

2014. május 21.

1.1. Tekintsünk egy megoszló terheléssel jellemezhető hálózatot! A hosszegységre eső áramfelvétel $i_m = 0,2 \text{ A/m}$ fázisonként egyenlő ($\cos\varphi = 1$), a vezeték hosszegységre eső ellenállása $r = 0,35 \text{ } \Omega/\text{km}$. Mekkora a háromfázisú veszteség, ha a vezeték hossza $L = 600 \text{ m}$?

$$\begin{aligned} I_T &= i_m \cdot L = 0,2 \text{ A/m} \cdot 600 \text{ m} = 120 \text{ A} \\ R &= r \cdot L = 0,35 \text{ } \Omega/\text{km} \cdot 600 \text{ m} = 0,21 \text{ } \Omega \\ P_{V3f} &= 3RI_T^2 = 0,21 \text{ } \Omega \cdot (120 \text{ A})^2 = 9076 \text{ W} \end{aligned}$$

1.2. Az egyfázisú hálózatra csatlakozó mosógépünk átlagosan 6 A áramot vesz fel $\cos(\varphi) = 0,96$ mellett a 230 V névleges feszültségű hálózathoz. Számítsa ki, hogy mennyibe kerül egy mosás, ha az 90 percig tart! Az áramfelvételt tekintse egyenletesnek, a villamos energia ára 45 Ft/kWh . Mekkora a mosógép meddő teljesítmény felvétele?

$$\begin{aligned} P &= U_n I_n \cos\varphi = 230 \text{ V} \cdot 6 \text{ A} \cdot 0,96 = 1324,8 \text{ W} \\ \rightarrow E &= Pt = 1324,8 \text{ W} \cdot \frac{90}{60} \text{ h} = 1987,2 \text{ Wh} \\ \rightarrow C &= E_c = \frac{1987,2 \text{ Wh}}{1000} \cdot 45 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} = 89,42 \text{ Ft} \\ Q &= U_n I_n \sin\varphi = 230 \text{ V} \cdot 6 \text{ A} \cdot \sqrt{1 - 0,96^2} = 386,4 \text{ var} \end{aligned}$$

1.3. Adottak az alábbi szimmetrikus összetevő feszültségek. Adja meg a transzformációs mátrixot, s határozza meg a fázisfeszültségek értékét!

$$\begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix} = () \begin{bmatrix} U_0 \\ U_1 \\ U_2 \end{bmatrix}$$

$$U_0 = 9 \text{ V}, U_1 = 12 \text{ V}, U_2 = 12 \text{ V}$$

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix}, \quad a = e^{j120^\circ}$$

$$U_a = U_0 + U_1 + U_2 = 9 + 12 + 12 = (33,00) \text{ V}$$

$$U_b = U_0 + a^2 U_1 + a U_2 = 9 + -6,00 - j10,39 + -6,00 + j10,39 = (-3,00) \text{ V}$$

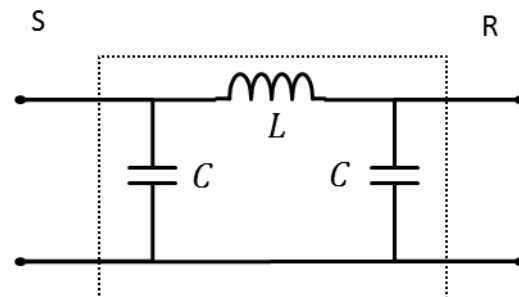
$$U_c = U_0 + a U_1 + a^2 U_2 = 9 + -6,00 + j10,39 + -6,00 - j10,39 = (-3,00) \text{ V}$$

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

#MEGOLDÁS:

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

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



#MEGOLDÁS:

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

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

1.6. Adja meg az R soros ellenállással jellemzett vezetéken átvihető maximális hatásos teljesítmény értékét, ha a tápoldali feszültség (E_A) állandó, a fogyasztóoldali hatásos teljesítményigény (P_F) állandó és a fogyasztóoldali meddő igény (Q_F) nulla!

$$P_{\max} = \frac{E_A^2}{4R}$$

1.7. Egy 20/0,4 kV-os transzformátor névleges teljesítménye 160 kVA, rövidzárási feszültsége (ε) 6%. Rajzolja fel a transzformátor pozitív sorrendű (egyfázisú) modelljét, és határozza meg a transzformátor névleges áramát, valamint a transzformátor reaktanciát kis- illetve nagyfeszültségű oldalra is!

$$I_{n,N} = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_{nN}} = \frac{0,16\text{MVA}}{\sqrt{3} \cdot 20\text{kV}} = 4,6\text{A}$$

$$I_{n,K} = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_{nK}} = \frac{0,16\text{MVA}}{\sqrt{3} \cdot 0,4\text{kV}} = 230,9\text{A}$$

$$X_{TR,N} = \frac{\varepsilon}{100} \frac{U_{nN}^2}{S_n} = \frac{6}{100} \frac{20\text{kV}^2}{0,16\text{MVA}} = 150\Omega$$

$$X_{TR,K} = \frac{\varepsilon}{100} \frac{U_{nK}^2}{S_n} = \frac{6}{100} \frac{0,4\text{kV}^2}{0,16\text{MVA}} = 0,06\Omega$$



1.8. Egy ipari fogyasztó névleges teljesítménye 10 kVA, 0,7 induktív teljesítménytényezővel. A készülék napi 8 órát működik egy 20 munkanapos hónapban. Mekkora a havi meddőenergia-költsége, ha az időszakban fogyasztott hatásos energia 25% felett 4,65 Ft/kvarh meddő díjat kell fizetni?

#MEGOLDÁS:

$$E_{\text{havi}} = 20 \frac{\text{nap}}{\text{hónap}} \cdot 8 \frac{\text{h}}{\text{nap}} \cdot 10 \text{ kVA} \cdot (\cos\varphi + j\sin\varphi) = 1120 \text{ kWh} + j1143 \text{ kvarh}$$

$$Q_{\text{ingyen}} = 0,25 \cdot 1120 \text{ kWh} = 280 \text{ kvarh}$$

$$Q_{\text{fiz}} = Q_{\text{havi}} - Q_{\text{ingyen}} = 1143 \text{ kvarh} - 280 \text{ kvarh} = 863 \text{ kvarh}$$

$$C = Q_{\text{fiz}} p_Q = 863 \text{ kvarh} \cdot 4,65 \cdot \frac{\text{Ft}}{\text{kvarh}} = 4011 \text{ Ft}$$

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

A „hosszú földelés” ellenálláson keresztüli földelést jelent.	IGAZ
A 400kV-os hálózat hatásosan földelt hálózat.	IGAZ
A Petersen-tekerics 200 kV feletti feszültség szinteken szükséges.	HAMIS
A kisfeszültségű transzformátorok 0,4 kV-os oldala jellemzően delta tekercselésű.	HAMIS

1.10. Egy 20/0,4 kV-os transzformátor névleges teljesítménye 160 kVA, névleges rövidzárási vesztesége $P_{rz,n} = 1800 \text{ W}$. Csúcsidőszakban a transzformátor kisfeszültségű oldalán mért áram 200 A. Mennyi ebben az üzemállapotban a transzformátor vesztesége?

#MEGOLDÁS:

$$I_n^K = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_n^K} = \frac{160 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV}} = 230,9 \text{ A}$$

$$P_{rz} = \left(\frac{I}{I_n^K} \right)^2 P_{rz,n} = \left(\frac{200 \text{ A}}{230,9 \text{ A}} \right)^2 1800 \text{ W} = 1350 \text{ W}$$

2. Egy tanulmány szerint a vasútvonalak mentén összesen $10,6 \text{ km}^2$ területre lehetne napelemet telepíteni. Tételezzük fel, hogy országban az egységnyi területre naponta érkező napsugárzás éves átlagban $3,5 \text{ kWh/m}^2$. A beépítendő napelemek hatásfoka legyen 12%.

- A villamos vontatás, valamint a vasúti segédberendezések éves villamosenergia-igénye Magyarországon körülbelül 840 GWh. Hányszorosa ez a fenti napelemekkel megtermelhető villamosenergia-mennyiségnek?
- Mennyi a naperőmű éves átlagos teljesítménye? Ez hány – névleges teljesítményt felvevő mozdony egyidejű ellátására képes, ha a mozdonyok névleges teljesítménye 3400 kW, teljesítménytényezőjük 0,7 (induktív)?
- Tegyük fel, hogy a villamos vontatás energiaigénye az év napjain egyenletesen oszlik el. Azonban a napi villamosenergia-igény 30%-a éjszaka jelentkezik, amikor a napelemek nem termelnek energiát, tehát tárolásra van szükség. Mekkora energiamennyiségre kell méretezni a tárolót? (8 pont)

A napsugárzásból kinyerhető napi energiamennyiség: (1 pont)

$$E_{\text{napi,hasznos},m^2} = E_{\text{napi,összes},m^2} \eta_{\text{napelem}} = 3,5 \text{ kWh/m}^2 \cdot 12\% = 0,42 \text{ kWh/m}^2$$

A teljes területet nézve egy egész évre: (1 pont)

$$\begin{aligned} E_{\text{éves,hasznos}} &= E_{\text{napi,hasznos},m^2} \cdot A \cdot 365 = 0,42 \text{ kWh/m}^2 \cdot 10,6 \text{ km}^2 \cdot 10^6 \frac{m^2}{km^2} \cdot 365 \\ &= 1625 \text{ GWh} \end{aligned}$$

A vontatás éves igénye ennek #vontszazalek#-a. (1 pont)

A naperőmű éves átlagos teljesítménye: (1 pont)

$$P_{\text{átlag}} = \frac{1625 \text{ GWh}}{365 \cdot 24h} = 186 \text{ MW}$$

Ebből ellátható mozdonyok száma (a teljesítménytényező felesleges adat): (1 pont)

$$N_{\text{mozdony}} = \frac{P_{\text{átlag}}}{P_{\text{mozdony}}} = \frac{186 \text{ MW}}{3400 \text{ kW}} = 55$$

A vontatás napi igénye – egyenletes eloszlást feltételezve: (2 pont)

$$E_{\text{napi,igény}} = E_{\text{éves,igény}} / 365 = 840 \text{ GWh} / 365 = 2301 \text{ MWh}$$

Ennek 30%-át kell eltárolni: (1 pont)

$$E_{\text{napi,tárolóból}} = 840 \text{ GWh} \cdot 30\% = 690 \text{ MWh}$$

3. 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

4. Egy nagyfeszültségű távvezeték kezdő és végpontján mért feszültség effektív értéke $|U_S| = |U_R|$. A következő kérdésekre adott válaszokkal magyarázza el, hogy ebben az esetben hogyan történik a hatásos teljesítmény-átvitel nagyfeszültségű távvezetéken!

- a) Mi az a terhelési szög?
 b) $|U_S| = |U_R|$ esetén vezesse le a R oldali hatásos teljesítmény kifejezését!
 (a távvezeték soros X_L reaktanciájával helyettesítse,
 U_R fazorát valós irányba vegye fel!)
- c) Mennyi a R oldali hatásos teljesítmény, ha viszonylagos egységekben (10 pont)
- $$u_R = 1, \quad u_S = 1,1e^{j8^\circ}, \quad x = 0,15$$

A két feszültség abszolút értéke ugyan, megegyezik, de egymással szöget zárnak be. Ezt a szöget terhelési szögnek nevezzük és δ -val jelöljük. (3 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 5 pont, végeredmény (levezetés nélkül is!) 1pont)

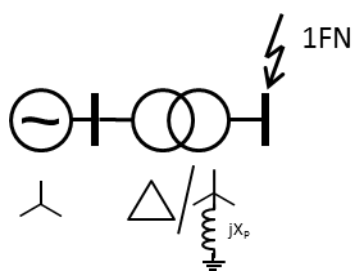
Példában:

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

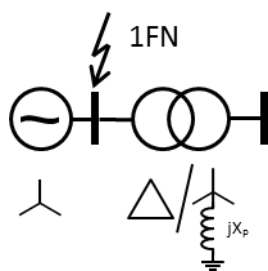
(képlet: ha előbb levezette, akkor ott megkapta a pontot,
 ha ott nem tudta, de itt felírta a képletet, akkor 1 pont
 számítás 1pont)

5. Az alábbi hálózaton a feltüntetett hibahelyek és hibafajták eseteire számítsa ki a hibahelyi zárlati áramokat viszonylagos egységben! A hálózati elemek reaktanciái viszonylagos egységben: (12 pont)

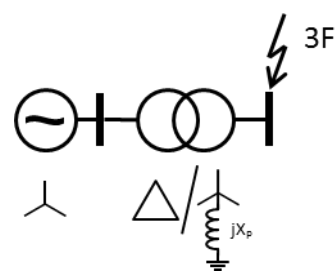
$$u_1^G = 1, \quad x_1^G = x_2^G = 0,15, \quad x_1^{TR} = x_2^{TR} = x_0^{TR} = 0,12, \quad x_p = 40$$



i.



ii.



iii.

#MEGOLDÁS:

Sorrendi modellek felrajzolása

(3x1 pont, 1 pont a 3Xp)

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:

$$|i_z| = |i_a| = 3 \cdot \frac{1}{2 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,12 + 3 \cdot 40} \cong 0,025$$

ii. Az áram zérus, mivel a zérus sorrendű modellen nem tud áram átfolylni 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:

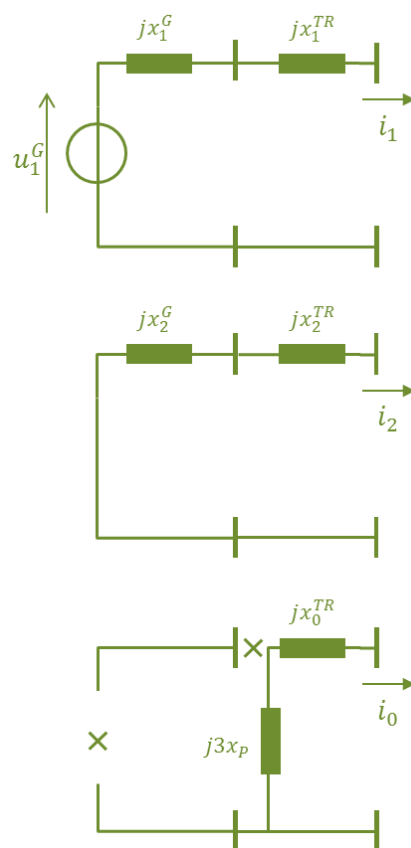
$$|i_z| = |i_a| = 0$$

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:

$$|i_z| = |i_a| = \frac{1}{0,15 + 0,12} = 3,70$$



2014. május 21.

1.1. A családi ház tetejére 4 darab, $1,5 \text{ m}^2$ hasznos felületű napelemtáblát telepítünk. A napelemek hatásfoka 14%, a helyszínen a besugárzott energia éves átlaga $3,5 \text{ kWh/m}^2/\text{nap}$. Mennyi a napelemek által egy év alatt megtermelt energia?

$$E = 4 \cdot 1,5 \text{ m}^2 \cdot 14\% \cdot 3,5 \text{ kWh/m}^2/\text{nap} \cdot 365 \text{ nap} = 1073 \text{ kWh}$$

1.2. Egy elektromos autóban 1 darab 312 V egyenfeszültségű 60 Ah-ás akkumulátor van. Egy gyorstöltő állomás az autót teljesen lemerült akkumulátorait 5,5 óra alatt feltölti. Mekkora gyorstöltő átlagos teljesítménye?

Az akkumulátorok kapacitása

$$E = 1 \cdot 312 \text{ V} \cdot 60 \text{ Ah} = 18,72 \text{ kWh}$$

Az autóba áramló „hasznos” teljesítmény:

$$P_h = \frac{E}{t} = \frac{18,72 \text{ kWh}}{5,5 \text{ h}} = 3,40 \text{ kW}$$

1.3. Adottak az alábbi szimmetrikus összetevő feszültségek. Adja meg a transzformációs mátrixot, s határozza meg a fázisfeszültségek értékét!

$$\begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} & & \\ & & \\ & & \end{pmatrix} \begin{bmatrix} U_0 \\ U_1 \\ U_2 \end{bmatrix}$$

$$U_0 = 9\text{V}, U_1 = 12\text{V}, U_2 = 12\text{V}$$

#MEGOLDÁS:

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix}, \quad a = e^{j120^\circ}$$

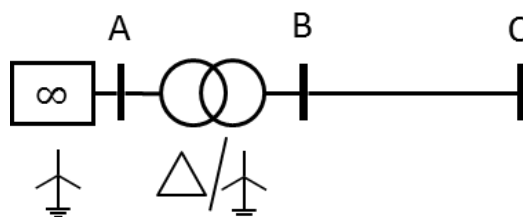
$$U_a = U_0 + U_1 + U_2 = 9 + 12 + 12 = (33,00)\text{V}$$

$$U_b = U_0 + a^2 U_1 + a U_2 = 9 + -6,00 - j10,39 + -6,00 + j10,39 = (-3,00)\text{V}$$

$$U_c = U_0 + a U_1 + a^2 U_2 = 9 + -6,00 + j10,39 + -6,00 - j10,39 = (-3,00)\text{V}$$

1.4. Számítsa ki az alábbi, üresen járó hálózaton a „B” gyűjtősínen bekövetkező 1FN(a) zárlat zárlati áramát viszonylagos egységben! A hálózati elemek adatai viszonylagos egységekben:

$$u_1^H=1; \quad x_1^{Tr}=x_2^{Tr}=x_0^{Tr}=0,1; \quad x_1^V=x_2^V=0,35; \quad x_0^V=1,05.$$



A sorrendi hálózatokat a hibahelyen sorba kell kötni.

$$i_1 = \frac{u_1^H}{j(x_1^{Tr} + jx_2^{Tr} + jx_0^{Tr})} = -j3,33$$

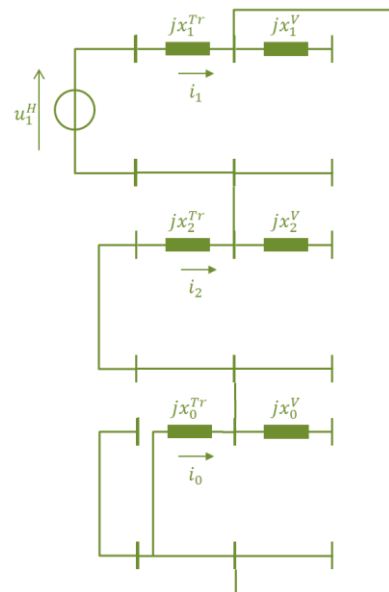
A sorrendi áramok értéke:

$$i_0 = i_1$$

$$i_2 = i_1$$

Tehát a zárlati áram értéke ('a' fázis):

$$i_a = i_0 + i_1 + i_2 = 3i = -j10,00$$



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

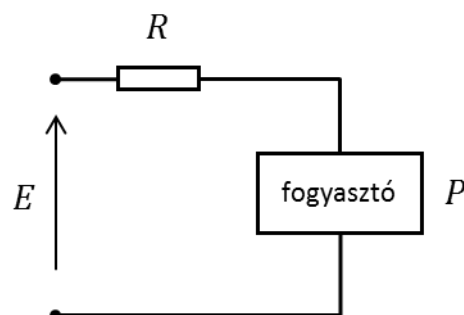
#MEGOLDÁS:

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.)

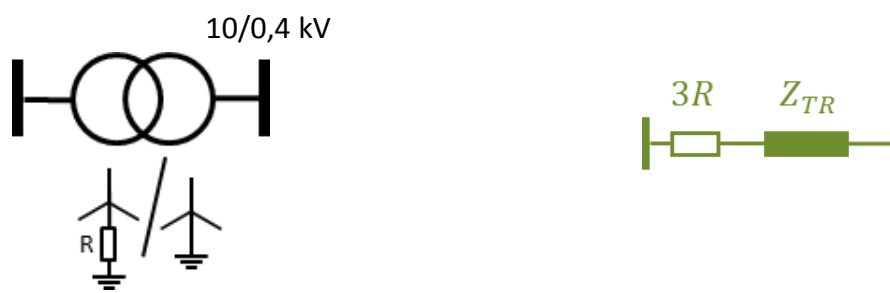
1.6. Az alábbi sugaras hálózaton $E = 10 \text{ kV}$, $R = 2 \Omega$. Feszültségstabilitás szempontjából mekkora lehet egy teljesítménytartó fogyasztó maximális hatásos teljesítményfelvétele ($P_{\max}$)?

#MEGOLDÁS:

$$P_{\max} = \frac{E^2}{4R} = \frac{(10\text{kV})^2}{4 \cdot 2\Omega} = 12,5\text{MW}$$



1.7. Határozza meg az ábrán látható, Z_{TR} pozitív sorrendű soros impedanciával jellemezhető transzformátor zérus sorrendű modelljét!



#MEGOLDÁS:

1.8. Egy fogyasztó 200 kW teljesítményt kötött le a hálózati szerződésében. A teljesítménylekötés díja 8640 Ft/kW/év, a teljesítmény túllépésért fizetendő díj az éves teljesítmény díj 1/4 része a túllépés minden kW-jára. A fogyasztó három hónapban mért maximális teljesítménye 195, 167 illetve 214 kW. Mennyi az egyes hónapokban fizetendő díj?

Az alapidíj havonta:

$$200 \text{ kW} \cdot \frac{8640 \text{ Ft/kW/év}}{12} = 144\,000 \text{ Ft}$$

A teljesítmény túllépésért fizetendő díj a legnagyobb teljesítményű hónapban:

$$14 \text{ kW} \cdot \frac{8640 \text{ Ft/kW/év}}{4} = 30\,240 \text{ Ft}$$

Így összesen:

$$3 \cdot 144\,000 \text{ Ft} + 30\,240 \text{ Ft} = 462\,240 \text{ Ft}$$

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

A kötelező átvételi rendszer célja a megújuló energiatermelés támogatása.	IGAZ
Magyarországon a 100 MW-nál nagyobb beépített teljesítménnyel rendelkező erőművek száma 50-60 körül van.	HAMIS
A háztartási méretű kiserőművek üzemeltetése engedélyköteles tevékenység.	HAMIS
A szervezett villamosenergia-piacot a köznyelvben rendszerint áramtőzsdének nevezik.	IGAZ

1.10. Egy távvezeték pozitív sorrendű impedanciája $(2+j5) \Omega$, a távvezetéken átfolyik $(120-j35) \text{ A}$ pozitív sorrendű áram. Határozza meg a fázisvezetőkben keletkező feszültségesés abszolút értékét és a feszültségesés hosszirányú összetevőjét!

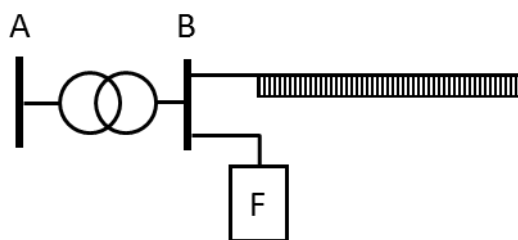
#MEGOLDÁS:

$$\Delta U_h = RI_w - XI_m = 2 \Omega \cdot 120 \text{ A} - 5 \Omega \cdot (-35 \text{ A}) = 415 \text{ V}$$

$$\Delta U_k = RI_m + XI_w = 2 \Omega \cdot -35 \text{ A} + 5 \Omega \cdot (120 \text{ A}) = 530 \text{ V}$$

$$|\Delta U| = \sqrt{|\Delta U_h^2 + \Delta U_k^2|} = 673,1 \text{ V}$$

2. Adott az alábbi háromfázisú hálózat. A megoszló terhelés hosszegységre eső, csúcsidei áram felvétele $i_m = 0,35 \text{ A/m}$ fázisonként, a vezeték hossza $L = 600 \text{ m}$, ellenállása $r = 0,4 \Omega/\text{km}$. A B sínre csatlakozó koncentrált fogyasztó névleges teljesítménye $S_n^F = 80 \text{ kVA}$, teljesítménytényezője $\cos \varphi = 0,8$ (induktív). A 22/0,4 kV-os transzformátor paraméterei $S_n^{TR} = 400 \text{ kVA}$, névleges rövidzárási vesztesége $P_{n,rz} = 2000 \text{ W}$.



- a) Mekkora vonali feszültséget kell tartani a B sínen, hogy a megoszló terhelésű vezeték végén a feszültség a névleges érték 92,5%-a legyen? (4 pont)
- b) A koncentrált fogyasztót áramtartónak feltételezve mekkora ebben az esetben a B sínen áramló összes hatásos és meddő teljesítmény? (4 pont)
- c) Hány százalékos a transzformátor kiterheltsége (S/S_n) és mennyi rézvesztés? (4 pont)
- a) A vezeték végére előírt fázisfeszültség: 0,5 pont

$$U_{\text{vezvége}} = 0,925 \cdot \frac{0,4 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 213,62 \text{ V}$$

A megoszló terhelés vezetékén befolyó áram, és a vezeték teljes ellenállása: 1,5 pont

$$I_T = i_m L = 0,35 \text{ A/m} \cdot 600 \text{ m} = 210 \text{ A}$$

$$R = rL = 0,4 \Omega/\text{km} \cdot 600 \text{ m} = 0,24 \Omega$$

Így a vezetéken a feszültségesés: 1 pont

$$\Delta U = \frac{I_T R}{2} = \frac{210 \text{ A} \cdot 0,24 \Omega}{2} = 25,20 \text{ V}$$

A B sínen tartandó fázis és vonali feszültség tehát: 1 pont

$$U_f^B = U_{\text{vezvége}} + \Delta U = 213,62 \text{ V} + 25,20 \text{ V} = 239 \text{ V}$$

$$\rightarrow U_V^B = \sqrt{3} U_f^B = \sqrt{3} \cdot 239 \text{ V} = 414 \text{ V}$$

- b) A koncentrált fogyasztó árama: 1 pont

$$I_n^F = \frac{S_n^F}{\sqrt{3} U_n^F} (\cos \varphi - j \sin \varphi) = \frac{80 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV}} (0,8 - j0,6) = 92,38 - j69,28 \text{ A}$$

$$= 115,47 \exp(-j36,87^\circ) \text{ A}$$

A B sínen áramló összes áram: 1 pont

$$I^B = I_n^F + I_T = 92,38 - j69,28 \text{ A} + 210 \text{ A} = 302,38 - j69,28 \text{ A} = 310,21 \exp(-j12,91^\circ) \text{ A}$$

A B sínen áramló összes teljesítmény: 2 pont

$$S^B = \sqrt{3} U_V^B I^{B*} = \sqrt{3} \cdot 414 \text{ V} \cdot (302,38 + j69,28 \text{ A}) = 216,6 \text{ kW} + 49,64 \text{ kvar}$$

$$= 310,21 \exp(-j12,91^\circ) \text{ kVA}$$

- c) A transzformátor kiterheltsége: 1 pont

$$\frac{|S^B|}{S_n^{TR}} = \frac{222,3 \text{ kVA}}{400 \text{ kVA}} = 56\%$$

A transzformátor névleges árama a kisfeszültségű oldalon: 1 pont

$$I_n^{TR} = \frac{S_n^{TR}}{\sqrt{3} U_n^K} = \frac{400 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV}} = 577,4 \text{ A}$$

A transzformátor rézvesztése: 2 pont

$$P_{rz} = \left(\frac{|I^B|}{I_n^{TR}} \right)^2 P_{n,rz} = \left(\frac{310,21 \text{ A}}{577,4 \text{ A}} \right)^2 \cdot 2000 \text{ W} = 577 \text{ W}$$

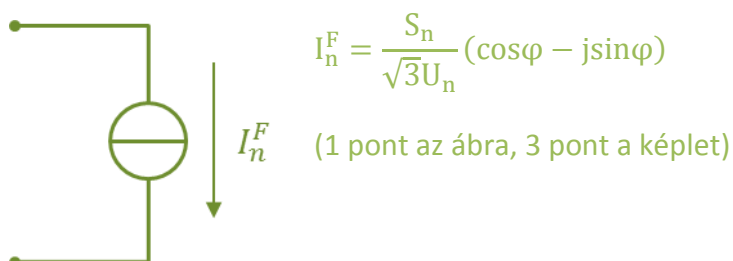
3. Egy háromfázisú, szimmetrikus, induktív fogyasztó névleges adatai: névleges feszültség, névleges teljesítmény és teljesítménytényező. Rajzolja fel a fogyasztó pozitív sorrendű modelljét és határozza meg annak paramétereit (a névleges adatok felhasználásával), ha a fogyasztót

a) áramtartónak

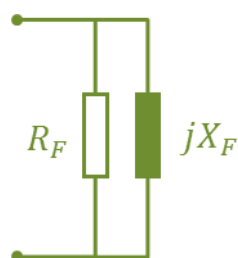
b) impedanciatartónak (párhuzamos modell)

feltételezzük!

#MEGOLDÁS:



(1 pont az ábra, 3 pont a képlet)



$$P_n^F = S_n \cos\varphi$$

$$Q_n^F = S_n \sin\varphi$$

$$R_s^F = \frac{U_n^2}{P_n^F}$$

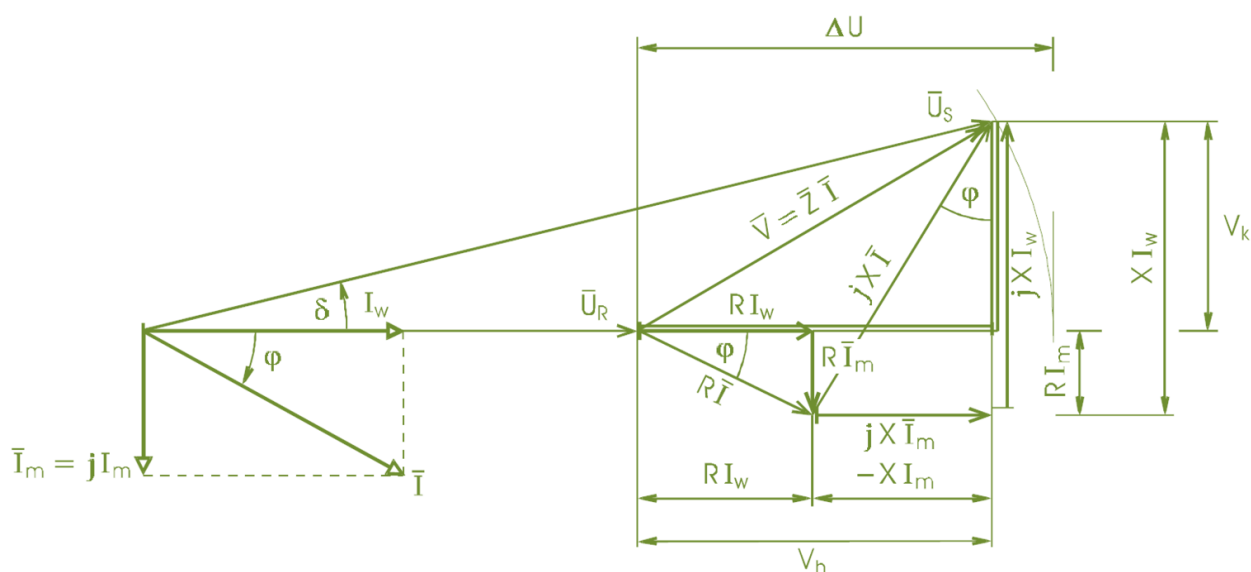
$$X_s^F = \frac{U_n^2}{Q_n^F}$$

(2 pont az ábra, 2 pont a képlet)

4. Fazorábrán mutassa be egy rezisztív-induktív fogyasztói árammal terhelt, $Z = R + jX$ soros impedanciával jellemzett távvezeték esetére a komplex feszültségesést, valamint annak hossz- és keresztirányú összetevőit! (10 pont)

- Vezesse le a hossz- és keresztirányú feszültségesés összefüggésének kifejezéseit!
- Magyarázza meg, hogyan lehet befolyásolni a feszültségesést a fogyasztónál alkalmazott meddőkompenzációval!
- A hálózat szempontjából milyen előnnyel jár a meddőkompenzáció?

#MEGOLDÁS:



(4 pont)

$$\begin{aligned}\Delta U &= \bar{Z} \bar{I} = (R + jX)(I_w + jI_m) = RI_w - XI_m + j(RI_m + XI_w) = \Delta U_h + j\Delta U_k \\ \rightarrow \Delta U_h &= RI_w - XI_m \\ \rightarrow \Delta U_k &= RI_m + XI_w\end{aligned}$$

(2 pont)

b) Meddőkompenzáció kondenzátorral:

Fogyasztó meddő igényét a kondenzátorból fedezzük

→ fogyasztó induktív meddő áramát a kondenzátor fedezi

→ a vezetéken szállított induktív meddő áram összetevő ($I_m < 0$) csökken

→ hosszirányú feszültségesés második tagja ($-XI_m$) csökken!

(1 pont a módszer (kondenzátorból fedez), 1 pont a hatása)

c) Meddőkompenzáció – feszültségesés csökkentése melletti – előnye:

Csökken a hálózati veszteség. (2 pont)

5. Egy 120 kV névleges feszültségű távvezeték két, szabályozott feszültségű oldalán megmérjük a vonali feszültségek nagyságát: $|U_S| = 124 \text{ kV}$, $|U_R| = 115 \text{ kV}$. A távvezeték hossza $l = 50 \text{ km}$, soros reaktanciája $x' = 0,35 \Omega/\text{km}$, sönt reaktanciája $x_c' = 0,28 \text{ M}\Omega\text{km}$ (!).

- Mekkora a távvezeték természetes teljesítménye?
- Ha a távvezetéken 90 MW teljesítményt szállítunk, akkor a távvezeték összességében meddőt termel vagy fogyaszt?
- Ha a távvezetéken 90 MW teljesítményt szállítunk, mekkora lesz a terhelési szög?
- Mekkora a szinkronstabilitás szempontjából átvihető maximális teljesítmény?

#MEGOLDÁS:

$$X = lx' = 50 \text{ km} \cdot 0,35 \Omega/\text{km} = 17,5 \Omega$$

$$X_c = \frac{x_c'}{l} = 0,28 \text{ M}\Omega\text{km} / 50 \text{ km} = 5600 \Omega$$

(2 érték: 2x0,5 pont)

A hullámimpedancia:

$$R = \sqrt{XX_c} = \sqrt{17,5 \Omega \cdot 5600 \Omega} = 313,05 \Omega$$

(képlet+számítás: 1+1 pont)

- Természetes teljesítmény:

$$P_t = \frac{U_n^2}{R} = \frac{(120 \text{ kV})^2}{313,05 \Omega} = 46,0 \text{ MW}$$

(képlet+számítás: 1+1 pont)

- Mivel a természetes teljesítménynél nagyobb teljesítményt viszunk át a vezetéken, ezért a távvezeték összességében meddőt termel.

(érvelés: 1 pont)

- Terhelési szög:

$$P = \frac{|U_S||U_R|}{X} \sin \delta$$

$$\rightarrow \sin \delta = \frac{PX}{|U_S||U_R|} = \frac{90 \text{ MW} \cdot 17,5 \Omega}{124 \text{ kV} \cdot 115 \text{ kV}} = 0,110$$

$$\rightarrow \delta = 6,34^\circ$$

(képlet+számítás: 1+1 pont)

- Átvihető maximális teljesítmény:

$$- \quad P_{\max} = \frac{|U_S||U_R|}{X} = \frac{124 \text{ kV} \cdot 115 \text{ kV}}{17,5 \Omega} = 814,9 \text{ MW}$$

(képlet+számítás: 1+1 pont)