

VILLAMOS ENERGETIKA – VIZSGA DOLGOZAT - A csoport

MEGOLDÁS

2013. június 3.

1.1. Mekkora áramot (I_w , I_m) vesz fel az a fogyasztó, amelynek adatai: $U_n = 0,4$ kV (vonali), $S_n = 0,6$ MVA (3 fázisú), $\cos\phi = 0,98$ (kapacitív)?

$$I_n^F = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_n} (\cos\phi + j\sin\phi) = \frac{0,6 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV}} (0,98 + j0,20) = (848,7 + j172,3) \text{ A}$$

1.2. Egy 20kV-os szabadvezetéki hálózat csillagpontja 1800Ω Petersen-tekerccsen keresztül van földelve. A szabadvezetékek zérus sorrendű kapacitása $5,2 \frac{\text{nF}}{\text{km}}$. Határozzuk meg, hogy legfeljebb hány km kiterjedésű vezetékhálózat kompenzálására alkalmas a Petersen-tekerccs! (A transzformátor reaktanciáját elhanyagolhatjuk.)

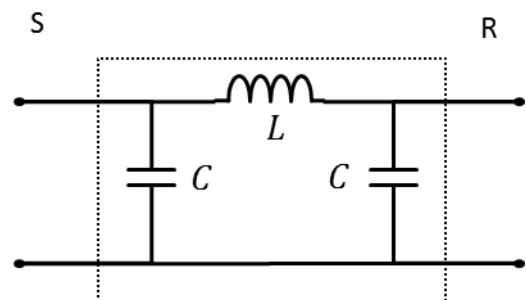
$$3X_P = X_C = \frac{1}{\omega C' l}$$
$$l = \frac{1}{3X_P \omega C'} = \frac{1}{3 \cdot 1800 \Omega \cdot 100\pi \cdot 5,2 \frac{\text{nF}}{\text{km}}} = 113,4 \text{ km}$$

1.3. Egy távvezeték láncparaméteres egyenletének 'B' paraméterét mérjük. A távvezeték Π -modellje alapján határozza meg a mért impedancia fázisszögének előjelét!

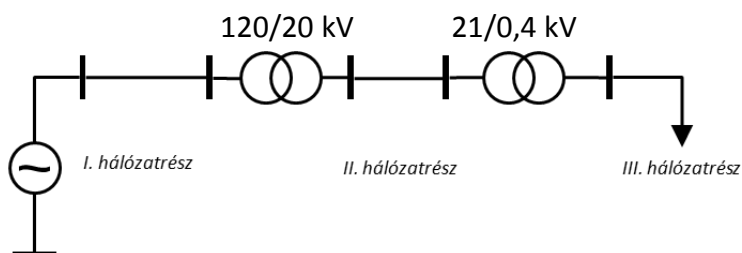
A B paraméter mérése során az R oldalt rövidre zárjuk, s az S oldalról látható impedanciát mérjük. Ez a rövidzárás miatt induktív, tehát a szög pozitív! (érvelés vagy ábrán magyarázat szükséges a ponthoz.)

1.4. Tekintsük az alábbi veszteségmentes ($R=0$) távvezeték Π -modellt: $L = 250$ mH, $C = 700$ nF. A modell alapján határozza meg a távvezeték első rezonanciafrekvenciáját!

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{250\text{mH} \cdot 700\text{nF}}} = 380,45\text{Hz}$$



1.5. Adott az alábbi hálózat. Az I. hálózatrészben a megválasztott alapegységek: $U_{alap,1} = 132 \text{ kV}$ (vonali), $S_{alap} = 100 \text{ MVA}$ (3f). Határozza meg a $Z_{alap,2}$ és $I_{alap,3}$ mennyiségeket!



$$U_{alap,2} = U_{alap,1} \cdot \frac{U_{K1}}{U_{N1}} = 22,0 \text{ kV}, \quad U_{alap,3} = U_{alap,2} \cdot \frac{U_{K2}}{U_{N2}} = 0,42 \text{ kV}$$

$$Z_{alap,2} = \frac{U_{alap,2}^2}{S_{alap}} = \frac{(22,0 \text{ kV})^2}{100 \text{ MVA}} = 4,84 \Omega$$

$$I_{alap,3} = \frac{S_{alap}}{\sqrt{3} U_{alap,3}} = \frac{100 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 0,42 \text{ kV}} = 137,8 \text{ kA}$$

1.6. Egy fogyasztó hatásos teljesítménye 2 MW , meddő teljesítménye 1 Mvar (induktív). Határozza meg a fogyasztóra jellemző teljesítménytényező értékét!

$$P = S \cos \varphi, \quad Q = S \sin \varphi, \quad \frac{Q}{P} = \tan \varphi$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{Q}{P} = 26,57$$

$$\cos 26,57 = 0,89$$

1.7. Mekkora egy 150 MW maximális teljesítményű, $R = 5 \%$ statizmussal jellemezhető turbina-generátor egység frekvenciatényezője, ha $f_n = 50 \text{ Hz}$?

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

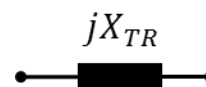
$$K_g = -\frac{P_{\max}}{\Delta f_R} = -\frac{150 \text{ MW}}{2,5 \text{ Hz}} = -60 \frac{\text{MW}}{\text{Hz}}$$

(pozitív érték is elfogadható!)

1.8. Egy 20/0,4 kV-os transzformátor névleges teljesítménye 250 kVA, rövidzárási feszültsége (ε) 5%. Rajzolja fel a transzformátor pozitív sorrendű (egyfázisú) modelljét, és határozza meg a transzformátor névleges áramát, valamint a transzformátor impedanciát a kisfeszültségű oldalra!

$$I_{n,K} = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_{nK}} = \frac{0,25\text{MVA}}{\sqrt{3}\cdot 0,4\text{kV}} = 360,8\text{A}$$

$$Z_{TR,K} = \frac{\varepsilon}{100} \frac{U_{nK}^2}{S_n} = \frac{5}{100} \frac{0,4\text{kV}^2}{0,25\text{MVA}} = 0,032\Omega$$



1.9. Egy háromfázisú rendszerben adottak az alábbi szimmetrikus összetevő áramok: $I_0 = 3\text{A}$, $I_1 = 18\text{A}$, $I_2 = 3\text{A}$ (az áramok szöge 0°). Határozza meg az 'a' fázis áram értékét!

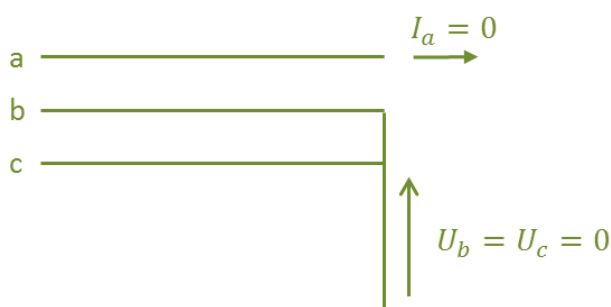
$$I_a = I_0 + I_1 + I_2 = 3 + 18 + 3 = (24,00)\text{A}$$

1.10. Adott egy X soros reaktanciával jellemzett vezeték, két, szabályozott feszültségű (U_s , U_R) végpont között. Mekkora a két pont között átvihető maximális teljesítmény?

A terhelési szög a két végponti feszültség fazora között mérhető szög.

$$P = \frac{U_s U_R}{X} \sin \delta$$

2. Vezesse le, hogy hogyan lehet a hálózat szimmetrikus összetevő modelljeit 2FN zárlat számítására alkalmazni! (A bevezetett jelöléseket magyarázza meg!) (8 pont)



$I_a = 0, U_b = 0, U_c = 0$ (Ezekhez értelmező ábra vagy magyarázat)

2pont, ha valami hiányzik: kevesebb

$$\begin{bmatrix} U_0 \\ U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_a \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} U_a \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

ebből következik, hogy $U_0 = U_1 = U_2 = U_a/3$

2pont, ha valami hiányzik: kevesebb

$$\begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} I_b + I_c \\ aI_b + a^2I_c \\ a^2I_b + aI_c \end{bmatrix}$$

ebből következik, hogy $I_0 + I_1 + I_2 = 0$

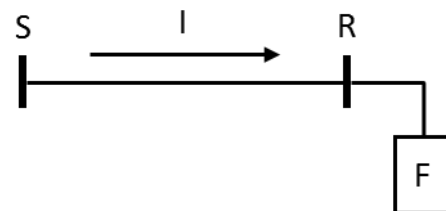
2pont, ha valami hiányzik: kevesebb

„Ezeket az összefüggéseket teljesítjük, ha a hálózat sorrendi modelljeit a hibahelyen párhuzamosan kötjük” vagy magyarázó ábra.

Jelölések magyarázata: hibahelyen sorrendi feszültségek, áramok...

2pont, ha valami hiányzik: kevesebb

3. Adott az alábbi háromfázisú, középfeszültségű hálózat egy végponti fogyasztóval. A fogyasztó paraméterei $U_n = 20$ kV, $P_n = 500$ kW, teljesítménytényezője 1. Az S oldalon névleges 20 kV feszültséget tartunk. A fogyasztó paramétereit alapmenyiségeknek választva a vezeték $x = 0,2$ v.e. reaktanciával jellemezhető.



Határozza meg viszonylagos egységben az u_R feszültség és az átvitt hatásos teljesítmény értékét, ha fogyasztót

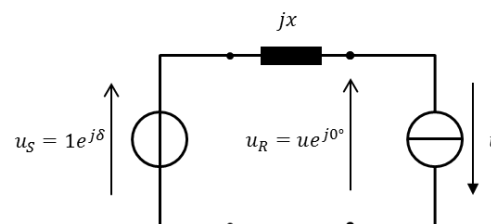
a) áramtartó,

Segítség:

i) R oldali feszültség legyen ue^{j0° , S oldali feszültség legyen $1e^{j\delta}$.

ii) Határozza meg a fogyasztó áramának abszolút értékét a megadott paraméterekből, az áram szögét az R oldali feszültséghez viszonyítva!

iii) Számítsa ki az S és R oldal közötti feszültségesést, s ebből határozza meg u értékét!



b) impedanciatartó!

c) Teljesítménytartó fogyasztó esetén mekkora az átvihető maximális teljesítmény?

(10 pont)

A fogyasztó névleges paraméterei

(2x0,5 pont):

$$r = \frac{(u_n^F)^2}{p_n^F} = \frac{1^2}{1} = 1$$

$$i_n = \frac{p_n^F}{u_n^F} = 1$$

a) Áramtartó modell:

(4 pont)

$$\Delta u = jxi = j \cdot 0,2 \cdot 1 = j0,2$$

$$u_S = 1e^{j\delta} = \cos \delta + j \sin \delta = u + \Delta u = u + j0,2$$

$$\rightarrow \sin \delta = 0,2, \quad \cos \delta = u$$

$$\rightarrow u = \sqrt{1 - (0,2)^2} = 0,980$$

$$p = ui = 0,980 \cdot 1 = 0,98$$

b) Impedanciatartó modell:

(3 pont)

$$u_R = \frac{r}{r + jx} u_S = \frac{1}{1 + j0,2} \cdot 1 = 0,96 - 0,19j = 0,98 \exp(-j11,31^\circ)$$

$$p_R = \frac{|u_R|^2}{r} = \frac{0,98^2}{1} = 0,962$$

c) Teljesítménytartó modell

(2 pont)

$$p_{\max} = \frac{u_s^2}{2x} = \frac{1^2}{2 \cdot 0,2} = 2,5$$

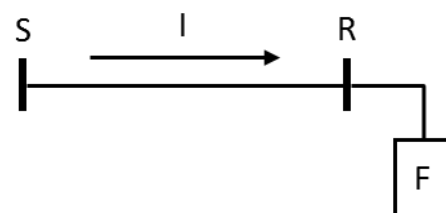
4. Adott az alábbi háromfázisú, közép feszültségű hálózat egy végponti fogyasztóval. A végpontok között mért hosszirányú feszültségesés fázisonként

$$\Delta U_h = 300 \text{ V}$$

A vezeték és a fogyasztó névleges paraméterei:

$$l = 10 \text{ km}, \quad r = 0,3 \frac{\Omega}{\text{km}}, \quad x = j0,4 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$U_n^F = 21 \text{ kV}, \quad P_{n,3f}^F = 2 \text{ MW}$$



A fogyasztót áramtartónak feltételezve határozza meg

- a fogyasztó háromfázisú meddőteljesítmény-igényét,
- mekkora kapacitású kondenzátorokat kell csillagba kötni a fogyasztói csatlakozási ponton (R), hogy az a teljes meddőigényt kompenzálni tudja? (A kondenzátorokat a névleges feszültségszintre tervezze!)
- Mekkora lesz a kompenzáció után a fázisonkénti hosszirányú feszültségesés és a vezetéken keletkező háromfázisú veszteség? (10 pont)

A fogyasztó hatásos áramfelvétele: (1 pont)

$$I_w^F = \frac{P_{n,3f}^F}{\sqrt{3} U_n^F} = \frac{2 \text{ MW}}{\sqrt{3} \cdot 21 \text{ kV}} = 55,0 \text{ A}$$

A vezeték paraméterei: (1 pont)

$$R = r l = 0,3 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 10 \text{ km} = 3 \Omega, \quad X = x l = 0,4 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 10 \text{ km} = 4 \Omega$$

A feszültségesés közelítése a hosszirányú összetevővel: (2 pont)

$$\Delta U_f \cong R I_w - X I_m$$

$$\rightarrow I_m = \frac{R I_w - \Delta U_f}{X} = \frac{3 \Omega \cdot 55,0 \text{ A} - 300 \text{ V}}{4 \Omega} = -33,8 \text{ A}$$

Így a fogyasztó meddőigénye és teljesítménytényezője: (1 pont)

$$Q_{3f}^F = \sqrt{3} U_n^F I_m = \sqrt{3} \cdot 21 \text{ kV} \cdot -33,8 \text{ A} = 1,23 \text{ Mvar}$$

A szükséges kondenzátorok: (2 pont)

$$Q_C = \frac{Q_{3f}^F}{3} = \frac{\left(\frac{U_n}{\sqrt{3}}\right)^2}{\frac{1}{\omega C}} = \frac{U_n^2 \omega C}{3} \rightarrow C = \frac{Q_{3f}^F}{U_n^2 \omega} = \frac{1,23 \text{ Mvar}}{(21 \text{ kV})^2 \cdot 100 \pi} = 8,9 \mu\text{F}$$

Így a feszültségesés: (1 pont)

$$U_h = R I_w = 3 \Omega \cdot 55,0 \text{ A} = 165,0 \text{ V}$$

Veszteség: (2 pont)

$$P_v = 3 R |I|^2 = 3 R I_w^2 = 3 \cdot 3 \Omega \cdot (55,0 \text{ A})^2 = 27,2 \text{ kW}$$

5. Számítsa ki a „A” gyűjtősínen mérhető fázisáramok komplex effektív értékét (kA-ben)! A hálózati elemek adatai viszonylagos egységekben:

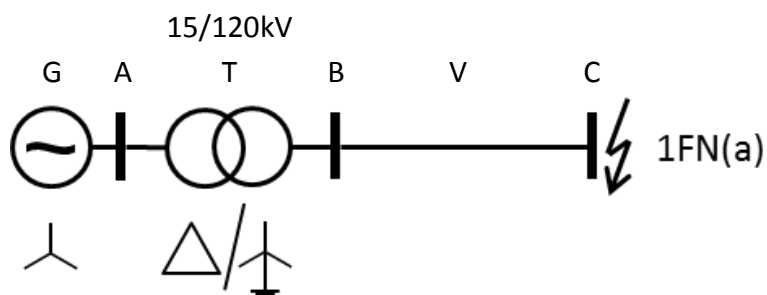
$$u_1^G=1; \quad x_1^G=x_2^G=0,15; \quad x_1^{Tr}=x_2^{Tr}=x_0^{Tr}=0,12; \quad x_1^V=x_2^V=0,2; \quad x_0^V=0,6.$$

Az A sínen felvett viszonyítási alappennyiségek:

$$U_{\text{alap}}^A = 15 \text{ kV}, \quad S_{\text{alap}} = 150 \text{ MVA}.$$

A transzformátor kapcsolási csoportja Yd11.

(12 pont)



Sorrendi hálózatok 1 pont, sorba kötés: 1 pont

$$i_1 = \frac{u_1^G}{j(x_1^G + x_1^{Tr} + x_1^V + x_2^G + x_2^{Tr} + x_2^V + x_0^{Tr} + x_0^V)} = \frac{1}{j1,66} = -0,602j$$

(1pont)

$$i_2 = i_0 = i_1 \text{ a B sínen}$$

(0,5pont)

Transzformátor forgatás figyelembevétele az A sínrre:

$$\begin{aligned} i_0^A &= 0 \\ i_1^A &= i_1^B e^{-j \cdot 11 \cdot 30^\circ} = 0,301 - j0,521 = 0,602 e^{-j60^\circ} \\ i_2^A &= i_2^B e^{j \cdot 11 \cdot 30^\circ} = -0,301 - j0,521 = 0,602 e^{-j120^\circ} \end{aligned}$$

(3 pont)

$$\begin{bmatrix} i_a^A \\ i_b^A \\ i_c^A \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ i_1^A \\ i_2^A \end{bmatrix}$$

$$i_a^A = -j1,043 = 1,04 \exp(-j90^\circ)$$

$$i_b^A = 0$$

$$i_c^A = +j1,043 = 1,04 \exp(+j90^\circ)$$

(3 pont)

$$I_{\text{alap}}^A = \frac{S_{\text{alap}}}{\sqrt{3} U_{\text{alap}}^A} = \frac{150 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 15 \text{ kV}} = 5,774 \text{ kA}$$

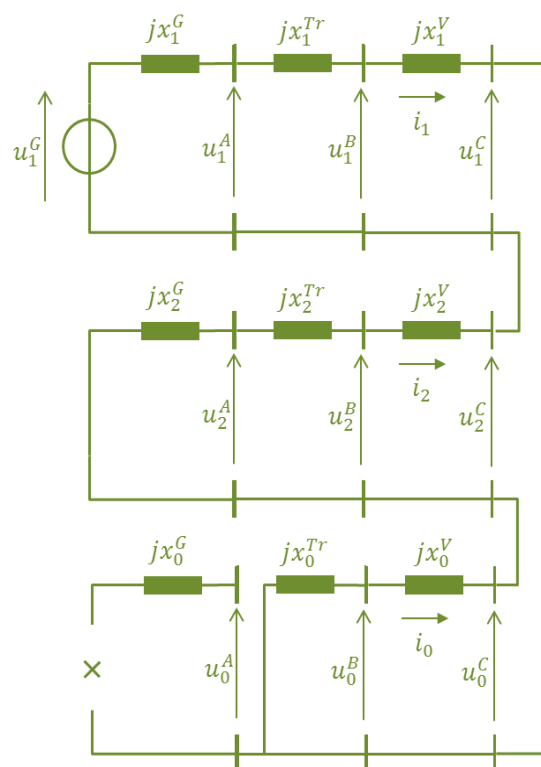
(1pont)

$$I_a^A = I_a^A \cdot I_{\text{alap}}^A = -j6,020 \text{ kA} = 6,02 \exp(-j90^\circ) \text{ kA}$$

$$I_b^A = I_b^A \cdot I_{\text{alap}}^A = 0 \text{ kA}$$

$$I_c^A = I_c^A \cdot I_{\text{alap}}^A = +j6,020 \text{ kA} = 6,02 \exp(+j90^\circ) \text{ kA}$$

(1,5 pont)



VILLAMOS ENERGETIKA – VIZSGA DOLGOZAT - B csoport

MEGOLDÁS

2013. június 3.

1.1. Mekkora áramot (I_w , I_m) vesz fel az a fogyasztó, amelynek adatai: $U_n = 6$ kV (vonali), $S_n = 10$ MVA (3 fázisú), $\cos\phi = 0,9$ (kapacitív)?

$$I_n^F = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_n} (\cos\phi + j\sin\phi) = \frac{10 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 6 \text{ kV}} (0,9 + j0,44) = (866,0 + j419,4) \text{ A}$$

1.2. Egy 132/10 kV-os, Yd9 transzformátor kisebb feszültségű oldalán a szimmetrikus összetevő áramok: $I_0 = 0$ A, $I_1 = 840$ A, $I_2 = 32$ A (az áramok szöge 0°). Határozza meg a nagyobb feszültségű oldalon mérhető áramok sorrendi összetevőit!

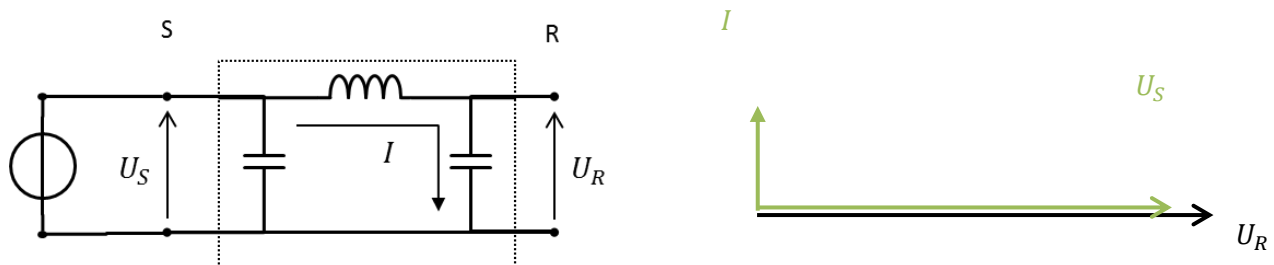
Pozitív sorrendű összetevő áttétele és forgatása:

$$I_1^N = I_1^K \cdot \frac{10}{132} \cdot e^{-j \cdot 9 \cdot 30^\circ} = 0,00 + 63,64j \text{ A} = 63,64 \exp(+j90^\circ) \text{ A}$$

Negatív sorrendű összetevő áttétele és forgatása:

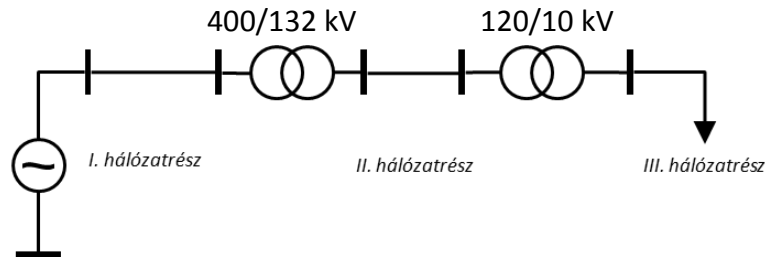
$$I_2^N = I_2^K \cdot \frac{10}{132} \cdot e^{j \cdot 9 \cdot 30^\circ} = 0,00 - 2,42j \text{ A} = 2,42 \exp(-j90^\circ) \text{ A}$$

1.3. Egy távvezeték lánccparaméteres egyenletének 'A' paraméterét mérjük. Az alábbi fazorábrán irányhelyesen jelölje be U_S és I fazorát, ha a vezeték veszteségmentes ($R=0$)! Melyik feszültsézfázor hossza a nagyobb?



A Ferranti hatás miatt az R oldali feszültség nagyobb. (érvelés nem szükséges, ha az ábrán jól jelölte, az is elég!)

1.4. Adott az alábbi hálózat. Az I. hálózatrészben a megválasztott alapegységek: $U_{alap,1} = 410 \text{ kV}$ (vonali), $S_{alap} = 100 \text{ MVA}$ (3f). Határozza meg a $Z_{alap,2}$ és $I_{alap,3}$ mennyiségeket!



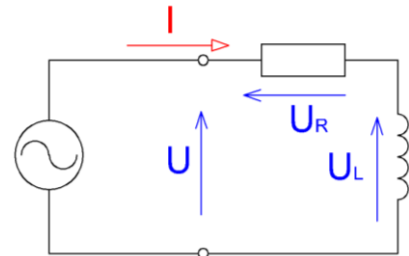
$$U_{alap,2} = U_{alap,1} \cdot \frac{U_{K1}}{U_{N1}} = 135,3 \text{ kV}, \quad U_{alap,3} = U_{alap,2} \cdot \frac{U_{K2}}{U_{N2}} = 11,28 \text{ kV}$$

$$Z_{alap,2} = \frac{U_{alap,2}^2}{S_{alap}} = \frac{(135,3 \text{ kV})^2}{100 \text{ MVA}} = 183,1 \Omega$$

$$I_{alap,3} = \frac{S_{alap}}{\sqrt{3} U_{alap,3}} = \frac{100 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 11,28 \text{ kV}} = 5,12 \text{ kA}$$

1.5. Az alábbi ábrán látható hálózatban (soros RL) az U feszültség effektív értéke 230 V . Az ellenállás értéke 8Ω , a L tekercs reaktanciája 9Ω . Határozza meg a bejelölt I áram komplex effektív értékét!

$$\begin{aligned} Z &= R + jX_L = 8 + j9 = \\ &= 12,04 e^{j48,37^\circ} \Omega \\ I &= \frac{U}{Z} = \frac{230 \text{ V}}{12,04 e^{j48,37^\circ} \Omega} = 19,10 e^{-j48,37^\circ} \text{ A} \end{aligned}$$



1.6. Egy fogyasztó hatásos teljesítménye 3 MW , meddő teljesítménye $1,2 \text{ Mvar}$ (induktív). Határozza meg a fogyasztóra jellemző teljesítménytényező értékét!

$$P = S \cos \varphi, \quad Q = S \sin \varphi, \quad \frac{Q}{P} = \tan \varphi$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{Q}{P} = 21,80$$

$$\cos 21,80 = 0,93$$

1.7. Mekkora az energiarendszer K_f [MW/Hz] fogyasztói frekvenciatényezője, ha $P_{F0} = 5000$ MW, $f_0 = 50$ és a k_{pf} frekvenciaérzékenység 0,9?

$$K_f = k_{pf} \frac{P_{F0}}{f_0} = 0,9 \frac{5000 \text{ MW}}{50 \text{ Hz}} = 90 \frac{\text{MW}}{\text{Hz}}$$

1.8. Egy 10/0,4 kV-os transzformátor névleges teljesítménye 200 kVA, rövidzárási feszültsége (ϵ) 7,5%. Rajzolja fel a transzformátor pozitív sorrendű (egyfázisú) modelljét, és határozza meg a transzformátor névleges áramát, valamint a transzformátor impedanciát a nagyobb feszültségű oldalra!

$$I_{n,N} = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_{nN}} = \frac{0,2 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 10 \text{ kV}} = 11,5 \text{ A}$$

$$Z_{TR,N} = \frac{\epsilon}{100} \frac{U_{nN}^2}{S_n} = \frac{7,5}{100} \frac{10 \text{ kV}^2}{0,2 \text{ MVA}} = j37,5 \Omega$$



1.9. Adottak az alábbi fázisáramok: $I_a = 9e^{j0} \text{ A}$, $I_b = 12e^{-j120} \text{ A}$, $I_c = 12 e^{j120} \text{ A}$. Határozza meg az áramok negatív sorrendű összetevőjének értékét!

$$I_2 = \frac{1}{3} (I_a + a^2 I_b + a I_c) = \frac{9 + (-6,00 + 10,39j) + (-6,00 - 10,39j)}{3} = -1,00 \text{ A}$$

1.10. Adja meg egy X soros reaktanciával jellemzett nagyfeszültségű távvezetéken két, szabályozott feszültségű (U_S , U_R) végpont között átvihető maximális hatásos teljesítmény kifejezését!

$$P_{\max} = \frac{U_S U_R}{X}$$

2. Egy hálózati elem (pl. távvezeték vagy forgógép) fázisimpedancia mátrixának (Z_{ff}) speciális tulajdonságai meghatározzák a sorrendi impedancia mátrix (Z_{ss}) jellegét.

- Válaszoljon az alábbi táblázat kérdéseire!
 - Az előkészített Z_{ss} mátrixokban tüntesse fel – jellegre – a mátrixok elemeit, saját bevezetett jelöléseivel (a „...” jelű helyeken)!
- Jelölje a Z_{ss} mátrix nulla értékű elemeit!

A ciklikus és szimmetrikus fázisimpedancia mátrix értékei legyenek:

(10 pont)

$$Z_{\text{ön}} = 0,4 + 2j \, \Omega \text{ és } Z_k = 0,16 + 0,8j \, \Omega!$$

A fázisimpedancia mátrix (Z_{ff})	A sorrendi impedancia mátrix (Z_{ss})
$\begin{bmatrix} Z_{\text{ön}} & Z_k & Z_k \\ Z_k & Z_{\text{ön}} & Z_k \\ Z_k & Z_k & Z_{\text{ön}} \end{bmatrix}$ ciklikus? <u>IGAZ</u> HAMIS szimmetrikus? <u>IGAZ</u> HAMIS 2x0,5 pont	$\begin{bmatrix} Z_{00} & 0 & 0 \\ 0 & Z_{11} & 0 \\ 0 & 0 & Z_{22} \end{bmatrix}$ Határozza meg a mátrix elemeit és, ahol tudja, értékeit! $Z_{00} = Z_{\text{ön}} + 2Z_k = 0,72 + 3,6j \, \Omega$ $Z_{11} = Z_{\text{ön}} - Z_k = 0,24 + 1,2j \, \Omega$ $Z_{22} = Z_{11} = 0,24 + 1,2j \, \Omega$ 3x1 pont
$\begin{bmatrix} Z_{\text{ön}} & Z_m & Z_n \\ Z_n & Z_{\text{ön}} & Z_m \\ Z_m & Z_n & Z_{\text{ön}} \end{bmatrix}$ ciklikus? <u>IGAZ</u> HAMIS szimmetrikus? IGAZ <u>HAMIS</u> 2x0,5 pont	$\begin{bmatrix} Z_{00} & 0 & 0 \\ 0 & Z_{11} & 0 \\ 0 & 0 & Z_{22} \end{bmatrix}$ $Z_{11} = Z_{22}$? IGAZ <u>HAMIS</u> Z_{ss} diagonális? <u>IGAZ</u> HAMIS Z_{ss} szimmetrikus? <u>IGAZ</u> HAMIS 4x0,5 pont
$\begin{bmatrix} Z_{\text{ön}} & Z_m & Z_n \\ Z_m & Z_{\text{ön}} & Z_p \\ Z_n & Z_p & Z_{\text{ön}} \end{bmatrix}$ ciklikus? IGAZ <u>HAMIS</u> szimmetrikus? <u>IGAZ</u> HAMIS 2x0,5 pont	$\begin{bmatrix} Z_{00} & Z_{01} & Z_{02} \\ Z_{10} & Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{20} & Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix}$ $Z_{11} = Z_{22}$? IGAZ <u>HAMIS</u> Z_{ss} diagonális? IGAZ <u>HAMIS</u> Z_{ss} szimmetrikus? IGAZ <u>HAMIS</u> 4x0,5 pont

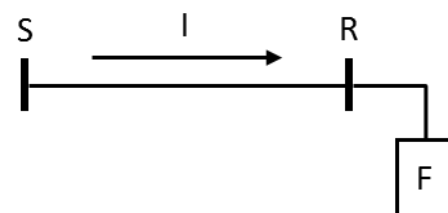
3. Adott az alábbi háromfázisú közepesfeszültségű hálózat egy végponti fogyasztóval. A végpontok között mért hosszirányú feszültségesés fázisonként

$$\Delta U_h = 340 \text{ V}$$

A vezeték és a fogyasztó névleges paraméterei:

$$l = 16 \text{ km}, \quad r = 0,3 \frac{\Omega}{\text{km}}, \quad x = 0,4 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$U_n^F = 20 \text{ kV}, \quad P_{n,3f}^F = 1,5 \text{ MW}$$



A fogyasztót áramtartónak feltételezve határozza meg

- a fogyasztó háromfázisú meddőteljesítmény-igényét,
- a vezetéken keletkező háromfázisú veszteséget,
- Mekkora kapacitású kondenzátorokat kell deltába kötni a fogyasztó oldalára, hogy az a teljes meddőigényt kompenzálni tudja? (A kondenzátorokat a fogyasztó névleges feszültség szintjére tervezze!) (10 pont)

A fogyasztó hatásos áramfelvétele: (1 pont)

$$I_w^F = \frac{P_{n,3f}^F}{\sqrt{3} U_n^F} = \frac{1,5 \text{ MW}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV}} = 43,3 \text{ A}$$

A vezeték paraméterei: (1 pont)

$$R = rl = 0,3 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 16 \text{ km} = 4,8 \Omega, \quad X = xl = 0,4 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 16 \text{ km} = 6,4 \Omega$$

A feszültségesés közelítése a hosszirányú összetevővel: (2 pont)

$$\Delta U_f \cong RI_w - XI_m$$

$$\rightarrow I_m = \frac{RI_w - \Delta U_f}{X} = \frac{4,8 \Omega \cdot 43,3 \text{ A} - 340 \text{ V}}{6,4 \Omega} = -20,6 \text{ A}$$

Így a fogyasztó meddőigénye és teljesítménytényezője: (2 pont)

$$Q_{3f}^F = \sqrt{3} U_n^F I_m = \sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV} \cdot -20,6 \text{ A} = -0,72 \text{ Mvar}$$

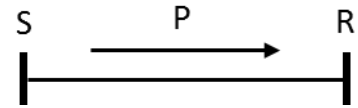
A vezeték vesztesége: (2 pont)

$$P_v = 3R|I|^2 = 3 \cdot 4,8 \Omega \cdot \left(\sqrt{(43,3 \text{ A})^2 + (-20,6 \text{ A})^2} \right)^2 = 3 \cdot 4,8 \Omega \cdot (48,0 \text{ A})^2 = 33 \text{ kW}$$

A szükséges kondenzátorok: (2 pont)

$$Q_c = \frac{Q_{3f}^F}{3} = \frac{U_n^2}{\frac{1}{\omega C}} = U_n^2 \omega C \rightarrow C = \frac{Q_{3f}^F}{3 U_n^2 \omega} = \frac{0,72 \text{ Mvar}}{3 \cdot (20 \text{ kV})^2 \cdot 100 \pi} = 1,90 \mu\text{F}$$

4. Adott egy $x = 0,1$ v.e. reaktanciával jellemezhető háromfázisú nagyfeszültségű hurokág. Az S-től az R oldal felé $P = 1$ v.e. hatásos teljesítmény áramlik. Az S és R oldali feszültség állandónak feltételezett abszolút értéke $u_S = 1,05$ v.e. és $u_R = 1$ v.e.



- Adja meg a terhelési szög definícióját, valamint ebben a konkrét esetben az értékét!
- Mekkora az S és R oldali meddő teljesítmény (viszonylagos egységben)?
- A távvezeték a természetes teljesítményéhez képest kisebb, vagy nagyobb teljesítmény visz át?
- Mekkora az elvileg átvihető maximális teljesítmény (MW) az adott feszültség viszonyok között, ha $S_{alap} = 100$ MVA?

A terhelési szög az S és R oldali feszültségfázor közötti szög. (1 pont)

A terhelési szög értéke: (2 pont)

$$p = \frac{u_S u_R}{x} \sin \delta \rightarrow \delta = \sin^{-1} \frac{px}{u_S u_R} = \sin^{-1} \frac{1 \cdot 0,1}{1,05 \cdot 1} = 5,47^\circ$$

Az S és R oldali meddő teljesítmény: (2x1,5 pont)

$$q_S = \frac{u_S(u_S - u_R \cos \delta)}{x} = \frac{1,05(1,05 - 1 \cos 5,47^\circ)}{0,1} = 0,573$$

$$q_R = \frac{u_R(u_S \cos \delta - u_R)}{x} = \frac{1(1,05 \cos 5,47^\circ - 1)}{0,1} = 0,452$$

A távvezeték meddőteljesítményt fogyaszt, mivel $q_S - q_R > 0$, tehát a természetes teljesítménynél nagyobb teljesítményt visz át. (2 pont)

Az átvihető maximális teljesítmény: (2 pont)

$$p_{\max} = \frac{u_S u_R}{x} = \frac{1,05 \cdot 1}{0,1} = 10,5$$

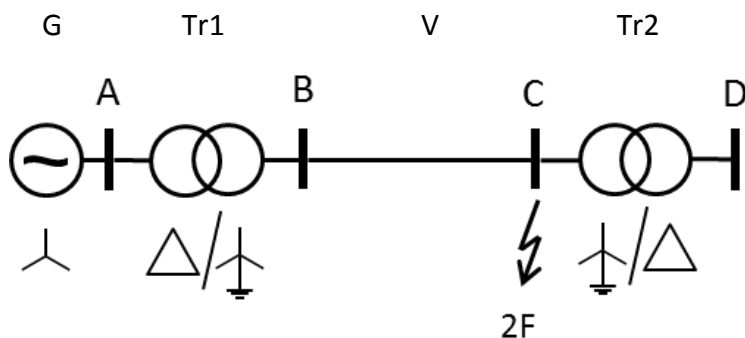
$$P_{\max} = p_{\max} S_{alap} = 10,5 \cdot 100 \text{ MVA} = 1050 \text{ MW}$$

5. Az alábbi hálózaton üresjárásból (a „D” sín terheletlen, üresen jár) a „C” sínen 2F zárlat lép fel. A hálózat paraméterei:

$$u_1^G=1; \quad x_1^G=0,16, \quad x_2^G=0,1; \quad x_1^{Tr1}=x_2^{Tr1}=x_0^{Tr1}=0,1;$$

$$x_1^V=x_2^V=0,07, \quad x_0^V=0,21; \quad x_1^{Tr2}=x_2^{Tr2}=x_0^{Tr2}=0,14;$$

Határozza meg viszonylagos egységben az B gyűjtősínen mérhető fázisfeszültségek effektív értékét! (10 pont)



A pozitív-negatív sorrendű modellek felrajzolása (2x1 pont), helyes összekötése (1 pont)

Zárlati áram számítása:

(1 pont a képlet, 1 pont a számítás)

$$i_1 = \frac{u_1^G}{jx_1^G + jx_1^{Tr1} + jx_1^V + jx_2^G + jx_2^{Tr1} + jx_2^V} = \frac{1}{j(0,16 + 0,1 + 0,07 + 0,1 + 0,1 + 0,07)}$$

$$= -j1,667$$

Az 'B' sín feszültségének szimmetrikus összetevői:

(2 pont)

$$u_1^B = u_1^G - (jx_1^G + jx_1^{Tr1})i_1 = 1 - (j0,16 + j0,1)(-j1,667) = 0,567$$

$$u_2^B = -(jx_2^G + jx_2^{Tr1})i_1 = (jx_2^G + jx_2^{Tr1})i_1 = (j0,1 + j0,1)(-j1,667) = 0,333$$

$$u_0^B = 0$$

A fázisfeszültségek így:

(3 pont)

$$u_a^B = u_0^B + u_1^B + u_2^B = 0 + 0,567 + 0,333 = 0,90$$

$$u_b^B = u_0^B + a^2 u_1^B + a u_2^B = 0 + (-0,283 + j0,491) + (-0,167 - j0,289) = -0,450 - j0,202$$

$$= 0,493e^{-j155,82^\circ}$$

$$u_c^B = u_0^B + a u_1^B + a^2 u_2^B = 0 + (-0,283 - j0,491) + (-0,167 + j0,289) = -0,450 + j0,202$$

$$= 0,493e^{j155,82^\circ}$$

A feszültségek effektív értéke így:

$$u_a^B = 0,90$$

$$u_b^B = 0,493$$

$$u_c^B = 0,493$$

