

2014. május 26.

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

$$\Delta f_R = R \cdot f_n = 5\% \cdot 50\text{Hz} = 2,5\text{Hz}$$
$$K_g = -\frac{P_{\max}}{\Delta f_R} = -\frac{150\text{MW}}{2,5\text{Hz}} = -60 \frac{\text{MW}}{\text{Hz}}$$

1.2. Egy távvezeték pozitív sorrendű impedanciája $(4+j8) \Omega$, a távvezetéken átfolyik $(120-j30)$ A pozitív sorrendű áram. Határozza meg a fázisvezetőkben keletkező feszültségesés abszolút értékét és a feszültségesés hosszirányú összetevőjét!

$$\Delta U_h = RI_w - XI_m = 4 \Omega \cdot 120 \text{ A} - 8 \Omega \cdot (-30\text{A}) = 720 \text{ V}$$
$$\Delta U_k = RI_m + XI_w = 4 \Omega \cdot -30 \text{ A} + 8 \Omega \cdot (120\text{A}) = 840 \text{ V}$$
$$|\Delta U| = \sqrt{|\Delta U_h|^2 + \Delta U_k^2} = 1106,3 \text{ V}$$

1.3. Egy 140 W összteljesítményű 6 V egyenfeszültségről működő vészvilágítás 1 órán át kell, hogy kitartson. Legalább hány amperórás legyen az akkumulátor, ha feltesszük, hogy a hatásfoka 90%?

$$E = \frac{P_t}{\eta} = \frac{140\text{W} \cdot 1\text{h}}{0,90} = 155,56\text{Wh}$$
$$C = \frac{E}{U} = \frac{155,56\text{Wh}}{6\text{V}} = 25,93\text{Ah}$$

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

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

1.5. Adottak az alábbi fázisfeszültségek egy Dy5 kapcsolású 20/0,4 kV-os transzformátor kisfeszültségű oldalán. Határozza meg a transzformátor középfeszültségű oldalán a negatív és zérus sorrendű aszimmetria százalékos értékét!

$$U_a = 243,80e^{j0^\circ} \text{ V}, U_b = 230,00e^{-j120^\circ} \text{ V}, U_c = 230,00e^{j120^\circ} \text{ V}$$

A kisfeszültségű oldalon a feszültségek szimmetrikus összetevői:

$$U_0 = \frac{1}{3}(U_a + U_b + U_c) = \frac{244 + (-115,00 - j199,19) + (-115,00 + j199,19)}{3} = 4,60 \text{ V}$$

$$U_1 = \frac{1}{3}(U_a + aU_b + a^2U_c) = \frac{244 + (230,00 + j0,00) + (230,00 - j0,00)}{3} = 234,60 \text{ V}$$

$$U_2 = \frac{1}{3}(U_a + a^2U_b + aU_c) = \frac{244 + (-115,00 + j199,19) + (-115,00 - j199,19)}{3} = 4,60 \text{ V}$$

A delta oldalra a zérus sorrendű komponens nem megy át. A pozitív és negatív sorrendű összetevők arányát a transzformátor nem változtatja meg, szögük pedig a százalékos arány esetén irreleváns. Így:

$$\frac{|U_0|}{|U_1|} = 0\%, \frac{|U_2|}{|U_1|} = \frac{4,60}{234,60} = 1,96\%$$

1.6. Egyetlen turbina-generátor egység által ellátott fogyasztó esetére adja meg a dinamikus teljesítményegyensúlyt leíró egyenletet, és magyarázza meg a jelöléseit!

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

P_G = generátor kapcsokon leadott teljesítmény

P_M = a turbinát hajtó mechanikai teljesítmény

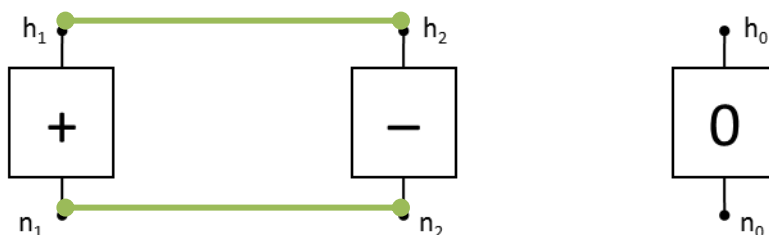
P_F = a fogyasztási körzet teljesítménye

P_V = a veszteség

T = turbina-generátor egység forgó tömegének perdülete

ω = a tengely szögsebesség

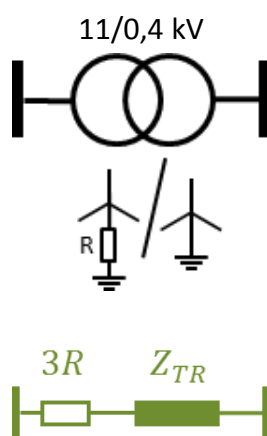
1.7. Egy hálózaton bekövetkezik egy 2F(b,c) zárlat. Alább adott a hálózat pozitív, negatív és zérus sorrendű modelljének egyszerűsített vázlata, a hibahely feltüntetésével. Kösse össze a modelleket a zárlat számításához szükséges módon!



1.8. Egy szimmetrikusnak tekintett távvezeték fázis-föld önimpedanciája $0,9 + 2,2j \Omega$, a fázisok közötti földvisszavezetétes kölcsönös impedancia $0,35 + 0,9j \Omega$. Adja meg a vezeték negatív sorrendű impedanciáját!

$$Z_2 = Z_{\text{ön}} - Z_k = 0,9 + 2,2j\Omega - (0,35 + 0,9j\Omega) = 0,55 + 1,3j\Omega$$

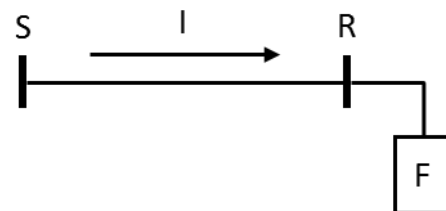
1.9. Határozza meg az ábrán látható, Z_{TR} pozitív sorrendű soros impedanciával jellemezhető transzformátor zérus sorrendű modelljét!



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

A tartalékvédelmet akkor szerelik be, amikor az alapvédelem meghibásodik.	HAMIS
A távolsági védelem valójában impedanciát mér.	IGAZ
Túláramvédelmek szelektivitását például időbeli lépcsőzéssel lehet megoldani.	IGAZ

2. Adott az alábbi háromfázisú, középfeszültségű hálózat egy végponti fogyasztóval. A fogyasztó névleges paraméterei $U_n = 20$ kV, $P_n = 500$ kW, teljesítménytényezője 1. Az S oldalon névleges 20 kV feszültséget tartunk. A fogyasztó paramétereit alapmenyiségeknek választva a vezeték $r = 0,05$ v.e. ellenállással jellemezhető.



Határozza meg viszonylagos egységben az u_R feszültség és a fogyasztó által felvett hatásos teljesítmény értékét, ha fogyasztót

- áramtartó,
- impedanciatartó,
- teljesítménytartó modellel képezi le?

Az utolsó esetben mekkora az átvihető maximális teljesítmény?

(10 pont)

A fogyasztó névleges paraméterei

(2x0,5 pont):

$$r^F = \frac{(u_n^F)^2}{p_n^F} = \frac{1^2}{1} = 1$$

$$i_n = \frac{p_n^F}{u_n^F} = 1$$

- Áramtartó modell:

(2 pont)

$$u_R = u_S - r^V i_n = 1 - 0,05 \cdot 1 = 0,95$$

$$p_R = u_R i_n = 0,95 \cdot 1 = 0,95$$

- Impedanciatartó modell:

(2 pont)

$$u_R = \frac{r^F}{r^V + r^F} u_S = \frac{1}{0,05 + 1} \cdot 1 = 0,952$$

$$p_R = \frac{|u_R|^2}{r^F} = \frac{0,833^2}{1} = 0,907$$

- Teljesítménytartó modell

(2 pont)

$$u_R i = p$$

$$\frac{u_S - u_R}{r^V} = i$$

$$p = u_R \frac{u_S - u_R}{r^V} \rightarrow u_R^2 - u_S u_R + r^V p = 0$$

$$u_{R1,2} = \frac{u_S \pm \sqrt{u_S^2 - 4r^V p}}{2} = \frac{1 \pm \sqrt{1^2 - 4 \cdot 0,05 \cdot 1}}{2} = 0,5 \pm 0,447$$

Ebből a nagyobb a stabil: $u_R = 0,947$

(1 pont)

Mivel teljesítménytartó, ezért: $p_R = 1$

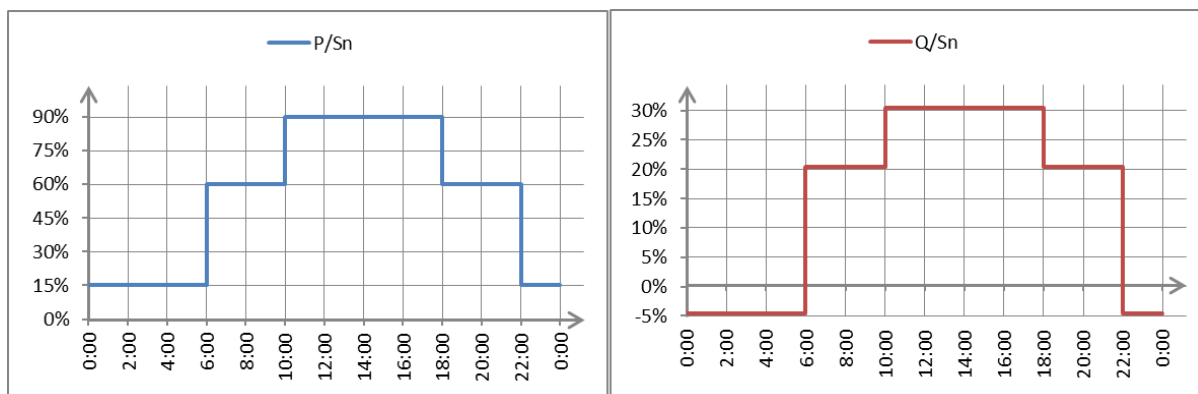
(1 pont)

Az átvihető maximális teljesítmény:

(1 pont)

$$p_{\max} = \frac{u_S^2}{4R} = \frac{1^2}{4 \cdot 0,05} = 5$$

3. Egy háromfázisú ipari fogyasztó munkanapi hatásos és meddő energiafogyasztását az alábbi grafikonok írják le. A fogyasztó névleges teljesítménye 40 kVA. (10 pont)



- Határozza meg a fogyasztó teljesítménytényezőjét a völgy (22-06), valamint a csúcsidőszakban (10-18)!
- A villamos energia végfelhasználói ára 50 Ft/kWh, a meddőenergia-díj 5 Ft/kvarh. (Az elfogyasztott hatásos energia 25%-áig az induktív meddő energia térítésmentes, az efeletti, valamint a kapacitív meddő energiáért a fenti díjat kell fizetni.). Mekkora a fogyasztó havi villamos energia költsége, ha az adott hónapban 20 munkanap van?
- Mekkora kapacitású kondenzátorokra van szükség a fogyasztó maximális meddőteljesítményének kompenzálására? A kondenzátorokat deltába kötjük, a névleges feszültség 0,4 kV.

#MEGOLDÁS:

- A teljesítmény tényező meghatározása: (2 pont)
völgyidőszakban:

$$\frac{Q}{P} = -\frac{0,05}{0,15} = \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} = \tan\varphi$$

$$\varphi = \arctan(-0,33) = -18,43^\circ \rightarrow \cos\varphi = 0,948 \text{ (kap.)}$$

csúcsidőszakban:

$$\frac{Q}{P} = \frac{0,30}{0,90} = \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} = \tan\varphi$$

$$\varphi = \arctan(0,33) = 18,43^\circ \rightarrow \cos\varphi = 0,948 \text{ (ind.)}$$

- A napi energiamennyiségek: (3 pont)

$$\left(\frac{P}{S_n}\right)_{\text{átlag}} = \frac{8 \cdot 0,15 + 8 \cdot 0,6 + 8 \cdot 0,9}{24} = 0,55$$

$$E_P = 24\text{h} \cdot S_n \cdot \left(\frac{P}{S_n}\right)_{\text{átlag}} = 24\text{h} \cdot 40 \text{ kVA} \cdot 0,55 = 528 \text{ kWh}$$

$$E_{Q_{\text{kap}}} = 8\text{h} \cdot S_n \cdot \left(\frac{Q_{\text{kap}}}{S_n}\right) = 8\text{h} \cdot 40 \text{ kVA} \cdot 0,05 = 16 \text{ kvarh}$$

$$E_{Q_{\text{ind}}} = 16\text{h} \cdot S_n \cdot \left(\frac{Q_{\text{ind}}}{S_n}\right)_{\text{átlag}} = 16\text{h} \cdot 40 \text{ kVA} \cdot 0,25 = 160 \text{ kvarh}$$

A térítésmentes induktív meddő energia: (1 pont)

$$E_{Q_{\text{ind,ingyen}}} = 0,25 \cdot E_p = 0,25 \cdot 528 \text{ kWh} = 132 \text{ kvarh}$$

Így a havi energiadíjak:

(1 pont)

$$C_p = 20 \cdot 528 \text{ kWh} \cdot 50 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}} = 528000 \text{ Ft}$$

$$C_{Q_k} = 20 \cdot 16 \text{ kvarh} \cdot 5 \frac{\text{Ft}}{\text{kvarh}} = 1600 \text{ Ft}$$

$$C_{Q_i} = 20 \cdot (160 - 132) \text{ kvarh} \cdot 5 \frac{\text{Ft}}{\text{kvarh}} = 2800 \text{ Ft}$$

$$C = C_p + C_{Q_k} + C_{Q_i} = 532400 \text{ Ft}$$

c) A kompenzációhoz szükséges kondenzátorok

A maximális meddőigény:

(1 pont)

$$Q_{\text{max}} = 0,3 \cdot S_n = 12 \text{ kvar.}$$

Ezt három, vonali feszültségre kapcsolt kondenzátorra kell osztani:

(2 pont)

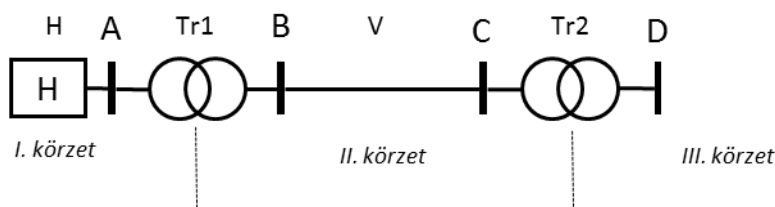
$$Q_c = \frac{U_n^2}{X_c} = U_n^2 \omega C = \frac{Q_{\text{max}}}{3} \rightarrow C = \frac{Q_{\text{max}}}{3 U_n^2 \omega}$$

$$C = \frac{12 \text{ kvar}}{3 \cdot (0,4)^2 \cdot 2\pi \cdot 50 \text{ Hz}} = 79,58 \mu\text{F}$$

(A megoldás menete a fentitől eltérhet, a megfelelően alátámasztott végeredményért jár a maximális pont.)

4. Adott az alábbi hálózat és paraméterei. Legyen $S_{\text{alap}} = S_n^{\text{Tr1}}$, $U_{\text{alap,I}} = U_n^{\text{H}}$. (10 pont)

- a) A megadott alapmennyiségeknek megfelelően határozza meg a többi körzet feszültsége és impedanciaalapját!
- b) Adja meg az egyes hálózati elemek impedanciáját viszonylagos egységben!
- c) Számítsa ki a D sín háromfázisú zárlati teljesítményét MVA-ben!



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

a) Alapmennyiségek: (0,5 pont Zalap képlete, az öt ismeretlen érték 5x0,5 pont)

	I. körzet	II. körzet	III. körzet
U_{alap}	400 kV (adott)	132 kV	22 kV
S_{alap}	250 MVA (adott)		
$Z_{\text{alap}} = \frac{U_{\text{alap}}^2}{S_{\text{alap}}}$	640 Ω	69,7 Ω	1,94 Ω

b) Hálózati elemek impedanciája (4x1 pont)

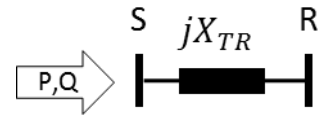
$$\begin{aligned}
 X^{\text{H}} &= \frac{U_n^{\text{H}^2}}{S_z^{\text{H}}} = \frac{(400 \text{ kV})^2}{8000 \text{ MVA}} = 20,0 \Omega \xrightarrow{Z_{\text{alap,I}}=640 \Omega} x^{\text{H}} = 0,031 \text{ v. e.} \\
 X^{\text{Tr1}} &= \frac{\varepsilon^{\text{Tr1}} U_{\text{nk}}^{\text{Tr1}^2}}{100 S_n^{\text{Tr1}}} = \frac{12,5 (132 \text{ kV})^2}{100 \cdot 250 \text{ MVA}} = 8,712 \Omega \xrightarrow{Z_{\text{alap,II}}=69,7 \Omega} x^{\text{Tr1}} = 0,125 \text{ v. e.} \\
 X^{\text{Tr2}} &= \frac{\varepsilon^{\text{Tr2}} U_{\text{nk}}^{\text{Tr2}^2}}{100 S_n^{\text{Tr2}}} = \frac{7,5 (20 \text{ kV})^2}{100 \cdot 25 \text{ MVA}} = 1,2 \Omega \xrightarrow{Z_{\text{alap,III}}=1,94 \Omega} x^{\text{Tr2}} = 0,62 \text{ v. e.} \\
 X^{\text{V}} &= l \cdot x^{\text{V}} = 50 \cdot 0,3 = 15,0 \Omega \xrightarrow{Z_{\text{alap,II}}=69,7 \Omega} x^{\text{V}} = 0,215 \text{ v. e.}
 \end{aligned}$$

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

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

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

5. Egy 15/220 kV-os transzformátor névleges teljesítménye 250 MVA, dropja $\varepsilon = 12\%$. A transzformátor kisebb feszültségű oldalán egy generátor $P = 230$ MW hatásos teljesítményt táplál a rendszerbe. Az S és R sínen mért vonali feszültségek effektív értéke $|U_S| = 15,75$ kV, $|U_R| = 224,4$ kV. A feladatot viszonylagos egységek módszerével oldja meg, ahol a transzformátor névleges paramétereit választja alapmennyiségeknek!



- Határozza meg p , u_s és u_r értékét viszonylagos egységben!
- Mekkora a terhelési szög az S és R sínek között?
- Mekkora az S oldalon beáramló meddőteljesítmény?
- Mekkora a generátor teljesítménytényezője?
- Mekkora a transzformátor rövidzárási vesztesége kW-ban, ha $P_{rzn} = 12$ kW?

- A viszonylagos egységek alapjai:

$$U_{alap,I} = 15 \text{ kV}, \quad U_{alap,II} = 220 \text{ kV}, \quad S_{alap} = 250 \text{ MVA}$$

Így a megadott mennyiségek viszonylagos egységben:

$$|u_S| = \frac{|U_S|}{U_{alap,I}} = 1,05, \quad |u_R| = \frac{|U_R|}{U_{alap,II}} = 1,02, \quad p = \frac{230 \text{ MW}}{250 \text{ MVA}} = 0,92$$

- A terhelési szöget az alábbi összefüggésből kapjuk meg (transzformátor reaktanciája viszonylagos egységben megegyezik a droppal az alapmennyiségek megválasztása miatt):

$$p = \frac{|u_S||u_R|}{x} \sin \delta$$

$$\sin \delta = \frac{px}{|u_S||u_R|} = \frac{0,92 \cdot 0,12}{1,05 \cdot 1,02} = 0,103 \rightarrow \delta = 5,92^\circ$$

- Az S (generátor) oldalon áramló meddőteljesítmény (akár egyből a képletből):

$$i_S = \frac{|u_S| - |u_R|e^{-j5,92^\circ}}{jx} = 0,88 - j0,30 = 0,925 \exp(-j18,6^\circ)$$

$$s_S = u_S i_S^* = 1,05 \cdot (0,88 - j0,30) = 0,921 + j0,31$$

- A generátor teljesítménytényezője így:

$$\tan \varphi = \frac{q_{gen}}{p_{gen}} = \frac{0,31}{0,921} = 0,34 \rightarrow \cos \varphi = 0,95$$

- A transzformátor névleges árama 1 (alapmennyiségek megválasztása miatt), tehát a transzformátor rövidzárási vesztesége:

$$P_{rZ} = P_{rzn} |i|^2 = 12 \text{ kW} \cdot 0,921^2 = 10,2 \text{ kW}$$

5x2 pont (minden részfeladatnál: képlet vagy gondolatmenet: 1p, eredmény: 1p)

VILLAMOS ENERGETIKA –

VIZSGA 1 - B csoport

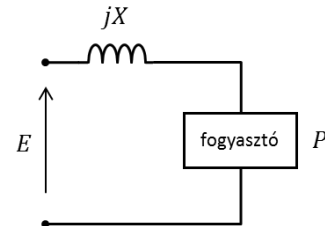
MEGOLDÁS

2014. május 26.

1.1. Az alábbi sugaras hálózaton $E = 20 \text{ kV}$, $X = j5 \Omega$. Feszültségstabilitás szempontjából mekkora lehet a teljesítménytartó fogyasztó maximális hatásos teljesítménnyelvétele ($P_{\max}$)?

#MEGOLDÁS:

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



1.2. Egy ipari fogyasztó névleges teljesítménye 10 kVA , $0,7$ induktív teljesítménytényezővel. A készülék napi 8 órát működik egy 20 munkanapos hónapban. Mekkora a havi meddőenergia-költsége, ha az időszakban fogyasztott hatásos energia 25% -a felett $4,65 \text{ Ft/kvarh}$ meddő díjat kell fizetni?

#MEGOLDÁS:

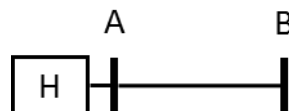
$$E_{\text{havi}} = 20 \frac{\text{nap}}{\text{hónap}} \cdot 8 \frac{\text{h}}{\text{nap}} \cdot 10 \text{ kVA} \cdot (\cos\varphi + j\sin\varphi) = 1120 \text{ kWh} + j1143 \text{ kvarh}$$

$$Q_{\text{ingyen}} = 0,25 \cdot 1120 \text{ kWh} = 280 \text{ kvarh}$$

$$Q_{\text{fiz}} = Q_{\text{havi}} - Q_{\text{ingyen}} = 1143 \text{ kvarh} - 280 \text{ kvarh} = 863 \text{ kvarh}$$

$$C = Q_{\text{fiz}} p_Q = 863 \text{ kvarh} \cdot 4,65 \cdot \frac{\text{Ft}}{\text{kvarh}} = 4011 \text{ Ft}$$

1.3. Egy 20 kV névleges feszültségű végtelennek tekintett hálózatra csatlakozó vezeték pozitív sorrendű impedanciájának abszolút értéke 10Ω . Határozza meg az üresen járó B gyűjtősín háromfázisú zárlati teljesítményét!



#MEGOLDÁS:

$$S_Z^B = \sqrt{3} U_n I_z = \sqrt{3} U_n \frac{U_n}{|Z|} = \frac{U_n^2}{|Z|} = \frac{20\text{kV}^2}{10\Omega} = 40 \text{ MVA}$$

1.4. Adottak az alábbi fázisfeszültségek egy Dy7 kapcsolású 20/0,4 kV-os transzformátor kisfeszültségű oldalán. Határozza meg a transzformátor középfeszültségű oldalán a negatív és zérus sorrendű aszimmetria százalékos értékét!

$$U_a = 236,90e^{j0^\circ} \text{ V}, U_b = 226,55e^{-j120^\circ} \text{ V}, U_c = 226,55e^{j120^\circ} \text{ V}$$

#MEGOLDÁS:

A kisfeszültségű oldalon a feszültségek szimmetrikus összetevői:

$$U_0 = \frac{1}{3}(U_a + U_b + U_c) = \frac{237 + (-113,28 - j196,20) + (-113,28 + j196,20)}{3} = 3,45 \text{ V}$$

$$U_1 = \frac{1}{3}(U_a + aU_b + a^2U_c) = \frac{237 + (226,55 + j0,00) + (226,55 - j0,00)}{3} = 230,00 \text{ V}$$

$$U_2 = \frac{1}{3}(U_a + a^2U_b + aU_c) = \frac{237 + (-113,28 + j196,20) + (-113,28 - j196,20)}{3} = 3,45 \text{ V}$$

A delta oldalra a zérus sorrendű komponens nem megy át. A pozitív és negatív sorrendű összetevők arányát a transzformátor nem változtatja meg, szögük pedig a százalékos arány esetén irreleváns. Így:

$$\frac{|U_0|}{|U_1|} = 0\%, \frac{|U_2|}{|U_1|} = \frac{3,45}{230,00} = 1,50\%$$

1.5. 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**

#MEGOLDÁS:

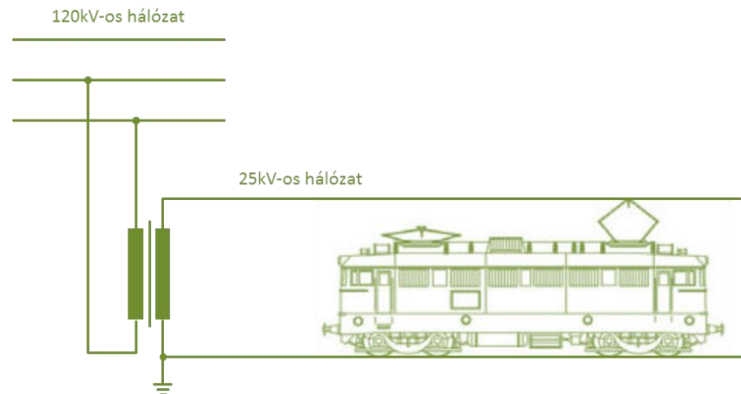
$$R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{l l'}{l c'}} = \sqrt{\frac{l'}{c'}} = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 10^{-3} \text{ H}}{9 \cdot 10^{-9} \text{ F}}} = 380,1 \Omega$$

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

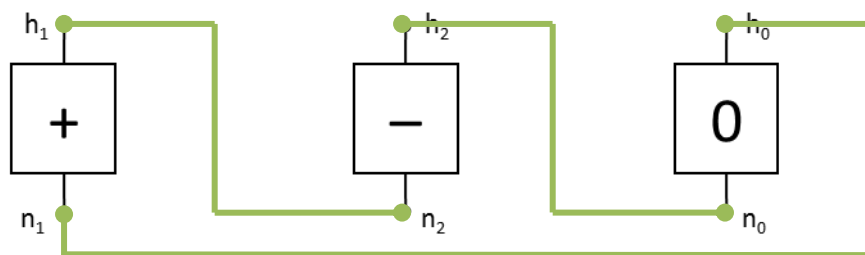
$$P > P_t \rightarrow \text{FOGYASZT}$$

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

#MEGOLDÁS:



1.7. Egy hálózaton bekövetkezik egy 1FN(a) 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!



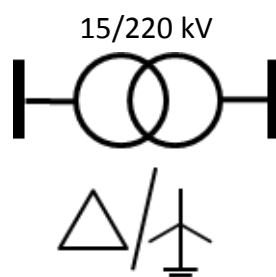
#MEGOLDÁS:

1.8. Egy szimmetrikusnak tekintett távvezeték fázis-föld önimpedanciája $0,9 + 2,2j \Omega$, a fázisok közötti földvisszavezetétes kölcsönös impedancia $0,35 + 0,9j \Omega$. Adja meg a vezeték pozitív sorrendű impedanciáját!

#MEGOLDÁS:

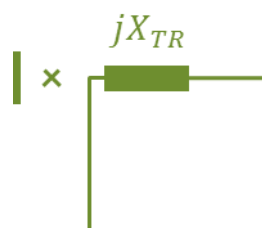
$$Z_1 = Z_{\text{ön}} - Z_k = 0,9 + 2,2j\Omega - (0,35 + 0,9j\Omega) = 0,55 + 1,3j\Omega$$

1.9. 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 ($x_0 = x_1$)!!



#MEGOLDÁS:

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



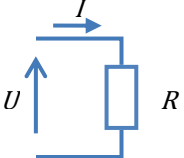
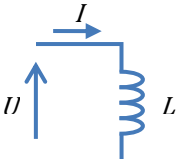
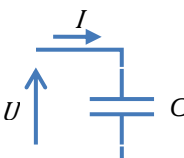
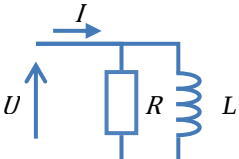
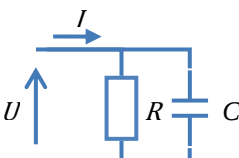
1.10. Az alábbi állításokról döntse el: IGAZ vagy HAMIS?

A differenciálvédelmeket főként generátorok és hosszú távvezetékek védelmére alkalmazzák.	HAMIS
A tartalékvédelmet akkor szerelik be, amikor az alapvédelem meghibásodik.	HAMIS
A távolsági védelem valójában impedanciát mér.	IGAZ

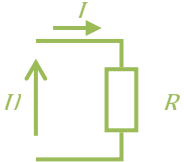
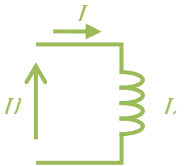
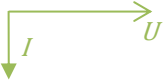
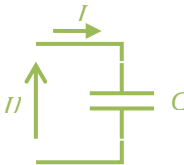
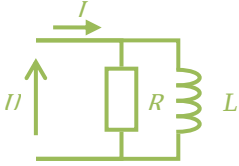
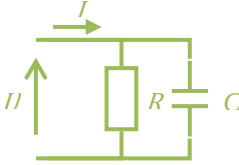
2. Töltse ki az alábbi táblázatot!

- A fázorábrák a kapcsolási rajzon berajzolt U és I fázorokat tartalmazzák!
- A fázisszög értékét az első három sorban pontosan adja meg, az utolsó két esetben csak az előjelét!
- A teljesítmények előjeleit a fogyasztói pozitív irány rendszer szerint értelmezze!

(10 pont)

A fogyasztó típusa	U-I fázorábra	Áram fázisszög értéke (feszültséghez képest)	P előjele	Q előjele
				
				
				
				
				

#MEGOLDÁS:

A fogyasztó típusa	U-I fázorábra	Áram fázisszög értéke (feszültséghez képest)	P előjele	Q előjele
		$\varphi = 0$	$P > 0$ +	$Q = 0$
		$\varphi = -\frac{\pi}{2}$	$P = 0$	$Q > 0$ +
		$\varphi = +\frac{\pi}{2}$	$P = 0$	$Q < 0$ -
		$\varphi < 0$ -	$P > 0$ +	$Q > 0$ +
		$\varphi > 0$ +	$P > 0$ +	$Q < 0$ -

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

A motort 100 m hosszú, négyerű (3 fázis + nulla), enenként 10 mm^2 keresztmetszetű, $0,028 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ 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). A mérő a kábel elején, a motor a kábel végén van, tehát a veszteséget az üzem fizeti. (10 pont)

#MEGOLDÁS:

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

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

(2x2 pont)

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

(1pont)

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

(2pont)

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

(2 pont a képlet, 1 pont a számérték)

4. 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

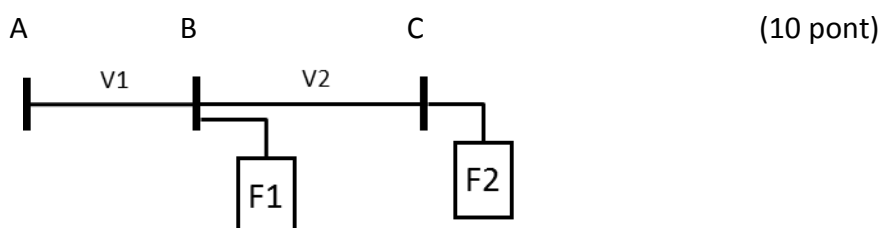
$$-\frac{T d\omega}{dt} < 0$$

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

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

5. Adott az alábbi háromfázisú ipari hálózat! Az ipartelepen egy motor (F1) és egy fűtési rendszer (F2) működik. Mindkét fogyasztóra áramtartó fogyasztói modellt alkalmazzon.

- A B sín feszültségét referenciairánynak választva határozza meg a fogyasztók áramát!
- Határozza meg a V1 és V2 vezetékeken a hosszirányú feszültségesést, valamint a háromfázisú hatásos teljesítményvesztés értékét!
- A B sínre csillagba kapcsolt kondenzátorteletet telepítünk. Mekkora legyen az egyes kondenzátorok kapacitása, hogy az F1 fogyasztó teljesítménytényezője 0,98 legyen? (A kondenzátorokat a névleges értékre tervezze!)
- A kompenzálás hatására mennyi lesz a V1 és V2 vezetékeken a hosszirányú feszültségesés, illetve a háromfázisú veszteség?



$R^{V1} = 0,4 \, \Omega$	$U_n^{F1} = 6 \, kV$	$R^{V2} = 0,3 \, \Omega$	$U_n^{F2} = 6 \, kV$
$X^{V1} = 0,3 \, \Omega$	$P_n^{F1} = 150 \, kW$		$P_n^{F2} = 60 \, kW$
	$\cos\varphi = 0,707 \, (ind.)$		$\cos\varphi = 1,0$

#MEGOLDÁS:

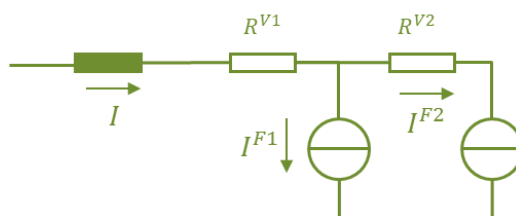
Az F1 fogyasztó a B sínre csatlakozik, ezért annak árama: (1 pont)

$$I_n^{F1} = \frac{S_n^{F1}}{\sqrt{3}U_n^{F1}} (\cos\varphi - j \sin\varphi) = \frac{P_n^{F1}}{\sqrt{3}U_n^{F1}} \left(1 - j \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi}\right) = \frac{150 \, kVA}{\sqrt{3} \cdot 6 \, kV} \left(1 - j \frac{0,707}{0,707}\right) = 14,43 - j14,43 \, A$$

Az F2 fogyasztó a C sínre csatlakozik. Mivel azonban a B-C vezeték csak egy ellenállás, valamint az F2 fogyasztó csak hatásos teljesítményt vesz fel, ezért a C sín feszültségének iránya megegyezik a referenciairánnyal. Így:

(0,5 pont a magyarázat, 1p az eredmény)

$$I_n^{F2} = \frac{P_n^{F2}}{\sqrt{3}U_n^{F2}} = \frac{60 \, kVA}{\sqrt{3} \cdot 6 \, kV} \cdot 1 = 5,77 \, A$$



Hosszirányú feszültségesés, valamint a háromfázisú veszteség képlete: (2x0,5 pont)

$$\Delta U_h = RI_w - XI_m, \quad P_{3fv} = 3|I|^2 R$$

A számszerű eredmények: (4x0,5 pont)

$$\Delta U_h^{V2} = R^{V2} I_w^{F2} = 0,3 \, \Omega \cdot 5,77 \, A = 1,73 \, V$$

$$\Delta U_h^{V1} = R^{V1}(I_w^{F1} + I_w^{F2}) - X^{V1}I_m^{F1} = 0,4 \, \Omega \cdot (14,43 \, A + 5,77 \, A) - 0,3 \cdot (-14,43 \, A) = 12,41 \, V$$

$$P_{3fv}^{V2} = 3|I_w^{F2}|^2 R^{V2} = 3 \cdot (5,77 \, A)^2 \cdot 0,3 \, \Omega = 30,00 \, W$$

$$P_{1fv}^{V1} = 3|I_n^{F1} + I_n^{F2}|^2 R^{V1} = 3 \cdot (24,83 \, A)^2 \cdot 0,4 \, \Omega = 740,00 \, W$$

A fogyasztó meddő teljesítménye jelenleg és a megcélzott teljesítménytényező esetén:

$$Q_{\text{kompnélkül}} = P_n^{F1} \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} = 150 \, \text{kVA} \cdot \frac{0,707}{0,707} = 150,00 \, \text{kvar}$$

$$Q_{\text{kompután}} = P_n^{F1} \frac{\sin \varphi'}{\cos \varphi'} = 150 \, \text{kVA} \cdot \frac{0,20}{0,98} = 30,46 \, \text{kvar}$$

Tehát egy kondenzátor névleges teljesítménye: (1,5 pont)

$$Q_{Cn} = \frac{Q_{\text{kompnélkül}} - Q_{\text{kompután}}}{3} = \frac{150,00 \, \text{kvar} - 30,46 \, \text{kvar}}{3} = 39,85 \, \text{kvar}$$

Így a kondenzátorok kapacitása (azok fázisfeszültségen vannak) (1,5 pont)

$$Q_{Cn} = \frac{U_{fn}^2}{X_c} = U_{fn}^2 \omega C \rightarrow C = \frac{Q_{Cn}}{U_{fn}^2 \omega} = \frac{39,85 \, \text{kvar}}{\left(\frac{6 \, \text{kV}}{\sqrt{3}}\right)^2 \cdot 100\pi} = 10,57 \, \mu\text{F}$$

A kompenzálás hatására az áram: (0,5 pont)

$$I_n^{F1} = \frac{P_n^{F1}}{\sqrt{3}U_n^{F1}} \left(1 - j \frac{\sin \varphi'}{\cos \varphi'}\right) = \frac{150 \, \text{kVA}}{\sqrt{3} \cdot 6 \, \text{kV}} \left(1 - j \frac{0,2}{0,98}\right) = 14,43 - j2,93 \, A$$

Természetesen csak a V1 vezetéken változik a feszültségesés és a veszteség: (2x0,5 pont)

$$\Delta U_h^{V1} = R^{V1}(I_w^{F1} + I_w^{F2}) - X^{V1}I_m^{F1'} = 0,4 \, \Omega \cdot (14,43 \, A + 5,77 \, A) - 0,3 \cdot (-2,93 \, A) = 8,96 \, V$$

$$P_{1fv}^{V1} = 3|I_n^{F1} + I_n^{F2}|^2 R^{V1} = 3 \cdot (20,42 \, A)^2 \cdot 0,4 \, \Omega = 500,31 \, W$$