

2013. június 10.

1.1. Egy öntözőrendszer átlagosan 14,13 A áramot vesz fel 0,8 teljesítménytényező mellett a 230 V fázisfeszültségű hálózatról. Számítsa ki, hogy mekkora az öntözőrendszer meddőteljesítmény felvétele?

$$Q = U_f I_{\text{eff}} \sin \varphi = 230 \text{ V} \cdot 14,13 \text{ A} \cdot \sin \varphi = 1949,9 \text{ var}$$

1.2. Mekkora egy 300 MW maximális teljesítményű, $R = 5 \%$ statizmussal jellemezhető turbina-generátor egység frekvenciatényezője, ha $f_n = 60 \text{ Hz}$?

$$\Delta f_R = R \cdot f_n = 5\% \cdot 60 \text{ Hz} = 3,0 \text{ Hz}$$
$$K_g = -\frac{P_{\text{max}}}{\Delta f_R} = -\frac{300 \text{ MW}}{3,0 \text{ Hz}} = -100 \frac{\text{MW}}{\text{Hz}}$$

1.3. Egy 132/10 kV-os, Yd9 transzformátor kisebb feszültségű oldalán a szimmetrikus összetevő áramok: $I_0 = 0 \text{ A}$, $I_1 = 840 \text{ A}$, $I_2 = 32 \text{ A}$. 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:

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

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

$$I_2 = \frac{1}{3}(I_a + a^2 I_b + a I_c) = \frac{12 + (-4,50 + 7,79j) + (-4,50 - 7,79j)}{3} = 1,00 \text{ A}$$

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

Egy távvezeték által keltett mágneses tér nagysága a vezeték feszültségétől függ.	HAMIS
A változó mágneses tér az emberi testben testáramokat indukál.	IGAZ
A mágneses indukció lakosságra megengedett határértéke 100T.	HAMIS

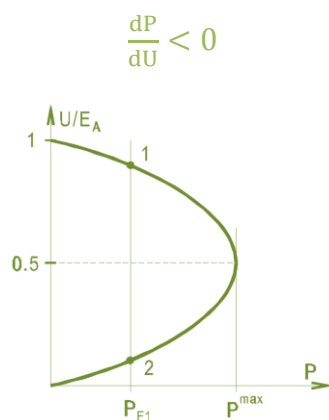
1.6. Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy HAMIS?

A magyar VER-ben egy elosztói és hat átviteli hálózati engedélyes van.	HAMIS
A kiserőművek hazai összes beépített kapacitása 100-200 kW.	HAMIS
Az egyetemes szolgáltatásra többek között a lakossági fogyasztók jogosultak.	IGAZ

1.7. Mekkora az energiarendszer K_f [MW/Hz] fogyasztói frekvenciatényezője, ha $P_{F0} = 7500$ MW, $f_0 = 50$ és a k_{pf} frekvenciaérzékenység 0,85?

$$K_f = k_{pf} \frac{P_{F0}}{f_0} = 0,85 \frac{7500 \text{ MW}}{50 \text{ Hz}} = 127,5 \frac{\text{MW}}{\text{Hz}}$$

1.8. Adott egy R soros ellenállással jellemzett vezeték, a tápoldali feszültség (E_A) állandó, a fogyasztóoldali hatásos teljesítményigény (P_F) állandó és a fogyasztóoldali meddő igény (Q_F) nulla! Rajzolja fel a fogyasztóoldali feszültség alakulását az átvitt hatásos teljesítmény függvényében! Mi a feszültségstabilitás feltétele?



1.9. Adott egy vezeték alábbi fázis impedancia mátrixa.

$$\begin{bmatrix} Z_{\text{ön}} & Z_k & Z_k \\ Z_k & Z_{\text{ön}} & Z_k \\ Z_k & Z_k & Z_{\text{ön}} \end{bmatrix}$$

$$Z_{\text{ön}} = 0,25 + 1,35j \, \Omega$$

$$Z_k = 0,1 + 0,55j \, \Omega$$

Határozza meg a vezeték szimmetrikus impedancia mátrixának értékeit!

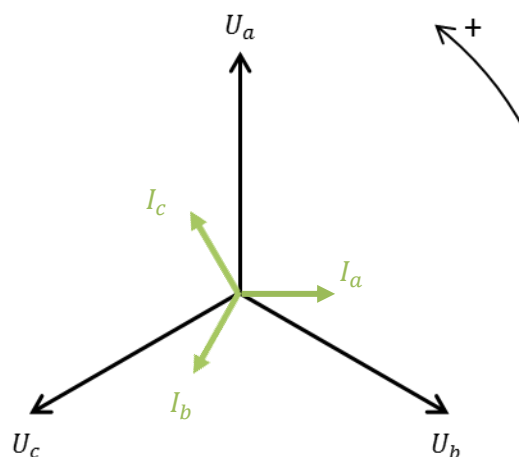
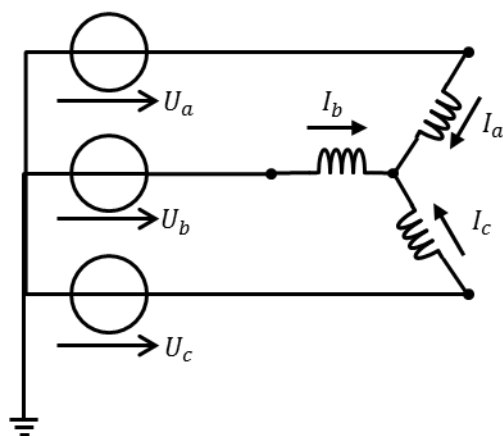
Mivel Z_{ff} ciklikus és szimmetrikus, ezért az impedancia mátrix:

$$\begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_1 \end{bmatrix}$$

$$Z_0 = Z_{\text{ön}} + 2Z_k = 0,25 + 1,35j \, \Omega + 2 \cdot 0,1 + 0,55j \, \Omega = 0,45 + 2,45j \, \Omega$$

$$Z_1 = Z_{\text{ön}} - Z_k = 0,25 + 1,35j \, \Omega - 0,1 + 0,55j \, \Omega = 0,15 + 0,8j \, \Omega$$

1.10. Egy szimmetrikus háromfázisú feszültségrendszerre csillag elrendezésben azonos induktivitású tekercseket kapcsolunk. A felvett referenciairányok szerint irányhelyesen rajzolja be a fázorábrába a tekercseken átfolyó áramokat!



2. Egy 10,5 kV névleges feszültségű, 250 MVA névleges teljesítményű és 200% szinkron reaktanciájú, szigetelt csillagponttal üzemelő generátorra adja meg: (8 pont)

- A generátor pozitív és zérus sorrendű modelljét és azok paramétereit, dimenzionálisan ill. viszonylagos egységben (a generátor névleges feszültségét és teljesítményét alapmenységnek választva)
- A generátor névleges áramát.
- A generátorhoz csatlakozik egy 15/400 kV-os géptranszformátor. Mekkora a generátor reaktanciája ennek nagyfeszültségű oldaláról nézve, illetve mennyi az itt folyó áram névleges terhelés esetén?

#MEGOLDÁS:

A pozitív és zérus sorrendű sorrendű modell: (1-1 pont az ábra, 2x0,5 pont a paraméterek)



A helyettesítő reaktancia értéke: (2 pont)

$$X^G = x_d \cdot \frac{U_n^{G^2}}{S_n^G} = 2 \cdot \frac{(10,5 \text{ kV})^2}{250 \text{ MVA}} = 0,88 \, \Omega$$

$$x^G = 2$$

A generátor névleges árama: (1 pont)

$$I_n^G = \frac{S_n^G}{\sqrt{3} U_n^G} = \frac{250 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \text{ kV}} = 13,75 \text{ kA}$$

A trafó nagyfeszültségű oldalán tekintve: (2 pont)

$$X^{G'} = X^G \left(\frac{U_{nN}^{\text{TR}}}{U_{nK}^{\text{TR}}} \right)^2 = 0,88 \, \Omega \cdot \left(\frac{400 \text{ kV}}{15 \text{ kV}} \right)^2 = 627,2 \, \Omega$$

$$I_n^{G'} = I_n^G \frac{U_{nK}^{\text{TR}}}{U_{nN}^{\text{TR}}} = 13,75 \text{ kA} \cdot \frac{15 \text{ kV}}{400 \text{ kV}} = 515 \text{ A}$$

3. Egy ipari parkban létesülő laboratórium névleges áramfelvétele 75 A fázisonként, a maximális terhelés ennek háromszorosa. A teljesítménytényező 0,92. A laboratórium háromfázisú energiaellátása kisfeszültségen történik az alagsorban elhelyezett 10/0,4 kV-os transzformátorról. Az alagsor és a laboratórium elosztó szekrénye közötti távolság 45 méter.

- Határozza meg annak a 4 erű (3 fázis + nulla) rézkábelnek a keresztmetszetét, amely a transzformátor és az elosztó szekrény közé kerül beépítésre „A” terhelési csoportnak megfelelő körülmények közé.
- Adja meg a kiválasztott kábelben névleges terheléskor fellépő háromfázisú teljesítmény-veszteséget!
- Mekkora a laboratórium névleges háromfázisú hatásos- és meddőteljesítmény felvétele?

A vezető keresztmetszete [mm ²]	Megengedett terhelés [A]		
	Terhelési csoportok		
	A	B	C
1,5	16	20	25
2,5	21	27	34
4	27	36	45
6	35	47	57
10	48	65	78
16	63	87	104
25	83	115	137
35	110	143	168
50	140	178	210
70	175	220	260
95	215	265	310
120	255	310	365
150	295	355	415
185	340	405	475
240	400	480	560
300	470	555	645

A maximálisan megengedett feszültségesés: $\Delta U_m\% = 3\%$; $\rho_{\text{réz}} = 0,0175 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$ (10 pont)

A vezeték ellenállása paraméteresen (1 pont)

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{0,0175 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 45 \text{ m}}{A [\text{mm}^2]} = \frac{0,788}{A} [\Omega \text{mm}^2]$$

A megengedett feszültségesés 3%, így: (0,5 pont a fázisfeszültségért, 0,5 pont számítás)

$$\Delta U_m = \Delta U_m\% \cdot U_{\text{nf}} = 3\% \cdot 231 \text{ V} = 6,93 \text{ V}$$

A szükséges keresztmetszet:

(1 pont a maximális áramra tervezés, 1 pont a képletrendezés, 1 pont számítás)

$$\begin{aligned} R \cdot 3I_n &< \Delta U_m \\ \frac{0,788 \Omega \text{mm}^2}{A [\text{mm}^2]} \cdot 3 \cdot 75 \text{ A} &< 6,93 \text{ V} \\ A &> \frac{0,788 \Omega \text{mm}^2 \cdot 3 \cdot 75 \text{ A}}{6,93 \text{ V}} = 25,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Ebből következően az áramterhelést is figyelembevevő vezeték: 120 mm²

(1 pont az áramterhelés figyelembevétele, 0,5 pont a táblázatból való kiolvasás)

A kiválasztott kábel ellenállása: (0,5 pont, mert a képletért már az elején járt pont)

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{0,0175 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 45 \text{ m}}{120 \text{ mm}^2} = 0,0066 \Omega$$

A vezetéken keletkező háromfázisú veszteség: (1 pont)

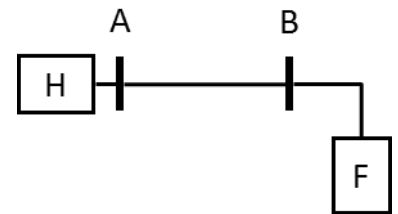
$$P_{\text{veszt}} = 3|I|^2 R = 3 \cdot (75 \text{ A})^2 \cdot 0,0066 \Omega = 110,7 \text{ W}$$

A labor teljesítményfelvétele: (1 pont a képletek, 1 pont a számítások)

$$P = 3U_f I \cos \varphi = 3 \cdot 231 \text{ V} \cdot 75 \text{ A} \cdot 0,92 = 47,8 \text{ kW}$$

$$Q = 3U_f I \sin \varphi = 3 \cdot 231 \text{ V} \cdot 75 \text{ A} \cdot 0,39 = 20,4 \text{ kvar}$$

4. Adott az alábbi 10 kV-os kábelhálózat a B ponthoz csatlakozó háromfázisú induktív fogyasztóval.



- a) Határozza meg a fogyasztó látszólagos teljesítményét MVA-ban, ha az A és B ponton mért vonali feszültség effektív értéke:

$$U_{\text{mért}}^A = 11 \text{ kV}, \quad U_{\text{mért}}^B = 10,5 \text{ kV}$$

- b) Mekkora a vezetéken disszipálódó veszteség?

A fogyasztó áramtartó, a feszültségesés a hosszirányú összetevővel közelíthető.

Az egyes elemek paraméterei:

(10 pont)

$$S_z^H = 250 \text{ MVA}$$

$$U_n^H = 10 \text{ kV}$$

$$l^V = 10 \text{ km}$$

$$r^V = 0,2 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$x^V = 0,12 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$U_n^F = 10 \text{ kV}$$

$$\cos \varphi = 0,8$$

Fázisonként a feszültségesés közelítve:

(1 pont)

$$\Delta U_h = \frac{U_{\text{mért}}^A - U_{\text{mért}}^B}{\sqrt{3}} = \frac{11 \text{ kV} - 10,5 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 0,289 \text{ kV}$$

A vezeték paraméterei:

(2x0,5 pont)

$$R^V = l^V r^V = 10 \text{ km} \cdot 0,2 \frac{\Omega}{\text{km}} = 2 \Omega$$

$$X^V = l^V x^V = 10 \text{ km} \cdot 0,12 \frac{\Omega}{\text{km}} = 1,2 \Omega$$

A fogyasztó árama paraméteresen:

(3 pont)

$$I_n^F = \frac{S_n^F}{\sqrt{3} U_n^F} (\cos \varphi - j \sin \varphi) = S_n^F \left(\frac{0,8}{\sqrt{3} \cdot 10 \text{ kV}} - j \frac{0,6}{\sqrt{3} \cdot 10 \text{ kV}} \right) = S_n^F (0,046 - j0,035) \left[\frac{1}{\text{kV}} \right]$$

Így a hosszirányú feszültségesés: (1 pont az alapképlet, 1 pont a rendezés, 1 pont a számítás)

$$\Delta U_h = R^V I_w^F - X^V I_m^F$$

$$0,289 = 2 \cdot 0,046 \cdot S_n^F + 1,2 \cdot 0,035 \cdot S_n^F$$

$$S_n^F = \frac{0,289 \text{ kV}}{2 \Omega \cdot 0,046 \frac{1}{\text{kV}} + 1,2 \Omega \cdot 0,035 \frac{1}{\text{kV}}} = 2,155 \text{ MVA}$$

A teljesítményből a tényleges áram:

(A verzió: 2 pont)

$$I_n^F = S_n^F (0,046 - j0,035) \left[\frac{1}{\text{kV}} \right] = 99,5 - j74,7 \text{ kA}$$

Tehát a vezeték vesztesége:

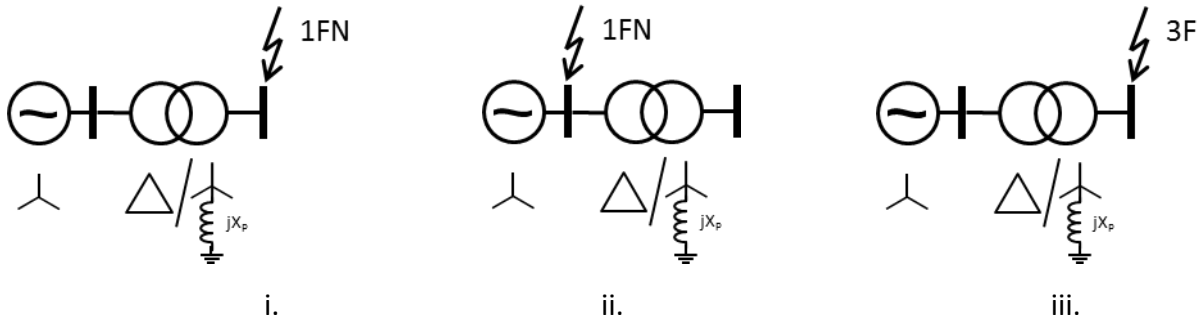
$$P_{\text{veszt}}^V = 3 |I^F|^2 R^V = 3 \cdot \left(\sqrt{(99,5 \text{ A})^2 + (74,7 \text{ A})^2} \right)^2 \cdot 2 \Omega = 92,9 \text{ kW}$$

5. Az alábbi hálózaton a feltüntetett hibahelyek és hibafajták eseteire adja meg, hogy a hibahelyi zárlati áram: (12 pont)

- a) melyik esetben lesz a legnagyobb,
b) melyik esetekben lesz zérus értékű?

A hálózati elemek reaktanciái viszonylagos egységben:

$$u_1^G = 1, \quad x_1^G = x_2^G = 0,1, \quad x_1^{TR} = x_2^{TR} = x_0^{TR} = 0,1, \quad x_p = 50$$



#MEGOLDÁS:

Sorrendi modellek felrajzolása (3x1 pont, 1 pont a $3X_p$)

- i. Az áram: (1 pont a sorbakötés, 1 pont az i_i , 1 pont az i_z)

$$i_i = \frac{u_1^G}{j(x_1^G + x_1^{TR} + x_2^G + x_2^{TR} + x_0^{TR} + 3X_p)}$$

Mivel $I_{1i} = I_{2i} = I_{0i}$, ezért a hibahelyi ('a') zárlati árama:

$$|i_z| = |i_a| = 3 \cdot \frac{1}{2 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,1 + 3 \cdot 50} \cong 0,020$$

- ii. Az áram zérus, mivel a zérus sorrendű modellen nem tud áram átfolyni a szigetelt csillagpont valamint a delta tekercselés miatt:

(1 pont az i_{ii} , 1 pont az i_z)

$$i_{ii} = 0$$

Így a hibahelyi ('a') zárlati áram:

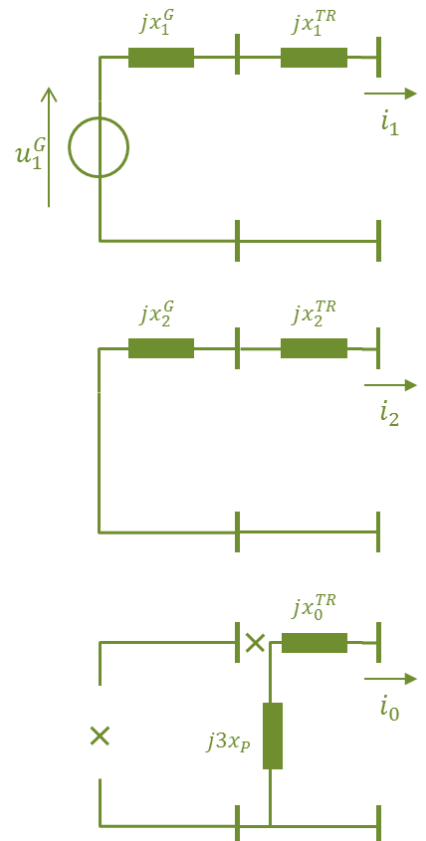
$$|i_z| = |i_a| = 0$$

- iii. A pozitív sorrendű áram: (1 pont a modell, 1 pont az i_{iii} , 1 pont az i_z)

$$i_{iii} = \frac{1}{j(x_1^G + x_1^{TR})}$$

Mivel $i_{1iii} = i_{iii}$, $I_{2iii} = I_{0iii} = 0$, ezért a hibahelyi ('b') zárlati árama:

$$|i_z| = |i_a| = \frac{1}{0,1 + 0,1} = 5,00$$



2013. június 10.

1.1. Egy öntözőrendszer átlagosan 14,13 A áramot vesz fel 0,8 teljesítménytényező mellett a 230 V fázisfeszültségű hálózatról. Számítsa ki, hogy mennyibe kerül egy öntözés, ha az 36 percig tart és a villamos energia ára 47,8 Ft/kWh?

$$K = E_P P_{vill} = U_f I_{eff} \cos \varphi \cdot t \cdot p_{vill} = 230 \text{ V} \cdot 14,13 \text{ A} \cdot 0,8 \cdot \frac{36}{60} \text{ h} \cdot 47,8 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} = 74,6 \text{ Ft}$$

1.2. Mekkora egy 200 MW maximális teljesítményű, $R = 5\%$ statizmussal jellemezhető turbina-generátor egység frekvenciatényezője, ha $f_n = 50 \text{ Hz}$?

$$\Delta f_R = R \cdot f_n = 5\% \cdot 50 \text{ Hz} = 2,5 \text{ Hz}$$
$$K_g = -\frac{P_{max}}{\Delta f_R} = -\frac{200 \text{ MW}}{2,5 \text{ Hz}} = -80 \frac{\text{MW}}{\text{Hz}}$$

1.3. Egy 10/0,4 kV-os, Dy7 transzformátor kisebb feszültségű oldalán a szimmetrikus összetevő áramok: $I_0 = 0 \text{ A}$, $I_1 = 280 \text{ A}$, $I_2 = 15 \text{ A}$. Határozza meg a nagyobb feszültségű oldalon mérhető áramok sorrendi összetevőit!

Pozitív sorrendű összetevő áttétele és forgatása:

$$I_1^N = I_1^K \cdot \frac{0,4}{10} \cdot e^{-j \cdot 7 \cdot 30^\circ} = -9,70 + 5,60j \text{ A} = 11,20 \exp(+j150^\circ) \text{ A}$$

Negatív sorrendű összetevő áttétele és forgatása:

$$I_2^N = I_2^K \cdot \frac{0,4}{10} \cdot e^{+j \cdot 7 \cdot 30^\circ} = -0,52 - 0,30j \text{ A} = 0,60 \exp(-j150^\circ) \text{ A}$$

1.4. Adottak az alábbi fázisfeszültségek: $U_a = 24e^{j0^\circ} \text{ V}$, $U_b = 18e^{-j120^\circ} \text{ V}$, $U_c = 18e^{j120^\circ} \text{ V}$. Határozza meg a feszültségek negatív sorrendű összetevőjének értékét!

$$U_2 = \frac{1}{3} (U_a + a^2 U_b + a U_c) = \frac{24 + (-9,00 + 15,59j) + (-9,00 - 15,59j)}{3} = 2,00 \text{ V}$$

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

A mágneses indukció lakosságra megengedett határértéke 200T.	HAMIS
A mágneses indukció mértékegysége [T], a villamos térerősségé [V/m].	IGAZ
Egy távvezeték által keltett mágneses tér nagysága a vezeték áramától függ.	IGAZ

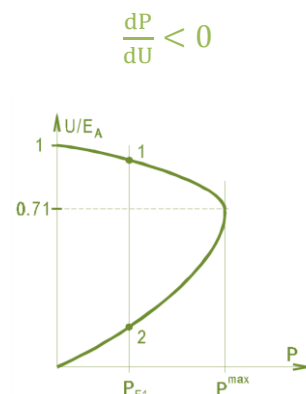
1.6. Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy HAMIS?

A háztartási méretű kiserőművek üzemeltetése engedélyköteles tevékenység.	HAMIS
Az egyetemes szolgáltatás villamosenergia-kereskedelmi tevékenység.	IGAZ
A magyar VER-ben egy elosztói és hat átviteli hálózati engedélyes van.	HAMIS

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. Adott egy X soros reaktanciával jellemzett vezeték, a tápoldali feszültség (E_A) állandó, a fogyasztóoldali hatásos teljesítményigény (P_F) állandó és a fogyasztóoldali meddő igény (Q_F) nulla! Rajzolja fel a fogyasztóoldali feszültség alakulását az átvitt hatásos teljesítmény függvényében! Mi a feszültségstabilitás feltétele?



(Az ábra akkor fogadható el, ha a „parabola” csúcspontja kb. 0,65 U/E_A felett van.)

1.9. Adott egy vezeték alábbi szimmetrikus impedancia mátrixa. Határozza meg a vezeték fázis impedancia mátrixának értékeit!

$$\begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_1 \end{bmatrix}$$

$$Z_0 = 1,6 + 4j \, \Omega$$

$$Z_1 = 0,55 + 1,3j \, \Omega$$

Mivel a pozitív és negatív sorrendű impedancia egyezik, ezért a fázis impedancia mátrix szimmetrikus és ciklikus:

$$\begin{bmatrix} Z_{\text{ön}} & Z_k & Z_k \\ Z_k & Z_{\text{ön}} & Z_k \\ Z_k & Z_k & Z_{\text{ön}} \end{bmatrix}$$

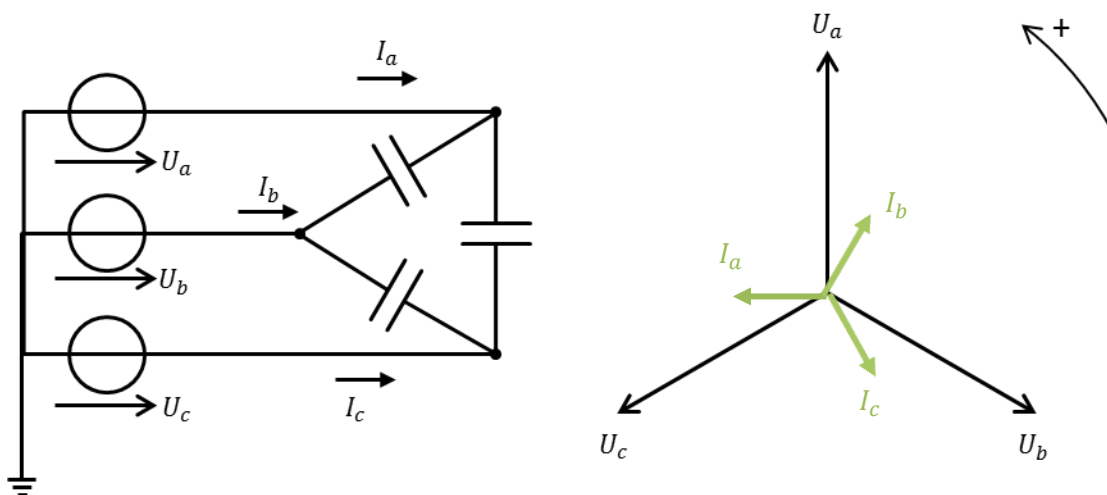
$$Z_0 = Z_{\text{ön}} + 2Z_k$$

$$Z_1 = Z_{\text{ön}} - Z_k$$

$$\rightarrow Z_{\text{ön}} = \frac{Z_0 + 2Z_1}{3} = \frac{1,6 + 4j\Omega + 2 \cdot 0,55 + 1,3j\Omega}{3} = 0,9 + 2,2j\Omega$$

$$\rightarrow Z_k = \frac{Z_0 - Z_1}{3} = \frac{1,6 + 4j\Omega - 0,55 + 1,3j\Omega}{3} = 0,35 + 0,9j\Omega$$

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



2. Egy 126/11 kV-os, 25 MVA fogyasztói transzformátort egyerű (fázisonként árnyékolt), 1000 méter hosszú, 120 kV-os kábelben keresztül látunk el. Az aszimmetriából eredően az egyes kábelárnyékolásokban mért áramok effektív értékei: $I_a=50$ A, $I_b=60$ A, $I_c=70$ A. A kábelárnyékolások (fázisonkénti) ellenállása $0,16 \Omega/\text{km}$. (8 pont)

- Számítsa ki, hogy a kábelárnyékolásokon 24 óra alatt létrejövő wattos energiavesztéséből mennyi ideig tudna üzemelni egy 40 W-os izzólámpa?
- Mennyibe kerül ez a napi veszteség az elosztó számára?
(Az áramokat tekintse állandónak, a villamos energia ára legyen 22 Ft/kWh)
- Mekkora lenne az egyes kábelerekben folyó áram, ha a transzformátor névleges áramot venne fel?

Az egyes kábelárnyékolások ellenállása:

(0,5 pont)

$$R = r_l = 0,16 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 1000 \text{ m} = 0,16 \Omega$$

Így a kábelekből keletkező veszteség fázisonként:

(1 pont a képlet, 1,5 a három részeredmény, 1 az összeg)

$$\begin{aligned} P_a &= |I_a|^2 R = (50 \text{ A})^2 \cdot 0,16 \Omega = 400 \text{ W} \\ P_b &= |I_b|^2 R = (60 \text{ A})^2 \cdot 0,16 \Omega = 576 \text{ W} \\ P_c &= |I_c|^2 R = (70 \text{ A})^2 \cdot 0,16 \Omega = 784 \text{ W} \\ \Sigma P &= P_a + P_b + P_c = 1760 \text{ W} \end{aligned}$$

Napi veszteség:

(1 pont)

$$E_p = \Sigma P t = 1760 \text{ W} \cdot 24 \text{ h} = 42,24 \text{ kWh}$$

Ebből mennyi ideig működik egy 40 W-os lámpa:

(1 pont)

$$t_{\text{lámpa}} = \frac{E_p}{P_{\text{lámpa}}} = \frac{42,24 \text{ kWh}}{40,00 \text{ W}} = 1056 \text{ h} = 44 \text{ nap}$$

A veszteség okozta költség az elosztó számára:

(1 pont)

$$K = E_p p_{\text{vill}} = 42,24 \text{ kWh} \cdot 22 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} = 929 \text{ Ft}$$

A transzformátor névleges árama ezekben a kábelekből:

(1 pont)

$$I_{nN}^{\text{TR}} = \frac{S_n^{\text{TR}}}{\sqrt{3} U_n^{\text{TR}}} = \frac{25 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 126 \text{ kV}} = 115 \text{ A}$$

3. Adott egy 220 kV névleges feszültségű, 4000 MVA zárlati teljesítményű hatásosan földelt csillagponttal jellemezhető hálózati táppont. (10 pont)

- Rajzolja fel a hálózat pozitív és zérus sorrendű modelljét, és határozza meg e modellek elemeinek paramétereit dimenzionálisan és viszonylagos egységben is, ha $x_2^H = x_1^H$, és $x_0^H = 1,1x_1^H$ és $U_{\text{alap}} = 220 \text{ kV}$ és $S_{\text{alap}} = 100 \text{ MVA}$!
- A hálózathoz csatlakozik egy 220/20 kV-os, 160 MVA névleges teljesítményű 12% droppal jellemezhető transzformátor. Mekkora az előbb kiszámított reaktancia dimenzionális értéke a transzformátor kisebb feszültségű oldaláról nézve?
- Mekkora a transzformátor kisebb feszültségű oldalán a háromfázisú zárlati teljesítmény MVA-ben?

A hálózat reaktanciája dimenzionálisan:

(0,5 pont a képlet, 0,5 pont a számítás)

$$X^H = \frac{(U_n^H)^2}{S_z^H} = \frac{(200 \text{ kV})^2}{4000 \text{ MVA}} = 12 \Omega$$

Viszonylagos egységben:

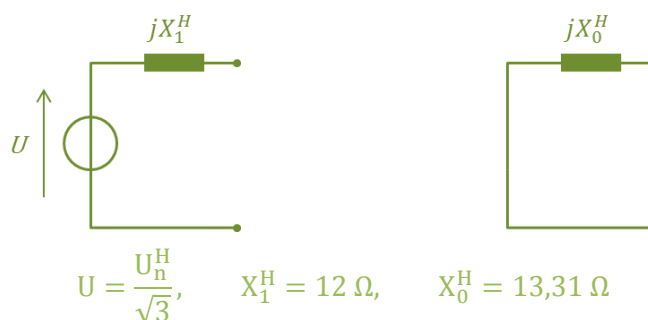
(0,5 pont az alap, 0,5 pont a v.e. eredmény)

$$Z_{\text{alap}} = \frac{(U_{\text{alap}})^2}{S_{\text{alap}}} = \frac{(220 \text{ kV})^2}{100 \text{ MVA}} = 484 \Omega$$

$$x^H = \frac{X^H}{Z_{\text{alap}}} = \frac{12 \Omega}{484 \Omega} = 0,025 \text{ v. e.}$$

Pozitív és zérus sorrendű modell:

(1-1 pont az ábra, 0,5 pont az U , 0,5 pont a X_0^H értéke)



A hálózat reaktanciája a kisebb feszültségű oldalról nézve:

(1 pont)

$$X_1^{H'} = X_1^H \left(\frac{U_{nk}^{TR}}{U_{nn}^{TR}} \right)^2 = 12 \Omega \left(\frac{20 \text{ kV}}{240 \text{ kV}} \right)^2 = 0,1 \Omega$$

A transzformátor reaktanciája a kisebb feszültségű oldalra:

(1 pont)

$$X_1^{TR} = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{(U_{nk}^{TR})^2}{S_{nn}^{TR}} = \frac{12}{100} \cdot \frac{(20 \text{ kV})^2}{160 \text{ MVA}} = 0,3 \Omega$$

Így a háromfázisú zárlati áram (hálózat feszültségét a 20 kV-os oldalra számítva):

(1,5 pont a képlet – ha esetleg a képlet téves, de rajzol hálózatot, az 0,5 pont –, 0,5 pont a számítás)

$$I_z = |I_1| = \frac{\frac{U_n^H}{\sqrt{3}} \cdot \frac{U_{nk}^{TR}}{U_{nn}^{TR}}}{X_1^{H'} + X_1^{Tr}} = \frac{\frac{220 \text{ kV}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{20 \text{ kV}}{220 \text{ kV}}}{0,25 \Omega + 0,1 \Omega} = 28,87 \text{ kA}$$

Ebből a zárlati teljesítmény:

(0,5 pont a megfelelő képlet, 0,5 pont a számítás)

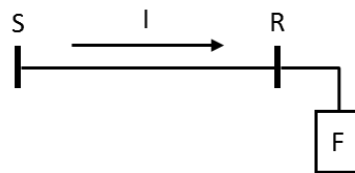
$$S_z = \sqrt{3} U_n I_z = \sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV} \cdot 28,87 \text{ kA} = 1000 \text{ MVA}$$

4. Adott az alábbi, névleges feszültségen üzemelő háromfázisú fogyasztó. A fogyasztó és a vezeték paraméterei: (10 pont)

$$S_n^F = 2 \text{ MVA}, U_n^F = 22 \text{ kV}, \cos \varphi = 0,8 \text{ (ind.)}$$

$$r^V = 0,3 \frac{\Omega}{\text{km}}, \quad x^V = 0,35 \frac{\Omega}{\text{km}}, \quad l^V = 40 \text{ km}$$

- Határozza meg a vezeték tápoldalán mérhető fázisfeszültség (U_s) értékét kV-ban, valamint a fogyasztó névleges feszültségének százalékában! (A feszültségesést a hosszirányú összetevővel közelítse.)
- Mekkora a vezetéken disszipálódó veszteség?
- Mekkora a kondenzátorokat kell a fogyasztói csatlakozási pontra csillagba kötni, ha a fogyasztó meddőteljesítmény felvételének felét szeretnék kompenzálni?



A fogyasztó árama (akár áramtartó, akár impedanciatartó) (2 pont)

$$I_n^F = \frac{S_n^F}{\sqrt{3} U_n^F} (\cos \varphi - j \sin \varphi) = \frac{2 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 22 \text{ kV}} (0,8 - j0,6) = 42,0 - j31,5 \text{ A}$$

A vezeték ellenállása és reaktanciája: (0 pont)

$$R^V = r^V l^V = 0,3 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 40 \text{ km} = 12 \Omega$$

$$X^V = x^V l^V = 0,35 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 40 \text{ km} = 14 \Omega$$

Így a hosszirányú feszültségesés: (2 pont)

$$\Delta U_h = R^V I_w - X^V I_m = 12 \Omega \cdot 42,0 \text{ A} - 14 \Omega \cdot (-31,5 \text{ A}) = 944,8 \text{ V}$$

Így az S oldali fázisfeszültség kV-ban: (1 pont)

$$U_{sf} = \frac{U_R}{\sqrt{3}} + \Delta U_h = \frac{22 \text{ kV}}{\sqrt{3}} + 944,8 \text{ V} = 13,65 \text{ kV}$$

A fogyasztó névleges értékére vonatkoztatva: (0,5 pont)

$$\frac{U_{sf}}{U_{nf}^F} = \frac{13,65 \text{ kV}}{\left(\frac{22 \text{ kV}}{\sqrt{3}}\right)} = 1,07 \text{ v. e}$$

A vezeték háromfázisú vesztesége: (2 pont)

$$P_V^V = 3 |I|^2 R^V = 3 \left(\sqrt{42,0^2 + 31,5^2} \right)^2 \cdot 12 \Omega = 99,2 \text{ kW}$$

A fogyasztó meddőteljesítmény felvétele: (1 pont)

$$Q^F = S_n^F \sin \varphi = 2 \text{ MVA} \cdot 0,6 = 1200 \text{ kvar}$$

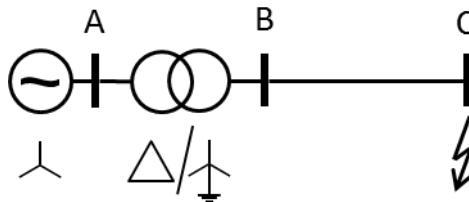
$$Q^C = \frac{Q^F}{3} / 2 = 200 \text{ kvar}$$

Tehát a kondenzátorok kapacitása (fázisfeszültség esik rájuk): (1,5 pont)

$$Q^C = U_{nf}^2 \omega C \rightarrow C = \frac{Q^C}{U_{nf}^2 \omega} = \frac{200 \text{ kvar}}{(22 \text{ kV})^2 \cdot 100\pi} = 1,32 \mu\text{F}$$

5. Állapítsa meg, hogy az alábbi hálózat jelölt helyén bekövetkező 1FN, 2F vagy a 3FN zárlat eredményez-e nagyobb zárlati áramot a zárlatos fázisokban! Válaszát röviden indokolja meg! (12 pont)

$$u^G = 1, \quad x_1^G = x_2^G = 0,1, \quad x_1^{TR} = x_2^{TR} = x_0^{TR} = 0,1, \quad x_1^V = x_2^V = 0,05, \\ x_0^V = 3x_1^V$$



#MEGOLDÁS:

A sorrendi modellek felrajzolása

(3x1 pont)

1FN zárlat esetén sorba kötés, az áram: (1 pont a sorbakötés, 1 pont az i_{1FN} , 1 pont az i_a)

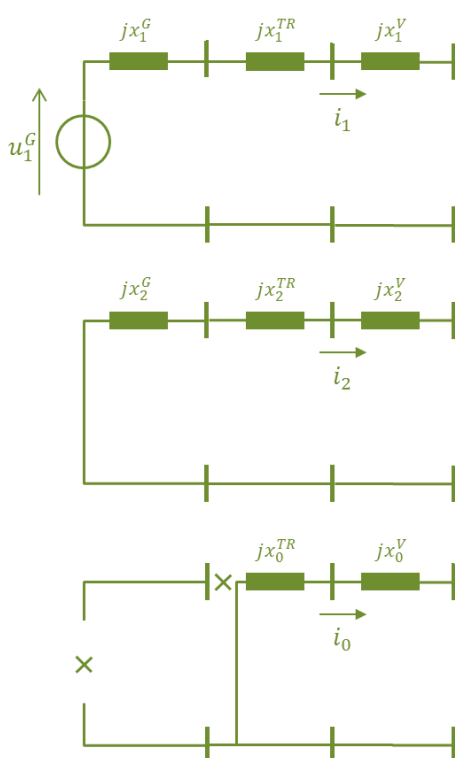
$$i_{1FN} = \frac{u_1^G}{j(x_1^G + x_2^G + x_1^{TR} + x_2^{TR} + x_0^{TR} + x_1^V + x_2^V + x_0^V)} = \frac{1}{j(2 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,05)} \\ = -j1,33$$

$$i_1 = i_2 = i_0 = i_{1FN}$$

$$|i_{a,1FN}| = |3i_{1FN}| = \frac{1}{\frac{2}{3} \cdot 0,1 + \frac{3}{3} \cdot 0,1 + \frac{5}{3} \cdot 0,05} = 4,00$$

2F zárlat esetén pozitív és negatív párhuzamos kötése, az áram:

(1 pont a párh. kötés, 1 pont az i_{2F} , 1 pont az i_b)



$$i_{2F} = \frac{u_1^G}{j(x_1^G + x_2^G + x_1^{TR} + x_2^{TR} + x_1^V + x_2^V)} \\ = \frac{1}{j(2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,05)} = -j2,00$$

$$i_1 = -i_2 = i_{2F}, \quad i_0 = 0$$

$$|i_{b,2F}| = |i_{2F}(a^2 - a)| = \frac{1}{\frac{2}{\sqrt{3}} \cdot 0,1 + \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot 0,1 + \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot 0,05} = 3,46$$

3F zárlat esetén csak pozitív sorrend:

(1 pont a modell, 1 pont az i_{3F} , 1 pont az i_a)

$$i_{3F} = \frac{u_1^G}{j(x_1^G + x_1^{TR} + x_1^V)} = \frac{1}{j(0,1 + 0,1 + 0,05)} = -j4,00$$

$$i_1 = i_{3F}, \quad i_0 = i_2 = 0$$

$$|i_{a,2F}| = |i_{3F}| = \frac{1}{0,1 + 0,1 + 0,05} = 4,0$$