

VILLAMOS ENERGETIKA – VIZSGA DOLGOZAT - A csoport

MEGOLDÁS

2013. június 21.

390.5D, 7B, 8B, 302.2B, 102.2B, 211.2E, 160.4A, 240.2B, 260.4A, 999A, 484.3A, 80.1A, 281.2A, 580.1A

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



1.2. Határozza meg annak a 25 m hosszú vezetéknek a keresztmetszetét, amelyen 20 A várható áramerhelés esetén a feszültségesés 6,8 V! A vezeték anyaga alumínium, fajlagos ellenállása: $0,028 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

$$R = \frac{\rho l}{A}, \quad \Delta U = RI$$
$$\rightarrow \Delta U = \frac{\rho l I}{A} \rightarrow A = \frac{\rho l I}{\Delta U} = \frac{0,028 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 25 \text{ m} \cdot 20 \text{ A}}{6,8 \text{ V}} = 2,07 \text{ mm}^2$$

1.3. Egy lakossági fogyasztó éves villamosenergia-fogyasztása 2800 kWh. A fogyasztó az egyetemes szolgáltatás A1 tarifája szerint számol el a szolgáltatóval, melynek díjai „A1 kedvezményes” (évi 1320kWh fogyasztásig) 19 Ft/kWh, „A1 normál” 21 Ft/kWh. Átlagosan mekkora a fogyasztó havi villamosenergia-számláján szereplő összeg?

Az éves energiafogyasztás költsége:

$$C = 1320 \text{ kWh} \cdot 19 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} + (2800 \text{ kWh} - 1320 \text{ kWh}) \cdot 21 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} = 56160 \text{ Ft}$$

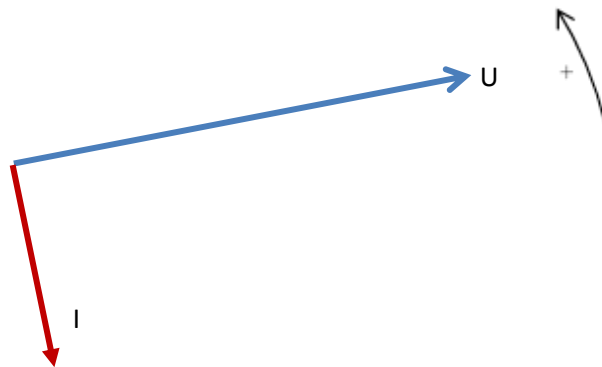
Így a havi számla átlagosan:

$$C_h = \frac{C_y}{12} = 4680 \text{ Ft}$$

1.4. Adottak az alábbi fázisáramok: $I_a = 15e^{j0}A$, $I_b = 12e^{j0}A$, $I_c = 12e^{j0}A$. Határozza meg az áramok pozitív sorrendű összetevőjének értékét!

$$I_1 = \frac{1}{3}(I_a + aI_b + a^2I_c) = \frac{15 + (-6,00 + 10,39j) + (-6,00 - 10,39j)}{3} = 1,00A$$

1.5. Egy tekercs inuktivitása 250 mH. A tekercsen 325 V csúcsértékű 60 Hz frekvenciájú váltakozó feszültség esik. Rajzolja be az alábbi fazorábrába a tekercs áramát, és adja meg az áram- és feszültségfazorok hosszát!



$$|U| = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} = \frac{325V}{\sqrt{2}} = 229,8V$$

$$I = U/j\omega L \rightarrow |I| = |U|/2\pi fL = 229,8V/(2\pi \cdot 60Hz \cdot 250mH) = 2,44A$$

1.6. Egy 20/0,4 kV-os, Dy7 transzformátor kisebb feszültségű oldalán a szimmetrikus összetevő áramok: $I_0 = 6 A$, $I_1 = 280 A$, $I_2 = 15 A$. Határozza meg a nagyobb feszültségű oldalon mérhető áramok zérus és pozitív sorrendű összetevőit!

Zérus sorrendű összetevő nem megy át a delta oldalra:

$$I_0^N = 0 A$$

Pozitív sorrendű összetevő áttétele és forgatása:

$$I_1^N = I_1^K \cdot \frac{\#U_k\#}{\#U_n\#} \cdot e^{+j \cdot 7 \cdot 30^\circ} = -4,85 - 2,80j A = 5,60 \exp(-j150^\circ) A$$

1.7. Adja meg egy fogyasztó háromfázisú látszólagos teljesítményének kifejezését, ha adott a fázisfeszültség (U_f) és a fázisáram effektív értéke (I_n), valamint a teljesítménytényező ($\cos\phi$)!

$$S_n = 3U_f I_n$$

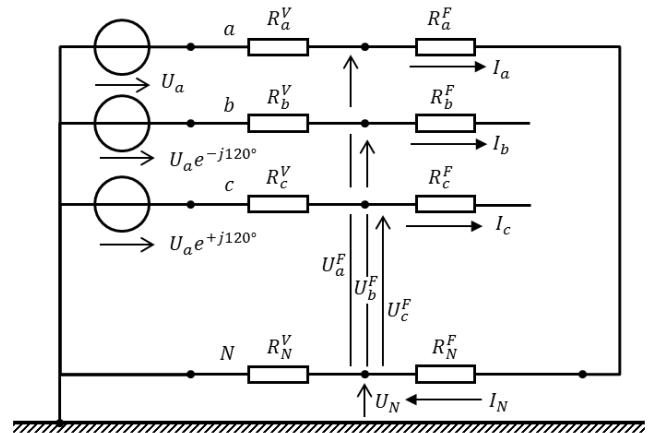
1.8. Adott az alábbi hálózat:

$$U_a = 230V, \quad R_{a,b,c}^V = R_N^V = 0,5 \Omega,$$

$$R_{a,b,c}^F = 35 \Omega,$$

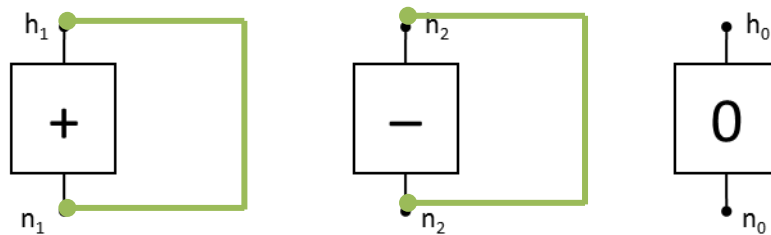
$$R_N^F = 2,3 \Omega$$

Határozza meg a fogyasztói csillagpont (U_N) eltolódás mértékét!



$$U_N = U_a \frac{R_N^V}{R_N^V + R_N^F + R_a^F + R_a^V} = 230 \text{ V} \cdot \frac{0,5 \Omega}{0,5 \Omega + 2,3 \Omega + 35 \Omega + 0,5 \Omega} = 3,00 \text{ V}$$

1.9. Egy hálózaton bekövetkezik egy 3F zárlat. Alább adott a hálózat pozitív, negatív és zérus sorrendű modelljének egyszerűsített vázlata, a hibahely feltűntetésével. Kösse össze a modelleket a zárlat számításához szükséges módon!



(ha negatív nincs rövidre zárva, akkor is elfogadható!)

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

A gőzturbinák hatásfoka 70-80%.	HAMIS
Magyarországon nincsen vízerőmű.	HAMIS
A nagyobb szélerőművek teljesítménye 3-5MW közé esik.	IGAZ
Magyarország primer energiahordozó-szükségletének legnagyobb részét Oroszországból importálja.	IGAZ

2. 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!

- 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 ugyan, megegyezik, de egymással szöget zárnak be. Ezt a szöveget 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)

3. Egy cég szeretné bővíteni járműparkját. 120 új autót terveznek üzembe állítani, melyek napi futásteljesítménye a tervek szerint 90 km lesz. Ajánlatokat kérnek hagyományos robbanómotoros ill. tisztán elektromos hajtású járművekből álló flottára. A robbanómotoros autókat szállító cég szerint a benzinnel működő autók fogyasztása 8 l/100 km, a benzinmotorok hatásfoka pedig 40%-os. Az elektromos autók beszállítója 16 kWh-s kapacitású akkumulátorral felszerelt járműveket kínál, melyek egy töltéssel 160 km-t képesek megtenni.

Melyik flotta üzemeltetése igényel napi szinten kevesebb primer energiát, ha a benzin éghője 44000 kJ/kg, sűrűsége 0,73 kg/l, míg a villamos energiát előállító erőművek átlagos hatásfoka 37% és a villamosenergia-szállítás vesztesége 10%?

Milyen költséggel járna az egyes járműparkok üzemeltetése napi szinten, ha a benzin ára 420 Ft/l, a villamos energia ára pedig 52 Ft/kWh?

(A számításai során adja meg először az alkalmazott képleteket, majd a behelyettesítést, és végül az eredményt – feltüntetve annak mértékegységét is!)

A napi futásteljesítmény (1p):

$$l_{\text{nap}} = N \cdot l_{\text{autó}} = 120 \cdot 90 \text{ km} = 10800 \text{ km}$$

A benzines autóknak a 10800 km megtételéhez ennyi benzinre van szüksége (1p):

$$V_{\text{benzin,nap}} = l_{\text{nap}} \cdot \text{fogy}_{\text{benzin}} = 10800 \text{ km} \cdot 8 \frac{\text{l}}{100 \text{ km}} = 864 \text{ l}$$

Ez primer energiában (2p):

$$E_{\text{primer,benzin}} = V_{\text{benzin,nap}} \cdot \rho_{\text{benzin}} \cdot Q_{\text{benzin}} = 864 \text{ l} \cdot 0,73 \frac{\text{kg}}{\text{l}} \cdot 44000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 27751680 \text{ kJ}$$

$$\rightarrow \frac{1}{3600} 27751680 \text{ kJ} \cong 7709 \text{ kWh}$$

Az elektromos autóknak a 10800 km megtételéhez ennyi villamos energiára van szüksége (1+2p):

$$E_{\text{villamos,nap}} = l_{\text{nap}} \cdot \text{fogy}_{\text{vill}} = 10800 \text{ km} \cdot 16 \text{ kWh} / 160 \text{ km} = 1080 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{primer,villamos}} = \frac{E_{\text{villamos}}}{\eta_{\text{erőmű}} \eta_{\text{veszt}}} = \frac{1080 \text{ kWh}}{0,37 \cdot (1 - 0,1)} \cong 3243 \text{ kWh}$$

A benzines flotta üzemanyagköltsége napi szinten (1p):

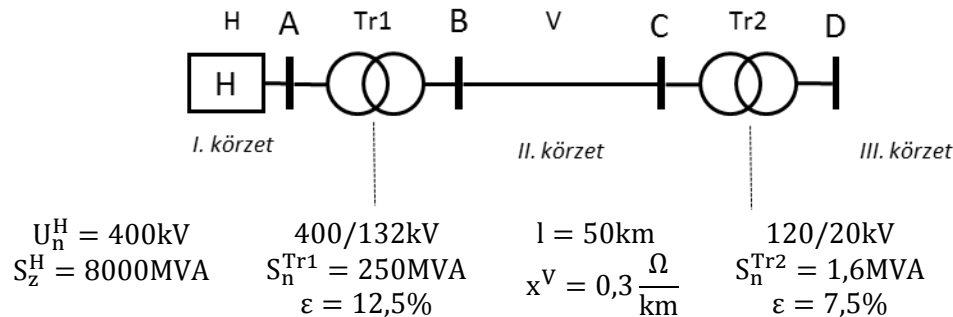
$$C_{\text{benzin,nap}} = V_{\text{benzin,nap}} \cdot c_{\text{benzin}} = 864 \text{ l} \cdot 420 \frac{\text{Ft}}{\text{l}} \cong 362880 \text{ Ft}$$

Az elektromos flotta üzemanyagköltsége napi szinten (1p):

$$C_{\text{villamos,nap}} = E_{\text{villamos,nap}} \cdot c_{\text{villamos}} = 1080 \text{ kWh} \cdot 52 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} \cong 56160 \text{ Ft}$$

4. Adott az alábbi hálózat és paraméterei. Legyen $S_{\text{alap}} = S_n^{\text{TR}}$, $U_{\text{alap,I}} = U_n^{\text{H}}$. (10 pont)

- a) A megadott alapmennyiségeknek megfelelően határozza meg a többi körzet feszültség és impedanciaalapját!
- b) Adja meg az egyes hálózati elemek impedanciáját viszonylagos egységben!
- c) Számítsa ki a D sín háromfázisú zárlati teljesítményét MVA-ben!



a) Alapmennyiségek: (0,5 pont Zalap képlete, az öt ismeretlen érték 5x0,5 pont)

	I. körzet	II. körzet	III. körzet
U_{alap}	400 kV (adott)	132 kV	22 kV
S_{alap}	250 MVA (adott)		
$Z_{\text{alap}} = \frac{U_{\text{alap}}^2}{S_{\text{alap}}}$	640 Ω	69,7 Ω	1,94 Ω

b) Hálózati elemek impedanciája (4x1 pont)

$$X^{\text{H}} = \frac{U_n^{\text{H}^2}}{S_z^{\text{H}}} = \frac{(400 \text{ kV})^2}{8000 \text{ MVA}} = 20,0 \Omega \xrightarrow{Z_{\text{alap,I}}=640 \Omega} x^{\text{H}} = 0,031 \text{ v. e.}$$

$$X^{\text{Tr1}} = \frac{\varepsilon^{\text{Tr1}} U_{\text{nk}}^{\text{Tr1}^2}}{100 S_n^{\text{Tr1}}} = \frac{12,5 (132 \text{ kV})^2}{100 \cdot 250 \text{ MVA}} = 8,712 \Omega \xrightarrow{Z_{\text{alap,II}}=69,7 \Omega} x^{\text{Tr1}} = 0,125 \text{ v. e.}$$

$$X^{\text{Tr2}} = \frac{\varepsilon^{\text{Tr2}} U_{\text{nk}}^{\text{Tr2}^2}}{100 S_n^{\text{Tr2}}} = \frac{7,5 (20 \text{ kV})^2}{100 \cdot 1,6 \text{ MVA}} = 18,75 \Omega \xrightarrow{Z_{\text{alap,III}}=1,94 \Omega} x^{\text{Tr2}} = 9,68 \text{ v. e.}$$

$$X^{\text{V}} = l \cdot x^{\text{V}} = 50 \cdot 0,3 = 15,0 \Omega \xrightarrow{Z_{\text{alap,II}}=69,7 \Omega} x^{\text{V}} = 0,215 \text{ v. e.}$$

c) Zárlati áram számítása: (1 pont az i_z , 1 pont az s_z képlete, 1 pont a S_z)

$$|i_z| = \frac{1}{x^{\text{H}} + x^{\text{Tr1}} + x^{\text{V}} + x^{\text{Tr2}}} = \frac{1}{0,031 + 0,125 + 0,215 + 9,68} = 0,099 \text{ v. e.}$$

$$s_z^{\text{D}} = u \cdot i_z = 1 \cdot 0,099 = 0,099 \xrightarrow{S_{\text{alap}}=250 \text{ MVA}} S_z^{\text{D}} = 24,9 \text{ MVA}$$

5. A V43 névleges teljesítménye 2220 kW, teljesítménytényezője 0,707 (induktív) névleges feszültsége a hazai villamos vontatásban alkalmazott 25 kV.

- a) Határozza meg a mozdony névleges áramának effektív értékét!
- b) Mekkora kondenzátort kell a 120/25 kV-os **egyfázisú** transzformátor 25 kV-os oldalára telepíteni, ha kettő ilyen mozdony névleges meddőteljesítmény-felvételét szeretnék kompenzálni?

A mozdony 30 km távolságban van a betáplálástól. A felsővezeték hosszegységre jutó impedanciája $0,12 + j0,37 \Omega/\text{km}$. Alább áramtartó mozdonyt feltételezünk, amely névleges áramát veszi fel a megadott teljesítménytényezővel.

- c) Mekkora a felsővezetéken a feszültségesés hosszirányú összetevője?
- d) Ha a betáplálás 25 kV-os oldalán névleges feszültséget tartunk, mekkora a fenti esetben a mozdony tényleges hatásos teljesítményfelvétele? (A feszültségesés a c) feladatban kiszámolt összetevővel közelítse.)

(10 pont)

- a) Névleges áram (1 pont)

$$I_n = \frac{P}{U_n \cos \varphi} = \frac{2220 \text{ kW}}{25 \text{ kV} \cdot 0,707} = 125,6 \text{ A}$$

- b) Egy mozdony névleges meddőfelvétele (1 pont)

$$Q_m = U_n I_n \sin \varphi = 25 \text{ kV} \cdot 125,6 \text{ A} \cdot 0,707 = 2220 \text{ kvar}$$

Így két mozdony névleges meddőfelvétele (1 pont)

$$Q_c = 2Q = 2 \cdot 2220 \text{ kvar} = 4440 \text{ kvar}$$

A szükséges kondenzátor kapacitása (2 pont)

$$Q = \frac{U^2}{\omega C} = U^2 \omega C \rightarrow C = \frac{Q_c}{U_n^2 \omega} = \frac{4440 \text{ kvar}}{(25 \text{ kV})^2 \cdot 100\pi} = 22,6 \mu\text{F}$$

- c) A tápszakasz impedanciája: (0 pont)

$$R = r l = 0,12 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 30 \text{ km} = 3,6 \Omega, \quad X = x l = 0,37 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 30 \text{ km} = 11,1 \Omega$$

Az áram wattos és meddő összetevője: (1 pont)

$$I_w = I_n \cos \varphi = 125,6 \text{ A} \cdot 0,707 = 88,8 \text{ A}$$

$$I_m = I_n \sin \varphi = 125,6 \text{ A} \cdot 0,707 = -88,8 \text{ A}$$

Így a hosszirányú feszültségesés: (2 pont)

$$\Delta U_h = R I_w - X I_m = 3,6 \Omega \cdot 88,8 \text{ A} - 11,1 \Omega \cdot (-88,8 \text{ A}) = 1305 \text{ V}$$

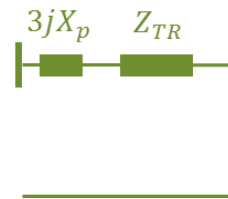
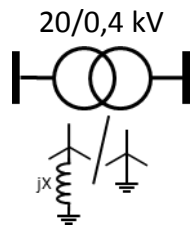
- d) A mozdonynál mérhető feszültség és felvett teljesítmény (1+1 pont)

$$U_m = U_n - \Delta U_h = 25 \text{ kV} - 1305 \text{ V} = 23,69 \text{ kV}$$

$$P_m = U_m I_n \cos \varphi = U_m I_w = 23,69 \text{ kV} \cdot 88,8 \text{ A} = 2104 \text{ kW}$$

2013. június 21.

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



1.2. Határozza meg annak a 45 m hosszú vezetéknek a keresztmetszetét, amelyen 16 A várható áramerhelés esetén a feszültségesés 6,5 V! A vezeték anyaga réz, fajlagos ellenállása: $0,018 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

$$R = \frac{\rho l}{A}, \quad \Delta U = RI$$
$$\rightarrow \Delta U = \frac{\rho l I}{A} \rightarrow A = \frac{\rho l I}{\Delta U} = \frac{0,018 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 45 \text{ m} \cdot 16 \text{ A}}{6,5 \text{ V}} = 1,99 \text{ mm}^2$$

1.3. Egy lakossági fogyasztó éves villamosenergia-fogyasztása 3500 kWh. A fogyasztó az egyetemes szolgáltatás A1 tarifája szerint számol el a szolgáltatóval, melynek díjai „A1 kedvezményes” (évi 1320kWh fogyasztásig) 20 Ft/kWh, „A1 normál” 22 Ft/kWh. Átlagosan mekkora a fogyasztó havi villamosenergia-számláján szereplő összeg?

Az éves energiafogyasztás költsége:

$$C = 1320 \text{ kWh} \cdot 20 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} + (3500 \text{ kWh} - 1320 \text{ kWh}) \cdot 22 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} = 74360 \text{ Ft}$$

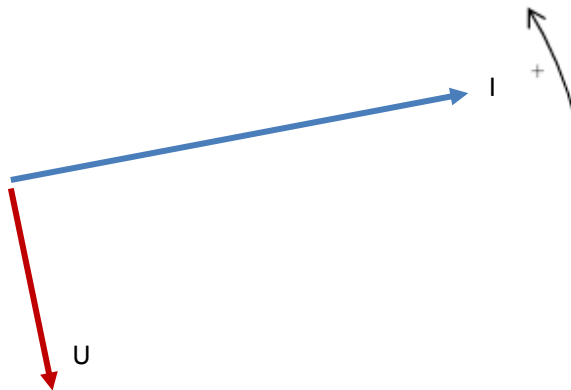
Így a havi számla átlagosan:

$$C_h = \frac{C_y}{12} = 6197 \text{ Ft}$$

1.4. Adottak az alábbi fázisfeszültségek: $U_a = 15e^{j0^\circ}$, $U_b = 9e^{j0^\circ}$ V, $U_c = 9e^{j0^\circ}$ V. Határozza meg a feszültségek negatív sorrendű összetevőjének értékét!

$$U_2 = \frac{1}{3}(U_a + a^2U_b + aU_c) = \frac{15 + (-4,50 - 7,79j) + (-4,50 + 7,79j)}{3} = 2,00V$$

1.5. Egy kondenzátor kapacitása $700 \mu\text{F}$. A kondenzátoron 50 A csúcsertékű 50 Hz frekvenciájú váltakozó áram folyik. Rajzolja be az alábbi fazorábrába a kondenzátor feszültségét, és adja meg az áram- és feszültségfazorok hosszát!



$$|I| = \frac{\hat{I}}{\sqrt{2}} = \frac{50\text{A}}{\sqrt{2}} = 35,36\text{A}$$

$$U = I/j\omega C \rightarrow |U| = |I|/2\pi fC = 35,36\text{A}/(2\pi \cdot 50\text{Hz} \cdot 700\mu\text{F}) = 160,7708\text{V}$$

1.6. Egy $20/0,4 \text{ kV}$ -os, $Dy3$ transzformátor kisebb feszültségű oldalán a szimmetrikus összetevő áramok: $I_0 = 8 \text{ A}$, $I_1 = 245 \text{ A}$, $I_2 = 22 \text{ A}$. Határozza meg a nagyobb feszültségű oldalon mérhető áramok zérus és pozitív sorrendű összetevőit!

Zérus sorrendű összetevő nem megy át a delta oldalra:

$$I_0^N = 0 \text{ A}$$

Pozitív sorrendű összetevő áttétele és forgatása:

$$I_1^N = I_1^K \cdot \frac{0,4 \text{ kV}}{20 \text{ kV}} \cdot e^{+j \cdot 3 \cdot 30^\circ} = 0,00 + 4,90j \text{ A} = 4,90 \exp(+j90^\circ) \text{ A}$$

1.7. Adja meg egy fogyasztó háromfázisú (látszólagos) teljesítményének kifejezését, ha adott a vonali feszültség (U_n) és a fázisáram effektív értéke (I_n), valamint a teljesítménytényező ($\cos\varphi$)!

$$S_n = \sqrt{3}U_n I_n$$

1.8. Adott az alábbi hálózat:

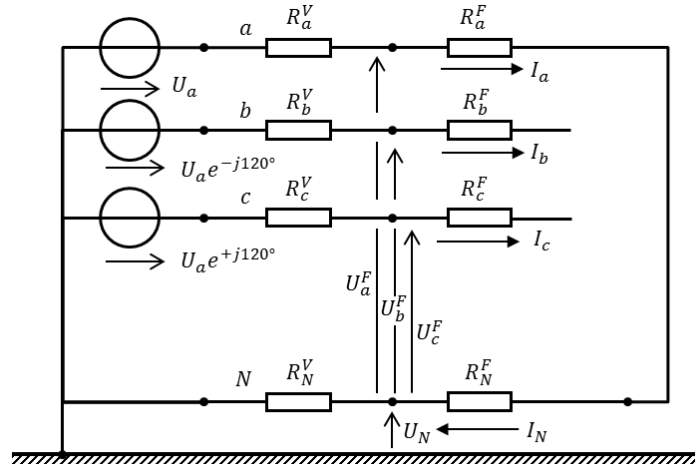
$$U_a = 230\text{V}, \quad R_{a,b,c}^V = R_N^V = 0,2\ \Omega,$$

$$R_{a,b,c}^F = 40\ \Omega,$$

$$R_N^F = 5,6\ \Omega$$

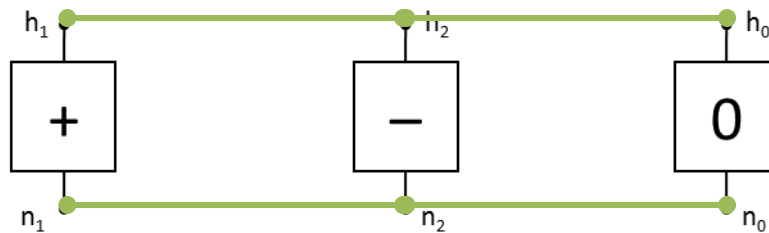
Határozza meg a nullavezetőben folyó áramot (I_N)!

#MEGOLDÁS:



$$I_N = \frac{U_a}{R_N^V + R_N^F + R_a^F + R_a^V} = \frac{230\text{V}}{0,2\ \Omega + 5,6\ \Omega + 40\ \Omega + 0,2\ \Omega} = 5,0\text{V}$$

1.9. Egy hálózaton bekövetkezik egy 2FN(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!



#MEGOLDÁS:

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

A kapcsolt villamosenergia-termelés folyamán felszabaduló hőenergiát is hasznosítják.	IGAZ
A nagyvárosi ellátás jellemzően 20 kV-os kábelvezetéken történik.	HAMIS
Magyarország első szivattyús tározós erőműve már több éve segít a rendszerszabályzásban.	HAMIS
A hazai kiefeszültségű hálózat névleges vonali feszültsége 0,2 kV.	HAMIS

2. A fogyasztói teljesítményfelvétel (P és Q) függ a feszültségtől és a frekvenciától.

- a) Adja meg ennek matematikai leírását (az érzékenységi tényezők segítségével) a hatásos teljesítményre!
- b) Mi az érzékenységi tényezők értéke, ha a fogyasztó egy párhuzamos R-L tag?
- c) Ábra segítségével vagy levezetéssel határozza meg, hogy mekkora a frekvenciaváltozás, ha változik a fogyasztói hatásos teljesítmény, de az erőműveket nem szabályozzuk? (10 pont)

a)

$$P = P_0 + P_0 \left(k_{pu} \frac{\Delta U}{U_0} + k_{pf} \frac{\Delta f}{f_0} \right)$$

(2 pont)

b)

$$P_0 = \frac{U_0^2}{R} \rightarrow P = P_0 \frac{U^2}{U_0^2} = P_0 \left(\frac{U}{U_0} \right)^2 \rightarrow k_{pu} = 2, k_{pf} = 0$$

$$Q_0 = \frac{U_0^2}{2\pi f_0 L} \rightarrow Q = Q_0 \frac{U^2}{U_0^2} = Q_0 \left(\frac{U}{U_0} \right)^2 \rightarrow k_{qu} = 2$$

$$\rightarrow Q = Q_0 \frac{f_0}{f} = Q_0 \left(\frac{f}{f_0} \right)^{-1} \rightarrow k_{qf} = -1$$

(4x1 pont)

c)

Az eredeti fogyasztói egyenes egyenlete:

$$P_F = P_{F0} + K_F \Delta f$$

Fogyasztói teljesítmény változás ΔP_{F0} hatására a teljesítmény, illetve az egyenes egyenlete:

$$P'_{F0} = P_{F0} + \Delta P_{F0}$$

$$P'_F = P'_{F0} + K_F \Delta f = P_{F0} + P'_{F0} k_{pf} \frac{\Delta f}{f_0} \rightarrow K_F = \frac{P'_{F0} k_{pf}}{f_0}$$

(a fogyasztó egyenlet megfelelő alkalmazása, 1 pont)

K_F és k_{pf} kapcsolata, 1 pont)

De betáplált teljesítmény nem változott, tehát $P'_F = P_{F0}$:

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

$$\Delta P_{F0} = -K_F \Delta f$$

$$\rightarrow \Delta f = -\frac{\Delta P_{F0}}{K_F} = -\frac{\Delta P_{F0} f_0}{P'_{F0} k_{pf}}$$

(Δf és k_{pf} kapcsolata, 2 pont)

3. Egy **háromfázisú**, delta kapcsolású ipari szellőzőmotor kapcsain 400 V vonali feszültségeket mérünk, a motor a hálózatról fázisonként 20 A effektív értékű (szimmetrikus, pozitív sorrendű) áramot vesz fel. A motor teljesítménytényezője $\cos\varphi = 0,96$ (induktív).

A motort 120 m hosszú, négyerű (3 fázis + nulla), erenként 12 mm² keresztmetszetű, 0,028 Ωmm²/m fajlagos ellenállású kábelben keresztül tápláljuk.

- Számítsa ki a motor háromfázisú hatásos és meddő teljesítményfelvételét!
- Számítsa ki a kábelben fellépő háromfázisú wattos veszteséget!
- Számítsa ki a motor üzemeltetésének éves villamosenergia-költségét 48 Ft/kWh energiaárral kalkulálva, ha az ipari üzem 5/7-es folyamatos munkarendben dolgozik (=hétfő 6:00 órától péntek 22:00 óráig). A mérő a kábel elején, a motor a kábel végén van, tehát a veszteséget az üzem fizeti. (10 pont)

#MEGOLDÁS:

$$P = \sqrt{3}U_n I_{\text{eff}} \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot 400\text{V} \cdot 20\text{A} \cdot 0,96 = 13,30\text{kW}$$

$$Q = \sqrt{3}U_n I_{\text{eff}} \sin\varphi = \sqrt{3} \cdot 400\text{V} \cdot 20\text{A} \cdot \sqrt{1 - 0,96^2} = 3,88\text{kvar}$$

(2x2 pont)

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{0,028 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 120\text{m}}{12\text{mm}^2} = 0,28\Omega$$

(1pont)

$$P_v = 3I_{\text{eff}}^2 R = 3 \cdot (20\text{A})^2 \cdot 0,28\Omega = 336\text{W}$$

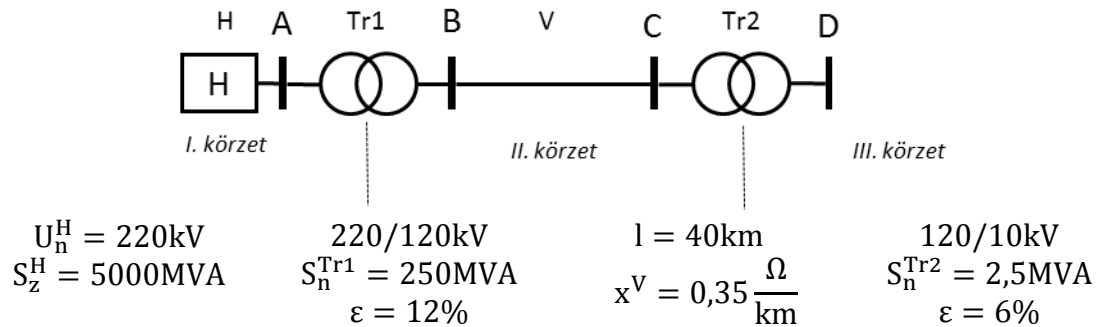
(2pont)

$$K = 48 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} \cdot (13,30\text{kW} + 0,336\text{kW}) \cdot \left(52 \frac{\text{hét}}{\text{év}} \cdot 112 \frac{\text{h}}{\text{hét}}\right) = 3\,812\,572 \text{ Ft} \frac{\text{Ft}}{\text{év}}$$

(2 pont a képlet, 1 pont a számérték)

4. Adott az alábbi hálózat és paraméterei. Legyen $S_{alap} = S_n^{Tr1}$, $U_{alap,I} = U_n^H$. (10 pont)

- A megadott alapparamétereknek megfelelően határozza meg a többi körzet feszültség és impedanciaalapját!
- Adja meg az egyes hálózati elemek impedanciáját viszonylagos egységben!
- Számítsa ki a D sín háromfázisú zárlati teljesítményét MVA-ben!



a) Alapparaméterek: (0,5 pont Zalap képlete, az öt ismeretlen érték 5x0,5 pont)

	I. körzet	II. körzet	III. körzet
U_{alap}	220 kV (adott)	120 kV	10 kV
S_{alap}	250 MVA (adott)		
$Z_{alap} = \frac{U_{alap}^2}{S_{alap}}$	193,6 Ω	57,6 Ω	0,40 Ω

b) Hálózati elemek impedanciája (4x1 pont)

$$X^H = \frac{U_n^H{}^2}{S_z^H} = \frac{(220 \text{ kV})^2}{5000 \text{ MVA}} = 9,7 \Omega \xrightarrow{Z_{alap,I}=193,6 \Omega} x^H = 0,050 \text{ v. e.}$$

$$X^{Tr1} = \frac{\varepsilon^{Tr1} U_{nk}^{Tr1}{}^2}{100 S_n^{Tr1}} = \frac{12 (120 \text{ kV})^2}{100 \cdot 250 \text{ MVA}} = 6,912 \Omega \xrightarrow{Z_{alap,II}=57,6 \Omega} x^{Tr1} = 0,120 \text{ v. e.}$$

$$X^{Tr2} = \frac{\varepsilon^{Tr2} U_{nk}^{Tr2}{}^2}{100 S_n^{Tr2}} = \frac{6 (10 \text{ kV})^2}{100 \cdot 2,5 \text{ MVA}} = 2,4 \Omega \xrightarrow{Z_{alap,III}=0,40 \Omega} x^{Tr2} = 6,00 \text{ v. e.}$$

$$X^V = l \cdot x^V = 40 \cdot 0,35 = 14,0 \Omega \xrightarrow{Z_{alap,II}=57,6 \Omega} x^V = 0,243 \text{ v. e.}$$

c) Zárlati áram számítása: (1 pont az i_z , 1 pont az s_z képlete, 1 pont a S_z)

$$|i_z| = \frac{1}{x^H + x^{Tr1} + x^V + x^{Tr2}} = \frac{1}{0,050 + 0,120 + 0,243 + 6,00} = 0,156 \text{ v. e.}$$

$$s_z^D = u \cdot i_z = 1 \cdot 0,156 = 0,156 \xrightarrow{S_{alap}=250 \text{ MVA}} S_z^D = 39,0 \text{ MVA}$$

5. A V63 névleges teljesítménye 3575 kW, teljesítménytényezője 0,707 (induktív) névleges feszültsége a hazai villamos vontatásban alkalmazott 25 kV.

- a) Határozza meg a mozdony névleges áramának effektív értékét!
- b) Mekkora kondenzátort kell a 120/25 kV-os **egyfázisú** transzformátor 25 kV-os oldalára telepíteni, ha kettő ilyen mozdony névleges meddőteljesítmény-felvételét szeretnék kompenzálni?

A mozdony 20 km távolságban van a betáplálástól. A felsővezeték hosszegységre jutó impedanciája $0,13+j0,4 \Omega/\text{km}$. Alább áramtartó mozdonyt feltételezünk, amely névleges áramát veszi fel a megadott teljesítménytényezővel.

- c) Mekkora a felsővezetéken a feszültségesés hosszirányú összetevője?
- d) Ha a betáplálás 25 kV-os oldalán névleges feszültséget tartunk, mekkora a fenti esetben a mozdony tényleges hatásos teljesítményfelvétele? (A feszültségesés a c) feladatban kiszámolt összetevővel közelítse.)

(10 pont)

- a) Névleges áram (1 pont)

$$I_n = \frac{P}{U_n \cos \varphi} = \frac{3575 \text{ kW}}{25 \text{ kV} \cdot 0,707} = 202,2 \text{ A}$$

- b) Egy mozdony névleges meddőfelvétele (1 pont)

$$Q_m = U_n I_n \sin \varphi = 25 \text{ kV} \cdot 202,2 \text{ A} \cdot 0,707 = 3575 \text{ kvar}$$

Így két mozdony névleges meddőfelvétele (1 pont)

$$Q_c = 2Q = 2 \cdot 3575 \text{ kvar} = 7150 \text{ kvar}$$

A szükséges kondenzátor kapacitása (2 pont)

$$Q = \frac{U^2}{\frac{1}{\omega C}} = U^2 \omega C \rightarrow C = \frac{Q_c}{U_n^2 \omega} = \frac{7150 \text{ kvar}}{(25 \text{ kV})^2 \cdot 100\pi} = 36,4 \mu\text{F}$$

- c) A tápszakasz impedanciája: (0 pont)

$$R = r l = 0,13 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 20 \text{ km} = 2,6 \Omega, \quad X = x l = 0,4 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 20 \text{ km} = 8 \Omega$$

Az áram wattos és meddő összetevője: (1 pont)

$$I_w = I_n \cos \varphi = 202,2 \text{ A} \cdot 0,707 = 143,0 \text{ A}$$

$$I_m = I_n \sin \varphi = 202,2 \text{ A} \cdot 0,707 = -143,0 \text{ A}$$

Így a hosszirányú feszültségesés: (2 pont)

$$\Delta U_h = R I_w - X I_m = 2,6 \Omega \cdot 143,0 \text{ A} - 8 \Omega \cdot (-143,0 \text{ A}) = 1516 \text{ V}$$

- d) A mozdonynál mérhető feszültség és felvett teljesítmény (1+1 pont)

$$U_m = U_n - \Delta U_h = 25 \text{ kV} - 1516 \text{ V} = 23,48 \text{ kV}$$

$$P_m = U_m I_n \cos \varphi = U_m I_w = 23,48 \text{ kV} \cdot 143,0 \text{ A} = 3358 \text{ kW}$$