

VILLAMOS ENERGETIKA

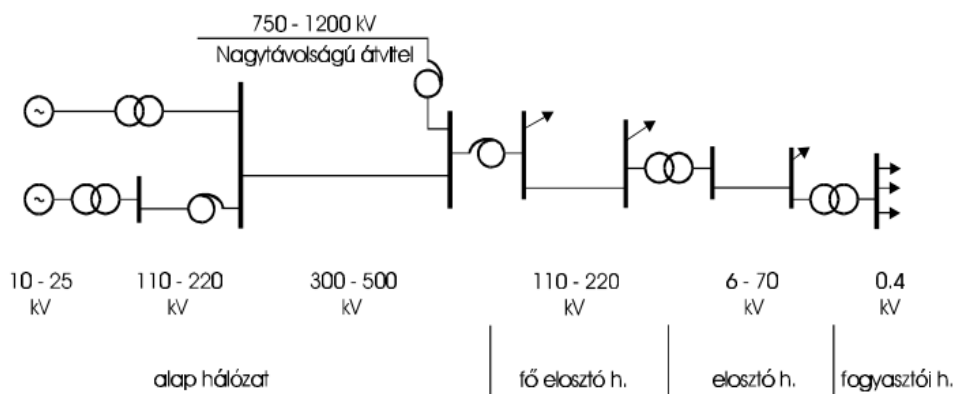
Vizsgakérdések

(BSc. 2010. tavaszi félév)

1. Ismertesse a villamosenergia-hálózat

- feladatkörök szerinti felosztását
- a jellegzetes feszültségszinteket és az azokhoz tartozó átvihető teljesítmények nagyságrendjét

Megoldás:

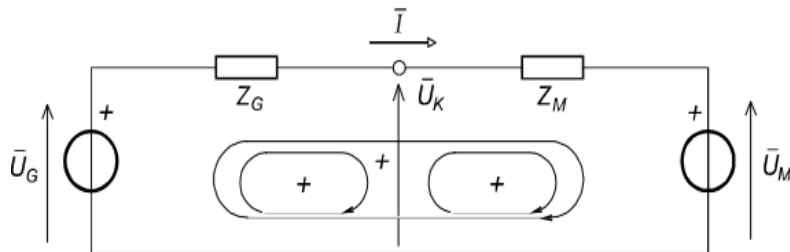


| U_n kV | I A | S MVA | l_{max} km |
|-------------|--------|----------|-----------------|
| 400 | 1000 | 1000 | 500 |
| 120 | 500 | 100 | 60 |
| 20 | 200 | 10 | 10 |
| 0.4 | 100 | 0.1 | 0.5 |

2. Értelmezze – táblázatosan összefoglalva – a hatásos és meddőteljesítmény előjelét generátoros és fogyasztói pozitív irányrendszerben!

Megoldás:

| Generátoros | | Fogyasztói | |
|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| hatásos | meddő | hatásos | meddő |
| + P termelés (betáplálás) | +Q kapacitív (szolgáltatás) | +P fogyasztás (felvétel) | +Q induktív (nyelés) |
| -P fogyasztás (vételezés) | -Q induktív (nyelés) | -P termelés (visszatáplálás) | -Q kapacitív (szolgáltatás) |



l-6. ábra Pozitív irányrendszer

3. Adja meg a háromfázisú szimmetrikus összetevők módszerének:

a) „T” transzformációs mátrixát az „a” forgató vektor alapján

Megoldás:

$$\bar{a} = e^{j120^\circ}$$

$$\underline{T} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \bar{a}^2 & \bar{a} \\ 1 & \bar{a} & \bar{a}^2 \end{bmatrix} \quad \underline{T}^{-1} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \bar{a} & \bar{a}^2 \\ 1 & \bar{a}^2 & \bar{a} \end{bmatrix}$$

b) a fázismennyiségek és a szimmetrikus összetevők közötti kapcsolatot és

c) a szimmetrikus összetevők és a fázismennyiségek közötti kapcsolatot,

Megoldás:

$$\underline{\bar{I}}_f = \begin{bmatrix} \bar{I}_a \\ \bar{I}_b \\ \bar{I}_c \end{bmatrix} \quad \underline{\bar{I}}_s = \begin{bmatrix} \bar{I}_0 \\ \bar{I}_1 \\ \bar{I}_2 \end{bmatrix} \quad \underline{\bar{I}}_s = \underline{T}^{-1} \cdot \underline{\bar{I}}_f$$

$$\underline{\bar{I}}_f = \underline{T} \cdot \underline{\bar{I}}_s$$

d) a fázis impedancia és a szimmetrikus összetevő impedancia mátrixok közötti kapcsolatot (a T mátrix felhasználásával).

Megoldás:

$$\underline{Z}_{ff} = \begin{bmatrix} z_{aa} & z_{ab} & z_{ac} \\ z_{ba} & z_{bb} & z_{bc} \\ z_{ca} & z_{cb} & z_{cc} \end{bmatrix} \quad \underline{Z}_{ss} = \begin{bmatrix} z_{00} & z_{01} & z_{02} \\ z_{10} & z_{11} & z_{12} \\ z_{20} & z_{21} & z_{22} \end{bmatrix}$$

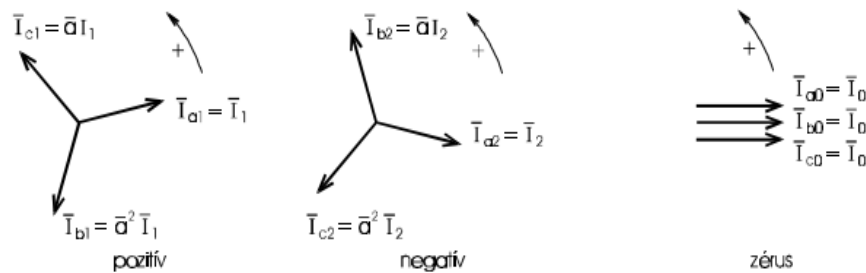
$$\Delta \bar{u} = \underline{Z} \cdot \underline{\bar{I}} \quad \Delta \bar{u}_f = \underline{Z}_{ff} \cdot \underline{\bar{I}}_f \quad \Delta \bar{u}_s = \underline{T}^{-1} \cdot \Delta \bar{u}_f$$

$$\Delta \bar{u}_s = \underline{T}^{-1} \cdot \underline{Z}_{ff} \cdot \underline{T} \cdot \underline{\bar{I}}_s$$

4. A szimmetrikus összetevők módszerét alkalmazza!

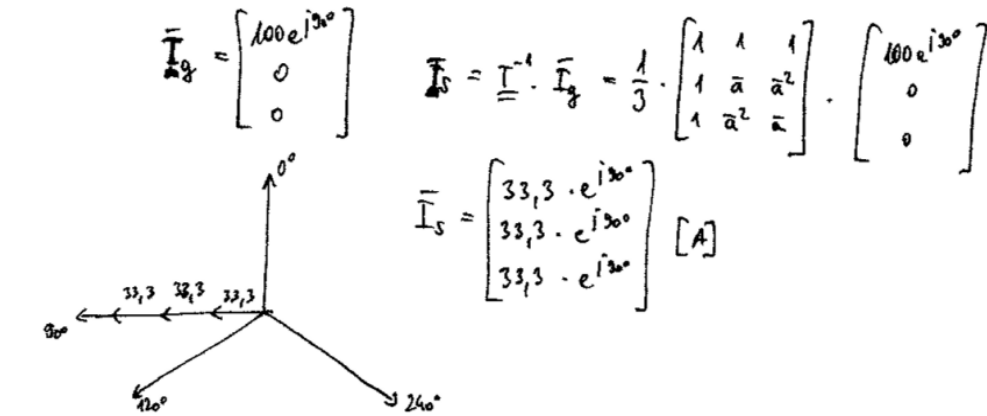
a) Fázorábrán szemléltesse a pozitív, a negatív és a zérus sorrendű összetevők által képviselt fázismennyiségeket.

Megoldás:



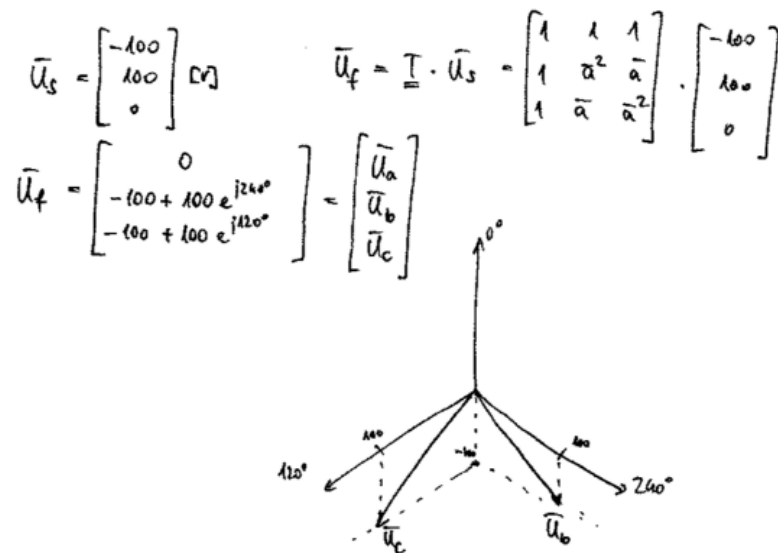
- b) Adja meg az $I_a = 100 \text{ A } 90^\circ$ és $I_b = I_c = 0$ áramrendszer pozitív-, negatív és zérus sorrendű összetevőinek fázorát.

Megoldás:



- c) Határozza meg annak az aszimmetrikus feszültségrendszernek a fázisfeszültségeit, melynek az alább megadottak a szimmetrikus összetevői: $U_1 = 100 \text{ V}$ $U_2 = 0$ $U_0 = -100 \text{ V}$

Megoldás:



5. Származtassa le a szimmetrikus összetevők módszerének felhasználásával a kétfázisú földzárlat számítására szolgáló modellt (a sorrendi hálózatok kapcsolódását).

Megoldás:

1.) $I_a = \phi$, $U_b = \phi$, $U_c = \phi$

2.) $\bar{U}_S = \underline{T}^{-1} \cdot \bar{U}_f = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \bar{a} & \bar{a}^2 \\ 1 & \bar{a}^2 & \bar{a} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_a \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \frac{U_a}{3} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$

3.)

4.) $I_0 = -I_1 \frac{Z_2}{Z_0 + Z_2}$
 $I_2 = -I_1 \frac{Z_0}{Z_0 + Z_2}$

5.) $\bar{I}_f = \underline{T} \cdot \bar{I}_S = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \bar{a}^2 & \bar{a} \\ 1 & \bar{a} & \bar{a}^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$

$u = (z_1 + z_0 + z_2) i_1$

6. Származtassa le a szimmetrikus összetevők módszerének felhasználásával az egyfázisú földzárlat számítására szolgáló modellt (a sorrendi hálózatok kapcsolódását)!

Megoldás:

1.) $U_a = 0$, $i_b = \phi$, $i_c = \phi$

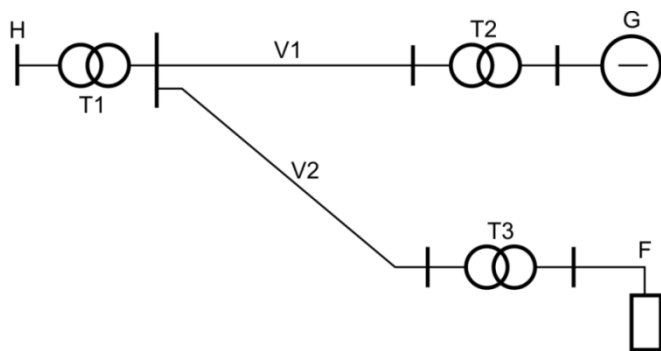
2.) $\bar{I}_S = \underline{T}^{-1} \cdot \bar{I}_f = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \bar{a} & \bar{a}^2 \\ 1 & \bar{a}^2 & \bar{a} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_a \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \frac{i_a}{3} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$

3.)

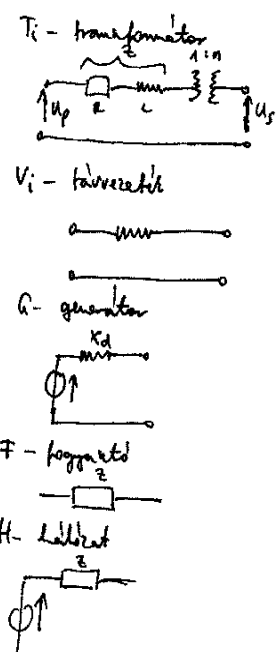
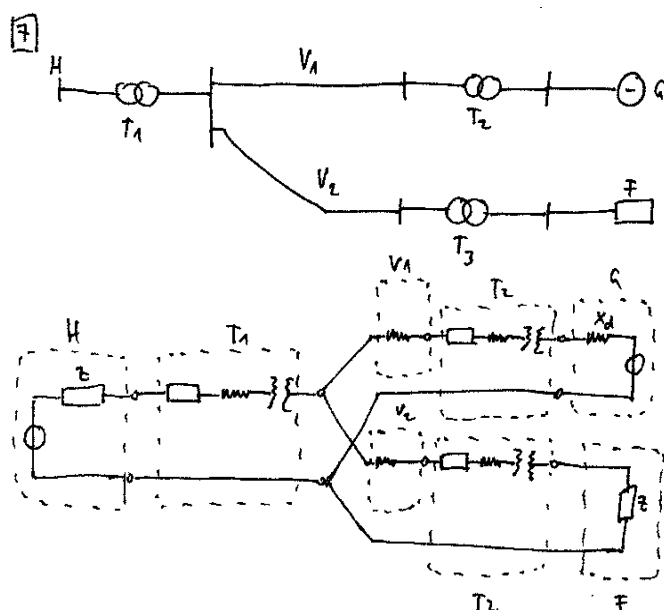
4.) $I_0 = I_1 = I_2 = \frac{u}{Z_0 + Z_1 + Z_2}$

5.) $\bar{I}_f = \underline{T} \cdot \bar{I}_S = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \bar{a}^2 & \bar{a} \\ 1 & \bar{a} & \bar{a}^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$

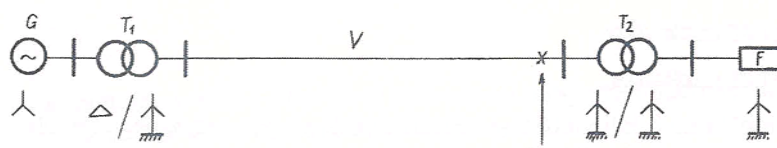
7. Adja meg az alábbi, egyvonalas sémával adott hálózat pozitív sorrendű hálózatát!



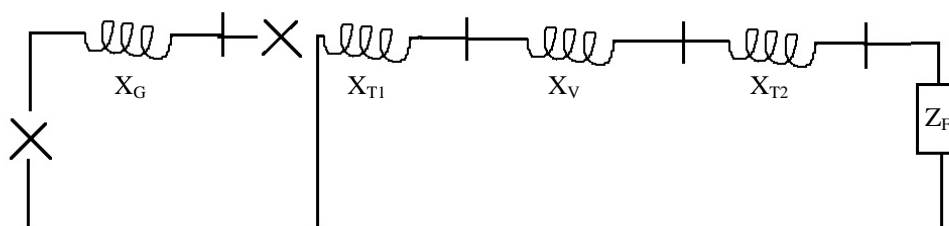
Megoldás:



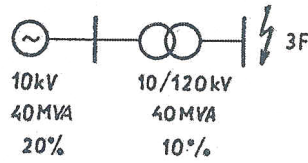
8. Rajzolja fel az alábbi hálózat zérus-sorrendű hálózatát!



Megoldás:



9. Számítsa ki az ábra szerinti hálózatra és hibára



a) a zárlati áram értékét az a, b és c fázisban hibahely feszültség szintjén;

Megoldás:

$$X_L = \frac{\epsilon}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{10}{100} \cdot \frac{120^2}{40} = 36 \Omega \quad (0,25)$$

$$X_G = \frac{\epsilon}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{20}{100} \cdot \frac{10^2 \cdot 120^2}{40 \cdot 10^2} = 72 \Omega \quad (0,5)$$

$$I_{3F} = I_{Z1a} = \frac{120}{\sqrt{3} \cdot j(36+72)} = -j0,641 \text{ A} \quad (7,7 \text{ A})$$

b) a zárlati áram értékét az a, b és c fázisban viszonylagos egységben.

Megoldás:

$$I_n^G = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_n} = \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 10} = 2,309 \text{ A} \quad (10 \text{ kV}) \quad 120 \text{ kV}: 0,192 \text{ A}$$

$$i_{Z1a} = \frac{I_{Z1a}}{I_n^G} = \frac{0,641}{2,309} = 0,277 \text{ v.e.}$$

10. Adja meg annak a – szimmetrikusnak tekintett - háromfázisú távvezetéknek a zérus, pozitív és negatív sorrendű impedanciáját, amelynek

- a fázis-föld önimpedanciája:

$$Z_0 = 0,15 + j 0,6 \text{ ohm/km,}$$

- a fázisok közötti földvisszavezetétes kölcsönös impedanciája:

$$Z_k = 0,05 + j 0,3 \text{ ohm/km.}$$

Megoldás:

$$Z_0 = 0,15 + j 0,6 \left[\frac{\Omega}{\text{km}} \right] \quad Z_k = 0,05 + j 0,3 \left[\frac{\Omega}{\text{km}} \right]$$

$$\text{zérus: } Z_0 = Z_0 + 2 \cdot Z_k = (0,25 + j 1,2) \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$\text{+/-: } Z_1 = Z_2 = Z_0 - Z_k = (0,1 + j 0,3) \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$Z_{\text{eff}} = \begin{bmatrix} Z_0 & Z_k & Z_k \\ Z_k & Z_0 & Z_k \\ Z_k & Z_k & Z_0 \end{bmatrix}$$

$$Z_{00} = \begin{bmatrix} Z_0 + 2Z_k & 0 & 0 \\ 0 & Z_0 - Z_k & 0 \\ 0 & 0 & Z_0 - Z_k \end{bmatrix}$$

$$\begin{matrix} \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ Z_0 & Z_1 & Z_2 \end{matrix}$$

11. Az alábbiakban adott három különböző típusú fázis-impedancia mátrix.

| Tipus: | Fázis impedancia mátrix: | Sorrendi impedancia mátrix (jellegét): |
|--------|--|---|
| (1) | $\begin{bmatrix} Z_{\ddot{o}} & Z_k & Z_k \\ Z_k & Z_{\ddot{o}} & Z_k \\ Z_k & Z_k & Z_{\ddot{o}} \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}$ |
| (2) | $\begin{bmatrix} Z_{\ddot{o}} & Z_m & Z_n \\ Z_n & Z_{\ddot{o}} & Z_m \\ Z_m & Z_n & Z_{\ddot{o}} \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}$ |
| (3) | $\begin{bmatrix} Z_{\ddot{o}} & Z_m & Z_n \\ Z_m & Z_{\ddot{o}} & Z_p \\ Z_n & Z_p & Z_{\ddot{o}} \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}$ |

- a) Adja meg, hogy melyik fázis impedancia mátrix szimmetrikus, ciklikus vagy szimmetrikus és ciklikus.
- b) Az előkészített mátrixokban tüntesse fel – jellegre – a szimmetrikus összetevő mátrixok elemeit. Mutasson rá az egyes elemek esetleges egyenlőségére.

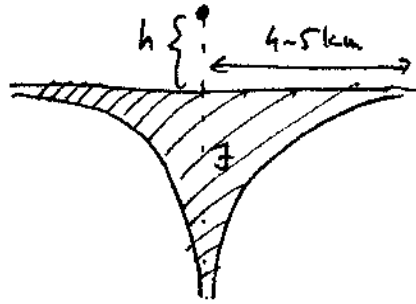
Megoldás:

| Tipus: | Fázis impedancia mátrix: | Sorrendi impedancia mátrix (jellege): |
|---------------------------------|--|---|
| (1) szimmetrikus és ciklikus | $\begin{bmatrix} Z_{\ddot{o}} & Z_k & Z_k \\ Z_k & Z_{\ddot{o}} & Z_k \\ Z_k & Z_k & Z_{\ddot{o}} \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} Z_{00} & 0 & 0 \\ 0 & Z_{11} & 0 \\ 0 & 0 & Z_{22} \end{bmatrix} \quad Z_{11} = Z_{22}$ |
| (2) ciklikus | $\begin{bmatrix} Z_{\ddot{o}} & Z_m & Z_n \\ Z_n & Z_{\ddot{o}} & Z_m \\ Z_m & Z_n & Z_{\ddot{o}} \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} Z_{00} & 0 & 0 \\ 0 & Z_{11} & 0 \\ 0 & 0 & Z_{22} \end{bmatrix} \quad Z_{11} \neq Z_{22}$ |
| (3) szimmetrikus | $\begin{bmatrix} Z_{\ddot{o}} & Z_m & Z_n \\ Z_m & Z_{\ddot{o}} & Z_p \\ Z_n & Z_p & Z_{\ddot{o}} \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} Z_{00} & Z_{01} & Z_{02} \\ Z_{10} & Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{20} & Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \quad Z_{01} \neq Z_{10} \\ \text{stb}$ |

12. Adja meg egy vezető-föld hurokra váltakozó áram esetén:

a) A földben az árameloszlás minőségi képét.

Megoldás:



b) A Carson-Clem helyettesítés szerinti visszavezető cső paramétereinek ($R_f = 0,00099f$, $D_f = 659 \sqrt{\frac{\rho}{f}}$) értelmezését és értékét, ha a frekvencia 50 Hz, a föld fajlagos ellenállása $50 \Omega\text{m}$

Megoldás:

f_j Carson - Clem ($f = 50\text{Hz}$, $\rho = 50 \Omega\text{m}$)

$R_f = 0,00099f$ - föld ellenállása

$D_f = 659 \sqrt{\frac{\rho}{f}}$ - a cső sugara

$$R_f = 0,00099 \cdot 50 = 0,0495 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$D_f = 659 \cdot \sqrt{\frac{0,05}{0,0495}} \approx 659 \text{ m}$$

R_f - föld ellenállása

D_f - a visszavezető és a földviszavezető helyettesítő vezető távolsága

c) A vezető-földviszavezetés hurok-impedancia értékét, ha a vezető ellenállása $0,1 \Omega/\text{km}$, sugara $6,59 \text{ mm}$,

Megoldás:

$$R_v = 0,1 \frac{\Omega}{\text{km}}, r = 6,59 \text{ mm}$$

$$Z_0 = R_v + 0,00099f + j \cdot 0,00099f \cdot \lg \frac{D_f}{r} = 0,1 + 0,0495 + j \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot \lg \frac{659}{6,59}$$

$$Z_0 = 0,1495 + j \cdot 0,314 \left[\frac{\Omega}{\text{km}} \right]$$

13. Határozza meg a földvisszavezetés Carson-Clem (egyenértékű csővel való) helyettesítése alapján:

a) a visszavezetést helyettesítő cső R_f és D_f értékeit ($R_f = 0,00099f$, $D_f = 659\sqrt{\frac{\rho}{f}}$)

a következő 4 esetre:

a ρ fajlagos talajellenállás: 50 és 5000 ohm.m, az f frekvencia: 50 és 5000 Hz,

Megoldás:

| | $f = 50 \text{ Hz}$ | $f = 5 \text{ kHz}$ |
|---|--|---|
| $\rho = 50 \Omega \cdot \text{m}$ | $R_f = 0,0495 \frac{\Omega}{\text{km}}$ $D_f = 659 \text{ m}$ | $R_f = 0,0495 \frac{\Omega}{\text{km}}$ $D_f = 6590 \text{ m}$ |
| $\rho = 5 \text{ k}\Omega \cdot \text{m}$ | $R_f = 4,95 \frac{\Omega}{\text{km}}$ $D_f = 65,9 \text{ m}$ | $R_f = 4,95 \frac{\Omega}{\text{km}}$ $D_f = 659 \text{ m}$ |

$$R_f = 0,00099f$$

$$D_f = 659 \sqrt{\frac{\rho}{f}}$$

b) az a) pont szerinti viszonyokra azt a vezetékek közötti legnagyobb távolságot, amelyre a helyettesítés – legfeljebb 5% hibával – alkalmazható (Carson-Clem helyettesítés érvényes).

Megoldás:

| | $f = 50 \text{ Hz}$ | $f = 5 \text{ kHz}$ |
|---|------------------------------------|------------------------------------|
| $\rho = 50 \Omega \cdot \text{m}$ | $d_{\text{max}} = 88,96 \text{ m}$ | $d_{\text{max}} = 889,6 \text{ m}$ |
| $\rho = 5 \text{ k}\Omega \cdot \text{m}$ | $d_{\text{max}} = 8,896 \text{ m}$ | $d_{\text{max}} = 88,96 \text{ m}$ |

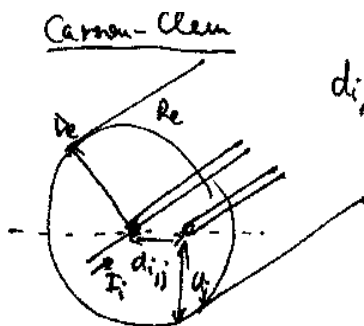
$$d_{\text{max}} \leq 0,135 \cdot D_f \rightarrow 2,5\%$$

14. A vezetékrendszerek földvisszavezetési impedanciájának számítására a Carson-Clem közelítéssel meghatározott egyenértékű cső és a komplex tükrözés módszere használatos.

a) Vázlatrajzon szemléltesse a két módszerben alkalmazott paramétereket és adatokat (a b pont szerint használt jelölések felhasználásával).

$$\left(\alpha = \sqrt{\mu_0 \frac{\omega}{\rho}}, \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \quad R_f = 0,00099f, \quad D_f = \frac{1,852}{\alpha}, \quad \bar{p} = \frac{1}{\alpha} e^{-j45^\circ} \right)$$

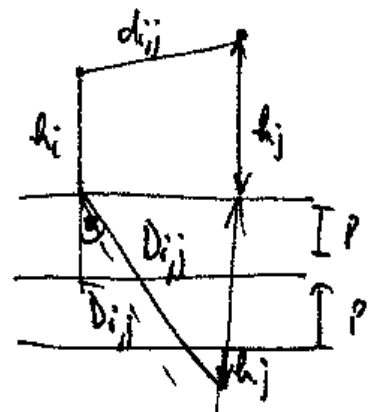
Megoldás:



$$d_{i,j,\text{max}} \leq 0,135 \cdot D_e$$

$$R_e = 10^{-3} \cdot 0,987 \cdot f \left[\frac{\Omega}{\text{km}} \right]$$

komplex tükrözés



b) Határozza meg $\rho = 100 \Omega m$ fajlagos talajellenállás esetén, a következő elrendezésű i és j jelű vezetők közötti földvisszavezetétes kölcsönös impedanciát:

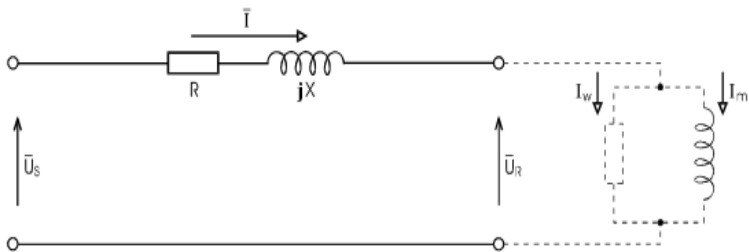
- földfeletti magasságok: $h_i = 15 \text{ m}$, $h_j = 5 \text{ m}$,
- kölcsönös vízszintes távolság: $a_{ij} = 50 \text{ m}$.

Megoldás:

(A Carson-Clem módszerről akkor térjen át a komplex tükrözés módszerre ha azt az alkalmazhatóságra vonatkozó feltétel ($d_{ij} > 0,135 D_i$) megköveteli.)

15. Jellemezze a fázorábra alapján egy $I = I_w + j I_m$ árammal terhelt $Z = R + jX$ soros impedanciával jellemzett távvezeték esetére a komplex feszültségesést, valamint annak hossz- és keresztirányú összetevőit. Milyen kapcsolat van az átvitt hatásos és meddő teljesítmény, valamint a feszültségesés komponensek között?

Megoldás:



a, áramköri jellemzők

$$\bar{V} = \bar{U}_S - \bar{U}_R = \bar{Z}\bar{I} = (R + jX)(I_w + jI_m) = (RI_w - XI_m) + j(RI_m + XI_w)$$

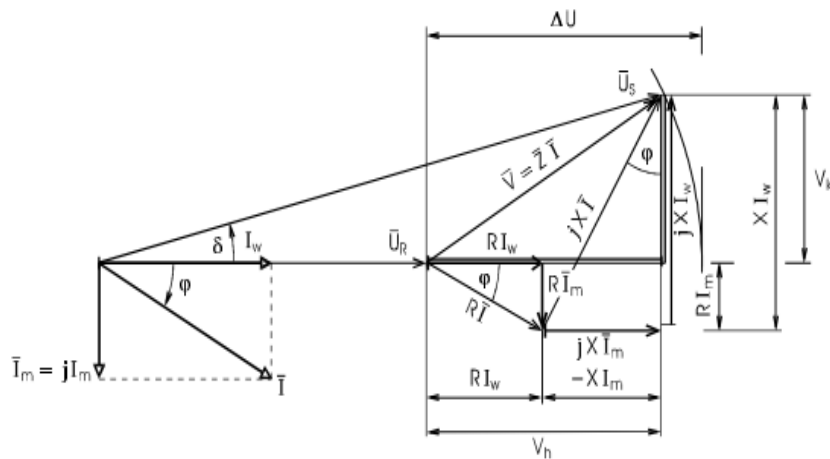
A feszültségesés komponensei:

– a hosszirányú feszültségesés

$$V_h = RI_w - XI_m$$

– a keresztirányú feszültségesés pedig

$$V_k = RI_m + XI_w$$



b, fázor ábra (induktív terhelésre, φ és I_m negatív)

A hosszirányú feszültségesést a meddő (Q) teljesítmény, a keresztirányú feszültségesést (terhelési szöget) pedig a hatásos teljesítményáramlás befolyásolja.

16. Számítsa ki az alábbi végtelen hálózat – távvezeték – fogyasztó átviteli hálózat esetén a távvezeték feszültségesést kV-ban és viszonylagos egységben (alappennyiségek a fogyasztó névleges értékei)!

Hálózat:

$$U_n^H = 22 \text{ kV}$$

$$S_{rz} = \infty$$

Távvezeték jellemzők:

$$l = 50 \text{ km}$$

$$r = 0,32 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$x = 0,3 \text{ } \Omega/\text{km}$$

Fogyasztó adatok:

$$U_n = 22 \text{ kV}$$

$$S_n = 6 \text{ MVA}$$

$$\cos \phi = 0,8 \text{ ind.}$$

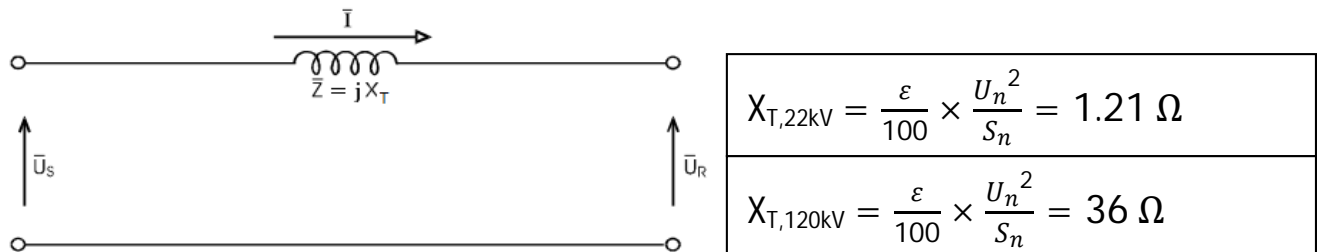
Megoldás:

$U_n^H = 22 \text{ kV}$ $l = 50 \text{ km}$ $U_n = 22 \text{ kV}$ $S_n = 6 \text{ MVA}$
 $r = 0,32 \frac{\Omega}{\text{km}}$ $x = 0,3 \frac{\Omega}{\text{km}}$ $R = 16 \Omega$ $X = 15 \Omega$ $\cos \phi = 0,8 \text{ ind.}$
 $\bar{I} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} (\cos \phi - j \cdot \sin \phi) = \frac{6 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 22 \cdot 10^3} (0,8 - j \cdot 0,6)$
 $\bar{I} = (126 - j \cdot 94) \text{ A}$ $\bar{I}_w = 126$
 $j \bar{I}_{im} = -94$
 $\Delta U_k = R_{vez} \cdot I_w - X_{vez} \cdot I_{im} = 16 \cdot 126 + 15 \cdot 94$
 $\Delta U_k = 3426 \text{ kV}$ $\Delta U_k \% = \frac{3426}{\frac{U_n^H}{\sqrt{3}}} \cdot 100 = 26,97\%$

Viszonylagos egységben: $\Delta U = 0.27$

17. Adja meg a 120/22 kV névleges feszültségű, 40 MVA névleges teljesítményű, 10 % feszültségesésű (droppú) transzformátor egyfázisú helyettesítő kapcsolását a helyettesítő reaktancia értékének feltüntetésével (Ohm-ban)!

Megoldás:



a) a transzformátor névleges áramait,

Megoldás:

$$U_R = 22 \text{ kV} \quad ; \quad U_s = 120 \text{ kV}$$

$$S_n = 40 \text{ MVA} \quad , \quad \varepsilon = 10$$

$$I_2 = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_R} = 1,049 \text{ kA}$$

$$I_1 = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_s} = 192,45 \text{ A}$$

b) a transzformátor saját rövidzárlati teljesítményét.

Megoldás:

$$S_z = \frac{S_n}{\varepsilon/100} = \underline{400 \text{ MVA}}$$

18. Egy háromfázisú fogyasztó névleges feszültsége 10 kV, névleges teljesítménye 4 MVA, teljesítménytényezője $\cos\varphi = 0,8$ (induktív).

a) Számítsa ki a fogyasztó:

- hatásos és meddő teljesítményét,

Megoldás:

$$P = S_n \cdot \cos\varphi = 3,2 \text{ MVA}$$

$$Q = S_n \cdot \sin\varphi = 2,4 \text{ MVA}$$

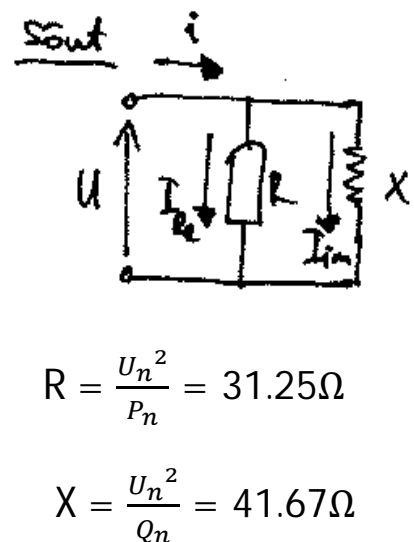
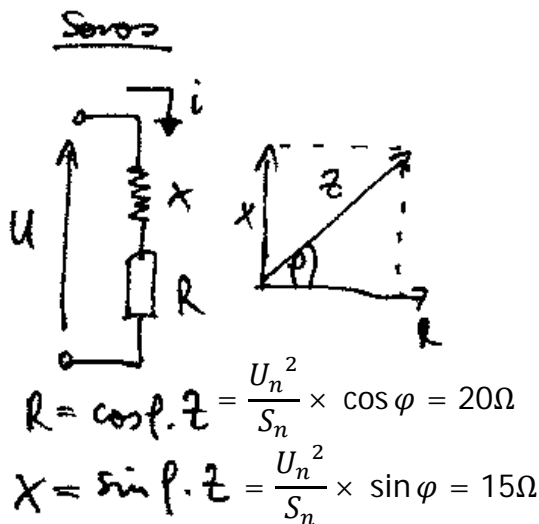
- a hálózatról felvett áramát,

Megoldás:

$$\underline{I_n^f} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \underline{230,94 \text{ A}} \quad \bar{I}_n^f = I_n^f \cdot (\cos\varphi - j \cdot \sin\varphi) = 230,94 (0,8 - j 0,6)$$

b) Rajzolja fel a soros is és sönt helyettesítő kapcsolását az elemek értékek felöntetésével.

Megoldás:



19. Egy 120 kV-os gyűjtősín háromfázisú zárlati teljesítménye 4000 MVA.

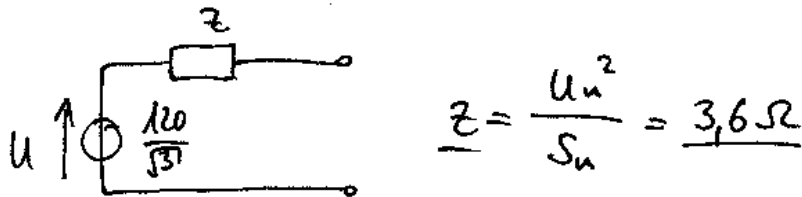
a) Számítsa ki a háromfázisú rövidzárlati áramát.

Megoldás:

$$\underline{I_{Rz}} = \frac{S_z}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \underline{19,245 \text{ kA}}$$

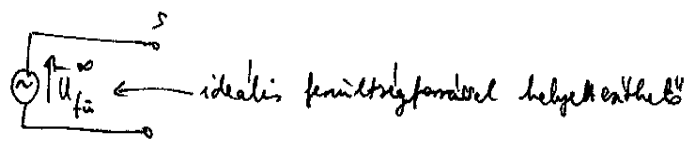
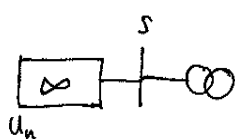
- b) Adja meg a gyűjtősínre tápláló hálózat egyfázisú helyettesítő kapcsolását és helyettesítő elemek értékének feltüntetésével.

Megoldás:



20. Értelmezze a végtelen hálózat fogalmát, fizikai tartalmát, adja meg a pozitív sorrendű helyettesítését! A vázoljon fel egy olyan gyakorlati helyzetet, amikor a hálózati csatlakozási pont végtelen hálózatnak tekinthető.

Megoldás: végtelen hálózat



olyan szaktudás-elemen át van lejtőgömbök, amelynek az impedanciája sokkal nagyobb, mint a végtelenül feltételezett hálózat mögöttes impedanciája

$$R_{be} \approx \infty \rightarrow \frac{P_{termo}}{P_{hálózat}} \approx \emptyset$$

$$S_{be} \gg S_f$$

↑
min 2 nagyságrend

21. Egy 400 kV névleges feszültségű, 50 Hz-en üzemelő veszteségmentesnek tekinthető távvezeték paraméterei:

soros reaktancia: $x_L = 0,28 \Omega/\text{km}$,

sönt (kapacitív) reaktancia: $x_C = 0,4 \text{ M}\Omega \cdot \text{km}$, vezetékhozz: $l = 100 \text{ km}$.

Számítsa ki

- a) a vezeték hullámellenállását,

Megoldás:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{\frac{X_L \times l}{2\pi f}}{\frac{l}{2\pi f \times X_C}}} = \sqrt{X_L \times X_C} = 334,66 \Omega$$

- b) a vezeték természetes teljesítményét.

Megoldás:

$$P_t = \frac{U_n^2}{Z_0} = 478,1 \text{ MW}$$

- c) Milyen kapcsolat van a természetes teljesítmény átvitelekor az átvitt hatásos és meddő teljesítmények között?

Megoldás:

$P = P_{term}$, akkor $Q_S = Q_R = 0$, mert $Q_C = Q_L$

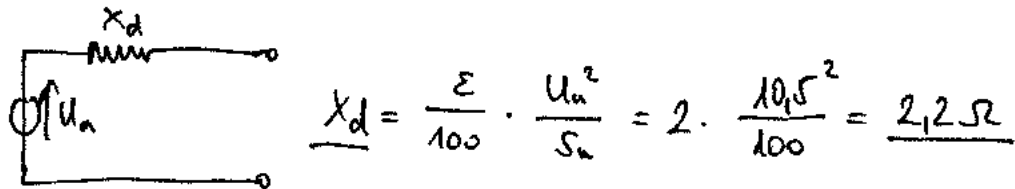
$P < P_{term}$, akkor meddő termelő

$P > P_{term}$, akkor meddő fogyasztó

22. Egy 10,5 kV névleges feszültségű, 100 MVA névleges teljesítményű és $X_d = 200\%$ reaktanciájú generátorra adja meg:

a) az egyfázisú, pozitív sorrendű helyettesítő kapcsolását a helyettesítő reaktancia értékének feltüntetésével (Ω),

Megoldás:



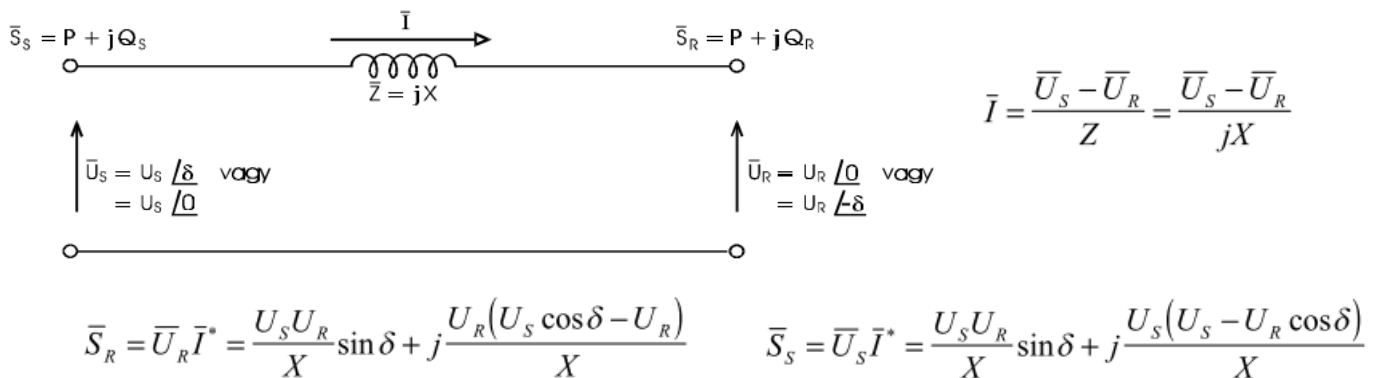
b) a generátor névleges áramát.

Megoldás: $S_n = \sqrt{3} \times U_n \times I_n$ $I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times U_n} = 5.49 \text{ kA}$

23. Adja meg a $Z = jX$ soros impedanciával jellemzett vezetékre, adottaknak végponti feszültségek esetén:

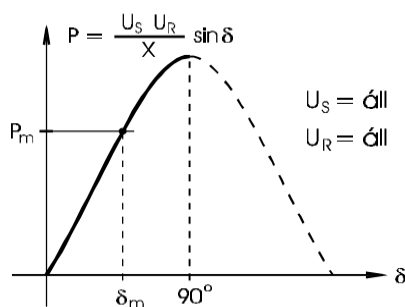
a) az S és R végpontokra a hatásos és a meddő teljesítmény összefüggéseket,

Megoldás:



b) a szinkron-stabilitás korlátját,

Megoldás:



Az átvitt teljesítménnyel a δ terhelési szög nő, $\delta = 90^\circ$ -nál maximuma van és stabilis munkapont $\delta < 90^\circ$ tartományban van.

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

c) hogyan tudja befolyásolni a meddőteljesítmény-áramlást.

Megoldás:

$$Q_S - Q_R = \frac{(\bar{U}_S - \bar{U}_R)^2}{X} = \frac{V^2}{X} = XI^2$$

A meddő teljesítmény nagyságát és irányát alapjában véve a végponti feszültségek közötti különbség adja meg.

24. Egy $X = 0,15$ v.e. nagyságú soros reaktanciával jellemzett vezetéken a végponti feszültségek $U_S = 1,05$ v.e. és $U_R = 0,95$ v.e., az $S \rightarrow R$ irányú hatásos teljesítmény $1,2$ v.e.

Számítsa ki végpontjain a meddőteljesítmény értékeket v.e.-ben és adja meg azok irányát (értelmezze azok jellegét).

Megoldás:

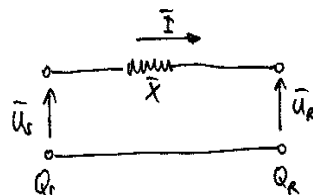
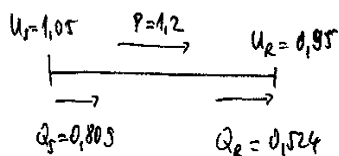
$$X = 0,15 \text{ v.e.} \quad U_R = 0,95 \text{ v.e.}$$

$$U_S = 1,05 \text{ v.e.} \quad P_{S \rightarrow R} = 1,2 \text{ v.e.}$$

$$P_{S \rightarrow R} = \frac{U_R \cdot U_S}{X} \cdot \sin \varphi$$

$$\sin \varphi = \frac{X \cdot P_{S \rightarrow R}}{U_R \cdot U_S} = 0,18$$

$$\varphi = 10,4^\circ$$



$$Q_S = \frac{U_S (U_S - U_R \cos \varphi)}{X} = 0,809$$

$$Q_R = \frac{U_R (U_S \cos \varphi - U_R)}{X} = 0,524$$

meddő telj. áramlás a nagyobb feszültségűre (U_S) áramlik a kisebb (U_R) felé!

25. Adja meg a $Z = jX$ soros impedanciával jellemzett vezetékre, adottaknak tekintett végponti feszültségek esetén:

a) az S és R végpontokra a komplex teljesítmény összefüggéseket (fazoros formában),

Megoldás:

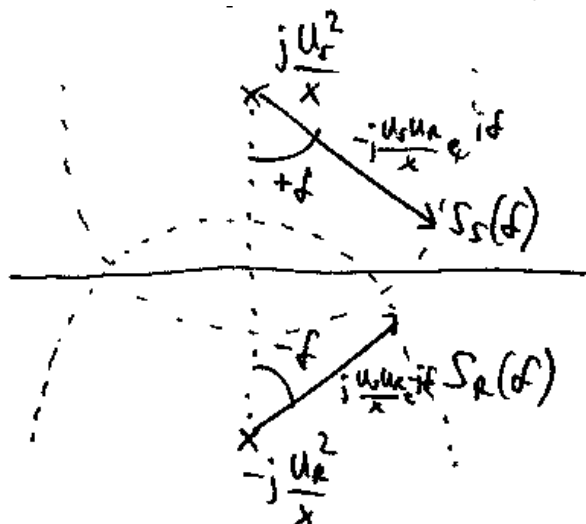
$$\bar{S}_R = P_R + jQ_R = U_R \cdot I^* = -j \frac{U_R^2}{X} + j \frac{U_S U_R}{X} e^{-j\varphi}$$

$$\bar{S}_S = P_S + jQ_S = U_S \cdot e^{j\varphi} \cdot I^* = j \frac{U_S^2}{X} - j \frac{U_S U_R}{X} e^{j\varphi}$$

↳ központi vektor ↳ fogóvektor

a) az S és R végpontok a komplex teljesítményét szemléltető kördiagramot egy adott teljesítmény-átviteli esetre vonatkozó összetartozó teljesítmények feltüntetésével.

Megoldás:



26. A $Z = jX$ soros impedanciával jellemzett vezetékre, adottaknak tekintett végponti feszültségek esetén:

a) Adja meg az S és R végpontokra a meddő teljesítmény kifejezését.

Megoldás:

$$Q_S = \frac{U_S(U_S - U_R \cos \delta)}{X} \quad Q_R = \frac{U_R(U_S \cos \delta - U_R)}{X} \quad (2-35)$$

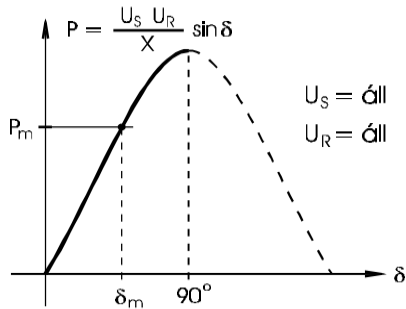
b) Mi a feltétele a meddő teljesítmény áramlási iránya megfordulásának az S és R végpontokra?

Megoldás:

A (2-35) kifejezések számlálójában lévő zárójeles kifejezések azt mutatják, hogy a meddő teljesítmény nagyságát és irányát alapján véve a végponti feszültségek közötti különbség szabja meg ($\delta = 0$, azaz ha $P = 0$, akkor mindkét végre vonatkozó kifejezésben $U_S - U_R$ szerepel). Lényegében a nagyobb feszültségű végtől a kisebb feszültségű felé áramlik az induktív jellegű meddő teljesítmény.

c) Adja meg és ábrázolja hatásos teljesítmény-terhelési szög kapcsolatra vonatkozó összefüggést. Ezen jelölje be a statikus állapotban stabil üzemi tartományt.

Megoldás:



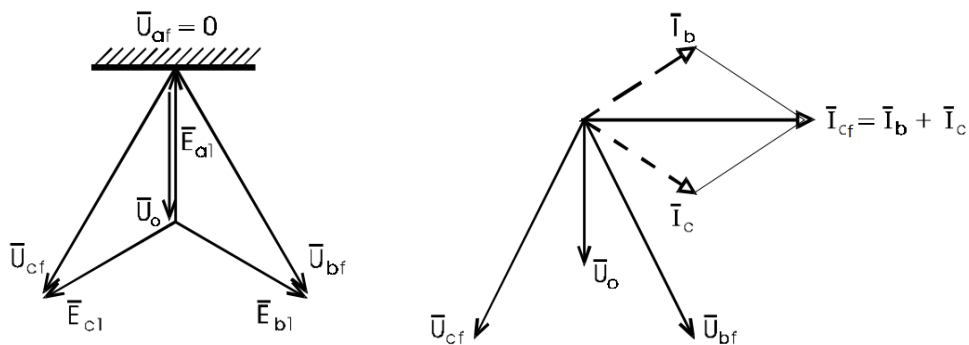
Az átvitt teljesítménnyel a δ terhelési szög nő, $\delta = 90^\circ$ -nál maximuma van és stabilis munkapont $\delta < 90^\circ$ tartományban van.

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

27. Szigetelt csillagpontú hálózat "a" fázisú földzárlatának esetére adja meg:

a) A feszültség és a kapacitív földzárlati áram fázorábráját.

Megoldás:



b) A hibahelyi áram és a C_0 fázisföld kapacitás közötti kapcsolatot.

Megoldás:

$$I_C = \sqrt{3}U_v \omega C_0 = 3U_f \omega C_0 = 3 \frac{U_f}{X_{C0}}$$

I_C nagysága a fémesen összefüggő hálózat eredő földkapacitásától függ.

c) Milyen veszéllyel jár a szigetelt csillagpont?

Megoldás:

A földzárlat fellépésnek pillanatában, az ugrásszerű feszültségváltozás miatt a földkapacitások töltésének át kell rendeződni. Ez a fázis-induktivitásokon át transziens folyamat útján történik, amely az ép fázisokban transziens túlfeszültségeket eredményez. A földzárlati ív kialakása és periódusonkénti visszagyújtása, azaz az ú.n. ívelő földzárlat hatására az ép fázis feszültsége a névleges többszörösére emelkedhet. Tapasztalat szerint az ívelő földzárlat veszélye a földkapacitás egy adott értéke felett jön létre, ezért szigetelt csillagponttal csak kis kiterjedésű 6 kV-os ipartelepi hálózatok üzemelhetnek.

28. Ismertesse a csillagpont kompenzálás lényegét, azaz:

a) A pontos kompenzálás feltételét.

Megoldás:

A kompenzált csillagpont földelés esetén azaz a csillagpont és a föld közé beiktatott induktivitás (Petersen tekerecs) alkalmazásakor a hibahelyen át záródó

$$I_L = 3I_{L0} = \frac{U_f}{\omega L_f} = \frac{U_f}{X^P + X_r/3}$$

nagyságú induktív jellegű áram jön létre.

A I_L azonos nagyságúvá tehető I_c -vel, ha a Petersen tekerecs reaktanciáját

$$X^P = \frac{X_{C0} - X_r}{3} \quad (X_r \ll X_{C0})$$

nagyságúra választjuk.

b) A pontos kompenzálás veszélyét, és ennek elkerülési módját.

Megoldás:

A kompenzálás hatására akkor remélhetünk ívkialvást, ha a hibahelyi maradék áram 5-10 A-nél kisebb. A maradék áramnak egyik forrása az induktív maradék áram, ami abból adódik, hogy az ú.n. soros rezonancia-veszély elkerülésére az I_L kompenzáló áramot kb. 5 %-kal I_c -nél nagyobbra kell beállítani.

29. Kompenzált csillagpontú hálózat esetére adja meg:

a) A kompenzált csillagpontú hálózat legfőbb előnyét.

Megoldás:

A hibahelyi íven $\bar{I}_C + \bar{I}_L$ áram folyik, amely elvben nulla, és az ív kialszik, a földzárlat önmagától megszűnik. Az ív kialakását követően a feszültség a hibahelyen csak lassan tér vissza, a $3X^P$ és X_{C0} által alkotott 50 Hz-es rezgőkör több perióduson át bekövetkező lecsengésének ütemében. Ezért a csillagpont kompenzálás az ívelő földzárlat kialakulásának is elejét veszi.

b) A maradékáram keletkezésének okait.

Megoldás:

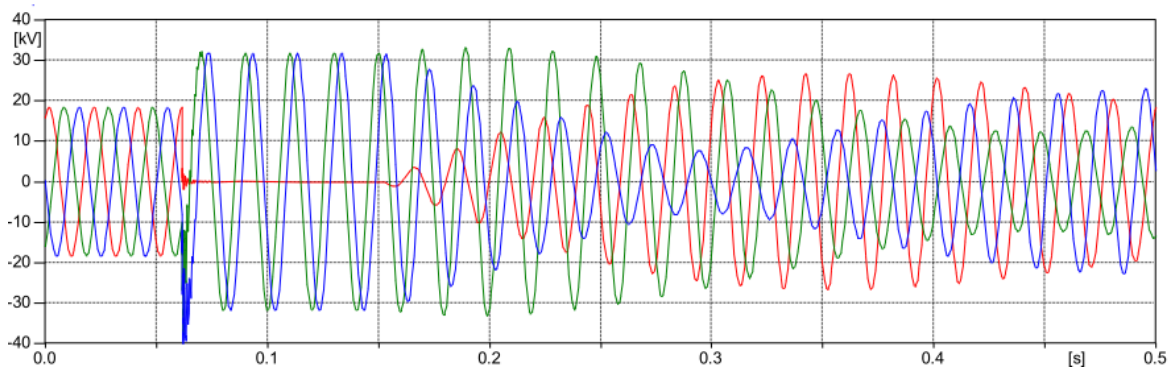
A maradék áramnak több forrása van, így:

- a csillagponti induktivitás - mint vasmagos tekercs - veszteségi ellenállásán folyó, wattos maradék áram,
- a felharmonikus áramok, amelyre a kompenzálás nem hangolt,
- az induktív maradék áram, ami abból adódik, hogy az ú.n. soros rezonancia-veszély elkerülésére az I_L kompenzáló áramot kb. 5 %-kal I_C -nél nagyobbra kell beállítani.

30. Kompenzált csillagpontú hálózat esetére adja meg földzárlat önmagától való megszűnésének feltételeit és a hibahelyen a feszültség visszatérésének a jellegét (időfüggvényét minőségileg).

Megoldás:

1. Az ív aludjék ki
 \Rightarrow a maradékáram legyen kisebb 10 A-nél.
2. A hibahelyi feszültség lassan térjen vissza
 \Rightarrow a zérus sorrendű hálózat 50 Hz-es önfrekvenciája és kis csillapítása (sokáig lengjen).
3. A hibahely villamos szilárdsága gyorsabb ütemben térjen vissza, mint a zérus sorrendű hálózat lecsengési üteme.



Itt a piros színű függvény a visszatérő fázisfeszültségünk, amely fokozatosan és lassan tér vissza az eredeti állapotába.

31. A csillagpont földelési módokkal kapcsolatosan:

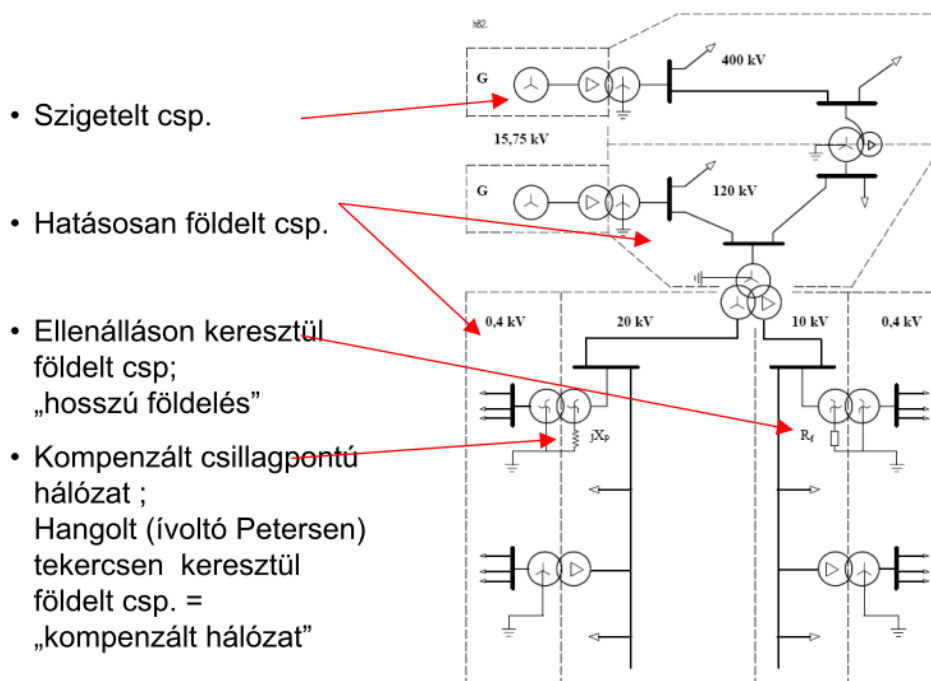
- a) Hasonlítsa össze - táblázatos formában - a különböző csillagpont földelésű hálózatokat az ép fázis feszültségemelkedése, a földzárlati áram nagysága és a védelmi érzékelés szempontjából.

Megoldás:

| Szempontok | Csillagpont földelés jellege | |
|---|--|--|
| | Nem közvetlenül földelt | Közvetlenül földelt |
| Ép fázisok feszültsége: - állandósult - tranziens | Nagy(obb) Hátrány! $\approx U_V$ $(2 - 5) \times U_f$ (ívelő földzárlat) | Kicsi Előny! $< 1,4 U_f = 0,8 U_V$ |
| Földzárlati áram | Kicsi: Előny! - szig. csp. kapacitív < 10 A - kompenzált csp.: maradék áram < (5-10) A - ellenálláson földelt: (100-150) A | Nagy rövidzárlati Hátrány! |
| Védelmi érzékelés | A zérus sorrendű U_0 > nagyobb alapján a földzárlat ténye felismerhető. A hibahely szelektív behatárolása nehéz. Hátrány! | Szelektíven lehetséges Előny! |

- b) Adja meg, hogy a hazai hálózatok különböző feszültség szintjein (400 kV, 220 kV, 120 kV, 20 kV, 10 kV, 0,4 kV) alkalmazott csillagpont földelési módokat.

Megoldás:



- c) Adja meg a hatásosan földelt csillagpontú hálózat esetén az eredő zérus sorrendű ellenállásra és reaktanciára vonatkozó feltételeket.

Megoldás:

$$R_0/X_1 < 1 \text{ és } X_0/X_1 < 3$$

32. Egy villamosenergia-rendszerben a hatásos (P) teljesítmények egyensúlya általános érvényű.

a) Adja meg a dinamikus energetikai egyensúly matematikai leírását!

Megoldás:

$$P_G = P_M - T \frac{dw}{dt} = P_F + P_V$$

↗ ma. dtl. hőfelvétel

↘ összesen
↘ ösnyomás

↘ ma. forrássalatti ösnyomás

↘ turbináknál leadott mech. teljesítmény

↘ generátor által leadott vill. teljesítmény

b) Értelmezze a (fiktív) rendszerfrekvenciát!

Megoldás:

$$\omega = \sum \omega_i T_i / T \text{ a rendszer átlagos (fiktív) körfrekvenciája.}$$

$$f = \omega / 2\pi$$

c) Miért kell folyamatosan szabályozni az erőművek hatásos teljesítményét?

Megoldás:

$$a \quad P_G = P_F + P_V \quad \text{egyenlőség} \quad \underline{P_F \text{ változik}}$$

- állandó ω
- nevével

frekvencia ω 15,75 rad/s

$$\text{vagyis } \boxed{(f - f_{nevel}) \rightarrow 0}$$

a $P_M = P_F + P_V$ által

33. Egy villamosenergia-rendszerben a meddő (Q) teljesítmények egyensúlya általános érvényű.

a) Adja meg a meddőteljesítmények egyensúlyának matematikai leírását!

Megoldás:

↗ fogyasztók által felvett Q

$$Q_G = Q_F - Q_C + Q_M \rightarrow \text{a teljes hálózati meddő egyensúlyát indukáló fogg.}$$

↘ generátor által leadott meddő teljesítmény

↘ helyi meddőforrásokból előállított Q

leadott meddő teljesítmény

35. A fogyasztói teljesítményfelvétel (P és Q) függ a feszültségtől és a frekvenciától.

a) Adja meg ennek matematikai leírását a meddő (Q) teljesítményre!

Megoldás:

$$Q = Q_0 + Q_0 \left(k_{qu} \frac{\Delta u}{u_0} + k_{qf} \frac{\Delta f}{f_0} \right)$$

$$\Delta u = u - u_0$$

$$\Delta f = f - f_0$$

$$k_{qu} = \frac{\Delta Q}{Q_0} / \frac{\Delta u}{u_0}$$

$$k_{qf} = \frac{\Delta Q}{Q_0} / \frac{\Delta f}{f_0}$$

} fen. és fele. értékekre: teljesítő

b) Mutasson be egy egyszerű, fizikai áramköri példát!

Megoldás:

Lekezdő álló áramú fogyasztó ($u_0, f_0 \rightarrow Q_0, u, f \rightarrow Q$)

$$Q_0 = \frac{u_0^2}{2\pi f_0 L}$$

$$Q = \frac{u^2}{2\pi f \cdot L}$$

$$Q = Q_0 \left(\frac{u}{u_0} \right)^2 \cdot \left(\frac{f}{f_0} \right) \quad \begin{matrix} \Delta u = u - u_0 \\ \Delta f = f - f_0 \end{matrix}$$

$$Q = Q_0 + Q_0 \left(k_{qu} \frac{\Delta u}{u_0} + k_{qf} \frac{\Delta f}{f_0} \right)$$

c) Miért szükséges a folyamatos feszültségszabályozás?

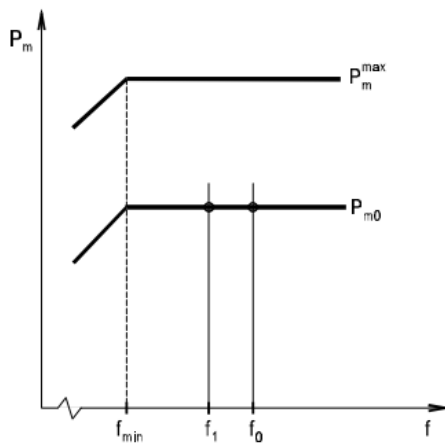
Megoldás:

A meddő teljesítmény a nagyobb feszültségű végponttól áramlik a kisebb felé.

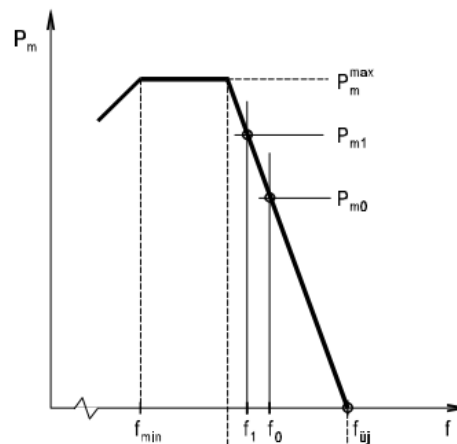
36. A frekvenciatartásban fontos szerepe van a turbina (mechanikai) teljesítmény P(f) karakterisztikájának és az ún. szekunder szabályozásnak.

a) Ábrán adja meg a frekvenciára érzéketlen (a1) ill. a frekvenciaváltozásra szabályozással válaszoló (a2) idealizált P(f) karakterisztikákat!

Megoldás:



a1)



a2)

b) Értelmezze a statizmus fogalmát és a szabályozás MW/Hz meredekségét a karakterisztika alapján!

Megoldás:

A P(f) karakterisztika átlagos arányossága, az ún. statizmus:

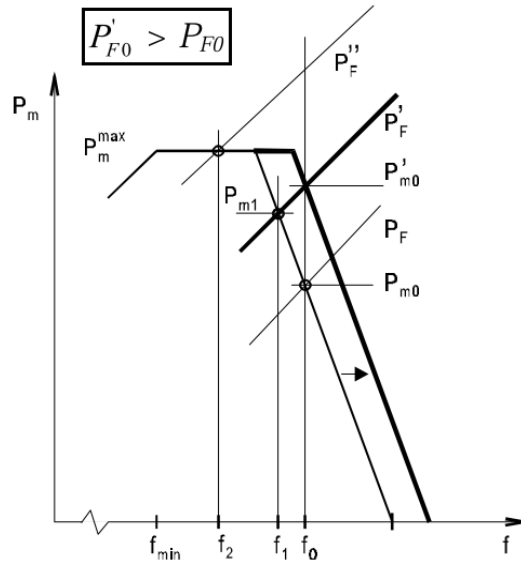
$$R = 100 \Delta f_R / f_{névl} \quad [\%]$$

A karakterisztika meredeksége:

$$K_g = - \Delta P_m / \Delta f = - P_m^{\max} / \Delta f_R \quad [\text{MW/Hz}]$$

- c) Mutassa meg a primer- ill. szekunder-szabályozás elvi működését az a2 karakterisztikához!

Megoldás:



37. A teljesítmény-átvitelnek statikus stabilitási korlátja is van.

- a) Egyszerű példán értelmezze a feszültségstabilitást X induktív reaktancián történő átvitelhez és levezetéssel határozza meg az átvihető P_{max} teljesítményt!

Megoldás:

Az X induktív reaktancián történő teljesítményátvitel a 220 kV-os vagy ennél nagyobb feszültségű hálózatokra jellemző. A 4-5a. ábra a modellt, a 4-5b. ábra az $U-I$ fazorábrát mutatja. Az ábra alapján

$$E_A^2 = U^2 + (XI)^2, \quad \text{ahol} \quad I = P / U$$

A $V = U^2$ bevezetésével V -re az alábbi másodfokú egyenletet kapjuk

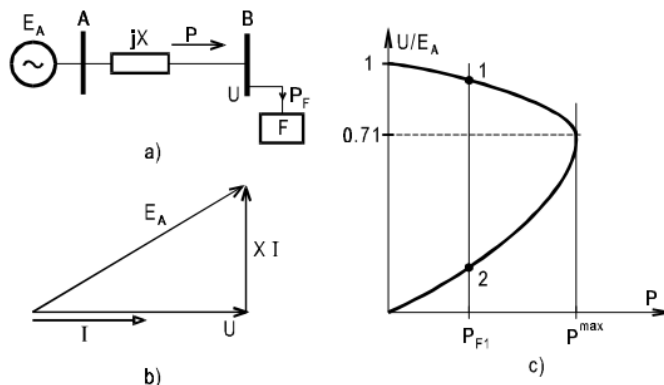
$$V^2 - E_A^2 V + (XP)^2 = 0$$

A B pont U feszültsége ennek

$$U^2 = V = (E_A^2 \pm \sqrt{D}) / 2 \tag{4-25}$$

megoldásával határozható meg, ahol $D = E_A^4 - 4 (XP)^2$. Az átvitel $U(P)$ jelleggörbéjét a 4-5c. ábra mutatja. A P_{F1} teljesítményhez az 1. lesz a munkapont, mert itt teljesül a feszültség stabilitás $dP / dU < 0$ feltétele. Az átvihető legnagyobb P teljesítmény a $D = 0$ értékhez tartozóan :

$$P^{max} = E_A^2 / 2X \tag{4-26}$$



4-5. ábra Az X reaktancián történő átvitel feszültségstabilitása

b) Adja meg a feszültségstabilitás általános feltételét, ha P_F nem függ az U -tól!

Megoldás:

$$dP / dU < 0$$

c) Mutasson egyszerű áramkört példát az instabilitás kialakulására.

Megoldás:

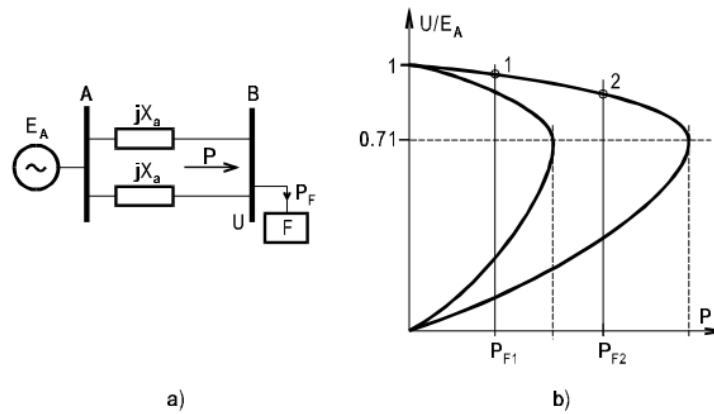
Tételezzük fel, hogy az átvitel két párhuzamos, egyenként X_a reaktanciájú vezetéken történik. A párhuzamos átvitelnél

$$X = X_a / 2 \quad \text{és így} \quad P_2^{\max} = E_A^2 / X_a,$$

az egyik vezeték hiánya esetén pedig

$$X = X_a \quad \text{és ezért} \quad P_1^{\max} = P_2^{\max} / 2.$$

Tegyük fel, hogy az áramterhelhetőség megengedi a $P_F > P_1^{\max}$ fogyasztói igény ellátását (a 4-6b. ábrán $P = P_{F2}$) és ezért az ábra szerinti 2. munkapontban üzemelünk. Bekövetkezhet azonban az egyik vezeték kikapcsolódása, ami az új munkapont hiánya miatt feszültség-összeomlást okoz.



4-6. ábra Feszültségstabilitás a kettős vezetéken történő átvitelnél

38. A teljesítmény-átvitelnek statikus stabilitási korlátja is van.

a) Egyszerű példán értelmezze a szinkronstabilitást X induktív reaktancián történő átvitelhez és levezetéssel határozza meg az átvihető P_{\max} teljesítményt!

Megoldás:

Az $I_p = I_F$ jelöléssel a B pontba érkező $P = P_F$ teljesítmény a

$$P = E_B I_p.$$

módon fejezhető ki. A 4-8b. és 4-8c. ábrákhoz egyaránt írhatjuk, hogy az E_A és az E_B közötti δ szög alapján

$$X I_p = E_A \sin \delta$$

Ezekkel az átvitt P teljesítmény a δ függvényében a

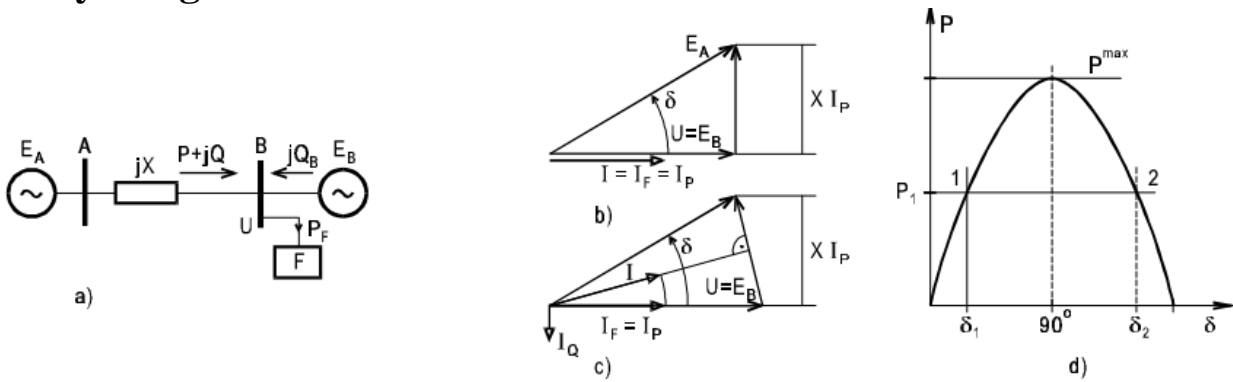
$$P = (E_A E_B / X) \sin \delta \quad (4-30)$$

kifejezéssel adható meg. Ebből adódik, hogy az állandó feszültségek között átvihető legnagyobb teljesítmény (a $\sin \delta = 1$ esetén):

$$P^{\max} = E_A E_B / X \quad (4-31a)$$

és ekkor

$$\delta = \delta^{\max} = 90^\circ \quad (4-31b)$$



4-8. ábra Modell és $P(\delta)$ karakterisztika a szinkron stabilitáshoz

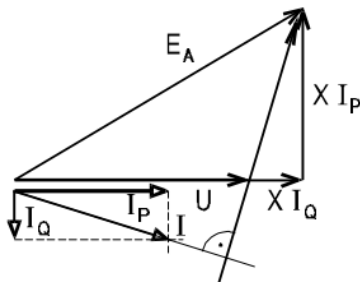
b) Adja meg a statikus szinkronstabilitás általános feltételét!

Megoldás:

$$dP/d\delta > 0$$

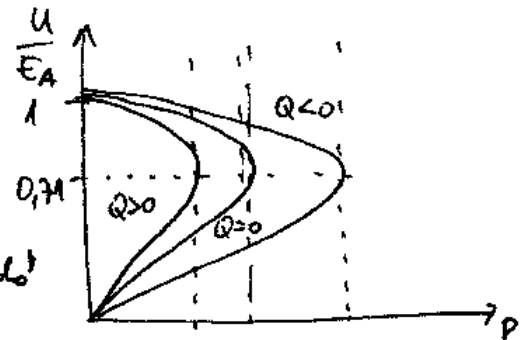
c) Fázorábrán mutassa meg a feszültszabályozás meddőteljesítmény-igényvonzatát!

Megoldás:



fen. nat. meddőtelj. igényét

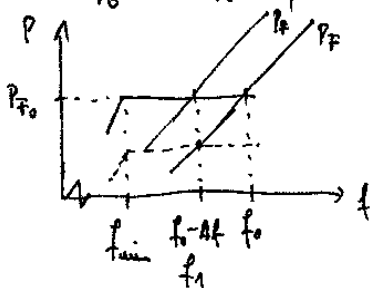
mivel P esetén az $E_A \approx E_B$ állandó értéken tartva ahhoz az $A \approx B$ oldalon exponenciál növekedő Q betáplálásra van szükség



39. Egy $P_{F0} = 100000$ MW fogyasztású rendszer 50 Hz frekvencián üzemel, a fogyasztók feltételezett a frekvenciaérzékenységi tényezője $k_{pf} = 1$ és az erőművekben frekvencia érzéketlen primer turbinaszabályozókat feltételezünk. A fogyasztói teljesítmény 150 MW-tal történő növekedésének hatására hogyan változik meg a frekvencia, ha nem történik szabályozás? Ábra segítségével illusztrálja a munkapont változást!

$P_{F0} = 100000$ MW, $f = 50$ Hz, $k_{pf} = 1$, fekv. ellenében, $\Delta P_{F0} = 150$ MW

$P_F = P_{F0} + \Delta P_{F0} = 100150$ MW, $P_F = P_{F0} + P_{F0} k_{pf} \frac{\Delta f}{f_0} \rightarrow \Delta f = f_0 \frac{\Delta P_{F0}}{P_{F0} \cdot k_{pf}} = 0,075$ Hz



40. Adja meg a villamosenergia-rendszerben hirtelen fellépő teljesítménytöbbletnek a rendszer gépei (erőművei) közötti eloszlásának lépéseit.
Adja meg az egyes lépések során az eloszlást meghatározó jelenségre vonatkozó alapösszefüggéseket.

Megoldás:

a) terhelési növeggel arányosan, tranzient impedanciával fordítottan arányosan

$$P_{1,2} = \frac{|A_{12}| \cdot |A_{21}|}{Z_{12}} \cdot \sin \phi$$

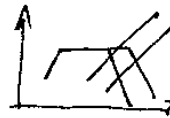
b) telekiterjesztési nyomaték arányában

$$\Delta W_E = -T \frac{dW}{dt}$$

c) primer szabályozó felm. kiterjesztése arányában

$$\Delta P = -k_g \cdot \Delta f$$

d) szekunder szabályozó résint

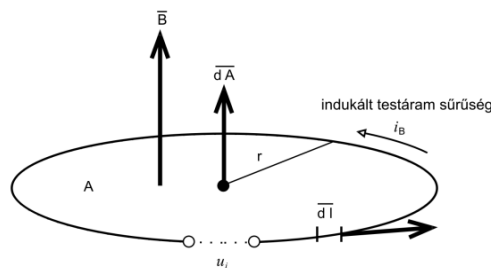


e) frekvenciás szabályozás / szabályozó résint

41. Adja meg kisfrekvenciás mágneses erőtér esetén:

- a) Szemléltesse B mágneses indukció által okozott testáram indukálásának mechanizmusát, valamint a B és az indukált testáram-sűrűség közötti kapcsolat összefüggést.

Megoldás:



Fluxus r sugarú területen:

$$E = \frac{d\psi}{dt} = \frac{d(r^2 \pi B_{eff} \cos \omega t)}{dt} = \omega r^2 \pi B$$

Menetfeszültség r sugarú kör mentén:

$$\psi = A \cdot B = r^2 \pi B = r^2 \pi B_{eff} \cos \omega t$$

Testáram sűrűség:

$$i = \frac{E}{R} = \frac{E}{\rho \frac{l}{A}} = \frac{2\pi f r^2 \pi B}{\rho \frac{2\pi r}{1}} = \pi r \frac{f}{\rho} B$$

- b) Adja meg az alábbi egészségi határértéket a lakosságra és foglalkozási körre:
- testáram-sűrűség alapvető korlátai (basic restrictions)

Megoldás:

Lakosságra:

| Frequency range | Current density (mA/m ²) (rms) |
|--------------------|--|
| 0 Hz | — |
| >0-1 Hz | 8 |
| 1-4 Hz | 8/f |
| 4 - 1000 Hz | 2; |
| 1000Hz-100 kHz | f/500 |

Foglalkozási körre:

| Frequency range | Current density for head and trunk J (mA/m ²) (rms) |
|--------------------|---|
| Up to 1 Hz | 40 |
| 1 - 4 Hz | 40/f |
| 4 - 1000 Hz | 10 |
| 1000 Hz – 100 kHz | f/100 |

- a B indukció hivatkozási szintjei (reference levels).

Megoldás:

Lakosságra:

| Frekvencia | | B tér mágneses indukció |
|------------------|--------|-------------------------|
| hatások | egység | (μT) |
| 0-1 | Hz | 4×10^4 |
| 1-8 | | $4 \times 10^4/f^2$ |
| 8-25 | | $5\,000/f$ |
| 0,025-0,8 | kHz | $5/f$ |
| 0,8-3 | | 6,25 |
| 3-150 | | 6,25 |

Foglalkozási körre:

| Frequency range | Magnetic flux density, B (μT) |
|------------------------|-----------------------------------|
| 0 — 1Hz | 2x10 ⁵ |
| 1 — 8 Hz | 2x10 ⁵ /f ² |
| 8 — 25 Hz | 2,5x10 ⁴ /f |
| 0,025 — 0,82kHz | 25/f |
| 0,82 — 2,5 kHz | 30,7 |
| 2,5 — 65 kHz | 30,7 |
| 65 — 100 kHz | 2 000/f |

A lakosságra megengedett határérték:

$$B = \frac{5}{f} = \frac{5}{0,05} = 100 \mu T$$

Foglalkozási körre megengedett határérték:

$$B = \frac{25}{f} = \frac{25}{0,05} = 500 \mu T$$

VÉGE... Jah és még valami. „Mert Isten úgy szerette ezt a világot, hogy az Ő egyszülött Fiát adta, hogy aki hisz őbenne, el ne vesszen, hanem örök élete legyen.” (Jn. 3:16)

Mit is jelent ez számodra?

- A) Hogy létezik Isten, és ez az Isten nem egy távoli, "szakállas", mindenkit megbüntető lény, hanem egy szerető Isten
- B) Mi alapvetően Istentől elszakadva élünk, születésünk óta, szabad akaratunk jóvoltából
- C) Sokszor teszünk olyan dolgokat, amik ideiglenes örömet, boldogságot okoznak az életben, de hosszútávon ez nem vezet sehová – ez a bűn.
- D) Mindannyian tettünk bűnöket az életünkben, hiszen életedben legalább egyszer hazudtál, csaltál, loptál stb...
- E) Az az igazság, hogy Isten így nem tud elfogadni, mert utálja a bűnt, és így nem tudsz neki megfelelni
- F) Ezért az egyetlen fiát, Jézust elküldte a Földre, hogy valaki felvállalja ezt a sok bűnt. Mert valakinek el kell vinnie a balhét. De Isten annyira szeret engem meg téged, hogy nem akarta, hogy szenvedj a bűneid miatt. Jézus minden bűnödet felvitte a keresztre, és meghalt érted.
- G) Mostmár, hogy volt valaki, aki elhordozta a bűneid, neked már nem kell aggódnod amiatt, hogy soha ne vétkezz. El kell FOGADNI ezt a nagy kegyelmet, és beismerni, hogy bűnös vagy. És nincs más megoldás, csak Jézus, és Ő a te megváltód. Ha ezt el tudod hinni, Isten minden eddigi bűnödet megbocsájtja, és úgy tekint rád, mint bűntelenre.
- H) Elkezdődhet egy tiszta lappal induló életed, amit mostantól Istennel folytathatsz tovább, és meglátod, hogy Isten tényleg tud munkálkodni az életedben, és van egy izgalma terve az életedre.

Én már meghoztam ezt a döntést, és soha nem bántam meg. Ez sokkal több, mint egy mankó, ez nem egy vallás! Jézus nem azért halt meg, hogy vallást alapítson, hanem hogy téged megmentsen! Ha még nem gondolkoztál az életed értelmén, akkor most itt egy remek alkalom, hogy ezt megtedd ☺. Isten ma is hív, és szabadon dönthetsz, akarod-e vele új lappal elkezdni az életet. Elfogadod?

Ha bővebben érdekel (nem reklám, nem kapunk érted semmit, ne aggódj ☺):
<http://www.golgotabudapest.hu/hu/about15/segithetuenk/jezusrol.html>

- 12-es kérdés: D_f képlete helyes, de a számolás során 2 hiba is van:
 - A föld fajlagos ellenállását (ρ) Ohm*m-ben kell beírni, nem Ohm*km-ben.
 - Frekvencia helyett R_f -et használt a képletben. Tehát a gyökjel alatt 50/50 áll, így a helyes eredmény kerekén $D_f=659$ méter.
 - Kiegészítés: c) részben $\lg(D_f/r_v)$ áll, ahol D_f a cső sugara, r_v a vezető sugara. Számszerűen (ez nem látszik) $r_v=6.59*10^{-3}$ és $D_f= 659$, mindkettő mértékegysége méter.

- 13-as kérdés: a táblázatok rosszul vannak kitöltve, de a számoláshoz szükséges helyes képlet ott van.
 - 1. táblázat: a "peremezés" hibás, a ρ -t és az f -et fel kell cserélni. (Oldalt f , felül ρ).
 - 2. táblázat: az 1. táblázat adataival dolgozik, tehát itt is meg kell cserélni a peremezést.

- 25-ös kérdés: a) rész: a fenti képlet harmadik tagjánál lemaradt egy $\exp(-j*\delta)$ tag, ez a szimmetria miatt is látszik hogy kell oda, vedd össze az alatta lévő sossal!