

2014. április 14.

NÉV:.....

NEPTUN-KÓD:.....

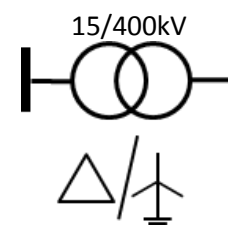
Terem és ülőhely:

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
Σ	

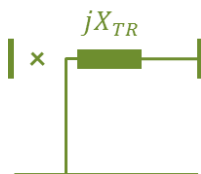
1. feladat

10 pont

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 viszonylagos egységekben ($x_0 = x_1$)!



$$U_{alap} = U_n, S_{alap} = S_n \rightarrow x_{TR} = \frac{\varepsilon}{100} = 0,1$$



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

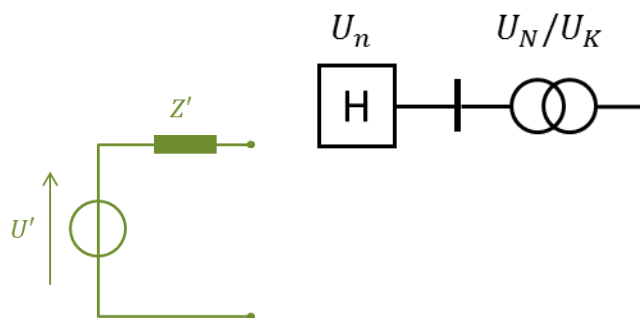
$$P_{1f} = U_f I_n \cos\varphi$$

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!

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

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

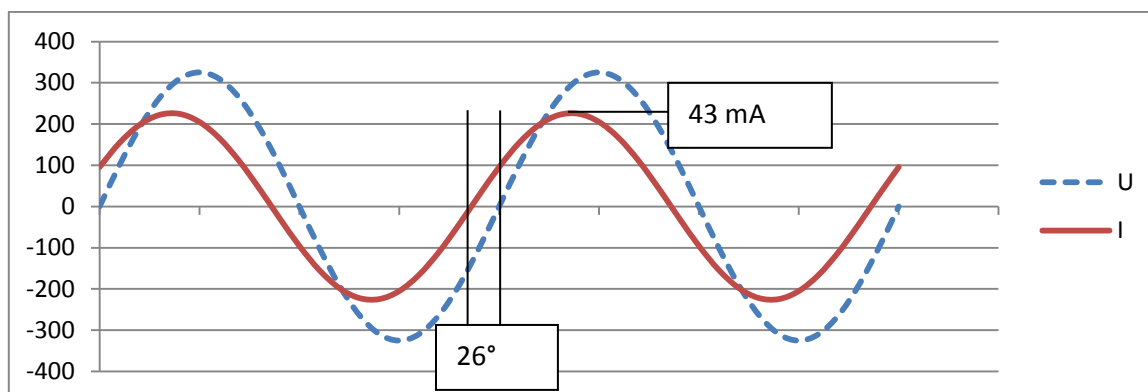
$$Z' = Z \cdot N^2 = j20 \cdot 0,55^2 = j6,05$$



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**.

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

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

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

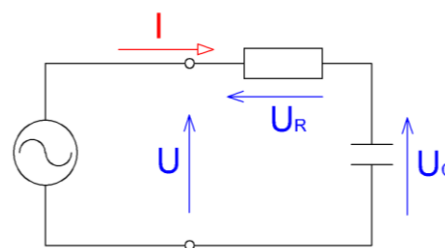
1.6. Az alábbi ábrán látható hálózatban (soros RC) az U feszültség effektív értéke 231 V. Az ellenállás értéke $18,5 \Omega$, a kondenzátor reaktanciája $13,8 \Omega$. Határozza meg a bejelölt I áram komplex effektív értékét!

#MEGOLDÁS:

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

$$= 23,08 e^{-j36,7^\circ} \Omega$$

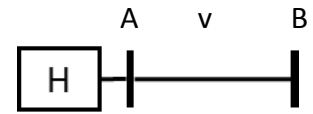
$$I = \frac{U}{Z} = \frac{231 \text{ V}}{23,08 e^{-j36,7^\circ} \Omega} = 10 e^{j36,7^\circ} \text{ A}$$



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 vezetékeken 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:

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

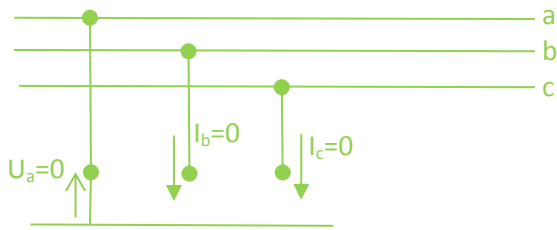
A háromfázisú veszteség így:

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

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 fotoelektromos 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

$$\begin{bmatrix} U_0 \\ U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} U_b + U_c \\ aU_b + a^2U_c \\ a^2U_b + aU_c \end{bmatrix}$$

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

2pont, ha valami hiányzik: kevesebb

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

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, Dy7 kapcsolási csoportú transzformátor kisebb feszültségű oldalán folyó áramok szimmetrikus összetevői: $I_0 = 20 \text{ A}$, $I_1 = -200 \text{ A}$, $I_2 = 200 \text{ A}$. Határozza meg a nagyobb feszültségű oldalon mérhető áramok fázishelyes értékeit! (10 pont)

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

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

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

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

után:

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

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

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

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):

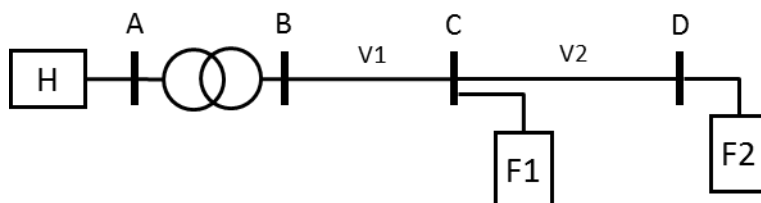
$$C_{\text{benzin,nap}} = V_{\text{benzin,nap}} \cdot c_{\text{benzin}} = 600 \text{ l} \cdot 440 \frac{\text{Ft}}{\text{l}} \cong 264000 \text{ Ft}$$

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 ipartelepen egy motor (F1) és egy fűtési rendszer (F2) működik. A fogyasztókra áramtartó fogyasztói modellt alkalmazzon. Az ipartelep transzformátorától a fogyasztókhoz vezető vezeték V1 és V2. Mekkora vonali feszültséget kellene a B sínen tartani, hogy a fűtési rendszerre (D sín) névleges feszültség essen? (12 pont)

(A hálózat szimmetrikus. A feszültségesést a hosszirányú feszültségeséssel közelítse!)



$U_n^H = 20 \text{ kV}$	$20/0,4 \text{ kV}$	$R^{V1} = 0,4 \text{ } \Omega/\text{km}$	$U_n^{F1} = 0,4 \text{ kV}$	$R^{V2} = 0,36 \text{ } \Omega/\text{km}$	$U_n^{F2} = 0,4 \text{ kV}$
$S_z^H = 4000 \text{ kVA}$	$S_n^{TR} = 250 \text{ kVA}$ $\varepsilon = 6\%$	$X^{V1} = 0,3 \text{ } \Omega/\text{km}$	$S_n^{F1} = 60 \text{ kVA}$	$L_2 = 100 \text{ m}$	$S_n^{F2} = 40 \text{ kVA}$
		$L_1 = 300 \text{ m}$	$\cos\varphi = 0,8 \text{ (ind.)}$		$\cos\varphi = 1,0$

A vezeték paraméterei: $R_1 = 0,12 \text{ } \Omega/\text{km}$, $X_1 = 0,09 \text{ } \Omega/\text{km}$, $R_2 = 0,036 \text{ } \Omega/\text{km}$, $X_2 = 0$; 1 pont

$$I^{F1} = I_n^{F1} (\cos\varphi - j \sin\varphi) = \frac{S_n^{F1} (\cos\varphi - j \sin\varphi)}{\sqrt{3} U_n^{F1}} = \frac{60 \text{ kVA} (0,8 - j0,6)}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV}} = 69,3 - 52 j \text{ A}$$

képlet 2p, eredmény 1p

$$I^{F2} = I_n^{F2} (\cos\varphi - j \sin\varphi) = \frac{S_n^{F2} (\cos\varphi - j \sin\varphi)}{\sqrt{3} U_n^{F2}} = \frac{40 \text{ kVA} (1 - j0)}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV}} = 57,7 \text{ A}$$

1 p

A V1 vezetéken a hosszirányú feszültségesés:

$$DU_{H1} = R_1 * \text{Re}(I_1 + I_2) - X_1 * \text{Im}(I_1 + I_2) = 19,9 \text{ V}$$

képlet 2p, eredmény 1p

A V2 vezetéken a hosszirányú feszültségesés:

$$DU_{H2} = R_2 * \text{Re}(I_2) - X_2 * \text{Im}(I_2) = 2,1 \text{ V}$$

1p

A teljes BD szakaszon tehát a feszültségesés:

$$DU_H = DU_{H1} + DU_{H2} = 22 \text{ V.}$$

1 p

Tehát a B gyűjtősínen $\sqrt{3} (231 + 22) = 438 \text{ V}$ feszültséget kellene tartani.

2p

2014. április 14.

NÉV:.....

NEPTUN-KÓD:.....

Terem és ülőhely:

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
Σ	

1. feladat

10 pont

1.1. Határozza meg az ábrán látható, Z_{TR} pozitív sorrendű soros impedanciával jellemezhető 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 ($\cos\varphi$)!

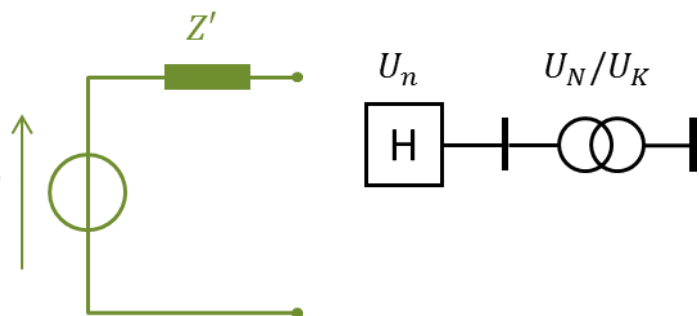
$$S_n = 3U_f I_n$$

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 pozitív sorrendű hálózatot, és 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. Egy induktív fogyasztó meddő teljesítményt vesz fel. (Fogyasztói pozitív irányrendszerben $Q > 0$).
- B. Egy kapacitív fogyasztó komplex teljesítményének szöge pozitív. (Fogyasztói pozitív irányrendszerben.)
- C. Egy kapacitív fogyasztó impedanciájának szöge negatív.

1.5. Adott egy hálózati elem alábbi szimmetrikus impedancia mátrixa ($Z_{00} \neq Z_{11} \neq Z_{22}$)! A megadottak közül jellegre melyik mátrix írja le a legjobban a fázisimpedancia mátrixot?

$$\begin{bmatrix} Z_{00} & 0 & 0 \\ 0 & Z_{11} & 0 \\ 0 & 0 & Z_{22} \end{bmatrix}$$

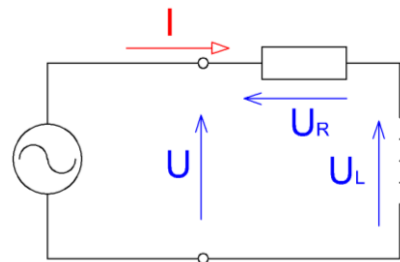
$$\text{A: } \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ Z_{ca} & Z_{cb} & Z_{cc} \end{bmatrix}$$

$$\text{B: } \begin{bmatrix} Z_{\dot{0}n} & Z_m & Z_n \\ Z_n & Z_{\dot{0}n} & Z_m \\ Z_m & Z_n & Z_{\dot{0}n} \end{bmatrix}$$

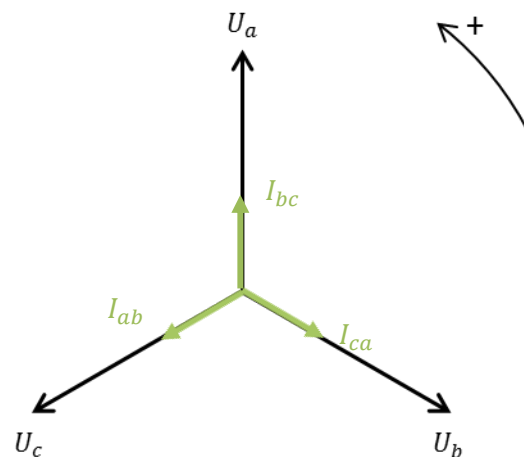
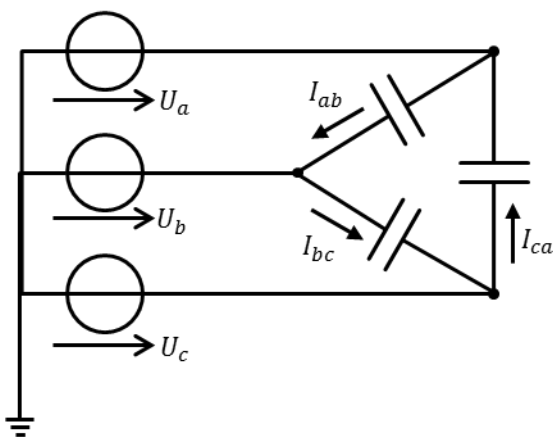
$$\text{C: } \begin{bmatrix} Z_{\dot{0}n} & Z_{k\dot{0}} & Z_{k\dot{0}} \\ Z_{k\dot{0}} & Z_{\dot{0}n} & Z_{k\dot{0}} \\ Z_{k\dot{0}} & Z_{k\dot{0}} & Z_{\dot{0}n} \end{bmatrix}$$

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

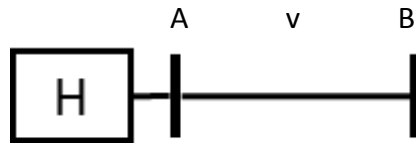
$$\begin{aligned} Z &= R + jX_L = 8 + j9 = \\ &= 12,04e^{j48,4^\circ} \Omega \\ I &= \frac{U}{Z} = \frac{230V}{12,04e^{j48,4^\circ} \Omega} = 19,10e^{-j48,4^\circ} A \end{aligned}$$



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



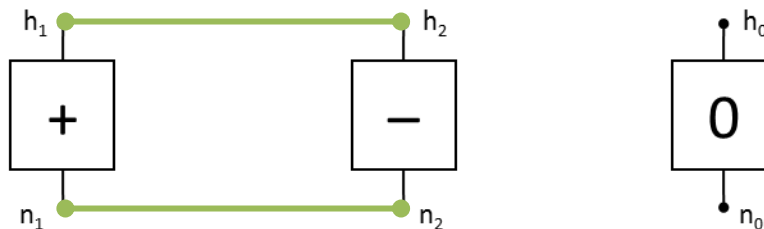
1.8. Egy 20 kV névleges feszültségű végtelennek tekintett hálózatra (H) csatlakozó vezeték (v) impedanciájának abszolút értéke 10Ω . Határozza meg az üresen járó B gyűjtősín háromfázisú zárlati teljesítményét!



#MEGOLDÁS:

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

1.9. Egy hálózaton bekövetkezik egy 2F(b,c) 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!



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 egységtelejesítménye 30-50 MW közé esik.	HAMIS
A kapcsolt termelési folyamat során a villamosenergia-termelés folyamán felszabaduló hőenergiát is hasznosítják.	IGAZ

2. Egy **háromfázisú**, delta kapcsolású ipari szellőzőmotor kapcsain 400 V vonali feszültségeket mérünk, a motor a hálózatból 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 mm^2 keresztmetszetű, $0,028 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ 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)

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

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

(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)

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

(2pont)

$$K = 48 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} \cdot (13,30\text{kW} + 0,336\text{kW}) \cdot \left(52 \frac{\text{hét}}{\text{év}} \cdot (5 \cdot 16) \frac{\text{h}}{\text{hét}} \right) = 2\,722\,836 \text{ Ft} \frac{\text{Ft}}{\text{év}}$$

VAGY (a munkarend eltérő értelmezése esetén)

$$K = 48 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} \cdot (13,30\text{kW} + 0,336\text{kW}) \cdot \left(52 \frac{\text{hét}}{\text{év}} \cdot (18 + 3 \cdot 24 + 22) \frac{\text{h}}{\text{hét}} \right) \\ = 3\,811\,971 \text{ Ft} \frac{\text{Ft}}{\text{év}}$$

(2 pont a képlet, 1 pont a számérték)

3. Adott egy Yy6 (szigetelt csillag – földelt csillag) kapcsolási csoportú és óraszámú 20/0,4 kV-os transzformátor. A 20 kV-os oldalon egy 2F zárlat miatt a fázisfeszültségek:

$$U_a^N = 12,70\text{kV}$$

$$U_b^N = U_c^N = -6,35\text{kV}$$

Határozza meg a transzformátor kisfeszültségű oldalán a fázisfeszültségeket! (10 pont)

A középfeszültségű oldalon a szimmetrikus összetevők számítása:

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

(1 pont)

$$U_0^N = \frac{1}{3} (12,70\text{kV} - 6,35\text{kV} - 6,35\text{kV}) = 0\text{kV}$$

$$U_1^N = \frac{1}{3} (12,70\text{kV} + (a + a^2)(-6,35\text{kV})) = \frac{1}{3} (12,70\text{kV} - (-6,35\text{kV})) = 6,35\text{kV}$$

$$U_2^N = \frac{1}{3} (12,70\text{kV} + (a + a^2)(-6,35\text{kV})) = \frac{1}{3} (12,70\text{kV} - (-6,35\text{kV})) = 6,35\text{kV}$$

(3x1 pont a számítás)

A szimmetrikus összetevők forgatása és áttétele:

$$U_1^K = \frac{U_n^K}{U_n^N} U_1^N e^{-j30^\circ \cdot 6} = \frac{0,4\text{kV}}{20\text{kV}} \cdot 6,35 e^{-j30^\circ \cdot 6} = -127,0\text{V}$$

$$U_2^K = \frac{U_n^K}{U_n^N} U_2^N e^{j30^\circ \cdot 6} = \frac{0,4\text{kV}}{20\text{kV}} \cdot 6,35 e^{j30^\circ \cdot 6} = -127,0\text{V}$$

(2 pont)

Fázisfeszültségek meghatározása a kisfeszültségű:

$$\begin{bmatrix} U_a^K \\ U_b^K \\ U_c^K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ U_1^K \\ U_2^K \end{bmatrix}$$

(1 pont)

$$U_a^K = U_1^K + U_2^K = -127,0\text{V} + -127,0\text{V} = -254\text{V}$$

$$U_b^K = a^2 U_1^K + a U_2^K = (-a^2 - a)127,0\text{V} = 127,0\text{V}$$

$$U_c^K = a U_1^K + a^2 U_2^K = (-a - a^2)127,0\text{V} = 127,0\text{V}$$

(3x1 pont a számítás)

4. Az alábbi hálózatok/hálózatrészek milyen csillagponttal üzemelnek?

(10 pont)

Erőművi szinkrongenerátor	szigetelt
Nagyfeszültségű átviteli hálózat	hatásosan földelt
Középfeszültségű szabadvezeték hálózat	Petersen tekercsen át földelt (kompenzált)
Középfeszültségű kábelhálózat	Kis ellenálláson át földelt (hosszú földelés)
Kisfeszültségű hálózat	Mereven földelt

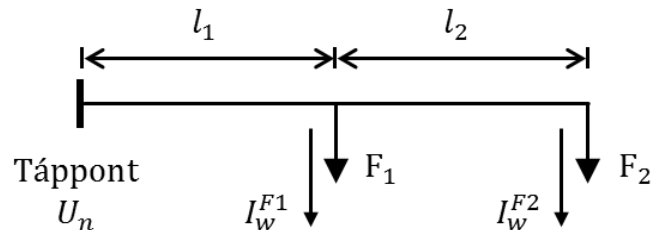
5x1 pont

A nagyfeszültségű hálózat, a középfeszültségű szabadvezeték hálózat és a középfeszültségű kábelhálózat csillagpontkezelési módszereit hasonlítsa össze az alábbi szempontok szerint:

	1FN zárlat esetén az ép fázisok állandósult állapotbeli feszültsége a névleges fázisfeszültség hányszorosa?	1FN földzárlati áram nagysága (nagyságrend, [A])	A zárlatos vonal kiválasztása („könnyen lehetséges” / „nehéz”)
nagyfeszültségű	1.1,4	több 100, több 1000, „nagy”	könnyen lehetséges
középfeszültségű szabadvezeték	akár $\sqrt{3}$	~10	nehéz
középfeszültségű kábel	$\sqrt{3}$	~100	könnyen lehetséges

Max. 5 pont, rossz válaszáért 0,5pont levonás

5. Számítsa ki az alábbi ábrán látható (háromfázisú) kisfeszültségű vezeték feszültségesés szempontjából szükséges minimális keresztmetszetét (a keresztmetszet végig azonos) és ellenőrizze áramterhelhetőségre! A táppont névleges vonali feszültsége 400 V. A vezetéken megengedett maximális feszültségesés 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. (10 pont)



A szimmetrikus fogyasztók hatásos áramfelvétele fázisonként: $I_w^{F1} = 70$ A, $I_w^{F2} = 30$ A

A minimális keresztmetszet alapján válasszon az alábbi vezetékek közül! A megadott áramfelvétel esetén mekkora a kiválasztott vezeték háromfázisú vesztesége?

A vezető keresztmetszete [mm ²]	A megengedett terhelés [A]
10	36
16	51
25	65
35	86
50	110

Legyen a keresett keresztmetszet: q [mm²]

Az l_2 szakaszon a feszültségesés: (2 pont)

$$\Delta U_2 = R_2 I_w^{F2} = \frac{\rho l_2}{q} \cdot I_w^{F2} = \frac{0,0282 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 30 \text{ m}}{q} \cdot 30 \text{ A} = \frac{25,38 \text{ Vmm}^2}{q}$$

Az l_1 szakaszon a feszültségesés: (2 pont)

$$\Delta U_1 = R_1 I_w^{F1} = \frac{\rho l_1}{q} \cdot (I_w^{F1} + I_w^{F2}) = \frac{0,0282 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 70 \text{ m}}{q} \cdot (70 + 30) \text{ A} = \frac{197,4 \text{ Vmm}^2}{q}$$

A maximális feszültségesés fázisban: (1 pont)

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

Így a korlát:

$$\frac{\Delta U_1 + \Delta U_2}{q} < \Delta U_{\max} \quad (1 \text{ pont})$$

$$\frac{197,4 \text{ Vmm}^2}{q} + \frac{25,38 \text{ Vmm}^2}{q} < 6,9 \text{ V}$$

$$32,2 \text{ mm}^2 < q \quad (1 \text{ pont})$$

A választandó vezeték **35 mm²**-es, ez viszont áramterhelhetőség szempontjából **még nem megfelelő**, ezért **50-es keresztmetszet szükséges**. (1 pont)

Az ezen disszipálódó veszteség: (2 pont)

$$R_1 = \frac{l_1 \rho}{A} = \frac{70 \text{ m} \cdot 0,0282 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}}}{50 \text{ mm}^2} = 0,0395 \Omega, \quad R_2 = 0,0169 \Omega$$

$$P_v = 3 \cdot ((70 \text{ A} + 30 \text{ A})^2 \cdot 0,0395 \Omega + (30 \text{ A})^2 \cdot 0,0169 \Omega) = 3 \cdot (395 + 15) = 1230 \text{ W}$$