

NÉV:..... K.234 Ülőhely:.....

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.	
2.	
3.	
4.	
5.	
Σ	

1. feladat**10 pont**

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

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

1.2. Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy 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

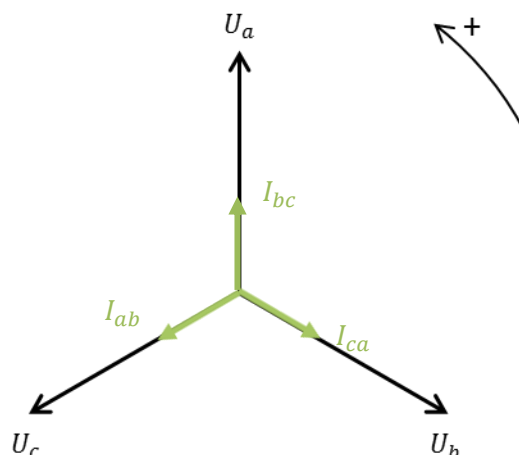
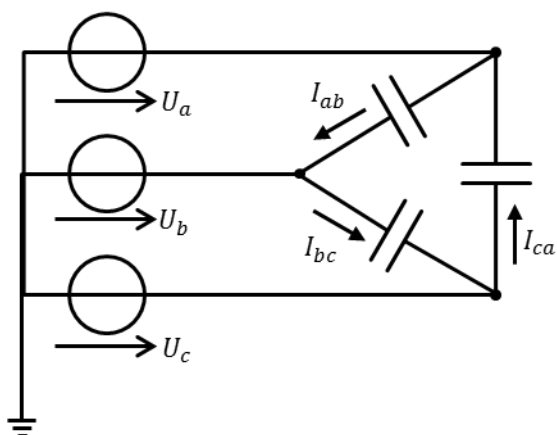
1.3 Az alábbi állítások közül karikázza be az IGAZ állításokat!

- 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!

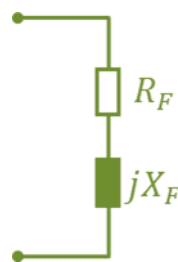


1.6 Egy (háromfázisú) fogyasztó névleges feszültsége 0,4 kV, névleges teljesítménye 5 kVA, teljesítménytényezője ($\cos\varphi$) 0,8 (induktív). Rajzolja fel a fogyasztó pozitív sorrendű impedanciátartó modelljét (soros R_X), és számolja ki a modell elemeinek paramétereit!

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

$$R_F = |Z_F|\cos\varphi = 32 \cdot 0,8 = 25,60\Omega$$

$$X_F = |Z_F|\sin\varphi = 32 \cdot 0,6 = 19,20\Omega$$



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?

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

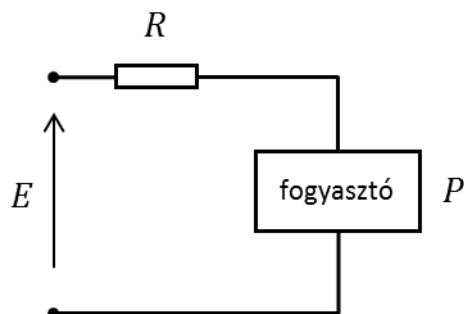
$$\text{A: } \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ Z_{ca} & Z_{cb} & Z_{cc} \end{bmatrix}$$

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

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

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

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



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

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

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

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

2. feladat

(8 pont)

A nagyfeszültségű hálózat, a középvezetékű (nagyobbrészt) szabadvezeték hálózat és a középvezetékű kábelhálózat csillagpontkezelési módszereit nevezze meg és hasonlítsa össze az alábbi szempontok szerint:

	Csillagpont- kezelés megnevezése	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”)
középvezetékű döntően szabadvezeték hálózat	Petersen tekerccsen át földelt (kompenzált)	akár $\sqrt{3}$	~ 10	nehéz
középvezetékű kábelhálózat	Kis ellenálláson át földelt (hosszú földelés)	$\sqrt{3}$	~ 100	könnyen lehetséges
nagyfeszültségű átviteli hálózat	hatásosan földelt	1..1,4	több 100, több 1000, „nagy”	könnyen lehetséges

0,5 pont mindegyikre

Egy 20 kV-os gyűjtősin ellát 8, egyenként 30 km hosszú szabadvezeték vonalat (ezek fázis-föld kapacitása 4,4 nF/km) és egy 10 km hosszú kábelvonalat, melynek fázis-föld kapacitása 0,6 μ F/km.

Mekkora a kapacitív földzárlati áram?

A teljes zérus sorrendű kapacitás: $8 \cdot 30 \text{ km} \cdot 4,4 \text{ nF/km} + 1 \cdot 10 \text{ km} \cdot 6 \text{ } \mu\text{F/km} = 7,06 \text{ } \mu\text{F}$ 1p

$X_{C0} = 1 / (2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot C_0) = 451 \text{ Ohm}$

$I_{C0} = 3 \cdot U_f / X_{C0} = 3 \cdot 11547 \text{ V} / 451 \text{ Ohm} = 77 \text{ A}$

1p

3. feladat 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), erenként 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, 52 héten keresztül).

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

(10 pont)

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)

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

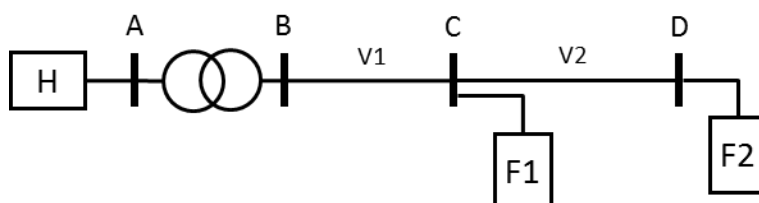
(2 pont a képlet, 1 pont a számérték)

4. feladat

(12 pont)

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?

(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: $R_1 = 0,08 \Omega/\text{km}$, $X_1 = 0,06 \Omega/\text{km}$, $R_2 = 0,036 \Omega/\text{km}$, $X_2 = 0$;

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:

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

képlet 2p, eredmény 1p

A V2 vezetéken a hosszirányú feszültségesés:

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

1p

A teljes BD szakaszon tehát a feszültségesés:

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

1 p

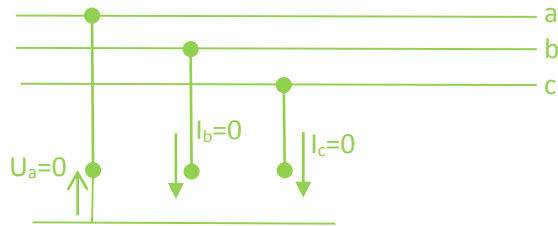
Tehát a B gyűjtősínen $\sqrt{3} (231 + 15,4) = 427 \text{ V}$ feszültséget kellene tartani.

2p

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:..... K.234 Ülőhely:.....

Gyakorlat időpontja, vezetője:

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

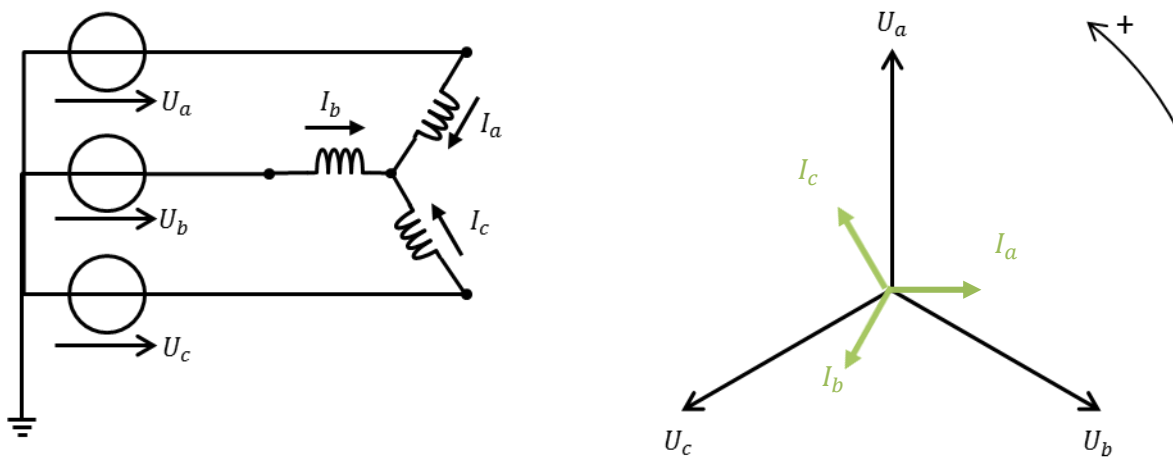
Ha bármely feladat eredménye kisebb, mint a feladatra adható összpontszám 40%-a, akkor az a feladat automatikusan 0 pontot ér.

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
Σ	

1. feladat**10 pont****1.1.** Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy HAMIS

Egy háztartás éves villamosenergia fogyasztása Magyarországon átlagosan 2400-2800 kWh.	IGAZ
A gőzturbinák hatásfoka 70-80%.	HAMIS
A nagyobb szélérőművek egységteljesítménye 3-5 kW közé esik.	HAMIS

1.2. Egy szimmetrikus háromfázisú feszültségrendszerre csillag elrendezésben tekercseket kapcsolunk. A felvett referenciairányok 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 delta tekercselésű.	HAMIS
Középfeszültségű kompenzált hálózaton bekövetkező 1FN zárlat a kisfeszültségről táplált fogyasztók ellátásában nem okoz zavart.	IGAZ
Középfeszültségű 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:

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

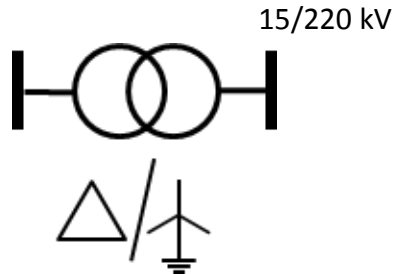
Pozitív sorrendű összetevő áttétele és forgatása:

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

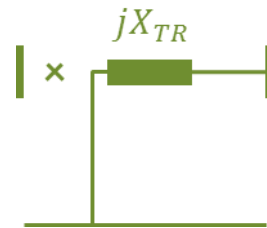
1.7 Az alábbi állítások közül karikázza be az IGAZ állításokat!

- 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 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 ($x_0 = x_1$)!!



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



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

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

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

1.10. 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.

2. feladat

(8 pont)

Egy hálózatról tölthető hibrid személygépkocsi napi 25 km-t tesz meg az év minden napján. Ebből 18 km-t akkumulátorral (egy töltéssel, melynek során 3 kWh villamos energiát vesz fel), a többit hibrid üzemben (4 l/100 km átlagfogyasztással). Évente mennyi üzemanyag költséget takarít meg egy 7 l/100 km átlagfogyasztású autóhoz képest, ha a benzin ára 330 Ft/l, a villamos energiáé pedig 38 Ft/kWh?

Megoldás:

Évente töltéshez használt villamos energia: $365 * 3 \text{ kWh} = 1095 \text{ kWh}$

Ennek ára: $1095 \text{ kWh} * 38 \text{ Ft/kWh} = 41.610 \text{ Ft}$ 2p

Hibrid üzemben megtett km évente: $365 * (25 - 18) \text{ km} = 2555 \text{ km}$

Ennek során a fogyasztás: $2555 \text{ km} * 4 \text{ l} / 100 \text{ km} = 102,2 \text{ l}$

Ennek üzemanyag-ára: $102,2 \text{ l} * 330 \text{ Ft/l} = 33.726 \text{ Ft}$ 3p

Benzines autó évi futásteljesítménye: $365 \cdot 25 \text{ km} = 9125 \text{ km}$

Ennek során a fogyasztás: $9125 \text{ km} * 7 \text{ l}/100\text{km} = 638,75 \text{ l}$

Ennek üzemanyag-ára: $638,75 \text{ l} * 330 \text{ Ft / l} = 210.788 \text{ Ft}$ 2p

Tehát a megtakarítás: $210.788 \text{ Ft} - (41.610 \text{ Ft} + 33.726 \text{ Ft}) = 135.452 \text{ Ft} / \text{év}$ 1p

3. feladat

(10 pont)

Egy 120 kV névleges feszültségű távvezeték két, szabályozott feszültségű oldalán megmérjük a vonali feszültségek nagyságát: $|U_S| = 124 \text{ kV}$, $|U_R| = 115 \text{ kV}$. A távvezeték hossza $l = 50 \text{ km}$, soros induktivitása $l' = 1,1 \text{ mH/km}$, kapacitása $c' = 11 \text{ nF/km}$.

- Mekkora a távvezeték természetes teljesítménye?
- Ha a távvezetéken 90 MW teljesítményt szállítunk, akkor a távvezeték összességében meddőt termel vagy fogyaszt?
- Ha a távvezetéken 90 MW teljesítményt szállítunk, mekkora lesz a terhelési szög?
- Mekkora a szinkronstabilitás szempontjából átvihető maximális teljesítmény?

A hullámellenállás:

$$R = \sqrt{l'/c'} = 316 \Omega$$

(képlet+számítás: 1+1 pont)

- a) Természetes teljesítmény:

$$P_t = \frac{U_n^2}{R} = \frac{(120 \text{ kV})^2}{316 \Omega} = 45,6 \text{ MW}$$

(képlet+számítás: 1+1 pont)

- b) Mivel a természetes teljesítménynél nagyobb teljesítményt viszünk át a vezetéken, ezért a távvezeték összességében meddőt fogyaszt.

(érvelés: 1 pont, eredmény: 1 pont)

- c) $X = l' \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 50 \text{ km} = 17,3 \text{ Ohm}$

Terhelési szög:

$$\begin{aligned} P &= \frac{|U_S| |U_R|}{X} \sin \delta \\ \rightarrow \sin \delta &= \frac{PX}{|U_S| |U_R|} = \frac{90 \text{ MW} \cdot 17,3 \Omega}{124 \text{ kV} \cdot 115 \text{ kV}} = 0,1092 \\ \rightarrow \delta &= 6,27^\circ \end{aligned}$$

(képlet+számítás: 1+1 pont)

- d) Átvihető maximális teljesítmény:

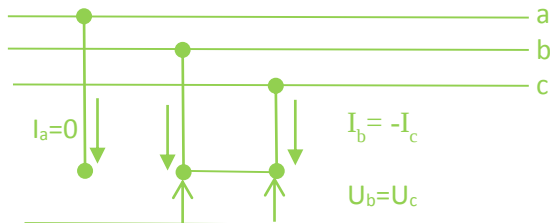
$$P_{\max} = \frac{|U_S| |U_R|}{X} = \frac{124 \text{ kV} \cdot 115 \text{ kV}}{17,3 \Omega} = 824 \text{ MW}$$

(képlet+számítás: 1+1 pont)

4. feladat

(10 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

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

ebből következik, hogy $U_1 = U_2$ 1 pont

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

ebből következik, hogy $I_0 = 0$ és $I_1 = -I_2$ 1 pont

„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.

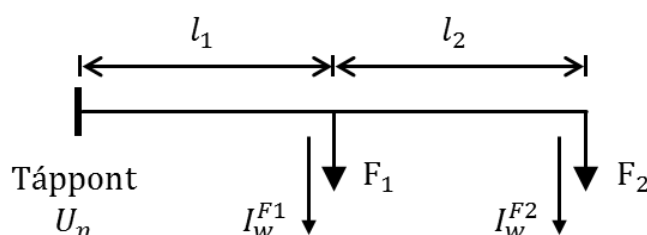
Jelölések magyarázata: hibahelyen sorrendi feszültségek, áramok...

2 pont

5. feladat

(12 pont)

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.



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 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)

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

Az l_1 szakaszon a feszültségesés:

(2 pont)

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

A maximális feszültségesés fázisban:

(1 pont)

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

Így a korlát:

(1 pont)

$$\frac{\Delta U_1 + \Delta U_2}{q} < \Delta U_{\max}$$

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

$$32,2 \text{ mm}^2 < q$$

(2 pont)

A választandó vezeték **35** mm²-es, ez viszont áramerhelhetőség szempontjából **még nem megfelelő**, ezért **50-es keresztmetszet szükséges**. (2 pont)

Az ezen disszipálódó veszteség:

(2 pont)

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

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