

Misák Sándor

ELEKTRONIKA A

DE TTK

v.0.2 (2007.12.06.)

Alapfogalmak előadás

1. Elektronika **fogalma**;
2. Elektronikai alkatrészek **kategóriái**;
3. Passzív és aktív, lineáris és nemlineáris, vákuum és szilárdtest **alkatrészek definíciója**;
4. Elektrotechnikai alapismeretek.

AZ ELEKTRONIKA FOGALMA

ELEKTRONIKA

```
graph TD; A[ELEKTRONIKA] --> B[TUDOMÁNY]; A --> C[TECHNIKA]; B --> D[VIZSGÁLAT]; C --> E[ALKALMAZÁS];
```

The diagram is a flowchart with a central root node 'ELEKTRONIKA' at the top. Two arrows point downwards from this root to two intermediate nodes: 'TUDOMÁNY' on the left and 'TECHNIKA' on the right. From 'TUDOMÁNY', an arrow points down to 'VIZSGÁLAT'. From 'TECHNIKA', an arrow points down to 'ALKALMAZÁS'. All text is in red, bold, uppercase letters within blue-bordered boxes.

TUDOMÁNY

TECHNIKA

VIZSGÁLAT

ALKALMAZÁS

AZ ELEKTRONIKA FOGALMA

Elektronika a tudomány azon ága, amely az elektromosan töltött részecskék mozgásával kapcsolatos jelenségeket vizsgálja.

A töltésmozgás történhet vákuumban, gázokban, folyadékokban és szilárd testben.

Elektronika a technika azon ága, amelyben kidolgozzák az elektron és ion jelenségek alkalmazási, hasznosítási módszereit.

AZ ELEKTRONIKA FOGALMA

Az elektronika magában foglalja:

- a fizikai folyamatok **vizsgálatát**;
- az elektronikai eszközök (lámpák, tranzisztorok, integrált áramkörök, stb.) és bonyolultabb, ezekből az eszközökből álló berendezések **tervezését**, gyártási technológiájuk **kidolgozását**.

ELEKTRONIKAI ALKATRÉSZEK KATEGÓRIÁI

ELEKTRONIKAI ALKATRÉSZEK

```
graph TD; A[ELEKTRONIKAI ALKATRÉSZEK] --> B[AKTÍV ALKATRÉSZEK]; A --> C[PASSZÍV ALKATRÉSZEK]; B --> D[LINEÁRIS EMEK]; B --> E[VÁKUUM ESZKÖZÖK]; C --> F[NEM-LINEÁRIS EMEK]; C --> G[SZILÁRD TEST ESZKÖZÖK];
```

AKTÍV
ALKATRÉSZEK

PASSZÍV
ALKATRÉSZEK

LINEÁRIS
ELEMEK

NEM-LINEÁRIS
ELEMEK

VÁKUUM
ESZKÖZÖK

SZILÁRD TEST
ESZKÖZÖK

ELEKTRONIKAI ALKATRÉSZEK KATEGÓRIÁI

Aktív alkatrészek növelik a hozzájuk vezetett energiaszintet (pl. trióda, tranzisztor).

Passzív alkatrészek csökkentik a hozzájuk vezetett energiaszintet (pl. ellenállás, kondenzátor, indukciós tekercs, transzformátor, dióda, stb.).

A lineáris alkatrészekben a feszültség és áram között lineáris összefüggés van.

A nemlineáris elemekben a feszültség és áram között nemlineáris összefüggés van.

ELEKTRONIKAI ALKATRÉSZEK KATEGÓRIÁI

Általános esetekben a **nemlineáris elemekhez** soroljuk a tranzisztorokat, elektroncsöveket, induktív tekercseket, vasmagos transzformátorokat, átalakítókat (optikai-elektromos, **adócsövek**; elektromos-optikai, **vevőcsövek**). Ezeket közelítőleg **lineáris elemként** vizsgáljuk (kezeljük), különösen kisjel-szintű működésnél.

A **vákuum elemekben** alkalmazzák a vákuumban végbemenő elektromos jelenségeket.

A **szilárd elemekben** alkalmazzák a szilárd testekben végbemenő szabad töltéshordozók mozgását.

ELEKTRONIKAI ALKATRÉSZEK DEFINÍCIÓI

Elektronikai alkatrész (eszköz, elem) egy olyan eszköz, amely bizonyos elektromos (esetleg mágneses, optikai) funkciót végez.

Elektronikai áramkör elektronikus eszközök elektromos kapcsolásából létrejött elektromos hálózat.

Ellenállás egy elektronikai áramkör azon eleme, mely bizonyos állandó vagy változó (szabályozható) ellenállást visz az áramkörbe.

ELEKTRONIKAI ALKATRÉSZEK DEFINÍCIÓI

Kondenzátor egy elektronikai áramkör azon eleme, mely bizonyos **állandó** vagy **változó** (szabályozható) **kapacitást** visz az áramkörbe.

Indukciós tekercs egy elektronikai áramkör azon eleme, mely bizonyos **állandó** vagy **változó** (szabályozható) **induktivitást** visz az áramkörbe.

Elektróda egy elektronikus eszköz olyan **belső** pontja, amely az áramkör (hálózat) **csomópontjaihoz** definiálható módon csatlakozhat.

ELEKTRONIKAI ALKATRÉSZEK DEFINÍCIÓI

Dióda (vákuum, félvezető) két elektródával rendelkező eszköz, amely többnyire egyenirányításra képes.

Trióda (vákuum) három elektródás cső. Az anód és katód között rácsa van.

A rácstra adott feszültség a katódból az anód felé haladó elektronok mennyiségét vezérli.

Tranzisztor három elektródás félvezető eszköz. Két típusa van: bipoláris és térvezérlésű tranzisztor.

ELEKTRONIKAI ALKATRÉSZEK DEFINÍCIÓI

Bipoláris tranzisztor elterjedt erősítő és kapcsoló félvezető eszköz.

Lényege: egykristályos lapkában p-n-p vagy n-p-n adalékolású zónák (területek, tartományok), melyek közül a középső nagyon keskeny.

A három zóna a tranzisztor három elektródája: emitter, bázis (vezérlő elektróda) és kollektor.

ELEKTRONIKAI ALKATRÉSZEK DEFINÍCIÓI

Fém-szigetelő (oxid) – félvezető tranzisztor
(szigetelt elektródás térvezérlésű tranzisztor,
MIS-, MOS-tranzisztor): igen elterjedt félvezető
erősítő és kapcsoló eszköz.

Elektródái: a forrás (Source), a nyelő (Drain)
és a vezérlő elektróda, a kapu (Gate).

AZ ANYAG SZERKEZETI FELÉPÍTÉSE

Minden anyag **molekulákból, atomokból** épül fel (**Bohr, Rutherford, Schrödinger**).

Az **atom** alkotórészei:

- **atommag**: **pozitív** töltésű **protonokból** és töltéssel nem rendelkező (semleges) neutronokból áll;
- **elektronok**: **negatív** töltésű **elektronok** elektronfelhőt alkotnak.

(Manapság kb. **200**-féle elemi részecskét ismerünk. Az elemi részecskék közé tartozik a **proton**, a **neutron** és az **elektron** is.)

A VILLAMOS KÖLCSÖNHATÁS

A villamos töltéssel rendelkező részecskék között erőhatás tapasztalható, amely kölcsönös **vonzásban** vagy **taszításban** nyilvánul meg.

A különböző töltések **vonzák**, az azonos töltésűek viszont **taszítják** egymást.

Két töltés között fellépő **erő** (Coulomb erő):

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4 \pi \varepsilon_0 r^2}$$

A VILLAMOS TÖLTÉSMENNYISÉG

Elemi töltés: egy proton vagy egy elektron töltése – $1,6 \cdot 10^{-19}$ C

Az elemi töltés **6,25** trilliószeresét választották egységnyi töltésmennyiségnek.

A töltésmennyiség jele: **Q**

Mértékegysége: [**C**] coulomb

1 C = 6,25 trillió

(6.250.000.000.000.000.000=6,25·10¹⁸)

darab proton vagy elektron töltése

TEST TÖLTÉSE

A test kifelé töltést mutat, ha

- a) elektronokat viszünk rá: elektrontöbblet,**
- b) elektronokat veszünk el róla:
elektronhiány,**
- c) a pozitív és negatív töltések egyenletes
megoszlását megszüntetjük: egyenlőtlen
töltésmegoszlás.**

**Valamely test töltése egyenlő a testre rávitt
vagy a testről elvett elektronok töltésével,
illetve a test kívülről tapasztalható töltésével.**

ALAPFOGALMAK

Az ion:

Az elektron hiánnyal vagy elektrontöbblettel rendelkező atomot (vagy atomcsoportot) ionnak nevezünk.

Töltéshordozók:

Az elmozdulásra, áramlásra képes elektronokat és ionokat töltéshordozóknak nevezünk.

ALAPFOGALMAK

A villamos áram:

A töltéshordozók rendezett áramlását villamos áramnak nevezük.

A villamos áram hatásai:

- hő,
- fény,
- mágneses,
- vegyi,
- élettani.

AZ ANYAGOK CSOPORTOSÍTÁSA VILLAMOS SZEMPONTBÓL

Vezetők: nagymennyiségű töltéshordozóval rendelkeznek (**vezetik a villamos áramot**).

Félvezetők: kis hőmérsékleten szigetelnek, külső hatásra (**hő, fény, sugárzás**) **vezetővé** válnak.

Szigetelők: gyakorlatilag nem rendelkeznek szabad töltéshordozókkal (**nem vezetik a villamos áramot**).

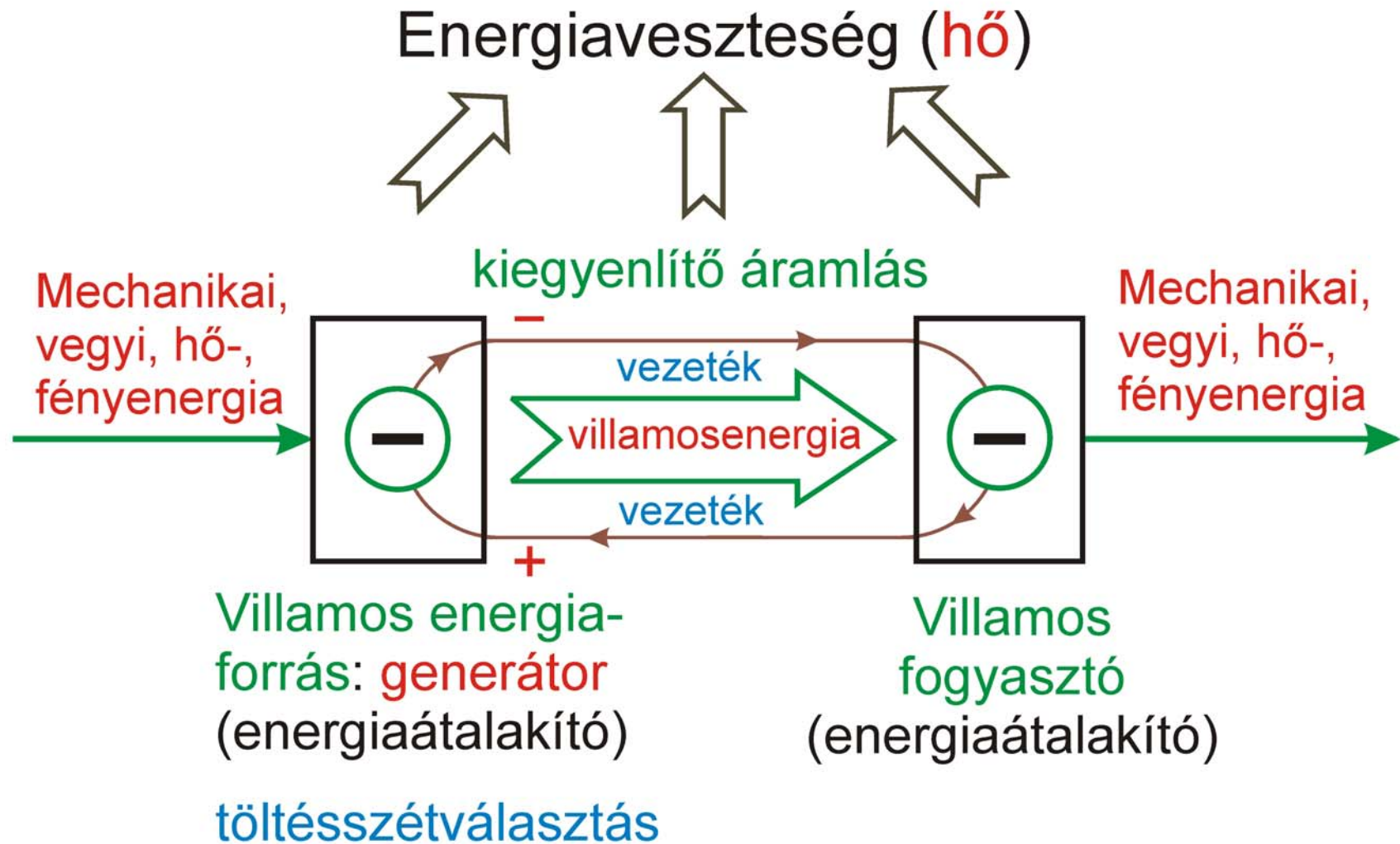
AZ ANYAGOK CSOPORTOSÍTÁSA VILLAMOS SZEMPONTBÓL

Elsőrendű vezetők: a fémek, a szén (bennük a töltéshordozók az elektronok).

Másodrendű vezetők: sók, savak, lúgok vizes oldata vagy olvadéka – elektrolitok (bennük töltéshordozók az ionok).

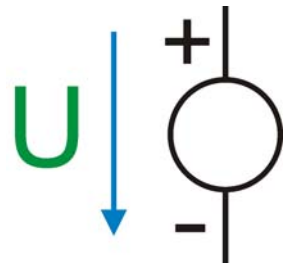
Harmadrendű vezetők: a gázok csak külső ionizáló hatásra válnak vezetővé (bennük töltéshordozók az ionok és az elektronok).

AZ ÁRAMKÖRÖK ALAPMODELLJE

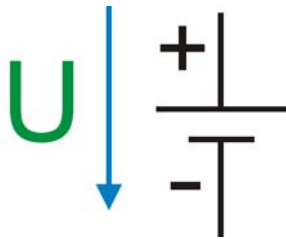


AZ EGYSZERŰ ÁRAMKÖR

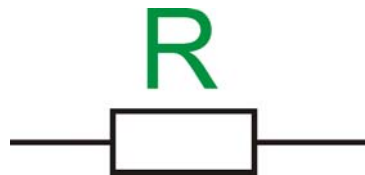
Rajzjelek:



ideális feszültséggenerátor



ideális galvánelem

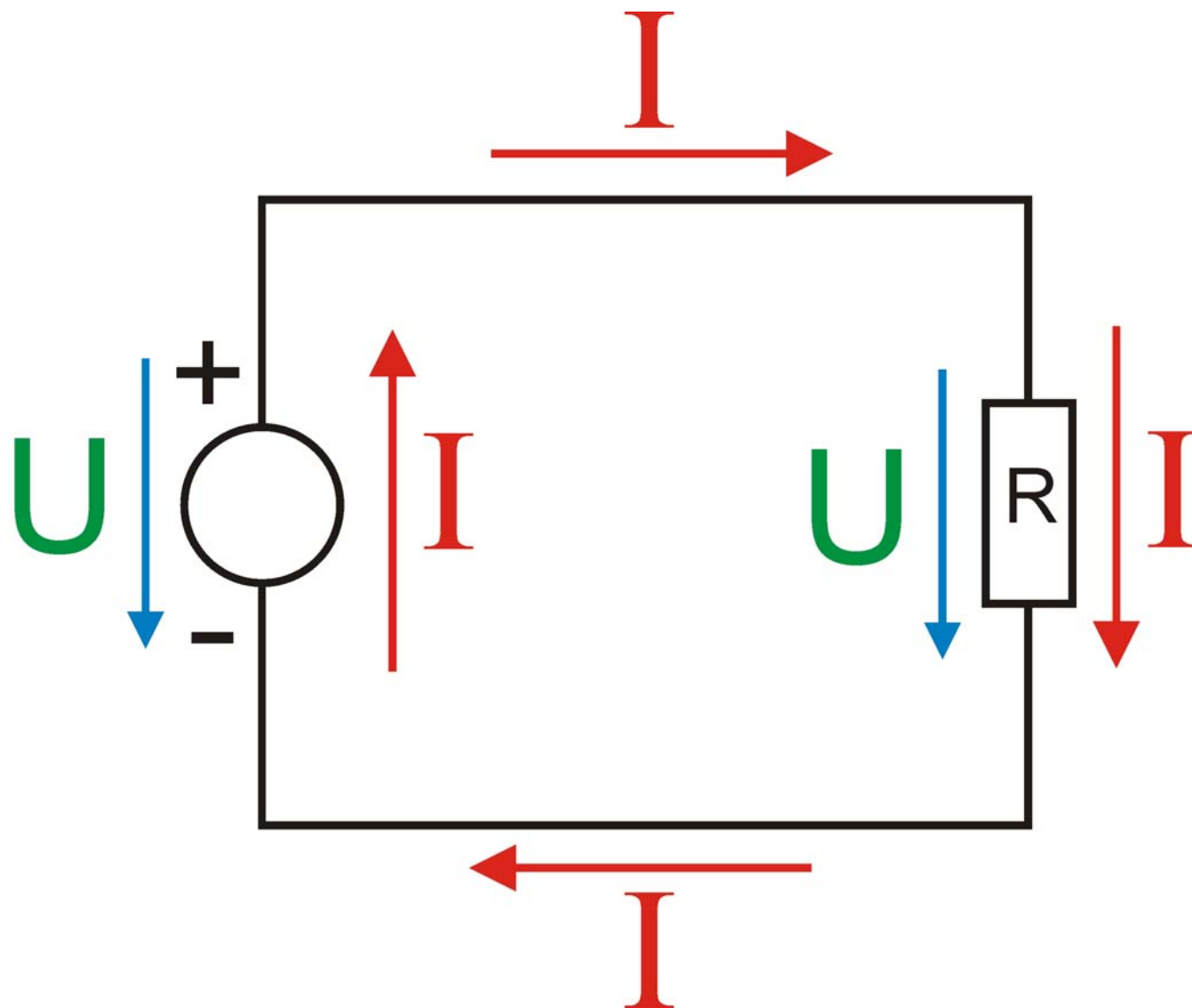


fogyasztó (ellenállás)



ideális vezeték

AZ EGYSZERŰ ÁRAMKÖR



FESZÜLTSEÉG

A feszültség: **U** [**V**] **volt**

töltésszétválasztás → feszültség

feszültség: töltés kiegyenlítődésre törekvő hatás

Két pont között a feszültség egyenlő azzal a munkával (W), amit akkor végzünk, amikor a 1 C töltést az egyik pontból a másikba viszünk.

$$U = \frac{W}{Q} \quad [V]$$

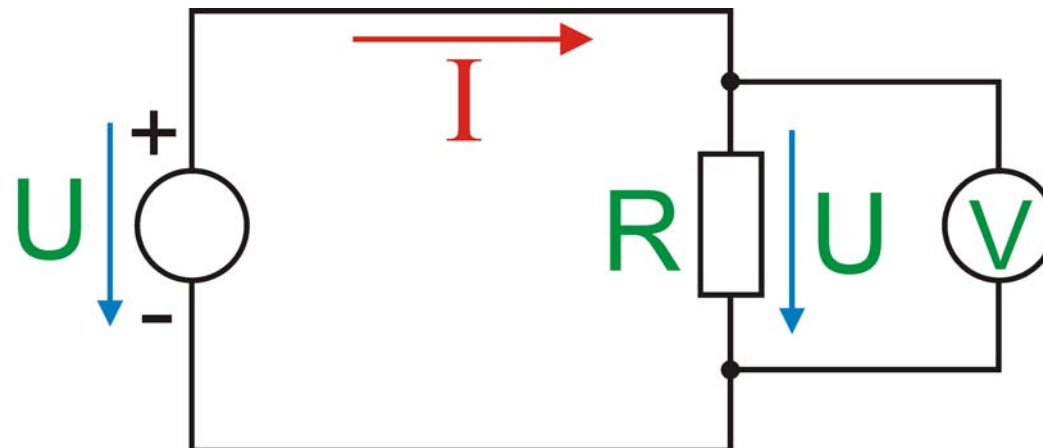
FESZÜLTÉS

A feszültséget **voltmérővel** mérjük.



A voltmérő **belső** ellenállása **nagy**,
ideális voltmérőé **végtelen**.

A voltmérőt a fogyasztóval **párhuzamosan**
kell **bekötni!**



ÁRAMERŐSSÉG

Az áramerősség: I [A] amper

töltés kiegyenlítődés → áram

A vezető keresztmetszetén 1 s alatt átáramló töltésmennyiséget áramerősségnek nevezzük.

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

[A]

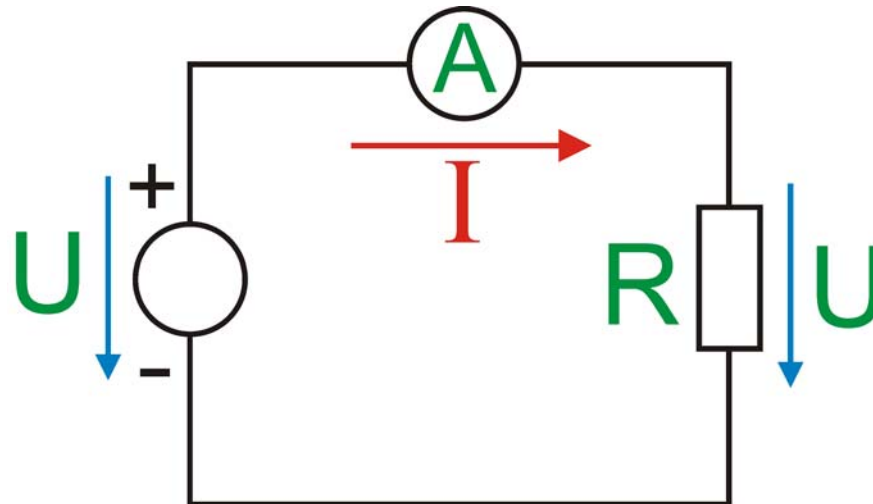
ÁRAMERŐSSÉG

Az áramerősséget **ampermérővel** mérjük.



Az ampermérő **belső** ellenállása **kicsi**,
ideális ampermérőé **nulla**.

Az ampermérőt a fogyasztóval **sorosan** kell
bekötni!



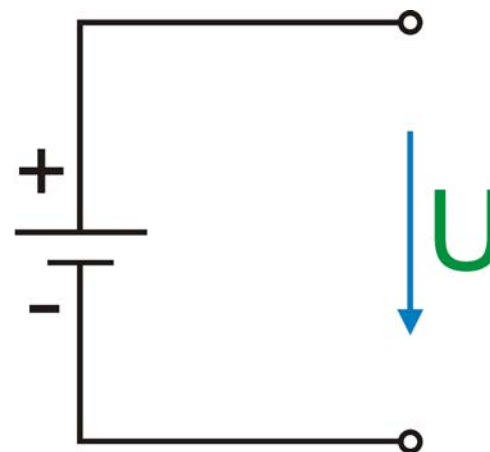
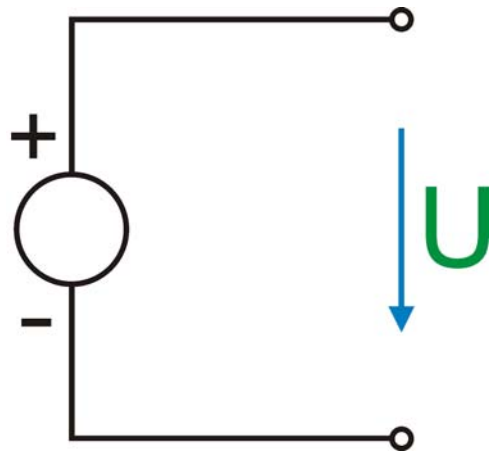
IRÁNYSZABÁLYOK

Feszültség hatására zárt áramkörben áram folyik.

a) Feszültségirány 

A feszültség nyila

a pozitív pólustól a negatív felé mutat



IRÁNYSZABÁLYOK

b) Megállapodás szerinti vagy technikai áramirány

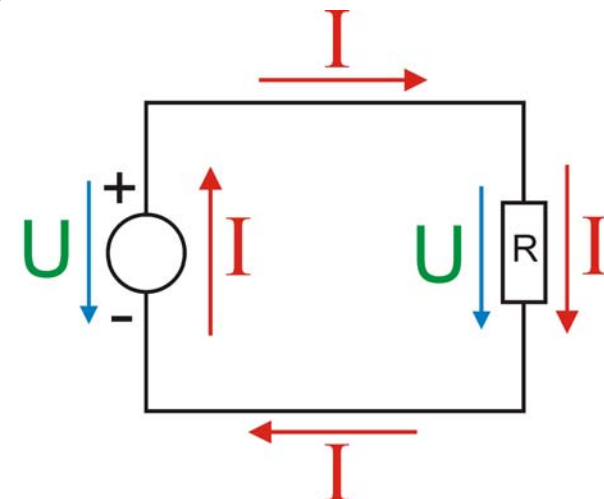


Az áramerősség nyila

A pozitív pólustól a fogyasztón keresztül a **negatív pólus** felé haladva kijelöli a pozitív töltések (képzelt) áramlásának irányát

U és I iránya:

- **fogyasztón megegyező;**
- **generátoron ellentétes.**



ELLENÁLLÁS

Az ellenállás: R [Ω]

A villamos ellenállás a testeknek az a tulajdonsága, hogy a villamos áram áthaladását anyagi minőségüktől és méreteiktől függően gátolják.

Az ellenállás jele: R

Mértékegysége: [Ω] Ohm

1 Ω az ellenállása annak a vezetőnek, amelyen 1 V feszültség 1 A áramot hajt.

VEZETŐKÉPESSÉG

A vezetőképesség: G [S]

**Az ellenállás reciprok értékét
vezetőképességnek nevezzük.**

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

A vezetőképesség jele: G

Mértékegysége: [S] siemens

$$1 \text{ S} = \frac{1}{1 \Omega}$$

OHM TÖRVÉNYE

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

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

FAJLAGOS ELLENÁLLÁS

A fajlagos ellenállás: ρ [Ωm]

Valamely anyag, 1 m hosszú (l) 1 mm² keresztmetszetű (A) darabjának 20 °C-on mért ellenállását (R) az adott anyagra villamos szempontból jellemző értéknek, fajlagos ellenállásnak (ρ) nevezzük.

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

FAJLAGOS ELLENÁLLÁS

A fajlagos ellenállás jele: ρ (ró)

Mértékegysége: [Ωm , $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$]

$$1 \Omega\text{m} = 10^6 \Omega\text{mm}^2/\text{m}.$$

Vörösrézre: $\rho_{\text{Cu}} = 0,0175 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$

Alumíniumra: $\rho_{\text{Al}} = 0,03 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$

FAJLAGOS VEZETŐKÉPESSÉG

A fajlagos vezetőképesség: γ [S/m]

Valamely anyag, 1 mm^2 keresztmetszetű (A) $20 \text{ }^\circ\text{C}$ -on 1Ω ellenállású (R) darabjának méterben mért hosszát (l) az adott anyagra villamos szempontból jellemző értéknek, fajlagos vezetőképességnek (γ) nevezzük.

A fajlagos vezetőképesség a fajlagos ellenállás reciprok értéke:

$$\gamma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{R} \frac{l}{A}$$

FAJLAGOS VEZETŐKÉPESSÉG

A fajlagos vezetőképesség jele: γ (gamma)

Mértékegysége: [S/m, S·m/mm²]

$$1 \text{ S/m} = 10^{-6} \text{ S·m/m}^2.$$

Vörösrézre: $\gamma_{\text{Cu}} = 57 \text{ S·m/mm}^2$

Alumíniumra: $\gamma_{\text{Al}} = 33 \text{ S·m/mm}^2$

VEZETÉK ELLENÁLLÁSA

A **vezeték ellenállása** függ:

- a **vezeték anyagától**,
- a **vezeték geometriai méreteitől**.

A **vezető ellenállása (R)** **egyenesen** arányos a **vezetékanyag fajlagos ellenállásával (ρ)** valamint a **vezeték hosszával (l)** és **fordítottan** arányos a **vezeték keresztmetszetével (A)**.

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad [\Omega]$$

ρ : fajlagos ellenállás [$\Omega\text{mm}^2/\text{m}$],

l : **vezeték**hossz [m],

A : keresztmetszet [mm^2]

VEZETÉK ELLENÁLLÁSA

Mintafeladat:

$$\rho_{Al} = 0,03 \Omega\text{mm}^2/\text{m}, l = 50 \text{ m}, A = 2,5 \text{ mm}^2.$$

$$R = (0,03 \cdot 50) / 2,5 = 0,6 \Omega$$

$$\rho = R \frac{A}{l} \left[\frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}} \right]$$

$$A = \rho \frac{l}{R} \left[\text{mm}^2 \right]$$

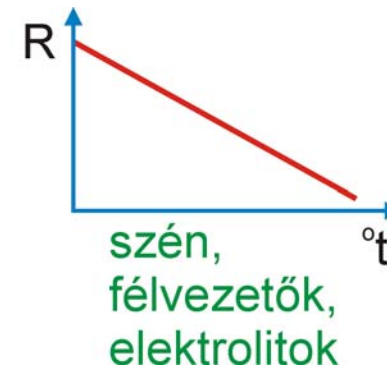
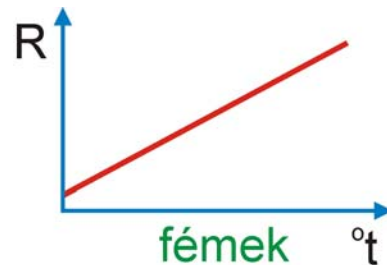
$$l = \frac{RA}{\rho} \left[\text{m} \right]$$

AZ ELLENÁLLÁS HŐMÉRSÉKLETFÜGGÉSE

Az anyagok ellenállása függ a hőmérséklettől.

A hőmérséklet emelkedésével

- a **fémek** ellenállása növekszik (α pozitív);
- a **szén, a félvezetők és az elektrolitok** ellenállása csökken (α negatív).



A HŐMÉRSÉKLETI TÉNYEZŐ (HŐFOKTÉNYEZŐ)

A hőmérsékleti tényező
(hőfoktényező) **jele:** α (alfa) **[1/°C]**

A hőmérsékleti tényező megadja, hogy
valamely anyag **1 Ω** ellenállású darabjának
hány ohmmal változik meg az ellenállása, ha
hőmérsékletét **20 °C-ról 21 °C-ra** növeljük.

(A hőmérsékleti tényezőt általában 20 °C-ra
adják meg.)

$$\alpha_{Cu} = 0,0038 \text{ 1/}^\circ\text{C}, \alpha_{Al} = 0,004 \text{ 1/}^\circ\text{C},$$

$$\alpha_C = - 0,0004 \text{ 1/}^\circ\text{C}.$$

A MELEGELLENÁLLÁS ÉS SZÁMÍTÁSA

R' : melegellenállás (ellenállás **20 °C**-tól eltérő hőmérsékleten);

R₂₀ : ellenállás **20 °C**- on;

α : hőfoktényező **20 °C**-ra vonatkoztatva.

°t : a **20 °C**-tól eltérő hőmérséklet.

Δ°t = $t_1 - t_2 = °t - 20$: hőmérsékletváltozás **20 °C**-hoz képest.

ΔR = $R' - R_{20} = RαΔ°t$: ellenállásváltozás **R₂₀**-hoz képest.

A MELEGELLENÁLLÁS ÉS SZÁMÍTÁSA

$$R' = R_{20} + \Delta R$$

$$R' = R_{20} + R_{20}\alpha\Delta^{\circ}t$$

$$R' = R_{20} + R_{20}\alpha(^{\circ}t - 20) \quad [\Omega]$$

$$R' = R_{20}(1 + \alpha\Delta^{\circ}t)$$

$^{\circ}t$ számítása:

$$^{\circ}t = \frac{R' - R_{20}}{R_{20}\alpha} + 20 \quad [^{\circ}C]$$

A VILLAMOS MUNKA

A villamos energia a fogyasztóban más energiává alakul át és így villamos motorokat hajt, hőt fejleszt, világít, stb.

A villamos munkát a villamos mező feszültsége hozza létre a töltések mozgatásával.

$$U = \frac{W}{Q} \quad \rightarrow \quad W = Q \cdot U \quad \text{és}$$

$$I = \frac{Q}{t} \quad \rightarrow \quad Q = I \cdot t$$

A VILLAMOS MUNKA

$$W = U \cdot I \cdot t = P \cdot t \quad [J = W \cdot s] \text{ joule}$$

$$3600 \text{ W}\cdot\text{s} = 1 \text{ W}\cdot\text{h} \text{ és } 1000 \text{ W}\cdot\text{h} = 1 \text{ kW}\cdot\text{h}$$

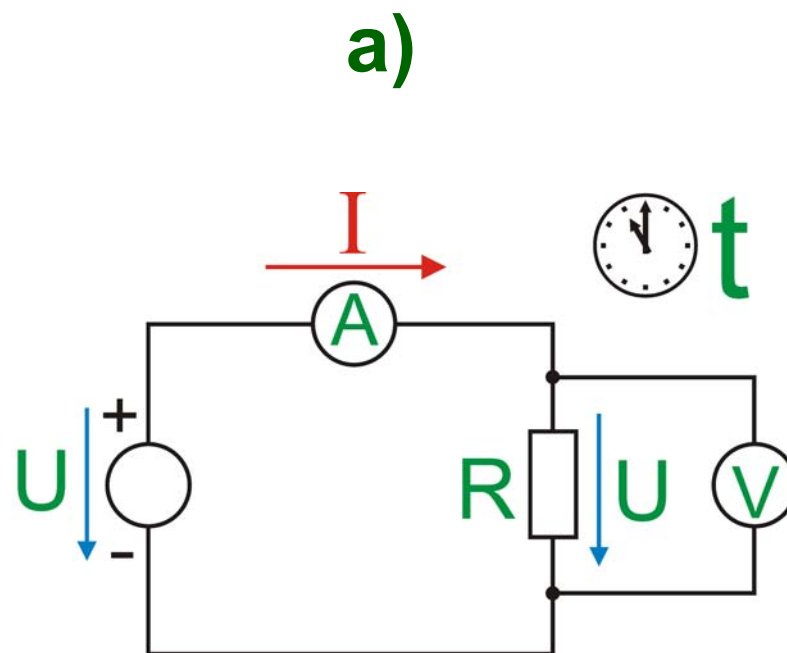
A villamos munka egyenesen arányos a feszültséggel, az áramerősséggel és az áram áthaladásának idejével.

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

A VILLAMOS MUNKA

Meghatározása:

- a) **U**, **I**, és **t** mérésével;
- b) **I**, **R** és **t** mérésével;
- c) **U**, **R** és **t** mérésével;
- d) **P** és **t** mérésével
- e) **fogyasztásmérővel**.



A VILLAMOS TELJESÍTMÉNY

A villamos teljesítmény egyenlő az időegység alatt végzett villamos munkával.

A villamos teljesítmény egyenesen arányos a feszültséggel és az áramerősséggel.

$$P = U \cdot I = I^2 R = \frac{U^2}{R} = \frac{W}{t} \quad [W] \quad \text{watt}$$

1000 W = 1 kW és 1000 kW = 1 MW

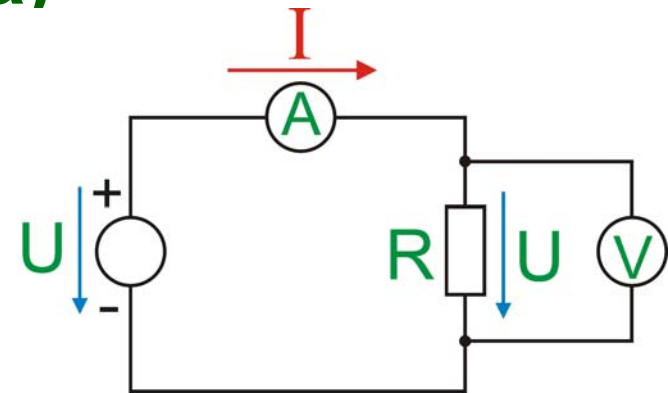
1 W annak a villamos berendezésnek a teljesítménye, amelyikben 1 V feszültség 1 A áramerősséget hajt keresztül.

A VILLAMOS TELJESÍTMÉNY

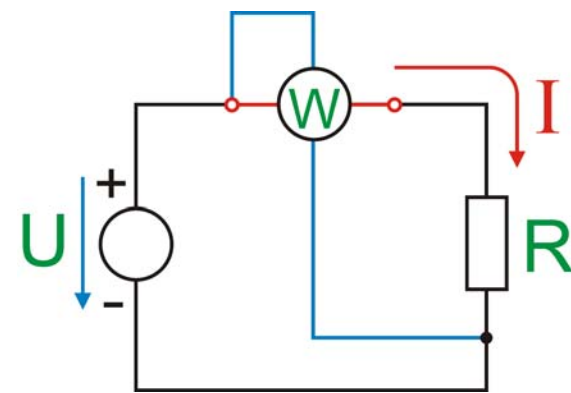
Meghatározása:

- a) **U** és **I** mérésével;
- b) **I** és **R** mérésével;
- c) **U** és **R** mérésével;
- d) **W** és **t** mérésével
- e) **wattmérővel**.

a)

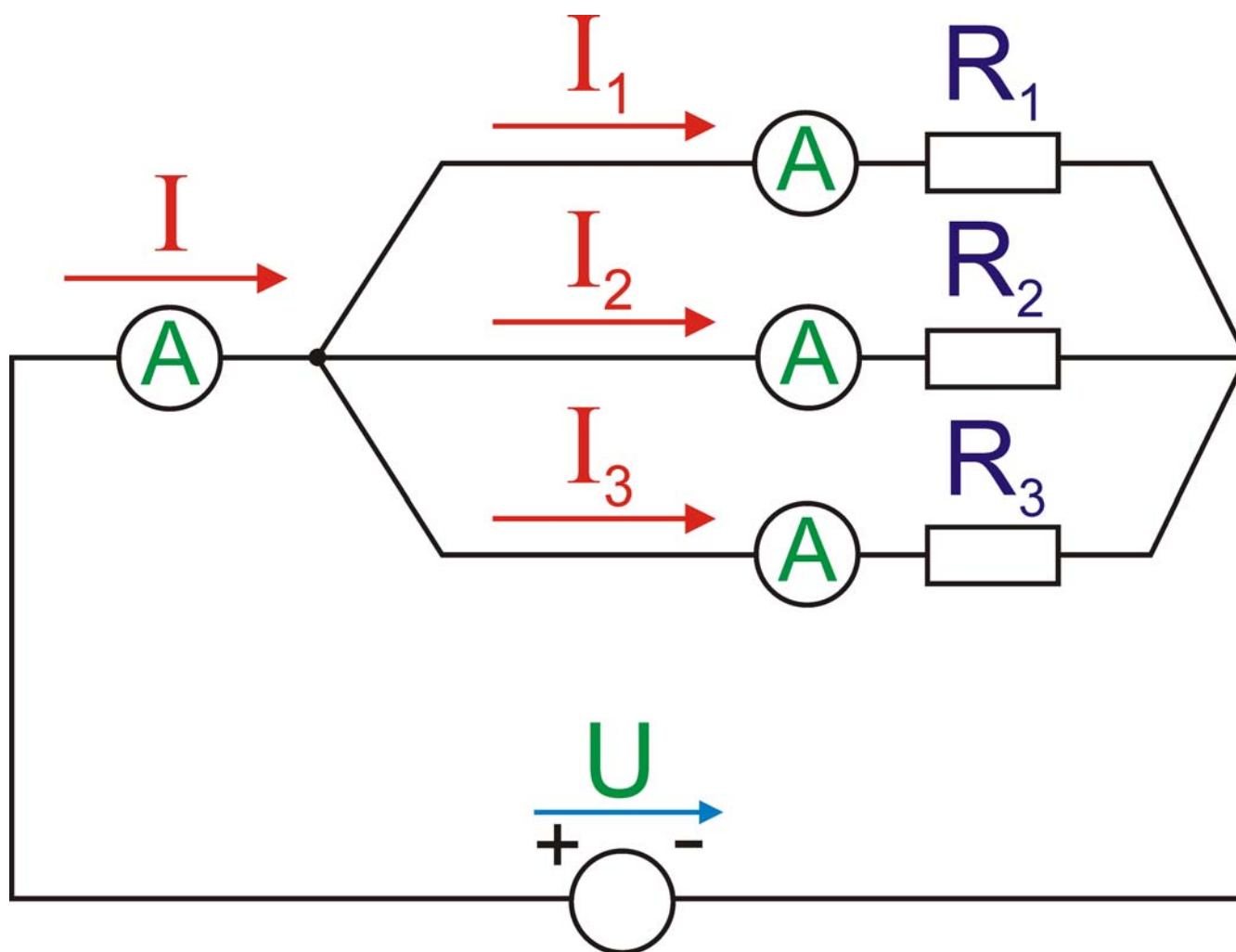


e)



KIRCHHOFF I. TÖRVÉNYE

CSOMÓPONTI TÖRVÉNY



KIRCHHOFF I. TÖRVÉNYE

CSOMÓPONTI TÖRVÉNY

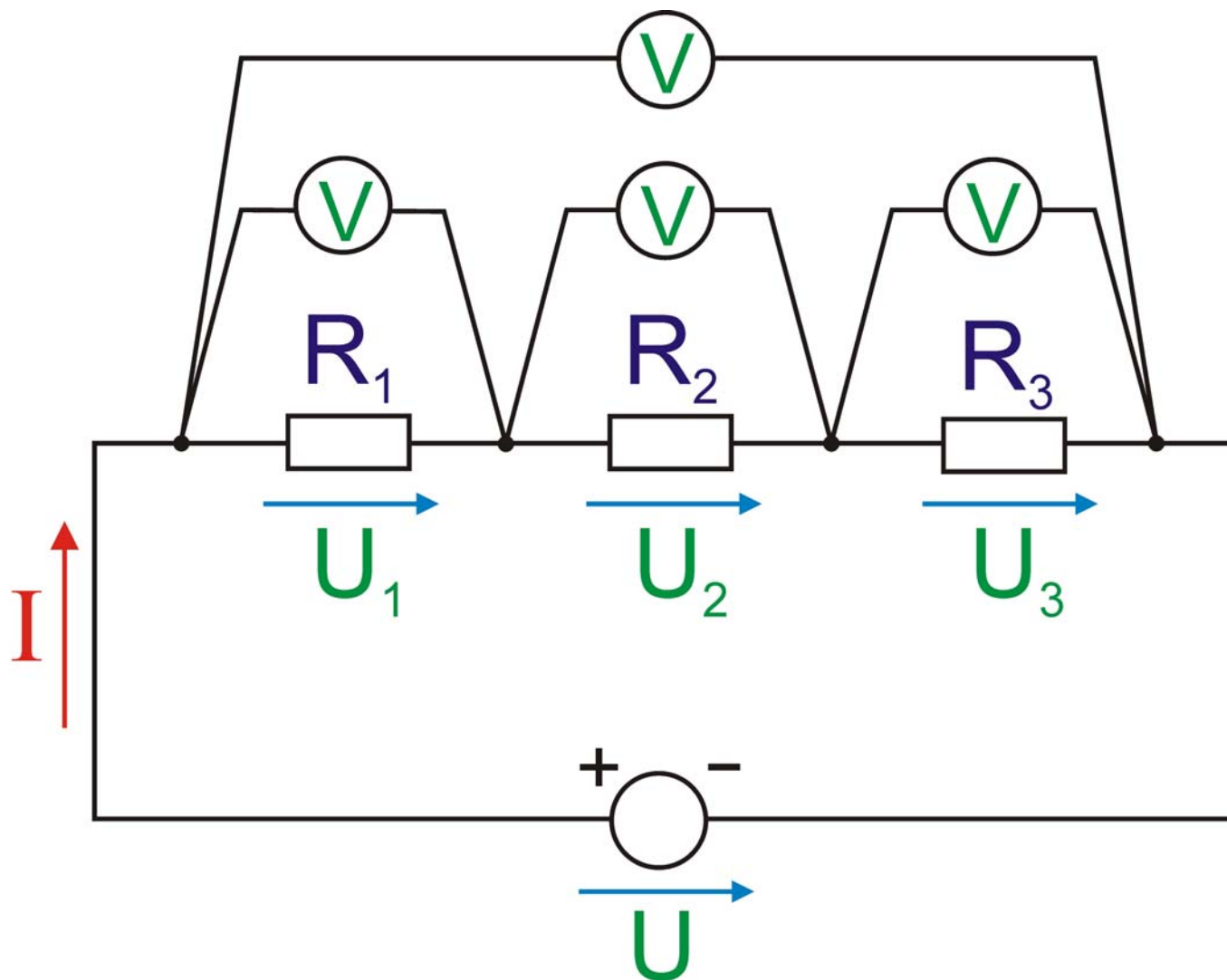
Áramelágazás esetén a csomópontba befolyó áramok összege egyenlő a csomópontból kifolyó áramok összegével.

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

párhuzamos kapcsolás

KIRCHHOFF II. TÖRVÉNYE

HUROKTÖRVÉNY



KIRCHHOFF II. TÖRVÉNYE

HUOKTÖRVÉNY

Zárt áramkörben az áramot fenntartó feszültség egyenlő az ellenállásokon eső feszültségek összegével.

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

soros kapcsolás

ELLENÁLLÁSOK PÁRHUZAMOS KAPCSOLÁSA ÉS EREDŐJE

Párhuzamos kapcsolás esetén az eredő ellenállást megkapjuk, ha a részellenállások reciprok értékeit összeadjuk és az így kapott eredmény reciprokát **vesszük**.

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \rightarrow \frac{U}{R_e} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \rightarrow R_e = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

ELLENÁLLÁSOK PÁRHUZAMOS KAPCSOLÁSA ÉS EREDŐJE

Csak két ellenállás esetén:

$$R_e = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

n darab azonos értékű R esetén:

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

ELLENÁLLÁSOK SOROS KAPCSOLÁSA ÉS EREDŐJE

Soros kapcsolás esetén az eredő ellenállást megkapjuk, ha a részellenállásokat összeadjuk.

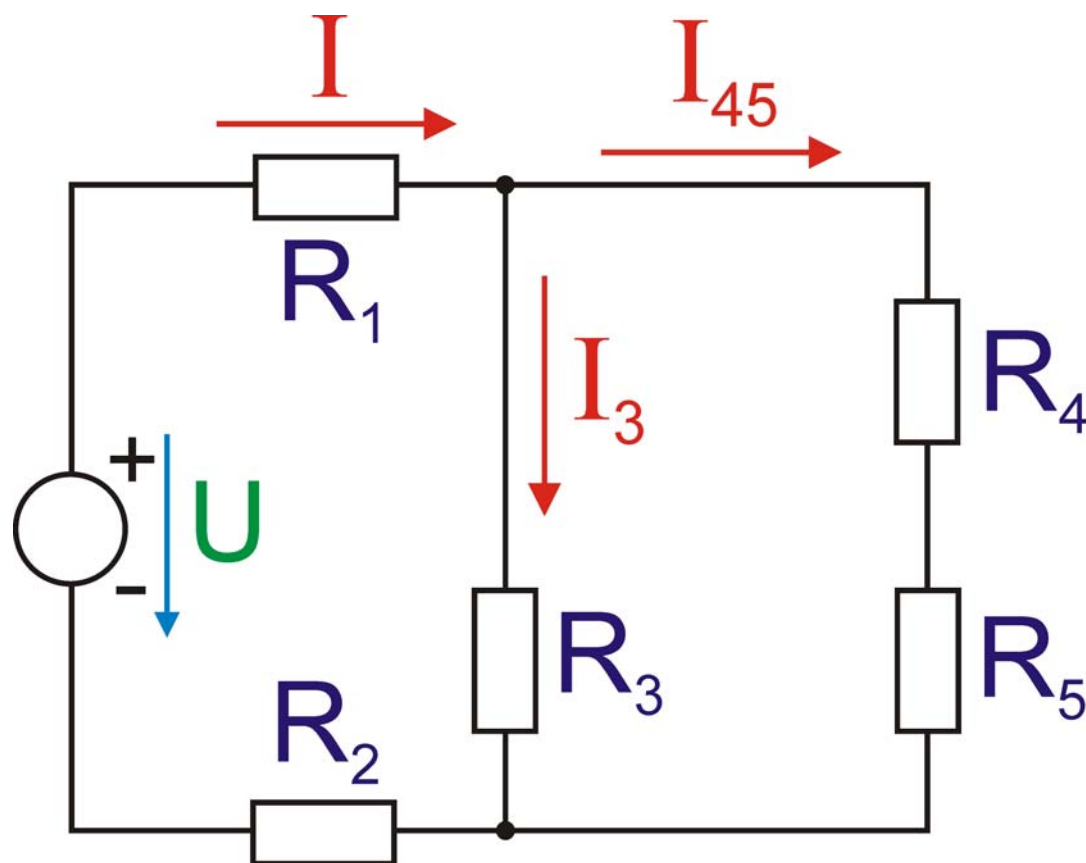
$$U = U_1 + U_2 + U_3 \rightarrow IR_e = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

n darab azonos értékű R esetén:

$$R_e = n \cdot R$$

ELLENÁLLÁSOK VEGYES KAPCSOLÁSA ÉS EREDŐJE

Vegyes kapcsolás esetén az eredő ellenállást több lépésben a soros és párhuzamos eredő szabályai szerint határozzuk meg.



ELLENÁLLÁSOK VEGYES KAPCSOLÁSA ÉS EREDŐJE

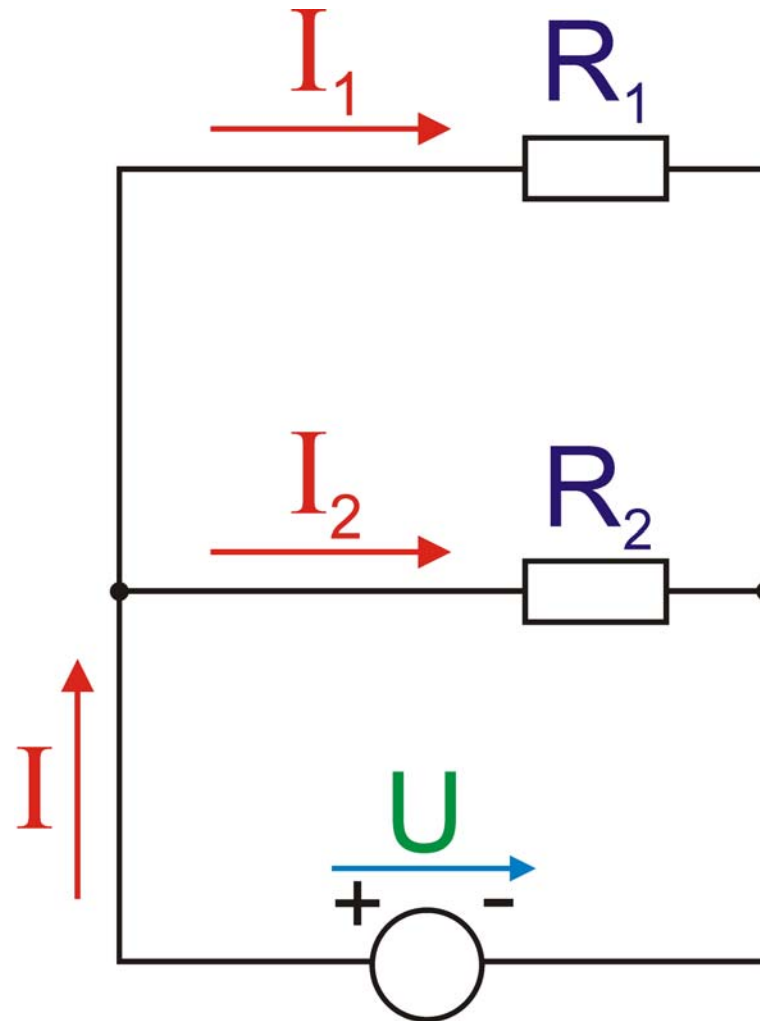
$$R_{45} = R_4 + R_5 ,$$

$$\frac{1}{R_{345}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_{45}} , \quad R_{345} = \frac{R_3 R_{45}}{R_3 + R_{45}}$$

$$R_{12345} = R_1 + R_{345} + R_2 ,$$

$$R_e = R_{12345} = R_1 + R_2 + \frac{R_3 (R_4 + R_5)}{R_3 + R_4 + R_5}$$

AZ ÁRAMOSZTÁS TÖRVÉNYE



AZ ÁRAMOSZTÁS TÖRVÉNYE

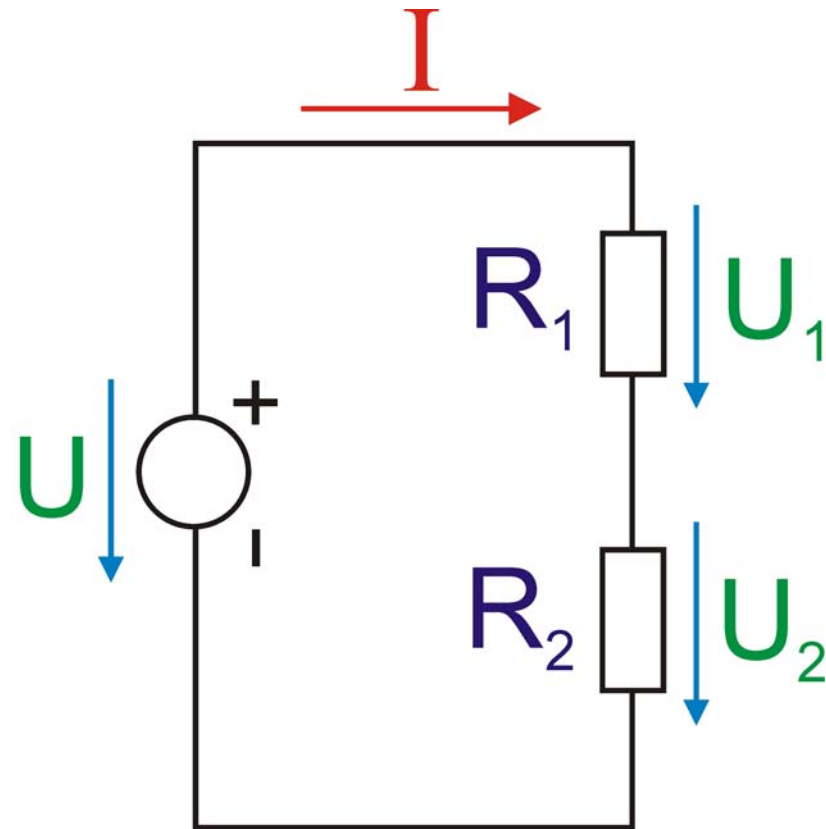
Párhuzamosan kapcsolt ellenállásokon azonos a feszültség:

$$\left. \begin{array}{l} U = I_1 R_1 \\ U = I_2 R_2 \end{array} \right\} \Rightarrow I_1 R_1 = I_2 R_2$$

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

Párhuzamos kapcsolás esetén az ellenállások értékei fordítottan arányosak a rajtuk folyó áramerősségekkel.

A FESZÜLTÉGOSZTÁS TÖRVÉNYE



A FESZÜLTÉGOSZTÁS TÖRVÉNYE

Sorosan kapcsolt ellenállásokon azonos az áramerősség:

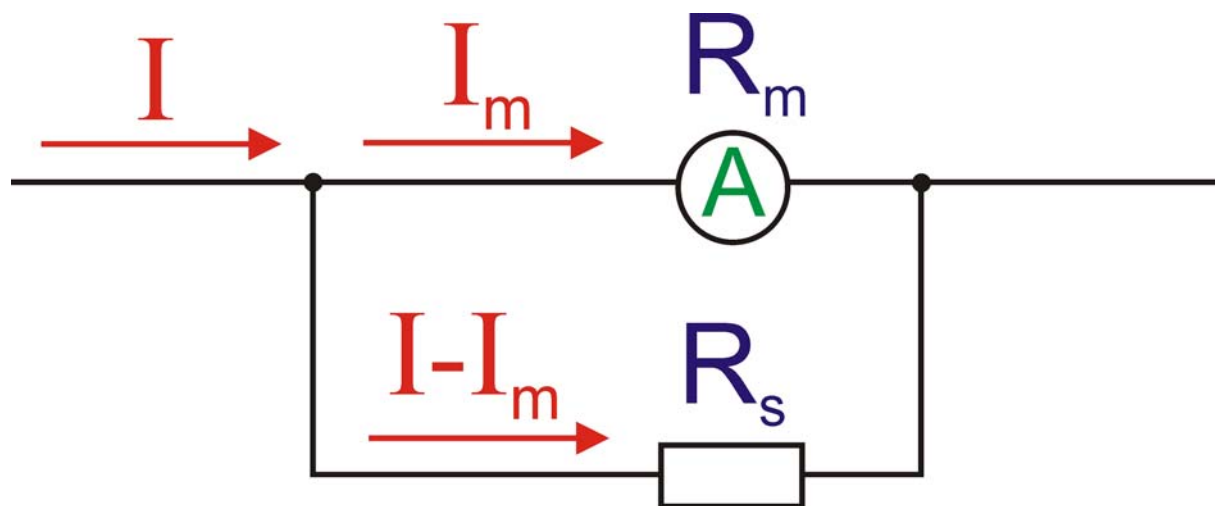
$$\left. \begin{array}{l} I = \frac{U_1}{R_1} \\ I = \frac{U_2}{R_2} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} \quad \boxed{\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}}$$

Soros kapcsolás esetén az ellenállások értékei egyenesen arányosak a rajtuk eső feszültségekkel.

AZ AMPERMÉRŐ MÉRÉSHATÁRBŐVÍTÉSE

Az ampermérő méréshatárát a műszerrel párhuzamosan kapcsolt R_s söntellenállással lehet bővíteni.

R_m a műszer belső ellenállása.



AZ AMPERMÉRŐ MÉRÉSHATÁRBŐVÍTÉSE

$$\frac{R_s}{R_m} = \frac{I_m}{I - I_m} \rightarrow R_s = R_m \frac{I_m}{I - I_m}$$

vagy

$$R_s = \frac{R_m}{\frac{I - I_m}{I_m}} = \frac{R_m}{\frac{I}{I_m} - 1} \rightarrow R_s = \frac{R_m}{n - 1}$$

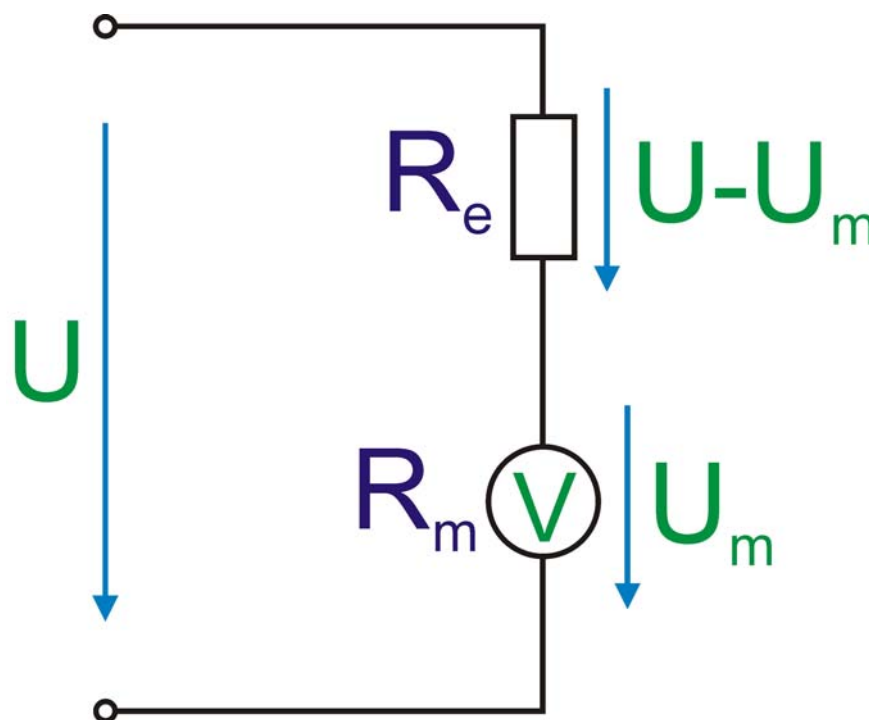
ahol

$$n = \frac{I}{I_m}$$

A VOLTMÉRŐ MÉRÉSHATÁRBŐVÍTÉSE

A **voltmérő méréshatárát** a műszerrel sorosan kapcsolt **R_e** előtétellenállással lehet bővíteni.

R_m a műszer belső ellenállása.



AZ VOLTMÉRŐ MÉRÉSHATÁRBŐVÍTÉSE

$$\frac{R_e}{R_m} = \frac{U_e}{U_m} \rightarrow R_e = R_m \frac{U - U_m}{U_m}$$

vagy

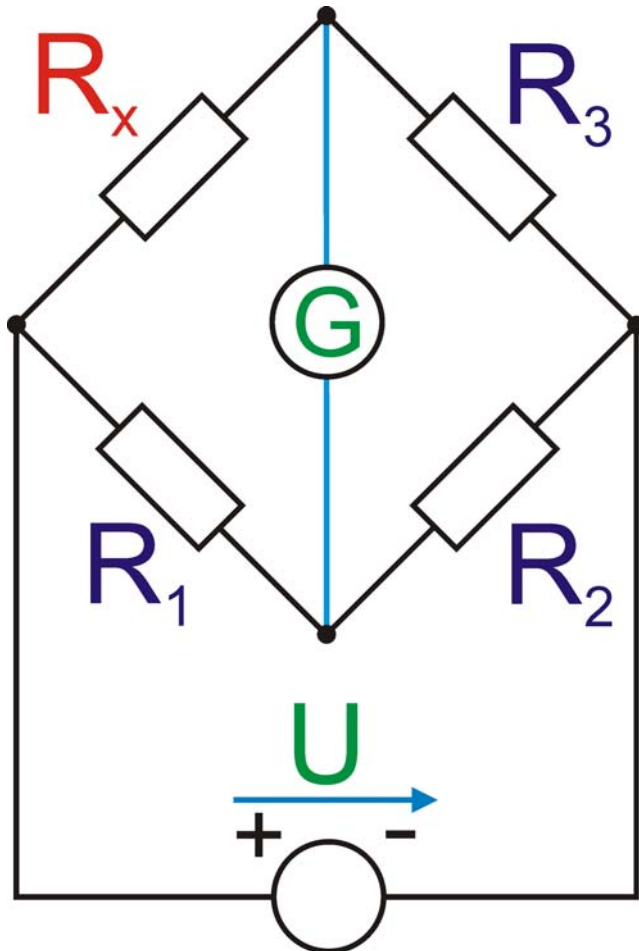
$$R_e = \frac{U - U_m}{U_m} R_m = \left(\frac{U}{U_m} - 1 \right) R_m \rightarrow$$

$$R_e = (n - 1) R_m$$

ahol $n = \frac{U}{U_m}$

A WHEATSTONE-HÍD

A Wheatstone-hidat ismeretlen ellenállás értékének meghatározására használjuk.



R_x : ismeretlen értékű ellenállás

R_1, R_2, R_3 : ismert változtatható értékű ellenállások

G : galvanométer (nagy érzékenységű árammérő műszer)

A WHEATSTONE-HÍD

A változtatható ellenállásokat úgy szabályozzuk, hogy a galvanométer **nullát** mutasson. Ilyenkor a híd ki van egyenlítve (hídegyensúly).

A hídegyensúly feltétele:

$$\frac{R_x}{R_3} = \frac{R_1}{R_2} \rightarrow R_x R_2 = R_1 R_3$$

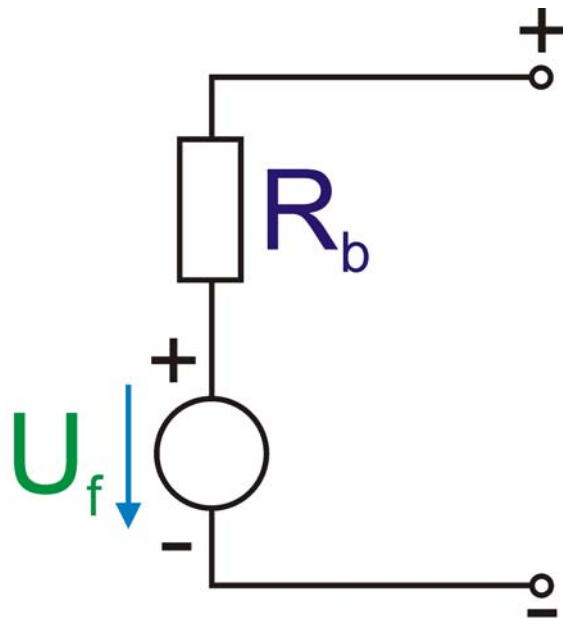
A híd ki van egyenlítve, ha az egymással szemközti ellenállások szorzatai egyenlők:

$$R_x R_2 = R_1 R_3 \rightarrow R_x = \frac{R_1 R_3}{R_2}$$

A VALÓSÁGOS ENERGIAFORRÁS

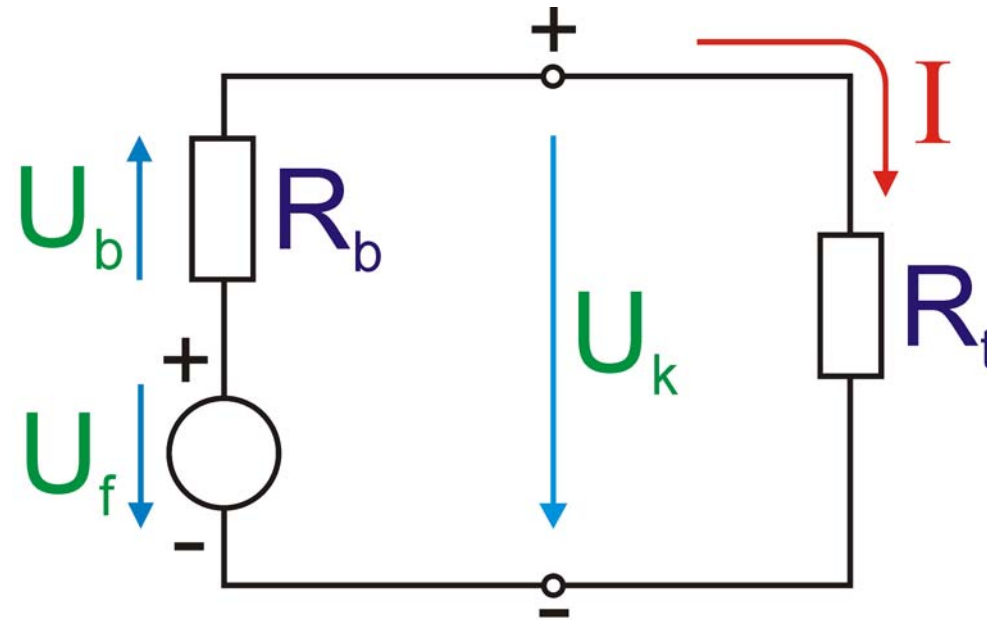
Minden valóságos energiaforrásnak van belső ellenállása: R_b .

A valóságos energiaforrás modellezhető egy ideális feszültséggenerátorral és egy vele sorba kapcsolt ellenállással (R_b).



U_f : forrásfeszültség

A TELJES ÁRAMKÖR



U_f : forrásfeszültség

U_k : kapocsfeszültség ($U_k = IR_t = U_f - U_b$)

R_t : terhelő ellenállás

OHM TÖRVÉNYE A TELJES ÁRAMKÖRRE

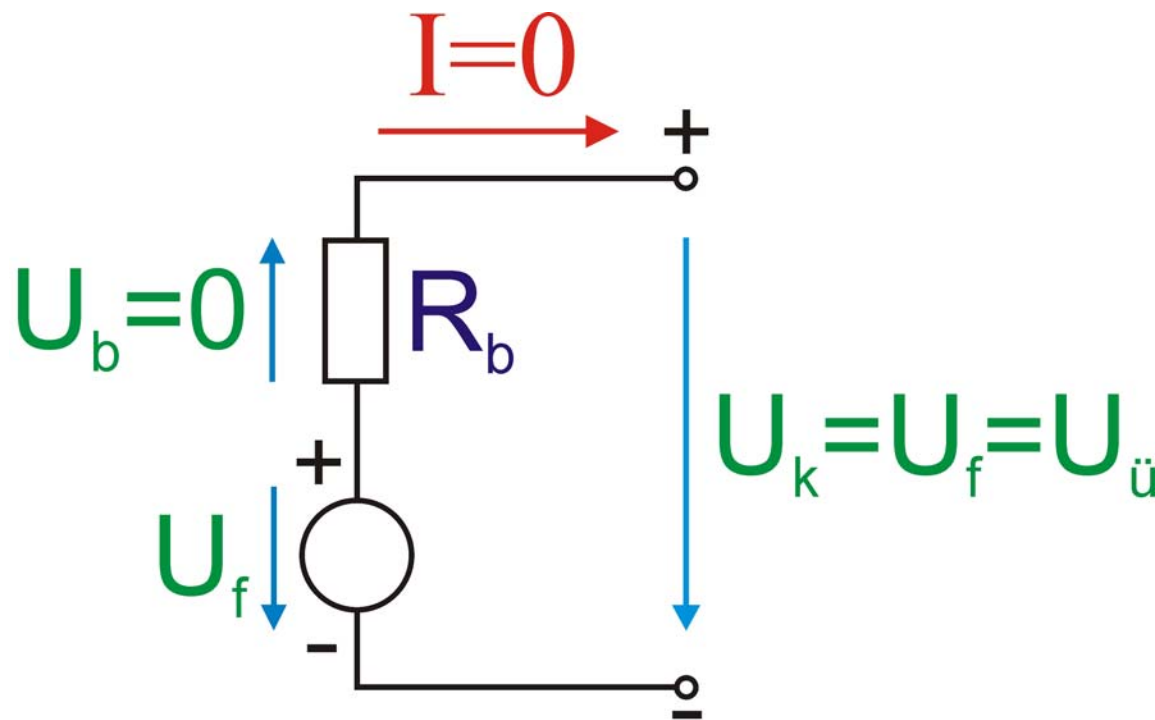
$$\left. \begin{aligned} U_f &= U_k + U_b = IR_t + IR_b \\ U_f &= I(R_t + R_b) \end{aligned} \right\} \rightarrow$$

$$I = \frac{U_f}{R_t + R_b}$$

TERHELÉSI ÁLLAPOTOK

ÜRESJÁRÁS

Az energiaforrás terheletlen, ha kapcsolai nyitottak.

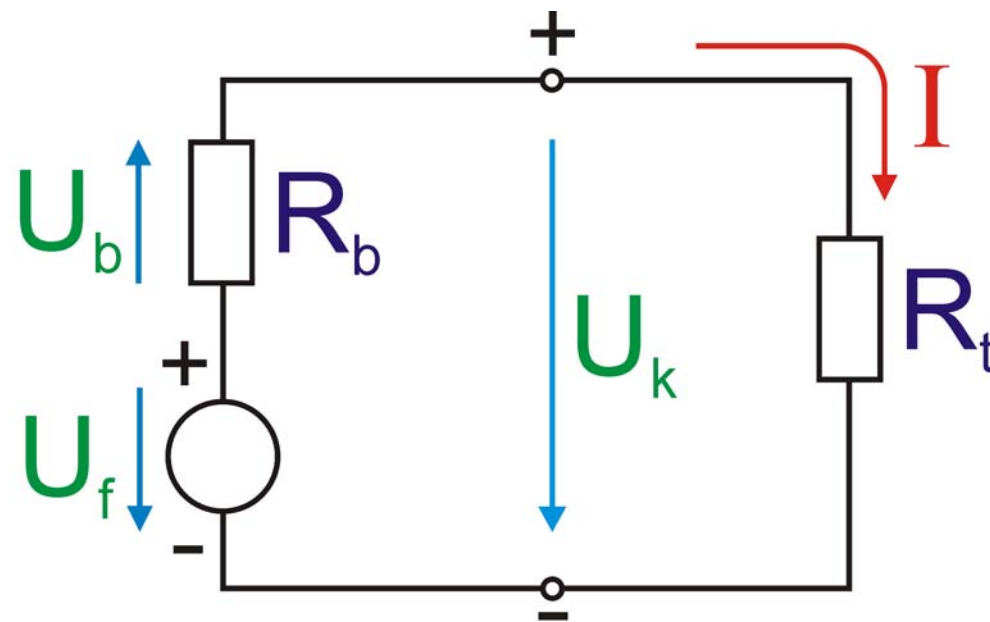


$U_{\ddot{u}}$: üresjárási feszültség

TERHELÉSI ÁLLAPOTOK

ÜZEMI TERHELÉS

Az energiaforrás **terhelve** van, ha **kapcsai közé fogyasztó van kötve.**



TERHELÉSI ÁLLAPOTOK

ÜZEMI TERHELÉS

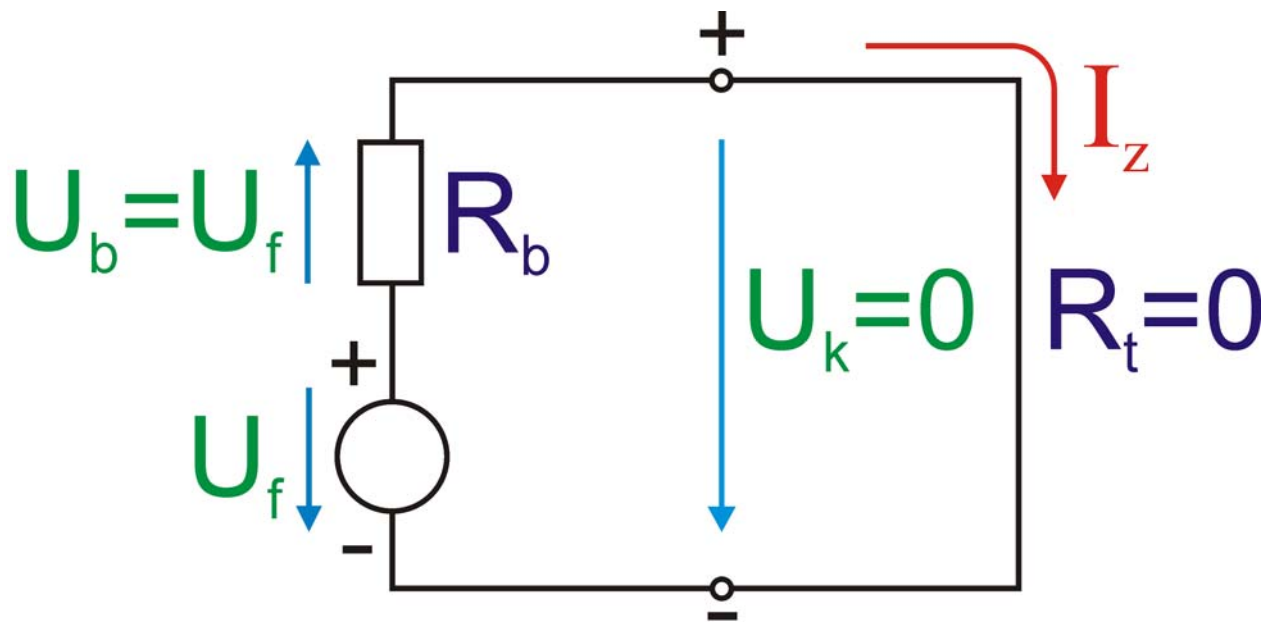
$$I = \frac{U_f}{R_t + R_b}; \quad I = \frac{U_b}{R_b}; \quad I = \frac{U_k}{R_t}$$

$$R_b = \frac{U_f - U_k}{I}; \quad U_f = U_{\ddot{u}} = U_b + U_k$$

TERHELÉSI ÁLLAPOTOK

RÖVIDZÁRÁS

Az energiaforrás rövidre van zárva, ha kapcsai közé elhanyagolható ellenállású vezető van kötve.



TERHELÉSI ÁLLAPOTOK

RÖVIDZÁRÁS

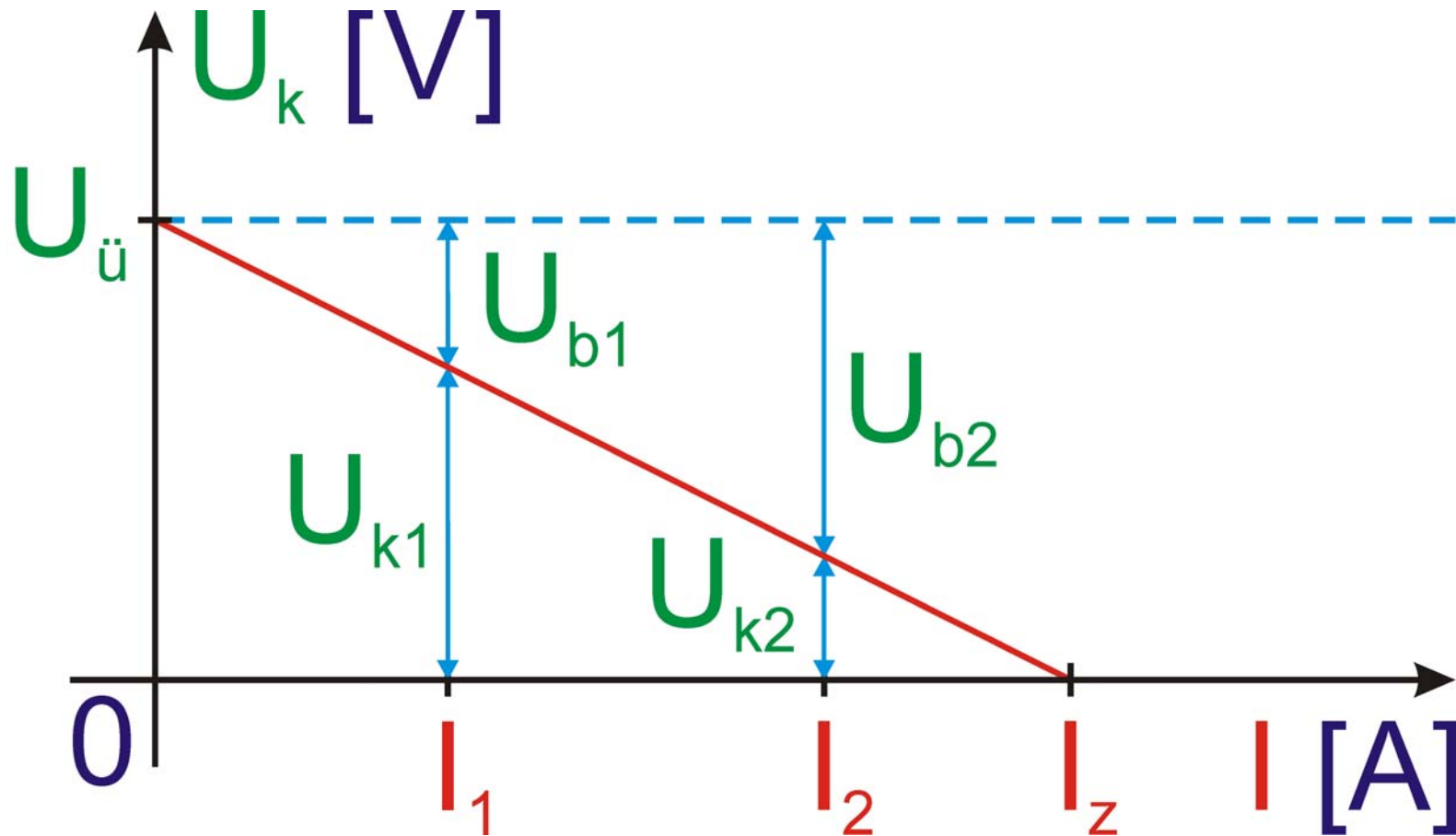
I_z : zárlati áram (a legnagyobb áram a körben)

A zárlati áram **romboló hatású, ezért veszélyes!**

$$I_z = \frac{U_f}{R_b}$$

A KAPOCSFESZÜLTSG VÁLTOZÁSA

a terhelő áram függvényében



A KAPOCSFESZÜLTSG VÁLTOZÁSA

a terhelő áram függvényében

A háromszögek hasonlósága alapján felírható:

$$\frac{U_{k1}}{U_{k2}} = \frac{I_z - I_1}{I_z - I_2} \rightarrow$$

$$I_z = \frac{U_{k1} I_2 - U_{k2} I_1}{U_{k1} - U_{k2}}$$

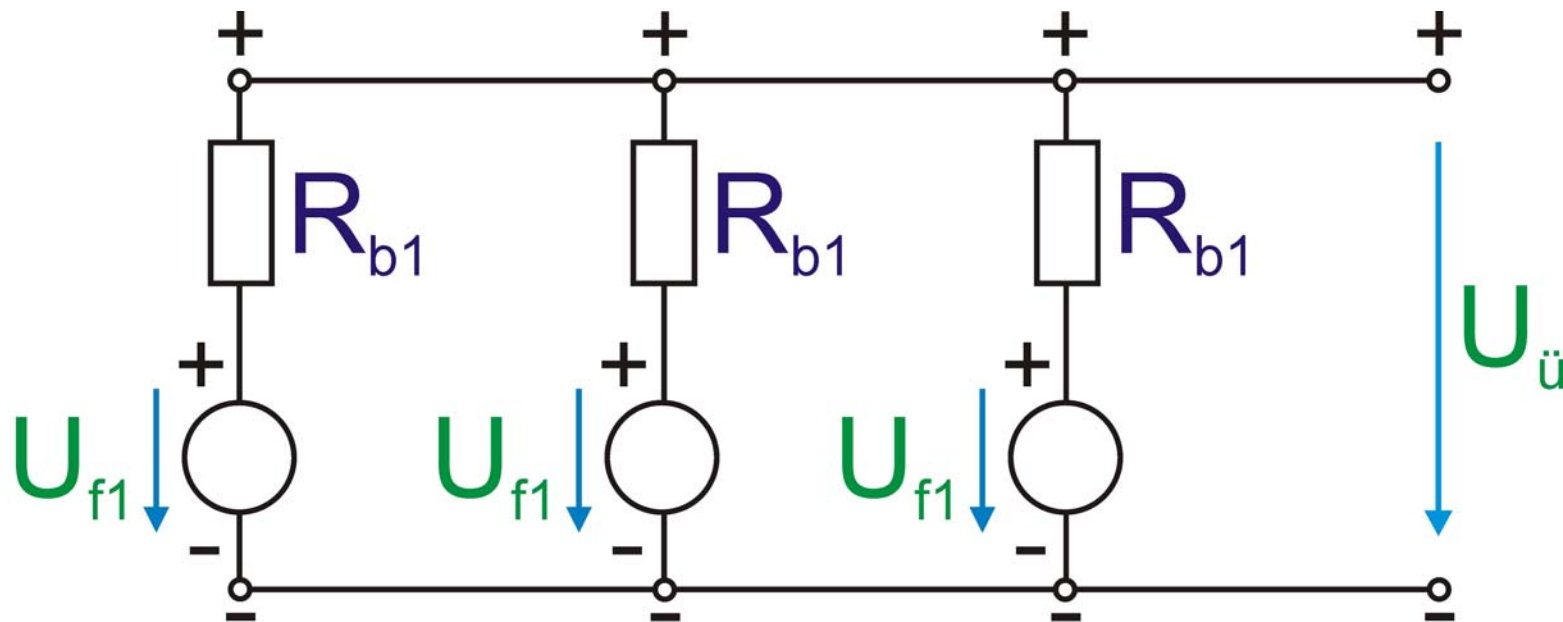
$$\frac{U_{\ddot{u}}}{U_{k1}} = \frac{I_z}{I_z - I_1} \rightarrow$$

$$U_{\ddot{u}} = \frac{U_{k1} I_z}{I_z - I_1}$$

$$R_b = \frac{U_{\ddot{u}}}{I_z}$$

ENERGIAFORRÁSOK PÁRHUZAMOS KAPCSOLÁSA

Energiaforrásokat akkor kapcsolunk párhuzamosan, ha a szükséges áramerősség nagyobb, mint energiaforrás legnagyobb megengedett áramerőssége.



ENERGIAFORRÁSOK PÁRHUZAMOS KAPCSOLÁSA

Csak azonos feszültségű és **belső ellenállású** energiaforrásokat **célszerű párhuzamosan** kapcsolni!

Párhuzamos kapcsolás esetén az **eredő**

- **üresjárási feszültség:**

$$U_{\ddot{u}} = U_{f1}$$

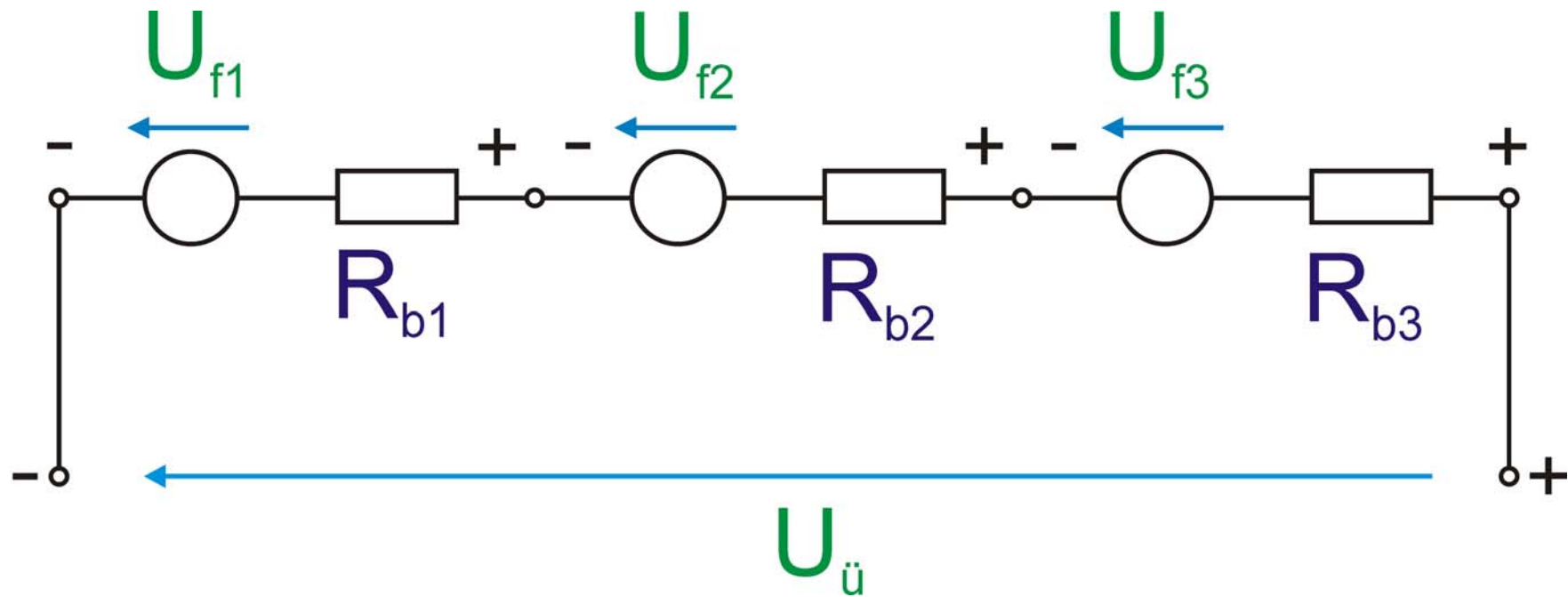
- **belső ellenállás:**

$$R_{be} = \frac{R_{b1}}{n},$$

ahol **n** az energiaforrások darabszáma.

ENERGIAFORRÁSOK SOROS KAPCSOLÁSA

Energiaforrásokat akkor kapcsolunk sorosan, ha a szükséges feszültség nagyobb, mint egy energiaforrás feszültsége.



ENERGIAFORRÁSOK SOROS KAPCSOLÁSA

Soros kapcsolás esetén az eredő

- **üresjárási feszültség:**

$$U_{\ddot{u}} = U_{f1} + U_{f2} + U_{f3}$$

- **belső ellenállás:**

$$R_{be} = R_{b1} + R_{b2} + R_{b3}$$

$$R_{be} = n R_{b1} ,$$

n azonos **belső ellenállású** **energiaforrások** esetén.

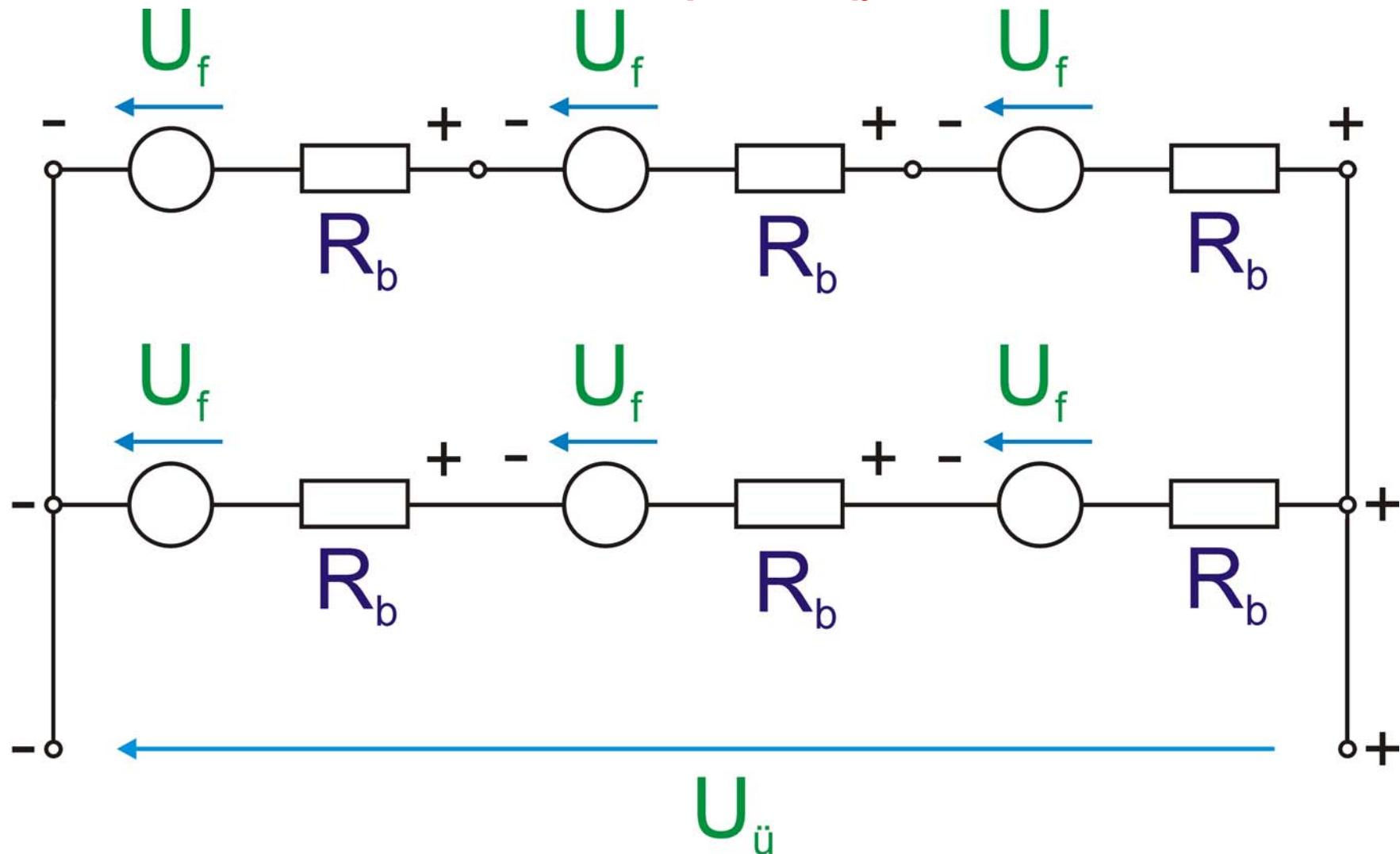
ENERGIAFORRÁSOK VEGYES KAPCSOLÁSA

Energiaforrásokat akkor kapcsolunk **vegyesen**, ha a szükséges feszültség is és az áramerősség is **nagyobb**, mint egy energiaforrás feszültsége, illetve **legnagyobb megengedett áramerőssége**.

Vegyes kapcsolás esetén a helyettesítő (eredő) energiaforrás üresjárási feszültségét ($U_{\bar{u}}$) és belső ellenállását (R_{be}) több lépésben, a soros és a párhuzamos eredő szabályai szerint határozzuk meg.

ENERGIAFORRÁSOK VEGYES KAPCSOLÁSA

Például megegyező U_f és R_b esetén



ENERGIAFORRÁSOK VEGYES KAPCSOLÁSA

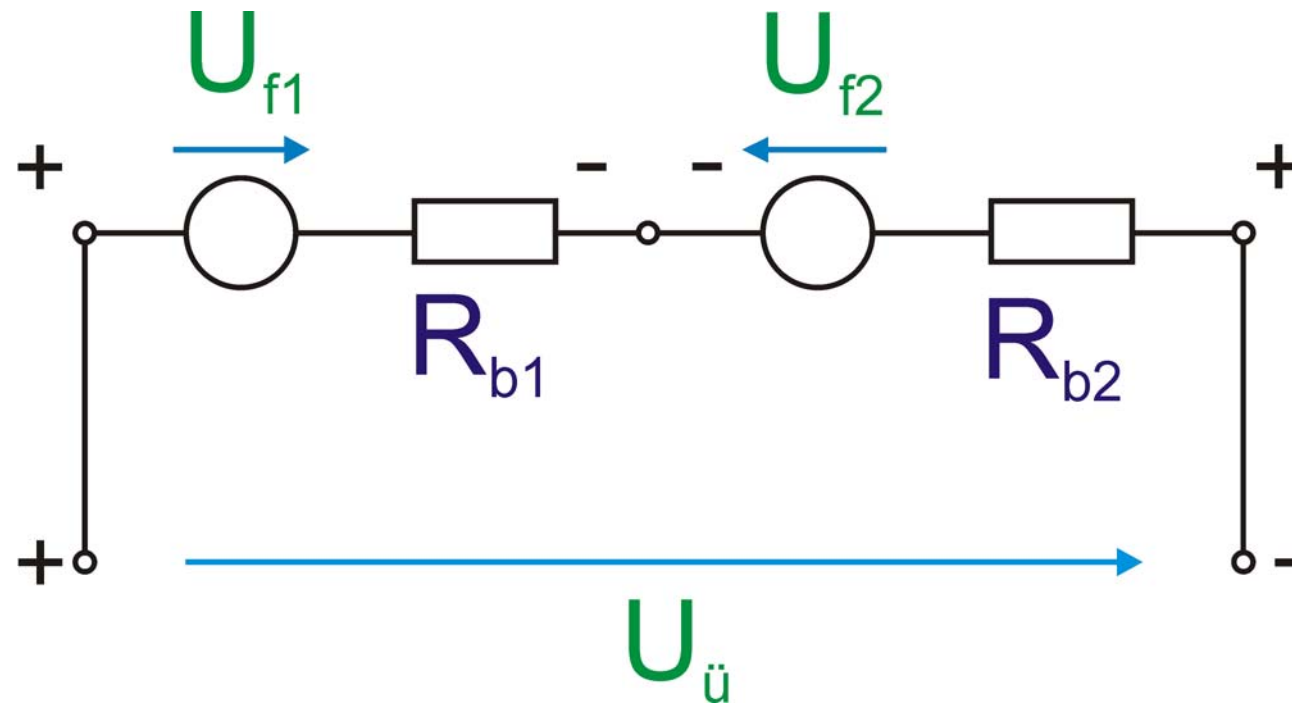
A felső, illetve az alsó soros energiaforrás kapcsolásra felírhatjuk:

$$\left. \begin{array}{l} U_{fe} = 3U_f; \quad R_{bs} = 3R_b \\ U_{fe} = 3U_f; \quad R_{bs} = 3R_b \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\begin{array}{l} U_{\ddot{u}} = 3U_f \\ R_{be} = \frac{3}{2}R_b \end{array}$$

ENERGIAFORRÁSOK SZEMBEKAPCSOLÁSA

$U_{\ddot{u}}$ iránya megegyezik a nagyobb U_f irányával
(itt $U_{f1} > U_{f2}$)



$$U_{\ddot{u}} = |U_{f1} - U_{f2}|$$

$$R_{be} = R_{b1} + R_{b2}$$

A HATÁSFOK

A villamos gépek és készülékek energiát alakítanak át. Az energiaátalakítás során a bevezetett energia egy része mindig olyan energiává (elsősorban hőenergiává) alakul át, amely nem hasznosítható. Ezt veszteségi energiának (veszteségnek) nevezzük.

- Bevezetett energia (teljesítmény): W_b (P_b)
- Hasznosított energia (teljesítmény): W_h (P_h)
- Veszteségi energia (teljesítmény): W_v (P_v)

$$W_h = W_b - W_v$$

A HATÁSFOK

A hatásfok: η (éta)

A **hatásfok** az a szám, amely megmutatja, hogy a bevezetett energia hányadrészét hasznosíthatjuk.

A **hatásfok** mindig kisebb 1-nél, illetve 100%-nál.

$$\eta = \frac{W_h}{W_b} \quad \text{ill.} \quad \eta = \frac{P_h}{P_b}$$

százalékban:

$$\eta = \frac{W_h}{W_b} \cdot 100\% \quad \text{ill.} \quad \eta = \frac{P_h}{P_b} \cdot 100\%$$

A VILLAMOS ÁRAM HŐHATÁSA

A villamos áram **melegíti** a **vezetékeket**. A **villamos energia (W)** **hőenergiává (Q)** alakul.

Joule törvénye:

A villamos energia **átalakulása során keletkezett hőenergia egyenesen arányos az áramerősség négyzetével, a vezető ellenállásával és az áram áthaladásának idejével.**

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

J (Joule)

1 J \approx 0,24 cal (kalória)

1 cal \approx 4,2 J

A HŐÁTADÁS HATÁSFOKA

A villamos hőfejlesztő berendezések hőátadása során a keletkezett hőenergia egy része veszteség. (Ezért $\eta < 100\%$)

A bevezetett villamos energia: $W_b = UIt = Pt$

A hasznosított hőenergia: $Q_h = mc\Delta^o t$

A hőátadás hatásfoka: $\eta = \frac{Q_h}{W_b}$

A VEZETÉKEK TERHELHETŐSÉGE

Az állandó áramerősséggel terhelt vezetékben bizonyos idő eltelte után ugyanannyi hő keletkezik, mint amennyit a környezetnek átad: hőegyensúlyi állapot következik be.

A hőátadás körülményeitől és a vezető felületétől függ, hogy a hőegyensúlyi állapot milyen hőmérsékleten következik be.

A VEZETÉKEK TERHELHETŐSÉGE

Olyan keresztmetszetű vezeték kell alkalmazni, hogy az a várható legnagyobb terhelés esetén **se melegedjék** a szigetelésre káros, vagy **tűzbiztonság szempontjából** a környezetre veszélyes hőmérsékletre.

A szabványos keresztmetszetű vezetékek megengedett terhelhetőségét táblázat tartalmazza.

A VEZETÉKEK TERHELHETŐSÉGE

Az áramerősség: J (A/mm²)

**A vezetékek egységnyi (1 mm²) keresztmet-
szetére jutó áramerősséget áramsűrűségnek
nevezzük.**

$$J = \frac{I}{A} \quad [\text{A/mm}^2]$$

A: keresztmetszet (mm²)

A VEZETÉKEK TERHELHETŐSÉGE

Tehát a számított keresztmetszet:

[m²]

vagy

[mm²]

$$A = \frac{2 \cdot I \cdot \rho \cdot l}{U_e}$$

$$A = \frac{200 \cdot I \cdot \rho \cdot l}{U_T \cdot \varepsilon}$$

A tényleges keresztmetszetet (A_t) a szabványos keresztmetszetsorból választjuk a számított érték ismeretében:

$$A_t = A$$

A VEZETÉKEK TERHELHETŐSÉGE

Ellenőrzés melegedésre:

A melegedésre való méretezés során kapott keresztmetszetet terhelési táblázat segítségével megvizsgáljuk abból a szempontból, hogy a vezetékben folyó áram nem okoz-e túl nagy (káros) felmelegedést.

Terheléskor:

$$U_f < U_T \rightarrow U_f = U_T - U_e$$

A VEZETÉKEK TERHELHETŐSÉGE

A megengedett feszültségesés: U_e [V]

Értékét a névleges tápponti feszültségre (U_T) vonatkoztatva szabvány írja elő.

- **világítóberendezéseknél: $\varepsilon = 2\%$**
- **melegítő (fűtő-) berendezéseknél: $\varepsilon = 3\%$**
- **reklámvilágításnál: $\varepsilon = 4\%$**
- **erőátviteli (motorikus)
berendezéseknél: $\varepsilon = 5\%$**

A VEZETÉKEK TERHELHETŐSÉGE

A megengedett feszültségésés: U_e [V]

$$U_e = \frac{U_T}{100} \cdot \varepsilon$$

A vezeték ellenállása: R_v [Ω]

$$R_v = \frac{U_e}{I}$$

vagy

$$R_v = \rho \frac{2 \cdot l}{A}$$

$$R_v = \frac{U_T \cdot \varepsilon}{100 \cdot I}$$

A VEZETÉKEK TERHELHETŐSÉGE

A megengedett feszültségéshez tartózo vezeték keresztmetszet számítása:

$$\frac{U_e}{I} = \rho \frac{2 \cdot l}{A} \rightarrow AU_e = I \cdot \rho \cdot 2 \cdot l$$

vagy

$$\frac{U_T \cdot \varepsilon}{100 \cdot I} = \rho \frac{2 \cdot l}{A} \rightarrow A \cdot U_T \cdot \varepsilon = 100 \cdot I \cdot \rho \cdot 2 \cdot l$$

VEZETÉKMÉRETEZÉS FESZÜLTSGESÉSRE

A vezetéken folyó áram hatására

- a vezetéken – mint ellenálláson – feszültség esik (vezetékmeretezés feszültségésésre),
- a vezeték melegszik (~ melegedésre).

Ha a fogyasztót a megengedettnél kisebb feszültségre kapcsoljuk

- a világító- és fűtőkészülékek a névlegesnél kisebb fény-, illetve hőteljesítményt adnak le,
- a villamos motorok (névleges terhelésen) túlmelegszenek és fordulatszámuk csökken.

VEZETÉKMÉRETEZÉS FESZÜLTÉSÉGESÉSRE

A vezeték keresztmetszetét úgy kell megválasztani, hogy a feszültségesés ne haladja meg a megengedett mértéket!

Kapcsolási vázlat:

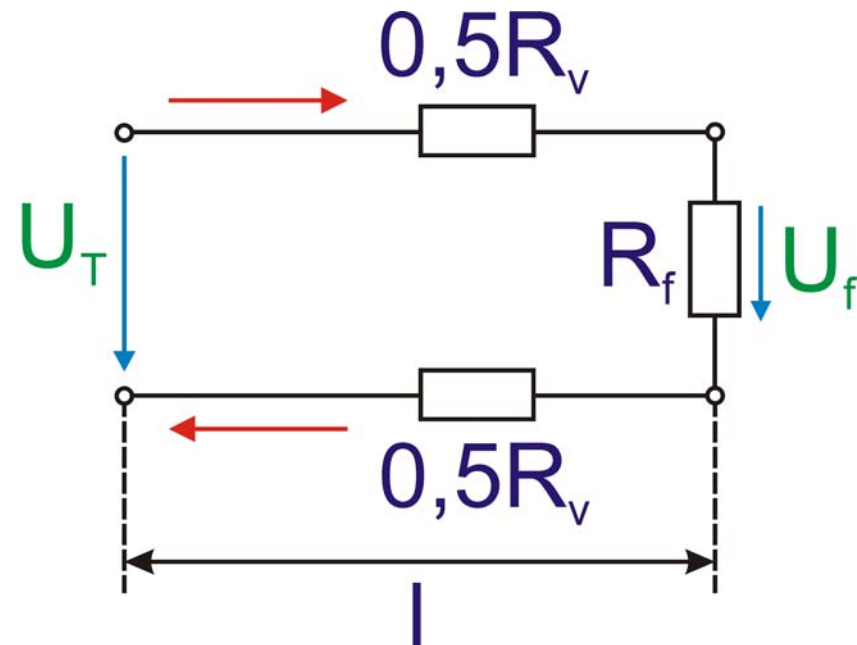
U_T : névleges tápponti feszültség

U_f : fogyasztói feszültség

U_e : feszültségesés
(**$U_e = IR_v$**)

R_v : a vezeték ellenállása

$2l$: a teljes vezetékhoossz



VILLAMOS VEZETÉS FOLYADÉKOKBAN

Elektrolit: sók, savak, bázisok (lúgok) vizes oldata vagy olvadéka.

Elektrolitikus disszociáció: a molekulák szétválása az elektrolitban pozitív és negatív ionokra.

Ha az elektrolitba két szilárd vezetőt helyezünk be és rájuk feszültséget kapcsolunk az áramkörben villamos áram folyik. Az elektrolitban az ionok változtathatják helyüket: az elektrolitok vezetik a villamos áramot.

AZ ELEKTROLÍZIS

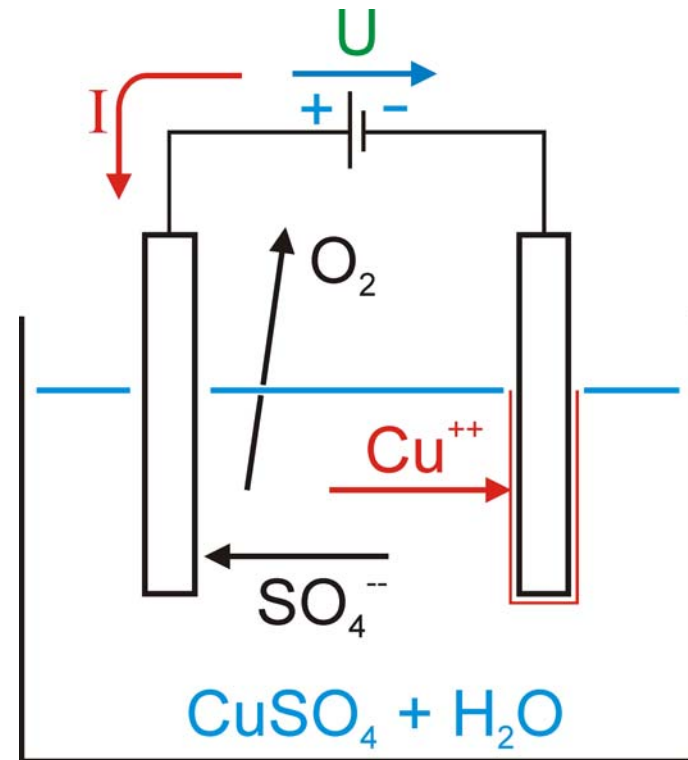
Az elektrolitokban feszültség hatására a pozitív ionok (**kationok**) a negatív elektródhoz (**katódhoz**) vándorolnak és ott elektronokat vesznek fel, míg a negatív ionok (**anionok**) a pozitív elektródhoz (**anódhoz**) vándorolnak és ott elektronokat adnak le.

Az ionok az elektródáknál semleges atomcsoportokká alakulnak és kiválnak az oldatból.

Elektrolízis: a villamos áram elektroliton való áthaladása során lejátszódó, **anyagkiválással** járó vegyi folyamat.

AZ ELEKTROLÍZIS

Példa elektrolízisre:



Műszaki alkalmazása:

- galvanizálás (galvanosztégia, galvanoplasztika);
- eloxálás;
- nagy tisztaságú fémek előállítása;
- alumíniumgyártás.

GALVÁNELEMEK (PRIMER ELEMEEK)

Ha két különböző fémet (vagy fémet és szenet) olyan elektrolitba mártunk, amelyben legalább az egyik fém oldódik, **energiaforrást** kapunk, amelyet **galvánelemnek** nevezünk.

Az elektrolitba merülő két fémet (illetve fémet és szenet) **elektródoknak** nevezzük, köztük **feszültség mérhető**.

A pozitív elektród neve: **anód**.

A negatív elektród neve: **katód**.

A galvánelemek kémiai energiát **alakítanak át villamos energiává**.

GALVÁNELEMEK (PRIMER ELEMÉK)

Működésük során az U_f forrásfeszültséggel ellentétes polarizációs feszültség keletkezik: nő az R_t belső ellenállás, csökken az U_k kapocsfeszültség.

A polarizációs feszültség csökkentésére depolarizátort alkalmaznak.

GALVÁNELEMEK (PRIMER ELEMEK)

a) Volta elem

$$U_f = 1,1 \text{ V}$$

Anód: réz

Katód: cink

**Elektrolit: hígított
kénsav**

Depolarizátor: nincs

**b) Leclanché elem
(a mai száraz elem őse)**

$$U_f = 1,5 \text{ V}$$

Anód: szén

Katód: cink

Elektrolit: szalmiáksóoldat

Depolarizátor: barnakőpor

AKKUMULÁTOROK (SZEKUNDER ELEMEEK)

Működésük az elektrokémiai folyamatok megfordíthatóságán alapszik.

Töltéskor az akkumulátorba bevezetett villamos energia kémiai energiává alakul és így tárolódik.

Kisütéskor (az akkumulátorra fogyasztót kapcsolva) a tárolt kémiai energia visszaalakul villamos energiává.

Fajtái: savas- és lúgos akkumulátorok.

AKKUMULÁTOROK (SZEKUNDER ELEMÉK)

a) Savas akkumulátor (ólomakkumulátor)

$U_f \approx 2 \text{ V / cella}$

Anód: ólomdioxid

Katód: ólom

Elektrolit: hígított kénsav

A savas akkumulátorok **belső ellenállása:**

$$R_b = 0,01 \div 0,001 \ \Omega$$

A rövidzárásra **érzékeny.**

AKKUMULÁTOROK (SZEKUNDER ELEMÉK)

b) **Lúgos** akkumulátor

vas-nikkel (FeNi) akkumulátor

$U_f \approx 1,2 \text{ V} / \text{cella}$

Anód: nikkeldioxid

Katód: vas

Elektrolit: káliklóg

AZ AKKUMULÁTOROK FONTOSABB TECHNIKAI ADATAI

Amperóra (Ah) kapacitás: az az Ah-ban mért töltésmennyiség, amely a teljesen feltöltött akkumulátorból a megengedett legkisebb feszültségig kisütve kivehető.

Wattóra (Wh) kapacitás: az a Wh-ban mért villamos energia, amely a teljesen feltöltődött akkumulátorból a megengedett legkisebb feszültségig kisütve kivehető.

Névleges töltőáram: a 10 órás kisütéshez tartozó áram.

AZ AKKUMULÁTOROK JELLEMZŐI

Amperóra – hatásfok:

$$\eta_{Ah} = \frac{Q_{visszanyert}}{Q_{bevezett}} \cdot 100 \quad (\%)$$

Wattóra – hatásfok:

$$\eta_{Wh} = \frac{W_{visszanyert}}{W_{bevezett}} \cdot 100 \quad (\%)$$

AZ AKKUMULÁTOROK JELLEMZŐI

Jellemzők	Savas	Lúgos
Mechanikai igénybevételre	érzékeny	érzékeny
Nagy töltő- és kisütő áramra		
Rövidzárlatra		
Kisüthető	1,83 V-ig	1,0 V-ig
Kisütés után	mielőbb tölteni	sokáig tárolható
Elektrolit cseréje	ritkán	1-1,5 évenként
Cellafeszültsége	2 V	1,2 V
Ah – hatásfok	85-95 %	70-80 %
Wh – hatásfok	70-80 %	50-60 %
Ára	olcsóbb	drágább

AZ AKKUMULÁTOROK JELLEMZŐI

Figyelmeztetés!

A kénsav és kálilúg veszélyes, maró anyag!

Savas akkumulátorok töltésekor hidrogén fejlődik, amely robbanásveszélyes!

Akkumulátorok alkalmazása:

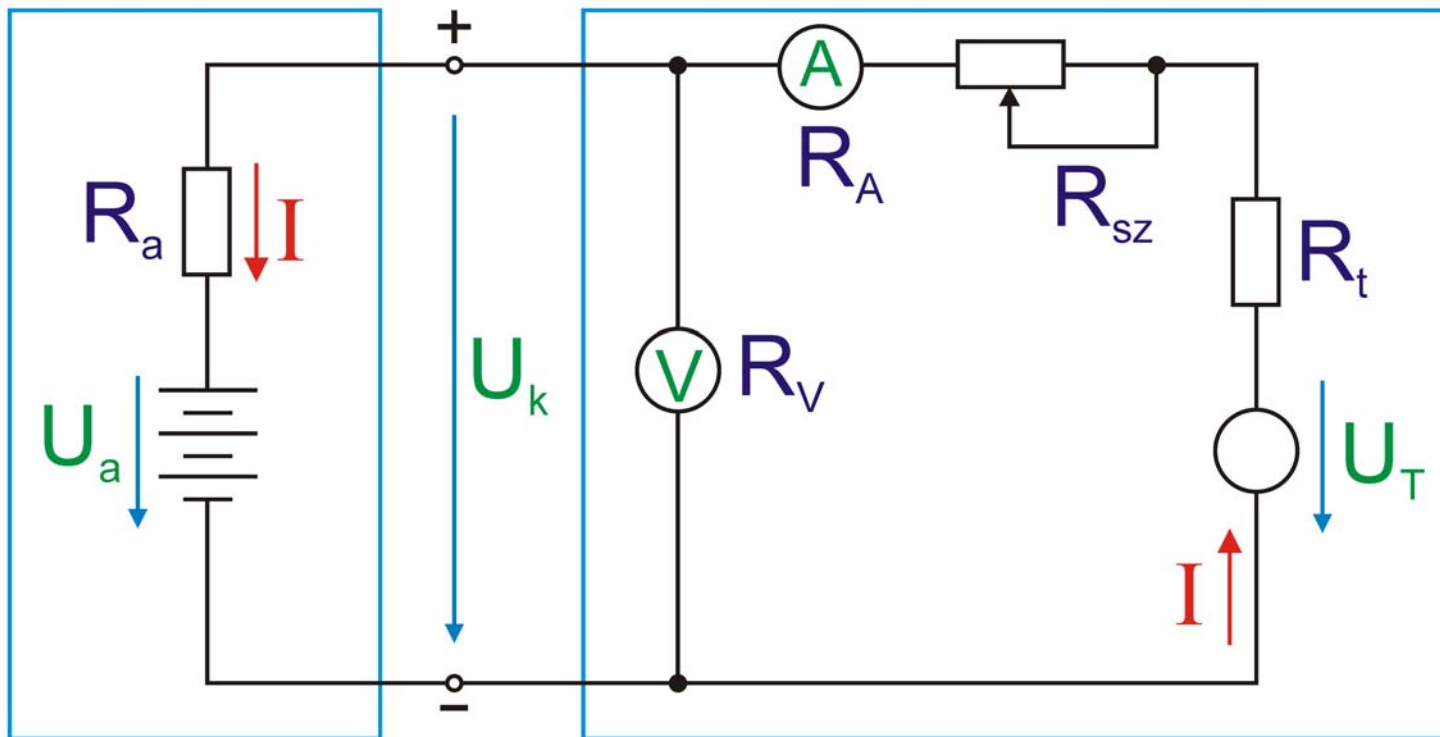
- **szükség- és vészvilágításhoz;**
- **híradástechnikai berendezésekhez;**
- **gépjárművekhez;**
- **védelmi berendezésekhez.**

AKKUMULÁTOR TÖLTÉSE

A töltés feltétele: $U_k > U_a$

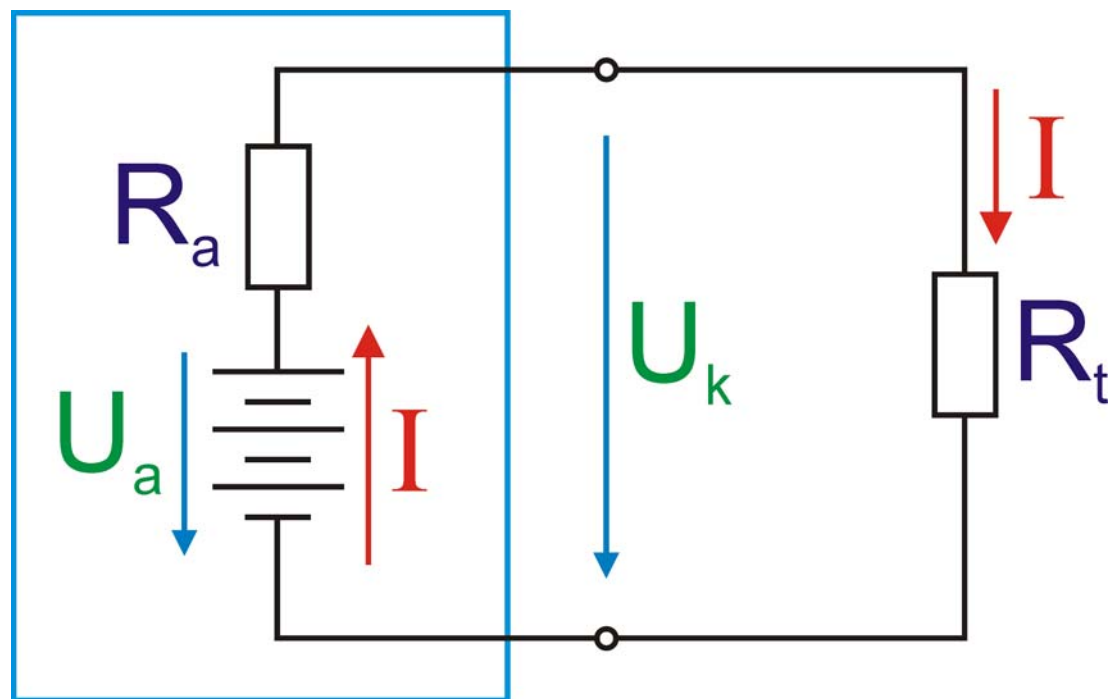
akkumulátor

töltőberendezés



ellen- vagy szembekapcsolás

AKKUMULÁTOR KISÜTÉSE



VILLAMOS VEZETÉS GÁZOKBAN

A levegő és más gázok normális körülmények között jó szigetelők.

a) hő-, radioaktív-, vagy röntgensugarak hatására a gázok vezetővé válnak, mert a semleges gázmolekulák ionokra és elektronokra bomlanak (ionizáció).

A vezetés csak addig tart, amíg a külső ionizáló hatás fennáll. (Önállótlan vezetés.)

VILLAMOS VEZETÉS GÁZOKBAN

b) Meghatározott (gyújtási) feszültségértékektől kezdve a töltéshordozók annyira felgyorsulnak, hogy a semleges gázmolekulákkal ütközve elektronokat ütnek ki belőlük és így ionokat és elektronokat hoznak létre (ütközési ionizáció). Ezek megint újabb molekulákkal ionizálnak és így tovább. A töltéshordozók száma lavinaszerűen nő. (Önálló vagy önfenntartó vezetés.)

VILLAMOS VEZETÉS GÁZOKBAN

Nagy feszültség esetén, ritkított gáztérben – a nyomástól függő – fényjelenség mellett jön létre a vezetés. Kb. 1 Pa -nál kisebb nyomáson, a csőben fényjelenség nincsen. A katód felületéről katódsugarak (elektronok) indulnak ki.

A VILLAMOS ERŐTÉR

Az elektron negatív, a proton pozitív villamos töltéssel rendelkezik.

Elemi töltés: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

Az elektrontöbblettel rendelkező test negatív töltésű. Az elektronhiánnyal rendelkező test pozitív töltésű.

A villamos töltéseket villamos tér veszi körül. A térnek azt a részét, amelyben villamos töltésre erő hat, villamos térnek nevezzük.

Azonos nemű töltések taszítják, különemű töltések vonzzák egymást.

VILLAMOS ERŐVONALAK

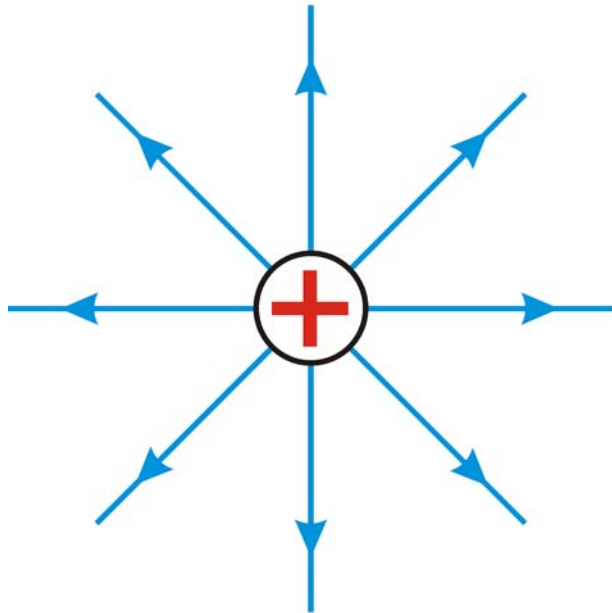
A villamos teret villamos erővonalakkal ábrázoljuk.

A villamos erővonalak tulajdonságai:

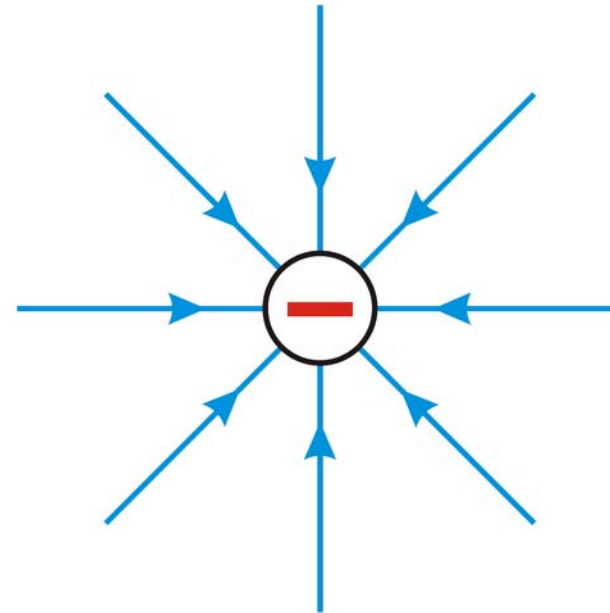
- pozitív töltésen **erednek**, negatív töltésen **végződnek**;
- egyirányú erővonalak **taszítják egymást**;
- az erővonalak **gumiszalag módjára rövidülni igyekeznek**;
- az erővonalak **sohasem keresztezik egymást és merőlegesek a test felületére.**

A VILLAMOS TÉR ÁBRÁZOLÁSA ERŐVONALAKKAL

pozitív

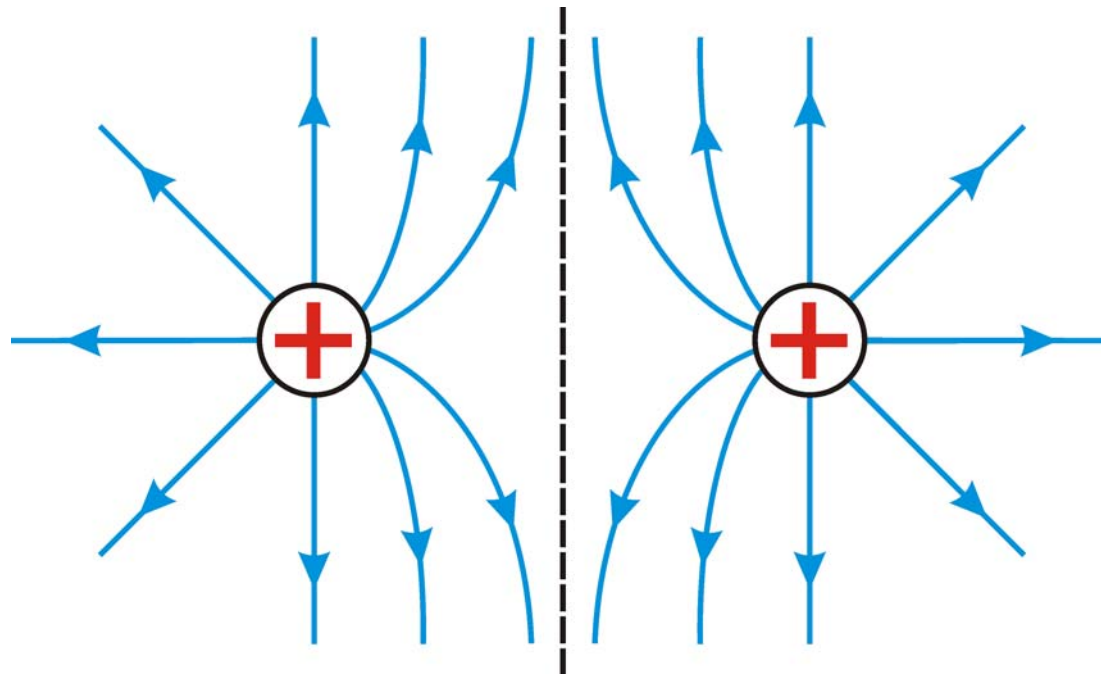


negatív



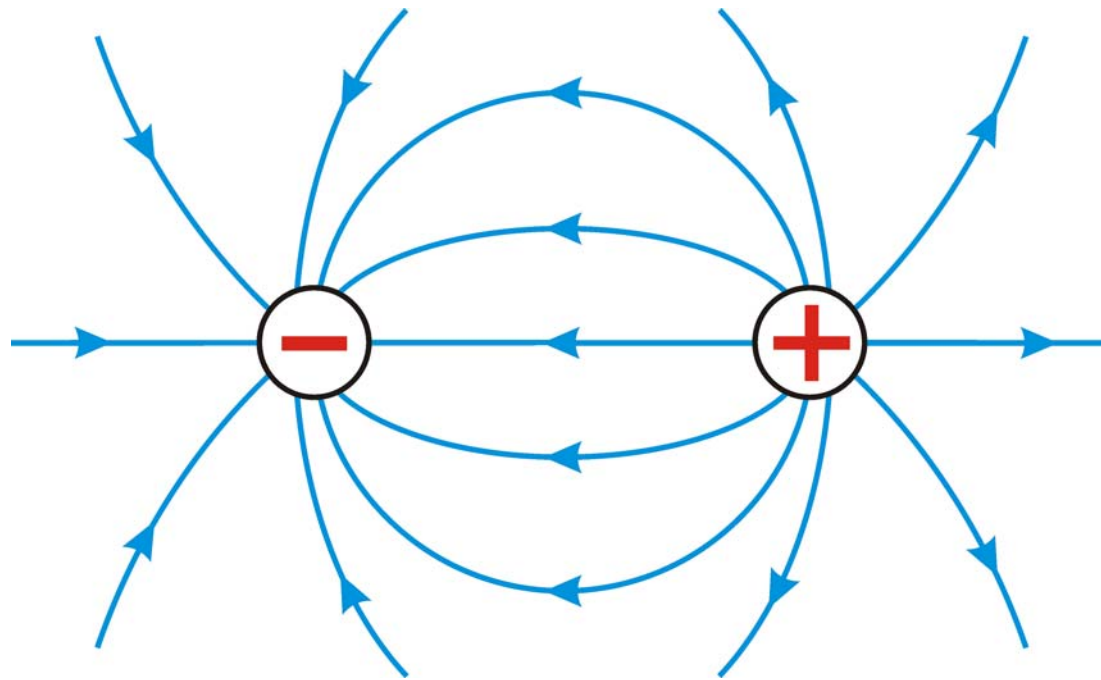
töltés körül kialakuló villamos tér

A VILLAMOS TÉR ÁBRÁZOLÁSA ERŐVONALAKKAL



két **pozitív**, egymáshoz közeli töltés
körül kialakuló **villamos tér**

A VILLAMOS TÉR ÁBRÁZOLÁSA ERŐVONALAKKAL



**két különböző előjelű, egymáshoz közeli
töltés körül kialakuló villamos tér**

COULOMB TÖRVÉNYE

Két villamos töltéssel rendelkező test között fellépő erő (**F**) egyenesen arányos a testek villamos töltésével (**Q₁**, **Q₂**), és fordítottn arányos a köztük lévő távolság négyzetével (**r²**):

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad [\mathbf{N}]$$

COULOMB TÖRVÉNYE

k értéke függ a teret kitöltő anyagtól.

k értéke vákuum (légyüres tér) és levegő esetén:

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{V \cdot m}{A \cdot s}$$

A VILLAMOS TÉRERŐSSÉG

A villamos erőterben a villamos töltésű testekre **erő** hat.

- Az egységnyi (1 C) töltésre ható **erőt villamos térerősségnek nevezük.**

$$E = \frac{F}{Q}$$

[V/m]

F : erő [N]

Q : töltésmennyiség [C]

- A villamos térerősség **vektormennyiség.** Hatásvonalát a vizsgált ponton átmenő villamos erővonalhoz húzott **érintő,** nagyságát és irányát a **pozitív töltésre ható erő** adja meg.

A VILLAMOS TÉRERŐSSÉG

A villamos tér minden pontja jellemezhető egy-egy térerősség-vektorral.

- **Homogén a villamos tér, ha a térerősség nagysága és iránya a tér minden pontjában megegyezik.**
- **Homogén villamos térben az egységnyi erővonalhosszra jutó feszültséget villamos térerősségnek nevezük.**

$$E = \frac{U}{d}$$

[V/m]

U : feszültség [V]

d : erővonalhossz [m]

A VILLAMOS POTENCIÁL

A villamos tér két pontja között **feszültség** mérhető. A villamos tér pontjainak **feszültségét** a tér egy kiválasztott pontjához viszonyítva is mérhetjük, illetve számíthatjuk.

A villamos tér pontjainak a tér egy kiválasztott pontjához viszonyított feszültségét **villamos potenciálnak** ($U [V]$) nevezzük.

A villamos tér minden pontja jellemezhető egy-egy **potenciálértékkel**. A villamos tér kiválasztott pontját, amelyhez a többi pontjának feszültségét viszonyítjuk, **nulla potenciálú helynek** vagy **nulla-pontnak** nevezzük.

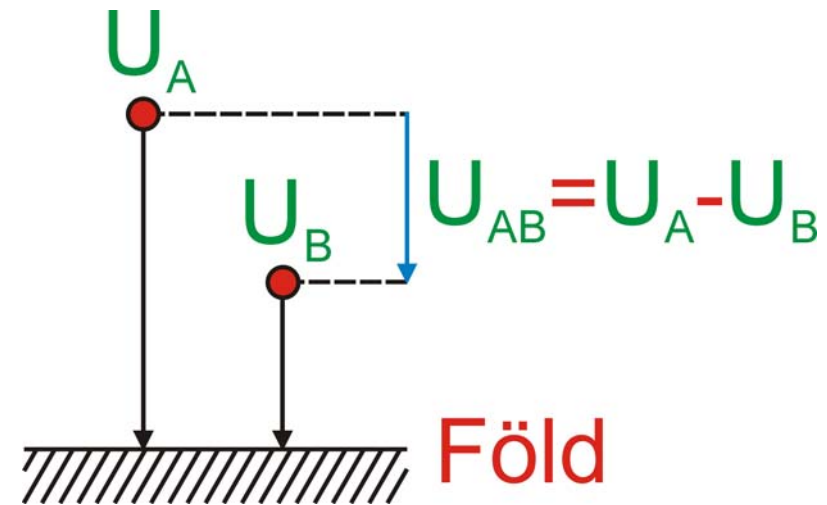
A VILLAMOS POTENCIÁL

Nulla potenciálú helyként általában a Földet, illetve a Föld nedves rétegeivel vezetői összeköttetésben levő fémtesteket választjuk.

A villamos tér két pontja közötti feszültség egyenlő a két pont potenciáljának különbségével.

**feszültség = potenciál-
különbség**

$$U_{AB} = U_A - U_B$$



A VILLAMOS MEGOSZTÁS

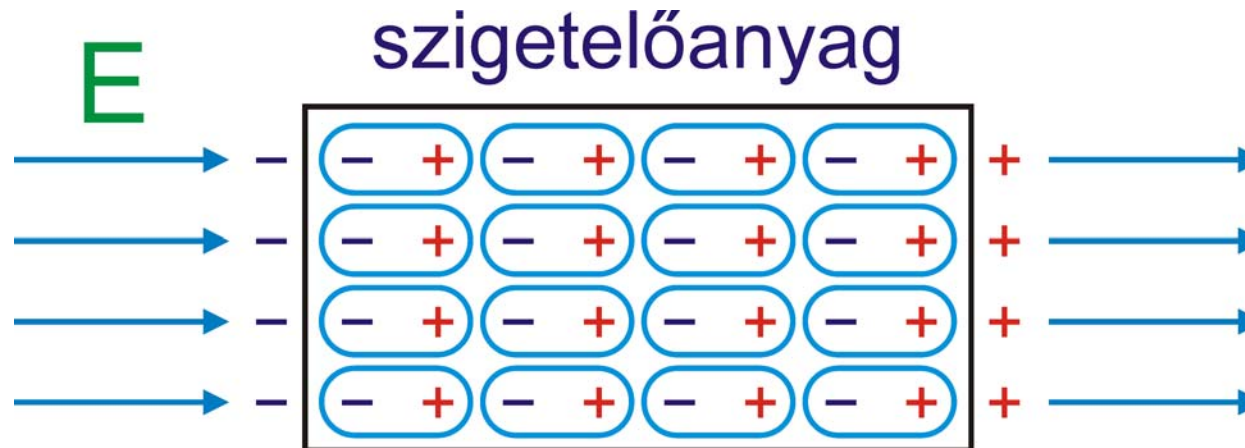
A villamos tér hatására a vezető anyagokban megszűnik a pozitív és negatív töltések egyenletes eloszlása.

A vezető anyag villamos töltést mutat, mert az egyik részén elektrontöbblet, a másik részén elektronhiány alakul ki. Ezt a jelenséget villamos megosztásnak nevezzük.

Ha a vezetőt kivesszük a villamos térből, a megosztás megszűnik.

A DIELEKTROMOS POLARIZÁCIÓ (SARKÍTÁS)

A villamos tér hatására a szigetelőanyagok molekuláiban a pozitív és negatív töltések súlypontja szétválik és az így kialakult dipólusmolekulák beállnak a villamos tér irányába. Ezt a jelenséget dielektromos polarizációnak nevezzük.



dielektrikum = szigetelőanyag

A DIELEKTROMOS VESZTESÉG

Váltakozó irányú villamos térben a szigetelőanyag molekulái átpolarizálódnak: a villamos tér irányának változásakor átfordulnak.

Az átpolarizálódás hőfejlődéssel, energiaveszteséggel jár, melyet dielektromos veszteségnek nevezünk.

Ez a jelenség felhasználható szigetelőanyagok hevítésére.

A SZIGETELŐANYAGOK ÁTÜTÉSE

Az átütési szilárdság: E_{kr} [kV/cm]

Ha a szigetelő anyagokban növeljük a térerősséget, a molekuláik polarizációja egyre nagyobb mértékű. Egy, a szigetelőanyagra jellemző térerősségnél a molekulákról elektronok szakadnak le, így a szigetelőanyagban **szabad töltéshordozók** keletkeznek.

Ezt a lavinaszerűen bekövetkező jelenség az **átütés**, aminek következtében a legtöbb szigetelő anyag tönkremegy.

Azt a kritikus térerősséget, amelynél a szigetelőanyag átütése bekövetkezik, **átütési szilárdságnak** nevezzük. (Levegő esetén: $E_{kr} = 21$ kV/cm)

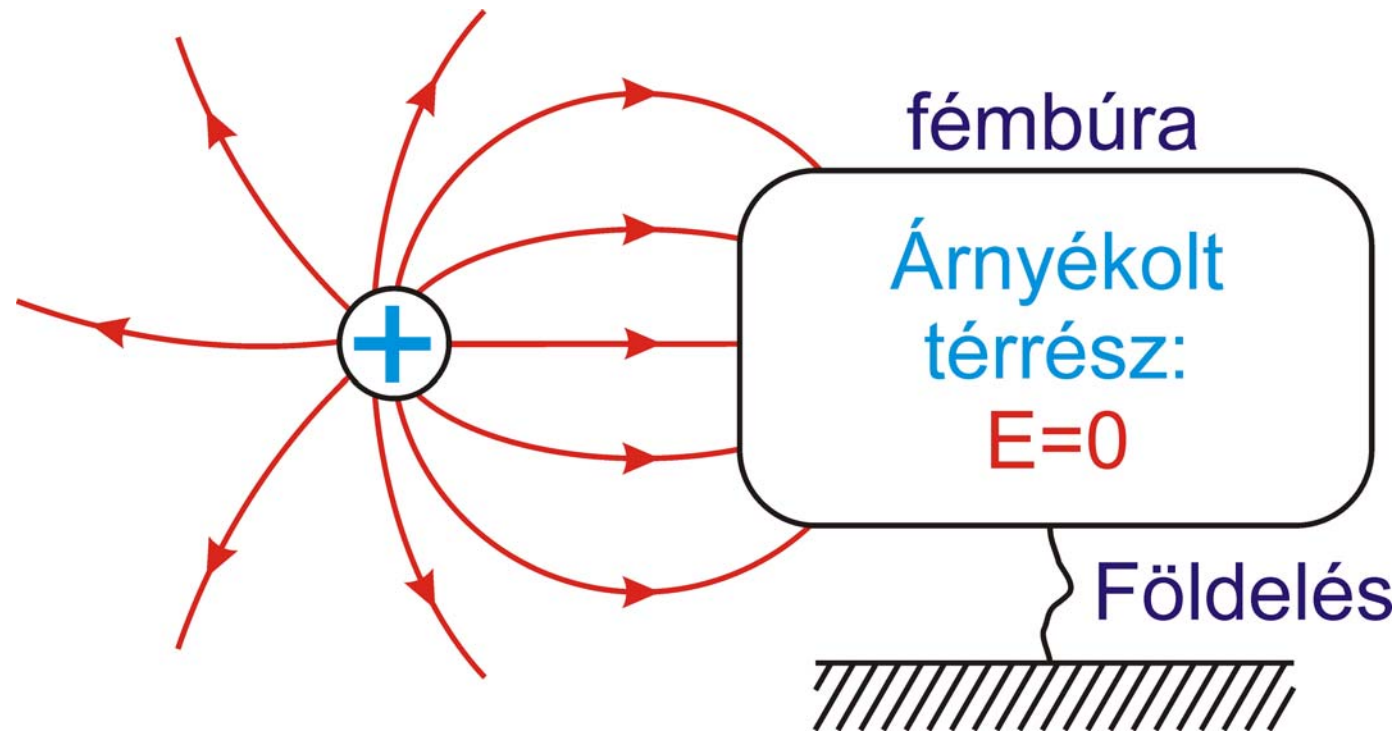
A VILLAMOS ÁRNYÉKOLÁS

Célja: a villamos tér „kirekeszelése” az árnyékolt térrészből.

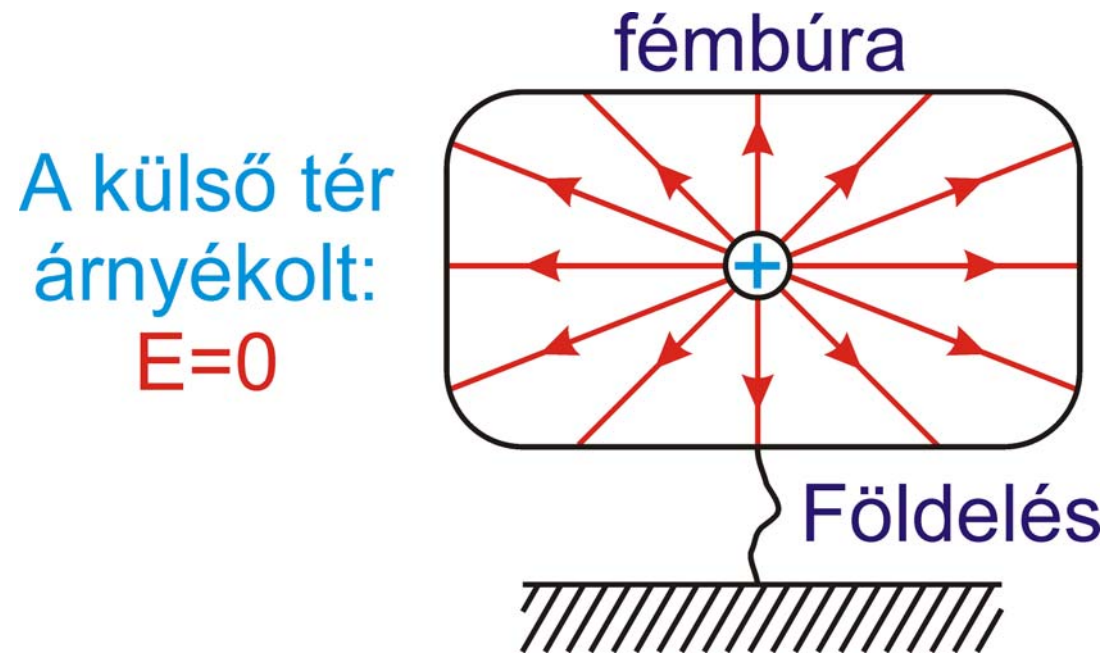
Villamos tér árnyékolására jó vezetőképeségű fémburok vagy fémháló (Faraday-kalitka) használható.

Alkalmazás: berendezés, műszer, vezeték védelme a külső villamos tér zavaró hatásával szemben.

A VILLAMOS ÁRNYÉKOLÁS



A VILLAMOS ÁRNYÉKOLÁS



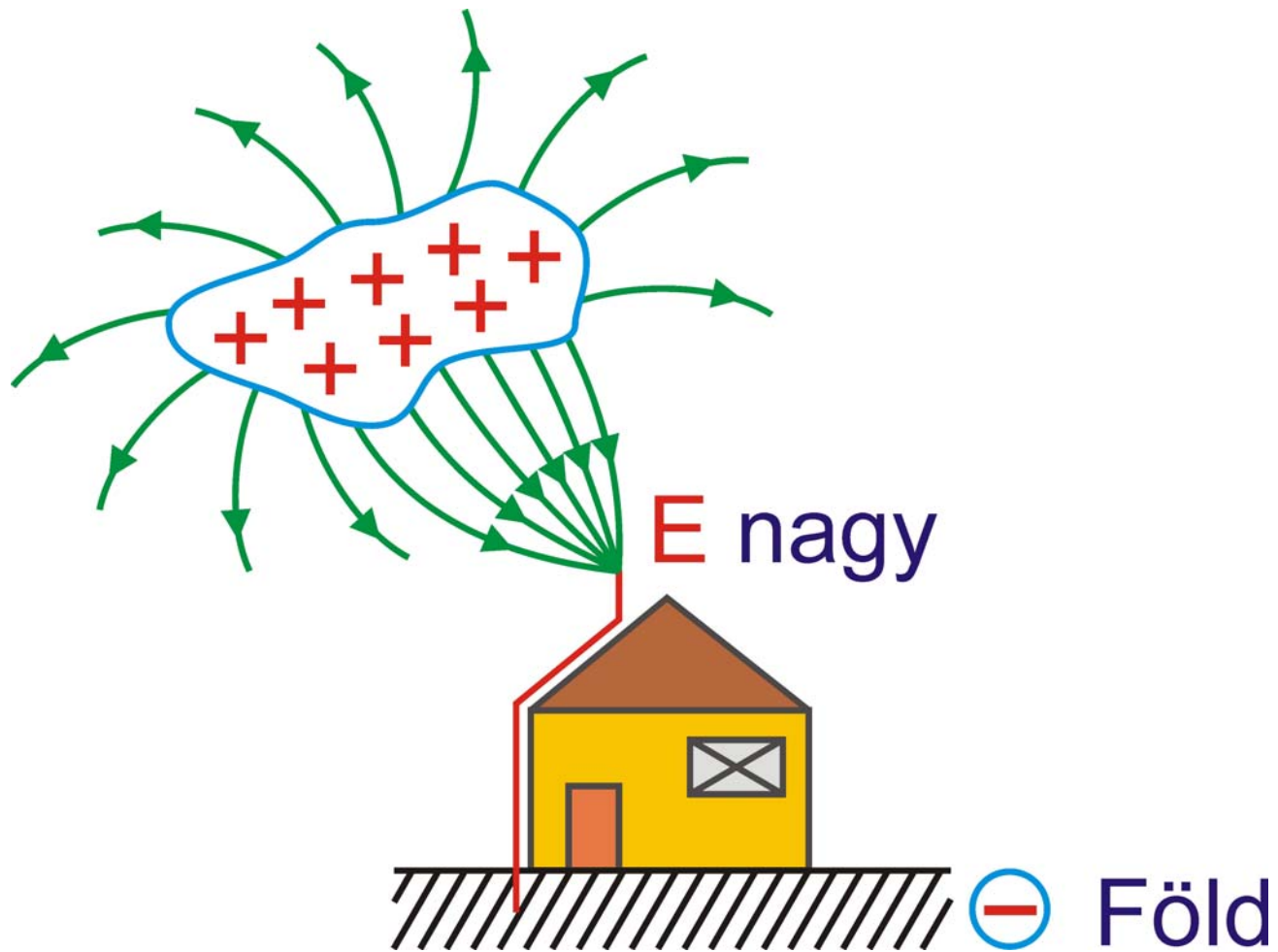
A CSÚCSHATÁS

A csúcshatás a vezetők kis görbületi sugarú részeinél jelentkező hatás.

Élek, csúcsok közelében nagy a villamos térerősség.

Alkalmazás: villámhárító.

A CSÚCSHATÁS



KAPACITÁS (TÖLTÉSBEFOGADÓ KÉPESSÉG)

A kapacitás: C [F] farad

Valamely vezetőre vitt Q töltés egyenesen arányos az általa létesített U potenciállal: hányadosuk állandó és jellemző az adott vezetőre.

A vezető villamos kapacitása:

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

[F]

KAPACITÁS (TÖLTÉSBEFOGADÓ KÉPESSÉG)

1 F a kapacitása annak a vezetőnek, amelyen **1 C** töltés **1 V** potenciált hoz létre.

A farad a gyakorlat számára igen nagy egység, ezért annak törtrészeit használjuk.

mikrofarad : **1 μF = 10^{-6} F**

nanofarad : **1 nF = 10^{-9} F**

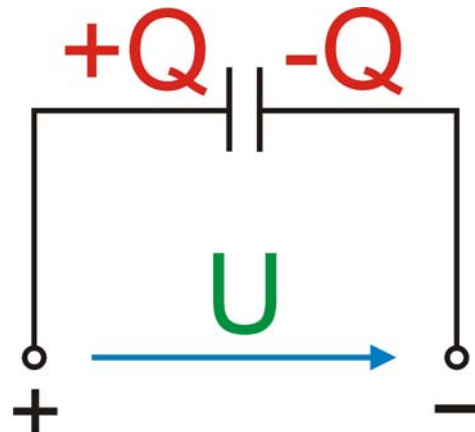
pikofarad : **1 pF = 10^{-12} F**

A KONDENZÁTOR (SŰRÍTŐ)

Azokat a berendezéseket, amelyek két egymástól szigetelőanyaggal elválasztott vezetőből állnak, **kondenzátornak** nevezzük.

A kondenzátor rajzjele: 

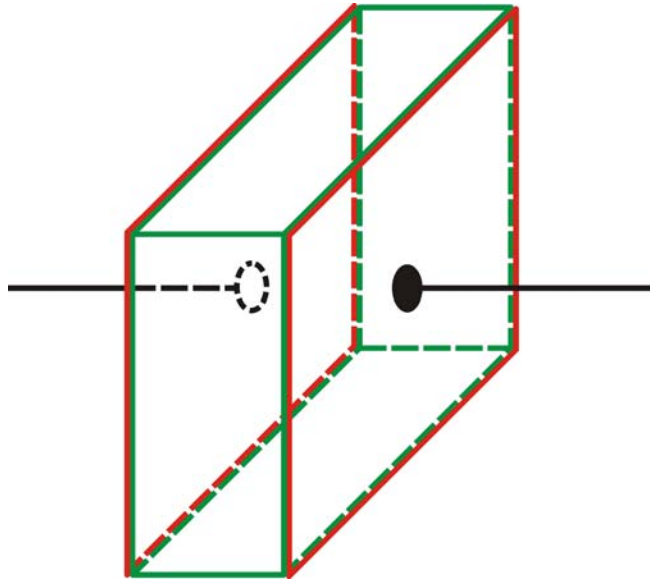
Kondenzátor kapacitása általában:



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

SÍKKONDENZÁTOR KAPACITÁSA

A síkkondenzátor felépítése:



A szembenálló vezetőket fegyverzeteknek nevezünk.

A : egy fegyverzet hatásos felülete;

d : a fegyverzetek közötti távolság;

**$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$: dielektromos állandó
(a fegyverzetek között lévő szigetelőanyagra jellemző érték)**

SÍKKONDENZÁTOR KAPACITÁSA

A síkkondenzátor kapacitása egyenesen arányos a fegyverzetek közötti szigetelőanyag dielektromos állandójával valamint a fegyverzetek egymással szembenálló felületével, és fordítottan arányos a köztük lévő távolsággal:

$$C = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \frac{A}{d} \quad [F]$$

A DIELEKTROMOS ÁLLANDÓ (PERMITTIVITÁS)

A dielektromos állandó: ε (epszilon) [F/m]

A dielektromos állandó a szigetelőanyagok egyik, villamos szempontjából jellemző állandója.

$$\varepsilon = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0$$

ε : (abszolút) dielektromos állandó [F/m]

ε_0 : a vákuum dielektromos állandója [F/m]

ε_r : relatív dielektromos állandó (a szigetelőanyagnak a vákuuméhoz viszonyított dielektromos állandója) $\varepsilon_r > 1$. Levegő esetén: $\varepsilon_r \approx 1$.

A DIELEKTROMOS ÁLLANDÓ (PERMITTIVITÁS)

A vákuum dielektromos állandója:

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \frac{A \cdot s}{V \cdot m} = \frac{10^{-9}}{36\pi} \frac{A \cdot s}{V \cdot m}$$

$$\varepsilon_0 \approx 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$$

ε_r meghatározása kondenzátor kapacitásának mérésével.

$$\varepsilon_r = \frac{C}{C_0}$$

C : kapacitás a vizsgált szigetelőanyag esetén;

C₀ : kapacitás vákuum esetén.

COULOMB TÖRVÉNYÉNEK TELJES ALAKJA

A Coulomb törvény:

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

k arányossági tényező:

$$k = \frac{1}{4 \pi \epsilon_r \epsilon_0}$$

Vákuum esetén:

$$k_0 = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{V \cdot m}{A \cdot s}$$

COULOMB TÖRVÉNYÉNEK TELJES ALAKJA

A Coulomb törvény teljes alakja:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \frac{Q_1Q_2}{r^2}$$

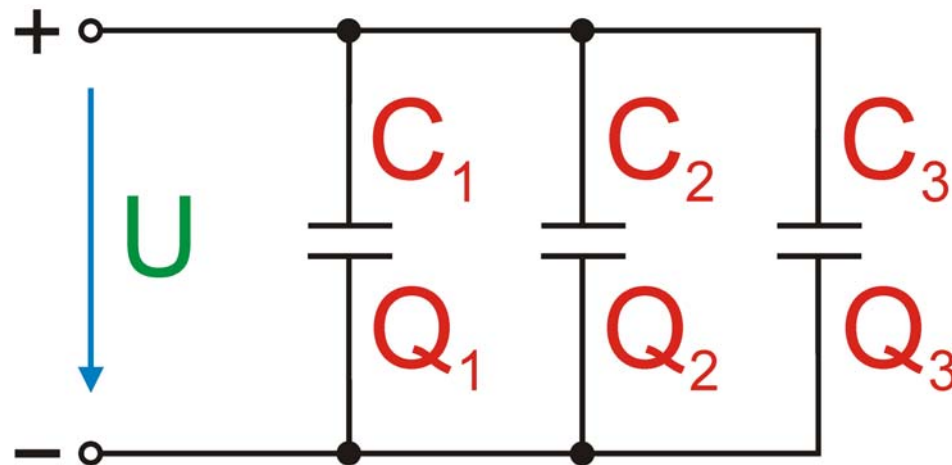
$$F = \frac{1}{\epsilon_0\epsilon_r} \frac{Q_1Q_2}{4\pi r^2}$$

$4\pi r^2$: a gömb felszíne, mivel az erőhatás gömbszimmetrikus.

KONDENZÁTOROK PÁRHUZAMOS KAPCSOLÁSA

és az eredő kapacitás számítása:

Párhuzamosan kapcsolt kondenzátorokon
azonos a feszültség.



KONDENZÁTOROK PÁRHUZAMOS KAPCSOLÁSA

és az eredő kapacitás számítása:

A töltésmennyiségek összegződnek:

$$Q_e = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$C_e U = C_1 U + C_2 U + C_3 U$$

U-val egyszerűsítve:

$$C_e = C_1 + C_2 + C_3$$

[F]

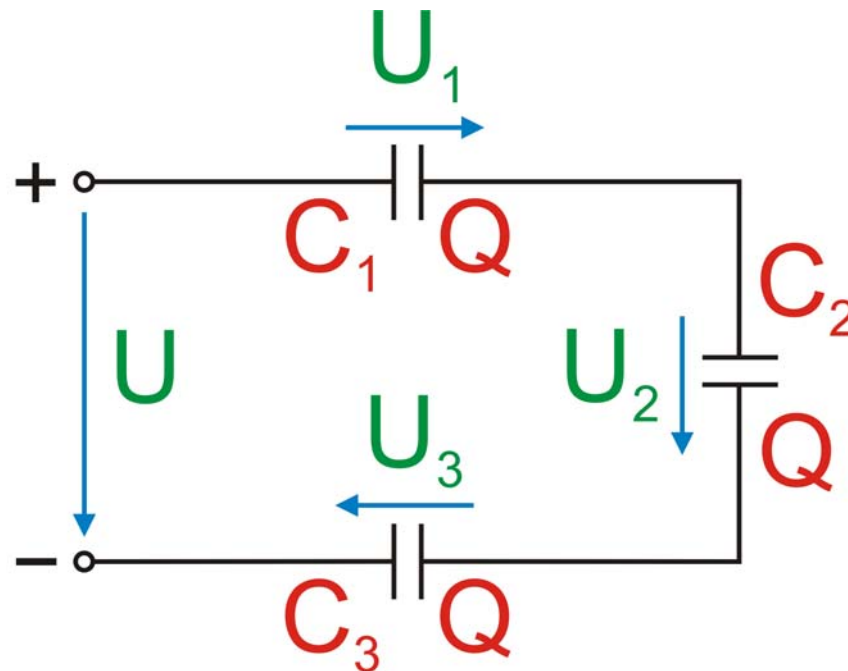
n darab azonos C kapacitás párhuzamos eredője:

$$C_e = nC$$

KONDEZNÁTOROK SOROS KAPCSOLÁSA

és az eredő kapacitás számítása:

Ha a sorosan kapcsolt kondenzátorokra U feszültséget kapcsolunk, a feszültség hatására ezek feltöltődnek ($Q=Q_e=Q_1=Q_2=Q_3$ töltésre) és kapcsaik között U_1 , U_2 , U_3 feszültség jelenik meg.



KONDENZÁTOROK SOROS KAPCSOLÁSA

és az eredő kapacitás számítása:

A feszültségek összegződnek:

$$U_e = U_1 + U_2 + U_3$$

$$\frac{Q}{C_e} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

KONDENZÁTOROK SOROS KAPCSOLÁSA

és az eredő kapacitás számítása:

Q-val egyszerűsítve:

[F]

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

n darab azonos C kapacitás párhuzamos
eredője:

$$C_e = \frac{C}{n}$$

KONDEENZÁTOROK VEGYES KAPCSOLÁSA

és az eredő kapacitás számítása:

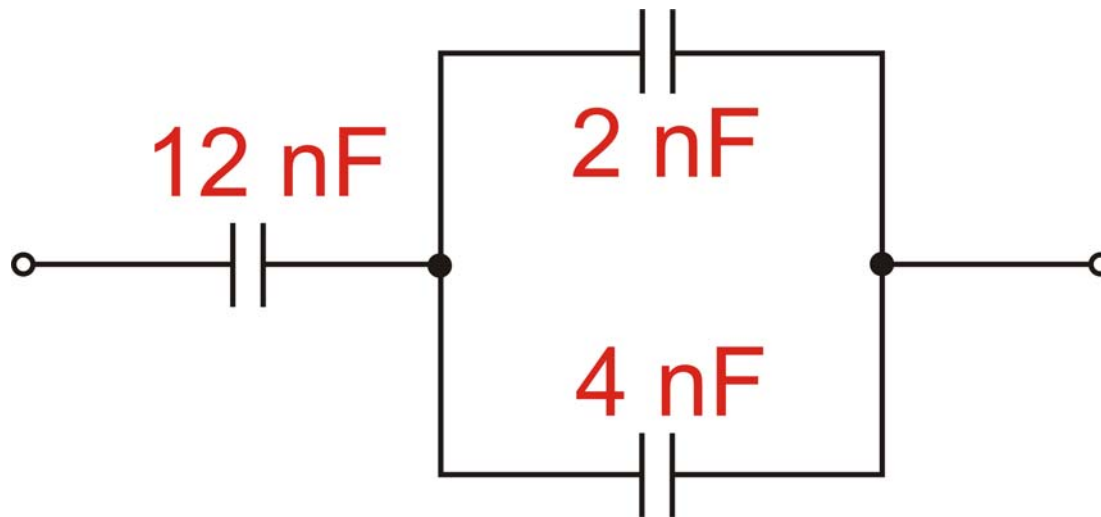
Vegyes kapcsolás: sorosan és párhuzamosan kapcsolt részeket egyaránt tartalmaz.

Vegyes kapcsolás esetén az eredőt úgy számítjuk ki, hogy a soros és a párhuzamos eredő számítási szabályait alkalmazva a kapcsolást lépésről-lépésre mind egyszerűbb alakra hozzuk.

KONDENZÁTOROK VEGYES KAPCSOLÁSA

és az eredő kapacitás számítása:

MINTAFELADAT:



KONDENZÁTOROK VEGYES KAPCSOLÁSA

és az eredő kapacitás számítása:

MINTAFELADAT:

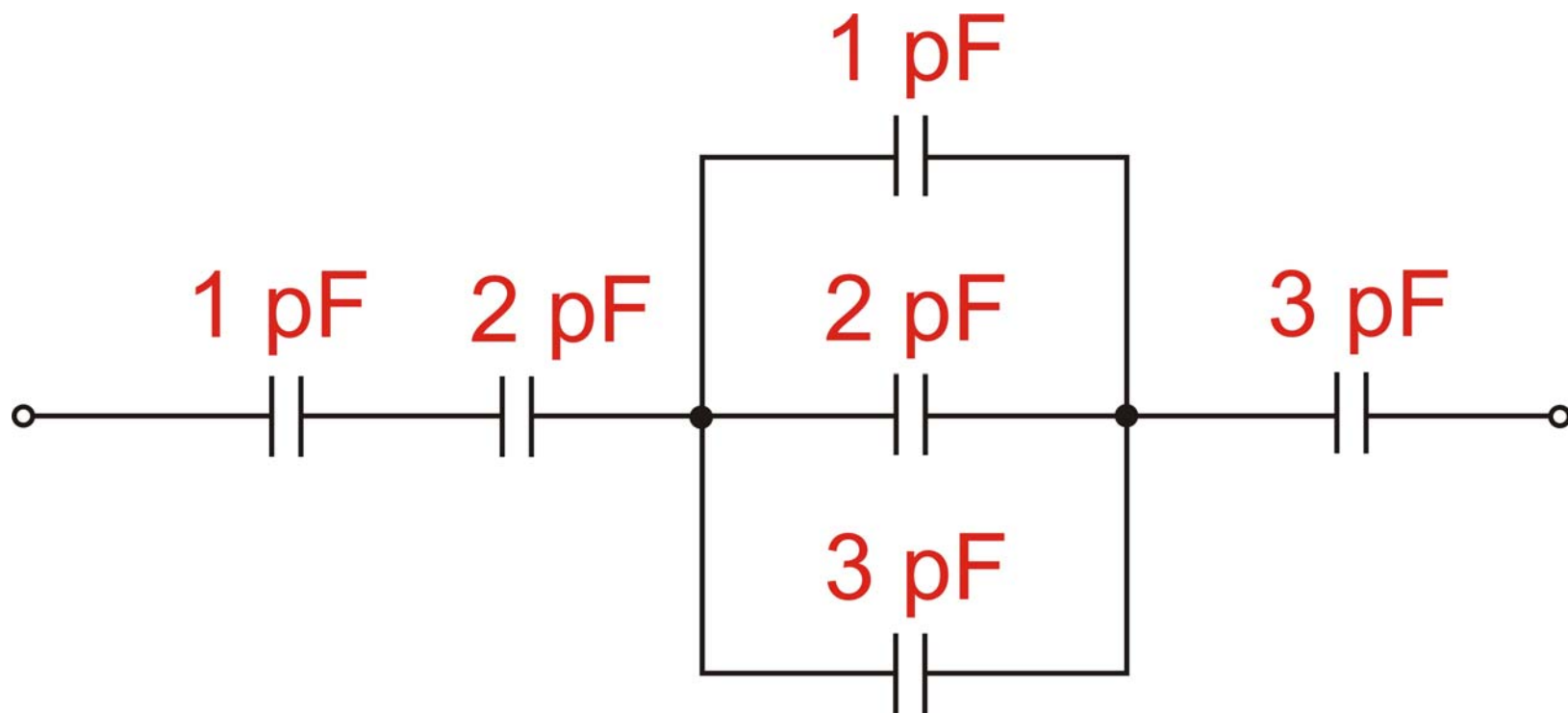
$$C_p = 2 + 4 = 6 \text{ nF}$$

$$C_e = \frac{12 \cdot 6}{12 + 6} = 4 \text{ nF}$$

KONDEZNZÁTOROK VEGYES KAPCSOLÁSA

és az eredő kapacitás számítása:

MINTAFELADAT:



KONDENZÁTOROK VEGYES KAPCSOLÁSA

és az eredő kapacitás számítása:

MINTAFELADAT:

$$C_p = 1 + 2 + 3 = 6 \text{ pF}$$

$$C_{s1} = \frac{6 \cdot 3}{6 + 3} = 2 \text{ pF}$$

$$C_{s2} = \frac{2 \cdot 2}{2 + 2} = 1 \text{ pF}$$

$$C_e = \frac{1 \cdot 1}{1 + 1} = 0.5 \text{ pF}$$

A KONDENZÁTORBAN TÁROLT ENERGIA

A kondenzátor töltésekor az energiaforrás töltést szállít a kondenzátor fegyverzeteire: a kondenzátor energiát tárol. (Kisütéskor a tárolt energiát visszaszolgáltatja.).

A kondenzátorban felhalmozott energia:

$$W = \frac{1}{2}QU = \frac{1}{2}CU^2$$

[W·s]; [J]

A MÁGNESES ERŐTÉR

Mozgó, áramló töltések (áramok) körül mágneses tér alakul ki.

Nyugvó töltések körül → villamos tér.

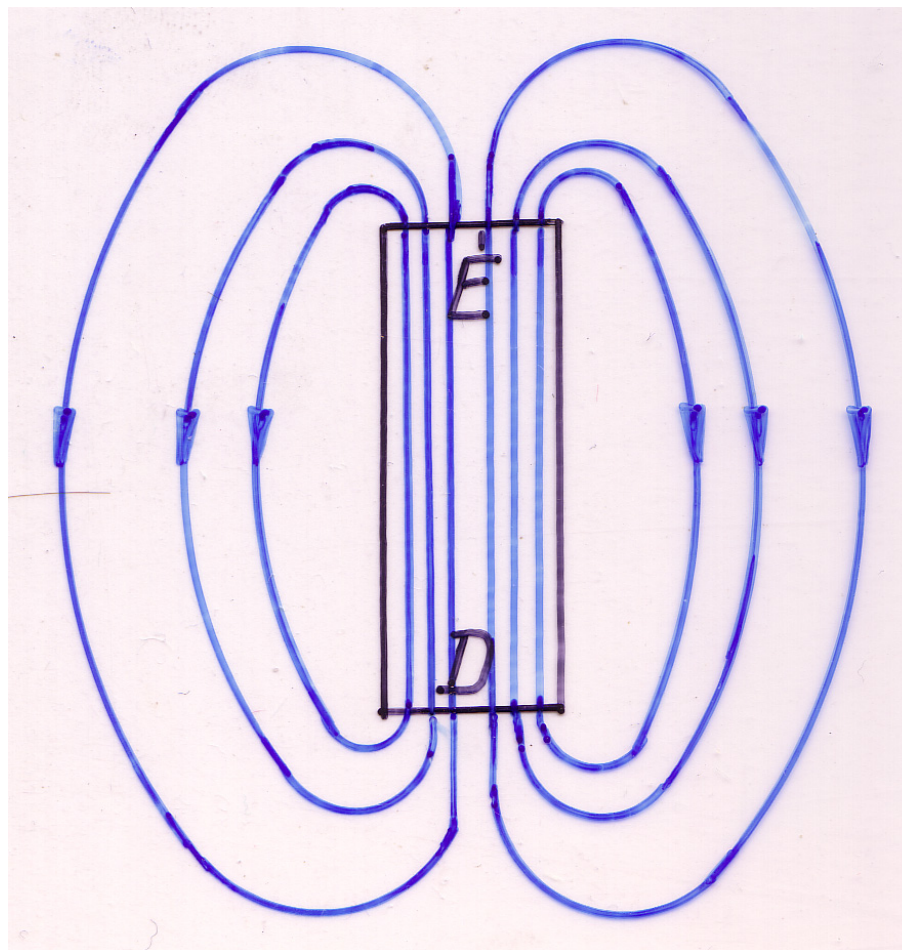
**Mozgó töltések körül → mágneses tér:
elektromágneses tér**

A mágneses teret mágneses indukcióvonalakkal ábrázoljuk.

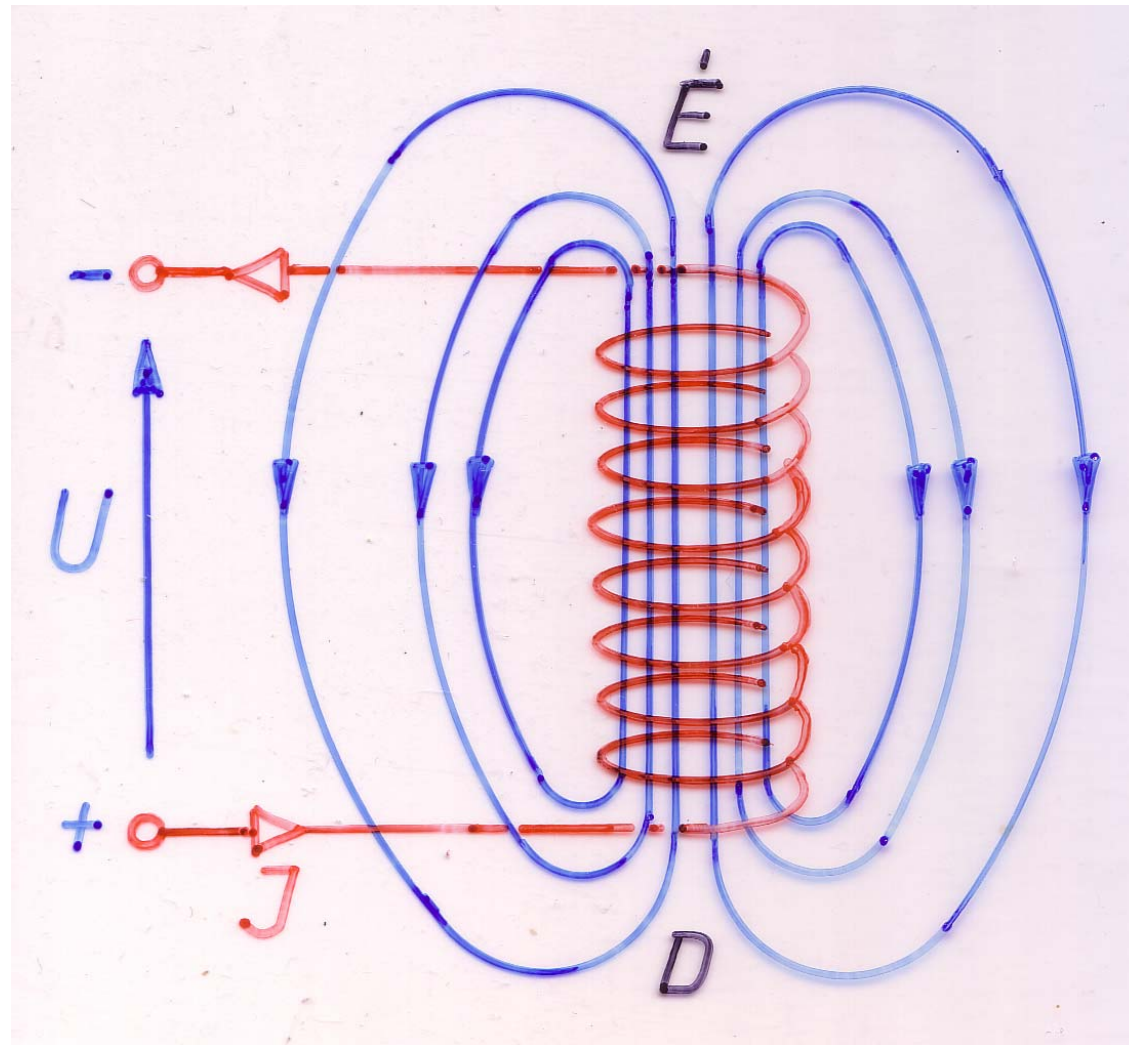
A MÁGNESES INDUKCIÓVONALAK TULAJDONSÁGAI

- A mágnes **É (északi)** sarkán lépnek ki és a **D (déli)** sarkán lépnek be, a mágnesen belül a **D saroktól az É sarok felé haladnak**;
- önmagukban **záródnak**;
- **egyirányú** indukcióvonalak **taszítják egymást**;
- gumiszalag módjára **rövidülni igyekeznek**;
- egymást **sohasem keresztezik (eredőjük hat)**.

ÁLLANDÓ MÁGNES MÁGNESES TERE



ÁRAMJÁRTA EGYENES TEKERCS (szolenoid) MÁGNESES TERE

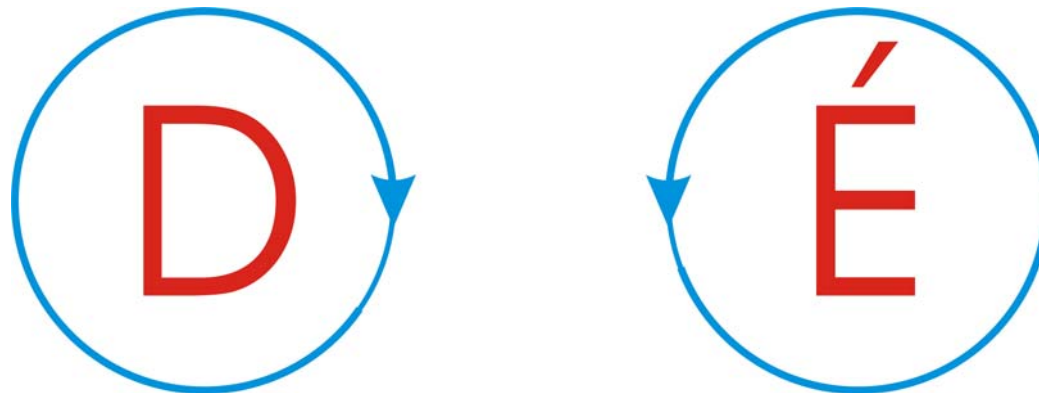


SZOLENOID JOBBKÉZSZABÁLY

Ha jobb kezünkkel úgy markoljuk át a szolenoidot, hogy négy ujjunk a menetekben folyó áram irányába mutasson, akkor az északi sarok kifeszített hüvelykujjunk irányában van.

ÓRASZABÁLY

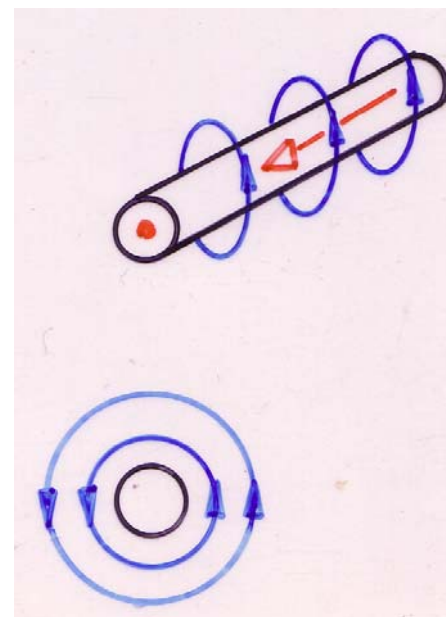
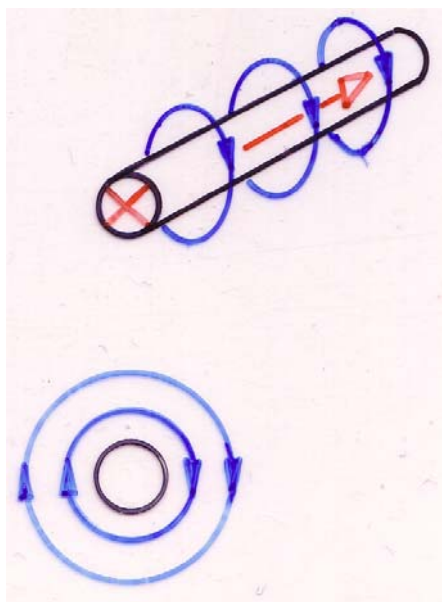
Ha a szolenoid egyik sarkával szembenézve az áramirány az óramutató járásával megegyezik, akkor az a „D” sarok, ha ellentétes, akkor az az „É” sarok.



ÁRAMJÁRTA EGYENES VEZETŐ MÁGNESES TERE

Az áramjárta vezető körül kialakult indukcióvonalak koncentrikus körök, amelyek a vezetőre merőleges síkokban helyezkednek el.

Ábrázolás:



JOBBCSAVAR-, VAGY DUGÓHÚZÓSZABÁLY

Ha egy jobbmenetű csavart vagy egy dugóhúzót az áram irányába hajtunk, a forgatás iránya megegyezik az indukcióvonalak irányával.

(Ha egy dugóhúzót az indukcióvonalak irányába forgatunk, akkor annak haladási iránya megegyezik az áram irányával.)

AZ ELEKTRODINAMIKAI ERŐHATÁS

Ha két párhuzamos vezetőben azonos irányú áram folyik, akkor azok vonzzák, ha ellentétes irányú áram folyik, akkor azok taszítják egymást.

Ezt az erőhatást elektrodinamikai erőhatásnak nevezzük (elektrodinamikus erő).

AZ ELEKTRODINAMIKAI ERŐHATÁS

Egyirányú áramok:

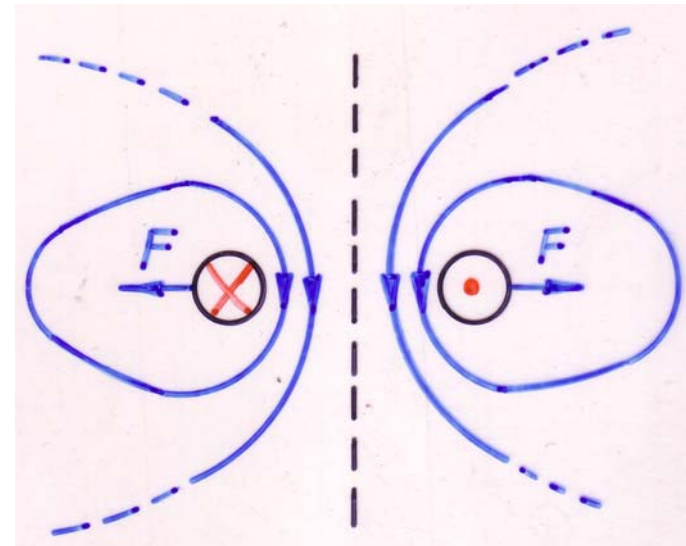
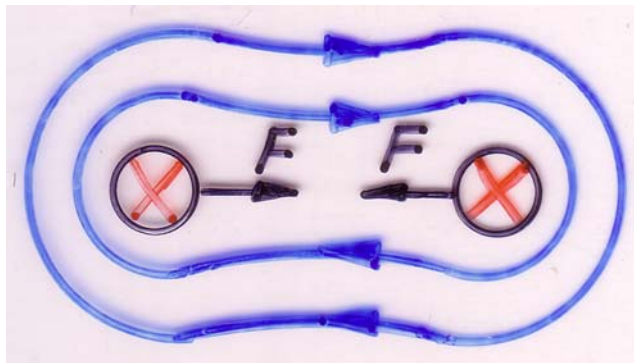


Ellentétes irányú áramok:



AZ ELEKTRODINAMIKAI ERŐHATÁS

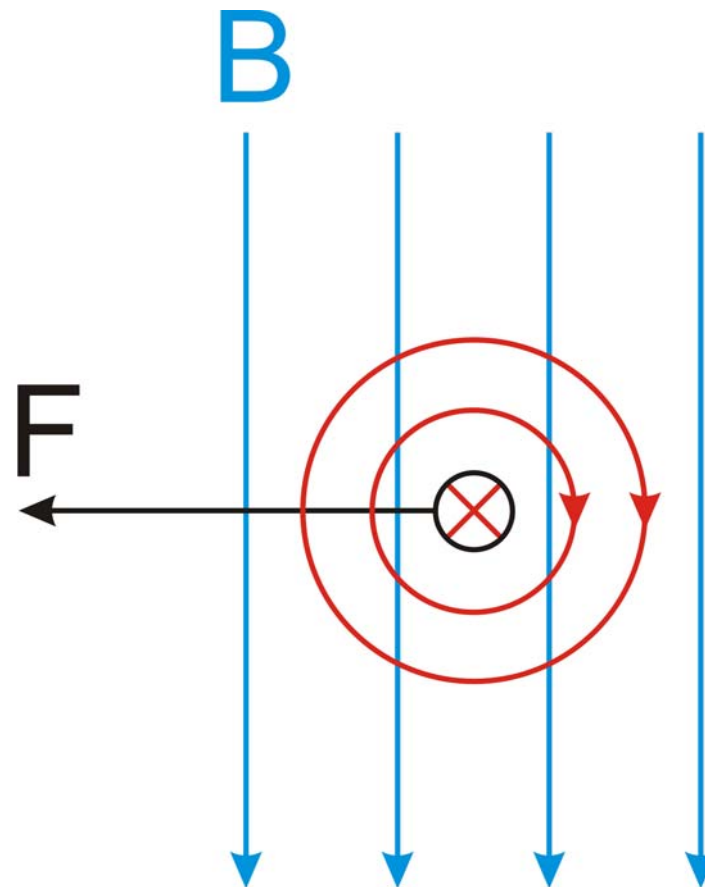
Eredő indukcióvonalkép:



MÁGNESES TÉRBE HELYEZETT ÁRAMJÁRTA VEZETŐRE HATÓ ERŐ

Motor-elv:

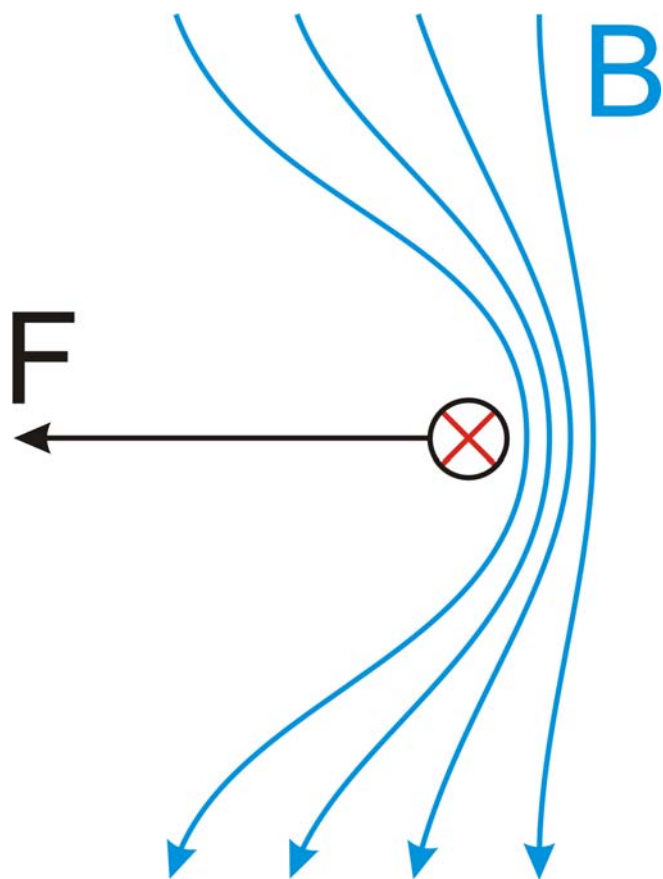
Egyező irányú indukcióvonalak (taszítás)



MÁGNESES TÉRBE HELYEZETT ÁRAMJÁRTA VEZETŐRE HATÓ ERŐ

Motor-elv:

Eredő indukcióvonalkép:



**az indukcióvonalak
gumiszalag módjára
rövidülni igyekeznek**

MÁGNESES TÉRBE HELYEZETT ÁRAMJÁRTA VEZETŐRE HATÓ ERŐ

Motor-elv:

A mágneses térbe helyezett áramjárta vezetőre ható **F** erő egyenesen arányos a mágneses tér **B** indukciójával, a vezetőkön folyó **I** áramsűrűséggel és az indukcióvonalakra merőleges **l** vezetékhozzal.

$$F = B \cdot I \cdot l \quad [\mathbf{N}]$$

MOTOROS BALKÉZSZABÁLY

Ha **balkezünket** úgy helyezzük a mágneses térbe, hogy annak **indukcióvonalai** nyitott tenyerünkbe **mutassanak** és négy ujjunk az áram irányába **mutasson**, akkor **kifeszített hüvelykujjunk az erőhatás irányát** adja meg.