

NÉV:..... Terem és ülőhely: .....

Gyakorlat időpontja, vezetője:.....

Oszályozás: 40% alatt: 1, 40..54%: 2, 55%-69%: 3, 70%-84%: 4, 85%-tól: 5.

Ha bármely feladat eredménye kisebb, mint a feladatra adható összpontszám 40%-a, akkor az a feladat automatikusan 0 pontot ér.

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
Σ	

**1. feladat****10 pont****1.1.** 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.

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

A kombinált ciklusú erőművek jellemző teljesítménytartománya 100-200 kW.	HAMIS
Magyarország éves villamos 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

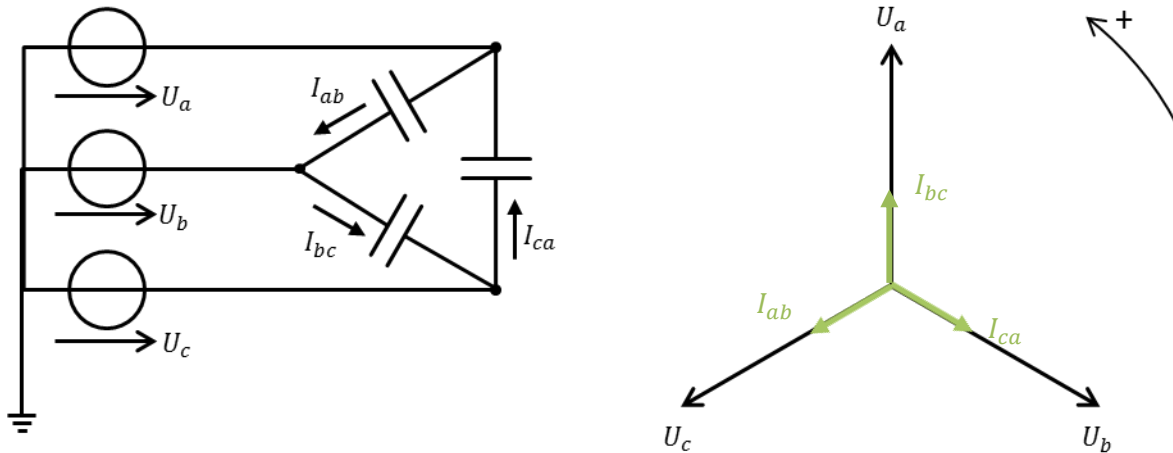
**1.3** Az alábbi állítások közül karikázza be az IGAZ állításokat!

- 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.

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

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

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



1.6 Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy HAMIS?

A SAIFI mérőszám dimenziója perc / fogyasztó / év.	HAMIS
Feszültség letörésnek azt az eseményt nevezzük, amelynek során a feszültség a névleges érték 50%-a alá csökken.	HAMIS

1.7 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?

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

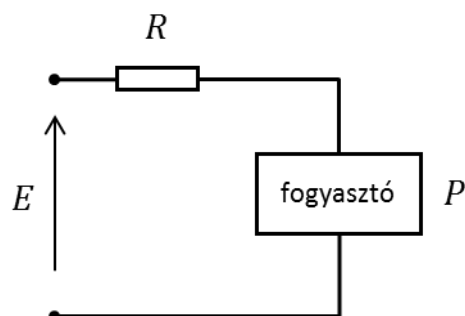
A:  $\begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ Z_{ca} & Z_{cb} & Z_{cc} \end{bmatrix}$

B:  $\begin{bmatrix} Z_{\text{ön}} & Z_m & Z_n \\ Z_n & Z_{\text{ön}} & Z_m \\ Z_m & Z_n & Z_{\text{ön}} \end{bmatrix}$

C:  $\begin{bmatrix} Z_{\text{ön}} & Z_{\text{kö}} & Z_{\text{kö}} \\ Z_{\text{kö}} & Z_{\text{ön}} & Z_{\text{kö}} \\ Z_{\text{kö}} & Z_{\text{kö}} & Z_{\text{ön}} \end{bmatrix}$

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

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



**1.9** Egy 20/0,4 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!

#MEGOLDÁS:

Zérus sorrendű összetevő nem megy át a delta oldalra:

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

Pozitív sorrendű összetevő áttétele és forgatása:

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

**1.10.** Egy 120 kV-os, veszteségmentesnek tekintett távvezeték hossza  $l = 30 \text{ km}$ , hosszegységre eső induktivitása  $l' = 1,3 \text{ mH/km}$ , hosszegységre eső kapacitása  $c' = 9 \text{ nF/km}$ . Mekkora a természetes teljesítménye?

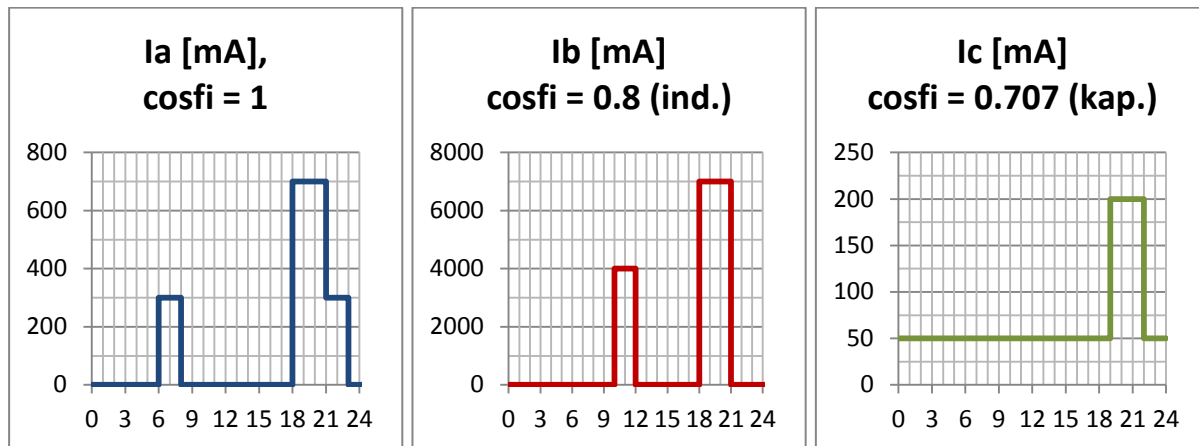
Ha ezen a vezetéken 50 MW hatásos teljesítményt szállítunk, akkor a távvezeték összességében meddő teljesítményt **TERMEL** **FOGYASZT**

$$R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{l l'}{c'}} = \sqrt{\frac{l'}{c'}} = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 10^{-3} \text{ H}}{9 \cdot 10^{-9} \text{ F}}} = 380,1 \Omega$$

$$P_t = \frac{U^2}{R_0} = \frac{120 \text{ kV}^2}{380,1 \Omega} = 37,89 \text{ MW}$$

$$P > P_t \rightarrow \text{FOGYASZT}$$

**2. feladat** Egy családi házat háromfázisú ellátással építettek meg. Az egyes fázisok napi áramfelvételét mutatják az alábbi ábrák: az 'A' fázisra a világítást tervezték, a 'B' fázisra a nagyobb háztartási gépek csatlakoznak, míg a 'C' fázis elektronikai eszközöket lát el. Tegyük fel, hogy az egyes áramok teljesítménytényezője az egész nap folyamán állandó:



- a) Határozza meg a háztartás napi hatásos- és meddőenergia-igényét! (3 pont)  
 b) Mekkora háztartási villamosenergia-költsége, ha villamos energia végfelhasználói ára 38 Ft/kWh? A kapcsolószekrényben egy elektromechanikus fogyasztásmérő található. Mennyit kell fizetnie ennek a fogyasztónak a meddő energia fogyasztásért? (2 pont)  
 c) Mekkora a háztartás zérus sorrendű áramfelvétele este 20 órakor? (5 pont)  
 A feszültség napon belüli változása elhanyagolható, a fogyasztások a névleges fázisfeszültség (231 V) feltételezésével számíthatók.

- a) Az egyes fázisok hatásos villamosenergia-igénye: (1,5 pont)

$$E_{Pa} = 231 \text{ V} \cdot (300 \text{ mA} \cdot 2 \text{ h} + 700 \text{ mA} \cdot 3 \text{ h} + 300 \text{ mA} \cdot 2 \text{ h}) = 762,3 \text{ Wh}$$

$$E_{Pb} = 231 \text{ V} \cdot (4000 \text{ mA} \cdot 2 \text{ h} + 7000 \text{ mA} \cdot 3 \text{ h}) \cdot 0,8 = 5359 \text{ Wh}$$

$$E_{Pc} = 231 \text{ V} \cdot (50 \text{ mA} \cdot 24 \text{ h} + 150 \text{ mA} \cdot 3 \text{ h}) \cdot 0,707 = 269 \text{ Wh}$$

- Az egyes fázisok meddőenergia-igénye: (1,5 pont)

$$E_{Qa} = 0 \text{ varh}$$

$$E_{Qb} = 231 \text{ V} \cdot (4000 \text{ mA} \cdot 2 \text{ h} + 7000 \text{ mA} \cdot 3 \text{ h}) \cdot \sqrt{1 - 0,8^2} = 4019 \text{ varh}$$

$$E_{Qc} = -269 \text{ varh}$$

- b) Az egyes fázisok villamosenergia-költsége: (1 pont)

$$C = (E_{Pa} + E_{Pb} + E_{Pc}) \cdot p_v = 6390,3 \text{ Wh} \cdot 38 \text{ Ft/kWh} = 243 \text{ Ft}$$

Az elektromechanikus mérő nem képes meddőt mérni, ezért értelemszerűen nem kell fizetni. (1 pont)

- c) Este 20 órakor az egyes fázisok áramfelvétele az adott fázishoz viszonyítva: (1,5 pont)

$$I_a = 700 \text{ mA}$$

$$I_b = 7000 \text{ mA} (0,8 - j0,6) = 5600 - j4200 \text{ mA} = 7000e^{-j36,9^\circ} \text{ mA}$$

$$I_c = 200 \text{ mA} (0,707 + j0,707) = 141,4 + j141,4 \text{ mA} = 200e^{j45^\circ} \text{ mA}$$

Az "a" fázishoz viszonyítva:

(1,5 pont)

$$I_a = 700 \text{ mA}$$

$$I_b = 7000e^{-j156,9^\circ} \text{ mA}$$

$$I_c = 200e^{j(120+45^\circ)} \text{ mA} = 200e^{j165^\circ} \text{ mA}$$

Zérus sorrendű összetevő:

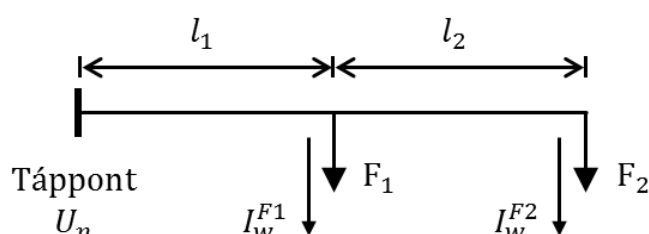
(2 pont)

$$I_0 = (I_a + I_b + I_c)/3 = 2172e^{-j156^\circ} \text{ mA} \quad (-1977 - j 898 \text{ mA})$$

## 3. feladat

(10 pont)

Számítsa ki az alábbi ábrán látható (háromfázisú) kifestültségű vezeték feszültségés szemponkjából szükséges minimális keresztmetszetét (a keresztmetszet végig azonos) és ellenőrizze áramterhelhetőségre! A táppont névleges vonali feszültsége 400 V. A vezetékeng engedett 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.



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 az így kiválasztott vezeték háromfázisú vesztesége?

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

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

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

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

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

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

A maximális feszültségés fázisban: (1 pont)

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

Így a korlát:

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

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

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

A választandó vezeték **35** mm<sup>2</sup>-es, ez viszont áramterhelhetőség szempontjából még nem megfelelő, ezért **50-es keresztmetszet szükséges.** (1 pont)

Az ezen disszipálódó veszteség: (2 pont)

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

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

4. feladat

(10 pont)

Adott egy 220 kV névleges feszültségű, 4000 MVA zárlati teljesítményű hatásosan földelt csillagponttal jellemezhető hálózati táppont.

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

A hálózat reaktanciája dimenzionálisan: (0,5 pont a képlet, 0,5 pont a számítás)

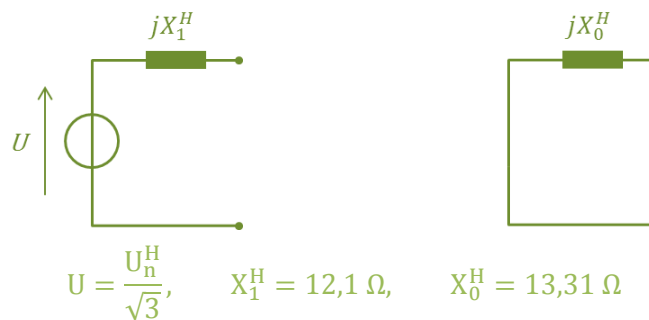
$$X^H = \frac{(U_n^H)^2}{S_z^H} = \frac{(220 \text{ kV})^2}{4000 \text{ MVA}} = 12,1 \Omega$$

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

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

$$x^H = \frac{X^H}{Z_{alap}} = \frac{12,1 \Omega}{484 \Omega} = 0,025 \text{ v. e.}$$

Pozitív és zérus sorrendű modell: (1-1 pont az ábra, 0,5 pont az U, 0,5 pont a X0H értéke)



A hálózat reaktanciája a kisebb feszültségű oldalról nézve: (1 pont)

$$X_1^{H'} = X_1^H \left( \frac{U_{nk}^{TR}}{U_{nn}^{TR}} \right)^2 = 12,1 \Omega \left( \frac{20 \text{ kV}}{220 \text{ kV}} \right)^2 = 0,10 \Omega$$

A transzformátor reaktanciája a kisebb feszültségű oldalra: (1 pont)

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

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

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

$$I_z = |I_1| = \frac{\frac{U_n^H}{\sqrt{3}} \cdot \frac{U_{nk}^{TR}}{U_{nn}^{TR}}}{X_1^{H'} + X_1^{Tr}} = \frac{\frac{220 \text{ kV}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{20 \text{ kV}}{220 \text{ kV}}}{0,10 \Omega + 0,3 \Omega} = 28,87 \text{ kA}$$



Ebből a zárlati teljesítmény:

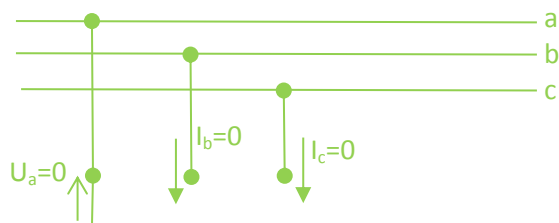
(0,5 pont a megfelelő képlet, 0,5 pont a számítás)

$$S_z = \sqrt{3}U_n I_z = \sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV} \cdot 28,87 \text{ kA} = 1000,00 \text{ MVA}$$

## 5. feladat

(10 pont)

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!)



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

Eddig 2pont, ha valami hiányzik: kevesebb

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

ebből következik, hogy  $U_0 + U_1 + U_2 = 0$  1pont

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

ebből következik, hogy  $I_0 = I_1 = I_2$  1pont

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

Jelölések magyarázata: hibahelyen sorrendi feszültségek, áramok...

2pont

NÉV:..... Terem és ülőhely: .....

Gyakorlat időpontja, vezetője:.....

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
Σ	

Osztályozás: 40% alatt: 1, 40..54%: 2, 55%-69%: 3, 70%-84%: 4, 85%-tól: 5.

Ha bármely feladat eredménye kisebb, mint a feladatra adható összpontszám 40%-a, akkor az a feladat automatikusan 0 pontot ér.

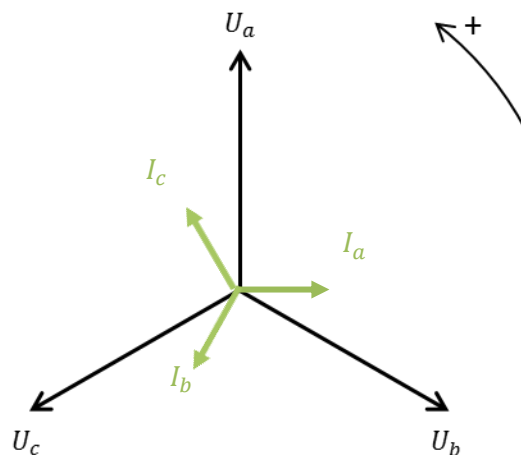
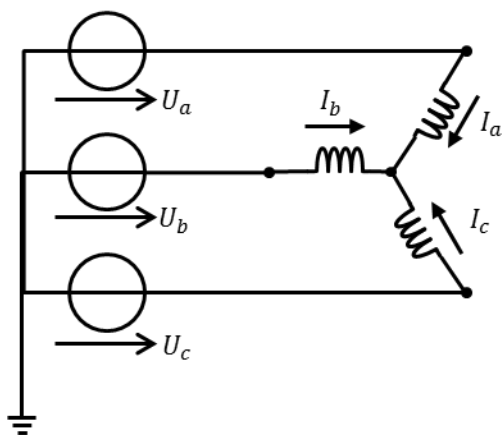
**1. feladat**

**10 pont**

1.1. Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy HAMIS

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

1.2. Egy szimmetrikus háromfázisú feszültségrendszerre csillag elrendezésben tekercseket kapcsolunk. A felvett referenciáirányok szerint irányhelyesen rajzolja be a fazorábrába a tekercseken átfolyó áramokat!



1.3 Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy HAMIS?

A kisfeszültségű transzformátorok 0,4 kV-os oldala jellemzően delta tekercselésű.	HAMIS
A földzárlati áram kisfeszültségen általában nagyobb, mint közép feszültségű kompenzált hálózaton.	IGAZ
Közép feszültségű kábelhálózat csillagpontját rendszerint kis (25 - 50 Ω-os) ellenálláson át földelik.	IGAZ

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

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

$$Z_{\text{ön}} = 0,9 + 2,2j \, \Omega, \quad Z_k = 0,35 + 0,9j \, \Omega$$

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

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

$$Z_0 = Z_{\text{ön}} + 2Z_k = 0,9 + 2,2j\Omega + 2 \cdot 0,35 + 0,9j\Omega = 1,6 + 4j\Omega$$

$$Z_1 = Z_{\text{ön}} - Z_k = 0,9 + 2,2j\Omega - 0,35 + 0,9j\Omega = 0,55 + 1,3j\Omega$$

1.5 Adja meg az X soros reaktanciával 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!

$$P_{\text{max}} = \frac{E_A^2}{2X}$$

1.6 Egy 20/0,4 kV-os, Dy5 transzformátor kisebb feszültségű oldalán a szimmetrikus összetevő áramok:  $I_0 = 5 \text{ A}$ ,  $I_1 = 360 \text{ A}$ ,  $I_2 = 8 \text{ A}$ . Határozza meg a nagyobb feszültségű oldalon mérhető áramok zérus és pozitív sorrendű összetevőit!

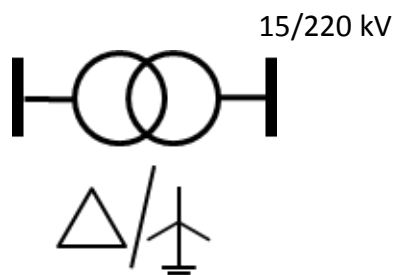
Zérus sorrendű összetevő nem megy át a delta oldalra:

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

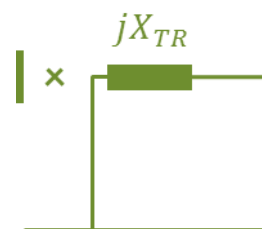
Pozitív sorrendű összetevő áttétele és forgatása:

$$I_1^N = I_1^K \cdot \frac{0,4 \text{ kV}}{20 \text{ kV}} \cdot e^{+j \cdot 5 \cdot 30^\circ} = -6,24 + 3,60j \text{ A} = 7,20 \exp(+j150^\circ) \text{ A}$$

**1.7** Az ábrán látható transzformátor névleges teljesítménye 140 MVA, rövidzárási feszültségesése 12%. (A transzformátor kisebb feszültségű oldalán  $U_{alap} = 15$  kV,  $S_{alap} = 140$  MVA.) Határozza meg a transzformátor zérus sorrendű modelljét és paramétereit viszonylagos egységben ( $x_0 = x_1$ )!



$$U_{alap} = U_n, S_{alap} = S_n \rightarrow x_{TR} = \frac{\varepsilon}{100} = 12\%$$



**1.8.** Mekkora egy 150 MW maximális teljesítményű,  $R = 5\%$  statizmussal jellemezhető turbina-generátor egység frekvenciatényezője, ha  $f_n = 50$  Hz?

$$\Delta f_R = R \cdot f_n = 5\% \cdot 50 \text{ Hz} = 2,5 \text{ Hz}$$

$$K_g = -\frac{P_{max}}{\Delta f_R} = -\frac{150 \text{ MW}}{2,5 \text{ Hz}} = -60 \frac{\text{MW}}{\text{Hz}}$$

**1.9** Adja meg az X soros reaktanciával jellemzett vezetéken két, szabályozott feszültségű ( $U_S$ ,  $U_R$ ) végpont között átvihető maximális hatásos teljesítmény kifejezését!

$$P_{max} = \frac{U_S U_R}{X}$$

**1.10.** Képlet segítségével adja meg egy fázisáram teljes harmonikus torzításának definícióját, és magyarázza meg a jelöléseit!

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1}$$

$THD$  = Total Harmonic Distortion,  $I_h$  = a  $h$ -adik rendszámú harmonikus áram effektív értéke

## 2. feladat

(10 pont)

Egy tanulmány szerint a vasútvonalak mentén összesen  $10,6 \text{ km}^2$  területre lehetne napelemet telepíteni. Tételezzük fel, hogy az adott 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  $840 \text{ GWh}$ . Hányszorosa ez a fenti napelemekkel megtermelhető villamosenergia-mennyiségnek?
- Mennyi a fenti naperómű éves átlagos teljesítménye? Ez hány (névleges teljesítményt felvevő) mozdony egyidejű ellátására lenne képes, ha a mozdonyok névleges teljesítménye  $3400 \text{ kW}$ , 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?

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: (2 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 52%-a. (1 pont)

A naperómű 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: (2 pont)

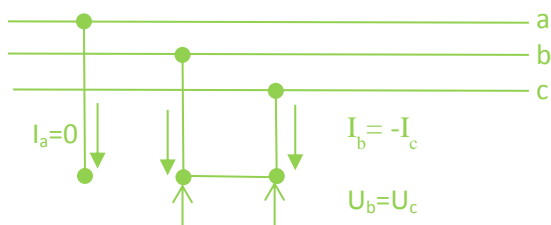
$$E_{\text{napi,tárolóból}} = 840 \text{ GWh} \cdot 30\% = 690 \text{ MWh}$$



## 4. feladat

(8 pont)

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!)



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

2pont, ha valami hiányzik: kevesebb

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

ebből következik, hogy  $U_1 = U_2$

2pont, ha valami hiányzik: kevesebb

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

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

2pont, ha valami hiányzik: kevesebb

„Ezeket az összefüggéseket teljesítjük, ha a hálózat "+" és "-" sorrendi modelljeit a hibahelyen párhuzamosan kötjük, és a zérus sorrendű hálózatot a hibahelyen szakadás zárja le” vagy magyarázó ábra.

Jelölések magyarázata: hibahelyen sorrendi feszültségek, áramok...

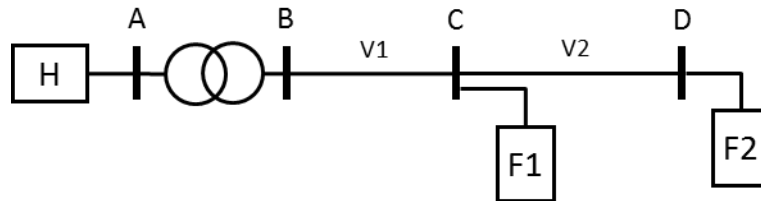


## 5. feladat

(12 pont)

Adott az alábbi háromfázisú ipari hálózat! Az ipartelegen egy motor (F1) és egy fűtési rendszer (F2) működik. A fogyasztókra áramtartó fogyasztói modellt alkalmazzon. Az iparteleg transzformátorától a fogyasztókhoz vezető vezeték V1 és V2. Mekkora vonali feszültséget kellene a B sínen tartani, hogy a D sínen a feszültség a névleges értékkel egyezzen meg?

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



$U_n^H = 20 \text{ kV}$	$20/0,4 \text{ kV}$	$R^{V1} = 0,4 \Omega/\text{km}$	$U_n^{F1} = 0,4 \text{ kV}$	$R^{V2} = 0,36 \Omega/\text{km}$	$U_n^{F2} = 0,4 \text{ kV}$
$S_z^H = 4000 \text{ kVA}$	$S_n^{TR} = 250 \text{ kVA}$	$X^{V1} = 0,3 \Omega/\text{km}$	$S_n^{F1} = 60 \text{ kVA}$	$L_2 = 100 \text{ m}$	$S_n^{F2} = 40 \text{ kVA}$
	$\varepsilon = 6\%$	$L_1 = 200 \text{ m}$	$\cos\varphi = 0,8 \text{ (ind.)}$		$\cos\varphi = 1,0$

A vezeték paramétereit:  $R_1 = 0,08 \text{ Ohm}$ ,  $X_1 = 0,06 \text{ Ohm}$ ,  $R_2 = 0,036 \text{ Ohm}$ ,  $X_2 = 0$ ;

1 pont

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

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:

$$DU_{H1} = R_1 * \text{Re}(I_1 + I_2) - X_1 * \text{Im}(I_1 + I_2) = 13,3 \text{ V}$$

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:

$$DU_H = DU_{H1} + DU_{H2} = 15,4 \text{ V.}$$

1 p

Tehát a B gyűjtősínen  $\sqrt{3} (231 + 15,4) = 427 \text{ V}$  feszültséget kellene tartani.

2p