

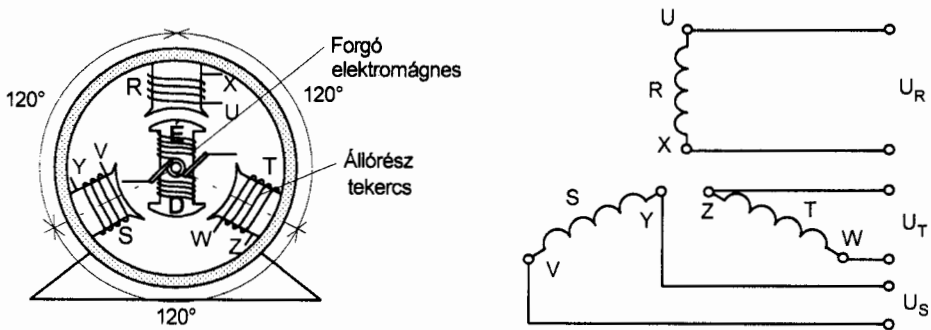
# 16. TÖBBFÁZISÚ HÁLÓZATOK

## 16.1 A többfázisú rendszer lényege és jellemzői

Többfázisúnak nevezünk egy generátort, ha egyszerre több, egymáshoz képest fázisban eltolt feszültség előállítására alkalmas, és többfázisú egy hálózat, ha legalább egy ilyen generátort tartalmaz. Az előzőekben megismert generátor ennek értelmében egyfázisú.

Az erőművekben (sőt újabban a gépjárművekben is) a feszültséget háromfázisú generátorral állítják elő. Egyetlen ilyen villamos gép három olyan egyfázisú generátornak felel meg, melyek feszültségei között  $120^\circ$ -os fázis eltérés van. Ez a feszültségrendszer az energia szállításakor és felhasználásakor számos előnnyel rendelkezik az egyfázisúval szemben.

A háromfázisú generátor álló részén három azonos tekercs helyezkedik el egymástól  $120^\circ$ -kal eltolva. Ezek a fázis tekercsek. A tekercseket R, S és T betűvel, a

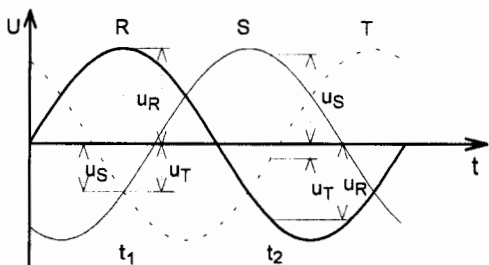


16-1.ábra  
A háromfázisú generátor elvi felépítése

kezdetüket U, V és W, a végüket X, Y és Z betűvel jelöljük (16-1.ábra). A forgórész általában elektromágnes, de a járművek generátoraiban inkább állandó mágnes. A keletkezett villamos energia szállításához az ábra szerint 6 vezeték szükséges.

Forgatás közben a tekercsekben azonos nagyságú szinuszosan változó feszültség keletkezik, de ezek egymáshoz képest  $120^\circ$ -ot késnek (16-2.ábra).

**Matematikailag bizonyítható, hogy a három feszültség összege minden pillanatban nulla, vagyis:  $\Sigma U = 0$ .**



16-2.ábra  
A három feszültség összege minden pillanatban nulla

A tétel helyességét az ábra alapján úgy ellenőrizhetjük, hogy egy tetszőlegesen kiválasztott pillanathoz tartozó feszültségeket előjel helyesen összeadjuk. A  $t_1$  pillanatban pl.  $u_S$  és  $u_T$  azonos nagyságú, de negatív előjelű, míg  $u_R$  pozitív és kétszer nagyobb, így az összegük nulla. A  $\Sigma U = 0$  feltétel miatt a feszültségek összekapcsolhatók, és ezzel szállításkor vezeték takarítható meg.

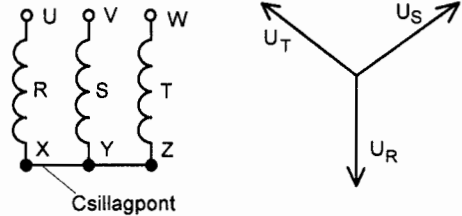
## 16.2 Láncolás

### 16.2.1 A csillag kapcsolás

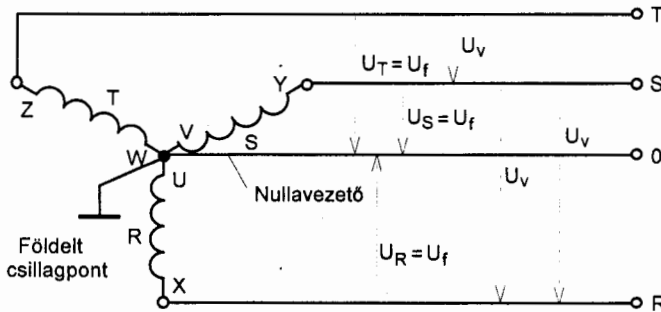
A feszültségek összekapcsolását láncolásnak nevezzük. A generátor tekercseiben keletkezett feszültséget fázisfeszültségnek, a láncolás után (a szállító vezetékek között) fellépőt pedig vonali feszültségnek nevezzük.

Csillag vagy ipszilon kapcsolás keletkezik, ha a generátor tekercseinek az X, Y és Z végeit kötjük össze (16-3.ábra). A keletkezett közös pontot csillagpontnak nevezzük, melyet általában összekötnek a földdel.

Az R, S és T fázistekercsek szabadon maradt végei (fázisvezetékek) és a csillagponti nullavezető között **fázisfeszültség**, bármely két szabad fázisvég között pedig **vonali feszültség** vehető le. A két feszültség nem azonos, ezért **csillag kapcsolásban kétféle feszültség áll rendelkezésre** (16-4.ábra).

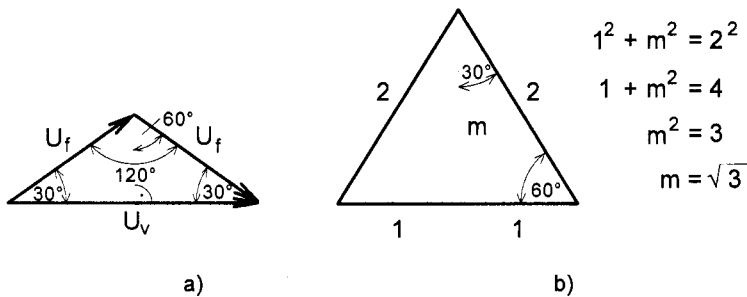


16-3.ábra  
Csillag kapcsolás és a feszültségek vektor diagramja



16-4.ábra  
Feszültségek csillag kapcsolásban

A vonali feszültséget a két szomszédos fázis fázisfeszültségének vektoros eredője adja, melynek meghatározásához a 16-5.ábra nyújt segítséget. Az a) ábra az S és T fázisok fázisfeszültségének összegzésekor kapott vektor diagramot mutatja. Hasonló ábrát kapnánk másik két fázis összegzésekor is.



a) b)  
16-5. ábra  
A vonali feszültség meghatározása

A 16.5.b ábrán látható egyenlő oldalú háromszög oldalai 2 egység hosszúságúak. A magasságvonal a háromszöget két azonos nagyságú derékszögű háromszögre bontja, melyek hasonlóak az a) ábra háromszögeivel, hiszen a megfelelő szögek azonosak (30°, 60° és 90°). A háromszög magassága:  $m = \sqrt{3}$ . A hasonlóság alapján  $U_f$ -nek megfelel a 2 egység hosszúságú oldal,  $U_v/2$ -nek pedig a magasság ( $m$ ). Az aránypár:

$$U_f : 2 = \frac{U_v}{2} : m, \text{ vagyis}$$

$$\frac{U_f}{2} = \frac{U_v}{2m}, \text{ amelyből } m \cdot U_f = U_v, \text{ és}$$

$$\boxed{U_v = \sqrt{3} \cdot U_f}$$

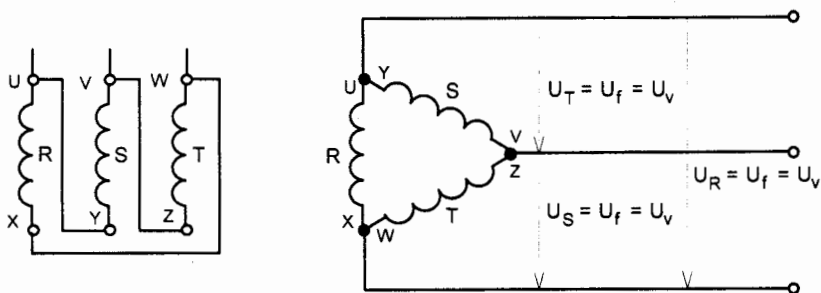
Az energia elosztó rendszerben a fázisfeszültség 230 V, ezért a vonali feszültség  $\sqrt{3} \cdot 230 \text{ V} = 398 \text{ V}$  (a névleges érték 400 V). Csillag kapcsolásban a vonali áramok megegyeznek a fázis áramokkal:

$$I_v = I_f$$

A csillag kapcsolás nagy előnye, hogy a kétféle feszültséget (3 x 230 V fázisfeszültség és 3 x 400 V vonali feszültség) egyszerre, és csupán 4 vezeték felhasználásával biztosítja.

## 16.2.2 A háromszög kapcsolás

**Háromszög vagy delta kapcsolást kapunk, ha a fázisfeszültségeket sorba kapcsoljuk** (16-6. ábra). Bár a generátor tekercsek más-más pillanat feszültségével rendelkeznek, és összekapcsolás után egy rövidzárt áramkört kapunk, a fázis eltérések miatt a feszültségek összege nulla ( $\Sigma U = 0$ ). Az áramkörön belül ezért áram nem folyik, a generátorok nem terhelik egymást.



16-6. ábra  
Háromszög kapcsolás

A vonali feszültség az összekapcsolás után keletkezett közös pontokról vehető le, vagyis a vonali feszültségek megegyeznek a fázisfeszültségekkel, és hat helyett három szállítóvezeték is elegendő.

**A delta kapcsolásban** a vonali feszültség megegyezik a fázisfeszültséggel, vagyis **csak egyféle feszültséget lehet hasznosítani**. A vonali áram a két szomszédos fázis áramának vektoros összege:

$$I_v = \sqrt{3} \cdot I_f$$

### 16.3 A háromfázisú rendszer teljesítménye

A háromfázisú rendszerben a generátori tekercsek külön-külön és egyszerre is terhelhetők. Ha a három fázis teljesítménye azonos, szimmetrikus terhelésről beszélünk. Az iparban használt villanymotorok és elektromos kemencék általában szimmetrikus terhelést okoznak, míg a lakásban használt fogyasztók (rádió, TV, jégszekrény, porszívó stb.) csak az egyik fázist terhelik.

A fogyasztók által felvett teljesítményt az egyes fázisok teljesítményének összege adja:

$$P = P_R + P_S + P_T,$$

ahol  $P_R$ ,  $P_S$  és  $P_T$  a  $P = U_f \cdot I_f \cdot \cos\varphi$  összefüggéssel számítható. Szimmetrikus terhelés-kor

$$P = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \cos\varphi.$$

A fogyasztónál a felvett teljesítményt mérésel, vagy a mérési adatokból számítás-sal lehet meghatározni. Itt azonban csak a vonali értékek ismertek. Felhasználva, hogy csillag kapcsolásban  $U_v = \sqrt{3} \cdot U_f$  és  $I_v = I_f$ , vagyis  $U_f = \frac{U_v}{\sqrt{3}}$  és  $I_f = I_v$ , így

$$P = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \cos\varphi = 3 \cdot \frac{U_v}{\sqrt{3}} \cdot I_v \cdot \cos\varphi, \text{ amelyből}$$

$$P = \sqrt{3} \cdot U_v \cdot I_v \cdot \cos\varphi$$

Háromszög kapcsolás esetén  $U_f = U_v$  és  $I_f = \frac{I_v}{\sqrt{3}}$ , melyet behelyettesítve az előző összefüggést kapjuk.

Tanulság: **Szimmetrikus háromfázisú rendszerben a vonali adatokból számított teljesítménynek nem a 3-szorosát, hanem csak a  $\sqrt{3}$ -szorosát kell venni!**