

VILLAMOS ENERGETIKA – ELŐVIZSGA DOLGOZAT - A csoport

2013. május 22.

NÉV:

NEPTUN-KÓD:

Terem és ülőhely:.....

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
Σ	

Értékelés: Ha az 1. feladat eredménye <40%, akkor az összes többi feladat automatikusan 0 pont.
A dolgozat érdemjegye az összpontszámtól függően: 40%-tól **2**, 55%-tól **3**, 70%-tól **4**, 85%-tól **5**

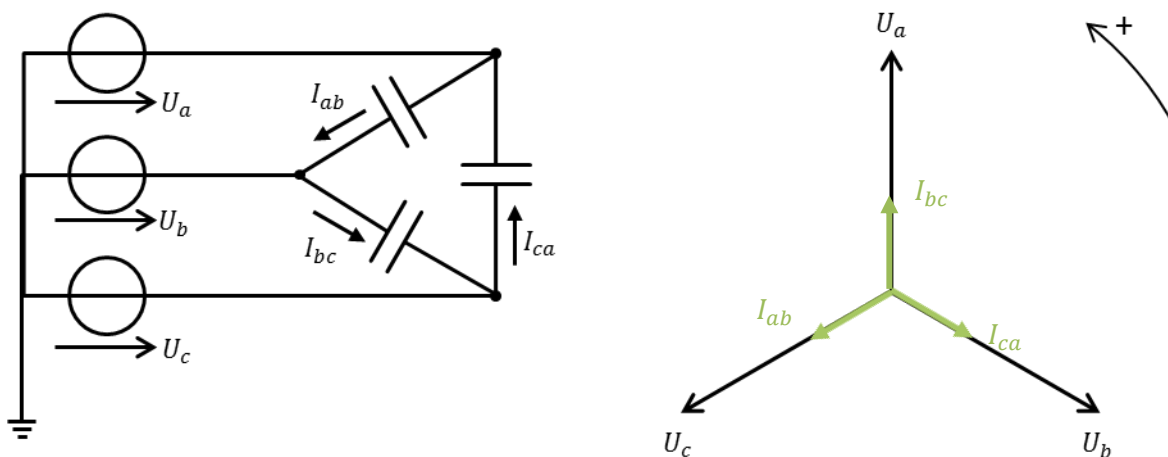
1. feladat („beugró”)

(10x1 pont)

1.1. Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy HAMIS?

A nagyobb szélerőművek teljesítménye 3-5MW közé esik.	IGAZ
Magyarország első szivattyús tározós erőműve már több éve segít a rendszerszabályozásban.	HAMIS
Egy háztartás éves villamosenergia-fogyasztása Magyarországon átlagosan 2400-2800 kWh.	IGAZ
Hazánk fosszilis tüzelésű erőműveinek jellemző üzemanyaga az olaj.	HAMIS

1.2. Egy szimmetrikus háromfázisú feszültségrendszerre delta elrendezésben kondenzátorokat kapcsolunk. A felvett referenciairányok szerint irányhelyesen rajzolja be a fázorábrába a kondenzátorokon átfolyó áramokat!



1.3. Egy távvezeték pozitív sorrendű impedanciája $1,0+j1,15 \Omega$. A vezeték fázisvezetőiben folyó áramok pozitív sorrendű összetevője $200+j35 \text{ A}$. ($I_2 = I_0 = 0 \text{ A}$). Határozza meg a vezetéken keletkező háromfázisú veszteséget!

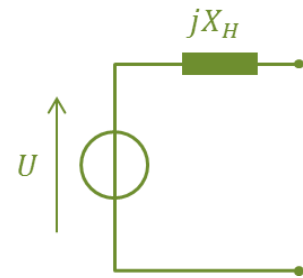
$$|I| = 203,0 \text{ A}$$

$$P_v = 3|I|^2 R = 3 \cdot (203,0 \text{ A})^2 \cdot 1 = 123,63 \text{ kW}$$

1.4. Egy hálózati táppont névleges feszültsége 10 kV, (háromfázisú) rövidzárlati teljesítménye 1,5 MVA. Rajzolja fel a pozitív sorrendű helyettesítő képet, és számolja ki a helyettesítő kép elemeinek paramétereit!

$$U = \frac{U_n}{\sqrt{3}} = \frac{10\text{kV}}{\sqrt{3}} = 5,77\text{kV}$$

$$X_h = \frac{U_n^2}{S_z} = \frac{10\text{kV}^2}{1,5\text{MVA}} = 66,67\Omega$$



1.5. Egy 120 kV-os, veszteségmentesnek tekintett távvezeték hossza 30 km, hosszegységre eső induktivitása 1,3 mH/km, hosszegységre eső kapacitása 9 nF/km. Mekkora a természetes teljesítménye?

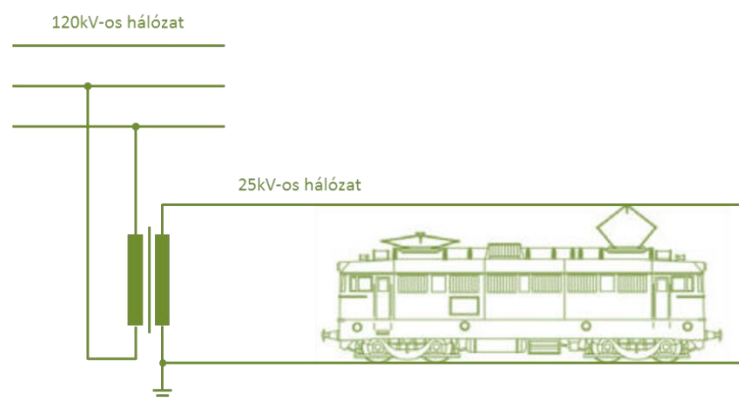
Ha ezen a vezetéken 50 MW hatásos teljesítményt szállítunk, akkor a távvezeték összességében meddő teljesítményt **TERMEL** **FOGYASZT**

$$R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{l l'}{l c'}} = \sqrt{\frac{l'}{c'}} = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 10^{-3}\text{H}}{9 \cdot 10^{-9}\text{F}}} = 380,1\Omega$$

$$P_t = \frac{U^2}{R_0} = \frac{120\text{kV}^2}{380,1\Omega} = 37,89\text{MW}$$

$$P > P_t \rightarrow \text{FOGYASZT}$$

1.6. Vázlatosan rajzolja fel a hazai nagyvasúti villamos vontatás betáplálásának módját (táphálózat, feszültségszintek, mozdony ellátásának módja)!

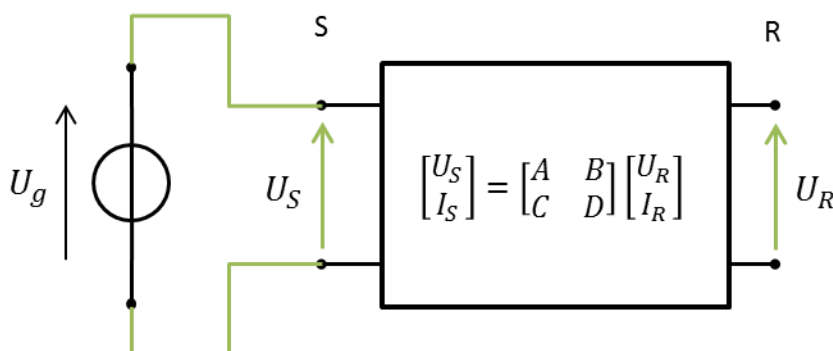


Megoldáshoz szükséges: ~120kV, transzformátor, ~25kV, vonali valamint felsővezeték-föld kapcsolat.

1.7. Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy HAMIS?

Az egyetemes szolgáltatásra többek között a lakossági fogyasztók jogosultak.	IGAZ
A szervezett villamosenergia-piacot a köznyelvben rendszerint áramtőzsdének nevezik.	IGAZ
Magyarországon a 100 MW-nál nagyobb beépített teljesítménnyel rendelkező erőművek száma 50-60 körül van.	HAMIS

1.8. Egy távvezeték láncparaméteres egyenletének 'A' paraméterét kívánjuk megmérni. Az alábbi ábrán alakítsa ki a mérési összeállítást, és jelölje be a mérendő mennyiségeket!



(ha ellenállást rajzol a generátor és S közé, az nem baj.)

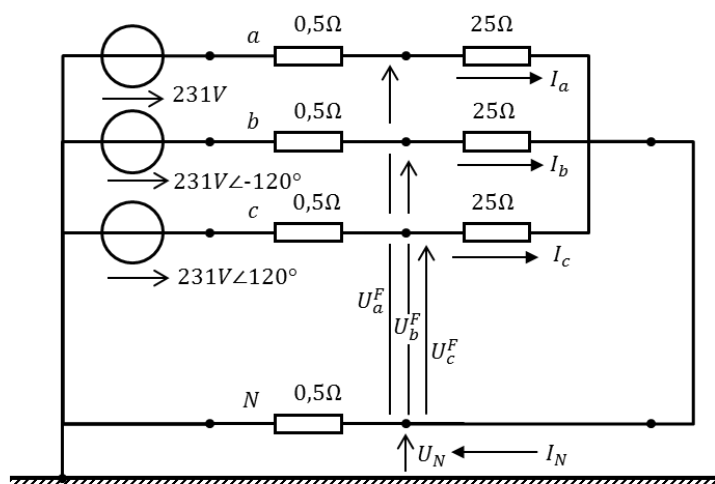
1.9. Magyarországon egy háztartás éves villamosenergia-fogyasztása kb. 2600 kWh/év. Mérési adatokból tudjuk, hogy egy 160 kVA-es, 10/0,4 kV-os transzformátoron a napi átlagos energiaforgalom 770 kWh/nap. Hány háztartást láthatunk el ezzel a transzformátorral?

$$E_{\text{tr,év}} = E_{\text{tr,nap}} \cdot 365 \frac{\text{nap}}{\text{év}} = 770 \frac{\text{kWh}}{\text{nap}} \cdot 365 \frac{\text{nap}}{\text{év}} = 281050 \text{ kWh/év}$$

$$N_{\text{ht}} = \frac{E_{\text{tr,év}}}{E_{\text{ht,év}}} = \frac{281050 \frac{\text{kWh}}{\text{év}}}{2600 \frac{\text{kWh}}{\text{év}}} = 108,10$$

1.10. Adott az alábbi 0,4 kV-os hálózat. Határozza meg a fogyasztói csillagpont eltolódás mértékét (U_N), és a nullavezetőben folyó áramot (I_N)?

$$U_N = 0 \text{ V}, \quad I_N = 0 \text{ A}$$



2. Egy nagyfeszültségű távvezeték kezdő és végpontján mért feszültség U_S és U_R . A következő kérdések adott válaszokkal magyarázza el, hogy $|U_S| = |U_R|$ esetben hogyan történik a hatásos teljesítmény-átvitel nagyfeszültségű távvezetéken! (10 pont)

- Mi az a terhelési szög?
- $|U_S| = |U_R|$ esetén vezesse le a R oldali hatásos teljesítmény kifejezését!
(a távvezeték soros X_L reaktanciájával helyettesítse, U_R fazorát valós irányba vegye fel!)
- Mennyi a R oldali hatásos teljesítmény, ha viszonylagos egységekben

$$u_R = 1, \quad u_S = 1,1e^{j8^\circ}, \quad x = 0,15$$

#MEGOLDÁS:

A két feszültség abszolút értéke megegyezik, de egymással szöget zárnak be.

(2 pont)

Ezt a szöget terhelési szögnek nevezzük és δ -val jelöljük.

(2 pont)

Vegyük U_R valós irányba, ezt megelőzi U_S . Tehát:

$$U_S = U_R e^{j\delta}$$

A két végpont közötti feszültség így:

$$\Delta U = U_S - U_R = U_R(e^{j\delta} - 1)$$

Az így folyó áram:

$$I = \frac{\Delta U}{jX} = \frac{U_R(e^{j\delta} - 1)}{jX} = \frac{U_R}{X} e^{j(\delta-90^\circ)} + \frac{jU_R}{X}$$

Tehát az R oldali teljesítmény:

$$S_R = U_R I^* = \frac{U_R^2}{X} e^{j(90^\circ-\delta)} - \frac{jU_R^2}{X}$$

$$P_R = \operatorname{Re}\{S_R\} = \frac{U_R^2}{X} \cos(90^\circ - \delta) = \frac{U_R^2}{X} \sin\delta$$

(levezetés 4 pont, végeredmény (levezetés nélkül is!) 1pont)

Példában:

$$p_R = \frac{u_R u_S}{x} \sin\delta = \frac{1 \cdot 1,1}{0,15} \sin 8^\circ = 1,02$$

(képlet: ha előbb levezette, akkor ott megkapta a pontot,
ha ott nem tudta, de itt felírta a végeredményt, akkor 1 pont
számítás 1pont)

3. Egy turbina-generátor-fogyasztói rendszer állandósult állapotában $f_0 = 50\text{Hz}$, $P_0 = 200\text{ MW}$. A turbina-generátor egység maximális teljesítménye 240 MW és $R = 5\%$ statizmussal jellemezhető. A rendszerben hirtelen fellépő $+5\text{ MW}$ fogyasztói teljesítményigény-változás hatására mekkora lesz a frekvenciaváltozás, ha $k_{pf}=1$, és

- ha nincs fordulatszám-szabályozás?
- ha van fordulatszám-szabályozás?
- Adja meg a dinamikus teljesítményegyensúlyt leíró egyenletet! Az egyenlet alapján magyarázza meg, hogy a fenti fogyasztói teljesítményváltozás hatására turbina-generátor egység gyorsulni vagy lassulni fog! (10 pont)

a) K_f tényező számítása és a frekvenciaváltozás (1+1 pont)

$$K_F = \frac{P_0 k_{pf}}{f_0} = \frac{200\text{ MW} \cdot 1}{50\text{ Hz}} = 4 \frac{\text{MW}}{\text{Hz}}$$

$$\Delta f = -\frac{\Delta P}{K_F} = -\frac{5\text{ MW}}{4 \frac{\text{MW}}{\text{Hz}}} = -1,250\text{Hz}$$

b) K_g tényező számítása (1+1+2 pont)

$$\Delta f_R = R \cdot f_0 = 5\% \cdot 50\text{ Hz} = 2,5\text{ Hz}$$

$$K_G = -\frac{P_{\max}}{\Delta f_R} = -\frac{240\text{ MW}}{2,5\text{ Hz}} = -96\text{ MW/Hz}$$

$$\Delta f = -\frac{\Delta P_f}{K_F + K_G} = -\frac{5\text{ MW}}{(4 - 96) \frac{\text{MW}}{\text{Hz}}} = -0,050\text{ Hz}$$

c) dinamikus egyensúly (1 pont)

$$P_M - T \frac{d\omega}{dt} = P_F + P_v$$

Mivel $P_F > 0 \rightarrow$ az egyenlet jobb oldala növekszik, tehát ha P_M változatlan marad (változása lényegesen lassabb), akkor

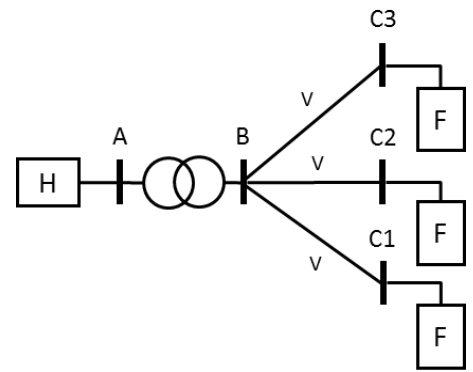
$$-\frac{T d\omega}{dt} > 0$$

$$\frac{d\omega}{dt} < 0$$

Tehát a tengely forgása lassulni fog.

(magyarázat 2 pont, eredmény 1 pont)

4. Adott az alábbi háromfázisú hálózat! A transzformátor kisfeszültségű oldalára 3 vezeték csatlakozik, a vezetékek végén egy-egy (impedanciatartó) fogyasztó található. Mindegyik vezeték, illetve fogyasztó a táblázatban megadott paraméterekkel jellemezhető, tehát a transzformátorról leágazó 3 ág teljesen azonos.



- Mennyi a vezetékeken disszipálódó veszteség?
- Határozza meg a hálózathoz betáplált háromfázisú komplex teljesítményt!

(A hálózat szimmetrikus, a kisebb feszültségű oldalra redukálja a hálózatot!) (10 pont)

H	TR	V	F1-F3
$U_n^H = 20 \text{ kV}$	$20/0,4 \text{ kV}$	$R^V = 0,15 \Omega$	$U_n^F = 0,4 \text{ kV}$
$S_z^H = \infty$	$S_n^{TR} = 250 \text{ kVA}$		$S_n^F = 50 \text{ kVA}$
	$\varepsilon = 5\%$		$\cos\varphi = 0,97 \text{ (ind.)}$

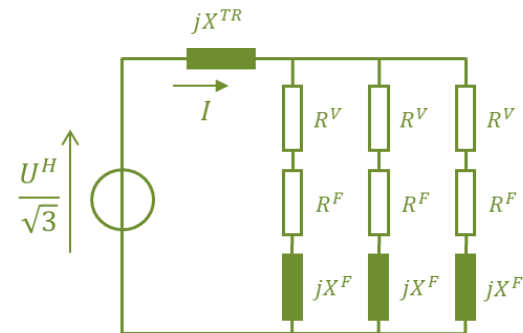
A hálózat modellje (2 pont):

A paraméterek (4x0,5pont):

$$\frac{U^H}{\sqrt{3}} = \frac{0,4}{20} \cdot \frac{U_n^H}{\sqrt{3}} = \frac{0,4}{20} \cdot \frac{20 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 0,231 \text{ kV}$$

$$X^{TR} = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{(U_n^{TR})^2}{S_n^{TR}} = \frac{5}{100} \cdot \frac{(0,4 \text{ kV})^2}{250 \text{ kVA}} = 0,032 \Omega$$

$$R^F + jX^F = \frac{(U_n^F)^2}{S_n^F} (\cos\varphi + j\sin\varphi) = \frac{(0,4 \text{ kV})^2}{50 \text{ kVA}} (0,97 + j0,243105) = 3,104 + j0,78 \Omega$$



Egy fogyasztói ág impedanciája: (0,5 pont)

$$Z_{1\text{ág}} = R^V + R^F + jX^F = 0,15 + 3,104 + j0,78 \Omega = 3,25 + j0,78 \Omega$$

Három ág impedanciája így: (0,5 pont)

$$Z_{3\text{ág}} = \frac{Z_{1\text{ág}}}{3} = 1,08 + j0,26 \Omega$$

Így a hálózathoz kifolyó áram: (1 pont)

$$I = \frac{\frac{U^H}{\sqrt{3}}}{jX^{TR} + Z_{3\text{ág}}} = \frac{0,231 \text{ kV}}{j0,032 + 1,08 + j0,26 \Omega} = 198,59 - 53,34j \text{ A} = 205,63 \exp(-j15,03^\circ) \text{ A}$$

Ennek harmada folyik egy vezetéken, tehát a három vezetéken disszipálódó veszteség:

(2 pont)

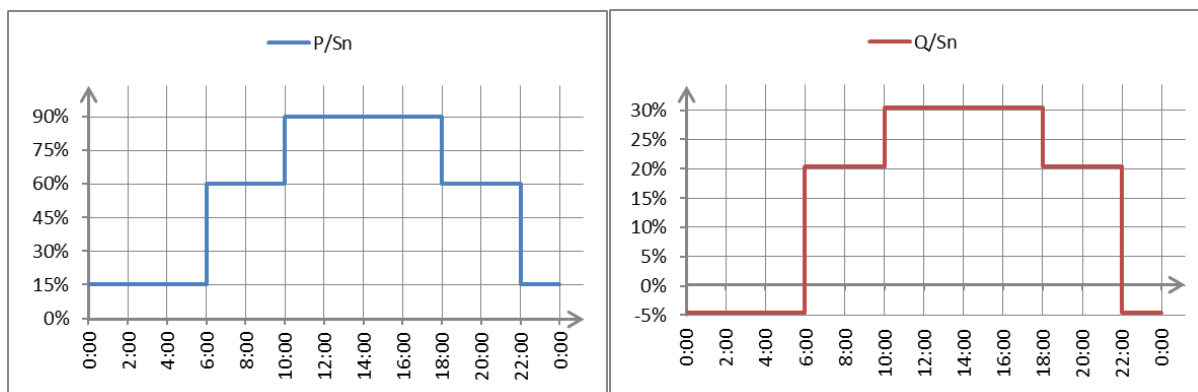
$$P_{\text{veszt},3\text{vez}} = 3P_{\text{veszt},1\text{vez}} = 3 \left(3R_v \left| \frac{I}{3} \right|^2 \right) = R_v |I|^2 = 0,15 \Omega \cdot (205,63 \text{ A})^2 = 6,34 \text{ W}$$

A hálózathoz betáplált komplex teljesítmény (az áttétel kiesik): (2 pont)

$$S^H = 3U^H I^* = 3 \cdot 0,231 \text{ kV} \cdot 142,46 \exp(-j15,03^\circ) \text{ A} = 142,46 \exp(-j15,03^\circ) \text{ kVA}$$

$$P^H = 137,59 \text{ kW}, \quad Q^H = 36,95 \text{ kvar}$$

5. Egy háromfázisú ipari fogyasztó munkanapi hatásos és meddő energiafogyasztását az alábbi grafikonok írják le. A fogyasztó névleges teljesítménye 30 kVA. (10 pont)



- Határozza meg a fogyasztó teljesítménytényezőjét a völgy (22-06), valamint a csúcsidőszakban (10-18)!
- A villamos energia ára 45 Ft/kWh, és a meddőenergia díj 4,5 Ft/kvarh. (Az elfogyasztott hatásos energia 25%-áig az induktív meddő energia térítésmentes, a kapacitív meddőért a fenti díjat kell fizetni.) Mekkora a fogyasztó havi villamos energia költsége, ha az adott hónapban 20 munkanap van?
- Mekkora kapacitású kondenzátorokra van szükség a fogyasztó maximális meddőteliességének kompenzálására? A kondenzátorokat deltába kötjük, a névleges feszültség 0,4 kV.

- A teljesítménytényező meghatározása: (2x1 pont)
völgyidőszakban:

$$\frac{Q}{P} = -\frac{0,05}{0,15} = \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} = \tan\varphi$$

$$\varphi = \arctan(-0,33) = -18,43^\circ \rightarrow \cos\varphi = 0,948 \text{ (kap.)}$$

csúcsidőszakban:

$$\frac{Q}{P} = \frac{0,30}{0,90} = \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} = \tan\varphi$$

$$\varphi = \arctan(0,33) = 18,43^\circ \rightarrow \cos\varphi = 0,948 \text{ (ind.)}$$

- A napi energiamennyiségek:

$$\left(\frac{P}{S_n}\right)_{\text{átlag}} = \frac{8 \cdot 0,15 + 8 \cdot 0,6 + 8 \cdot 0,9}{24} = 0,55$$

(3x1 pont)

$$E_P = 24h \cdot S_n \cdot \left(\frac{P}{S_n}\right)_{\text{átlag}} = 24h \cdot 30 \text{ kVA} \cdot 0,55 = 396 \text{ kWh}$$

$$E_{Q_{\text{kap}}} = 8h \cdot S_n \cdot \left(\frac{Q_{\text{kap}}}{S_n}\right) = 8h \cdot 30 \text{ kVA} \cdot 0,05 = 12 \text{ kvarh}$$

$$E_{Q_{\text{ind}}} = 16h \cdot S_n \cdot \left(\frac{Q_{\text{ind}}}{S_n}\right)_{\text{átlag}} = 16h \cdot 30 \text{ kVA} \cdot 0,25 = 120 \text{ kvarh}$$

A térítésmentes induktív meddő energia:

(1 pont)

$$E_{Q_{\text{ind,ingyen}}} = 0,25 \cdot E_P = 0,25 \cdot 396 \text{ kWh} = 99 \text{ kvarh}$$

Így a havi energiadíjak:

(1 pont)

$$C_P = 20 \cdot 396 \text{ kWh} \cdot 45 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} = 356400 \text{ Ft}$$

$$C_{Qk} = 20 \cdot 12 \text{ kvarh} \cdot 4,5 \frac{\text{Ft}}{\text{kvarh}} = 1080 \text{ Ft}$$

$$C_{Qi} = 20 \cdot (120 - 99) \text{ kvarh} \cdot 4,5 \frac{\text{Ft}}{\text{kvarh}} = 1890 \text{ Ft}$$

$$C = C_P + C_{Qk} + C_{Qi} = 359370 \text{ Ft}$$

c) A kompenzációhoz szükséges kondenzátorok

A maximális meddőigény:

(1 pont)

$$Q_{\max} = 0,3 \cdot S_n = 9 \text{ kvar.}$$

Ezt három, vonali feszültségre kapcsolt kondenzátorra kell osztani:

(2 pont)

$$Q_c = \frac{U_n^2}{X_c} = U_n^2 \omega C = \frac{Q_{\max}}{3} \rightarrow C = \frac{Q_{\max}}{3U_n^2 \omega}$$

$$C = \frac{9 \text{ kvar}}{3 \cdot (0,4)^2 \cdot 2\pi \cdot 50\text{Hz}} = 59,68 \mu\text{F}$$

(A megoldás menete a fentitől eltérhet, a megfelelően alátámasztott végeredményért jár a maximális pont.)

VILLAMOS ENERGETIKA – ELŐVIZSGA DOLGOZAT - B csoport

2013. május 22.

NÉV:

NEPTUN-KÓD:

Terem és ülőhely:.....

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
Σ	

Értékelés: Ha az 1. feladat eredménye <40%, akkor az összes többi feladat automatikusan 0 pont.
A dolgozat érdemjegye az összpontszámtól függően: 40%-tól **2**, 55%-tól **3**, 70%-tól **4**, 85%-tól **5**

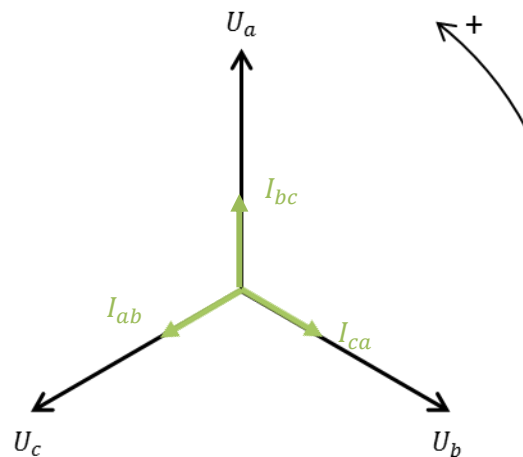
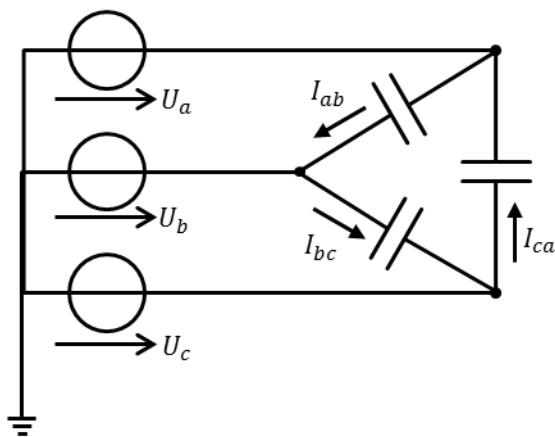
1. feladat („beugró”)

(10x1 pont)

1.1. Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy HAMIS?

A szélenergia termelés legnagyobb problémája a gyorsan változó termelés és a pontatlan előrejelzés.	IGAZ
Az utóbbi évtizedben jelentősen bővül Magyarország „Offshore” szélerőmű kapacitása.	HAMIS
A villamos energiaátvitel és elosztás energiavesztesége megközelítőleg 8-10%.	IGAZ
Egy 20/0,4kV-os transzformátor jellemzően az átviteli és elosztó hálózat határát jelenti.	HAMIS

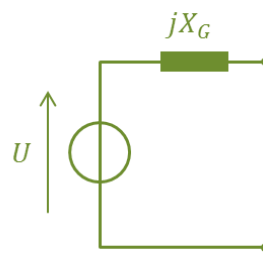
1.2. Egy szimmetrikus háromfázisú feszültségrendszerre delta elrendezésben kondenzátorokat kapcsolunk. A felvett referenciáirányok szerint irányhelyesen rajzolja be a fázorábrába a kondenzátorokon átfolyó áramokat!



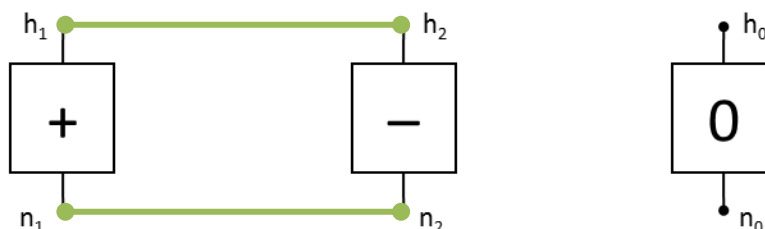
1.3. Egy (háromfázisú) szinkrongenerátor névleges feszültsége 15,75 kV, névleges teljesítménye 100 MVA, szinkronreaktanciája (ϵ_d) 170%. Rajzolja fel a pozitív sorrendű helyettesítő képet, és számolja ki a helyettesítő kép elemeinek paramétereit!

$$U = \frac{U_n}{\sqrt{3}} = \frac{15,75 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 9,09 \text{ kV}$$

$$X_h = \frac{\epsilon}{100} \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{170}{100} \frac{15,75 \text{ kV}^2}{100 \text{ MVA}} = 4,22 \Omega$$



1.4. Egy hálózaton bekövetkezik egy 2F(b,c) zárlat. Alább adott a hálózat pozitív, negatív és zérus sorrendű modelljének egyszerűsített vázlata, a hibahely feltüntetésével. Kösse össze a modelleket a zárlat számításához szükséges módon!



1.5. Egy 120 kV-os, veszteségmentesnek tekintett távvezeték hossza $l = 60 \text{ km}$, hosszegységre eső induktivitása $l' = 1,5 \text{ mH/km}$, hosszegységre eső kapacitása $c' = 8 \text{ nF/km}$. Mekkora a vezeték hullámellenállása?

$$R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{l l'}{l c'}} = \sqrt{\frac{l}{c}} = \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^{-3} \text{ H}}{8 \cdot 10^{-9} \text{ F}}} = 433 \Omega$$

1.6. Egy 6 kV névleges feszültségű fogyasztó névleges teljesítmény felvétele 130 kW + 120 kvar. A fogyasztó meddőteljesítmény igényének teljes kompenzálásához deltába kapcsolt kondenzátorokat alkalmazunk. Mekkora legyen ezek kapacitása?

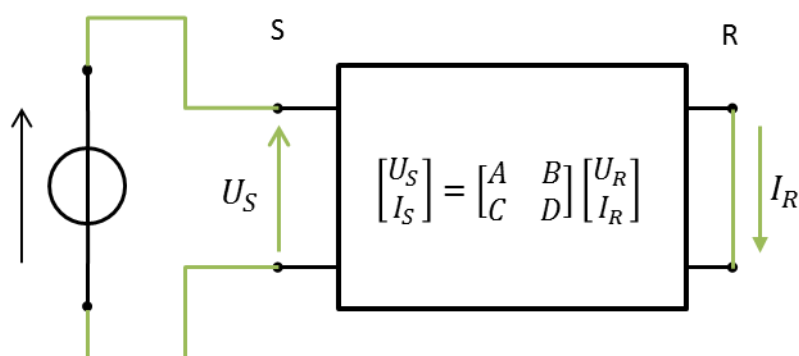
Egy kondenzátorral kompenzálendő meddőteljesítmény:

$$Q_c = \frac{Q}{3} = \frac{120}{3} = 40 \text{ kvar}$$

Így egy kondenzátor kapacitása:

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{U^2}{Q_c} \rightarrow C = \frac{Q_c}{\omega U^2} = \frac{40 \text{ kvar}}{100\pi \cdot (6 \text{ kV})^2} = 3,54 \mu\text{F}$$

1.7. Egy távvezeték láncparaméteres egyenletének 'B' paraméterét kívánjuk mérni. Az alábbi ábrán alakítsa ki a mérési összeállítást, s jelölje be a mérendő mennyiségeket!



(ha ellenállást rajzol a generátor és S közé, az nem baj.)

1.8. Magyarországon egy háztartás éves villamosenergia-fogyasztása kb. 2700 kWh/év. Mérési adatokból tudjuk, hogy egy 250 kVA-es, 11/0,4 kV-os transzformátoron a napi átlagos energiatranszmisszió 920 kWh/nap. Hány háztartást láthatunk el ezzel a transzformátorral?

$$E_{\text{tr,év}} = E_{\text{tr,nap}} \cdot 365 \frac{\text{nap}}{\text{év}} = 920 \frac{\text{kWh}}{\text{nap}} \cdot 365 \frac{\text{nap}}{\text{év}} = 335800 \text{ kWh/év}$$

$$N_{\text{ht}} = \frac{E_{\text{tr,év}}}{E_{\text{ht,év}}} = \frac{335800 \frac{\text{kWh}}{\text{év}}}{2700 \frac{\text{kWh}}{\text{év}}} = 124,37$$

1.9. Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy HAMIS?

A magyar VER-ben egy elosztói és hat átviteli hálózati engedélyes van.	HAMIS
A kiserőművek hazai összes beépített kapacitása 100-200 kW.	HAMIS
A kötelező átvételi rendszer célja a megújuló energiatermelés támogatása.	IGAZ

1.10. Egy fogyasztó névleges teljesítménye 12 kVA, 0,8 induktív teljesítménytényezővel. A készülék napi 8 órát működik egy 20 munkanapos hónapban. Mekkora a havi meddőenergia-költsége, ha az időszakban fogyasztott hatásos energia 25%-a felett 4,5 Ft/kvarh meddő díjat kell fizetni?

$$E_{\text{havi}} = 20 \frac{\text{nap}}{\text{hónap}} \cdot 8 \frac{\text{h}}{\text{nap}} \cdot 12 \text{ kVA} \cdot (\cos\varphi + j\sin\varphi) = 1536 \text{ kWh} + j1152 \text{ kvarh}$$

$$Q_{\text{ingyen}} = 0,25 \cdot 1536 \text{ kWh} = 384 \text{ kvarh}$$

$$Q_{\text{fiz}} = Q_{\text{havi}} - Q_{\text{ingyen}} = 1152 \text{ kvarh} - 384 \text{ kvarh} = 768 \text{ kvarh}$$

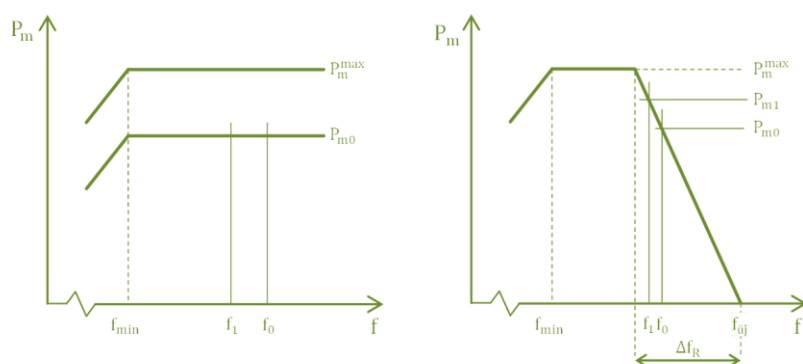
$$C = Q_{\text{fiz}} p_Q = 768 \text{ kvarh} \cdot 4,5 \cdot \frac{\text{Ft}}{\text{kvarh}} = 3456 \text{ Ft}$$

2. A frekvenciatartásban fontos szerepe van a turbina (mechanikai) teljesítmény $P(f)$ karakterisztikájának és az ún. szekunder szabályozásnak. (10 pont)

a) Ábrán adja meg a frekvenciára érzéketlen (a1) ill. a frekvenciaváltozásra szabályozással válaszoló (a2) idealizált $P(f)$ karakterisztikákat!

c) Mutassa meg a primer- ill. szekunder szabályozás elvi működését az a2 karakterisztikán!

d) A szabályozás meredekségének (K_G) és a fogyasztói frekvencia tényezőnek (K_F) ismeretében vezesse le, hogy mekkora lesz a frekvenciaváltozás az a2 karakterisztika esetén egy hirtelen fogyasztói teljesítmény-változás esetén!



frekvencia-érzékeny

frekvenciaváltozásra érzékeny

(2 pont)

Szabályozás szemléltetése az ábrán:

- 1) P_f karakterisztika felfelé
- 2) frekvencia csökken
- 3) P_m növekszik kisebb frekvencián állandósul
- 4) P_m növelése az eredeti frekvencia tartásához

(4x1pont)

Kiindulási pont, és karakterisztikák

$$\begin{aligned} P_{F0} &= P_{m0} \\ P_{m1} &= P_{m0} - K_G \Delta f \\ P_{F1} &= P_{F0} + K_F \Delta f \end{aligned}$$

(1 pont)

Fogyasztói teljesítményváltozás hatására változik a fogyasztói karakterisztika:

$$P'_{F1} = P'_{F0} + K_F \Delta f$$

Ez $\Delta f = f_1 - f_0$ frekvenciaváltozást eredményez. Az egyensúlyban $P'_{F1} = P_{m1}$, így:

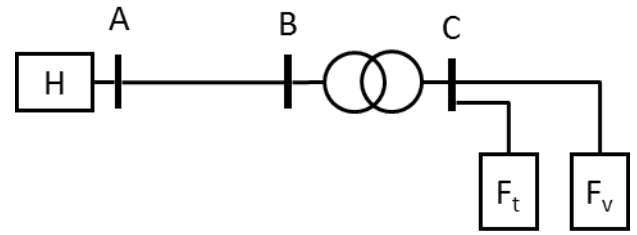
$$P'_{F0} + K_F \Delta f = P_{m0} - K_G \Delta f$$

(2 pont)

Valamint a kiinduló állapotban $P_{m0} = P_{F0}$, tehát: (2 pont)

$$\begin{aligned} P'_{F0} + K_F \Delta f &= P_{F0} - K_G \Delta f \\ \Delta f &= -\frac{P'_{F0} - P_{F0}}{K_G + K_F} = -\frac{\Delta P_F}{K_G + K_F} \end{aligned}$$

3. Egy kisváros egyik városrészében új, gyorsöltőkkel ellátott villamos autó töltőállomást szeretnének létrehozni (F_t). A töltőállomásban összesen 5 db töltőfejet szeretnének telepíteni, egy töltőfej töltési teljesítménye (P_{3f}) 50 kW, meddőteljesítmény-felvétele nincs.



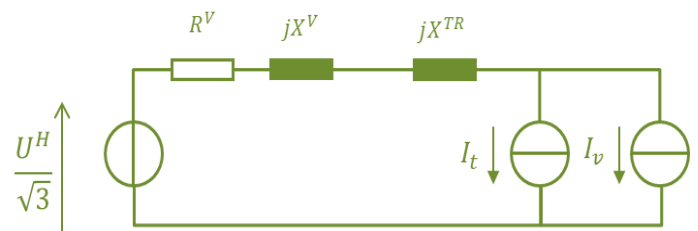
Mérési eredmények alapján tudjuk, hogy a városrész háromfázisú fogyasztása (F_v) maximálisan 1200 kW (3f), 0,96 induktív teljesítménytényezővel. A városrészt ellátó 20 kV-os távvezeték 20 km hosszú, hosszegységre jutó ellenállása $0,38 \Omega/\text{km}$, reaktanciája $0,4 \Omega/\text{km}$. A transzformátor paraméterei: 20/0,4 kV, 1600 kVA, 6%. A hálózat zárlati teljesítményét vegye végtelennek!

Mekkora százalékos feszültségesés mérhető a fogyasztóknál (C sín) a töltőállomás (F_t) megépítése előtt és után? (10 pont)

(A számítás során a feszültségesést a hosszirányú összetevővel közelítse, a hálózat a kiefeszültség oldalra redukálja!)

Hálózat és paraméterek (1+2 pont)

$$\begin{aligned} R^V + jX^V &= l \cdot (r^V + jx^V) = 7,6 + j8 \Omega \\ \rightarrow R_r^V + jX_R^V &= 0,00304 + j0,0032 \Omega \\ X^{TR} &= \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{(U_n^{TR})^2}{S_n^{TR}} = \frac{6}{100} \cdot \frac{(0,4 \text{ kV})^2}{1600 \text{ kVA}} \\ &= 0,006 \Omega \end{aligned}$$



A fogyasztók árama: (1 pont)

$$I_n^F = \frac{\frac{P_{max}}{\cos\varphi}}{\sqrt{3}U_n^F} (\cos\varphi - j\sin\varphi) = \frac{\frac{1200 \text{ kW}}{0,96}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV}} (0,96 - j0,28) = 1732,1 - j505,2 \text{ A}$$

Egy töltő által maximális áram: (1 pont)

$$I_n^{\text{Töltő}} = \frac{P_n^{\text{Töltő}}}{\sqrt{3}U_n^{\text{Töltő}}} = \frac{50 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV}} = 72,17 \text{ A}$$

Feszültségesés közelítés a hosszirányú összetevővel: (1 pont)

$$\Delta U_{h1} = RI_w - XI_m = 0,00304 \Omega \cdot 1732,1 \text{ A} + 0,0092 \Omega \cdot 505,2 \text{ A} = 9,91 \text{ V}$$

Töltő beépítése esetén (1 pont)

$$\Sigma I = I_n^F + 5 \cdot I_n^{\text{Töltő}} = 2092,9 - j505,2 \text{ A}$$

Feszültségesés közelítés a hosszirányú összetevővel: (1 pont)

$$\Delta U_{h2} = RI_w - XI_m = 0,00304 \Omega \cdot 2092,9 \text{ A} + 0,0092 \Omega \cdot 505,2 \text{ A} = 11,01 \text{ V}$$

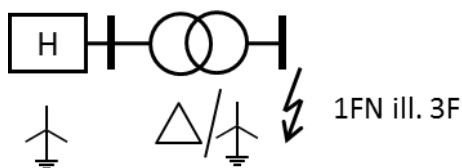
Relatív mértékben a két feszültségesés: (2x1 pont)

$$\frac{\Delta U_{h1}}{U_{n,fázis}} = \frac{9,91 \text{ V}}{231 \text{ V}} = 4,29\%, \quad \frac{\Delta U_{h2}}{U_{n,fázis}} = \frac{11,01 \text{ V}}{231 \text{ V}} = 4,77\%$$

4. Állapítsa meg, hogy a hálózat jelölt helyén az 1FN(a), vagy a 3F zárlat adja-e a nagyobb zárlati áramot az 'a' fázisban! Tekintse adottnak az alábbi mennyiségeket! (10 pont)

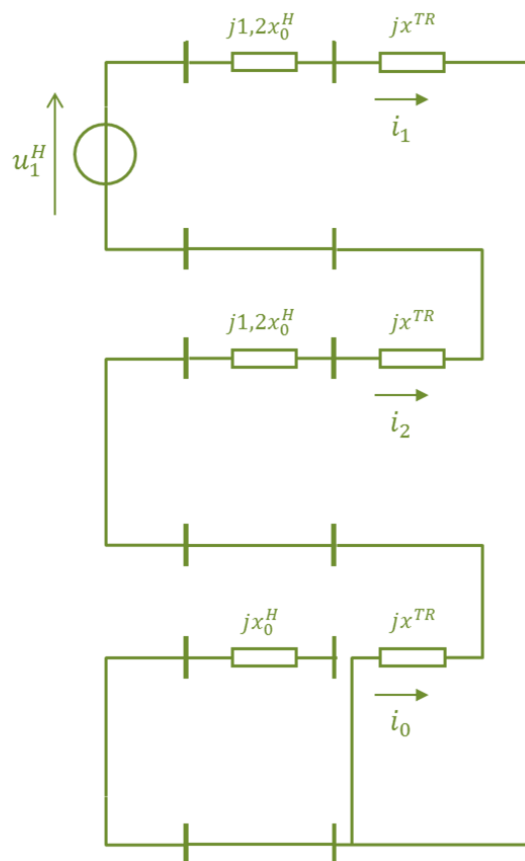
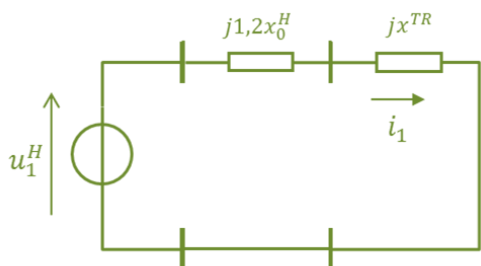
$$x_1^H = x_2^H = 1,2x_0^H$$

$$x_1^{TR} = x_2^{TR} = x_0^{TR}$$



A hálózat helyettesítése 1FN illetve 3F zárlatra:

(1+2 pont)



Az áramkörben folyó áramok:

(2+2 pont)

$$i_{1,3F} = \frac{u_1^H}{j1,2x_0^H + jx^{TR}}, \quad i_{2,3F} = 0, \quad i_{0,3F} = 0$$

$$i_{1,1FN} = \frac{u_1^H}{j2,4x_0^H + j3x^{TR}}, \quad i_{2,1FN} = i_{1,1FN}, \quad i_{0,1FN} = i_{1,1FN}$$

A zárlati áramok:

(1+1 pont)

$$|i_{a,3F}| = \frac{u_1^H}{1,2x_0^H + x^{TR}}$$

$$|i_{a,1FN}| = |i_{0,1FN} + i_{1,1FN} + i_{2,1FN}| = \frac{3u_1^H}{2,4x_0^H + 3x^{TR}} = \frac{u_1^H}{0,8x_0^H + x^{TR}}$$

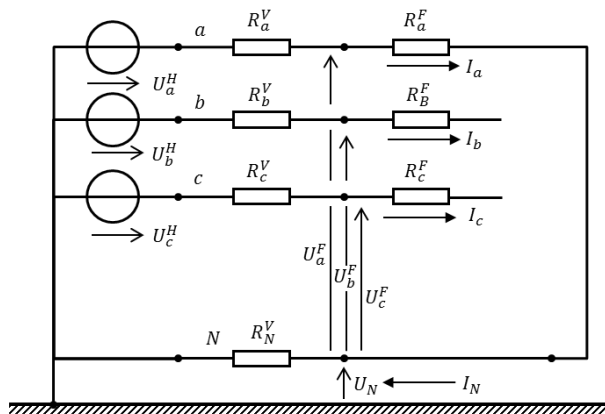
Tehát:

(1 pont)

$$|i_{a,1FN}| > |i_{a,3F}|$$

5. Adott az alábbi kisfeszültségű hálózat.

(10 pont)



$$U_a^H = 230 \text{ V}$$

$$U_b^H = U_a^H e^{-j120^\circ}$$

$$U_c^H = U_a^H e^{j120^\circ}$$

$$R_a^V = R_b^V = R_c^V = 2 \Omega$$

$$R_N^V = 4 \Omega$$

$$R_a^F = R_b^F = R_c^F = 40 \Omega$$

- Határozza meg a fogyasztói csillagpont eltolódás mértékét (U_N) és a nullavezetőn folyó áramot (I_N)!
- Határozza meg a fogyasztónál mérhető fázisfeszültségeket! A kiszámolt, valamint a hálózati feszültségeket ábrázolja fázorábrán!
- Ha a fogyasztói csillagpontot is földelnénk, aszimmetrikusak maradnának-e a fogyasztónál mérhető feszültségek?
- Számítsa ki a fogyasztó által felvett, és a hálózat által betáplált teljesítményt!

A csillagponti feszültség:

(1 pont)

$$U_N = U_a^H \frac{R_N^V}{R_N^V + R_a^F + R_a^V} = 230 \text{ V} \frac{4 \Omega}{4 \Omega + 40 \Omega + 2 \Omega} = 20 \text{ V}$$

A nullavezető árama:

(1 pont)

$$I_N = \frac{U_N}{R_N^V} = \frac{20 \text{ V}}{4 \Omega} = 5 \text{ A}$$

A fogyasztónál mérhető feszültségek:

(2 pont)

$$U_a^F = \frac{R_a^F}{R_N^V + R_a^F + R_a^V} U_a^H = \frac{40 \Omega}{4 \Omega + 40 \Omega + 2 \Omega} 230 \text{ V} = 200 \text{ V}$$

$$U_b^F = U_b^H - U_N = -115,00 - 199,19j - 20 = -135,00 - 199,19j$$

$$U_c^F = U_c^H - U_N = -115,00 + 199,19j - 20 = -135,00 + 199,19j$$

A fogyasztó teljesítménye:

(2 pont)

$$P_F = R_a^F (I_N)^2 = 40 \Omega \cdot (5 \text{ A})^2 = 1000 \text{ W}$$

$$P_H = U_a^H I_N = 230 \text{ V} \cdot 5 \text{ A} = 1150 \text{ W}$$

A földelés után is maradna aszimmetria a rendszerben, mivel U_a fázor a feszültség esés miatt csökkenne.

(2 pont)

Fázorábra

(2 pont)

