

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 x 1 vagy 0 pont)

1.1. A magyar villamosenergia rendszer csúcsterhelése kb.

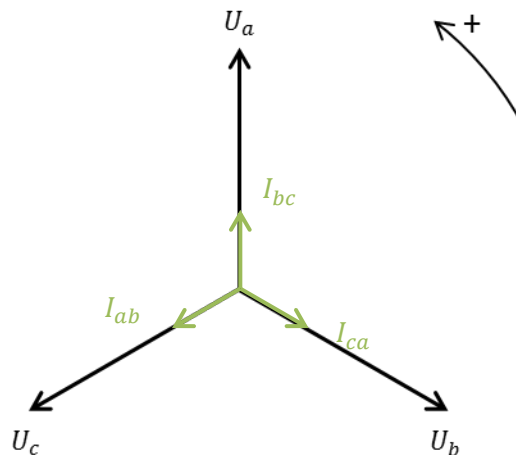
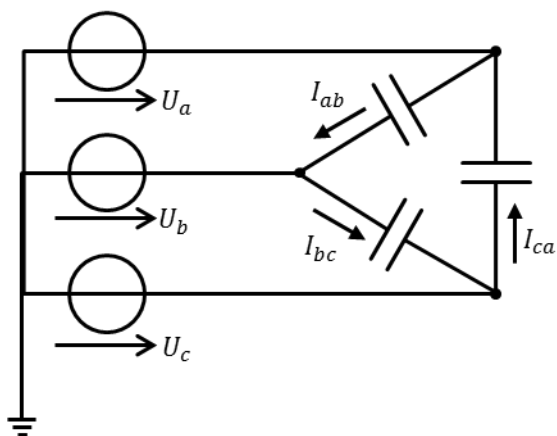
6,8 GW

7,8 GW

8,8 GW

9,8 GW

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



1.3 Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy HAMIS?

A kisfeszültségű transzformátorok 0,4 kV-os oldala mindig földelt csillag tekercselésű.	IGAZ
Középfeszültségű kompenzált hálózaton bekövetkező 2FN zárlat a kisfeszültségről táplált fogyasztók számára nem észlelhető.	HAMIS
Középfeszültségű szabadvezetékálózat csillagpontját rendszerint kis (25 - 50 Ω-os) ellenálláson át földelik.	HAMIS
Egy háztartás éves villamosenergia fogyasztása Magyarországon átlagosan 2600-2900 MWh.	HAMIS

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

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

$$Z_{\text{ön}} = 0,8 + 1,2j \, \Omega, \quad Z_k = 0,25 + 0,7j \, \Omega$$

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

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

$$Z_0 = Z_{\text{ön}} + 2Z_k = (0,8 + 1,2j)\Omega + 2 \cdot (0,25 + 0,7j)\Omega = 1,3 + 2,6j\Omega$$

$$Z_1 = Z_{\text{ön}} - Z_k = (0,8 + 1,2j)\Omega - (0,25 + 0,7j)\Omega = 0,55 + 0,5j\Omega$$

1.5 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:

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

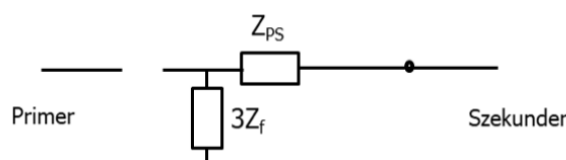
Pozitív sorrendű összetevő áttétele és forgatása:

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

1.6 Az alábbi állítások közül karikázza be az IGAZ állításokat!

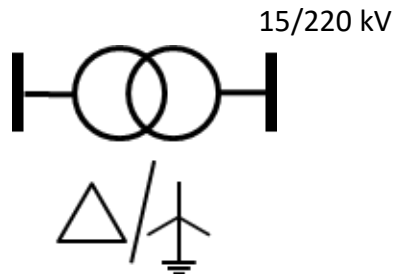
- A. A „hosszú földelés” egy távoli Petersen-tekerccsen keresztüli földelést jelent.
- B. A kompenzált csillagpont kezelés a szigetelthez képest csökkenti az egyfázisú földzárlati áramot.**
- C. 20 kV-os kompenzált szabadvezeték hálózaton bekövetkező íves földzárlat nagy valószínűséggel magától megszűnik.**

1.7 Milyen kapcsolási csoportú transzformátor helyettesítő képe látható az ábrán?

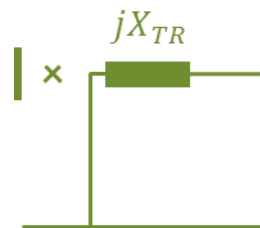


Dyg

1.8 Az ábrán látható transzformátor névleges teljesítménye 140 MVA, rövidzárási feszültségesése 10%. (A transzformátor kisebb feszültségű oldalán $U_{alap} = 15$ kV, $S_{alap} = 140$ MVA.) Határozza meg a transzformátor zérus sorrendű modelljét és paramétereit ($x_0 = x_1$)!!



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



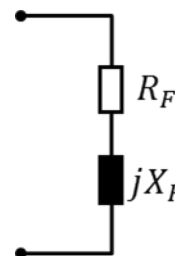
1.9. Egy (háromfázisú) fogyasztó névleges feszültsége 0,4 kV, névleges teljesítménye 5 kVA, teljesítménytényezője ($\cos\phi$) 0,6 (induktív). Rajzolja fel a fogyasztó pozitív sorrendű impedanciatartó modelljét (soros RX), és számolja ki a helyettesítő kép elemeinek paramétereit!

MEGOLDÁS:

$$|Z_F| = \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{0,4kV^2}{0,005MVA} = 32\Omega$$

$$R_F = |Z_F| \cos\phi = 32 \cdot 0,6 = 19,20\Omega$$

$$X_F = |Z_F| \sin\phi = 32 \cdot 0,8 = 25,60\Omega$$



1.10 Egy hálózat csillagpontja 1000 Ω -os Petersen-tekerccsen keresztül van földelve. A vezetékek zérus sorrendű kapacitása $8 \frac{nF}{km}$. Határozzuk meg, hogy legfeljebb hány km kiterjedésű vezetékhalózat kompenzálására alkalmas a Petersen-tekerccs! (A transzformátor reaktanciáját elhanyagolhatjuk.)

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

$$l = \frac{1}{3X_P \omega C'} = \frac{1}{3 \cdot 1000\Omega \cdot 100\pi \cdot 8 \frac{nF}{km}} = 132 \text{ km}$$

2. feladat

(10 pont)

Egy **háromfázisú**, delta kapcsolású ipari szellőzőmotor kapcsain 400 V vonali feszültségeket mérünk, a motor a hálózatról fázisonként 25 A effektív értékű (szimmetrikus, pozitív sorrendű) áramot vesz fel. A motor teljesítménytényezője $\cos\varphi = 0,8$ (induktív).

A motort 100 m hosszú, négyerű (3 fázis + nulla), enenként 10 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 50 Ft/kWh energiaárral kalkulálva, ha az ipari üzem 5/7-es folyamatos munkarendben dolgozik (=hétfő 6:00 órától péntek 22:00 óráig folyamatosan).

A mérő a kábel elején, a motor a kábel végén van, tehát a veszteséget az üzem fizeti.

a)

$$P = \sqrt{3}U_n I_{\text{eff}} \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot 400\text{V} \cdot 25\text{A} \cdot 0,8 = 13,86\text{kW}$$

$$Q = \sqrt{3}U_n I_{\text{eff}} \sin\varphi = \sqrt{3} \cdot 400\text{V} \cdot 25\text{A} \cdot \sqrt{1 - 0,8^2} = 10,39\text{kvar} \quad (2 \times 2 \text{ pont})$$

b)

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{0,028 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 100\text{m}}{10\text{mm}^2} = 0,28\Omega \quad (1 \text{ pont})$$

$$P_v = 3I_{\text{eff}}^2 R = 3 \cdot (25\text{A})^2 \cdot 0,28\Omega = 525\text{W} \quad (2 \text{ pont})$$

c)

$$K = 50 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} \cdot (13,86\text{kW} + 0,525\text{kW}) \cdot \left(52 \frac{\text{hét}}{\text{év}} \cdot 112 \frac{\text{h}}{\text{hét}} \right) = 4\,187\,866 \text{ Ft} \frac{\text{Ft}}{\text{év}}$$

(2 pont a képlet, 1 pont a számérték)

3. feladat

(10 pont)

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

$$I_a = 0, U_b = 0, U_c = 0$$

1 pont

Ezekhez értelmező ábra vagy magyarázat

2 pont

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

1 pont

ebből következik, hogy $I_0 + I_1 + I_2 = 0$

2 pont

$$\begin{bmatrix} U_0 \\ U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_a \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} U_a \\ U_a \\ U_a \end{bmatrix}$$

2 pont

ebből következik, hogy $U_0 = U_1 = U_2$

1 pont

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

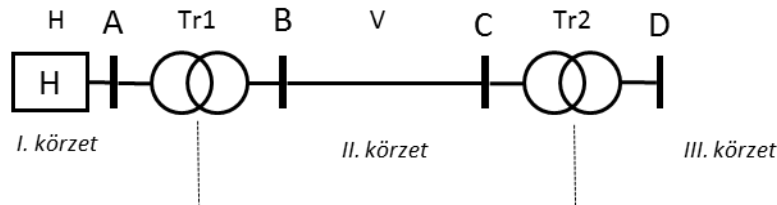
1pont

4. feladat

(10 pont)

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

- a) A megadott alappennyiségeknek 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!



$$\begin{array}{llll}
 U_n^H = 400\text{kV} & 400/132\text{kV} & l = 50\text{km} & 120/20\text{kV} \\
 S_z^H = 8000\text{MVA} & S_n^{Tr1} = 250\text{MVA} & x^V = 0,3 \frac{\Omega}{\text{km}} & S_n^{Tr2} = 25\text{MVA} \\
 & \varepsilon = 12,5\% & & \varepsilon = 7,5\%
 \end{array}$$

a) Alappennyiségek: (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)		
$Z_{alap} = \frac{U_{alap}^2}{S_{alap}}$	640 Ω	69,7 Ω	1,94 Ω

b) Hálózati elemek impedanciája (4x1 pont)

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

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

$$X^{Tr2} = \frac{\varepsilon^{Tr2} U_{nk}^{Tr2^2}}{100 S_n^{Tr2}} = \frac{7,5 (20 \text{ kV})^2}{100 \cdot 25 \text{ MVA}} = 1,2 \Omega \xrightarrow{Z_{alap,III}=1,94 \Omega} x^{Tr2} = 0,62 \text{ v. e.}$$

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

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

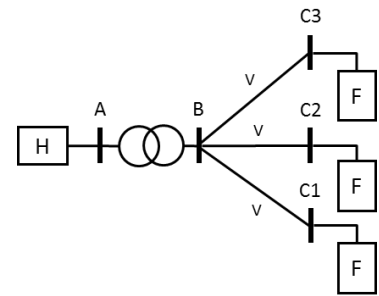
$$|i_z| = \frac{1}{x^H + x^{Tr1} + x^V + x^{Tr2}} = \frac{1}{0,031 + 0,125 + 0,215 + 0,62} = 1,009 \text{ v. e.}$$

$$S_z^D = u \cdot i_z = 1 \cdot 1,009 = 1,009 \xrightarrow{S_{alap}=250 \text{ MVA}} S_z^D = 252,2 \text{ MVA}$$

5. feladat

(10 pont)

Adott az alábbi háromfázisú hálózat. A transzformátor kisfeszültségű oldalára 3 vezeték csatlakozik, a vezetékek végén egy-egy (impedanciátartó) 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!)

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

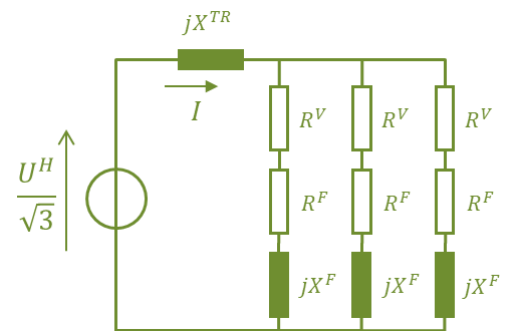
A hálózat modellje (2 pont):

A paraméterek (4x0,5pont):

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

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

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



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)

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

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)

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

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