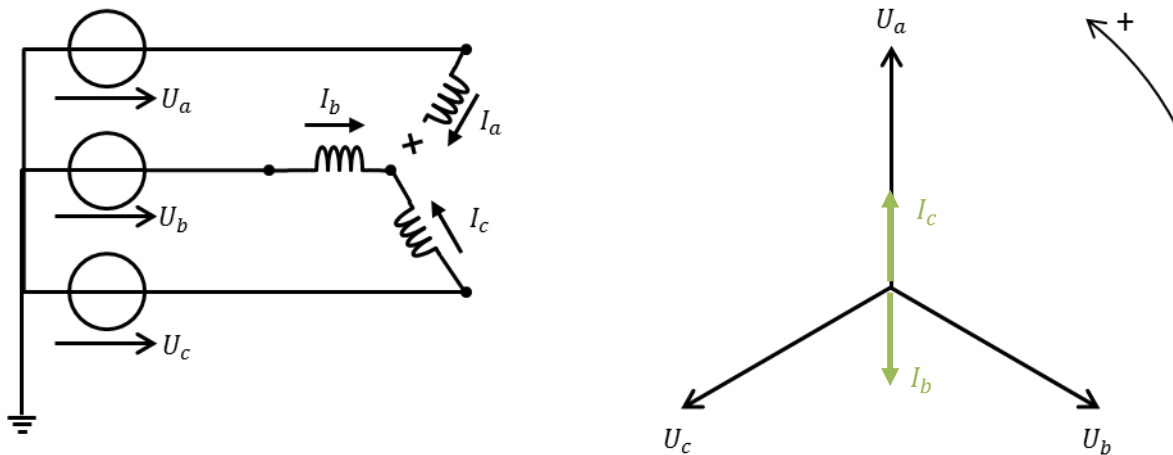
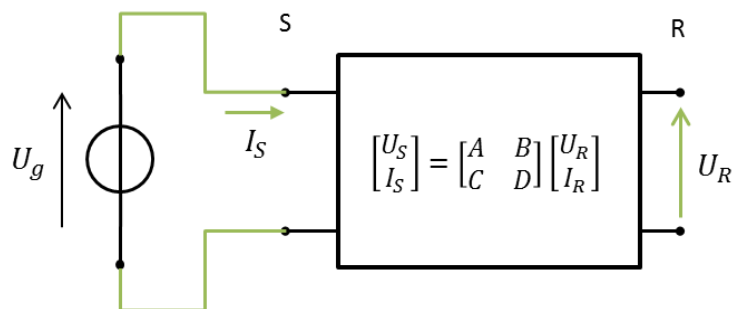


2013. május 27.

1.1. Egy szimmetrikus háromfázisú feszültséggenerátorra csillag elrendezésben tekercseket kapcsolunk. Egy hiba miatt az 'a' fázis tekercse megszakadt. A felvett referenciáirányok szerint irányhelyesen rajzolja be a fázorábrába a tekercseken átfolyó áramokat!



1.2. Egy távvezeték láncparaméteres egyenletének 'C' paraméterét kívánjuk mérni. Az alábbi ábrán alakítsa ki a mérési összeállítást, és jelölje be a mérendő mennyiségeket!

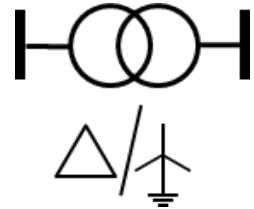


(ha ellenállást rajzol a generátor és S közé, az nem baj.)

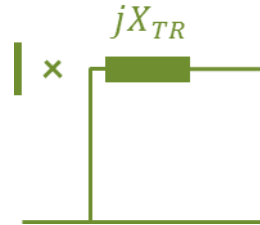
1.3. Egy távvezeték pozitív sorrendű impedanciája $(4+j8) \Omega$, a távvezetéken átfolyik $(120-j30) \text{ A}$ pozitív sorrendű áram. Határozza meg a fázisvezetőkben keletkező hosszirányú feszültségesést!

$$\Delta U_h \cong RI_w - XI_m = 4\Omega \cdot 120\text{A} - 8\Omega \cdot (-30\text{A}) = 720 \text{ V}$$

1.4. Az ábrán látható 15/120 kV-os transzformátor névleges teljesítménye 140 MVA, rövidzárási feszültségesése 12%. (A transzformátor kisebb feszültségű oldalán $U_{alap} = 15$ kV, $S_{alap} = 140$ MVA.) Rajzolja fel a transzformátor zérus sorrendű modelljét és határozza meg e modell paramétereit viszonylagos egységekben ($x_0 = x_1$)!



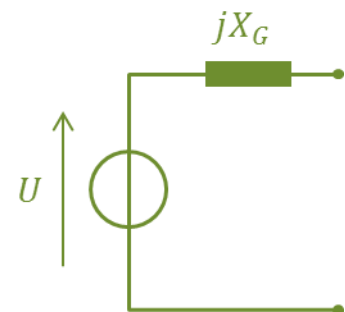
$$U_{alap} = U_n, S_{alap} = S_n \rightarrow x_{TR} = \frac{\varepsilon}{100} = 12\%$$



1.5. Egy (háromfázisú) szinkrongenerátor névleges feszültsége 15,75 kV, névleges teljesítménye 80 MVA, szinkron reaktanciája (ε_d) 170%. Rajzolja fel a pozitív sorrendű modellt, és számolja ki e modell elemeinek paramétereit!

$$U = \frac{U_n}{\sqrt{3}} = \frac{15,75 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 9,09 \text{ kV}$$

$$X_G = \frac{\varepsilon}{100} \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{170}{100} \frac{15,75^2 \text{ kV}^2}{80 \text{ MVA}} = 5,27 \Omega$$



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

A változó mágneses tér az emberi testben testáramokat indukál.	IGAZ
A foglalkozási körre megengedett mágneses indukció nagyobb a lakosságra vonatkozó értéknél.	IGAZ
Egy távvezeték által keltett mágneses tér nagysága a vezetékre kapcsolt feszültségtől függ.	HAMIS

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

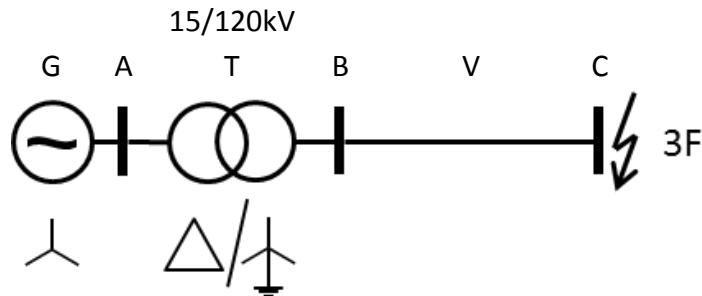
Az villamos energiaátvitel és elosztás energiavesztesége megközelítőleg 8-10%.	IGAZ
Egy háztartás éves villamosenergia-fogyasztása Magyarországon átlagosan 2400-2800 kWh.	IGAZ
Hazánk fosszilis tüzelésű erőműveinek jellemző üzemanyaga az olaj.	HAMIS
Magyarország csúcsterhelése körülbelül 6 TW.	HAMIS

1.8. Adottak az alábbi fázisfeszültségek: $U_a = 18e^{j0^\circ} \text{ V}$, $U_b = 6e^{j120^\circ} \text{ V}$, $U_c = 6e^{-j120^\circ} \text{ V}$. Határozza meg a feszültségek negatív sorrendű összetevőjének értékét!

$$U_2 = \frac{1}{3}(U_a + a^2 U_b + a U_c) = \frac{18 + (6,00 + 0,00j) + (6,00 - 0,00j)}{3} = 10,00 \text{ V}$$

1.9. Számítsa ki a „A” gyűjtősinén mérhető U_b fázisfeszültség effektív értékét (kV-ban)! A hálózati elemek adatai viszonylagos egységekben: $u^G=1$; $x^G=0,3$; $x^{Tr}=0,11$; $x^V=0,28$.

A rövidzár helyén felvett feszültségalap: $U_{\text{alap,vonali}} = 110 \text{ kV}$

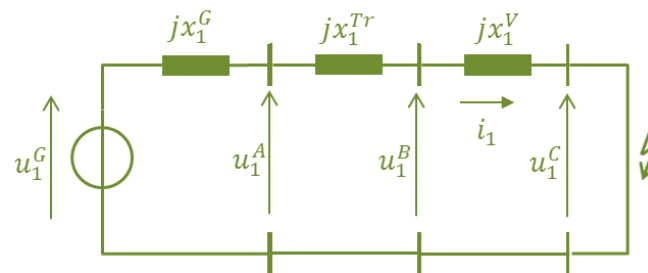


Csak a pozitív sorrendű hálózat érdekes:

$$u_1^A = \frac{x_1^{Tr} + x_1^V}{x_1^G + x_1^{Tr} + x_1^V} u_1^G = \frac{0,11 + 0,28}{0,3 + 0,11 + 0,28} \cdot 1 = 0,565$$

$$|U_{b,\text{fázis}}^A| = u_1^A \frac{U_{\text{alap,I}}}{\sqrt{3}} = u_1^A \frac{U_k}{U_n} \frac{U_{\text{alap,II}}}{\sqrt{3}}$$

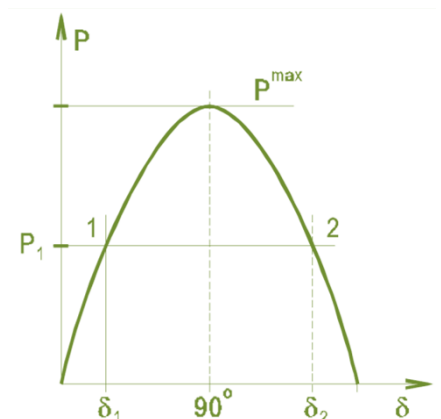
$$= 0,565 \cdot \frac{15 \text{ kV}}{120 \text{ kV}} \cdot \frac{110 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 4,487 \text{ kV}$$



1.10. Adott egy X soros reaktanciával jellemzett vezeték két, szabályozott feszültségű (U_s , U_R) végpont között. A vezetéken P hatásos teljesítményt viszunk át. Mi a terhelési szög, és mi a statikus szinkron stabilitás feltétele?

A terhelési szög a két végponti feszültség fazora között mérhető szög.

$\frac{dP}{d\delta} > 0$ vagy $\delta < 90^\circ$ vagy a parabola bal oldala bejelölve...



2. Levezetéssel adja meg az X soros reaktanciával jellemzett vezetéken átvihető maximális hatásos teljesítmény értékét, ha a tápoldali feszültség (E_A) állandó, a fogyasztóoldali hatásos teljesítményigény (P) állandó és a fogyasztóoldali meddő igény nulla.

- Rajzolja fel a fogyasztóoldali feszültség alakulását az átvitt hatásos teljesítmény függvényében!
- Mi a feszültségstabilitás feltétele?

Tegyük fel, hogy az átvitel két párhuzamos, egyenként X reaktanciájú vezetéken történik.

- Magyarázza el, hogyan fordulhat elő feszültség összeomlás, ha az egyik vezetéket kikapcsolják?

$$E_A^2 = U^2 + (XI)^2$$

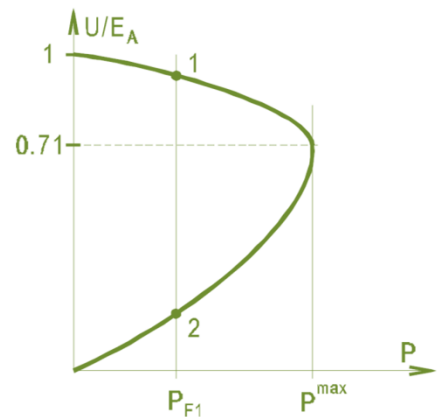
$$I = \frac{P}{U}$$

$$0 = U^4 - E_A^2 U^2 + (PX)^2$$

$$\rightarrow U^2 = \frac{E_A^2 \pm \sqrt{E_A^4 - 4(PX)^2}}{2}$$

P maximális, ha $D = 0$:

$$\rightarrow E_A^4 = 4P^2 X^2 \rightarrow P_{max} = \frac{E_A^2}{2X}$$



(3 pont a levezetésre, 2 pont a végeredmény, 2 pont az ábra)

A feszültségstabilitás feltétele:

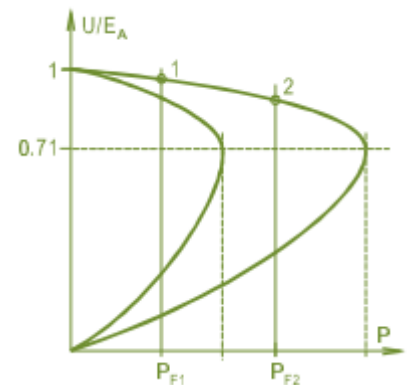
$$\frac{dP}{dU} < 0 \text{ vagy rajzon a felső görberész}$$

(1 pont)

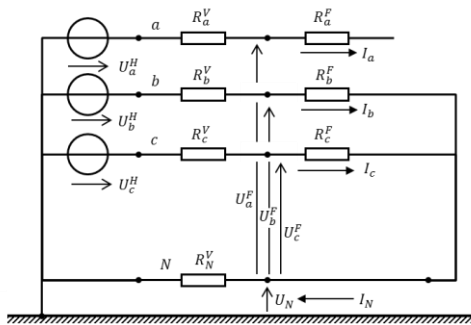
c) feszültség összeomlás

Ha kikapcsolás előtt a 2. munkapontban voltunk, akkor kikapcsolás után változatlan teljesítményigény mellett nem létezik munkapont.

2 pont (nem feltétlenül kell ábra, de jó legyen a magyarázat)



3. Adott az alábbi kisfeszültségű hálózat.



$$U_a^H = 230 \text{ V}$$

$$U_b^H = U_a^H e^{-j120^\circ}$$

$$U_c^H = U_a^H e^{j120^\circ}$$

$$R_a^V = R_b^V = R_c^V = 2 \Omega$$

$$R_N^V = 4 \Omega$$

$$R_a^F = R_b^F = R_c^F = 40 \Omega$$

- A Millmann-tétel segítségével határozza meg a fogyasztói csillagpont eltolódás mértékét (U_N) és a nullavezetőn folyó áramot (I_N)!
- Határozza meg a fogyasztónál mérhető fázisfeszültségeket! A kiszámolt, valamint a hálózati feszültségeket ábrázolja fázorábrán!
- Ha fogyasztói csillagpontot is földelnénk, aszimmetrikusak maradnának-e a fogyasztónál mérhető feszültségek?
- Számítsa ki a fogyasztó által felvett teljesítményt, valamint a nullavezetőn keletkező veszteséget!

A csillagponti feszültség:

(2 pont)

$$U_N = \frac{\left(\frac{1}{R^V + R^F}\right)(U_b^H + U_c^H)}{\frac{2}{R^V + R^F} + \frac{1}{R_N^V}} = \frac{\frac{1}{2\Omega + 40\Omega}}{\frac{1}{2\Omega + 40\Omega} + \frac{1}{4\Omega}} (-230\text{V}) = -18,4 \text{ V}$$

A nullavezető árama (a kérdés alapján pozitív eredmény is elfogadható!):

(1 pont)

$$I_N = \frac{U_N}{R_N^V} = \frac{-18,4 \text{ V}}{4 \Omega} = -4,6 \text{ A}$$

A fogyasztónál mérhető feszültségek:

(2 pont)

$$U_a^F = U_a^H - U_N = 230\text{V} - (-18,4) = 248,4 \text{ V}$$

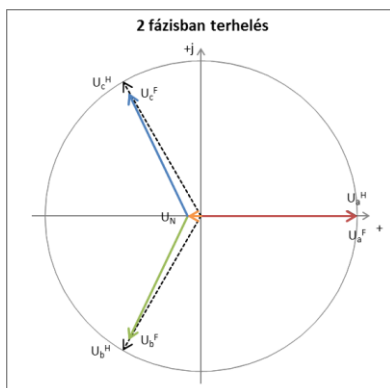
$$U_b^F = \frac{R_b^F}{R_b^V + R_b^F} (U_b^H - U_N) = \frac{40}{2 + 40} (-115,00 - 199,19j - -18,4)$$

$$= (-92,00 - 189,70j)\text{V} = 210,83\exp(-j115,87^\circ)\text{V}$$

$$U_c^F = (-92,00 + 189,70j)\text{V} = 210,83\exp(+j115,87^\circ)\text{V}$$

A fogyasztó teljesítménye:

(2 pont)



$$P_F = \frac{|U_b^F|^2}{R_b^F} + \frac{|U_c^F|^2}{R_c^F} = 2 \frac{(210,83\text{V})^2}{40\Omega} = 2223 \text{ W}$$

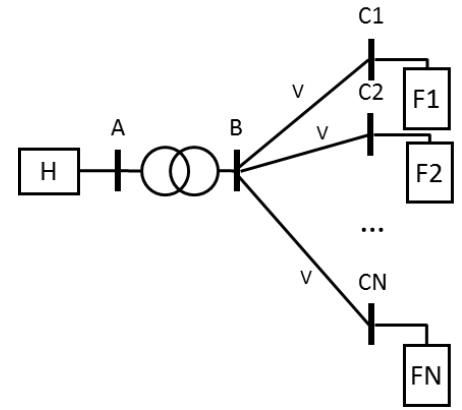
A nullavezető vesztesége:

$$P_N = R_N^V |I_N|^2 = 4\Omega \cdot (-4,6\text{A})^2 = 85 \text{ W}$$

A földelés után is maradna aszimmetria a rendszerben, mivel U_b és U_c fázor a feszültség esés miatt csökkenne.

Fázorábra

4. Adott az alábbi háromfázisú hálózat! A transzformátor kisfeszültségű oldalára $N=4$ vezeték csatlakozik, a vezetékek végén egy-egy (impedanciatartó) fogyasztó található. Mindegyik vezeték, illetve fogyasztó a táblázatban megadott paraméterekkel jellemezhető, tehát a transzformátorról leágazó 4 ág teljesen azonos. A hálózat névleges feszültségen üzemel.



- Mennyi a vezetéseken disszipálódó háromfázisú veszteség?
- Határozza meg a hálózathoz betáplált háromfázisú komplex (látszólagos) teljesítményt!

(A hálózat szimmetrikus, a kisebb feszültségű oldalra redukálja a hálózatot!) (10 pont)

$U_n^H = 21 \text{ kV}$ $S_z^H = \infty$	$20/0,4 \text{ kV}$ $S_n^{TR} = 250 \text{ kVA}$ $\varepsilon = 6\%$	$R^V = 0,1 \Omega$	$U_n^F = 0,4 \text{ kV}$ $S_n^F = 40 \text{ kVA}$ $\cos\varphi = 0,98 \text{ (ind.)}$
---	--	--------------------	---

A hálózat modellje (2 pont):

A paraméterek (4x0,5pont):

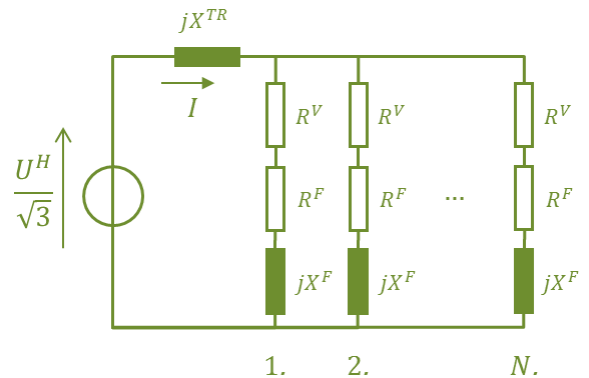
$$\frac{U^H}{\sqrt{3}} = \frac{0,4}{20} \cdot \frac{U_n^H}{\sqrt{3}} = \frac{0,4}{20} \cdot \frac{21 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 0,242 \text{ kV}$$

$$X^{TR} = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{(U_{nK}^{TR})^2}{S_n^{TR}} = \frac{6}{100} \cdot \frac{(0,4 \text{ kV})^2}{250 \text{ kVA}} = 0,0384 \Omega$$

$$R^F + jX^F = \frac{(U_n^F)^2}{S_n^F} (\cos\varphi + j\sin\varphi)$$

$$= \frac{(0,4 \text{ kV})^2}{40 \text{ kVA}} (0,98 + j0,198997)$$

$$= 3,92 + j0,80 \Omega$$



Egy fogyasztói ág impedanciája: (0,5 pont)

$$Z_{1\text{ág}} = R^V + R^F + jX^F = 0,1 + 3,92 + j0,80 \Omega = 4,02 + j0,80 \Omega$$

Az 4 ág impedanciája így: (0,5 pont)

$$Z_{4\text{ág}} = \frac{Z_{1\text{ág}}}{4} = 1,01 + j0,20 \Omega$$

Így a hálózathoz kifolyó áram: (1 pont)

$$I = \frac{U^H/\sqrt{3}}{jX^{TR} + Z_{4\text{ág}}} = \frac{0,242 \text{ kV}}{j0,0384 + 1,01 + j0,20 \Omega} = 228,53 - 53,98j \text{ A} = 234,82 \exp(-j13,29^\circ) \text{ A}$$

Ennek N-eke folyik egy vezetéken, tehát a három vezetéken disszipálódó veszteség:

(2 pont)

$$P_{\text{veszt},4\text{vez}} = 4P_{\text{veszt},1\text{vez}} = 4 \left(3R_v \left| \frac{I}{4} \right|^2 \right) = \frac{3}{4} R_v |I|^2 = \frac{3}{4} 0,1 \Omega \cdot (234,82 \text{ A})^2 = 4,14 \text{ kW}$$

A hálózathoz betáplált komplex teljesítmény (az áttétel kiesik): (2 pont)

$$S^H = 3U^H I^* = 3 \cdot 0,242 \text{ kV} \cdot 234,82 \exp(+j13,29^\circ) \text{ A} = 170,82 \exp(+j13,29^\circ) \text{ kVA}$$

$$P^H = 166,25 \text{ kW}, \quad Q^H = 39,27 \text{ kvar}$$

5. Egy turbina-generátor-fogyasztói rendszer állandósult állapotában $f_0 = 50\text{Hz}$, $P_0 = 200\text{ MW}$. A turbina-generátor egység maximális teljesítménye 250 MW és $R = 9\%$ statizmussal jellemezhető. A rendszerben hirtelen fellépő $4,5\text{ MW}$ fogyasztói teljesítményigény-növekedés hatására mekkora lesz a frekvenciaváltozás, ha $k_{pf}=1$, 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 a turbina-generátor egység gyorsulni vagy lassulni fog!

#MEGOLDÁS:

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

$$K_F = \frac{P_0 k_{pf}}{f_0} = \frac{200\text{ MW} \cdot 1}{50\text{ Hz}} = 4 \frac{\text{MW}}{\text{Hz}}$$

$$\Delta f = -\frac{\Delta P}{K_F} = -\frac{4,5\text{ MW}}{4 \frac{\text{MW}}{\text{Hz}}} = -1,125\text{Hz}$$

- K_g tényező számítása (1+1+2 pont)

$$\Delta f_R = R \cdot f_0 = 9\% \cdot 50\text{ Hz} = 4,5\text{ Hz}$$

$$K_G = -\frac{P_{\max}}{\Delta f_R} = -\frac{250\text{ MW}}{4,5\text{ Hz}} = -55,56\text{ MW/Hz}$$

$$\Delta f = -\frac{\Delta P_f}{K_F + K_G} = -\frac{4,5\text{ MW}}{(4 - 55,56) \frac{\text{MW}}{\text{Hz}}} = -0,076\text{ Hz}$$

- dinamikus egyensúly (1 pont)

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

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

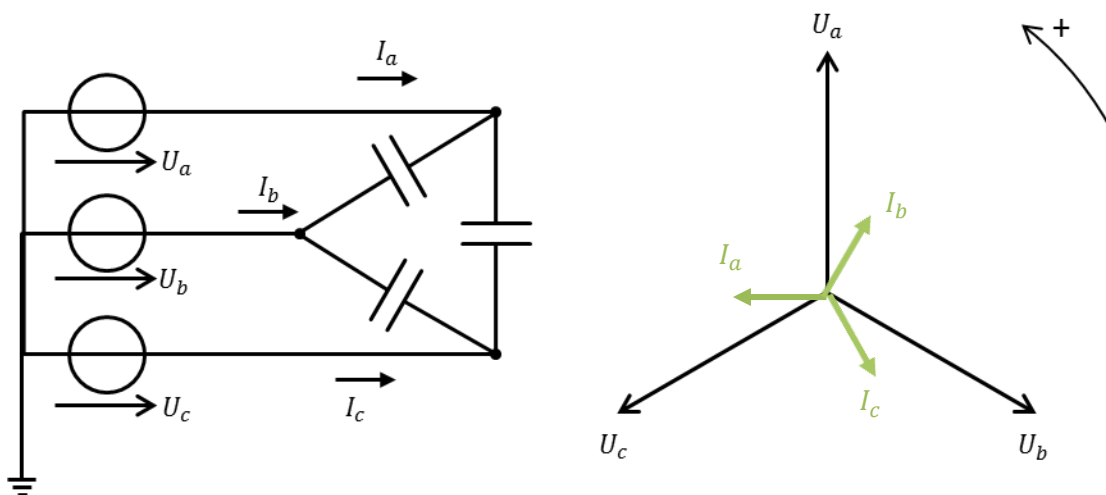
$$-\frac{T d\omega}{dt} > 0$$

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

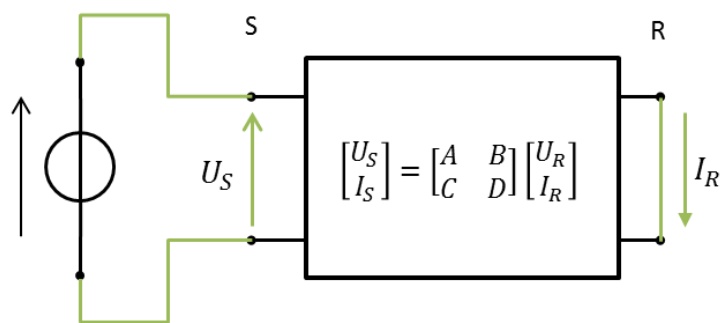
Tehát a tengely forgása lassulni fog. (magyarázat 2 pont, eredmény 1 pont)

2013. május 27.

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



1.2. Egy távvezeték láncparaméteres egyenletének 'B' paraméterét kívánjuk mérni. Az alábbi ábrán alakítsa ki a mérési összeállítást, és jelölje be a mérendő mennyiségeket!



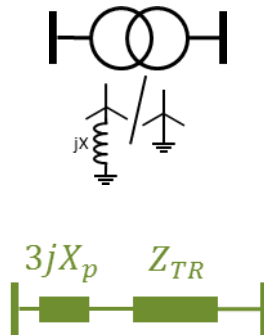
(ha ellenállást rajzol a generátor és S közé, az nem baj.)

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

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

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

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

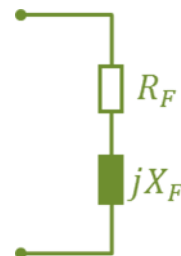


1.5. Egy (háromfázisú) fogyasztó névleges feszültsége 10 kV, névleges teljesítménye 100 kVA, teljesítménytényezője ($\cos\varphi$) 0,8 (induktív). Rajzolja fel a fogyasztó pozitív sorrendű impedanciatartó modelljét (soros RX), és számolja ki a modell elemeinek paramétereit!

$$|Z_F| = \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{10\text{kV}^2}{0,1\text{MVA}} = 1000\Omega$$

$$R_F = |Z_F|\cos\varphi = 1000 \cdot 0,8 = 800,00\Omega$$

$$X_F = |Z_F|\sin\varphi = 1000 \cdot 0,6 = 600,00\Omega$$



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

A kiserőművek hazai összes beépített kapacitása 100-200 kW.	HAMIS
Az egyetemes szolgáltatás villamosenergia-kereskedelmi tevékenység.	IGAZ
A magyar VER-ben egy elosztói és hat átviteli hálózati engedélyes van.	HAMIS

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

Az utóbbi évtizedben jelentősen bővül Magyarország „Offshore” szélenergia kapacitása.	HAMIS
1 kJ = 3600 kWh	HAMIS
Magyarország primer energiahordozó-szükségletének legnagyobb részét Oroszországból importálja.	IGAZ
A nagyobb szélenergia kapacitások teljesítménye 3-5MW közé esik.	IGAZ

1.8. Adottak az alábbi szimmetrikus összetevő feszültségek: $U_0 = 13V$, $U_1 = 3V$, $U_2 = 3V$. Határozza meg a 'b' fázisfeszültség értékét!

$$U_b = U_0 + a^2 U_1 + a U_2 = 13 + -1,50 - 2,60j + -1,50 + 2,60j = (10,00)V$$

1.9. 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 50 MW hatásos teljesítményt szállítunk, akkor a távvezeték összességében meddő teljesítményt **TERMEL** **FOGYASZT**

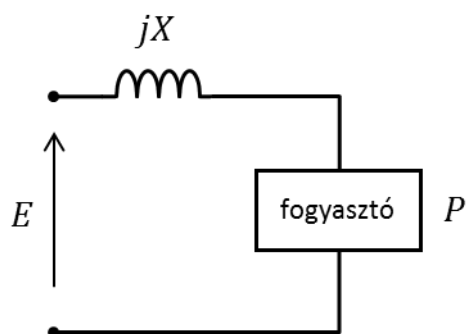
$$R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{l l'}{l c'}} = \sqrt{\frac{l'}{c'}} = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 10^{-3} H}{9 \cdot 10^{-9} F}} = 380,1 \Omega$$

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

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

1.10. Az alábbi sugaras hálózaton $E = 10$ kV, $X = j4 \Omega$. Feszültségstabilitás szempontjából mekkora lehet egy teljesítménytartó fogyasztó maximális hatásos teljesítménynyelvétele ($P_{\max}$)?

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



2. Az alábbi hálózatok/hálózatrészek milyen csillagponttal üzemelnek?

Erőművi szinkrongenerátor	szigetelt
Nagyfeszültségű hálózat	hatásosan földelt
Középfeszültségű szabadvezeték hálózat	Petersen tekercsen át földelt (kompenzált)
Középfeszültségű kábelhálózat	Kis ellenálláson át földelt (hosszú földelés)
Kisfeszültségű hálózat	Mereven földelt

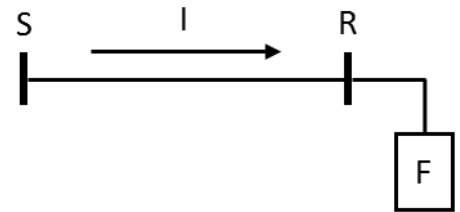
5x1 pont

A nagyfeszültségű hálózat, a középfeszültségű szabadvezeték hálózat és a középfeszültségű kábelhálózat csillagpontkezelési módszereit hasonlítsa össze az alábbi szempontok szerint:

	1FN zárlat esetén az ép fázisok állandósult állapotbeli feszültsége a névleges fázisfeszültség hányszorosa?	1FN földzárlati áram nagysága (nagyságrend, [A])	A zárlatos vonal kiválasztása („könnyen lehetséges” / „nehéz”)
nagyfeszültségű	1..1,4	több 100, több 1000, „nagy”	könnyen lehetséges
középfeszültségű szabadvezeték	$\sqrt{3}$	~10	nehéz
középfeszültségű kábel	$\sqrt{3}$	~100	könnyen lehetséges

Max. 5 pont, rossz válaszáért 0,5pont levonás

3. Adott az alábbi háromfázisú közép feszültségű hálózat egy végponti fogyasztóval. A fogyasztó paraméterei $U_n = 20 \text{ kV}$, $P_n = 500 \text{ kW}$, teljesítménytényezője 1. Az S oldalon névleges 20 kV feszültséget tartunk. A fogyasztó paramétereit alapoknak választva a vezeték $r=0,2 \text{ v.e.}$ ellenállással jellemezhető.



Határozza meg viszonylagos egységben az u_R feszültség és az átvitt hatásos teljesítmény értékét, ha fogyasztót

- áramtartó,
- impedanciatartó modellel képezi le?
- Mekkora az átvihető maximális teljesítmény, ha a fogyasztó teljesítménytartó?

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 a helyes gondolatmenetre, képletekre, 1 az eredményekre)

$$u_R = u_S - r^V i_n = 1 - 0,2 \cdot 1 = 0,8$$

$$p_R = u_R i_n = 0,8 \cdot 1 = 0,8$$

- Impedanciatartó modell:

(2 pont a helyes gondolatmenetre, képletekre, 1 az eredményekre)

$$u_R = \frac{r^F}{r^V + r^F} u_S = \frac{1}{0,2 + 1} \cdot 1 = 0,833$$

$$p_R = \frac{|u_R|^2}{r^F} = \frac{(0,833)^2}{1} = 0,694$$

- Az átvihető maximális teljesítmény:

(2 pont a helyes gondolatmenetre, képletre, 1 az eredményekre)

$$p_{\max} = \frac{u_S^2}{4R} = \frac{1^2}{4 \cdot 0,2} = 1,25$$

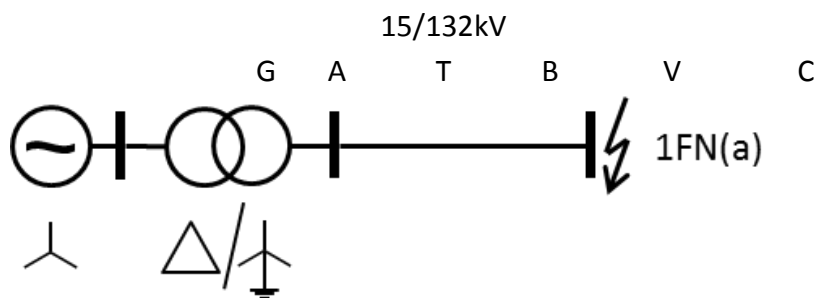
4. Számítsa ki a „A” gyűjtősinen mérhető fázisáramok komplex effektív értékét (kA-ben)! A hálózati elemek adatai viszonylagos egységekben:

$$u_1^G=1; \quad x_1^G=x_2^G=0,1; \quad x_1^{Tr}=x_2^{Tr}=x_0^{Tr}=0,1; \quad x_1^V=x_2^V=0,15; \quad x_0^V=0,45.$$

Az A sínen felvett viszonyítási alappennyiségek:

$$U_{\text{alap}}^A = 15 \text{ kV}, \quad S_{\text{alap}} = 150 \text{ MVA}.$$

A transzformátor kapcsolási csoportja Yd7.



Sorrendi hálózatok 1 pont, sorba kötés: 1 pont

$$i_1 = \frac{u_1^G}{j(x_1^G + x_1^{Tr} + x_1^V + x_2^G + x_2^{Tr} + x_2^V + x_0^{Tr} + x_0^V)} = \frac{1}{j1,25} = -0,8j$$

(1pont)

$$i_2 = i_0 = i_1 \text{ (0,5pont) a B sínen}$$

Transzformátor forgatás figyelembevétele az A sínre:

$$\begin{aligned} i_0^A &= 0 \\ i_1^A &= i_1^B e^{-j \cdot 7 \cdot 30^\circ} = 0,8 e^{j60^\circ} \\ i_2^A &= i_2^B e^{j \cdot 7 \cdot 30^\circ} = 0,8 e^{j120^\circ} \end{aligned}$$

(3 pont)

$$\begin{bmatrix} i_a^A \\ i_b^A \\ i_c^A \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ i_1^A \\ i_2^A \end{bmatrix}$$

$$i_a^A = 0,00 + j1,386 = 1,39 \exp(+j90^\circ)$$

$$i_b^A = 0,00 - j1,386 = 1,39 \exp(-j90^\circ)$$

$$i_c^A = 0$$

(1,5 pont)

$$I_{\text{alap}}^A = \frac{S_{\text{alap}}}{\sqrt{3} U_{\text{alap}}^A} = \frac{150 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 15 \text{ kV}} = 5,774 \text{ kA}$$

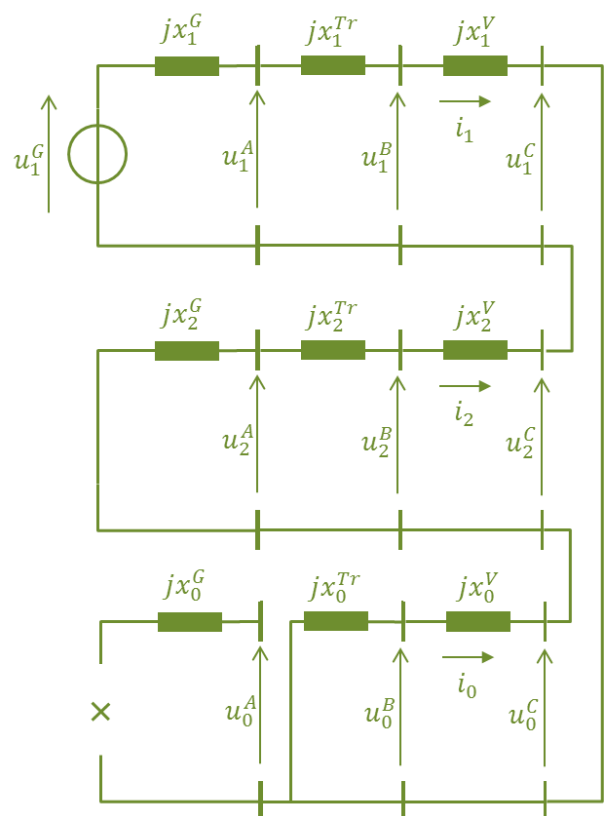
(1pont)

$$I_a^A = I_a^A \cdot I_{\text{alap}}^A = 0 + j8 \text{ kA} = 8,00 \exp(+j90^\circ) \text{ kA}$$

$$I_b^A = I_b^A \cdot I_{\text{alap}}^A = 0 - j8 \text{ kA} = 8,00 \exp(-j90^\circ) \text{ kA}$$

$$I_c^A = I_c^A \cdot I_{\text{alap}}^A = 0 \text{ kA}$$

(1pont)



5. Egy 21 kV névleges feszültségű, végtelennek tekintett hálózatról egy 30 km hosszú, $r = 0,3 \Omega/\text{km}$ és $x = 0,3 \Omega/\text{km}$ adatokkal jellemzett távvezetéken egyetlen (háromfázisú) ohmos-induktív fogyasztót látunk el, melynek névleges feszültsége $U_n = 20 \text{ kV}$, hatásos teljesítményfelvétele $P = 2,5 \text{ MW}$ (a fogyasztót tekintjük áramtartónak). Mekkora lenne a hosszirányú feszültségesés a vezetéken, ha

- a fogyasztó teljesítménytényezője 0,78 lenne?
- a fogyasztó teljesítménytényezője 0,96 lenne?
- Mekkora kapacitású, deltába kapcsolt söntkondenzátorok szükségesek ahhoz, hogy a fogyasztói teljesítménytényezőt 0,78 értékről 0,96 értékre javítsuk?

A vezetékek paramétereit:

(2x0,5 pont)

$$R = l \cdot r = 30 \text{ km} \cdot 0,3 \frac{\Omega}{\text{km}} = 9,00 \Omega$$

$$X = l \cdot x = 30 \text{ km} \cdot 0,3 \frac{\Omega}{\text{km}} = 9,00 \Omega$$

A fogyasztó áramfelvétele:

(3 pont)

$$I^F = \frac{P}{\sqrt{3} U_n^F \cos \varphi} (\cos \varphi - j \sin \varphi)$$

$$I_a^F = \frac{\frac{2,5 \text{ MW}}{0,78}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV}} (0,78 - j \sqrt{1 - 0,78^2}) = 72,17 - j 57,90 \text{ A}$$

$$I_b^F = \frac{\frac{2,5 \text{ MW}}{0,96}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV}} (0,96 - j \sqrt{1 - 0,96^2}) = 72,17 - j 21,05 \text{ A}$$

A hosszirányú feszültségesés tehát:

(1+2x1 pont)

$$\Delta U_h = R I_w - X I_m$$

$$\Delta U_{h,a} = 9,00 \Omega \cdot 72,17 \text{ A} - 9,00 \Omega \cdot (-57,90 \text{ A}) = 1170,6 \text{ V}$$

$$\Delta U_{h,b} = 9,00 \Omega \cdot 72,17 \text{ A} - 9,00 \Omega \cdot (-21,05 \text{ A}) = 839,0 \text{ V}$$

A kompenzálendő meddőteljesítmény meghatározása:

(2 pont)

$$Q = \frac{P}{\cos \varphi} \sin \varphi \rightarrow \Delta Q = P \left(\frac{\sin \varphi_1}{\cos \varphi_1} - \frac{\sin \varphi_2}{\cos \varphi_2} \right)$$

$$\varphi_1 = \cos^{-1} 0,78 = 38,74^\circ$$

$$\varphi_2 = \cos^{-1} 0,96 = 16,26^\circ$$

$$Q = 2,5 \text{ MW} (\tan 38,74^\circ - \tan 16,26^\circ) = 1,28 \text{ Mvar}$$

(nyilván, ha más módszerrel jó Q értéket határoz meg, az is 2 pont)

Egy kondenzátorra jutó meddőteljesítmény ennek harmada:

(1 pont)

$$Q_c = \frac{Q}{3} = \frac{1,28 \text{ Mvar}}{3} = 0,43 \text{ Mvar}$$

A kondenzátorra vonali feszültség esik, így a kapacitása:

(1 pont)

$$Q_c = \frac{U^2}{X_c} = U^2 \omega C \rightarrow C = \frac{Q_c}{\omega U^2}$$

$$C = \frac{0,43 \text{ Mvar}}{2\pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot (21 \text{ kV} - 839,0 \text{ V}/1000)^2} = 3,33 \mu\text{F}$$

(1 pont)

(Ha a fogyasztó névleges feszültségével számolt, akkor 3,39 μF ,
ha hálózatával, akkor 3,07 μF .)

Ha nem indokolta meg a választást akkor csak 0,5 pont)