyen matematikai eszközzel kell leírni ahhoz, hogy számíthatóvá váljanak az egyes paraméterek

értékei. Az úgynevezett Kirchhoff-törvények a töltés és az energiamegmaradás elvének segítségével adnak egyszerű matematikai leírást erre a problémára.

A CSOMÓPONTI TÖRVÉNY



4. Ábra - Kirchhoff csomóponti törvénye

Ha több mint két áramköri elem kapcsolódik össze, akkor a kapcsolódás helyét csomópontnak nevezzük. A törvény szerint a csomópontba befolyó áramok összege megegyezik a csomópontból kifolyó áramok összegével, vagyis

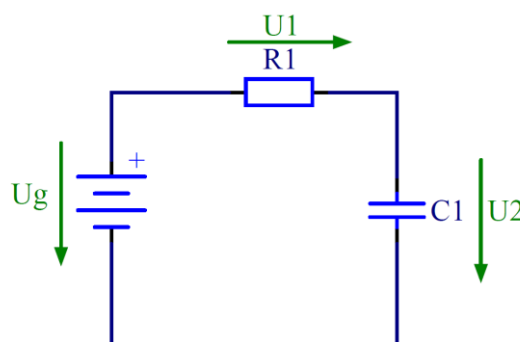
$$I_{be1} + I_{be2} + \dots = I_{ki1} + I_{ki2} + \dots$$

Ha a csomópontba befelé folyó áramok előjelét pozitívnak, a kifolyókét negatívnak vesszük fel, akkor a törvény átfogalmazható: a csomópontba be- és kifolyó áramok előjeles összege nulla, vagyis

$$I_{be1} + I_{be2} + \dots + I_{ki1} + I_{ki2} + \dots = 0$$

Ha jobban belegondolunk a törvény a töltésmegmaradással egyenértékű. Az áram, mint már azt korábban megtárgyaltuk az egységnyi idő alatt a vezetőkön átáramló töltések számát adja meg, tehát a törvény azt mondja, hogy amennyi töltés beáramlott a csomópontba, pontosan annyi töltés áramlik ki belőle.

A HUOKTÖRVÉNY



5. Ábra - Kirchhoff huroktörvénye

Minden áramkörben felvehetünk ún. hurkokat, melyek zárt görbék és lehetséges áramhurkokat reprezentálnak (lásd ábra). A törvény szerint bármely zárt áramhurokban az egyes elemek feszültségének előjeles összege zérus, vagyis

$$U_1 + U_2 + \dots = 0$$

Kapcsolata az energiamegmaradás elvével

Az ábrán látható kapcsolásban a forrás teljesítménye $P_g = U_g \cdot I$, az ellenállásoké rendre $P_1 = U_1 \cdot I$, $P_2 = U_2 \cdot I$. Mivel a teljesítmény az egységnyi idő alatti energiaváltozással egyezik meg, ezért az energiamegmaradás elve alapján kijelenthetjük, hogy a teljesítmények előjeles összegének nullának kell lennie.

$$P_g + P_1 + P_2 = U_g \cdot I + U_1 \cdot I + U_2 \cdot I = I \cdot (U_g + U_1 + U_2) = 0$$

Ez csak akkor lehetséges, ha a feszültségek előjeles összege nulla, ami megegyezik a huroktörvény kijelentésével.