

VILLAMOS ENERGETIKA – VIZSGA 3 – A csoport

2014. június 6.

NÉV:.....

NEPTUN-KÓD:.....

Terem és ülőhely:

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
Σ	

Értékelés: Ha az 1. feladat eredménye <40%, akkor az összes többi feladat automatikusan 0 pont.

A dolgozat érdemjegye az összpontszámtól függően: 40%-tól **2**, 55%-tól **3**, 70%-tól **4**, 85%-tól **5**

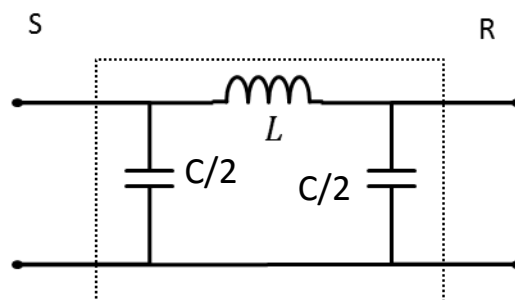
1. feladat („beugró”)

(10x1 pont)

1.1. Tekintsük az alábbi egyfázisú, veszteségmentes ($R=0$) távvezeték π -modellt: $L = 250 \text{ mH}$, $C = 700 \text{ nF}$. A modell alapján határozza meg a távvezeték első rezonanciafrekvenciáját!

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{250\text{mH} \cdot 700\text{nF}}} = 380,45\text{Hz}$$



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

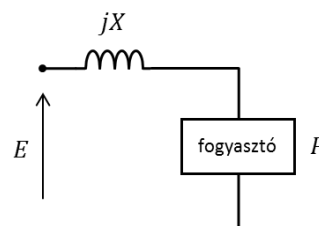
A SAIFI mérőszám dimenziója perc / fogyasztó / év.	HAMIS
Feszültség letörésnek azt az eseményt nevezzük, amelynek során a feszültség a névleges érték 50%-a alá csökken.	HAMIS
Hosszú idejű feszültség kimaradásnak a 3 percnél hosszabb feszültségkiesést nevezzük.	IGAZ

1.3. Mekkora a foglalkozási körben megengedett maximális mágneses indukció határérték 50 Hz-es tér esetén (az ICNIRP 2010-es ajánlása szerint)?

1000uT

1.4. Egy sugaras hálózat alábbi modelljében $E = 20 \text{ kV}$, $X = 5 \Omega$. Feszültségstabilitás szempontjából mekkora lehet a teljesítménytartó fogyasztó maximális hatásos teljesítményfelvétele ($P_{\max}$)?

$$P_{\max} = \frac{E^2}{2X} = \frac{(20\text{kV})^2}{2 \cdot 5\Omega} = 40\text{MW}$$



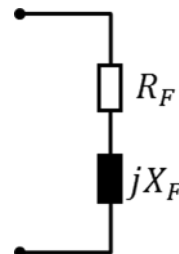
1.5. Egy (háromfázisú) fogyasztó névleges feszültsége 0,4 kV, névleges teljesítménye 5 kVA, teljesítménytényezője ($\cos\varphi$) 0,8 (induktív). Rajzolja fel a fogyasztó pozitív sorrendű (egyfázisú) impedanciatartó modelljét (soros RX), és számolja ki a modell elemeinek paramétereit!

#MEGOLDÁS:

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

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

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



1.6. 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:

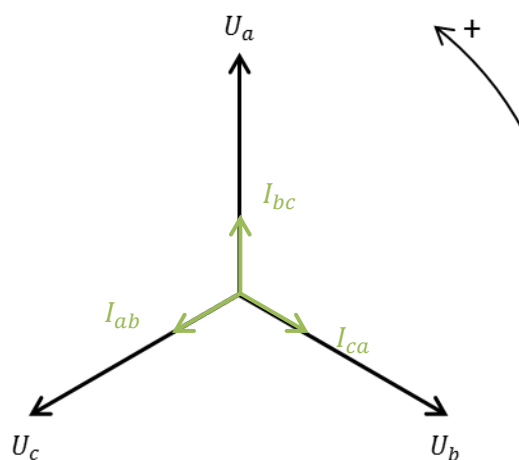
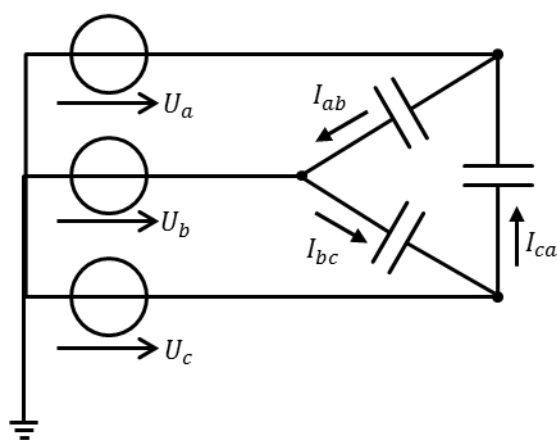
$$I_0^N = 0 \text{ A}$$

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



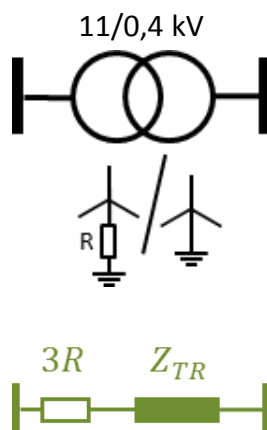
1.8. A V43 mozdony névleges hatásos teljesítménye 2220 kW, névleges feszültsége a hazai villamos vontatásban alkalmazott 25 kV. Határozza meg a mozdony névleges áramának effektív értékét!

$$I_n = \frac{P_n}{U_n} = \frac{2220 \text{ kW}}{25 \text{ kV}} = 88,8 \text{ A}$$

1.9. Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy HAMIS?

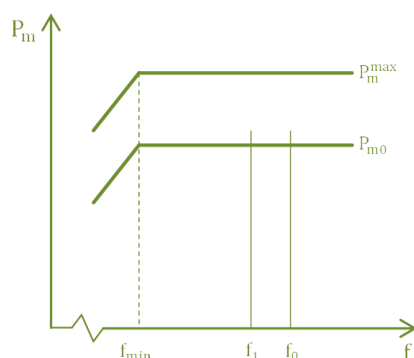
A közép/kisfeszültségű transzformátorok 0,4 kV-os oldala jellemzően delta tekercselésű.	HAMIS
A földzárlati áram kisfeszültségen általában nagyobb, mint közép- és nagyfeszültségű kompenzált hálózaton.	IGAZ
Középfeszültségű kábelhálózat csillagpontját rendszerint kis (25 - 50 Ω-os) ellenálláson át földelik.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

1.10. Határozza meg az ábrán látható, Z_{TR} pozitív sorrendű soros impedanciával jellemezhető transzformátor zérus sorrendű modelljét!

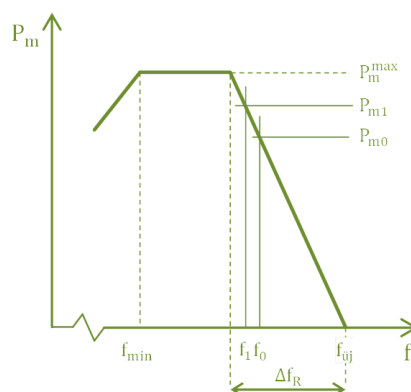


2. A frekvenciatartásban fontos szerepe van a turbina (mechanikai) teljesítmény $P(f)$ karakterisztikájának és az ún. szekunder szabályozásnak. (10 pont)

- Ábrán adja meg a frekvenciára érzéketlen (a1) ill. a frekvenciaváltozásra szabályozással válaszoló (a2) idealizált $P(f)$ karakterisztikákat!
- Értelmezze a statizmus fogalmát és a szabályozás MW/Hz meredekségét (K_G) a karakterisztika alapján!
- Mutassa meg a primer- ill. szekunder szabályozás elvi működését az a2 karakterisztikán!
- A szabályozás meredekségének (K_G) és a fogyasztói frekvencia tényezőnek (K_F) ismeretében vezesse le, hogy mekkora lesz a frekvenciaváltozás az a2 karakterisztika esetén egy hirtelen fogyasztói teljesítmény-változás nyomán!



frekvencia-érzéketlen



frekvenciaváltozásra érzékeny

(2 pont)

A statizmus a $P(f)$ karakterisztika átlagos arányossága:

(1pont)

$$R = 100 \Delta f_R / f_{névl}$$

Szabályozás szemléltetése az ábrán:

(4x0,5pont)

- 1) P_f karakterisztika felfelé
- 2) frekvencia csökken
- 3) P_m növekszik kisebb frekvencián állandósul
- 4) P_m növelése az eredeti frekvencia tartásához

Kiindulási pont, és karakterisztikák

(1 pont)

$$\begin{aligned} P_{F0} &= P_{m0} \\ P_{m1} &= P_{m0} - K_G \Delta f \\ P_{F1} &= P_{F0} + K_F \Delta f \end{aligned}$$

Fogyasztói teljesítményváltozás hatására változik a fogyasztói karakterisztika:

(2pont)

$$P'_{F1} = P'_{F0} + K_F \Delta f$$

Ez $\Delta f = f_1 - f_0$ frekvenciaváltozást eredményez. Az egyensúlyban $P'_{F1} = P_{m1}$, így:

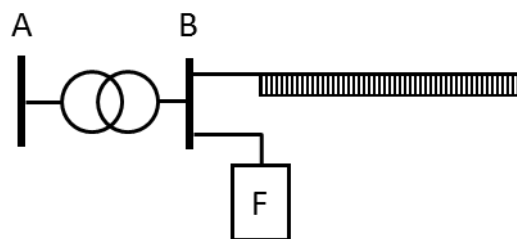
$$P'_{F0} + K_F \Delta f = P_{m0} - K_G \Delta f$$

Valamint a kiinduló állapotban $P_{m0} = P_{F0}$, tehát:

(2pont)

$$\begin{aligned} P'_{F0} + K_F \Delta f &= P_{F0} - K_G \Delta f \\ \Delta f &= -\frac{P'_{F0} - P_{F0}}{K_G + K_F} = -\frac{\Delta P_F}{K_G + K_F} \end{aligned}$$

3. Adott az alábbi háromfázisú hálózat. A megosztó terhelés hosszegységre eső, csúcsidei áram felvétele $i_m = 0,35 \text{ A/m}$ fázisonként, a vezeték hossza $L = 600 \text{ m}$, ellenállása $r = 0,4 \Omega/\text{km}$. A B sínre csatlakozó koncentrált fogyasztó névleges teljesítménye $S_n^F = 80 \text{ kVA}$, teljesítménytényezője $\cos \varphi = 0,8$ (induktív). A 22/0,4 kV-os transzformátor paraméterei $S_n^{TR} = 400 \text{ kVA}$, névleges rövidzárási vesztesége $P_{n,rz} = 2000 \text{ W}$.



- a) Mekkora vonali feszültséget kell tartani a B sínen, hogy a megosztó terhelésű vezeték végén a feszültség a névleges érték 92,5%-a legyen? (3 pont)
- b) A koncentrált fogyasztót áramtartónak feltételezve mekkora ebben az esetben a B sínen áramló összes hatásos és meddő teljesítmény? (3 pont)
- c) Hány százalékos a transzformátor kiterheltsége (S/S_n) és mennyi rézvesztés? (4 pont)
- a) A vezeték végére előírt fázisfeszültség: 0,5 pont

$$U_{\text{vezvége}} = 0,925 \cdot \frac{0,4 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 213,62 \text{ V}$$

A megosztó terhelés vezetékén befolyó áram, és a vezeték teljes ellenállása: 0,5 pont

$$I_T = i_m L = 0,35 \text{ A/m} \cdot 600 \text{ m} = 210 \text{ A}$$

$$R = rL = 0,4 \Omega/\text{km} \cdot 600 \text{ m} = 0,24 \Omega$$

Így a vezetéken a feszültségesés: 1 pont

$$\Delta U = \frac{I_T R}{2} = \frac{210 \text{ A} \cdot 0,24 \Omega}{2} = 25,20 \text{ V}$$

A B sínen tartandó fázis és vonali feszültség tehát: 1 pont

$$U_f^B = U_{\text{vezvége}} + \Delta U = 213,62 \text{ V} + 25,20 \text{ V} = 239 \text{ V}$$

$$\rightarrow U_V^B = \sqrt{3} U_f^B = \sqrt{3} \cdot 239 \text{ V} = 414 \text{ V}$$

- b) A koncentrált fogyasztó árama: 1 pont

$$I_n^F = \frac{S_n^F}{\sqrt{3} U_n^F} (\cos \varphi - j \sin \varphi) = \frac{80 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV}} (0,8 - j0,6) = 92,38 - j69,28 \text{ A}$$

$$= 115,47 \exp(-j36,87^\circ) \text{ A}$$

A B sínen áramló összes áram: 1 pont

$$I^B = I_n^F + I_T = 92,38 - j69,28 \text{ A} + 210 \text{ A} = 302,38 - j69,28 \text{ A} = 310,21 \exp(-j12,91^\circ) \text{ A}$$

A B sínen áramló összes teljesítmény: 1 pont

$$S^B = \sqrt{3} U_V^B I^{B*} = \sqrt{3} \cdot 414 \text{ V} \cdot (302,38 + j69,28 \text{ A}) = 216,6 \text{ kW} + 49,64 \text{ kvar}$$

$$= 310,21 \exp(-j12,91^\circ) \text{ kVA}$$

- c) A transzformátor kiterheltsége: 1 pont

$$\frac{|S^B|}{S_n^{TR}} = \frac{222,3 \text{ kVA}}{400 \text{ kVA}} = 56\%$$

A transzformátor névleges árama a kisfeszültségű oldalon: 1 pont

$$I_n^{TR} = \frac{S_n^{TR}}{\sqrt{3} U_n^K} = \frac{400 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV}} = 577,4 \text{ A}$$

A transzformátor rézvesztése: 2 pont

$$P_{rz} = \left(\frac{|I^B|}{I_n^{TR}} \right)^2 P_{n,rz} = \left(\frac{310,21 \text{ A}}{577,4 \text{ A}} \right)^2 \cdot 2000 \text{ W} = 577 \text{ W}$$

4. 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 reaktanciája $x' = 0,35 \Omega/\text{km}$, sőt reaktanciája $x'_c = 0,28 \text{ M}\Omega\text{km}$ (!).

- 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?

(10 pont)

$$X = lx' = 50 \text{ km} \cdot 0,35 \Omega/\text{km} = 17,5 \Omega$$

$$X_c = \frac{x'_c}{l} = 0,28 \text{ M}\Omega\text{km} / 50 \text{ km} = 5600 \Omega$$

(2 érték: 2x0,5 pont)

A hullámimpedancia:

$$R = \sqrt{XX_c} = \sqrt{17,5 \Omega \cdot 5600 \Omega} = 313,05 \Omega$$

(képlet+számítás: 1+1 pont)

- Természetes teljesítmény:

$$P_t = \frac{U_n^2}{R} = \frac{(120 \text{ kV})^2}{313,05 \Omega} = 46,0 \text{ MW}$$

(képlet+számítás: 1+1 pont)

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

(érvelés: 1 pont)

- Terhelési szög:

$$P = \frac{|U_S||U_R|}{X} \sin \delta$$

$$\rightarrow \sin \delta = \frac{PX}{|U_S||U_R|} = \frac{90 \text{ MW} \cdot 17,5 \Omega}{124 \text{ kV} \cdot 115 \text{ kV}} = 0,110$$

$$\rightarrow \delta = 6,34^\circ$$

(képlet+számítás: 1+1 pont)

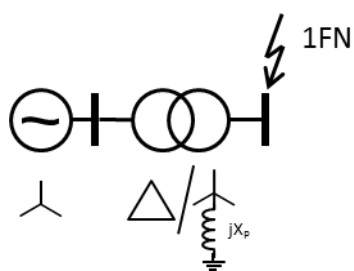
- Átvihető maximális teljesítmény:

$$P_{\max} = \frac{|U_S||U_R|}{X} = \frac{124 \text{ kV} \cdot 115 \text{ kV}}{17,5 \Omega} = 814,9 \text{ MW}$$

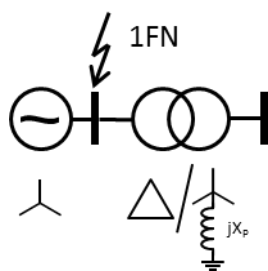
(képlet+számítás: 1+1 pont)

5. Az alábbi hálózaton a feltüntetett hibahelyek és hibafajták eseteire számítsa ki a hibahelyi zárlati áramokat viszonylagos egységben! A hálózati elemek reaktanciái viszonylagos egységben: (10 pont)

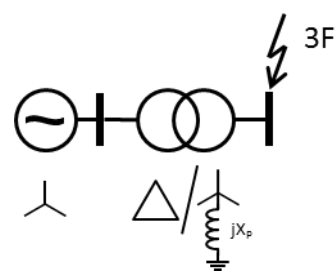
$$u_1^G = 1, \quad x_1^G = x_2^G = 0,15, \quad x_1^{TR} = x_2^{TR} = x_0^{TR} = 0,12, \quad x_p = 40$$



i.



ii.



iii.

#MEGOLDÁS:

Sorrendi modellek felrajzolása

(3x1 pont)

i. Az áram: (1 pont a sorbakötés, 1 pont az i_i , 1 pont az i_z)

$$i_i = \frac{u_1^G}{j(x_1^G + x_1^{TR} + x_2^G + x_2^{TR} + x_0^{TR} + 3x_p)}$$

Mivel $I_{1i} = I_{2i} = I_{0i}$, ezért a hibahelyi ('a') zárlati árama:

$$|i_z| = |i_a| = 3 \cdot \frac{1}{2 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,12 + 3 \cdot 40} \cong 0,025$$

ii. Az áram zérus, mivel a zérus sorrendű modellen nem tud áram átfolylni a szigetelt csillagpont valamint a delta tekercselés miatt:

(1 pont az i_{ii} , 1 pont az i_z)

$$i_{ii} = 0$$

Így a hibahelyi ('a') zárlati áram:

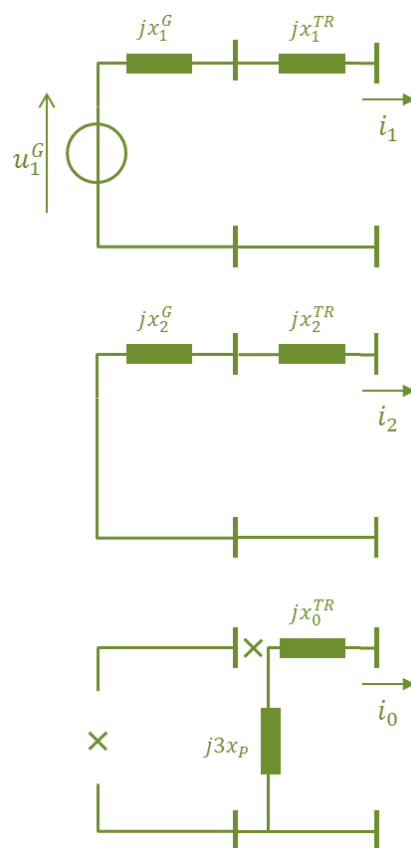
$$|i_z| = |i_a| = 0$$

iii. A pozitív sorrendű áram: (1 pont a modell, 1 pont az i_{iii} , 1 pont az i_z)

$$i_{iii} = \frac{1}{j(x_1^G + x_1^{TR})}$$

Mivel $i_{1iii} = i_{iii}$, $I_{2iii} = I_{0iii} = 0$, ezért a hibahelyi ('b') zárlati árama:

$$|i_z| = |i_a| = \frac{1}{0,15 + 0,12} = 3,70$$



VILLAMOS ENERGETIKA – VIZSGA 3 – B csoport

2014. június 6.

NÉV:.....

NEPTUN-KÓD:.....

Terem és ülőhely:

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
Σ	

Értékelés: Ha az 1. feladat eredménye <40%, akkor az összes többi feladat automatikusan 0 pont.

A dolgozat érdemjegye az összpontszámtól függően: 40%-tól **2**, 55%-tól **3**, 70%-tól **4**, 85%-tól **5**

1. feladat („beugró”)

(10x1 pont)

1.1. Mekkora a lakosság körében megengedett maximális mágneses indukció határérték 50 Hz-es tér esetén (az ICNIRP 2010-es ajánlása szerint)?

200uT

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

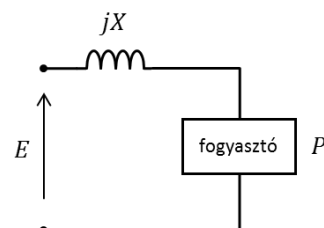
A SAIDI mérőszám a kiesett energia mennyiségét fejezi ki.	HAMIS
A flicker (villogás) a nagy felharmonikus tartalom következménye.	HAMIS
A kiesések száma csökkenthető kábelesítéssel vagy burkolt szabadvezetékek alkalmazásával.	IGAZ

1.3. Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy HAMIS?

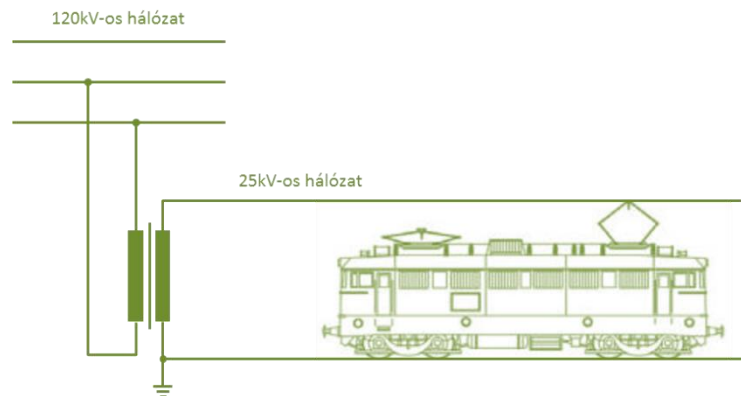
A kisfeszültségű transzformátorok 0,4 kV-os oldala jellemzően szigetelt csillag tekercselésű.	HAMIS
Erőművi szinkrongenerátorok általában szigetelt csillagponttal üzemelnek.	IGAZ
A hazai nagyfeszültségű hálózatok csillagpontja Petersen tekercsen keresztül földelt.	HAMIS

1.4. Egy sugaras hálózat alábbi modelljében $E = 12 \text{ kV}$, $X = 6 \Omega$. Feszültségstabilitás szempontjából mekkora lehet egy teljesítménytartó fogyasztó maximális hatásos teljesítményfelvétele ($P_{\max}$)?

$$P_{\max} = \frac{E^2}{2X} = \frac{(12\text{kV})^2}{2 \cdot 6\Omega} = 12\text{MW}$$



1.5. Vázlatosan rajzolja fel a hazai nagyvasúti villamos vontatás betáplálásának módját (táphálózat, feszültségszintek, mozdony ellátásának módja)!



1.6. Egy 20/0,4 kV-os transzformátor névleges teljesítménye 160 kVA, névleges rövidzárási vesztesége $P_{r,z,n} = 1800 \text{ W}$. Csúcsidőszakban a transzformátor kisfeszültségű oldalán mért áram 200 A. Mennyi ebben az üzemállapotban a transzformátor rézvesztesége?

$$I_n^K = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_n^K} = \frac{160 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV}} = 230,9 \text{ A}$$

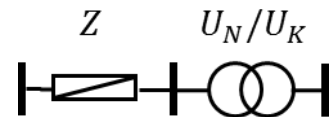
$$P_{rz} = \left(\frac{I}{I_n^K} \right)^2 P_{r,z,n} = \left(\frac{200 \text{ A}}{230,9 \text{ A}} \right)^2 1800 \text{ W} = 1350 \text{ W}$$

.

1.7. Számítsa át a $Z = 27 + 4,5j\Omega$ impedanciát a 400/120kV-os transzformátor kisfeszültségű oldalára!

$$N = \frac{U^K}{U^N} = \frac{120 \text{ kV}}{400 \text{ kV}} = 0,300$$

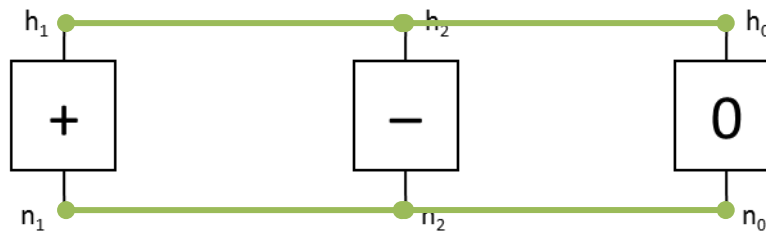
$$Z' = Z \cdot N^2 = (27 + 4,5j\Omega) \cdot 0,300^2 = 2,43 + 0,405j\Omega$$



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

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

1.9. Egy hálózaton bekövetkezik egy 2FN(b,c) zárlat. Alább adott a hálózat pozitív, negatív és zérus sorrendű modelljének egyszerűsített vázlata, a hibahely feltüntetésével. Kösse össze a modelleket a zárlat számításához szükséges módon!



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

Ha ezen a vezetéken 30 MW hatásos teljesítményt szállítunk, akkor a távvezeték összességében meddő teljesítményt TERMEL FOGYASZT

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

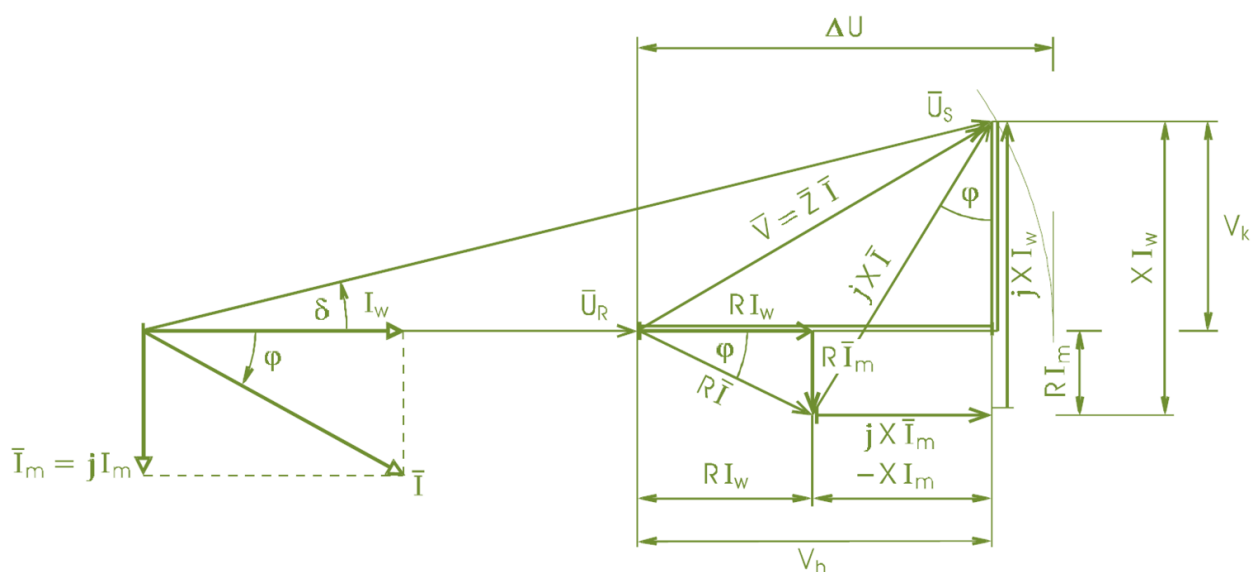
$$P_t = \frac{U^2}{R_0} = \frac{120 \text{kV}^2}{380,1 \Omega} = 37,89 \text{MW}$$

$$P < P_t \rightarrow \text{TERMEL}$$

2. Fazorábrán mutassa be egy rezisztív-induktív fogyasztói árammal terhelt, $Z = R + jX$ soros impedanciával jellemzett távvezeték esetére a komplex feszültségesést, valamint annak hossz- és keresztirányú összetevőit! (10 pont)

- Vezesse le a hossz- és keresztirányú feszültségesés összefüggésének kifejezéseit!
- Magyarázza meg, hogyan lehet befolyásolni a feszültségesést a fogyasztónál alkalmazott meddőkompenzációval!
- A hálózat szempontjából milyen előnnyel jár a meddőkompenzáció?

#MEGOLDÁS:



(4 pont)

$$\begin{aligned}\Delta U &= \vec{Z}\vec{I} = (R + jX)(I_w + jI_m) = RI_w - XI_m + j(RI_m + XI_w) = \Delta U_h + j\Delta U_k \\ \rightarrow \Delta U_h &= RI_w - XI_m \\ \rightarrow \Delta U_k &= RI_m + XI_w\end{aligned}$$

(2 pont)

b) Meddőkompenzáció kondenzátorral:

Fogyasztó meddő igényét a kondenzátorból fedezzük

→ fogyasztó induktív meddő áramát a kondenzátor fedezi

→ a vezetéken szállított induktív meddő áram összetevő ($I_m < 0$) csökken

→ hosszirányú feszültségesés második tagja ($-XI_m$) csökken!

(1 pont a módszer (kondenzátorból fedez), 1 pont a hatása)

c) Meddőkompenzáció – feszültségesés csökkentése melletti – előnye:

Csökken a hálózati veszteség.

(2 pont)

3. Egy turbina-generátor-fogyasztói rendszer állandósult állapotában $f_0 = 50\text{Hz}$, $P_0 = 80\text{ MW}$. A turbina-generátor egység maximális teljesítménye 250 MW és $R = 10\%$ statizmussal jellemezhető. A rendszerben hirtelen fellépő $-0,8\text{ MW}$ fogyasztói teljesítményigény-változás hatására mekkora lesz a frekvenciaváltozás, ha $k_{pf}=1,1$, és

- ha nincs fordulatszám-szabályozás?
- ha van fordulatszám-szabályozás?
- Adja meg a dinamikus teljesítményegyensúlyt leíró egyenletet! Az egyenlet alapján magyarázza meg, hogy a fenti fogyasztói teljesítményváltozás hatására turbina-generátor egység gyorsulni vagy lassulni fog! (10 pont)

#MEGOLDÁS:

- K_f tényező számítása és a frekvencia változás (1+1 pont)

$$K_F = \frac{P_0 k_{pf}}{f_0} = \frac{80\text{ MW} \cdot 1,1}{50\text{ Hz}} = 1,76 \frac{\text{MW}}{\text{Hz}}$$

$$\Delta f = -\frac{\Delta P}{K_F} = -\frac{-0,8\text{ MW}}{1,76 \frac{\text{MW}}{\text{Hz}}} = 0,455\text{Hz}$$

- K_g tényező számítása (1+1+2 pont)

$$\Delta f_R = R \cdot f_0 = 10\% \cdot 50\text{ Hz} = 5\text{ Hz}$$

$$K_G = -\frac{P_{\max}}{\Delta f_R} = -\frac{250\text{ MW}}{5\text{ Hz}} = -50\text{ MW/Hz}$$

(K_g előjele lehet pozitív is, ha megfelelően használja alább.)

$$\Delta f = -\frac{\Delta P_f}{K_F + K_G} = -\frac{-0,8\text{ MW}}{(1,76 - 50) \frac{\text{MW}}{\text{Hz}}} = 0,015\text{ Hz}$$

- dinamikus egyensúly (1 pont)

$$P_M - T \frac{d\omega}{dt} = P_G = P_F + P_v$$

Mivel $P_F < 0 \rightarrow$ az egyenlet jobb oldala csökken, tehát ha P_M változatlan marad (változása lényegesen lassabb), akkor

$$-\frac{T d\omega}{dt} < 0$$

$$\frac{d\omega}{dt} > 0$$

Tehát a tengely forgása gyorsulni fog. (magyarázat 2 pont, eredmény 1 pont)

4. Adott egy Dyg5 (delta – földelt csillag) kapcsolási csoportú és órászámú 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:

$$U_1^K = \frac{U_n^K}{U_n^N} U_1^N e^{-j30^\circ \cdot 5} = \frac{0,4\text{kV}}{20\text{kV}} \cdot 6,35 e^{-j30^\circ \cdot 5} = 127,0 e^{-j150^\circ} \text{V}$$

$$U_2^K = \frac{U_n^K}{U_n^N} U_2^N e^{j30^\circ \cdot 5} = \frac{0,4\text{kV}}{20\text{kV}} \cdot 6,35 e^{j30^\circ \cdot 5} = 127,0 e^{j150^\circ} \text{V}$$

(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)

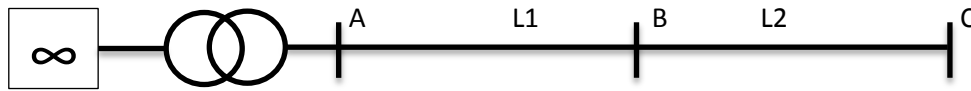
$$U_a^K = U_1^K + U_2^K = -220\text{V}$$

$$U_b^K = a^2 U_1^K + a U_2^K = 0\text{V}$$

$$U_c^K = a U_1^K + a^2 U_2^K = 220\text{V}$$

(3x1 pont a számítás)

5. Az alábbi hálózaton mögöttes hálózat feszültsége 132 kV. A transzformátor névleges adatai: 132/22 kV, 16 MVA, dropja 8%. A távvezetékek hossza egyenként 10 km, hosszegységre eső reaktanciájuk 0,35 Ω /km. Az "A" és a "B" gyűjtősinél elhelyezett túláram-védelmeket 100/5 A-es áramváltó táplálja, a bizonytalansági tényező $\varepsilon = 10\%$.



(10 pont)

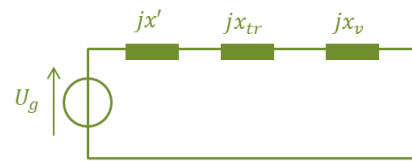
- Rajzolja fel az „A” gyűjtősinél lévő kétlépcsős túláram-védelem "távolság-idő" jelleggörbáját!
- Számítsa ki e védelem fáziszárlati gyors és késleltetett fokozatának beállítási értékeit! (Az üzemi áram legyen a transzformátor névleges árama.)

A pozitív sorrendű modell:

A paraméterek értékei:

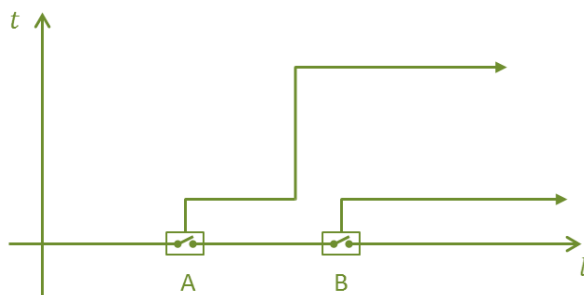
$$x_{tr} = \frac{(22 \text{ kV})^2}{16 \text{ MVA}} 0,08 = 2,42 \text{ Ohm}, x_{L1} = x * L1 = 3,5 \text{ Ohm},$$

$$x_{L2} = x * L2 = 3,5 \text{ Ohm}$$



A jelleggörbe (a "B"-ből induló elhagyható...):

(Jelleggörbéért 3 pont)



A beállítási egyenletek:

$$I_{BE}^{gy} \geq \frac{I_{Bz \max}}{1 - \varepsilon} \quad I_{BE}^{gy} \leq \frac{I_{Az \min}}{1 + \varepsilon}$$

$$I_{BE}^{kf} \geq \frac{I_{üz \max}}{1 - \varepsilon} \quad I_{BE}^{kf} \leq \frac{I_{Cz \min}}{1 + \varepsilon}$$

(Mindegyikért 0,5 pont)

$$I_{Bz \max} = U_n / \sqrt{3} / (X_{TR} + X_{L1}) = 2146 \text{ A}$$

$$I_{Az \min} = U_n / \sqrt{3} / (X_{TR}) * \sqrt{3} / 2 = 4546 \text{ A}$$

$$I_{Cz \min} = U_n / \sqrt{3} / (X_{TR} + X_{L1} + X_{L2}) * \sqrt{3} / 2 = 1168 \text{ A}$$

$$I_{üz \max} = S_n / \sqrt{3} / U_n = 420 \text{ A}$$

$$I_{GY_nagyobb_legyen} = I_{Bz \max} / (1 - \varepsilon) * AV = 119 \text{ A}$$

A beállított Gyorsfokozat érték ennél nagyobb legyen!

$$I_{GY_kisebb_legyen} = I_{Az \min} / (1 + \varepsilon) * AV = 207 \text{ A}$$

A beállított Gyorsfokozat érték ennél kisebb legyen!

$$I_{K_nagyobb_legyen} = I_{üz \max} / (1 - \varepsilon) * AV = 23 \text{ A}$$

A beállított késleltetett fokozat érték ennél nagyobb legyen!

$$I_{K_kisebb_legyen} = I_{Cz \min} / (1 + \varepsilon) * AV = 53 \text{ A}$$

A beállított késleltetett fokozat érték ennél kisebb legyen!

(Helyes értékekért 1-1 pont)

(Ahol AV = 5/100, az áramváltók áttétele. Ennek elhagyása esetén összesen 1 pont levonás.)

Tehát a gyorsfokozat beállítása bárhol lehet 119 és 207 A között, a késleltetett fokozaté 23 és 53 A között.

(0,5-0,5 pont helyes értékekért)