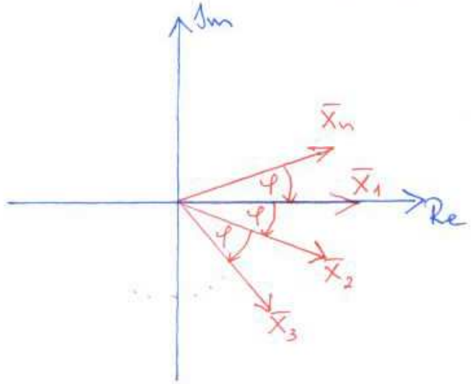
Elektrotechnika

I. előadás

Többfázisú hálózatok

n-fázisú szimmetrikus rendszer

Szimmetrikus feltételei: – amplitúdó azonosság
– fáziskülönbség $\boxed{\varphi = 2\pi / n}$ n – aktuális fázisok száma



$$\bar{X}_1 = X_m \cdot \cos(\omega t) \longrightarrow \bar{X}_1 = X_m$$

$$\bar{X}_2 = X_m \cos(\omega t - \varphi) \longrightarrow \bar{X}_2 = X_m e^{-j\varphi} = \bar{X}_1 e^{-j\varphi}$$

$$\vdots$$

$$\bar{X}_n = X_m \cdot \cos(\omega t - (n-1)\varphi) \rightarrow \bar{X}_n = X_m e^{-j(n-1)\varphi}$$

[Konvenció: koszinuszt tekintjük nulla foknak]

Kétfázisú rendszerre ez nem igaz, mert ott 90° a fáziseltérés!

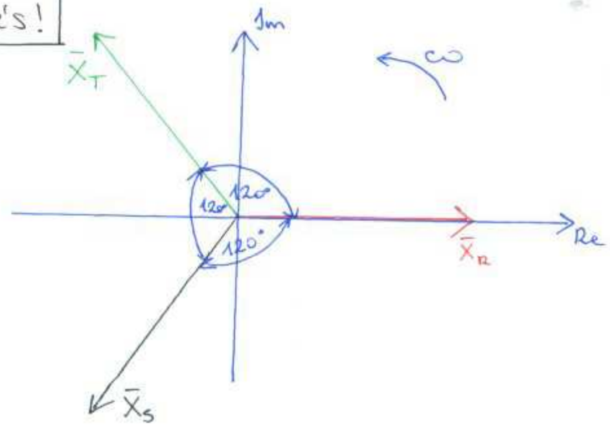
Háromfázisú hálózatok

$$x_R(t) = X_m \cos(\omega t) \qquad \bar{X}_R = X_m$$

$$x_S(t) = X_m \cos(\omega t - 120°) \qquad \bar{X}_S = X_m e^{-j120°}$$

$$x_T(t) = X_m \cos(\omega t + 120°) \qquad \bar{X}_T = X_m e^{j120°}$$

$$\boxed{\varphi = \frac{2\pi}{3} = 120°}$$



$\bar{X}_R, \bar{X}_S, \bar{X}_T$ pozitív-sodrású rendszert alkot.

[A jelenlegi szabvány szerint a fázisok jelölése $L_1; L_2; L_3$!]

$\boxed{e^{j120°} = \bar{a}}$ (komplex forgatóvektor v. forgatófazor)

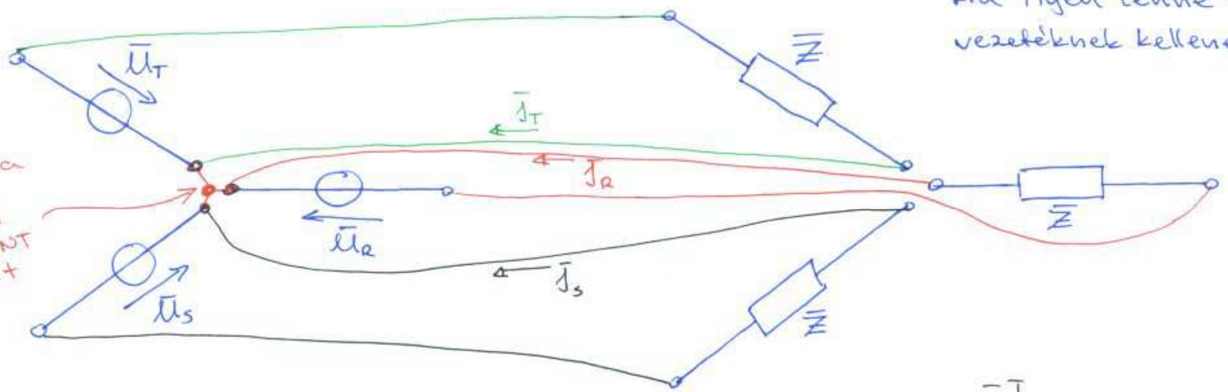
$$|\bar{a}| = 1 \quad \left(e^{j120°} = \cos(120°) + j\sin(120°) = -0{,}5 + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

$$x_R(t) + x_S(t) + x_T(t) = \varnothing$$

~~$x_R(t) + x_S(t) + x_T(t) = \varnothing$~~

$$\bar{X}_R + \bar{X}_S + \bar{X}_T = \varnothing \longrightarrow X_m(1 + \bar{a}^2 + \bar{a}) = X_m \underbrace{\left(\cancel{1} + \left(\cancel{-0{,}5} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) + \left(\cancel{-0{,}5} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\right)}_{\varnothing} = \varnothing$$

Csillagkapcsolású (Y) 3f rendszer



nulla voltra ~~potenciálra~~ választom a CSILLAGPONT potenciálját

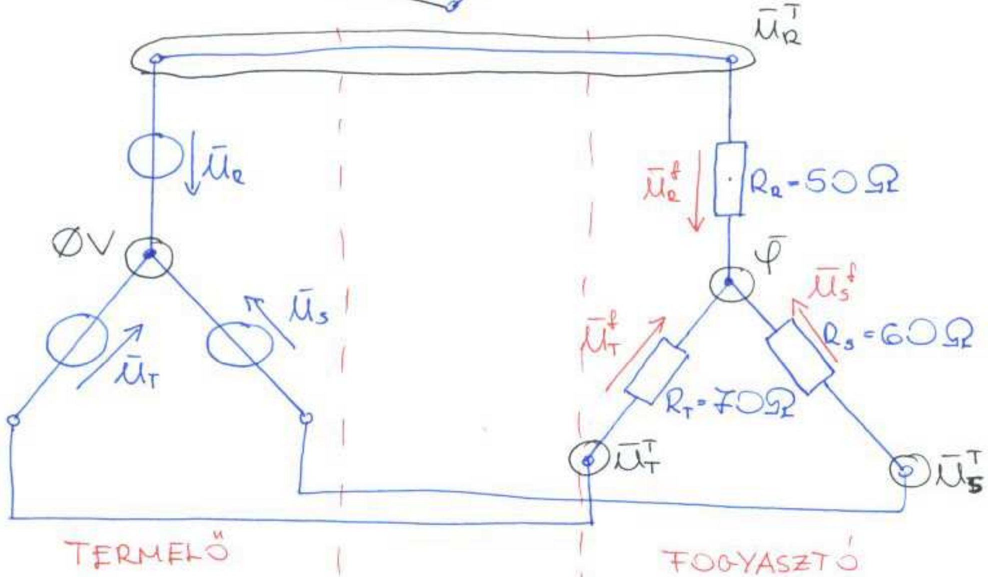
Ha ilyen lenne a 3f rendszer, akkor a távvezetékeken 6db vezetéknek kellene lennie.

① Csillagpont kialakítása

② Három vezető összevonása (melyek a csillagpontba mennek) Nullavezető

③ $\bar{I}_R + \bar{I}_S + \bar{I}_T = \emptyset \longrightarrow 6 \to 3$ $\boxed{\text{HA szimmetrikus a terhelés}}$

Példa:



$\bar{U}_R = 230\,V$

$\bar{U}_S = 230\,e^{-j120^\circ}\,V$

$\bar{U}_T = 230\,e^{j120^\circ}\,V$

A φ csomópontra felírjuk az áramokat:

$$\frac{\bar{\varphi} - \bar{U}_R^T}{R_R} + \frac{\bar{\varphi} - \bar{U}_S^T}{R_S} + \frac{\bar{\varphi} - \bar{U}_T^T}{R_T} = \emptyset \longrightarrow \bar{\varphi} = \frac{\frac{\bar{U}_R^T}{R_R} + \frac{\bar{U}_S^T}{R_S} + \frac{\bar{U}_T^T}{R_T}}{\frac{1}{R_R} + \frac{1}{R_S} + \frac{1}{R_T}} = \frac{\frac{230}{50} + \frac{230\,e^{-j120^\circ}}{60} + \frac{230\,e^{j120^\circ}}{70}}{\frac{1}{50} + \frac{1}{60} + \frac{1}{70}} =$$

$$= \frac{4{,}6 + 3{,}8333\,e^{j240^\circ} + 3{,}2857\,e^{j120^\circ}}{\frac{107}{2100}} = \frac{4{,}6 - 1{,}9167 - j\,3{,}3197 - 1{,}6428 + j\,2{,}8455}{\frac{107}{2100}} = \frac{(1{,}0405 - j\,0{,}4742)\cdot 2100}{107} =$$

$$= 20{,}421 - j\,9{,}3067 = \underline{\underline{22{,}4417\,e^{-j\,24{,}5^\circ}\,V}}$$

$$\bar{U}_R^f = \bar{U}_R^T - \bar{\varphi} = 230 - 20{,}421 + j9{,}3067 = 209{,}579 + j9{,}3067 = \underline{\underline{209{,}7855\, e^{j2{,}5426^\circ}}}\ \text{V}$$

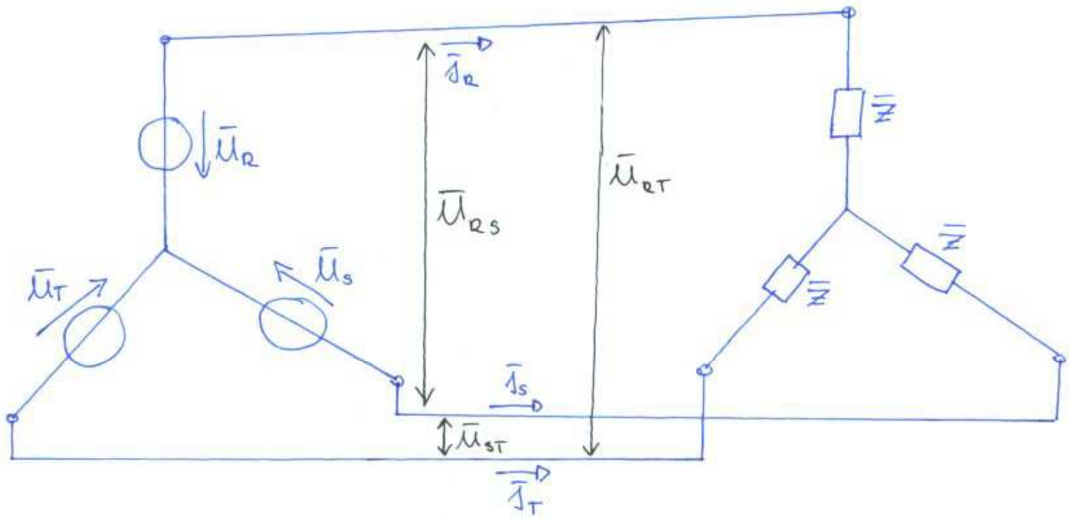
$$\bar{U}_S^f = \bar{U}_S^T - \bar{\varphi} = -115 - j199{,}1859 - 20{,}421 + j9{,}3067 = \underline{\underline{233{,}2229\, e^{-j125{,}4962^\circ}}}\ \text{V}$$

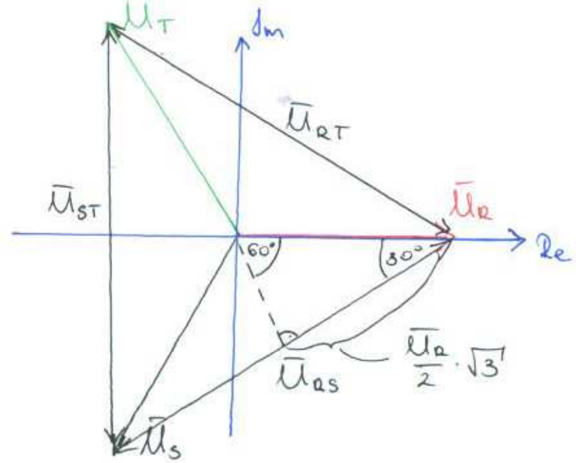
$$\bar{U}_T^f = \bar{U}_T^T - \bar{\varphi} = -115 + j199{,}1859 - 20{,}421 + j9{,}3067 = \underline{\underline{248{,}6121\, e^{j123{,}0047^\circ}}}\ \text{V}$$

Az egyes fogyasztók feszültségeiből jól látszik, hogy aszimmetrikus terhelésnél a neutrális (nullázó) vezetőt be kell húzni!

Csillagpont eltolódás képlete (általános esetben)

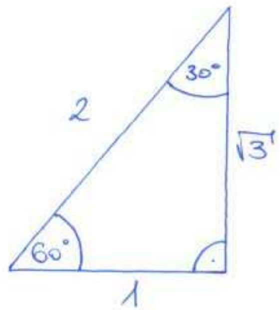
$$\boxed{\bar{\varphi} = \frac{\dfrac{\bar{U}_R^T}{\bar{Z}_R} + \dfrac{\bar{U}_S^T}{\bar{Z}_S} + \dfrac{\bar{U}_T^T}{\bar{Z}_T}}{\dfrac{1}{\bar{Z}_R} + \dfrac{1}{\bar{Z}_S} + \dfrac{1}{\bar{Z}_T}} = \frac{\bar{Y}_R \bar{U}_R^T + \bar{Y}_S \bar{U}_S^T + \bar{Y}_T \bar{U}_T^T}{\bar{Y}_R + \bar{Y}_S + \bar{Y}_T}}$$





Csillagkapcsolás esetén

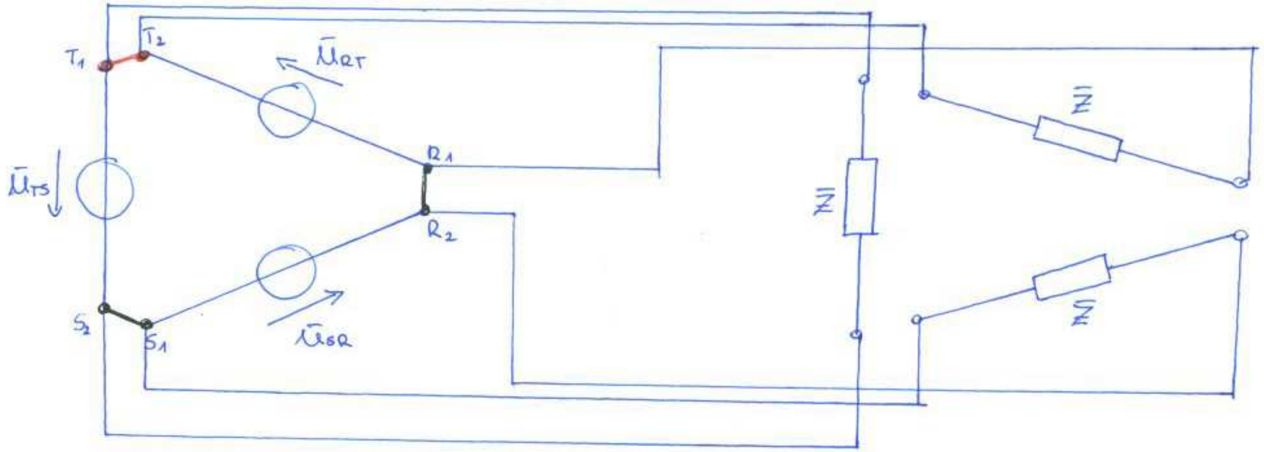
$$\boxed{\begin{aligned} U_v &= \sqrt{3}\, U_f \\ I_v &= I_f \end{aligned}}$$



$$|\bar{U}_{RS}| = 2\cdot\left(\frac{|\bar{U}_R|}{2}\cdot\sqrt{3}\right)$$

$$|\bar{U}_{RS}| = |\bar{U}_R|\cdot\sqrt{3}$$

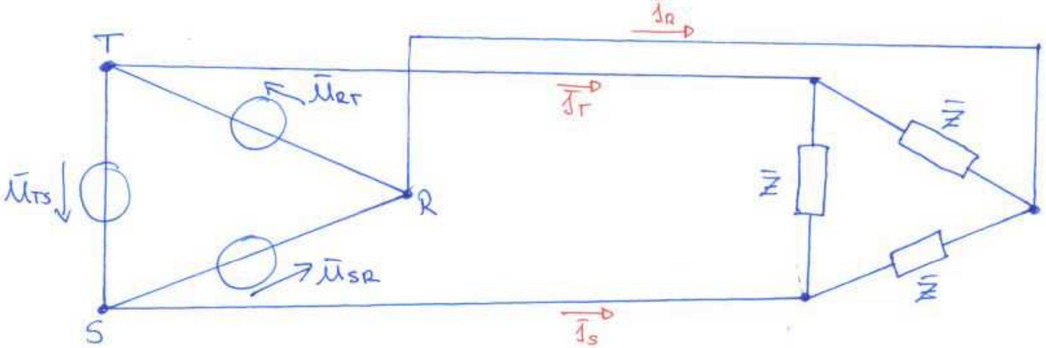
Deltakapcsolású (Δ; D) 3f rendszer



1. $R_1 - R_2$; $S_1 - S_2$ pontokat összekötöm
2. $\bar{U}_{RT} + \bar{U}_{TS} + \bar{U}_{SR} = \emptyset$ ~~(szimm. terh.)~~

$\Downarrow$

$T_1 - T_2$ pontok is összeköthetők



Deltakapcsolás esetén

$$\boxed{\begin{matrix} I_v = \sqrt{3}\, I_f \\ U_v = U_f \end{matrix}}$$

Az összefüggések könnyen beláthatóak a Y kapcsolás analógiája alapján.

Kapcsolási módok

1) Y –///– Y (YY) 2) Δ –///– Δ ($\Delta\Delta$) 3) Y –///– Δ (YΔ) 4) Δ –///– Y (ΔY) 5) Y –///– Y a csillagpont össze van kötve

Teljesítmények

$$P = P_R + P_S + P_T \overset{\text{szimm.}}{=} 3P_R = 3 U_f I_f \underbrace{\cos\varphi}_{U_f \text{ és } I_f \text{ közötti szög koszinusza}}$$

$$Y = 3 \cdot \frac{U_v}{\sqrt{3}} I_v \cos\varphi = \sqrt{3}\, U_v I_v \cos\varphi$$

$$\Delta = 3 \cdot U_v \frac{I_v}{\sqrt{3}} \cos\varphi = \sqrt{3}\, U_v I_v \cos\varphi$$

$$Q = Q_R + Q_S + Q_T \overset{\text{szimm.}}{=} 3 U_f I_f \cdot \sin\varphi = \sqrt{3}\, U_v I_v \sin\varphi$$

$$S = 3 U_f I_f = \sqrt{3}\, U_v I_v$$

hatásos teljesítmény

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

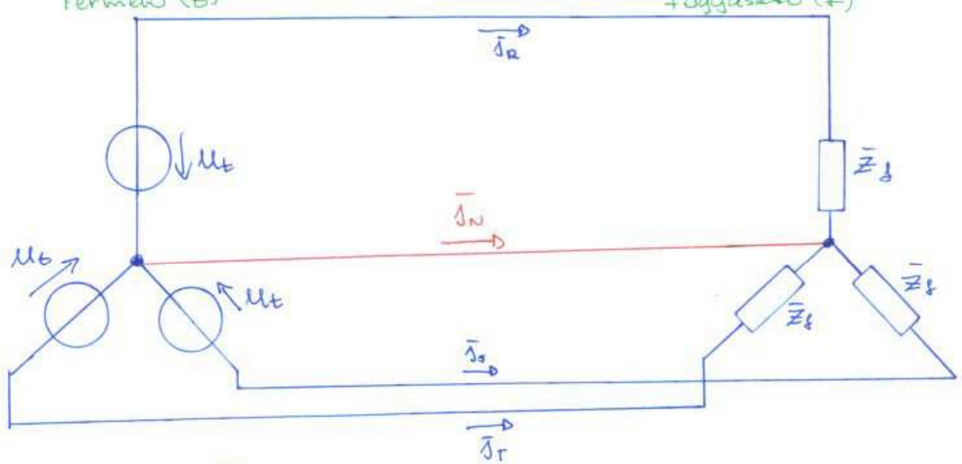
meddő teljesítmény

$$\boxed{Q = \sqrt{3}\, U_v I_v \sin\varphi}$$

látszólagos teljesítmény

$$\boxed{S = \sqrt{3}\, U_v I_v}$$

1



$U_t = 220V$

$Z_f = 100\Omega$

$\cos\varphi_f = 0{,}8$

a) A fogyasztó által felvett áram,

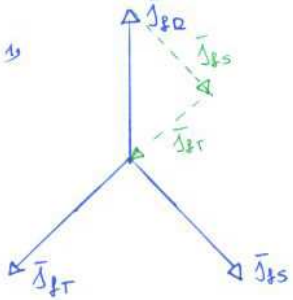
b) a nullavezetőben folyó áram,

c) a fogyasztó látszólagos, meddő és hatásos teljesítménye!

a) Az áram abszolút értéke:

$$I_{ff} = I_{fv} = \frac{U_{ff}}{Z_f} = \frac{220}{100} = \underline{\underline{2{,}2A}}$$

b) 1)



$\equiv \bar{I}_N = \varnothing$

2)

$$i_N = i_R + i_S + i_T = I_{ff}\sin(\omega t) + I_{ff}\sin(\omega t - 120°) + I_{ff}\sin(\omega t - 240°) =$$

$$= I_{ff}\left[\sin(\omega t) + \sin(\omega t)\cos(120°) - \sin(120°)\cos(\omega t) + \sin(\omega t)\cos(240°) - \right.$$

$$\left. - \sin(240°)\cos(\omega t)\right] = I_{ff}\left[\sin(\omega t)\left\{1 + \cos(120°) + \cos(240°)\right\} - \right.$$

$$\left. - \cos(\omega t)\left\{\sin(120°) + \sin(240°)\right\}\right] = \underline{\underline{\varnothing}}$$

$$\boxed{\sin(\alpha \pm \beta) = \sin(\alpha)\cos(\beta) \pm \sin(\beta)\cos(\alpha)}$$

$$1 + \cos(120°) + \cos(240°) = 1 - 0{,}5 - 0{,}5 = \varnothing$$

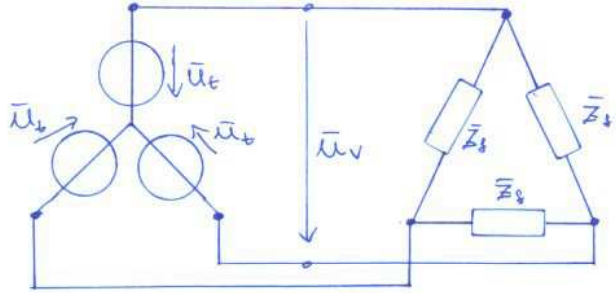
$$\sin(120°) + \sin(240°) = \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} = \varnothing$$

c) $S = \sqrt{3}\, U_{fv} I_{fv} = 3 U_{ff} I_{ff} = 3 \cdot 220 \cdot 2{,}2 = \underline{\underline{1452\,VA}}$

$P = S\cos\varphi_f = \underline{\underline{1161{,}6\,W}}$

$Q = S \cdot \sin\varphi_f = \underline{\underline{871{,}2\,var}}$

(2)



$\bar{U}_t = 220V$
$\bar{Z}_f = 100V$
$\cos\varphi_f = 0{,}8$

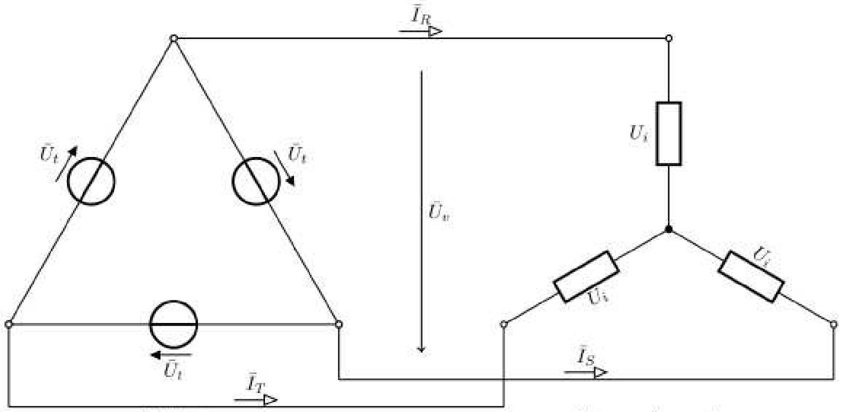
a) Mekkora a fogyasztón fellépő fázisfeszültség és fázisáram?
b) Mekkora áramot és látszólagos, hatásos, meddő teljesítményt vesz fel a fogyasztó a hálózatból?

a) $U_{ff} = \underline{\underline{381{,}0512V}}$ $\quad I_{ff} = \frac{U_{ff}}{Z_f} = \frac{381{,}0512}{100} = \underline{\underline{3{,}8105A}}$

b) $I_v = \sqrt{3}\, I_{ff} = \underline{\underline{6{,}6A}}$ $\quad S = 4356{,}0003VA$ $\quad P = 3484{,}8002W$

$Q = 2613{,}6002\,var$

(3) Aszinkron motor Y–Δ indítása. A motor Y-ban indítjuk, majd a felfutása után Δ-ba kapcsoljuk!



Hálózat

Motor primer tekercse **indításkor**

$U_v = 380V$, a motor egy-egy fázisának impedanciája $100\,\Omega$, teljesítménytényezője 0,6.

Számítsa ki a csillagkapcsolásban és a deltakapcsolásban esetére a motor fázisfeszültségét, fázisáramát, a hálózatból felvett áramát és a felvett látszólagos, hatásos és meddő teljesítményét.

Csillagkapcsolású indítás

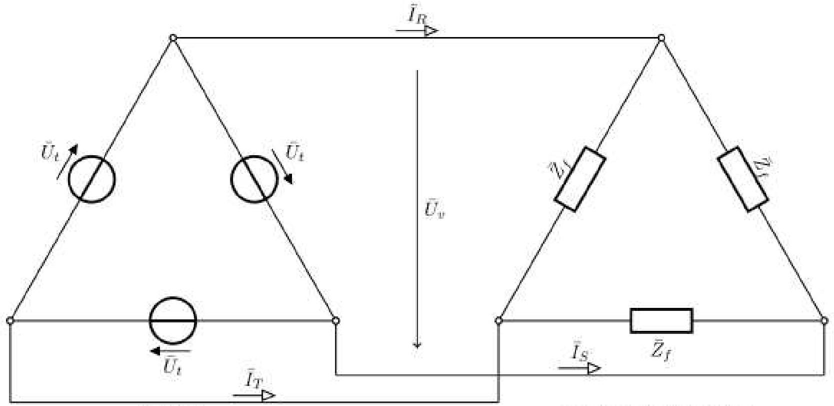
$U_f = 219{,}3931V$ $\quad I_v = I_f = 2{,}1939A$

$S = 1443{,}9796VA$ $\quad P = S \cdot \cos\varphi = 866{,}3877W$ $\quad Q = 1155{,}1837\,var$

Deltakapcsolású indítás

$U_f = U_v = 380V$ $\quad I_f = 3{,}8A$ $\quad I_v = 6{,}5818A$

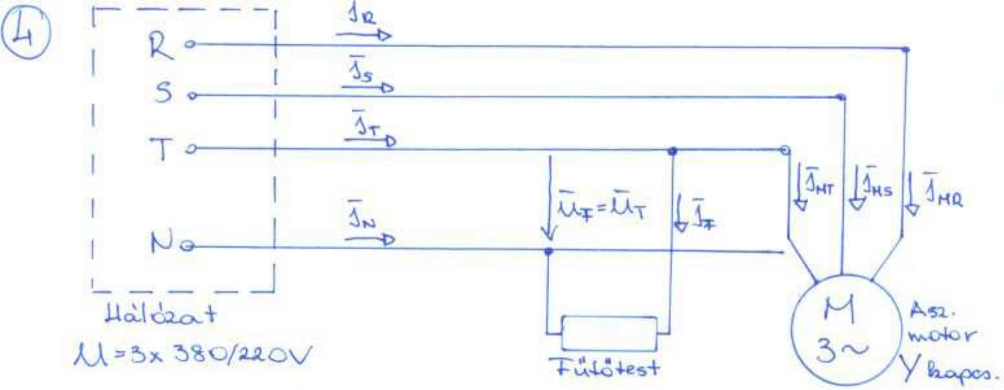
$S = 4332{,}0046VA$ $\quad P = 2599{,}2027W$ $\quad Q = 3465{,}6036\,var$



Hálózat

Motor primer tekercse **üzemben**

④



Az ábrán látható négyvezetős háromfázisú hálózatot egy primer oldalon csillagba kapcsolt, szimmetrikus motorral, és egy, a T fázisra kapcsolt fűtőtest terhel.

A fogyasztók névleges adatai:

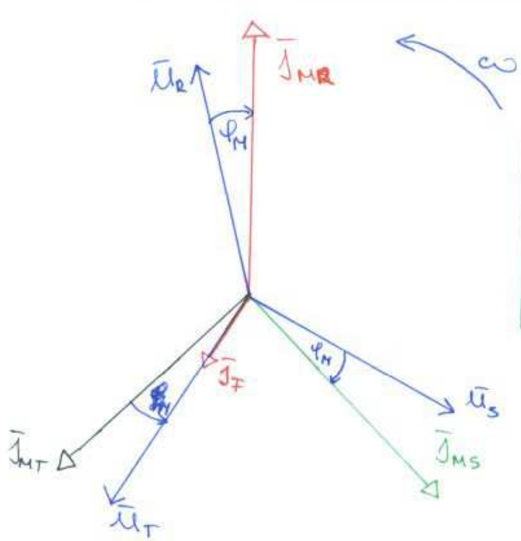
Motor: $U_M = 380V$ (vonali) $P_M = 6{,}3kW$ $\eta_M = 0{,}85$ $\cos\varphi_M = 0{,}8$

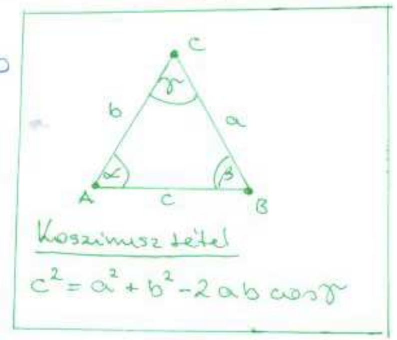
Fűtőtest: $U_F = 220V$ (fázis) $P_F = 2kW$ $\cos\varphi_F = 1$

Számítsa ki
a) a motor által felvett vonali és fázisáramokat és azok fázishelyzetét,
b) a fűtőtest által felvett áramot és fázishelyzetét,
c) az eredő vonali áramot és a nullavezetőben folyó áramot!

a) A motor szimmetrikus terhelés, ezért az áramok abszolút értéke azonos, és egymáshoz képest 120°-kal vannak eltolva.

$$I_{MR} = I_{MS} = I_{MT} = \frac{P_M}{\sqrt{3}\cdot U_M \cdot \eta_M \cdot \cos\varphi_M} = \underline{\underline{14{,}0762A}}$$





b) A fűtőtest áramának abszolút értéke,

$$I_F = \frac{P_F}{U_F} = \frac{2000}{220} = \underline{\underline{9{,}0\dot{9}0\dot{9}A}}$$

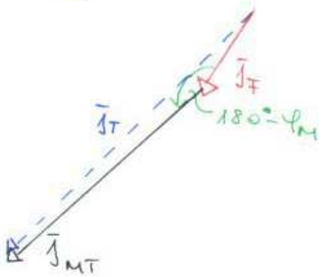
c) A T fázisban a két terhelés áramának eredője folyik:

$$\bar{I}_T = \bar{I}_{MT} + \bar{I}_F$$

$$I_T = \sqrt{I_{MT}^2 + I_F^2 - 2I_{MT}I_F\cos(180^\circ - \varphi_M)} =$$

$$= \sqrt{9{,}0909^2 + 14{,}0762^2 + 2\cdot 14{,}0762\cdot 9{,}0909\cdot 0{,}8} =$$

$$= \underline{\underline{22{,}0347A}} \qquad \underline{\underline{I_R = I_S = 14{,}0762A}} \qquad \underline{\underline{I_T = 22{,}0347A}}$$



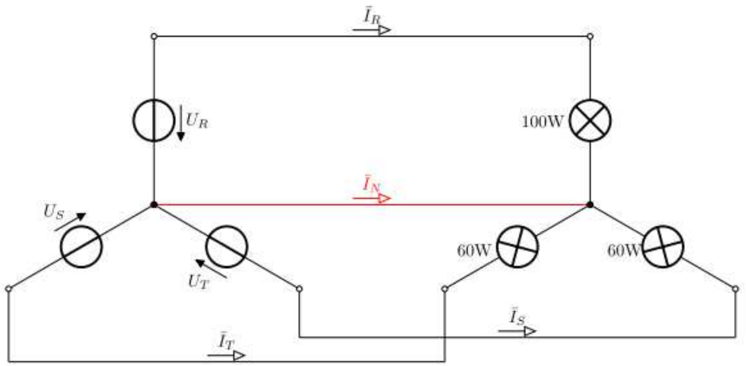
Koszinusz tételt alkalmazva

$$|\bar{I}_T|^2 = |\bar{I}_{MT}|^2 + |\bar{I}_F|^2 - 2|\bar{I}_M||\bar{I}_F|\cos(180°-\varphi$$

$$\bar{I}_R + \bar{I}_S + \bar{I}_T + \bar{I}_N = \emptyset \rightarrow \underbrace{\bar{I}_{MR} + \bar{I}_{MS} + \bar{I}_{MT}}_{\emptyset} + \bar{I}_F + \bar{I}_N = \emptyset$$

$$\bar{I}_N = -\bar{I}_F \qquad \underline{\underline{I_N = 9{,}0\dot{9}0\dot{9}A}}$$

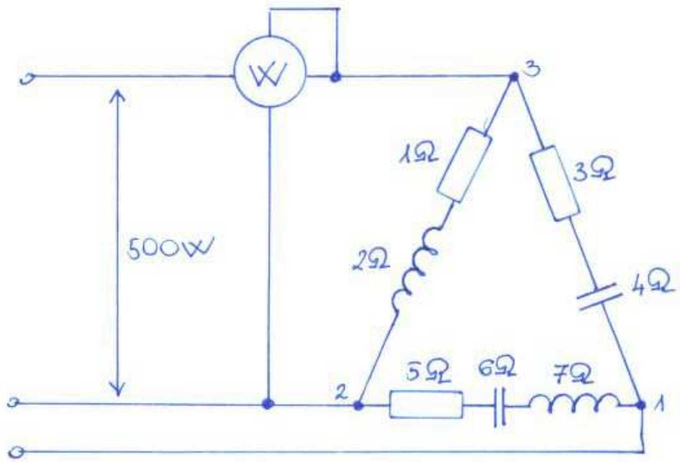
(5) Az R fázisra egy 100W-os, az S és T fázisra egy 60W-os izzólámpát kapcsoltunk.



Számítsa ki a nullavezetőben folyó áramot!

$I_N = 0,1818\,A$

(6)



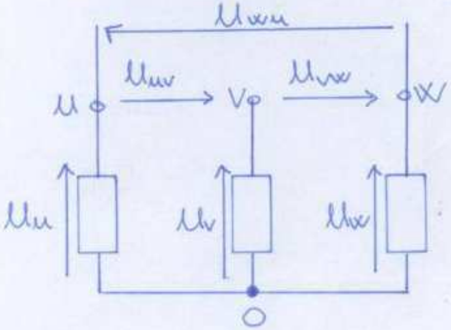
Mekkora teljesítményt jelez a wattmérő, ha az aszimmetrikus terhelésre szimmetrikus háromfázisú feszültséget kényszerítünk? ($P_w = 100kW$)

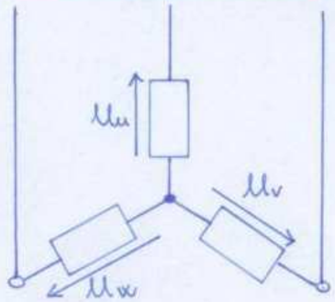
HÁROMFÁZISÚ RENDSZER

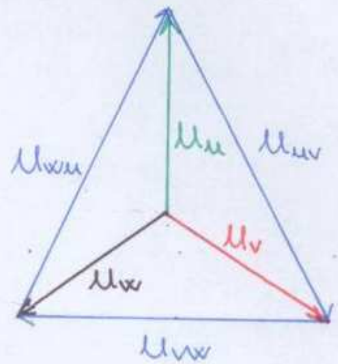
Csak szimmetrikus rendszerekkel foglalkozunk, ami azt jelenti, hogy a fázisfeszültségek egyenlők, és 120°-kal vannak egymástól eltolva.

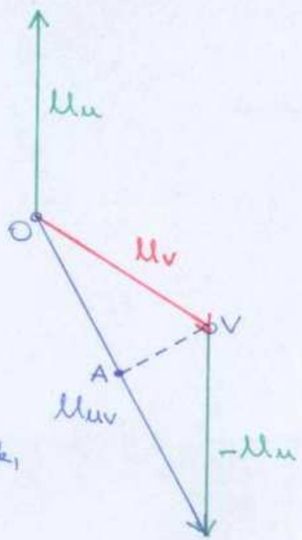
Vizsgáljuk meg, hogyan lehet a háromfázisú generátor villamosan független tekercseiből háromfázisú rendszert nyerni.

Az egyik lehetőség, a fázisok egyik végét a csillagpontot vagy nullapontot egyesítjük, a másik végüket pedig kivezetjük, ekkor a csillagkapcsoláshoz jutunk. (jele: Y, y)









Az U_u; U_v; U_w a fázisfeszültségek, melyeknek vektorai csillagot alkotnak, innen kapta ez a kapcsolás az elnevezését.

Az U_{uv}; U_{vw}; U_{wu} feszültségek a vonalfeszültségek.

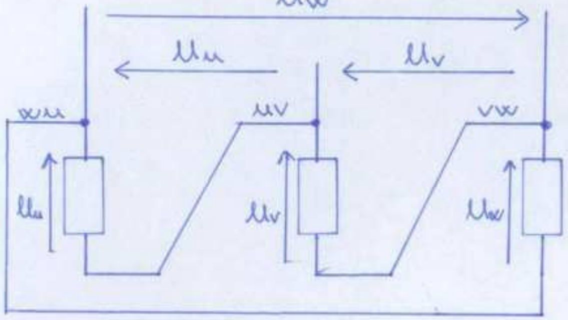
Az OUV körre felírt huroktörvény: $U_u + U_{uv} - U_v = \emptyset \rightarrow U_{uv} = U_v - U_u$

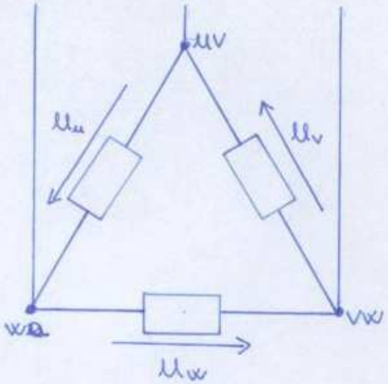
Ha a fázisfeszültségek nagyságát U_f-el és a vonalfeszültségekét U_v-vel jelöljük, akkor az OVA derékszögű háromszögből: $\frac{U_v}{2} = \frac{U_{uv}}{2} = U_v \cos 30° = U_f \cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2} U_f$

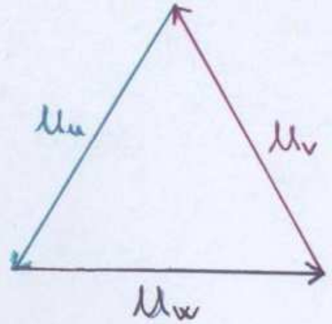
$$\boxed{U_v = \sqrt{3}\, U_f}$$

A másik lehetőség azon alapul, hogy a három fázis feszültségvektorai háromszöget alkotnak. Így a feszültségek algebrai összege minden pillanatban zérus. Ha tehát a három tekercsből zárt kört létesítünk, akkor mivel a körben az eredő feszültség zérus, abban a belső áram nem fog folyni. A tekercsek csatlakozási pontjait kivezetve, bármely két két kivezetés között egyenlő nagy és kölcsönösen 120°-kal eltolt feszültséget nyerünk.

A fázisfeszültségek vektorábrája alapján a kapcsolást háromszög vagy deltakapcsolásnak nevezik. (jele: Δ, D, d)





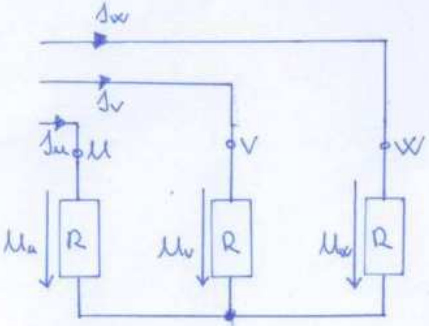


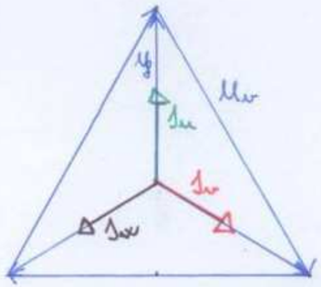
A fenti ábrákból jól látszik, hogy deltakapcsolásban a vonalfeszültség egyenlő a fázisfeszültséggel.

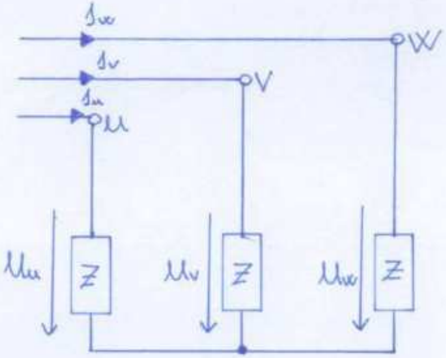
$$\boxed{U_v = U_f}$$

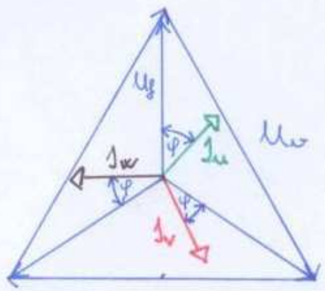
Nézzük meg, hogyan lehet a fogyasztókat a háromfázisú rendszerre rákapcsolni. A vonalfeszültséget adottnak tekintjük.

A háromfázisú rendszert terhelő impedanciák is csillagba vagy deltába kapcsolhatók. Ha az impedanciák nagysága és fázisszöge egyenlő, akkor a háromfázisú rendszer szimmetrikus terheléséről beszélünk. Az egyes impedanciákra jutó feszültségeket fázisfeszültségnek nevezik. Szimmetrikus rendszer szimmetrikus terhelése esetén a fázisfeszültségek egyenlők és 120°-ra vannak egymástól eltolva.





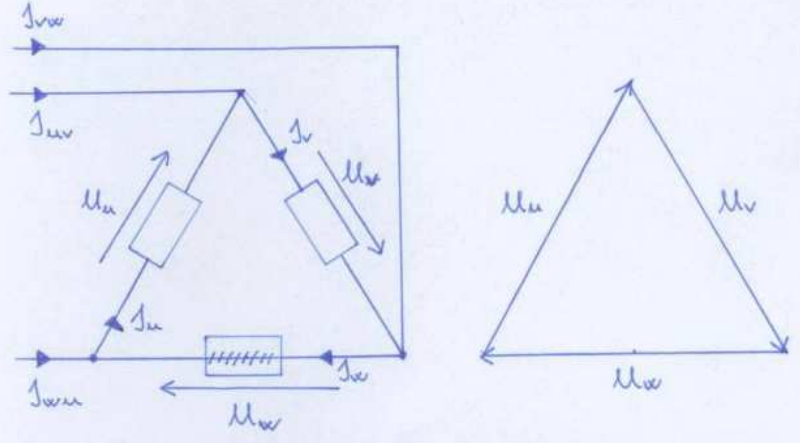


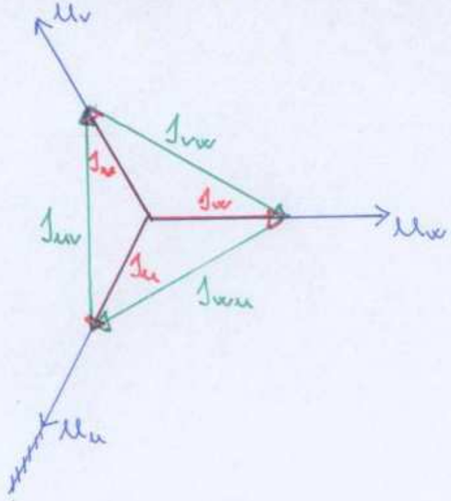


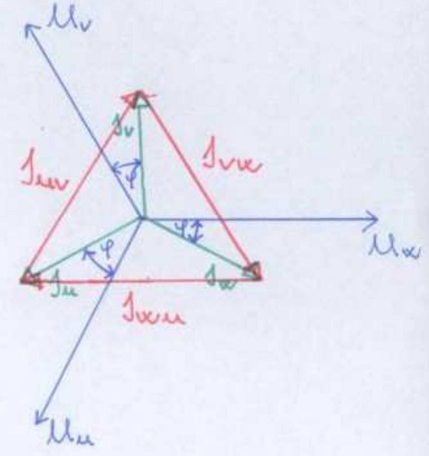
Ha U_v vonalfeszültségű rendszert csillagba kapcsolt, fázisonként megegyező nagyságú R ohmos ellenállással terheljük, akkor az egyes ellenállásokon folyó ún. fázisáramok vektorai egyirányúak a fázisfeszültségek vektoraival. Ha a terhelés nem ohmos, akkor a fázisáramok és a fázisfeszültségek a terhelő impedancia által megszabott szöggel el vannak egymáshoz képest tolva. Csillagkapcsolásban a kapcsokon befolyó vonaláram egyenlő a fázisárammal:

$$\boxed{I_v = I_f}$$

Terheljük a háromfázisú rendszert háromszögbe kapcsolt ohmos ellenállásokkal.







A fázisáramok egyirányúak a fázisfeszültségekkel. Két szomszédos fázisáram eredője a kapcsokon befolyó vonaláramot szolgáltatja.

Háromszögkapcsolásban a vonaláram nagysága: $\boxed{I_v = \sqrt{3}\, I_f}$

Ha a terhelés háromszögbe kapcsolt impedanciákból áll, akkor a feszültségvektorok és áramvektorok kölcsönös helyzete megváltozik, de az áramvektorok egymáshoz képest elfoglalt helyzete változatlan marad.

Mind csillag-, mind háromszögkapcsolásban a fázisfeszültségek és fázisáramok között fennáll az

$$\boxed{U_f = I_f Z}$$

összefüggés, ha Z egy fázis impedanciája.

Háromfázisú rendszer teljesítménye

A szimmetrikusan terhelt háromfázisú rendszer teljesítménye a fázisfeszültségekből és fázisáramokból számítható. Ha I_f és U_f közötti fáziseltolás φ, akkor egy fázis átlagos teljesítménye $U_f I_f \cos\varphi$, és az egész teljesítmény: $P = 3 U_f I_f \cos\varphi$.

Mivel a gyakorlatban mind csillag-, mind deltakapcsolásban a vonalfeszültséggel és vonalárammal számolunk, helyettesítsük be az összefüggésbe a vonalértékeket:

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

A szimmetrikusan terhelt háromfázisú rendszer pillanatnyi teljesítménye az egyes fázisok pillanatnyi teljesítményeinek összege.

Az u, v, w fázisok pillanatnyi teljesítménye:

$$p_u(t) = U_f I_f \cos\varphi - U_f I_f \cos(2\omega t - \varphi)$$, ha U_f és I_f effektív értékek.

$$p_v(t) = U_f I_f \cos\varphi - U_f I_f \cos(2\omega t - \varphi - 240°)$$

$$p_w(t) = U_f I_f \cos\varphi - U_f I_f \cos(2\omega t - \varphi - 120°)$$

A háromfázisú pillanatnyi teljesítmény:

$$p(t) = p_u(t) + p_v(t) + p_w(t) = 3U_f I_f \cos\varphi - U_f I_f \left[\cos(2\omega t - \varphi) + \cos(2\omega t - \varphi - 240°) + \cos(2\omega t - \varphi - 120°)\right]$$

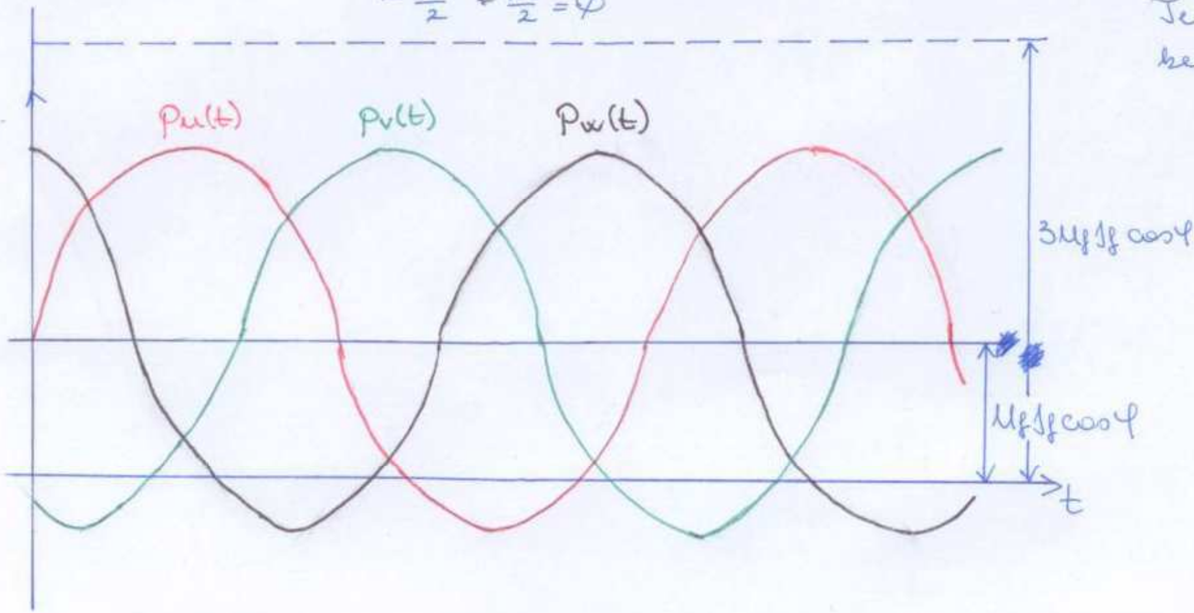
A szögletes zárójelben álló kifejezés zérus, mert

$$\cos(2\omega t - \varphi - 240°) = \cos[(2\omega t - \varphi) - 240°] = \cos(2\omega t - \varphi)\cos 240° + \sin(2\omega t + \varphi)\sin 240°$$

$$\cos(2\omega t - \varphi - 120°) = \cos[(2\omega t - \varphi) - 240°] = \cos(2\omega t - \varphi)\cos 120° + \sin(2\omega t - \varphi)\sin 120°$$

tehát

$$\cos(2\omega t - \varphi) + \cos(2\omega t - \varphi - 240°) + \cos(2\omega t - \varphi - 120°) = \cos(2\omega t - \varphi)\cdot\underbrace{(1 + \cos 240° + \cos 120°)}_{1 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} = \emptyset} +$$
$$+ \sin(2\omega t - \varphi)\cdot\underbrace{(\sin 120° + \sin 240°)}_{-\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} = \emptyset} = \emptyset$$



Tehát a háromfázisú teljesítmény pillanatértékei is állandók:

$$\boxed{p(t) = 3U_f I_f \cos\varphi}$$

A meddő teljesítmény a három fázis esetében

$$\boxed{Q = \sqrt{3}\, U_v I_v \sin\varphi}$$

a látszólagos teljesítmény pedig

$$\boxed{S = 3U_f I_f = \sqrt{3}\, U_v I_v}$$

A három teljesítmény (P, Q, S) a következő az összefüggés:

$$\boxed{S^2 = P^2 + Q^2}$$

Példa: Háromfázisú generátor fázistekercseiben 230V feszültség indukálódik. A generátort három egyenként $R=100\Omega$ ellenállással terheljük.

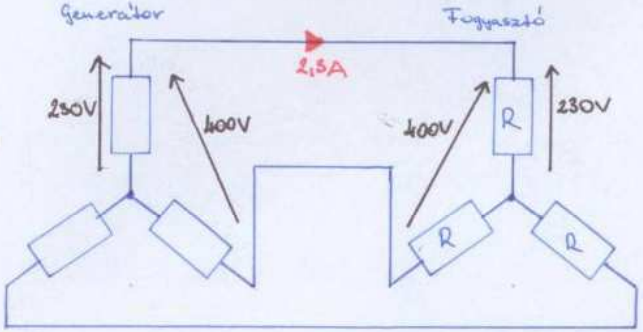
Határozza meg a) mekkora feszültség esik a terhelő ellenállásokra,

b) mekkorák a vonal- és fázisáramok,

c) mennyi az egyes fázisokra eső, és a háromfázisú teljesítmény,

ha a generátort és a terhelést felváltva csillagba ill. háromszögbe kapcsoljuk.

1)



1)

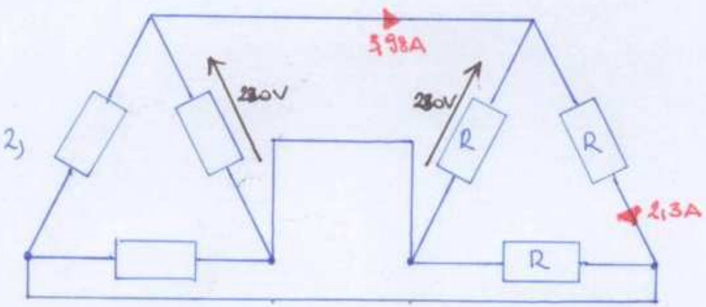
$U_v = \sqrt{3}U_f \approx \underline{\underline{400V}}$

$I_f = I_v = \frac{U_f}{R} = \frac{230}{100} = 2,3A$

$P_f = U_f I_f = 230 \cdot 2,3 \approx \underline{\underline{529}} W$

$P = \sqrt{3} U_v I_v = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 2,3 = \underline{\underline{1587}} W$

2)



2)

$U_v = U_f = 230V$

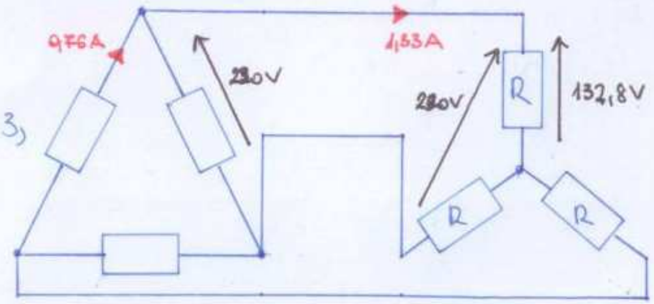
$I_f = \frac{U_f}{R} = \underline{\underline{2,3A}}$

$I_v = \sqrt{3} \cdot 2,3 = \underline{\underline{3,98A}}$

$P_f = U_f I_f = \underline{\underline{529W}}$

$P = \sqrt{3} U_v I_v = \underline{\underline{1587W}}$

3)



3)

$U_f = U_v/\sqrt{3} = \underline{132,8V}$

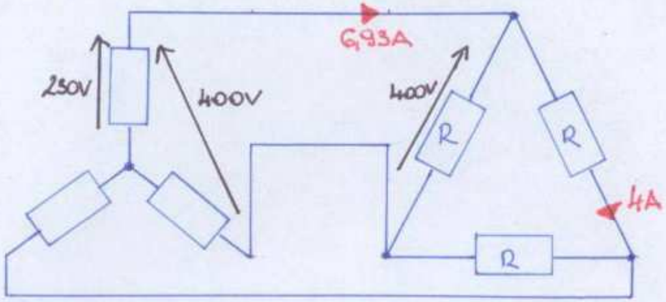
$I_f = I_v = \frac{132,8}{100} = \underline{\underline{1,33A}}$

$I_{f gen.} = \frac{I_v}{\sqrt{3}} = \underline{\underline{0,76A}}$

$P_f = 176,6W$

$P = \underline{\underline{529W}}$

4)



4)

$$U_v = U_f = \cancel{380}\,400\,V$$

$$I_f = \frac{380}{100} = \cancel{3{,}8A}\ 4A$$

$$I_v = I_{f\,gen.} = \sqrt{3}\cdot I_f = \cancel{6{,}6A}\ 6{,}93A$$

$$P_f = 1600W$$

$$P = 4800W$$

A példa jól mutatja, hogy a háromfázisú rendszer módot nyújt arra, hogy ugyanazzal a berendezéssel egyszerű módon háromféle fogyasztói fázisfeszültséget nyerjünk.