

## Elektrotechnika 3. zh

### Gyakorlati áramkör-számítási technikák és konvenciók: egy- és háromfázisú hálózatok számítása

**Az egyfázisú rendszerek áramai és feszültségei. A pozitív irányrendszer fogyasztói és generátoros teljesítményre: a feszültségek és áramok pozitív irányai.**

Az **egyfázisú váltakozó áramú** összeköttetés állandósult (kvázistacioner) állapotára és egy adott helyre vonatkoztatott viszonyait az ábra szerinti áram, feszültség és teljesítmény kisbetűvel jelölt időfüggvényeivel, vagy komplex jellemzőket használva a felülhúzott nagybetűvel jelölt fázor-mennyiségekkel írhatjuk le

#### Komponensek:

- Áram-, és feszültségforrások
- Impedanciák:
  - ellenállás
  - tekercs
  - kondenzátor

A komponensek lehetnek sorosan, vagy párhuzamosan kapcsolva.

A feszültségforrás **feszültség-idő** függvénye:

$$u(t) = U_0 \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

- $U_0$  [V] a feszültség csúcsértéke,
- $\omega$ : rad/s a körfrekvencia.
- összefüggése a frekvenciával:  $\omega = 2\pi f$ .

A feszültség **effektív értéke** definíció szerint:

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$

ahol  $T$  a periódusidő.

**Sinus-os feszültség** esetében:

$$U_{eff} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

**Lineáris rendszer** esetében a sinus-os feszültség sinus-os áramot hoz létre az impedanciákon.

$$i(t) = I_0 \cdot \cos(\omega \cdot t - \phi)$$

- $I_0$  [Amper] az áram csúcsértéke
- $\phi$  a feszültséghez képesti fáziskülönbség
- Az áram effektív értéke a feszültség effektív értékével analóg módon számítható.

Az általánosított Ohm-törvény értelmében egy adott  $Z$  impedancián:

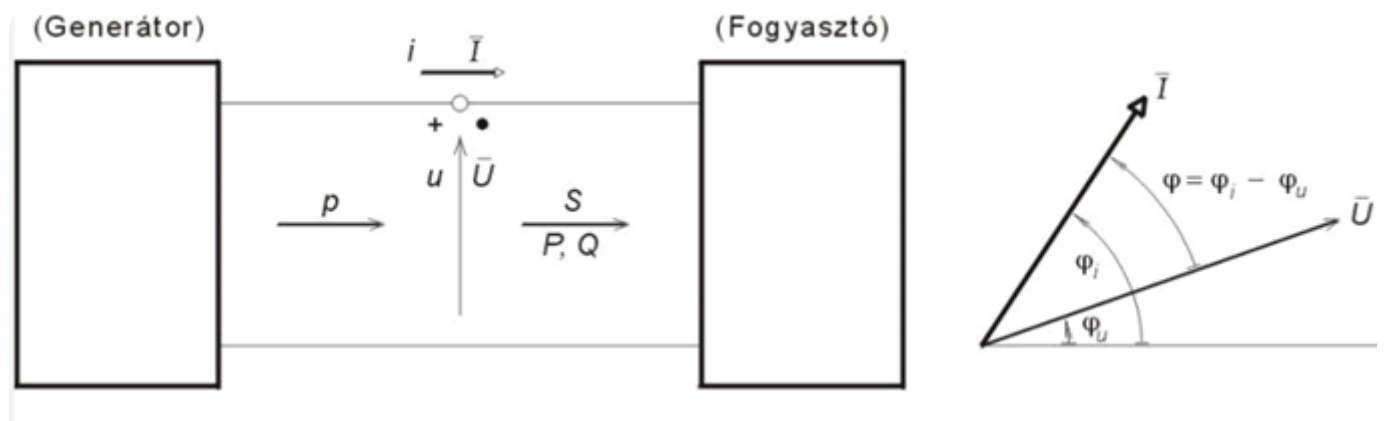
$$U_{eff} = Z \cdot I_{eff}$$

Az egyfázisú rendszer: megjegyezzük, hogy általános esetben

- az áram fázishelyzetét:  $\varphi_i$
- a feszültségét:  $\varphi_u$

írja le. Ha referenciaként a feszültség fázishelyzetét választjuk, akkor az előzőekben feltételezettek szerint:

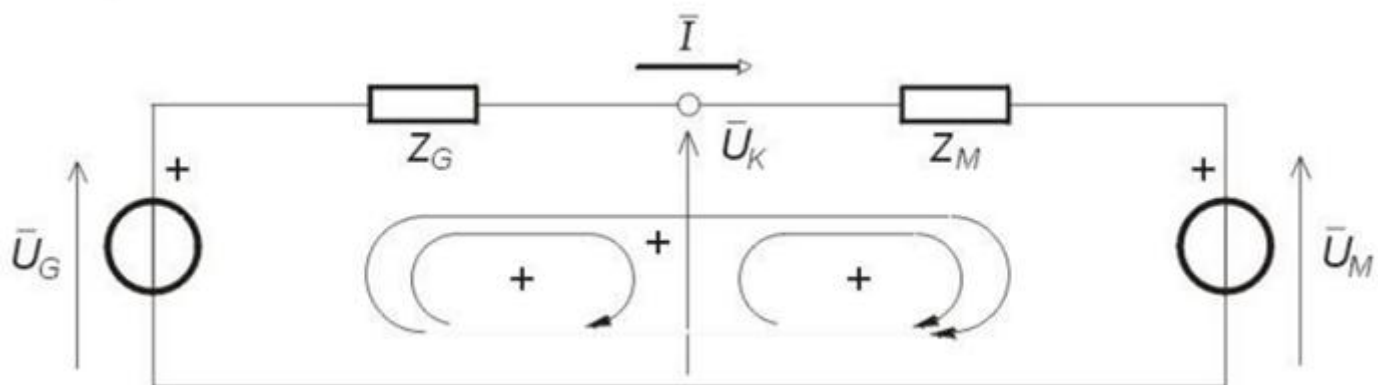
$$\varphi_u = 0 \text{ és } \varphi_i = \varphi$$



### Pozitív irányrendszer: fogyasztói és generátoros teljesítményre

**Pozitív irányrendszer:** két pont közötti feszültség referencia (pozitív) iránya **önkéntesen választható** és azt a kisebb potenciálúnak feltételezett referenciaponttól a nagyobb pont felé mutató nyíllal (jelek1-ben pont fordítva volt), vagy a nagyobb potenciálú pontnál elhelyezett + jellel tüntetjük fel.

Egy feszültség akkor **pozitív**, ha a neki megfelelő térerősségnek a pozitív irány szerinti **vonaltintegrálja pozitív**. Gyakorlatilag ez azt jelenti, hogy a pozitív (körüljárási) iránnyal megegyező polaritású forrás-feszültség (elektromotoros erő), azaz feszültségemelkedés pozitív, a körüljárási iránnyal megegyező irányban folyó (pozitív) áram által okozott feszültségcsökkenés pedig **negatív**.



### Pozitív irányrendszer: feszültségre, áramra, hurokra

**Hurokegyenletek alkalmazása. Ohmos és induktív fogyasztó komplex impedanciája, árama és teljesítménye.**

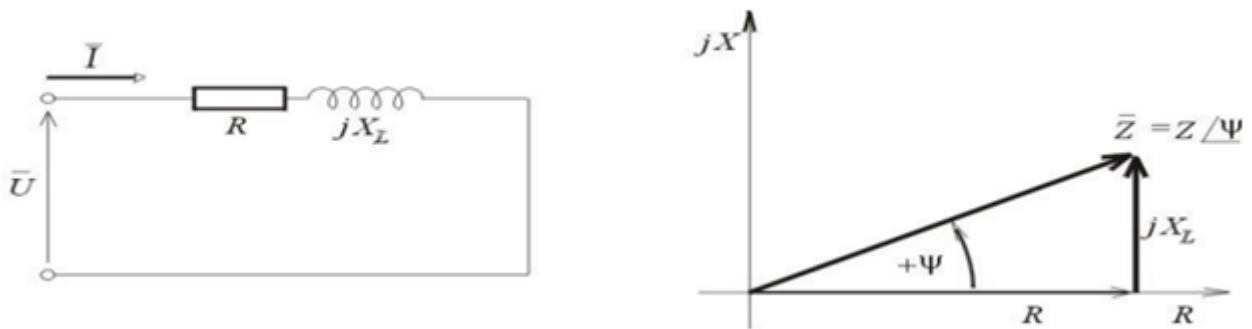
Kirchhoff feszültségtörvénye alapján egy hurok mentén a **feszültségek előjeles összege zérus**. Egy hurokegyenlet felírása ennek a törvénynek az alkalmazása egy adott hálózatra, jellemzően abból a célból, hogy a hálózat egy ismeretlen paraméterét ez által meghatározzuk.

Ohmos és induktív fogyasztó (amilyen például a motor modellje) egy soros  $R$ – $L$  tag. Innen következik, hogy komplex impedanciájának szöge pozitív:

$$\bar{Z} = R + j\omega L$$

- áramának a feszültségéhez viszonyított szöge **negatív** :
- a komplex teljesítményének szöge pedig **pozitív**.

$$\bar{I} = \frac{\bar{U}}{\bar{Z}}$$



**A tipikus ohmos és induktív fogyasztó, komplex impedanciája, árama és teljesítménye**

**Egyfázisú rendszer teljesítmény-fogalmak. Különböző típusú fogyasztók feszültség–áram fázora és teljesítménye.**

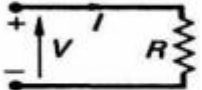
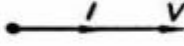
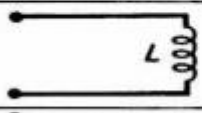
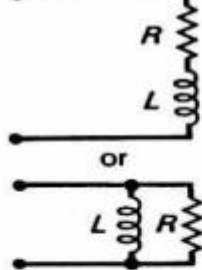
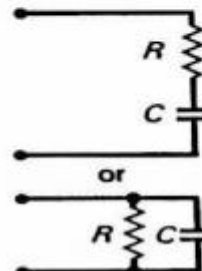
**Az egyes teljesítmény-fajták:**

- Pillanatnyi teljesítmény:  $p(t) = u(t) \cdot i(t)$ .
- Pillanatnyi hatásos teljesítmény:  $P = U I \cos \phi$ .
- Pillanatnyi meddő teljesítmény:  $Q = U I \sin \phi$ .
- Pillanatnyi látszólagos teljesítmény:  $S = U I$
- Komplex teljesítmény:  $\bar{S} = P + jQ$

A különböző típusú fogyasztók impedanciáinak kifejezése, áramuk feszültségükhöz képesti fázisszöge

| Fogyasztó | $Z$                   | $\varphi$   | $P$     | $Q$     |
|-----------|-----------------------|-------------|---------|---------|
| Ohmos     | $R$                   | $0^\circ$   | $P > 0$ | $Q = 0$ |
| Induktív  | $j\omega L$           | $90^\circ$  | $P = 0$ | $Q > 0$ |
| Kapacitív | $\frac{1}{j\omega C}$ | $-90^\circ$ | $P = 0$ | $Q < 0$ |

Table 2-1

| Load type                                                                          | Phasor relation                                                                     | Phase angle            | Power absorbed by load |         |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|---------|
|                                                                                    |                                                                                     |                        | $P$                    | $Q$     |
|   |    | $\phi = 0$             | $P > 0$                | $Q = 0$ |
|   |    | $\phi = +90^\circ$     | $P = 0$                | $Q > 0$ |
|   |    | $\phi = -90^\circ$     | $P = 0$                | $Q < 0$ |
|   |    | $0 < \phi < +90^\circ$ | $P > 0$                | $Q > 0$ |
|  |  | $-90 < \phi < 0$       | $P > 0$                | $Q < 0$ |

Különböző típusú fogyasztók feszültség – áram fazora és teljesítményének előjele

**Generátoros és fogyasztói teljesítmény előjelek értelmezése. Teljesítménymérő bekötése a fogyasztói pozitív irány szerint. Generátor, távvezeték és fogyasztó rendszer áramai és teljesítménye.**

**Generátoros és fogyasztói teljesítmény előjeleinek értelmezése:**

Az alkalmazott irányrendszer lényege az, hogy egyrészt a tipikusnak tekinthető ohmos és induktív (motoros) fogyasztó által a fogyasztói irányrendszerben felvett hatásos és induktív meddőteljesítmény is pozitív, másrészt az ilyen fogyasztót ellátó generátornak a generátoros irányrendszerben szintén pozitív mind a termelt hatásos teljesítménye, mind pedig a kapacitív jellegű (túlgerjesztéses) meddőteljesítménye.

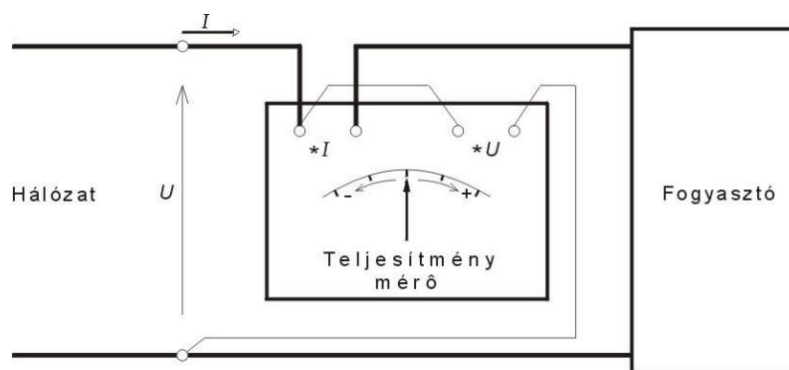
| Oldal   | Generátoros               |                             | Fogyasztói                   |                             |
|---------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
|         | Hatásos                   | Meddő                       | Hatásos                      | Meddő                       |
| Pozitív | Termelés<br>(betáplálás)  | Kapacitív<br>(szolgáltatás) | Fogyasztás<br>(felvétel)     | Induktív<br>(nyelés)        |
| Negatív | Fogyasztás<br>(vételezés) | Induktív<br>(nyelés)        | Termelés<br>(visszatáplálás) | Kapacitív<br>(szolgáltatás) |

**Teljesítménymérő bekötése:** Azt, hogy a teljesítmény értelmezéséhez használt irányrendszer nem csak az összefüggések felírásához használatos valamiféle fikció, jól érzékelteti az, hogy enélkül nem lehetséges a

teljesítmény-mérő bekötése olyan módon, hogy annak kitérése (polaritása) és a teljesítmény áramlás iránya közötti kapcsolat egyértelműen megoldható legyen.

A teljesítmény mérőt [Wmérőt vagy var- mérőt (Volt-Amper-reaktív)] úgy kell bekötni, hogy a feltételezett teljesítmény áramlás irányába mutató áram az áramkapocs-pár jelölt kapcsánál lépjen be a mérőbe, a nagyobb potenciálúnak feltételezett (fázis) vezető pedig a feszültség kapocspár jelölt pontjához csatlakozzék. Legyenek a következő jelölések:

- $U_G$  a generátor feszültsége.
- $\bar{I}$  a kör árama.
- $RV, LV$  a távvezeték leképező impedanciák,  $\bar{U}$  V a távvezetéken (tehát az azt leképező soros  $R-L$  tagon) eső feszültség.
- $R, L$  a fogyasztót leképező impedanciák,  $\bar{U}$  a fogyasztó (tehát az azt leképező párhuzamos  $R-L$  tag) kapocsfeszültsége.



**Generátor, távvezeték és fogyasztó rendszer áramai és teljesítménye.**



**Fogyasztó**

- **árama:**
  - wattos:

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

- meddő: ( $X$  reaktancia)

$$\bar{I}_m = -j \frac{\bar{U}}{X}$$

- **teljesítménye:**
  - hatásos

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

- meddő:

$$Q = \frac{U^2}{X}$$

**Vezeték:** soros  $R_v$  ellenálláson és  $X_v$  reaktanciáján fellépő hatásos és meddő veszteség:

$$P_v = R_v I^2 \quad \text{és} \quad Q_v = X_v I^2$$

**Generátor teljesítmény:**

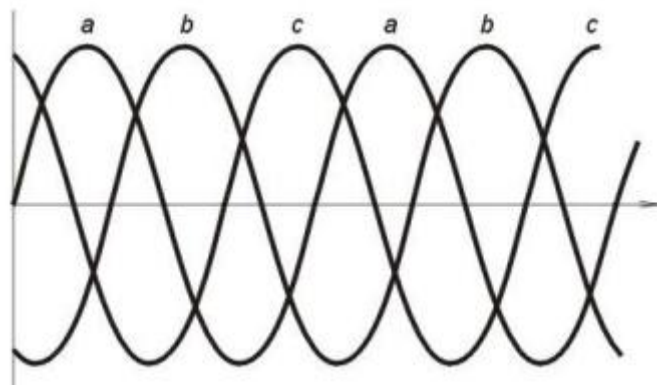
$$\bar{S}_G = P_G + jQ_G$$

$$P_G = P + P_v \quad \text{és} \quad Q_G = Q + Q_v$$

### **Szimmetrikus háromfázisú rendszer jellemzése, áram- és feszültségviszonyai; vonali és fázismennyiségek, csillag és delta kapcsolás.**

A villamos energia termelése, átvitele, elosztása és felhasználása **szinte kizárólag** váltakozó áramú, háromfázisú rendszerben történik. Ez alól csak a nagytávolságú, nagyfeszültségű, egyenáramú átvitel és a kisteljesítményű egyedi fogyasztók képeznek kivételt. Különleges, nem háromfázisú nagy fogyasztót jelentenek a váltakozó áramú villamos nagyvasutak is. A háromfázisú rendszer mellett szól mindenekelőtt az, hogy a **térben 120 fokos** irányokban elhelyezkedő, három tekercsből álló **viszonylag egyszerű** rendszerben - forgó mágneses mező hatására létrehozható az időben 120 fokkal eltolt háromfázisú elektromotoros-erő rendszer (szinkron generátor) - az időben 120 fokkal eltolt fázisáramok forgó mágneses mezőt eredményeznek, ami az egyszerű (aszinkron) motor alapja.

- **Szimmetrikus háromfázisú** rendszerben a feszültségek és az áramok fázorjai egymáshoz képest 120°-os szögben látszanak, nagyságuk ugyanakkora. A **vonali feszültségek** az egyes fázisok egymáshoz viszonyított feszültségei.
- A három fázis áram-fázorainak **vektoros összege nulla**. Ezért a szimmetrikus háromfázisú rendszer nem igényel visszavezetést, vagy ha van visszavezetés, akkor az árammentes.
- A szimmetrikus rendszert képező három fázisfeszültség fázorainak vektoros összege nulla. Ezért a csillagponti potenciál megegyezik a **földpotenciállal**.
- A vonali feszültségek is szimmetrikus rendszert képeznek. A vonali feszültség  $U_v$  effektív értéke a fázisfeszültség  $U_f$  effektív értékének  $\sqrt{3}$  szorosa.
- Megjegyezzük, hogy a fázisok azonosítására gyakran az  $R, S, T$  jelölést használják. A **fázisfeszültségek** definíciószerűen az egyes fázisok és a föld közötti feszültségek. Az a fázis kezdő szögét nullának véve a fázisfeszültségek



### Feszültség/időfüggvények:

$$U_a(t) = \sqrt{2} \cdot U_{eff} \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

$$U_b(t) = \sqrt{2} \cdot U_{eff} \cdot \cos(\omega \cdot t - 120)$$

$$U_c(t) = \sqrt{2} \cdot U_{eff} \cdot \cos(\omega \cdot t + 120)$$

### Áram/időfüggvények:

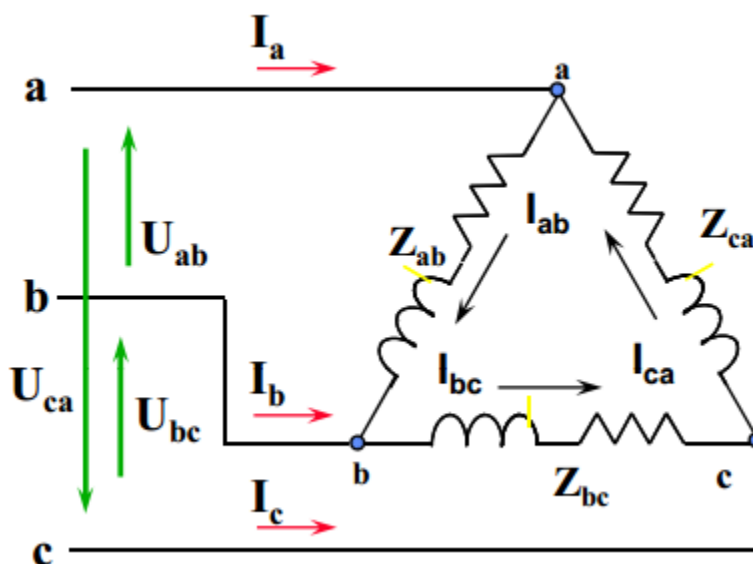
$$I_a(t) = \sqrt{2} \cdot I_{eff} \cdot \cos(\omega \cdot t + \phi)$$

$$I_b(t) = \sqrt{2} \cdot I_{eff} \cdot \cos(\omega \cdot t - 120 + \phi)$$

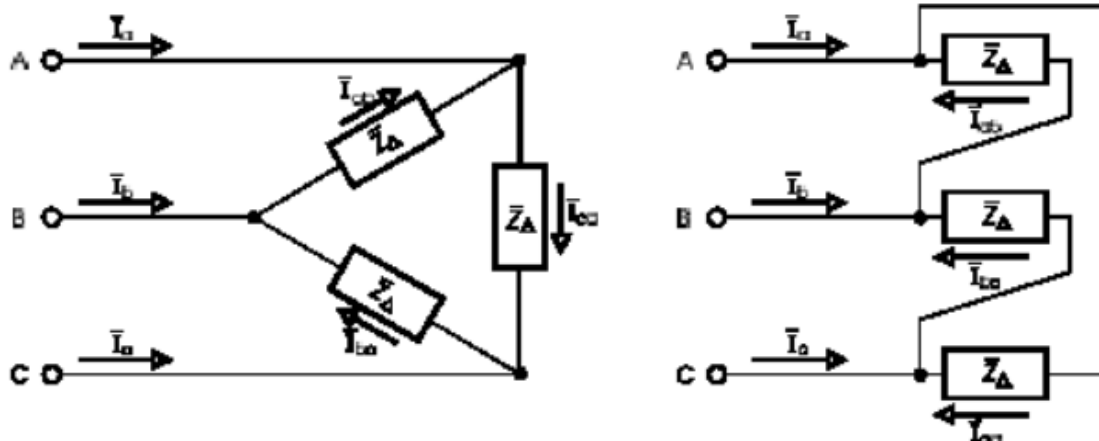
$$I_c(t) = \sqrt{2} \cdot I_{eff} \cdot \cos(\omega \cdot t + 120 + \phi)$$

### Delta kapcsolás:

Egy delta (háromszög) kapcsolású fogyasztó Z impedanciái a vonali feszültségekre vannak kapcsolva. A delta ágakon folyó áramok és a vonali áramok közötti kapcsolat:

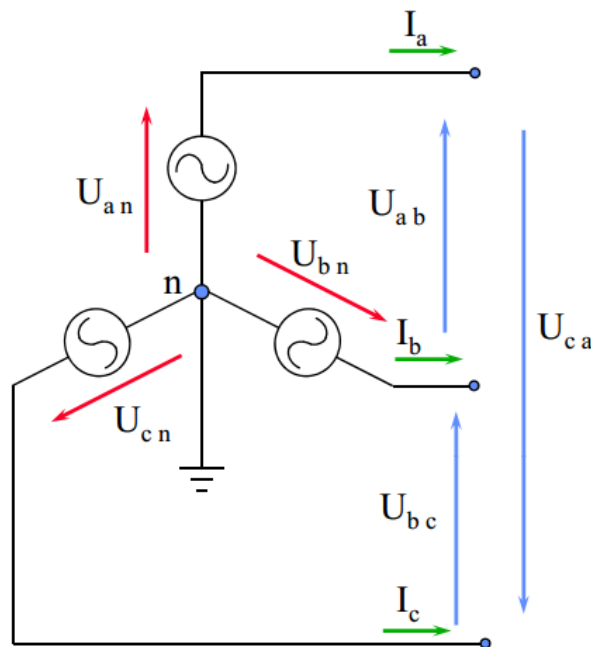
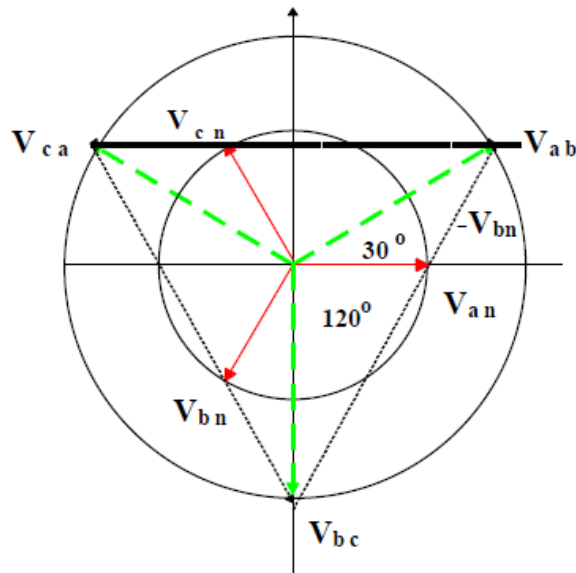


Deltakapcsolások



## Csillag (Y) kapcsolású rendszer

- Fázorábrát használunk a feszültségek megjelenítésére és számítására
- Az Y-kapcsolásban megjelennek a
  - fázis- és a**
  - vonali feszültségek.**
- A fázisfeszültségek egymáshoz képest 120-120 fokkal vannak eltolva.
- Hasonlóképpen a vonali feszültségek is egymáshoz képest 120-120 fokkal vannak eltolva.
- A vonali feszültsége 30 fokkal siet a fázisfeszültséghez képest.
- A vonali feszültség nagysága (effektív értéke)  $\sqrt{3}$ -szorosa a fázisfeszültségnek.



### **Vonali feszültségek fázorai:**

- A háromfázisú rendszerben a fázisfeszültségeken kívül értelmezhetők a vezetők közötti ún. vonali feszültségek fázorai.
- Nyilvánvaló, hogy a vonali feszültségek fázorai is szimmetrikus pozitív sorrendű rendszert alkotnak.
- A vonali feszültségek is szimmetrikus rendszert képeznek. A vonali feszültség  $U_v$  effektív értéke a fázisfeszültség  $U_f$  effektív értékének  $\sqrt{3}$  szorosa.

### **Szimmetrikus háromfázisú rendszer teljesítmény összefüggései; a meddő teljesítmény értelmezése.**

A háromfázisú teljesítmény időfüggvényét az egyes fázisok teljesítményidőfüggvényeinek az **összege** adja meg a következő összefüggés szerint:



$$p_{3f}(t) = u_a(t)i_a(t) + u_b(t)i_b(t) + u_c(t)i_c(t)$$

A szimmetrikus rendszerre vonatkozó feszültség- és áram időfüggvényeket behelyettesítve, az egyfázisú teljesítmény összefüggéseket az egyes fázisteljesítményekre alkalmazva az összegezés után a háromfázisú teljesítményre az alábbi eredmény adódik:

$$p_{3f}(t) = P_{3f} = 3 \cdot U_f \cdot I \cdot \cos\phi = 3 \cdot P_{1f}$$

Megállapítható, hogy a háromfázisú pillanatnyi teljesítmény az **időben állandó**, nagysága pedig az egyfázisú

$$P_{1f} = U_f \cdot I \cdot \cos\phi$$

hatásos teljesítménynek a háromszorosa.

### A szimmetrikus háromfázisú rendszer: Q

Az a tény, hogy a háromfázisú teljesítménynek nincs lengő része, azt sugallja, hogy a háromfázisú rendszerben nincs meddő teljesítmény, vagy legalábbis a meddő teljesítménynek nincs jelentősége. A valódi helyzet azonban az, hogy a háromfázisú rendszer három egyfázisú hálózathoz az együttese, ezért az egyfázisú hálózatra lezármasztott **összefüggés az egyes fázisokra külön-külön alkalmazható**.

A fázisonkénti meddő teljesítmények az egyes fázisok tekercseiben folyó áramhoz tartozó mágneses térben tárolt energiáknak felelnek meg. A szimmetrikus háromfázisú rendszernek az a különleges tulajdonsága, hogy minden pillanatban a felépülő és lebomló terekkel **kapcsolatos meddő teljesítmény előjelhelyes összege nulla**.

A fenti megfontolás szerint a háromfázisú meddő teljesítmény a korábban bemutatott összefüggés szerinti egyfázisú meddő teljesítmény háromszorosa, azaz:

$$Q_{3f} = 3Q_f = 3U_f I \sin\phi$$

A háromfázisú hatásos és meddő teljesítmény komponensekből képzett háromfázisú komplex látszólagos teljesítmény:

$$\overline{S}_{3f} = P_{3f} + jQ_{3f}$$

### A háromfázisú vektorok módszere

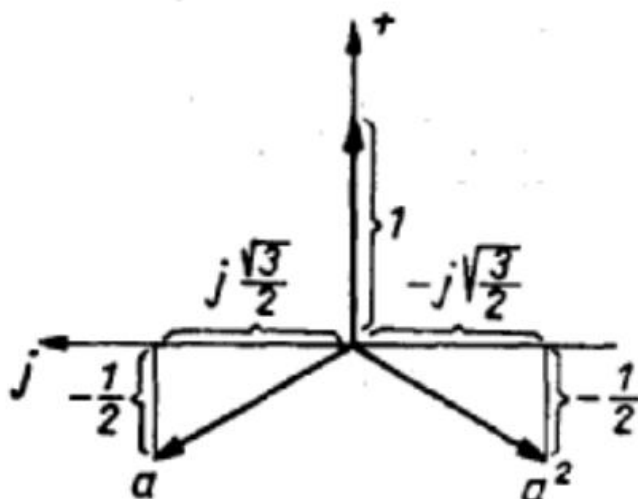
**Definíció. Fizikai bevezetés. Háromfázisú tekercselés térvektora. Térvektor szerkesztése háromfázisú szimmetrikus állapotban.**

Az eredő háromfázisú áramvektor **definíciószerűen**:

$$\vec{i} = i_{valós} + j i_{képzetes} = \frac{2}{3} \left[ i_a + \left( -\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) i_b + \left( -\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) i_c \right]$$

háromfázisú áramvektor definíciós egyenlete:

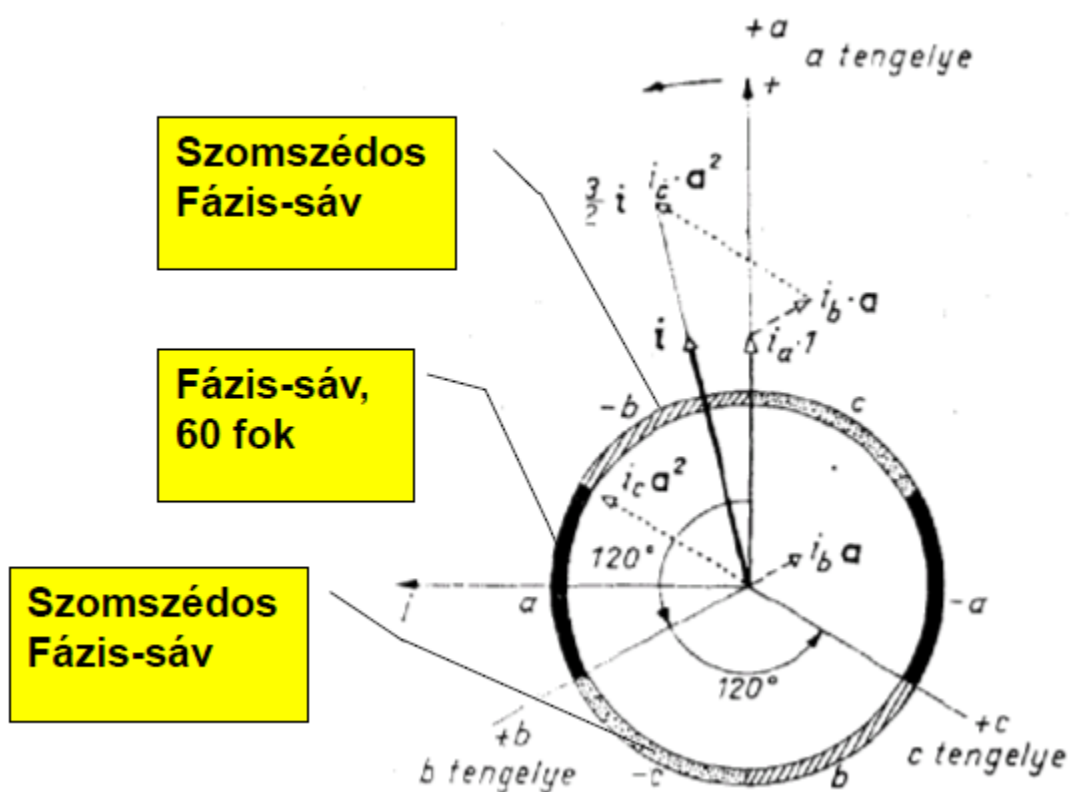
$$i = \frac{2}{3}(i_a + ai_b + a^2 i_c)$$



A háromfázisú egységvektorok komplex alakja

A **definíció** ebben az eredeti fogalmazásban **tiszta matematikai műveletet**, koordináta transzformációt jelent. A villamos forgógépekben azonban a háromfázisú vektoroknak szemléletes **fizikai** értelmezést is tulajdoníthatunk, ami gépeink belső viszonyainak kitűnő áttekintésére és pl. gép-áramirányító rendszer egyedülálló vizsgálatára, valamint más sajátos előnyökre vezet, amelyek következtében a módszer világszerte elterjedt.

A **fizikai bevezetés**: a következőkben bemutatásra kerülő fizikai értelmezés, ill. fizikai bevezetés az alapja a vektoroknak a szűkebb, a villamos gépek elméletében használatos másik nevének, a **térvektor** elnevezésnek. A **háromfázisú vektor** név tehát az általánosabb. A térvektor elnevezést és értelmezést előbbi szűkebb területre vonatkozó alfajának tekinthetjük. Szokásos még a Park-vektor, Rác-vektor, eredővektor, és a félreérthető „szimmetrikus összetevők pillanatértéke” elnevezés is.



A szimmetrikus állandósult állapot háromfázisú vektorának szerkesztése

**Háromfázisú tekercselés térvektora** : Egy fázistekercs áramának tetszőlegesen kiragadott pillanatértékéhez tehát a tekercs tengelyének irányában elhelyezkedő rögzített helyzetű, a pillanatérték nagyságával és előjelével megszabott hosszúságú és értelmű áram fázis-térvektor tartozik. Az egyes fázistekercsek tengelyeit a  $0, 120^\circ$ , ill.  $240^\circ$  térbeli szöggel elforgatott egységvektorok, tehát  $1, a$  és  $a^2$  jelölik ki.

Tetszőleges kiragadott pillanatban a három fázistekercs áramainak összetartozó pillanatértékeihez tartozó áram fázis-térvektorait a tekercsek tengelyeiben, tehát az  $1, a, a^2$  irányokban - értelemszerűen helyesen - felrajzolva és vektorosan összegezve a háromfázisú tekercselés térvektorát nyerjük.

Az eredő áramtérvektort - alább látható okokból - célszerűen nem a három fázisvektor összegével **hanem annak 2/3 részével** jellemezzük

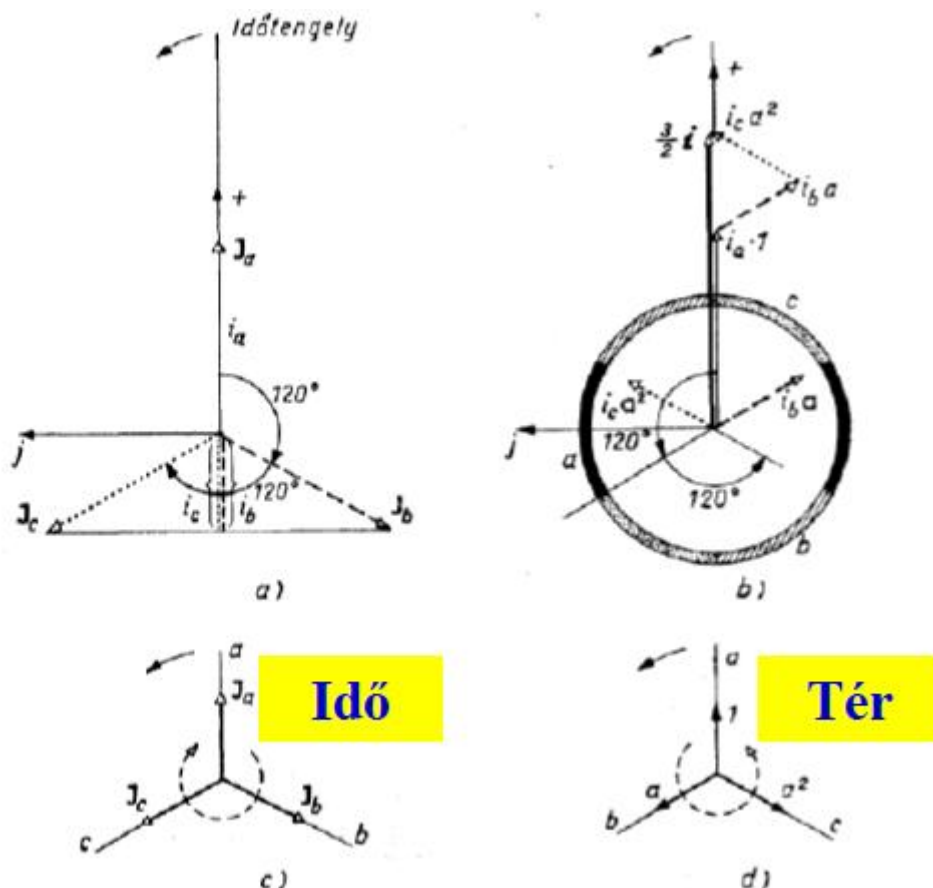
$$i = \frac{2}{3}(i_a + ai_b + a^2i_c)$$

Ez az áram háromfázisú vektora, Park-vektora vagy térvektora. A három fázisáramot egyetlen mennyiségben összefoglalva jellemeztük.

A Park-vektort a fázisáramok tetszőleges összetartozó pillanatértékeire egy adott kiragadott időpontra definiáltuk és rajzoltuk fel. **Az tehát az áramok tetszőleges időbeli változásakor alkalmazható.**

A fázisvektorok összegzésének feltétele a kerület menti szinuszos változás volt. Az eredő térvektorok alkalmazásának feltétele így definíciójuk értelmében - a szimmetrikus felépítésű háromfázisú tekercselés mellett - az egyes mennyiségek **szinuszos kerület menti eloszlása**.

A térvektor értelmezésének megkönnyítésére rajzoljuk fel néhány jellegzetes esetre az eredő háromfázisú vektor változását, végpontjainak geometriai helyét. Ezt úgy követhetjük a legkényelmesebben, ha az áramok időbeli változásának egymást elég sűrűn követő pillanataiban megszerkesztjük az eredővektort.



## A háromfázisú vektor mint transzformáció: pillanatértékek képzése, zérussorrendű mennyiségek kezelése.

A Park-vektor vetületei a fázistengelyekre a fázismennyiségek pillanatértékeit adják előjelre helyesen.

$$a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \quad a^2 = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \quad i_a + i_b + i_c = 0$$

Így az összefüggésekkel:

$$\operatorname{Re}[i] = \operatorname{Re}\left[\frac{2}{3}(i_a + ai_b + a^2i_c)\right] = \frac{2}{3}\left(i_a - \frac{i_b}{2} - \frac{i_c}{2}\right) = i_a$$

A térvektor síkvektor, amelyet két adat (pl. a két komponense vagy a nagysága és fázisszöge) meghatároz. Ez a három fázisáramot azáltal determinálja, hogy mint láttuk, azok nem függetlenek, hanem az

$$i_a + i_b + i_c = 0$$

egyenlet köti őket össze.

Ha most elhagyjuk ezt az eddigi kikötésünket, és feltesszük, hogy zérus sorrendű áram is folyik, akkor a fázisáramok pillanatértékei így:

$$i_a + i_b + i_c = 3i_0$$

A térvektor a zérus sorrendű áramot nem tartalmazza, mert az kiesik.

A zérus sorrendű áramot tehát külön kell figyelembe venni. A térvektorra vezető koordinátatranszformáció egyenletei tehát az összetevéskor- a fázismennyiségekből a vektormennyiségek irányában

### Szimmetrikus állandósult állapot: az idővektor és a térvektor kapcsolata pozitív és negatív sorrendű áramrendszerek esetében.

Az állandósult pozitív sorrendű szimmetrikus állapotban az áramvektor kifejezése definíciója alapján:

$$i = \frac{2}{3}[I_+ \cos(\omega t + \varphi_+) + aI_+ \cos(\omega t + \varphi_+ - 120^\circ) + a^2I_+ \cos(\omega t + \varphi_+ - 240^\circ)]$$

A fázisáramok itt

- egyenlő nagyságú,
- egymástól időben egyező szögekkel eltolt és
- a választott fázissorrenddel megegyező sorrendű,

tehát tiszta pozitív sorrendű szimmetrikus áramrendszert alkotnak. Így a következőben + indexet alkalmazunk.

A szimmetrikus állandósult állapotban tehát a térvektor megegyezik a komplex idővektorral, ha tetszik, az „a” fázis komplexorává fajul el.

A vektor állandó szögsebességgel forog és végpontja kört ír le. Vetületei egy megfelelő időtengelyre az áram szinuszosan változó pillanatértékeit szolgáltatják.

Ilyenkor a térvektorok ábrái és a szokásos időbeli vektorábrák megegyeznek, és így azokat egymás helyett lehet rajzolni, ill. az egyikből a másik nyerhető. Ez a „felcserélhetőség” azonban csak ebben a speciális üzemállapotban érvényes.

**Az állandósult állapot:** tiszta negatív sorrendű szimmetrikus állandósult háromfázisú áramrendszer esetén a kifejezésben az ellenkező fázissorrendnek megfelelően  $a^2$  és  $a$  helyet cserélnek, és így ebben az esetben

Negatív sorrendű szimmetrikus áramrendszer esetén a térvektor az „ $a$ ” fázis negatív sorrendű idővektorának konjugáltjával egyenlő. A térvektor így  $I_a^*$  amplitúdóval a választott forgásiránnyal ellentétes irányban állandó szögsebességgel szinkron forog körbe.

Hangsúlyoznunk kell, hogy a pozitív, ill. negatív sorrendű mennyiségek:

- **idővektorai** a komplex időszámsíkon egyformán pozitív irányban, tehát egyezően forognak
- és csak a **térvektorok** komplex térszámsíkján forog a negatív sorrendű térvektor a konjugált képzés következtében a pozitív sorrendű térvektorral ellenkező, negatív irányban.

Ha

- a pozitív és negatív sorrendű összetevő egyenlő nagy, az ellipszis egyenessé, tehát a mező tiszta lüktetőmezővé fajul el,

ha pedig

- $I^+$  vagy  $I^-$  zérus, akkor kört, tehát tiszta körforgó mezőt kapunk.

## Transzformátorok:

**Példák vasmagos és vasmentes tekercsekre. A transzformátorok jellegzetességei és alkalmazásai.**

A transzformátor adott áramú és feszültségű teljesítményt más áramú és feszültségű teljesítménnyé alakít adott frekvencia mellett. Néha a fázisszám is változik. Mi a figyelmünket az energiaátviteli transzformátorokra koncentráljuk.

Ha az áramerősség, a menetszám és az alkalmazott térerősség **nem különböznek, nagyságrendekkel több** vasat tudunk felmágnesezni, mint levegőt, ez a különbség a két anyag **permeabilitásának** arányából ered. A számítás alapja a következő képlet:

$$B = \mu_0 \mu_r \cdot \frac{N \cdot I}{l}$$

A vas relatív permeabilitása ( $\mu_r$ ) legyen 10000, a levegőé 1. Az  $l$  hosszúságot keressük

A többi paraméter azonos. Ekkor felírhatjuk:

$$\mu_0 \mu_r \cdot \frac{N \cdot I}{l_{\text{vas}}} = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{l_{\text{levegő}}}$$

Átrendezve és egyszerűsítve azt kapjuk, hogy:

$$\mu_r = \frac{l_{\text{vas}}}{l_{\text{levegő}}}$$

Tehát a példában szereplő értékkel, **ugyanakkora gerjesztés** mellett 10000-szer olyan hosszú vasszakaszt tudunk felmágnesezni, mint levegő–szakaszt. Ezek alapján érthető, hogy **hagyományosan vasmagos** tekercselést alkalmazunk a megfelelő nagyságú mágneses tér létrehozása céljából. Ennek a megoldásnak a **hátránya**, hogy a **vas telítődése** miatt csak kb.  $2T$  indukcióig alkalmazható. **Nagy mágneses** terek veszteségmentes előállítására kínálózkodó megoldás a **szupravezetős tekercsek** alkalmazása.

### Jellegzetességek:

- Az energiaátviteli transzformátorok feszültség–transzfomátorok, azaz feszültségkényszer hatása alatt üzemelnek.
- **Fázisszám:** háromfázisú rendszerek terjedtek el. Az egységeket vagy három egyfázisú, vagy egy háromfázisú transzformátorból alakítják ki.
- **Növekedési törvények:** tendenciaszerű összefüggés van érvényben a transzformátorok egységteljesítménye és méretei között.

A transzformátorok **alkalmazásának okai:** A termelés–szállítás–felhasználás feszültség-és áramszintje más-és más:

- **Termelés:** generátorok feszültség-szintje  $10\text{ kV}$  nagyságrendű. Ez a szint várhatóan növelhető például szupravezetős generátorok kifejlesztésével és alkalmazásával.
- **Szállítás:** a szállítási veszteségek csökkentése az áramerősség csökkentésével érhető el. Ehhez azonban a feszültség szint növelése szükséges.
- **Felhasználás:** a fogyasztó védelme viszonylag kis feszültségek alkalmazását engedi meg.

### Növekedési törvények.

- A transzformátorok mágneses és villamos igénybevételei, a **mágneses fluxus és a villamos áramerősség** a geometriai méretekkel ( $L$ ) **négyzetesen** változnak, így a transzformátor **névleges teljesítménye** ( $S$ ) a geometriai méretek **negyedik hatványával** arányos:  $S \sim L^4$
- A súly ( $G$ ) és a villamos gépek azzal arányos ára ( $A$ ) arányos a köbtartalommal, tehát:  $G \sim A \sim L^3 \sim S^{3/4}$  tehát növekvő teljesítmény mellett csökken a fajlagos súly és a fajlagos ár.
- A vas- és rézveszteségek és a mágneses meddő teljesítmény is a súllyal arányosak, **tehát a teljesítmény növekedésével a hatásfok is javul.**
- A szükséges hűtőfelület nagysága a **lineáris méret négyzetével nő**, tehát növekvő teljesítmény mellett egyre intenzívebb hűtés szükséges.

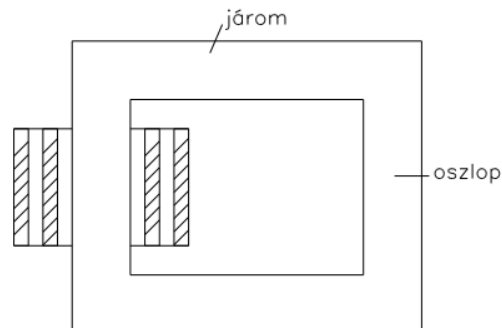
Előnyös tehát nagyobb egységteljesítményű transzformátorokat gyártani

### Működési elv, a vasmag, a vasveszteség, a tekercselés.

**Működési elv:** működése során a transzformátor primer oldalán a váltakozó áram a vasmagban változó mágneses fluxust kelt, ami a szekunder áramkörben feszültséget indukál. A szekunder oldalra terhelést kapcsolva megindul a szekunder áram, és ezzel valósul meg az energiaátvitel.

### A vasmag:

- Elősegíti, hogy a szükséges mágneses indukciót minél **kisebb gerjesztő** (mágnesező) áram hozza létre.
- Elősegíti a mágneses fluxus előírt útvonalra történő **terelését**.
- A **vasveszteség csökkentése** érdekében lemezel.
- A kör keresztmetszet minél jobb közelítése érdekében **lépcsőzött**.



### A tekercselés:

- A legegyszerűbb a **hengeres** tekercselés.
- A tekercsek egymásba vannak tolva a két tekercs közötti szoros csatolás végett.
- Kívül van a nagyfeszültségű, belül a kisfeszültségű tekercs, így könnyebb a szigetelés megoldása.

### Fő- és szórt fluxus, az indukált feszültség számítása.

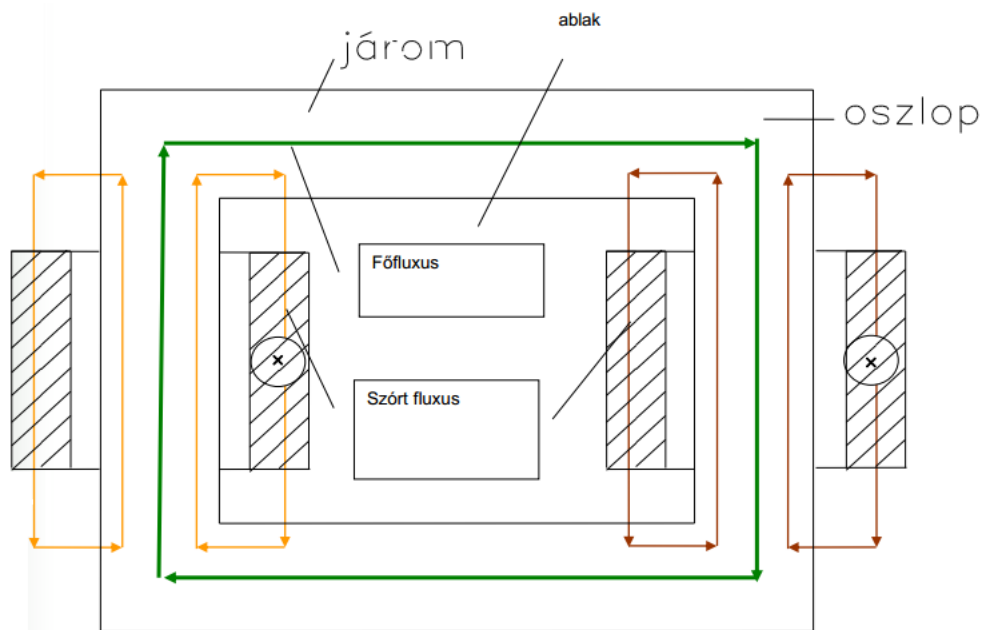
A főfluxus az, amelyik a vasmag középvonala mentén halad, a szórt pedig csak a tekercsek környezetében jelenik meg. Állandósult állapotban az indukált feszültség fazora kifejezhető a hálózati körfrekvencia ( $\omega$ ), a primer és szekunder menetszámok ( $N_1$  és  $N_2$ ), valamint a főfluxus csúcsértéke ( $\Phi_m$ ) segítségével:

$$U_{1i,max} = j\omega N_1 \Phi_m$$

$$U_{2i,max} = j\omega N_2 \Phi_m$$

Sinus-os esetben:

$$U_{ieff} = \frac{U_{i,max}}{\sqrt{2}}$$



**Transzformátor**

## Az ideális transzformátor, a fogyasztói pozitív irányrendszer, feszültség-egyenletek, viszonylagos egységek.

A transzformátor bonyolult fizikai elrendezés. Ideális esetben azonban helyettesíthető egy olyan áramkörrel, amelyben a számítások könnyedén elvégezhetők. Az egyenleteket a fogyasztói pozitív irányrendszerben írjuk fel, ez azt jelenti, hogy a **felvett teljesítmény előjele pozitív**. Legyen a helyettesítőkapcsolás olyan, hogy az ideális transzformátor mindkét oldalán sorba van kötve egy-egy  $R$ - $L$  tag, amelyek a veszteségeket modellezzik.  $U_1$  és  $U_2$  legyenek a primer-, illetve szekunder-oldali kapocsfeszültségek,  $I_1$  és  $I_2$  a primer-, illetve szekunder-oldali áramok,  $U_{1,i}$  és  $U_{2,i}$  pedig az ideális transzformátor primer-, illetve szekunder-oldali feszültségei. Ekkor a feszültségegyenletek:

$$\bar{U}_1 = (R_1 + j\omega L_1)\bar{I}_1 + \bar{U}_{1,i}$$

$$\bar{U}_2 = (R_2 + j\omega L_2)\bar{I}_2 + \bar{U}_{2,i}$$

Relatív egységek: egyes komponensek névleges értékétől való eltérését adják meg százalékban, kisbetűkkel jelöljük.

**Névleges impedancia** definíciója

$$Z_{1,n} = \frac{U_{1,n}}{I_{1,n}}$$

A feszültségegyenlet átalakítása relatív egységekre:

$$\frac{U_1}{U_{1,n}} = \frac{R_1 I_1}{U_{1,n}} + \frac{j\omega L_1 I_1}{U_{1,n}} + \frac{U_{1,i}}{U_{1,n}}$$

Hasonlóan átalakítható a tekercsen eső feszültség

$$\bar{u}_1 = (r_1 + j\omega l_1)\bar{i}_1 + \bar{u}_{1,i}$$

$$\bar{u}_2 = (r_2 + j\omega l_2)\bar{i}_2 + \bar{u}_{2,i}$$

**Mágneses Ohm-törvény, feszültség-kényszer, a gerjesztések egyensúlyának törvénye, áram-áttétel.**

**A mágneses Ohm-törvény:**

$$\Phi = \Lambda \Theta$$

- $\Phi$  az adott felület fluxusa
- $\Lambda$  a mágneses vezetőképesség
- $\Theta$  az adott felületen átfolyó áramok előjeles összege, a gerjesztés.

**Feszültség-kényszer:** a transzformátor primer oldalához olyan áramkör kapcsolódik, mely a feszültségét „kényszeríti rá” a transzformátorra.

**A gerjesztések egyensúlyának törvénye:** A transzformátor primer oldali mágnesező árama, amely az üresen járó - terheletlen, tehát nyitott szekunder oldalú - transzformátor vasmagjában ugyanakkora főfluxust hoz létre mint terheléskor a primer és szekunder tekercsek gerjesztései együtt.

**Menetszám-, feszültség-, és áram-áttétel definíciója:**



- **Menetszám-áttétel:** a transzformátor primer és szekunder menetszámának viszonya.

$$\frac{N_1}{N_2} = n$$

- **Feszültségáttétel:** az indukált feszültségek effektív értékeinek aránya.

$$\frac{U_{1eff}}{U_{2eff}} = n$$

- **Áramáttétel:** a tekercsáramok effektív értékeinek aránya.

$$\frac{I_{1eff}}{I_{2eff}} = \frac{1}{n}$$

### Gerjesztés- és teljesítményinvariancia, redukálási szabályok, az impedancia-elemek nagyságrendjei.

**Gerjesztésinvariancia:** a feszültség-kényszer miatt a transzformátor eredő gerjesztése a terhelési állapottól közel függetlenül  $\Theta_e = N_1 I_1 + N_2 I_2$ , vagyis bármelyik áram helyettesíthető, ha a helyettesítő tekercs menetszámát úgy választjuk meg, hogy  $N_i I_i = N_i' I_i'$  igaz maradjon. Felhasználva az előbb definiált menetszám-áttételt:

$$N_2 I_2 = N_1 \frac{N_2}{N_1} I_2 = N_1 \frac{1}{n} I_2 = N_1 \frac{I_2}{n} = N_1 I_2'$$

Tehát az  $N_2$  menetszámú tekercs helyettesíthető  $N_1$  menetszámú tekercssel úgy, hogy az eredeti és a helyettesítő tekercs gerjesztései azonosak.

**Teljesítményinvariancia:** a gerjesztésinvarianciával analóg fogalom, hasonlóan teljesül is:

$$S_2 = I_2 U_2 = (n U_2) \left( \frac{I_2}{n} \right) = U_2' I_2'$$

**Redukálási szabályok:** a szekunder oldali mennyiségeket a fentiek értelmében a következő összefüggések alapján alakítjuk át:

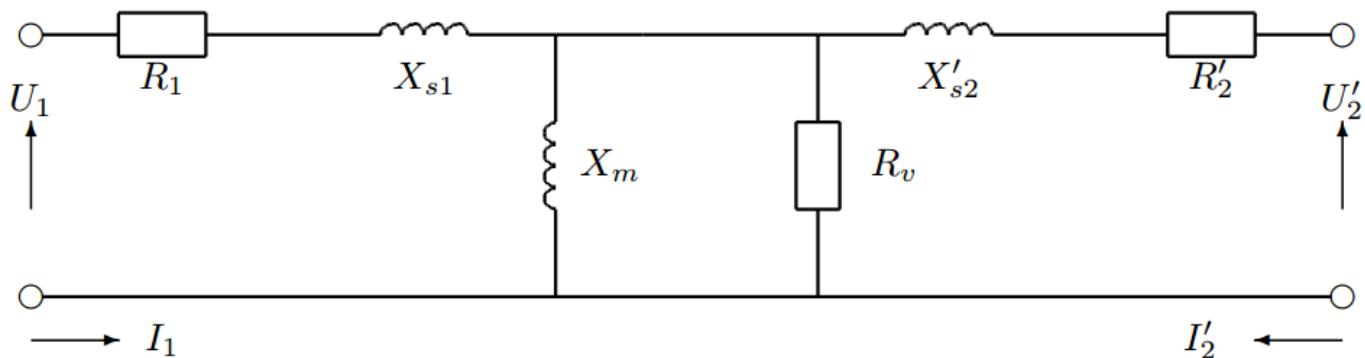
$$U_2' = n U_2 \quad I_2' = \frac{I_2}{n} \quad R_2' = n^2 R_2 \quad X_{s2}' = n^2 X_{s2}$$

### Az impedancia-elemek nagyságrendjei:

- A **rézveszteségek** (tehát a veszteségeket modellező soros  $R$ - $L$  tagokból az ellenállások) relatív értéke a fajlagos impedanciához viszonyítva 1..2%.
- A **vasveszteség** (tehát a veszteségeket modellező soros  $R$ - $L$  tagokból a tekercsek) relatív értéke a fajlagos impedanciához viszonyítva viszont 1000% körül van.

### A térelméleti helyettesítő kapcsolás, egyszerűsített helyettesítő kapcsolások.

A térelméleti helyettesítő kapcsolás a transzformátor villamos jellemzőinek számításához használható áramkör, amelyben koncentrált paraméterű elemeket szokás figyelembe venni.



#### Elemei:

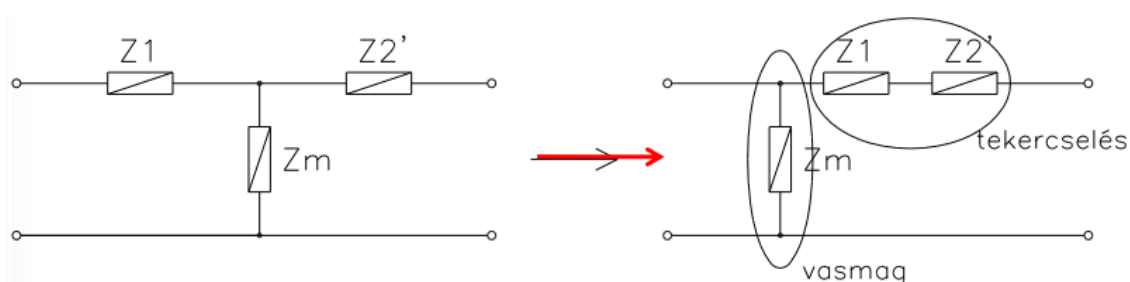
- **Tekercsellállások:** a primer és szekunder tekercsek ohmos ellenállásai.
- **Szórási reaktancia:** a primer illetve szekunder tekercsek szórási fluxusát leképező induktivitásokkal számított reaktanciák.
- **Főmező reaktancia:** a mindkét tekercssel kapcsolódó főmező. A főmező reaktancia értéke jelentősen függ a transzformátor vasmagjának telítési állapotától.
- **Vasvesztési ellenállás:** fiktív ellenállás, amelyen keletkező wattos veszteség megegyezik a vasvesztéssel.

A szekunder oldalon található mennyiségek vesszős jelzése jelöli, hogy a helyettesítő kapcsolást a primeroldalra redukáltuk.

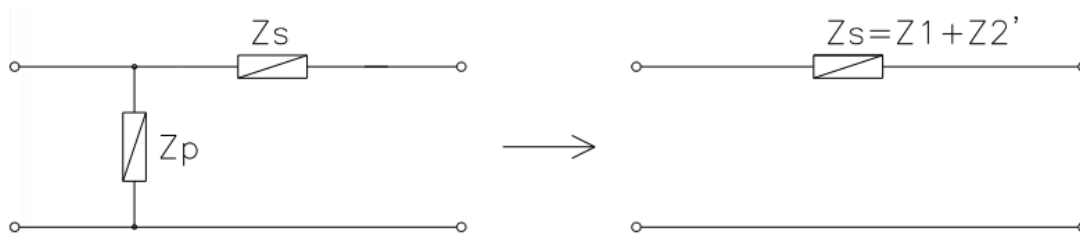
#### Egyszerűsített helyettesítőkapcsolások:

„Pí” szerű: Különválasztva szerepelnek a vasmagra és a tekercselésre jellemző áramkörti elemek. Ezek mérése is igen egyszerű:

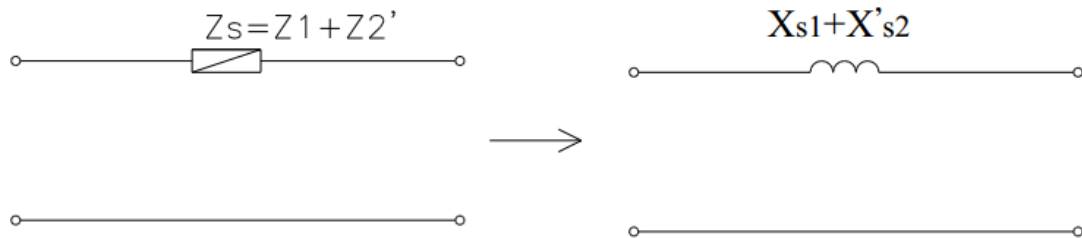
- Vasmag: üresjárás
- Tekercselés: rövidzárás



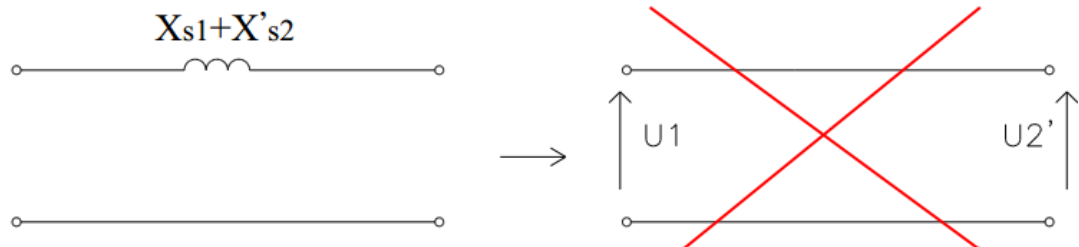
Az üresjárási áram és a vasvesztés az üzem számításakor sokszor elhanyagolható; ha nem fontos a hatásfok számítása, **ezt az egyszerűsítést szokás választani.**



#### Egy harmadik fajta

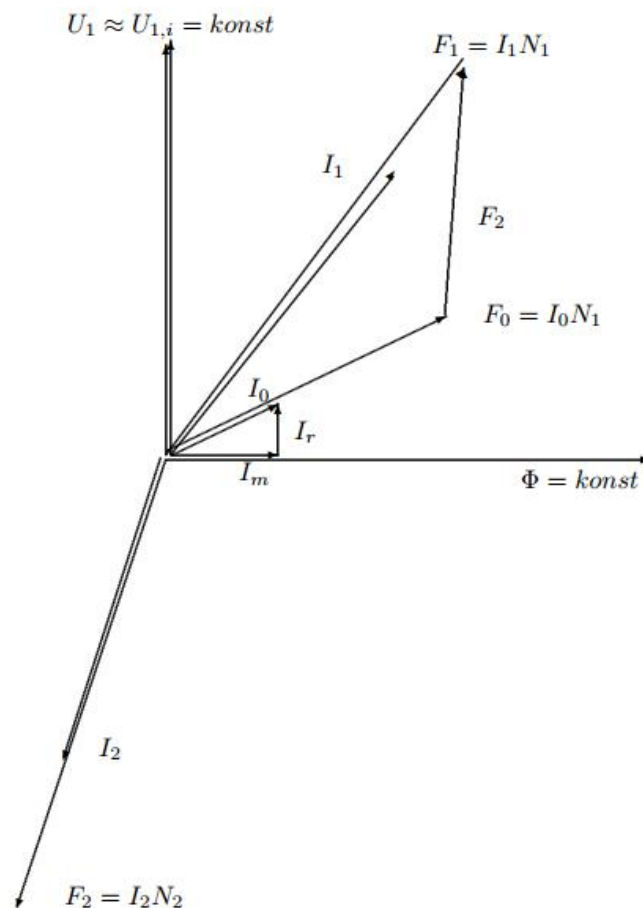


**Ideális, veszteség- és szórásmentes transzformátor:**



Fazorábra: üresjárási és terhelési állapot

**Üresjárási állapot:**



**Feszültség- és áramtranszformátor.**

A feszültség-, és áramtranszformátor közti alapvető különbség, hogy a termelői oldalon az **előbbi esetben** feszültség-, az **utóbbiban** pedig áramforrás található.

- Az állandó üresjárási áram kényszere következtében a **feszültségtranszformátor** esetében a két áram változása a gerjesztések egyensúlyának törvénye szerint „összehangolt”.
- Az **áramtranszformátor** esetében a termelői oldali áramkényszere következtében az üresen járó transzformátorban is nagy fluxus indukálódik.

### **A transzformátor feszültségváltozása. A transzformátor rövidzárási állapota. A drop fogalma.**

A transzformátor feszültségváltozása: a szekunder kapocsfeszültségének megváltozása terhelés hatására, azaz az  $U_{20}$  üresjárási és  $U_2$  terhelési kapocsfeszültségek nagyságainak különbsége az üres járási értékre vonatkoztatva:

$$\frac{\Delta U}{U_{20}} = \frac{U_{20} - U_2}{U_{20}}$$

A transzformátor rövidzárási állapota: a szekunder oldalát rövidre zárjuk.

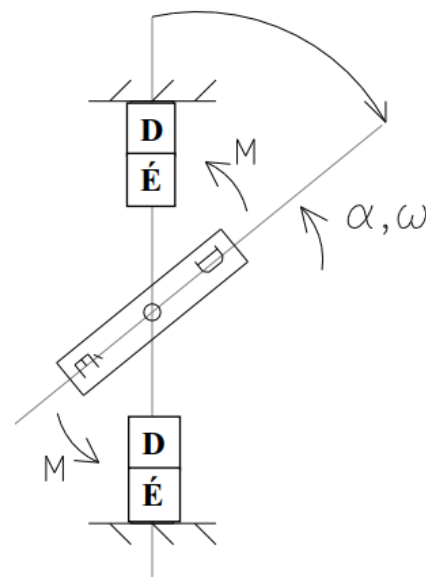
**Drop:** a rövidzárási feszültségnek a névleges feszültséghez viszonyított százalékos értéke:

$$u_z = \frac{U_{zn}}{U_n} \cdot 100\%$$

## Az elektromechanikai átalakítók mágneses tere (Forgó mozgás létesítése)

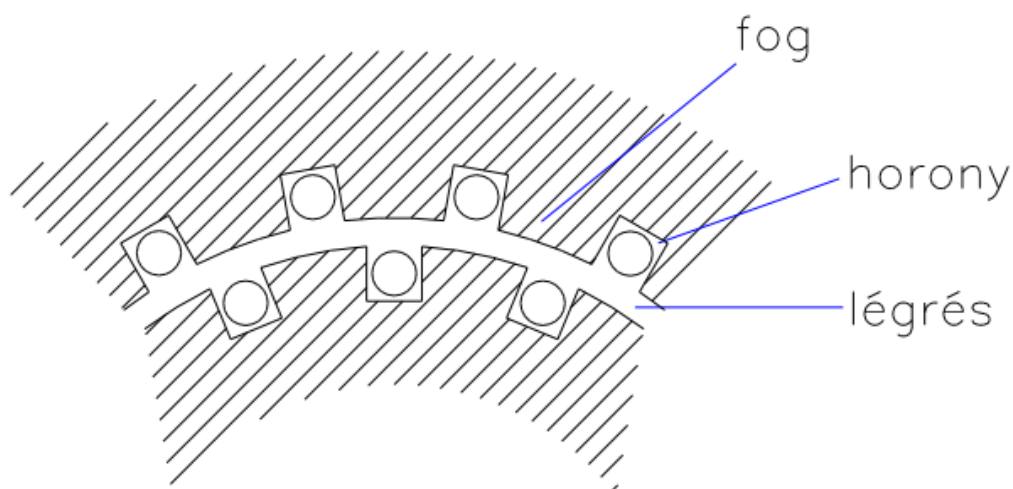
### A nyomaték–képzés elve, forgó mező létrehozásának célja

Mágneses dipólusra mágneses térben olyan forgatónyomaték hat, mely a dipólust a tér irányának megfelelően állítja be. Amint beállt, a rendszer nyugalomba kerül, formálisan: a nyomaték arányos a nyugalmi helyzettől való szögeltérés sinus-ával. Következmény: ha állandó nyomatékot szeretnénk, akkor a **szögeltérést is állandónak** kell tartani. Ezt nyilván úgy lehet elérni, hogy vagy mindkét rész áll, vagy azonos szögsebességgel forog, vagyis a két rész egymáshoz képest nyugalomban van. Jellemző megoldás, hogy **egy külső, álló tekercsrendszerrel** forgó mágneses mezőt hozunk létre, ami a belső részt forgatja.



### A váltakozóáramú tekercselések elve

A váltakozóáramú tekercselések mindig heteropoláris (váltakozó pólusú) felépítésűek, és a heteropoláris gépek mindig **váltakozó áramúak**. A tekercsoldalakat a hengeres álló vagy forgórész palástfelületén helyezük el, és a henger egyik homlokoldalán tekercsfejek segítségével kötjük össze, így jönnek létre a menetek, illetve a sokmenetű tekercsek. A tekercsoldalak rögzítésére szolgálnak a fogak és a hornyok: a tekercsek hornyokban történő elhelyezésével csökkenthető az álló és a forgórész közötti légrés.



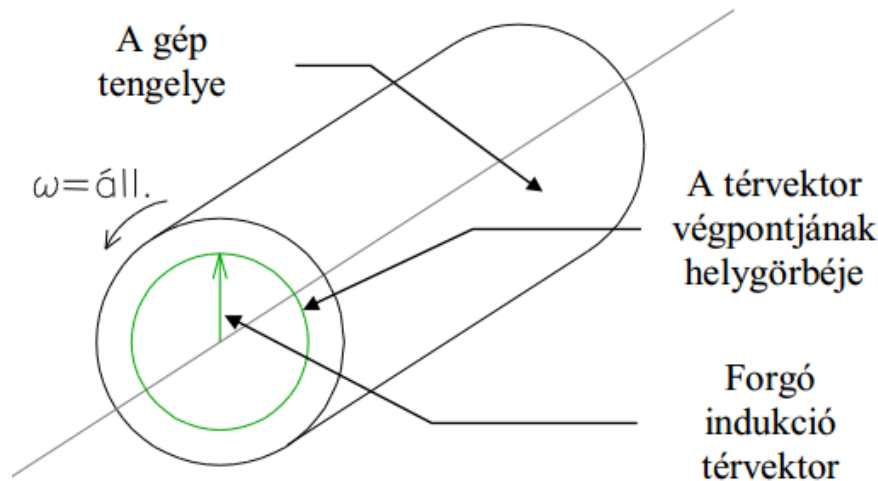
Váltakozó áramú tekercselés

### Az indukcióvektor értelmezése, körforgó mező

Cél, hogy villamos gépeinkben a térbeli indukcióeloszlás, valamint a feszültségek és áramok időbeli jelalakja a legjobban közelítse a sinus-függvényt, hisz a többfázisú, sinus-os, kiegyenlített rendszerek villamos teljesítménye állandó.

Következtetés: Ha a mágneses tér (indukció) terület menti eloszlása szinuszos, valamint a többfázisú áramok időbeli változása (időfüggvénye) is szinuszos, akkor a villamos gép kapcsain leadott többfázisú villa-

mos teljesítmény, illetve a villamos gép tengelyén leadott nyomaték (mechanikai teljesítmény) az időben állandó.



## Áramütés, érintésvédelem

### A háztartásban és az iparban fellépő áramütések veszélyei az emberi szervezetre.

Már a háztartásban jelen lévő alacsony feszültség érintése is tud súlyos, akár halállal végződő baleseteket okozni. **Égési sérüléseket** jellemzően az a beteg szenved, aki olyan feszültséget érint, hogy izomgörcs következik be nála és a vezetéket, berendezést nem tudja elengedni. Ekkor a hosszú behatási idő miatt különösen megnövekszik a **szívproblémák** valószínűsége is.

A balesetek és halálesetek egy bizonyos része viszont nem a villamos áram közvetlen fiziológiai hatásai miatt következik be, hanem az áramütés **járvulékos következményei** miatt (például létrán villanyt szerelő ember az áramütés hatására leesik). Nagyon sok baleset és haláleset megelőzhető laikus segítségnyújtással (például izomgörcs miatt a vezetéket elengedni képtelen beteget egy szigetelő tárggyal kihúzni az áramkörből, baleset esetén mentőhívás,...).

### A villámcsapások és az ipari áramütések okozta veszélyek hatása az emberi szervezetre.

A nem hétköznapi, nagy feszültségek és áramok bizonyos szempontból új veszélyeket rejtenek. A betegen **disszipálódó** villamos teljesítmény növekedésével egyre nagyobb valószínűséggel...

- egyre súlyosabb égési sérülés veszélye áll fenn.
- súlyos izomgörcs lép fel, ami, ha a légző-, vagy szívizmokat érinti, gyakorta halálos kimenetelű.
- lép fel kamrai fibrilláció.

Ipari környezetben a karbantartási, szerelési, stb. műveletek **szigorú biztonságtechnikai protokollokhoz** vannak kötve, ez jelentősen csökkenti a baleset kockázatát.

Villámsújtotta ember esetében szinte biztosan fellépnek az életet veszélyeztető izomgörcsök és szívproblémák, ezért a laikus elsősegélynyújtó elsődleges feladata az **újjáélesztés megkezdése és a mentőhívás**.

## Törpefeszültség alkalmazásának indokai.

Testzárlat esetén se léphessen fel az érintési feszültség megengedett határértékénél nagyobb érintési-, vagy lépésfeszültség, és egyidejűleg gondoskodnak a törpefeszültségnél nagyobb feszültségű rendszerekből történő feszültség áthatolás veszélyének elhárításáról is. A törpefeszültség elhárítására leggyakrabban **biztonsági transzformátort**, illetve **biztonsági tápegységet** használnak.

## Az elektrosztatikus eredetű kisülések veszélyei az emberi szervezetre.

Az elektrosztatikus kisüléseknek elsősorban közvetett veszélyei vannak az emberre: egy ilyen kisülés ritkán hordoz akkora teljesítményt, hogy az közvetlenül veszélyes lenne, valamint a behatás ideje is rövid. De ettől még az elektrosztatikus kisülések rejtenek magukban veszélyeket: tüzet okozhatnak, tönkretelhetnek érzékeny számítástechnikai eszközöket.

## Az emberi test ellenállását meghatározó tényezők.

Az emberi test ellenállása egyénenként és esetenként változik függ:

- a frekvenciától,
- az áramúttól,
- a behatásidejétől,
- az adott ember aktuális és általános fiziológiai paramétereitől

Egy ember ellenállása általában  $1\text{k}\Omega$ -al becsülhető.

## Élettani hatások alapján megállapított érintésvédelmi határértékek.

Hálózati frekvenciás áramok esetében:

Áramerősség–tartomány [mA] Hatás:

- 0.5 — 1 Érzetküszöb
- 1.6 – 15 Erős rázásérzet
- 20 – 25 Izomgörcs
- 25 – 80 Szabálytalan szív működés, kamrai fibrilláció
- 100 felett Agyhalál

## A kamrai fibrilláció.

A kamrafibrilláció során **gyors, szabálytalan elektromos impulzusok** futnak keresztül a kamrán, ami ezáltal teljesen eredménytelenül össze–vissza rángatózik, és nem pumpálja a vért. A hatástalan szívverés nélkül a vérnyomás leesik, az életfontosságú szervek vérellátás nélkül maradnak. A legtöbb beteg pármásodpercen belül elveszti az eszméletét, és azonnali újraélesztésre szorul. Abban az esetben, ha a beteg újra-

élesztését elkezdik és fenntartják addig, amíg egy defibrillátor segítségével a szívritmust helyre nem állítják, az életkilátások jók lehetnek. Azonnali újraélesztés vagy defibrillálás nélkül pár perc alatt beáll a halál.

A villamos áramütések gyakori következménye a **kamrafibrilláció**, ami ráadásul nem csak közvetlenül az áramütést követően léphet fel, hanem **akár 10 perccel később** is. Éppen ezért az áramütést szenvedett betegeket a mentők mindig kórházba szállítják, valamint ezért kell minden laikus elsősegélynyújtónak mentőt hívni egy áramütést követően látszólag panaszmentes beteghez.

## A lépésfeszültség fogalma.

Az a potenciálkülönbség, amely egy ember két lába között megjelenik egy lépés során. A legtipikusabb példa, amiért érdemes erről beszélni, a földzárlatos távvezeték esete: a leszakadást követő pillanatokban, annak helyétől távolodva csökkenő villamos térerősség jelenik meg ott, ahol az ember is van. Kialakulhat olyan helyzet, hogy a leszakadt távvezetékől távolodni próbáló ember akkorát lép, hogy a távvezeték villamos terében elegendően nagy távolságot hidal át ahhoz, hogy áramütés érje.

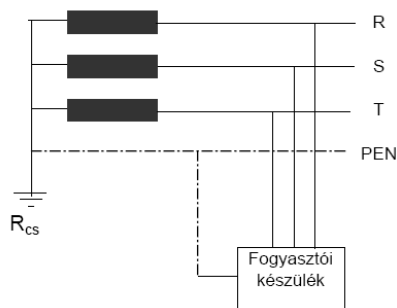
## Érintésvédelmi módszerek.

Az önműködő kikapcsoláson alapuló (védővezető) **érintésvédelmi módok**:

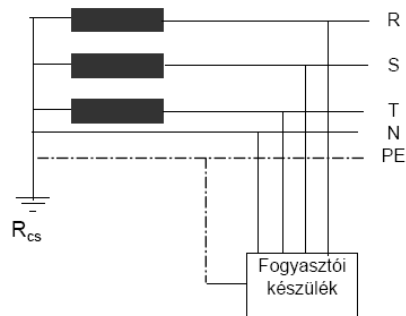
- TT (közvetlenül földelt) – az R, S, T fázisvezetők és az N nullavezető a táptranszformátor csillagponti kivezetésénél, a PE védővezetőt pedig másutt közvetlenül földelik.
- TN (nullázás) – ebben az esetben az N és a PE lehet közös. Hogy mekkora részen közös a kétvezeték, azt a következő pontban tárgyalt altípus határozza meg.
  - TN-C – a PE és N szerepét végig ugyanaz a vezeték tölti be, ennek neve PEN. Ott alkalmazzák, ahol a közműhálózatot üzemeltető áramszolgáltató ehhez hozzájárul, illetve a PEN vezeték 10 mm<sup>2</sup>-nél nagyobb keresztmetszetű.
  - TN-S – a PE és N két külön vezeték, de mindkettő a táptranszformátor csillagponti kivezetésénél van földelve. Nem alkalmazzák, mert egy áramszolgáltatónak sincs hangulata kiépíteni a külön PE-t az erőműtől minden egyes fogyasztóig.
  - TC-C-S – az előbbi kettő kombinációja: egy szakaszon közös a két vezeték, majd utána szétágaznak. Ez a leggyakrabban alkalmazott megoldás: az erőműtől például az épületig, vagy a fogyasztásmérőig közös a PE és az N, ott pedig szétválak.
- IT (közvetlenül nem földelt) – a TT és TN rendszerek esetében földzárlat esetében nem tartható fenn az üzem. IT-rendszer esetében az ellátás folyamatos tud lenni, mert a táptranszformátor csillagponti kivezetése egyáltalán nincsen, vagy egy ellenálláson keresztül, közvetetten van leföldelve.

A fenti rendszerek közös jellemzője, hogy a villamos berendezések testjeit földelt védővezetővel (jele: PE) kötik össze és a tápláló áramkört automatikusan kikapcsolják, ha a PE veszélyes érintési feszültségre kerül.

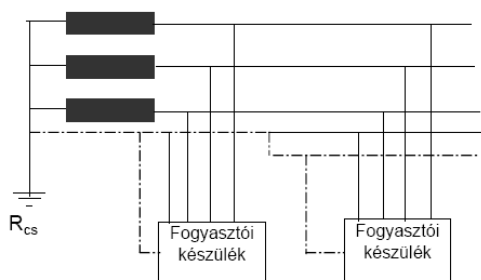




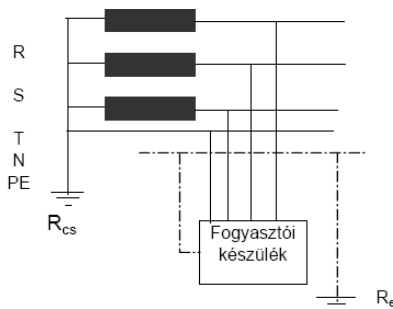
**TN-C**



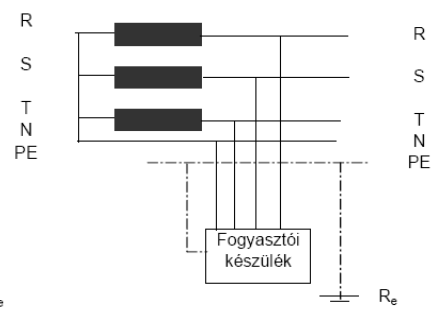
**TN-S**



**TN-C-S**



**TT**



**IT**

## Épületinformatika:

**Az épületek biztonságos energiaellátását veszélyeztető hatások. Feszültségváltozás,-letörés és kimaradás, túlfeszültség.**

- **Feszültségváltozás:** a mérhető feszültség észrevehetően, de nem számottevően, a névleges érték  $\pm 10\%$ -os környezetében változik meg.
- **Feszültség-letörés:** a mérhető feszültség erősen csökken, a névleges érték  $10..90\%$ -a közé kerül.
- **Feszültség-kimaradás:** a mérhető feszültség a névleges érték  $10\%$ -a alá csökken. Rövid idejű, ha az üzemzavar 1 percnél kevesebb, tartós, ha 1 percnél hosszabb ideig tart.
- **Túlfeszültség** – légköri, vagy kapcsolási jelenségekből adódnak.

**Az épület fogyasztóinak osztályozási elvei. Szünetmentes energiaellátás.**

**Fogyasztók osztályozása:**

- **Szünetmentes fogyasztó:** kiesési idő majdnem 0. Pl.: központi számítógép, adatátviteli hálózat aktív elemei, biztonsági-, tűzjelző hálózatok, telefon, fax.
- **Szükségellátást igénylő fogyasztók:** kiesési idő: kb, 1 perc. Pl.: hűtőgépek, inverter klímák, biztonsági világítás, kazánvezérlő automatikák.
- **Normál üzemi ellátású fogyasztók:** kiesési idő: az áramszolgáltatók belső szabályzatában meghatározottak szerint. Pl.: világítás, konnektorok, hőtechnikai fogyasztók.

**Szünetmentes energiaellátás eszközei:**

- Statikus átkapcsoló

- Váltakozó áramú szünetmentes tápegységek (UPS – Uninterruptible Power Supply) – statikus,vagy dinamikus

#### **UPS-ek feladatai:**

- Átmeneti hálózatkimaradások áthidalása
- Feszültségcsökkenés, –növekedés szűrése
- Hálózat felől érkező zavar, zaj szűrése
- Frekvenciaingadozás csillapítása

#### **A mesterséges villamos rendszerek egymásra hatásának csatolási módjai.**

- Konduktív
- Kapacitív
- Induktív

#### **Épületinformatikai rendszerek.**

- **Vagyonvédelmi rendszerek**
  - Tűzvédelmi rendszerek
  - Betörés elleni rendszerek
- **Épületautomatikai rendszerek**
  - Világítás, árnyékolás
  - Fűtés, klíma
  - Terhelés–management
  - Felügyelet és visszajelzés
- **Ipari folyamatautomatizálás**

Az **épületinformatikai** irányítórendszer nagyon komplex és sok alrendszert foglal magába:

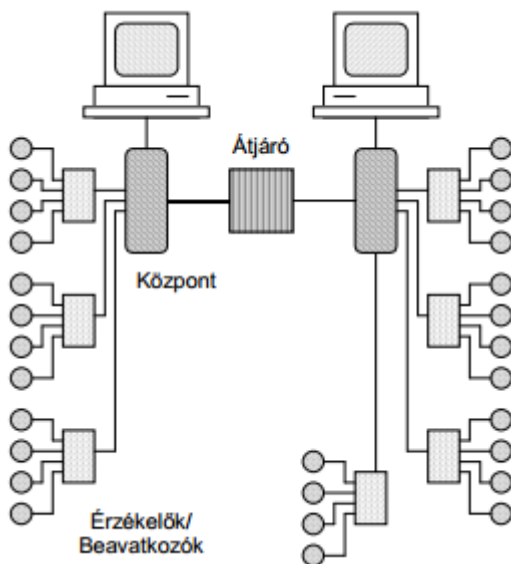
- **Irányított rendszer** – villamosenergiaellátás, épületgépészet, vagyon– és tűzvédelem, biztonság-technika
- **Irányító rendszer** – mérő, szabályozó, vezérlő, biztonsági berendezések
  - Az irányító rendszer érzékelői: hőmérséklet, páratartalom, nyomás, légáramlás, légminőség, mozgás, nyitás, üvegtörés érzékelők
  - Az irányító rendszer beavatkozói: távműködtető relék, mágneskapcsolók, megszakítók, szelepek, motorok,...

## Buszrendszerek.

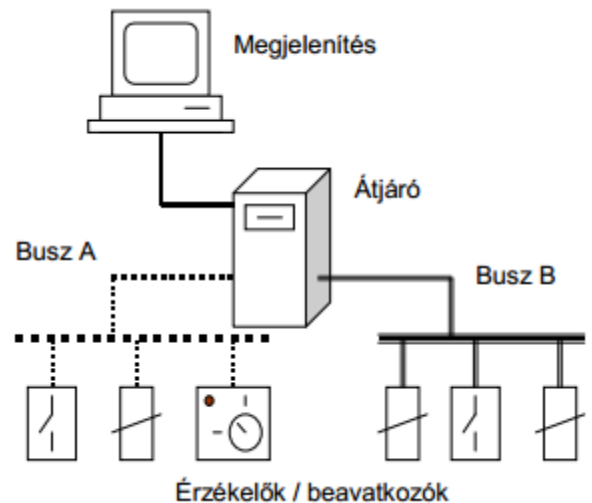
A buszrendszerek biztosítják a kommunikációt az informatikai rendszerek egyes egységei között. Meg lehet különböztetni alapeseteket, de ezek önmagukban nem fordulnak elő, a gyakorlati megvalósítás mindig ezeknek az adott feladathoz legoptimálisabb keveréke lesz.

- „Központi intelligencia”: minden egyes eszköz egy központi számítógépbe továbbítja az adatokat.
- „Osztott intelligencia”: minden egyes eszköz minden másikkal is tud kommunikálni

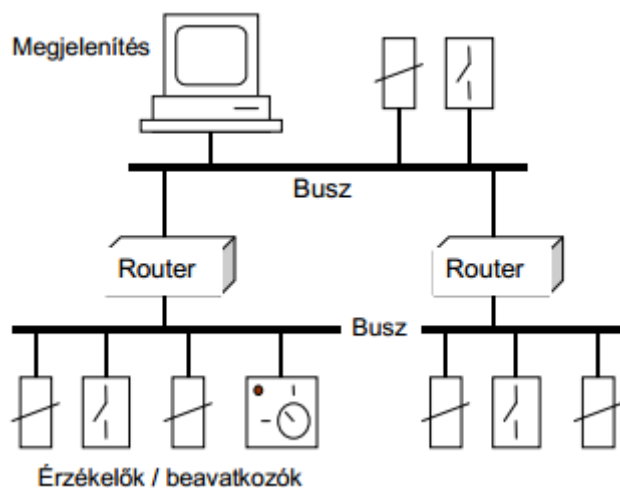
Fajtái:



Hagyományos centralizált rendszer



Hierarchikus rendszer



Nyitott vezérlési rendszer

Készítette: Horváth Gábor

másodéves villamosmérnökhallgató

A 3.zh-hoz készült összefoglaló rész, egy-két dolgot nem tartalmaz, de ezt említettem.

Felelősséget, nem vállalok.