

# VILLAMOS ENERGETIKA

# A CSOPORT

2013. április 15.

NÉV:.....

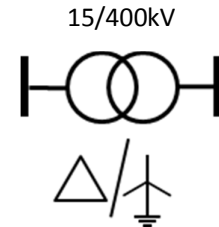
390.4C, 160.2A, 104H, ---, 1.3E,  
201.4C, 302.2G, 205.1G, 210.1B, 211.1B  
380.1A, ???, 80.1B, 284A

NEPTUN-KÓD:.....

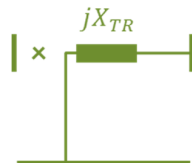
Terem és ülőhely:.....

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
Σ	

1.1. Az ábrán látható transzformátor névleges teljesítménye 125 MVA, százalékos feszültségesése 10%. (A transzformátor kisebb feszültségű oldalán  $U_{alap} = 15$  kV,  $S_{alap} = 125$  MVA.) Határozza meg a transzformátor zérus sorrendű modelljét és paramétereit ( $x_0 = x_1$ )!



$$U_{alap} = U_n, S_{alap} = S_n \rightarrow x_{TR} = \frac{\varepsilon}{100} = 10\%$$



1.2. Adja meg az egyfázisú hatásos teljesítmény kifejezését, ha adott a fázisfeszültség ( $U_f$ ) és fázisáram effektív értéke ( $I_n$ ), valamint a teljesítménytényező ( $\cos\varphi$ )!

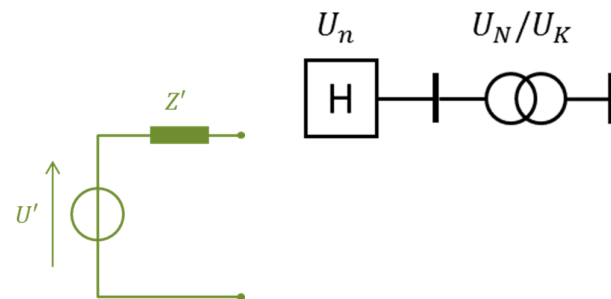
$$P_{1f} = U_f I_n \cos\varphi$$

1.3. Az alábbi hálózatban a táppont vonali feszültsége 395 kV, a táppont és transzformátor impedanciájának összege  $Z = j20 \Omega$ . A transzformátor névleges feszültségei 400/220 kV. Rajzolja fel a transzformátor kisebb feszültségű oldalára redukált egyfázisú hálózatot, s adja meg az egyes elemek értékét!

$$N = \frac{U_K}{U_N} = \frac{220\text{kV}}{400\text{kV}} = 0,55$$

$$U' = \frac{U_n}{\sqrt{3}} \cdot N = \frac{395\text{kV}}{\sqrt{3}} \cdot 0,55 = 125,43$$

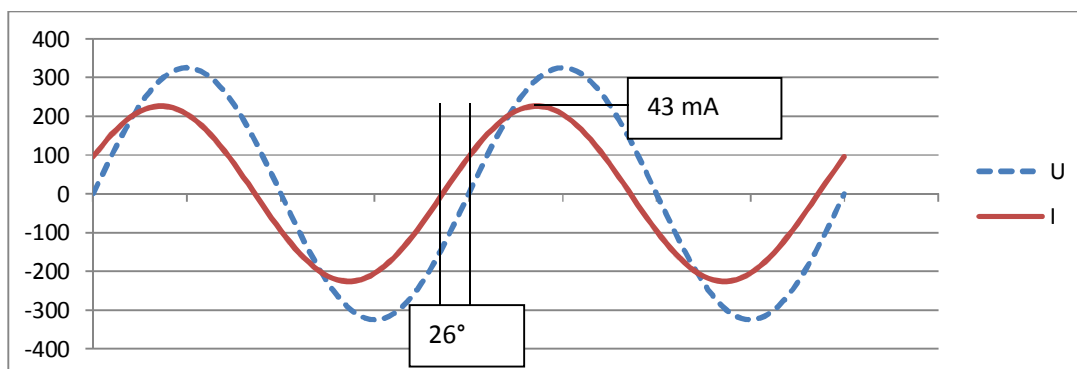
$$Z' = Z \cdot N^2 = j20 \cdot 0,55^2 = j6,05$$



1.4. Az alábbi állítások közül karikázza be az IGAZ állításokat!

- A. A „hosszú földelés” ellenálláson keresztüli földelést jelent.
- B. A kompenzált csillagpont kezelés a szigetelthez képest növeli az egyfázisú földzárlati áramot.
- C. A kisfeszültségű transzformátorok 0,4 kV-os oldala jellemzően delta tekercselésű.

**1.5.** Egy elektronikus készülék a 230 V névleges fázisfeszültségű hálózatra csatlakozik. Tegyük fel, hogy a készülék stand-by üzemben az alábbi ábrában feltüntetett áramot veszi fel. Határozza meg e fogyasztás jellegét (induktív/kapacitív)! Ha a készülék az év 70%-ában stand-by üzemben van, akkor mennyi ennek az éves villamosenergia-költsége? (A villamosenergia-ára 45 Ft/kWh.)



Az áram siet a feszültséghez képest, tehát a fogyasztó **kapacitív**.

$$P = U_n \frac{I_{cs}}{\sqrt{2}} \cos \varphi = 230 \text{ V} \cdot \frac{43 \text{ mA}}{\sqrt{2}} \cdot \cos 26^\circ = 6,29 \text{ W}$$

$$\rightarrow E = Pt = 6,29 \text{ W} \cdot 70\% \cdot 8760 \text{ h} = 38543 \text{ Wh}$$

$$\rightarrow C = E_c = \frac{38543 \text{ Wh}}{1000} \cdot 45 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} = 1734,4 \text{ Ft}$$

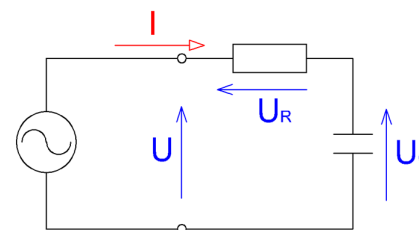
**1.6.** Az alábbi ábrán látható hálózatban (soros RC) az  $U$  feszültség effektív értéke 231 V. Az ellenállás értéke 18,5  $\Omega$ , a kondenzátor reaktanciája 13,8  $\Omega$ . Határozza meg a bejelölt  $I$  áram komplex effektív értékét!

#MEGOLDÁS:

$$Z = R - jX_C = 18,5 - j13,8 =$$

$$= 23,08 e^{-j36,72^\circ} \Omega$$

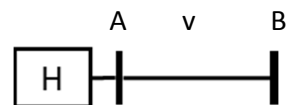
$$I = \frac{U}{Z} = \frac{231 \text{ V}}{23,08 e^{-j36,72^\circ} \Omega} = 10 e^{j36,72^\circ} \text{ A}$$



**1.7.** Adottak az alábbi fázisáramok:  $I_a = 18 e^{j0} \text{ A}$ ,  $I_b = 15 e^{j120} \text{ A}$ ,  $I_c = 15 e^{-j120} \text{ A}$ . Határozza meg a negatív sorrendű összetevőt!

$$I_2 = \frac{1}{3} (I_a + a^2 I_b + a I_c) = \frac{18 + (15,00 - 0,00j) + (15,00 + 0,00j)}{3} = 16,00 \text{ A}$$

**1.8.** Egy 120 kV névleges feszültségű végtelen hálózatra (H) csatlakozó vezeték (v) impedanciája  $j20 \Omega$ . A „B” gyűjtősínen bekövetkező 3F zárlat esetén határozza meg a zárlati áram nagyságát (effektív értékét)!



$$|I_z| = \frac{U_n}{Z} = \frac{120 \text{ kV}}{20 \Omega} = 3,5 \text{ kA}$$

**1.9.** Egy 1,25 km hosszú távvezeték hosszegységre eső impedanciája  $0,4+0,4j \Omega/\text{km}$ . A vezetéseken folyó háromfázisú áramok pozitív sorrendű összetevője  $96-28j \text{ A}$ . ( $I_2 = I_0 = 0 \text{ A}$ ). Határozza meg a vezetéken keletkező háromfázisú veszteséget!

#MEGOLDÁS:

A vezeték impedanciája:

$$Z = z \cdot l = 0,4 + 0,4j \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 1,25 \text{ km} = 0,5 + 0,5j \Omega$$

Az áram abszolút értéke:

$$|I| = 100,0 \text{ A}$$

A háromfázisú veszteség így:

$$P_v = 3|I|^2 R = 3 \cdot (100,0 \text{ A})^2 \cdot 0,5 = 15,0 \text{ kW}$$

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

A kombinált ciklusú erőművek jellemző teljesítménytartománya 100-200 kW.	HAMIS
Magyarország éves energiafogyasztása körülbelül 36 GWh.	HAMIS
A szélenergia legnagyobb problémája a gyorsan változó termelés és a gyenge előrejelzés.	IGAZ
A fotelektromos villamosenergia-termelés hatásfoka kiemelkedően jobb a többi technológiához képest.	HAMIS

2. Vezesse le, hogy hogyan lehet a szimmetrikus összetevők módszerével, a hálózat szimmetrikus összetevő modelljeit felhasználva kiszámítani a hálózat valamely pontján fellépő 1FN(a) zárlat hatására létrejövő feszültség- és áramviszonyokat! (A bevezetett jelöléseket magyarázza meg!) (8 pont)



$U_a = 0, I_b = 0, I_c = 0$  (Ezekhez értelmező ábra vagy magyarázat)

2pont, ha valami hiányzik: kevesebb

$$\begin{bmatrix} U_0 \\ U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} U_b + U_c \\ aU_b + a^2U_c \\ a^2U_b + aU_c \end{bmatrix}$$

ebből következik, hogy  $U_0 + U_1 + U_2 = 0$

2pont, ha valami hiányzik: kevesebb

$$\begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_a \\ I_a \end{bmatrix}$$

ebből következik, hogy  $I_0 = I_1 = I_2$

2pont, ha valami hiányzik: kevesebb

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

Jelölések magyarázata: hibahelyen sorrendi feszültségek, áramok...

3. Egy 20/0,4 kV-os, Dy5 kapcsolási csoportú transzformátor kisebb feszültségű oldalán folyó áramok szimmetrikus összetevői:  $I_0 = 30 \text{ A}$ ,  $I_1 = 100 \text{ A}$ ,  $I_2 = -100 \text{ A}$ . Határozza meg a nagyobb feszültségű oldalon mérhető áramok fázishelyes értékeit! (10 pont)

A D oldalon a fázisáramok zérus sorrendű összetevője 0. 2p

$$I_1^N = I_1^K \cdot \frac{0,4}{20} \cdot e^{+j \cdot 5 \cdot 30^\circ} = -1,73 + 1j \text{ A} = 2 e^{j150^\circ} \text{ A} \quad 2p$$

$$I_2^N = I_2^K \cdot \frac{0,4}{20} \cdot e^{-j \cdot 5 \cdot 30^\circ} = 1,73 + 1j \text{ A} = 2 e^{j30^\circ} \text{ A} \quad 2p$$

Transzformáció:  $[1 \ 1 \ 1; 1 \ a^2 \ a; 1 \ a \ a^2] \dots$  1p

után:

$$I_A^N = 0 + 2j \text{ A} = 2 e^{j90^\circ} \text{ A} \quad 1p$$

$$I_B^N = 0 + 2j \text{ A} = 2 e^{j90^\circ} \text{ A} \quad 1p$$

$$I_C^N = 0 - 4j \text{ A} = 4 e^{-j90^\circ} \text{ A} \quad 1p$$

4. Egy cég szeretné bővíteni járműparkját. 100 új autót terveznek üzembe állítani, melyek napi futásteljesítménye a tervek szerint 80 km lesz. Ajánlatokat kérnek hagyományos robbanómotoros ill. tisztán elektromos hajtású járművekből álló flottára. A robbanómotoros autókat szállító cég szerint a benzinnel működő autók fogyasztása 7,5 l/100 km, a benzinmotorok hatásfoka pedig 42%-os. Az elektromos autók beszállítója 16 kWh-s kapacitású akkumulátorral felszerelt járműveket kínál, melyek egy töltéssel 150 km-t képesek megtenni.

Melyik flotta üzemeltetése igényel napi szinten kevesebb primer energiát, ha a benzin égéshője 44000 kJ/kg, sűrűsége 0,73 kg/l, míg a villamos energiát előállító erőművek átlagos hatásfoka 36% és a villamosenergia-szállítás vesztesége 11%?

Milyen költséggel járna az egyes járműparkok üzemeltetése napi szinten, ha a benzin ára 440 Ft/l, a villamos energia ára pedig 48 Ft/kWh?

(A számításai során adja meg először az alkalmazott képleteket, majd a behelyettesítést, és végül az eredményt – feltüntetve annak mértékegységét is!) (10 pont)

A napi futásteljesítmény (1p):

$$l_{\text{nap}} = N \cdot l_{\text{autó}} = 100 \cdot 80 \text{ km} = 8000 \text{ km}$$

A benzines autóknak a 8000 km megtételéhez ennyi benzinre van szüksége (1p):

$$V_{\text{benzin,nap}} = l_{\text{nap}} \cdot \text{fogy}_{\text{benzin}} = 8000 \text{ km} \cdot 7,5 \frac{\text{l}}{100 \text{ km}} = 600 \text{ l}$$

Ez primer energiában (2p):

$$E_{\text{primer,benzin}} = V_{\text{benzin,nap}} \cdot \rho_{\text{benzin}} \cdot Q_{\text{benzin}} = 600 \text{ l} \cdot 0,73 \frac{\text{kg}}{\text{l}} \cdot 44000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 19272000 \text{ kJ}$$

$$\rightarrow \frac{1}{3600} 19272000 \text{ kJ} \cong 5353 \text{ kWh}$$

Az elektromos autóknak a 8000 km megtételéhez ennyi villamos energiára van szüksége (1+2p):

$$E_{\text{villamos,nap}} = l_{\text{nap}} \cdot \text{fogy}_{\text{vill}} = 8000 \text{ km} \cdot \frac{16 \text{ kWh}}{150 \text{ km}} = 853,3 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{primer,villamos}} = \frac{E_{\text{villamos}}}{\eta_{\text{erőmű}} \eta_{\text{veszt}}} = \frac{853,3 \text{ kWh}}{0,36 \cdot (1 - 0,11)} \cong 2663 \text{ kWh}$$

A benzines flotta üzemanyagköltsége napi szinten (1p):

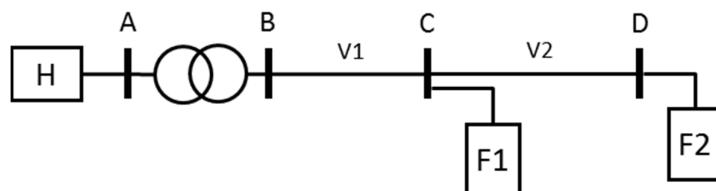
$$C_{\text{benzin,nap}} = V_{\text{benzin,nap}} \cdot c_{\text{benzin}} = 600 \text{ l} \cdot 440 \frac{\text{Ft}}{\text{l}} \cong 264000 \text{ Ft}$$

Az elektromos flotta üzemanyagköltsége napi szinten (1p):

$$C_{\text{villamos,nap}} = E_{\text{villamos,nap}} \cdot c_{\text{villamos}} = 853,3 \text{ kWh} \cdot 48 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} \cong 40960 \text{ Ft}$$

5. Adott az alábbi háromfázisú ipari hálózat! Az ipartelegen egy motor (F1) és egy fűtési rendszer (F2) működik. A motorra áramtartó fogyasztói modellt, a fűtési rendszerre impedanciatartó fogyasztói modellt alkalmazzon. Az iparteleg transzformátorától a fogyasztókhoz vezető vezeték V1 és V2. Mekkora legyen az A sín (vonali) feszültsége, hogy a motorra (C sín) névleges feszültség essen?

(A hálózat szimmetrikus, kisfeszültségű oldalra redukálja a hálózatot!)



$U_n^H = 20 \text{ kV}$	$20/6 \text{ kV}$	$R^{V1} = 0,4 \Omega$	$U_n^{F1} = 6 \text{ kV}$	$R^{V2} = 0,3 \Omega$	$U_n^{F2} = 6 \text{ kV}$
$S_z^H$	$S_n^{TR}$		$S_n^{F1}$		$S_n^{F2} = 80 \text{ kVA}$
$= 4000 \text{ kVA}$	$= 250 \text{ kVA}$		$= 120 \text{ kVA}$		$\cos\varphi = 1,0$
	$\varepsilon = 6\%$		$\cos\varphi = 0,8 \text{ (ind.)}$		

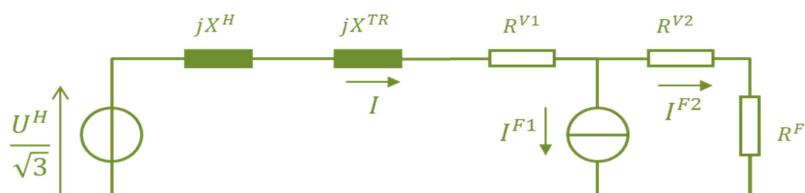
Az egyfázisú modell elemei: ( $X^H$  nem szükséges, ha nem számolta ki, nem baj!) (3 pont)

$$X^{TR} = \frac{\varepsilon (U_{n,K}^{TR})^2}{100 S_n^{TR}} = \frac{6 (6 \text{ kV})^2}{100 \cdot 250 \text{ kVA}} = 8,64 \Omega$$

$$R^{F2} = \frac{(U_n^{F2})^2}{S_n^{F2}} (\cos\varphi) = \frac{(6 \text{ kV})^2}{80 \text{ kVA}} = 450 \Omega$$

$$I^{F1} = I_n^{F1} (\cos\varphi - j \sin\varphi) = \frac{S_n^{F1} (\cos\varphi - j \sin\varphi)}{\sqrt{3} U_n^{F2}} = \frac{120 \text{ kVA} (0,8 - j0,6)}{\sqrt{3} \cdot 6 \text{ kV}} = 9,24 - 6,93j \text{ A}$$

Az egyfázisú modell: (3 pont)



A feltétel szerint az F1 fogyasztóra névleges feszültség esik, így a F2 ágban folyó áram: (1 pont)

$$I^{F2} = \frac{U_n^{F1}}{\sqrt{3}} = \frac{6 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 7,693 \text{ A}$$

Tehát a hálózatból érkező áram: (1 pont)

$$I = I^{F1} + I^{F2} = (9,24 - 6,93j) \text{ A} + 7,693 \text{ A} = (16,93 - 6,93j) \text{ A}$$

Így a fázisfeszültség az A sínen: (2 pont)

$$U_f^{A,6kV} = \frac{U_n^{F1}}{\sqrt{3}} + (jX^{TR} + R^{V1}) \cdot I = 3,464 \text{ kV} + (j8,64 \Omega + 0,4 \Omega)(16,93 - 6,93j) \text{ A}$$

$$= 3,53 + 0,14j \text{ kV} = 3,53 \exp(+j2,33^\circ) \text{ kV}$$

Visszatérve az eredeti feszültség szintre és átváltva vonalra: (2 pont)

$$U^A = \sqrt{3} \left( \frac{20}{6} \right) |U_f^{A,6kV}| = 20,4 \text{ kV}$$

2013. április 15.

NÉV:.....

390.6B, 160.4A, 104C, ---, 1.4B,  
201.1E, 302.1H, 205.2E, 210A, 211D

NEPTUN-KÓD:.....

380.3A, ???, 80.2C, 81E

Terem és ülőhely:.....

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
Σ	

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



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

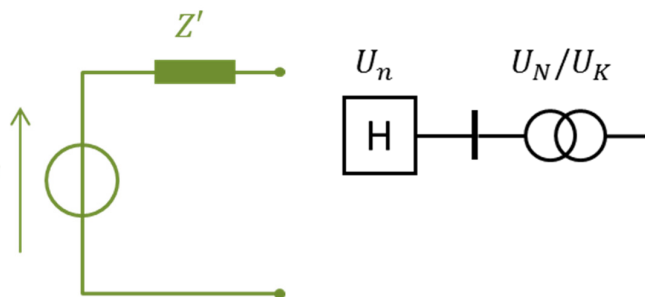
$$S_n = 3U_f I_n$$

**1.3.** Az alábbi hálózatban a táppont vonali feszültsége 21 kV, a táppont és transzformátor impedanciájának összege  $Z = j15 \Omega$ . A transzformátor névleges feszültségei 20/0,4 kV. Rajzolja fel a transzformátor kisebb feszültségű oldalára redukált egyfázisú hálózatot, s adja meg az egyes elemek értékét!

$$N = \frac{U_K}{U_N} = \frac{0,4\text{kV}}{20\text{kV}} = 0,02$$

$$U' = \frac{U_n}{\sqrt{3}} \cdot N = \frac{21\text{kV}}{\sqrt{3}} \cdot 0,02 = 0,24 \text{ kV}$$

$$Z' = Z \cdot N^2 = j15 \cdot 0,02^2 = j0,006 \Omega$$



**1.4.** Az alábbi állítások közül karikázza be az IGAZ állításokat!

- A. A Petersen-tekercs 200 kV feletti feszültségszinteken szükséges.
- B. A szigetelt csillagponttal jellemzően generátorok és ipartelemek üzemelnek.
- C. A 400kV-os hálózat hatásosan földelt hálózat.

**1.5.** Egy háromfázisú motor 400 V vonali feszültségre csatlakozik. Napi 6 órában működik, így az egy éves villamosenergia-költsége 14 millió Ft, (a villamosenergia-ára 45 Ft/kWh).



Működés közben lakatfogóval megmérjük az egyik fázis áramát, melynek effektív értéke 245 A. Határozza meg a motor teljesítménytényezőjét!

$$E = \frac{C_{\text{éves}}}{p_{\text{vill}}} = \frac{14 \cdot 10^6 \text{ Ft}}{45 \text{ Ft/kWh}} = 311111 \text{ kWh}$$

$$P = \frac{E}{t} = \frac{311111 \text{ kWh}}{365 \cdot 24 \text{ h}} = 142,1 \text{ kW}$$

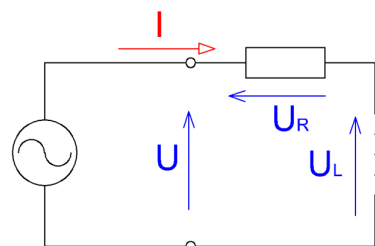
$$P = \sqrt{3} U_n I \cos \varphi \rightarrow \cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3} U_n I} = \frac{142,1 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV} \cdot 245 \text{ A}} = 0,84$$

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

$$Z = R + jX_L = 8 + j9 =$$

$$= 12,04 e^{j48,37^\circ} \Omega$$

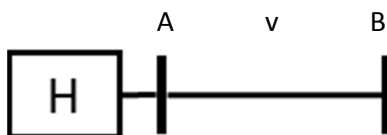
$$I = \frac{U}{Z} = \frac{230 \text{ V}}{12,04 e^{j48,37^\circ} \Omega} = 19,10 e^{-j48,37^\circ} \text{ A}$$



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

$$U_1 = \frac{1}{3} (U_a + a U_b + a^2 U_c) = \frac{15 + (-4,50 + 7,79j) + (-4,50 - 7,79j)}{3} = 2,00 \text{ V}$$

1.8. Egy 20 kV névleges feszültségű végtelennek tekintett hálózatra (H) csatlakozó vezeték (v) impedanciájának abszolút értéke  $10 \Omega$ . Határozza meg az üresen járó B gyűjtősín háromfázisú zárlati teljesítményét!



#MEGOLDÁS:

$$S_Z^B = \sqrt{3} U_n I_z = \sqrt{3} U_n \frac{U_n}{\sqrt{3} |Z|} = \frac{U_n^2}{|Z|} = \frac{20 \text{ kV}^2}{10 \Omega} = 40 \text{ MVA}$$

**1.9.** Egy 2,5 km hosszú távvezeték hosszegységre eső impedanciája  $0,3+0,3j \Omega/\text{km}$ . A vezetékeken folyó háromfázisú áramok pozitív sorrendű összetevője  $48-14j \text{ A}$ . ( $I_2 = I_0 = 0 \text{ A}$ ). Határozza meg a vezetéken keletkező háromfázisú veszteséget!

#MEGOLDÁS:

A vezeték impedanciája:

$$Z = z \cdot l = 0,3 + 0,3j \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 2,5\text{km} = 0,75 + 0,75j \Omega$$

Az áram abszolút értéke:

$$|I| = 50,0 \text{ A}$$

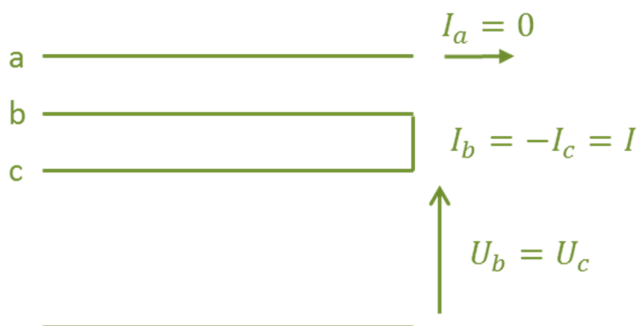
A háromfázisú veszteség így:

$$P_v = 3|I|^2 R = 3 \cdot (50,0\text{A})^2 \cdot 0,75 = 5,6 \text{ kW}$$

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

Egy háztartás éves energia fogyasztása Magyarországon átlagosan 2400-2800 kWh.	IGAZ
A gőzturbinák hatásfoka 70-80%.	HAMIS
A nagyobb szélerőművek egységteljesítménye 30-50 MW közé esik.	HAMIS
A kapcsolt termelési folyamat során a villamosenergia-termelés folyamán felszabaduló hőenergiát is hasznosítják.	IGAZ

2. Vezesse le, hogy hogyan lehet a szimmetrikus összetevők módszerével, a hálózat szimmetrikus összetevő modelljeit felhasználva kiszámítani a hálózat valamely pontján fellépő 2F(b,c) zárlat hatására létrejövő feszültség- és áramviszonyokat! (A bevezetett jelöléseket magyarázza meg!)



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

2pont, ha valami hiányzik: kevesebb

$$\begin{bmatrix} U_0 \\ U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} U_a + 2U_b \\ U_a - U_b \\ U_a - U_b \end{bmatrix}$$

ebből következik, hogy  $U_1 = U_2 \neq U_0$

2pont, ha valami hiányzik: kevesebb

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

ebből következik, hogy  $I_0 = 0$  és  $I_1 = -I_2$

2pont, ha valami hiányzik: kevesebb

„Ezeket az összefüggéseket teljesítjük, ha a hálózat pozitív és negatív sorrendű modelljeit a hibahelyen összekötjük” vagy magyarázó ábra.

Jelölések magyarázata: hibahelyen sorrendi feszültségek, áramok...

2pont, ha valami hiányzik: kevesebb

3. Egy 20/0,4 kV-os, Dy7 kapcsolási csoportú transzformátor kisebb feszültségű oldalán folyó áramok szimmetrikus összetevői:  $I_0 = 40$  A,  $I_1 = -200$  A,  $I_2 = 200$  A. Határozza meg a nagyobb feszültségű oldalon mérhető áramok fázishelyes értékeit! (10 pont)

A D oldalon a fázisáramok zérus sorrendű összetevője 0. 2p

$$I_1^N = I_1^K \cdot \frac{0,4}{20} \cdot e^{+j \cdot 7 \cdot 30^\circ} = 3,46 + 2j \text{ A} = 4 e^{j30^\circ} \text{ A} \quad 2p$$

$$I_2^N = I_2^K \cdot \frac{0,4}{20} \cdot e^{-j \cdot 7 \cdot 30^\circ} = -3,46 + 2j \text{ A} = 4 e^{j150^\circ} \text{ A} \quad 2p$$

Transzformáció:  $[1 \ 1 \ 1; 1 \ a^2 \ a; 1 \ a \ a^2] \dots$  1p

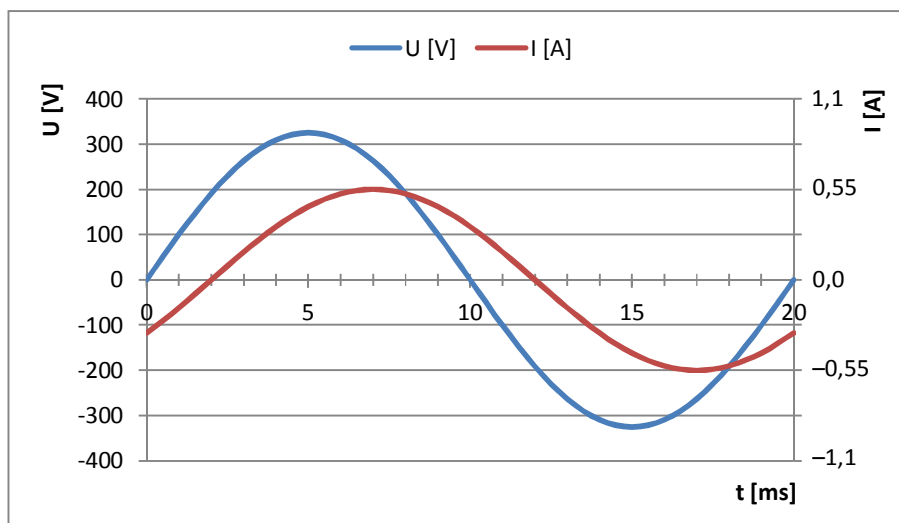
után:

$$I_A^N = 0 + 4j \text{ A} = 4 e^{j90^\circ} \text{ A} \quad 1p$$

$$I_B^N = 0 - 8j \text{ A} = 8 e^{-j90^\circ} \text{ A} \quad 1p$$

$$I_A^N = 0 + 4j \text{ A} = 4 e^{j90^\circ} \text{ A} \quad 1p$$

4. Egy társasház fűtési rendszerében üzemelő keringető szivattyú egyfázisú villamos motorját szünetmentes tápegységről kívánjuk ellátni. A motor adatait nem ismerjük, de egy oszcilloszkóp üzemmódra is alkalmas multiméterrel megmérve az áramot és a feszültséget, a mellékelt időfüggvényeket látjuk a képernyőn. A rendszert legfeljebb 40 óra időtartamú áramkimaradásra kívánjuk méretezni. A keringető szivattyú átlagosan 1,5 óránként kapcsol be és ekkor 15 perc időtartamig üzemel. A szünetmentes áramforrás inverterének hatásfokát 92%-ra becsülve, számítsa ki a fenti feladathoz szükséges 12 V-os akkumulátor telep kapacitását Ah-ban (amperóra). (Az akkumulátornak a hatásos energiát kell tárolnia.)



A szivattyú 40 órán át:

$$T = \frac{40}{1,5} \cdot \frac{15}{60} = 6,7\text{h}$$

(1 pont)

Az oszcilloszkópról leolvassa:

$$U_{\text{eff}} = \frac{325\text{V}}{\sqrt{2}} = 230\text{V}$$

$$I_{\text{eff}} = \frac{0,55\text{A}}{\sqrt{2}} = 0,389\text{A}$$

$$\varphi = \frac{2\text{ms}}{20\text{ms}} \cdot 360^\circ = 36^\circ \rightarrow \cos\varphi = 0,81 \text{ (ind.)}$$

(3x1 pont)

Tehát:

$$P = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \cos\varphi = 230\text{V} \cdot 0,389\text{A} \cdot 0,81 = 72,37\text{W}$$

(1 pont)

A tárolandó energia:

$$E = \frac{PT}{\eta} = \frac{72,37\text{W} \cdot 6,7\text{h}}{0,92} = 524,39\text{ Wh}$$

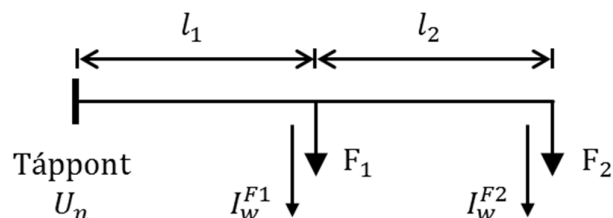
(2 pont)

Így a szükséges akkumulátor kapacitás:

$$C = \frac{E}{U_e} = \frac{524,39\text{VAh}}{12\text{V}} = 43,70\text{Ah}$$

(2 pont)

5. Számítsa ki az alábbi ábrán látható (háromfázisú) kiefeszültégű vezeték feszültségés szempontjából szükséges minimális keresztmetszetét (a keresztmetszet végig azonos) és ellenőrizze áramterhelhetőségre! A táppont névleges vonali feszültsége 400 V. A vezetéken megengedett maximális feszültségés 3%. Az ábrán jelölt távolságok:  $l_1 = 70$  m,  $l_2 = 30$  m. Az alkalmazandó vezeték (Al) anyagának fajlagos ellenállása:  $0,0282 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$ . Az induktív reaktancia értéke az ohmos ellenállás mellett elhanyagolható. (12 pont)



A szimmetrikus fogyasztók hatásos áramfelvétele fázisonként:  $I_w^{F1} = 10$  A,  $I_w^{F2} = 20$  A  
 A minimális keresztmetszet alapján válasszon az alábbi vezetékek közül! A megadott áramfelvétel esetén mekkora a kiválasztott vezeték háromfázisú vesztesége?

A vezető keresztmetszete [mm <sup>2</sup> ]	A megengedett terhelés [A]
4	21
6	27
10	36
16	51

Legyen a keresett keresztmetszet:  $q$  [mm<sup>2</sup>]

Az  $l_2$  szakaszon a feszültségés: (2 pont)

$$\Delta U_2 = R_2 I_w^{F2} = \frac{\rho l_2}{A} \cdot I_w^{F2} = \frac{0,0282 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 30 \text{ m}}{q} \cdot 20 \text{ A} = \frac{16,92 \text{ Vmm}^2}{q}$$

Az  $l_1$  szakaszon a feszültségés: (2 pont)

$$\Delta U_1 = R_1 I_w^{F1} = \frac{\rho l_1}{A} \cdot (I_w^{F1} + I_w^{F2}) = \frac{0,0282 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 70 \text{ m}}{q} \cdot (10 + 20) \text{ A} = \frac{59,22 \text{ Vmm}^2}{q}$$

A maximális feszültségés fázisban: (1 pont)

$$\Delta U_{\max} = 230 \text{ V} \cdot 3\% = 6,9 \text{ V}$$

Így a korlát:

$$\Delta U_1 + \Delta U_2 < \Delta U_{\max} \quad (2 \text{ pont})$$

$$\frac{59,22 \text{ Vmm}^2}{q} + \frac{16,92 \text{ Vmm}^2}{q} < 6,9 \text{ V}$$

$$\frac{59,22 \text{ Vmm}^2 + 16,92 \text{ Vmm}^2}{6,9 \text{ V}} < q$$

$$11,03 \text{ mm}^2 < q \quad (1 \text{ pont})$$

A választandó vezeték  $16\text{mm}^2$ -es, ez áramterhelhetőség szempontjából megfelelő. Az ezen disszipálódó veszteség: (2+2 pont)

$$R_1 = \frac{l_1 \rho}{A} = \frac{70 \text{ m} \cdot 0,0282 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}}}{16 \text{ mm}^2} = 0,123 \Omega, \quad R_2 = 0,0529 \Omega$$

$$P_v = 3 \cdot ((10 \text{ A} + 20 \text{ A})^2 \cdot 0,123 \Omega + (20 \text{ A})^2 \cdot 0,0529 \Omega) = 3 \cdot (110,7 + 21,16) = 395,6 \text{ W}$$