

NÉV:..... Terem, Ülőhely: .....

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
Σ	

Gyakorlat időpontja, vezetője: .....

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. A magyar villamosenergia rendszer csúcsterhelése kb.

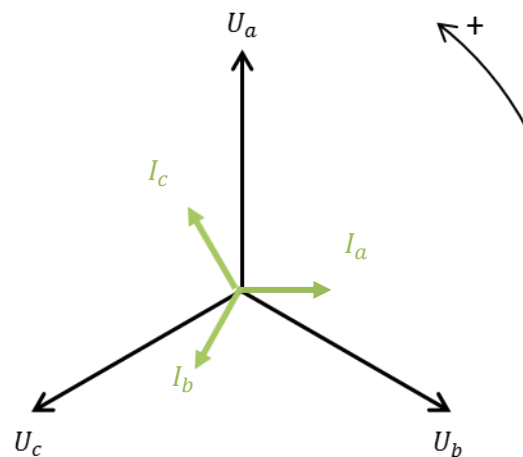
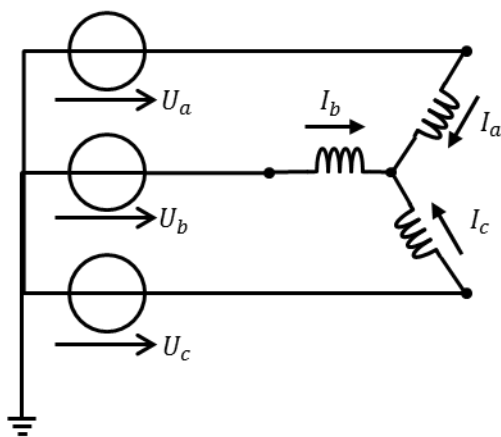
6200 MW

**7200 MW**

8200 MW

9200 MW

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



1.3 Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy HAMIS?

A kisfeszültségű transzformátorok 0,4 kV-os oldala jellemzően szigetelt csillag tekercselésű.	<b>HAMIS</b>
Középfeszültségű kompenzált hálózaton bekövetkező 1FN zárlat a kisfeszültségről táplált fogyasztók ellátásában nem okoz zavart.	<b>IGAZ</b>
Középfeszültségű kábelhálózat csillagpontját rendszerint nagy (25kΩ – 50kΩ-os) ellenálláson át földelik.	<b>HAMIS</b>
Egy háztartás éves villamosenergia fogyasztása Magyarországon átlagosan 2600-2900 kWh.	<b>IGAZ</b>

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

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

$$U_0 = 2V, \quad U_1 = 15V, \quad U_2 = 2V$$

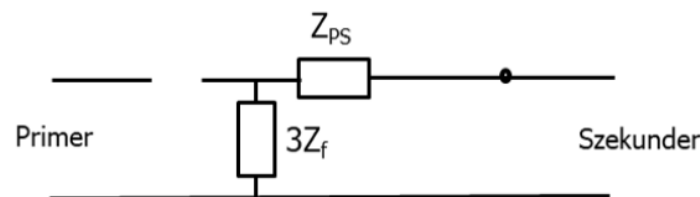
$$T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix}, \quad a = e^{j120^\circ}$$

$$U_a = U_0 + U_1 + U_2 = 2 + 15 + 2 = (19,00)V$$

$$U_b = U_0 + a^2U_1 + aU_2 = 2 + -7,50 - 12,99j + -1,00 + 1,73j = (-6,50 - 11,26j)V$$

$$U_c = U_0 + aU_1 + a^2U_2 = 2 + -7,50 + 12,99j + -1,00 - 1,73j = (-6,50 + 11,26j)V$$

1.6 Milyen kapcsolási csoportú transzformátor helyettesítő képe látható az ábrán?

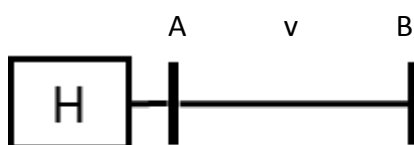


Dyg

1.7 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. 20 kV-os kompenzált szabadvezeték hálózaton bekövetkező íves földzárlat nagy valószínűséggel magától megszűnik.

1.8 Egy 132 kV névleges feszültségű végtelen hálózatra (H) csatlakozó vezeték (v) impedanciája  $j10 \Omega$ . Határozza meg az üresen járó B gyűjtősín háromfázisú zárlati teljesítményét!



$$S_Z^B = \sqrt{3}U_n I_z = \sqrt{3}U_n \frac{U_n}{Z} = \frac{U_n^2}{Z} = \frac{132\text{kV}^2}{10\Omega} = 1742\text{MVA}$$

1.9. 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 induktív fogyasztó impedanciájának szöge negatív.

1.10 Egy hálózat csillagpontja  $800 \Omega$ -os Petersen-tekercsen keresztül van földelve. A vezetékek zérus sorrendű kapacitása  $8 \frac{\text{nF}}{\text{km}}$ . Határozzuk meg, hogy legfeljebb hány km kiterjedésű vezetékhalózat kompenzálására alkalmas a Petersen-tekerecs! (A transzformátor reaktanciáját elhanyagolhatjuk.)

$$3X_P = X_C = \frac{1}{\omega C' l}$$

$$l = \frac{1}{3X_P \omega C'} = \frac{1}{3 \cdot 800\Omega \cdot 100\pi \cdot 8 \frac{\text{nF}}{\text{km}}} = 165 \text{ km}$$

2. feladat

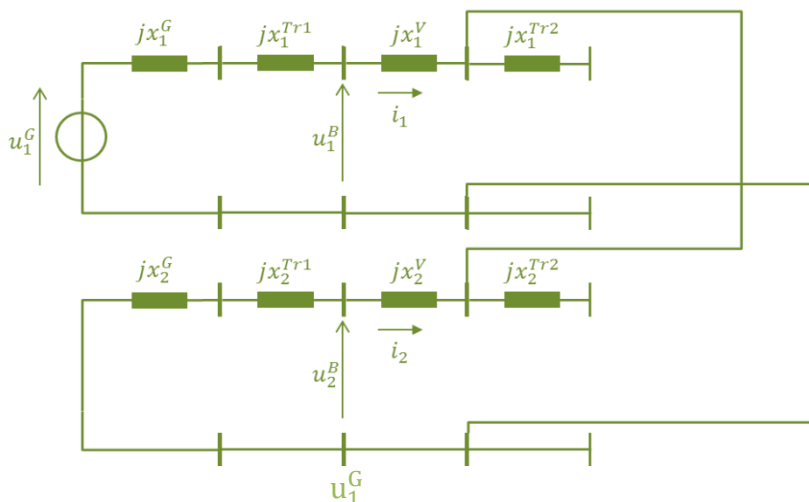
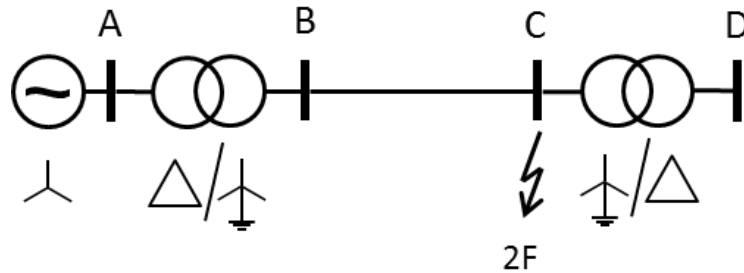
(10 pont)

Az alábbi hálózaton a „C” sínen üresjárásban 2F(b,c) zárlat lép fel. A hálózat paramétereit:

$$u_1^G=1; \quad x_1^G=0,15, \quad x_2^G=0,05; \quad x_1^{Tr1}=x_2^{Tr1}=x_0^{Tr1}=0,1;$$

$$x_1^V= x_2^V=0,05, \quad x_0^V=0,15; \quad x_1^{Tr2}=x_2^{Tr2}=x_0^{Tr2}=0,1;$$

Határozza meg viszonylagos egységben a B gyűjtősínen mérhető fázisfeszültségek effektív értékét!



A pozitív-negatív sorrendű modellek felrajzolása (2x1 pont), helyes összekötése (1 pont)

Zárlati áram számítása: (1 pont a képlet, 1 pont a számítás)

$$i_1 = \frac{u_1^G}{jx_1^G + jx_1^{Tr1} + jx_1^V + jx_2^G + jx_2^{Tr1} + jx_2^V} = \frac{1}{j(0,15 + 0,1 + 0,05 + 0,05 + 0,1 + 0,05)} = -j2,000$$

Az 'B' sín feszültségének szimmetrikus összetevői:

$$u_1^B = u_1^G - (jx_1^G + jx_1^{Tr1})i_1 = 1 - (j0,15 + j0,1)(-j2,000) = 0,500$$

$$u_2^B = -(jx_2^G + jx_2^{Tr1})i_2 = (jx_2^G + jx_2^{Tr1})i_1 = (j0,05 + j0,1)(-j2,000) = 0,300$$

$$u_0^B = 0$$

(2 pont)

A fázisfeszültségek így:

$$u_a^B = u_0^B + u_1^B + u_2^B = 0 + 0,500 + 0,300 = 0,80$$

$$u_b^B = u_0^B + a^2u_1^B + au_2^B = 0 + -0,250 + j0,433 + -0,150 - j0,260 = -0,400 - j0,173 = 0,436e^{-j156,59^\circ}$$

$$u_c^B = u_0^B + a^2u_1^B + au_2^B = 0 + -0,250 - j0,433 + -0,150 + j0,260 = -0,400 + j0,173 = 0,436e^{j156,59^\circ}$$

(3 pont)

A feszültségek effektív értéke így:

$$u_a^B = 0,80, \quad u_b^B = 0,436, \quad u_c^B = 0,436$$

## 3. feladat

(10 pont)

Az alábbi hálózatok/hálózatrészek milyen csillagponttal üzemelnek?

Nagyfeszültségű átviteli hálózat	hatásosan földelt
Erőművi szinkrongenerátor	szigetelt
Középfeszültségű kábelhálózat	Kis ellenálláson át földelt (hosszú földelés)
Középfeszültségű szabadvezeték hálózat	Petersen tekerccsen át földelt (kompenzált)
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”)
középfeszültségű szabadvezeték	$\sqrt{3}$	< 10	nehéz
középfeszültségű kábel	$\sqrt{3}$	100..150	könnyen lehetséges
nagyfeszültségű	1..1,4	több 100, több 1000, „nagy”	könnyen lehetséges

Max. 5 pont, ebből minden rossz válaszáért 0,5pont levonás (ha egy sem jó, akkor 0 pont)

## 4. feladat

(10 pont)

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

- 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!
- 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?
- 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:

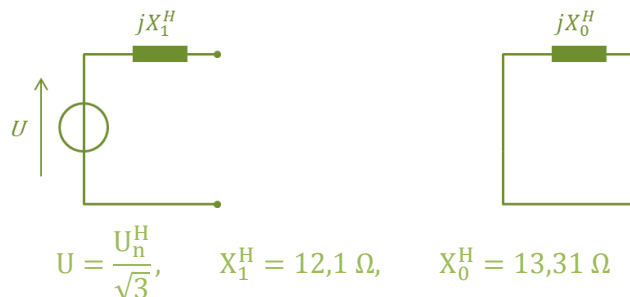
(0,5 pont az alap, 0,5 pont a v.e. eredmény)

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

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

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)

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

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:

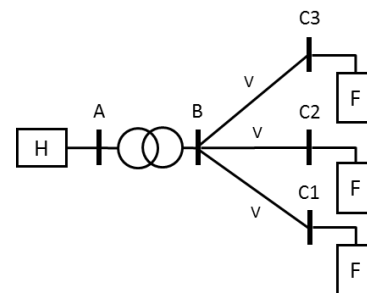
(0,5 pont a megfelelő képlet, 0,5 pont a számítás)

$$S_z = \sqrt{3} U_n I_z = \sqrt{3} \cdot 220 \text{ kV} \cdot 28,87 \text{ kA} = 1000,00 \text{ MVA}$$

5. feladat

(10 pont)

Adott az alábbi háromfázisú hálózat. A transzformátor kisfeszültségű oldalára 3 vezeték csatlakozik, a vezetékek végén egy-egy (impedanciatartó) fogyasztó található. Mindegyik vezeték, illetve fogyasztó a táblázatban megadott paraméterekkel jellemezhető, tehát a transzformátorról leágazó 3 ág teljesen azonos. A hálózat névleges feszültségen üzemel.



- a) Mennyi a vezetékeken disszipálódó háromfázisú veszteség?
- b) Határozza meg a hálózatból betáplált háromfázisú komplex (látszólagos) teljesítményt! (A hálózat szimmetrikus, a kisebb feszültségű oldalra redukálja a hálózatot!)

$U_n^H = 20 \text{ kV}$ $S_z^H = \infty$	$20/0,4 \text{ kV}$ $S_n^{TR} = 160 \text{ kVA}$ $\varepsilon = 4\%$	$R^V = 0,15 \Omega$	$U_n^F = 0,4 \text{ kV}$ $S_n^F = 30 \text{ kVA}$ $\cos\varphi = 0,96 \text{ (ind.)}$
---	--	---------------------	---

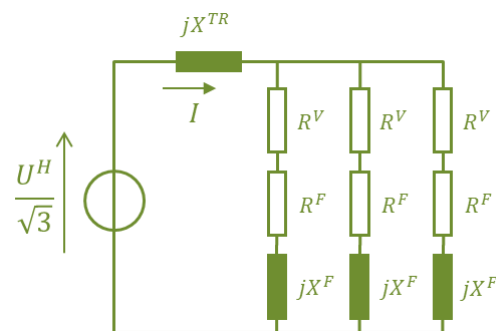
A hálózat modellje (2 pont):

A paraméterek (4x0,5pont):

$$\frac{U^H}{\sqrt{3}} = \frac{0,4}{20} \cdot \frac{U_n^H}{\sqrt{3}} = \frac{0,4}{20} \cdot \frac{20 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 0,220 \text{ kV}$$

$$X^{TR} = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{(U_n^{TR})^2}{S_n^{TR}} = \frac{4}{100} \cdot \frac{(0,4 \text{ kV})^2}{160 \text{ kVA}} = 0,0441 \Omega$$

$$R^F + jX^F = \frac{(U_n^F)^2}{S_n^F} (\cos\varphi + j\sin\varphi) = \frac{(0,4 \text{ kV})^2}{30 \text{ kVA}} (0,96 + j0,28) = 5,12 + j1,49 \Omega$$



Egy fogyasztói ág impedanciája: (0,5 pont)

$$Z_{1\text{ág}} = R^V + R^F + jX^F = 0,15 + 5,12 + j1,49 \Omega = 5,27 + j1,49 \Omega$$

Három ág impedanciája így: (0,5 pont)

$$Z_{3\text{ág}} = \frac{Z_{1\text{ág}}}{3} = 1,76 + j0,50 \Omega$$

Így a hálózatból kifolyó áram: (1 pont)

$$I = \frac{U^H}{jX^{TR} + Z_{3\text{ág}}} = \frac{0,220 \text{ kV}}{j0,0441 + 1,76 + j0,50 \Omega} = 114,59 - 35,35j \text{ A} = 119,91 \exp(-j17,14^\circ) \text{ A}$$

Ennek harmada folyik egy vezetéken, tehát a három vezetéken disszipálódó veszteség: (2 pont)

$$P_{\text{veszt},3\text{vez}} = 3P_{\text{veszt},1\text{vez}} = 3 \left( 3R_v \left| \frac{I}{3} \right|^2 \right) = R_v |I|^2 = 0,15 \Omega \cdot (119,91 \text{ A})^2 = 2,16 \text{ kW}$$

A hálózatból betáplált komplex teljesítmény (az áttétel kiesik): (2 pont)

$$S^H = 3U^H I^* = 3 \cdot 0,220 \text{ kV} \cdot 119,91 \exp(+j17,14^\circ) \text{ A} = 79,30 \exp(+j17,14^\circ) \text{ kVA}$$

$$P^H = 75,78 \text{ kW}, \quad Q^H = 23,38 \text{ kvar}$$