

2014. május 21.

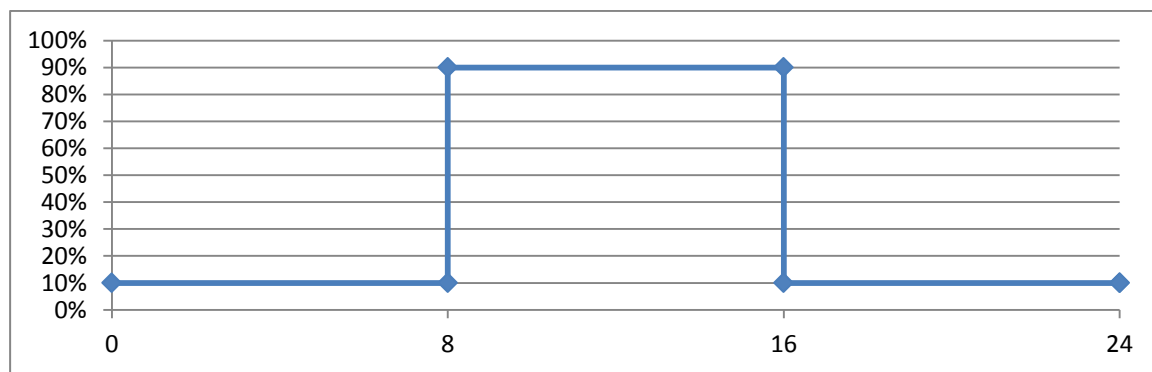
**1.1.** Tekintsünk egy megoszló terheléssel jellemezhető hálózatot! A hosszegységre eső áramfelvétel  $i = 0,24 \text{ A/m}$  fázisonként egyenlő ( $\cos\varphi = 1$ ), a vezeték hosszegységre eső ellenállása  $r = 0,36 \text{ } \Omega/\text{km}$ . Mekkora fázisonként a feszültségesés, ha a vezeték hossza  $L = 500 \text{ m}$ ?

$$I_T = i_m \cdot L = 0,24 \text{ A/m} \cdot 500 \text{ m} = 120 \text{ A}$$

$$R = r \cdot L = 0,36 \text{ } \Omega/\text{km} \cdot 500 \text{ m} = 0,18 \text{ } \Omega$$

$$\Delta U = RI_T/2 = \frac{0,18 \text{ } \Omega \cdot 120 \text{ A}}{2} = 10,8 \text{ V}$$

**1.2.** Egy ipartelep a 6 kV névleges feszültségű háromfázisú hálózatra csatlakozik. Az ipartelep fázisonkénti áramfelvételét – a névleges 22 A értékhez viszonyítva – az alábbi ábra adja meg. Mekkora az ipartelep napi hatásos villamosenergia-fogyasztása, ha a teljesítménytényező értéke egész nap  $\cos\varphi = 0,84$ ?



#MEGOLDÁS:

Teljesítmények az egyes időszakokban:

$$P_1 = \sqrt{3}U_n I_n \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot 6 \text{ kV} \cdot 0,1 \cdot 22 \text{ A} \cdot 0,84 = 19,2 \text{ kW}$$

$$P_2 = \sqrt{3}U_n I_n \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot 6 \text{ kV} \cdot 0,9 \cdot 22 \text{ A} \cdot 0,84 = 172,8 \text{ kW}$$

$$P_3 = \sqrt{3}U_n I_n \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot 6 \text{ kV} \cdot 0,1 \cdot 22 \text{ A} \cdot 0,84 = 19,2 \text{ kW}$$

Így az összes hatásos energia:

$$E_p = P_1 t_1 + P_2 t_2 + P_3 t_3 = (19,2 \text{ kW} + 172,8 \text{ kW} + 19,2 \text{ kW}) \cdot 8 \text{ h} = 1690 \text{ kWh}$$

**1.3.** Egy 20/0,4 kV-os, Dy5 transzformátor kisebb feszültségű oldalán a szimmetrikus összetevő áramok:  $I_0 = 5 \text{ A}$ ,  $I_1 = 360 \text{ A}$ ,  $I_2 = 8 \text{ A}$ . Határozza meg a nagyobb feszültségű oldalon mérhető áramok zérus és pozitív sorrendű összetevőit!

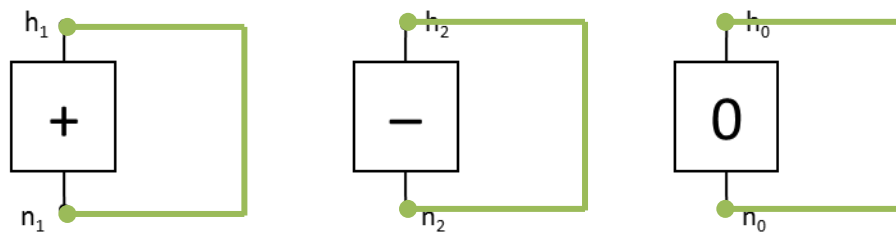
Zérus sorrendű összetevő nem megy át a delta oldalra:

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

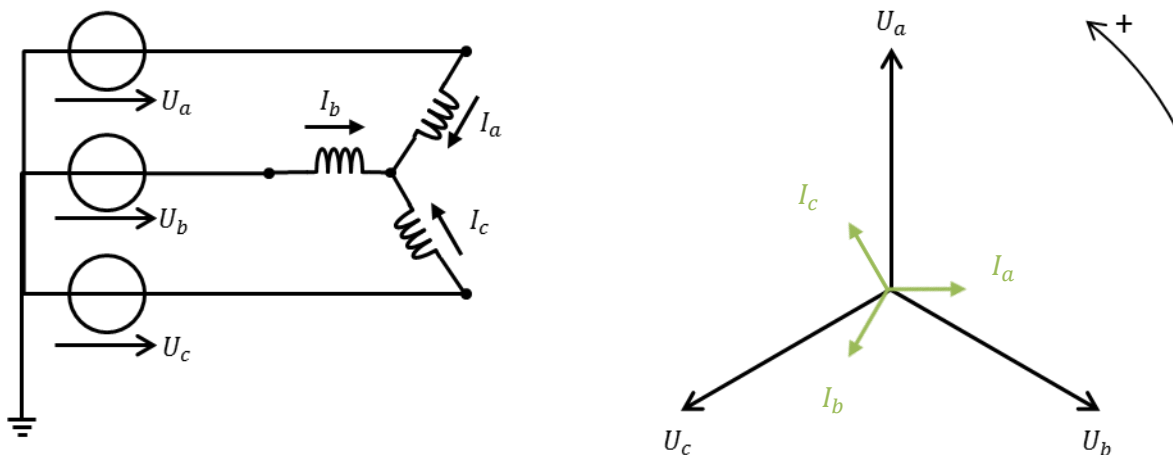
Pozitív sorrendű összetevő áttétele és forgatása:

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

**1.4.** Egy hálózaton bekövetkezik egy 3F zárlat. Alább adott a hálózat pozitív, negatív és zérus sorrendű modelljének egyszerűsített vázlatja, a hibahely feltüntetésével. Kösse össze a modelleket a zárlat számításához szükséges módon!

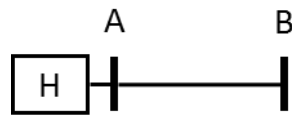


**1.5.** Egy szimmetrikus háromfázisú feszültségrendszerre csillag elrendezésben egyforma tekercseket kapcsolunk. A felvett referenciáirányok szerint irányhelyesen rajzolja be a fázorábrába a tekercseken átfolyó áramokat!



#MEGOLDÁS:

**1.6.** Egy 22 kV névleges feszültségű végtelennek tekintett hálózatra csatlakozó vezeték pozitív sorrendű impedanciájának abszolút értéke  $10 \Omega$ . Határozza meg az üresen járó B gyűjtősin háromfázisú zárlati teljesítményét!



$$S_Z^B = \sqrt{3}U_n I_z = \sqrt{3}U_n \frac{U_n}{|Z|} = \frac{U_n^2}{|Z|} = \frac{22\text{kV}^2}{10\Omega} = 48,4 \text{ MVA}$$

**1.7.** Egy 20/0,4 kV-os transzformátor névleges teljesítménye 160 kVA, rövidzársi feszültsége ( $\epsilon$ ) 6%. Rajzolja fel a transzformátor pozitív sorrendű (egyfázisú) modelljét, és határozza meg a transzformátor névleges áramát, valamint a transzformátor reaktanciát kis- illetve nagyfeszültségű oldalra is!

#MEGOLDÁS:

$$I_{n,N} = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_{nN}} = \frac{0,16\text{MVA}}{\sqrt{3} \cdot 20\text{kV}} = 4,6\text{A}$$

$$I_{n,K} = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_{nK}} = \frac{0,16\text{MVA}}{\sqrt{3} \cdot 0,4\text{kV}} = 230,9\text{A}$$

$$X_{TR,N} = \frac{\epsilon}{100} \frac{U_{nN}^2}{S_n} = \frac{6}{100} \frac{20\text{kV}^2}{0,16\text{MVA}} = 150\Omega$$

$$X_{TR,K} = \frac{\epsilon}{100} \frac{U_{nK}^2}{S_n} = \frac{6}{100} \frac{0,4\text{kV}^2}{0,16\text{MVA}} = 0,06\Omega$$



**1.8.** Adottak az alábbi szimmetrikus összetevő feszültségek. Adja meg a transzformációs mátrixot, s határozza meg a fázisfeszültségek értékét!

$$\begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix} = ( ) \begin{bmatrix} U_0 \\ U_1 \\ U_2 \end{bmatrix}$$

$$U_0 = 13\text{V}, U_1 = 3\text{V}, U_2 = 3\text{V}$$

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix}, \quad a = e^{j120^\circ}$$

$$U_a = U_0 + U_1 + U_2 = 13 + 3 + 3 = (19,00)\text{V}$$

$$U_b = U_0 + a^2 U_1 + a U_2 = 13 + -1,50 - j2,60 + -1,50 + j2,60 = (10,00)\text{V}$$

$$U_c = U_0 + a U_1 + a^2 U_2 = 13 + -1,50 + j2,60 + -1,50 - j2,60 = (10,00)\text{V}$$

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

|   |       |
|---|-------|
| A hazai kiefeszültségű hálózat névleges vonali feszültsége 0,2 kV.                        | HAMIS |
| A nagyvárosi ellátás jellemzően 20 kV-os szabadvezetéken történik.                        | HAMIS |
| A hazai átviteli hálózat jellemző feszültség szintje 400 kV és 220 kV.                    | IGAZ  |
| Egy 20/0,4kV-os transzformátor jellemzően az átviteli és elosztó hálózat határát jelenti. | HAMIS |

**1.10.** Egy 20/0,4 kV-os transzformátor névleges teljesítménye 160 kVA, névleges rövidzárási vesztesége  $P_{rz,n} = 1800 \text{ W}$ . Csúcsidőszakban a transzformátor kiefeszültségű oldalán mért áram 200 A. Mennyi ebben az üzemi állapotban a transzformátor vesztesége?

#MEGOLDÁS:

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

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

2. Egy tanulmány szerint a vasútvonalak mentén összesen  $10,6 \text{ km}^2$  területre lehetne napelemet telepíteni. Tételezzük fel, hogy országban az egységnyi területre naponta érkező napsugárzás éves átlagban  $3,5 \text{ kWh/m}^2$ . A beépítendő napelemek hatásfoka legyen 12%.

- A villamos vontatás, valamint a vasúti segédberendezések éves villamosenergia-igénye Magyarországon körülbelül 840 GWh. Hányszorosa ez a fenti napelemekkel megtermelhető villamosenergia-mennyiségnek? (3 pont)
- Mennyi a naperőmű éves átlagos teljesítménye? Ez hány – névleges teljesítményt felvevő mozdony egyidejű ellátására képes, ha a mozdonyok névleges teljesítménye 3400 kW, teljesítménytényezőjük 0,7 (induktív)? (2 pont)
- Tegyük fel, hogy a villamos vontatás energiaigénye az év napjain egyenletesen oszlik el. Azonban a napi villamosenergia-igény 30%-a éjszaka jelentkezik, amikor a napelemek nem termelnek energiát, tehát tárolásra van szükség. Mekkora energiamennyiségre kell méretezni a tárolót? (2 pont)
- Tételezzük fel, hogy erre egy szivattyús tározót építünk, melynek hatásfoka 85%. Ha a tározó mérete  $600\,000 \text{ m}^3$ , akkor milyen szintkülönbségre van szükségünk a fenti tárolási feladat ellátásához? (3 pont)

A napsugárzásból kinyerhető napi energiamennyiség: (1 pont)

$$E_{\text{napi,hasznos,m}^2} = E_{\text{napi,összes,m}^2} \eta_{\text{napelem}} = 3,5 \text{ kWh/m}^2 \cdot 12\% = 0,42 \text{ kWh/m}^2$$

A teljes területet nézve egy egész évre: (1 pont)

$$E_{\text{éves,hasznos}} = E_{\text{napi,hasznos,m}^2} \cdot A \cdot 365 = 0,42 \text{ kWh/m}^2 \cdot 10,6 \text{ km}^2 \cdot 10^6 \frac{\text{m}^2}{\text{km}^2} \cdot 365 = 1625 \text{ GWh}$$

A vontatás éves igénye ennek #vontszazalek#-a. (1 pont)

A naperőmű éves átlagos teljesítménye: (1 pont)

$$P_{\text{átlag}} = \frac{1625 \text{ GWh}}{365 \cdot 24 \text{ h}} = 186 \text{ MW}$$

Ebből ellátható mozdonyok száma (a teljesítménytényező felesleges adat): (1 pont)

$$N_{\text{mozdony}} = \frac{P_{\text{átlag}}}{P_{\text{mozdony}}} = \frac{186 \text{ MW}}{3400 \text{ kW}} = 55$$

A vontatás napi igénye – egyenletes eloszlást feltételezve: (1 pont)

$$E_{\text{napi,igény}} = E_{\text{éves,igény}}/365 = 840 \text{ GWh} / 365 = 2301 \text{ MWh}$$

Ennek 30%-át kell eltárolni: (1 pont)

$$E_{\text{napi,tárolóból}} = 840 \text{ GWh} \cdot 30\% = 690 \text{ MWh}$$

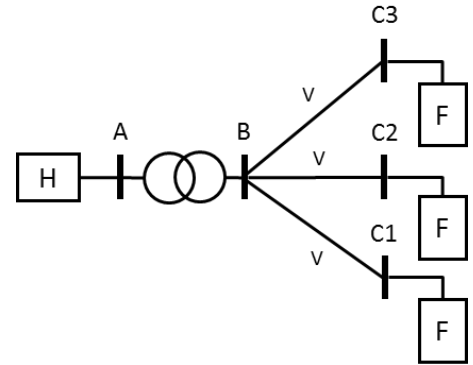
Mivel a tárolónak vesztesége van, ezért a ténylegesen tárolandó energia: (1p)

$$E_{\text{napi,tárolandó}} = 690 \text{ MWh}/85\% = 812 \text{ MWh} = 2924 \text{ GJ}$$

Ezt a megadott mennyiségű víz helyzeti energiája fedezi, a szükséges magasság: (2p)

$$mgh = E_{\text{napi,tárolandó}} \rightarrow h = \frac{E_{\text{napi,tárolandó}}}{mg} = \frac{2924 \text{ GJ}}{600\,000 \text{ m}^3 \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 487 \text{ m}$$

3. Adott az alábbi háromfázisú hálózat! A transzformátor kisfeszültségű oldalára 3 vezeték csatlakozik, a vezetékek végén egy-egy (impedanciátartó) fogyasztó található. Mindegyik vezeték, illetve fogyasztó a táblázatban megadott paraméterekkel jellemezhető, tehát a transzformátorról leágazó 3 ág teljesen azonos. A hálózat névleges feszültségen üzemel.



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

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

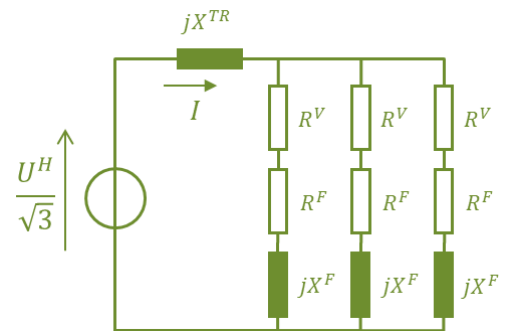
|   |  |                     |   |
|---|--|---------------------|---|
| $U_n^H = 20 \text{ kV}$<br>$S_Z^H = \infty$ | $20/0,4 \text{ kV}$<br>$S_n^{TR} = 160 \text{ kVA}$<br>$\varepsilon = 4\%$ | $R^V = 0,15 \Omega$ | $U_n^F = 0,4 \text{ kV}$<br>$S_n^F = 30 \text{ kVA}$<br>$\cos\varphi = 0,96 \text{ (ind.)}$ |
|---|--|---------------------|---|

A hálózat modellje (2 pont):

A paraméterek (4x0,5pont):

$$\frac{U^H}{\sqrt{3}} = \frac{0,4}{20} \cdot \frac{U_n^H}{\sqrt{3}} = \frac{0,4}{20} \cdot \frac{20 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 0,220 \text{ kV}$$

$$X^{TR} = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{(U_{nK}^{TR})^2}{S_n^{TR}} = \frac{4}{100} \cdot \frac{(0,4 \text{ kV})^2}{160 \text{ kVA}} = 0,0441 \Omega$$



$$R^F + jX^F = \frac{(U_n^F)^2}{S_n^F} (\cos\varphi + j\sin\varphi) = \frac{(0,4 \text{ kV})^2}{30 \text{ kVA}} (0,96 + j0,28) = 5,12 + j1,49 \Omega$$

Egy fogyasztói ág impedanciája: (0,5 pont)

$$Z_{1\text{ág}} = R^V + R^F + jX^F = 0,15 + 5,12 + j1,49 \Omega = 5,27 + j1,49 \Omega$$

Három ág impedanciája így: (0,5 pont)

$$Z_{3\text{ág}} = \frac{Z_{1\text{ág}}}{3} = 1,76 + j0,50 \Omega$$

Így a hálózatból kifolyó áram: (1 pont)

$$I = \frac{\frac{U^H}{\sqrt{3}}}{jX^{TR} + Z_{3\text{ág}}} = \frac{0,220 \text{ kV}}{j0,0441 + 1,76 + j0,50 \Omega} = 114,59 - 35,35j \text{ A} = 119,91 \exp(-j17,14^\circ) \text{ A}$$

Ennek harmada folyik egy vezetéken, tehát a három vezetéken disszipálódó veszteség: (2 pont)

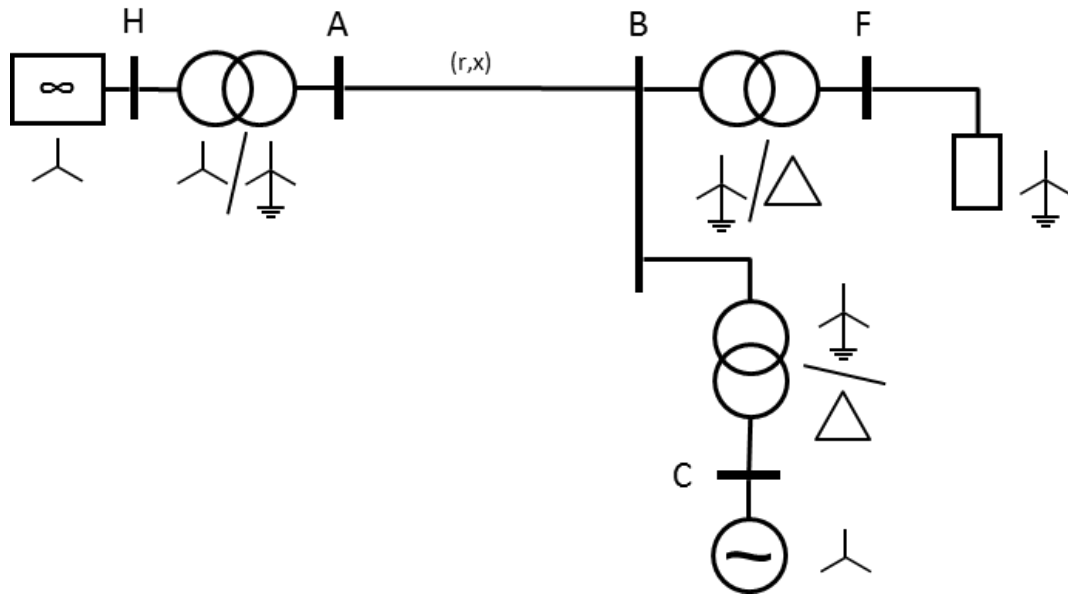
$$P_{\text{veszt},3\text{vez}} = 3P_{\text{veszt},1\text{vez}} = 3 \left( 3R_v \left| \frac{I}{3} \right|^2 \right) = R_v |I|^2 = 0,15 \Omega \cdot (119,91 \text{ A})^2 = 2,16 \text{ kW}$$

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

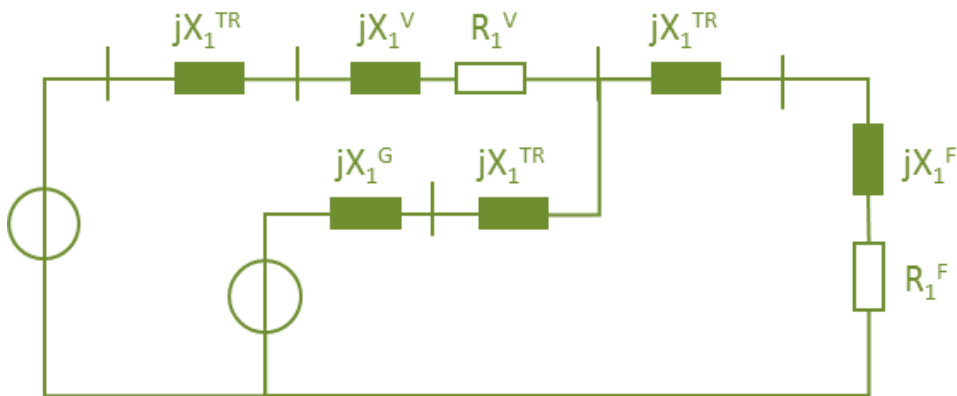
$$S^H = 3U^H I^* = 3 \cdot 0,220 \text{ kV} \cdot 119,91 \exp(+j17,14^\circ) \text{ A} = 79,30 \exp(+j17,14^\circ) \text{ kVA}$$

$$P^H = 75,78 \text{ kW}, \quad Q^H = 23,38 \text{ kvar}$$

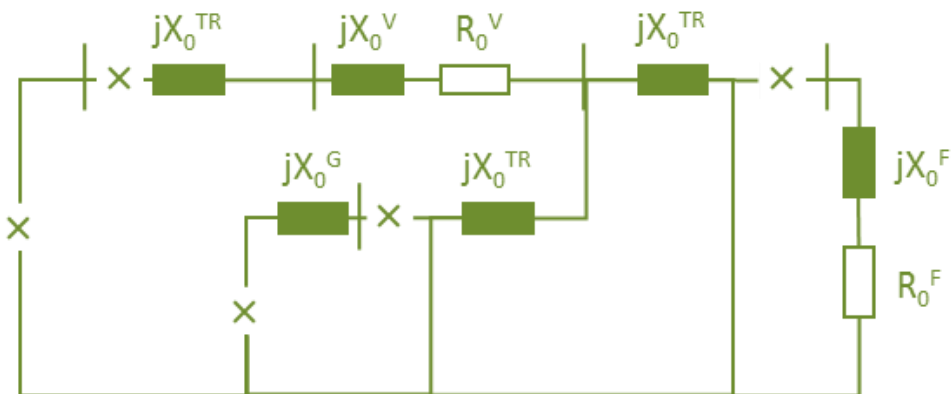
4. Adja meg az alábbi (fiktív) hálózat pozitív és zérus sorrendű helyettesítő képét a gyűjtősínek feltüntetésével (A, B, C, F, H)! A tekercs kialakítások jelölései: Y szigetelt csillag, Yg földelt csillag, D delta. A fogyasztó impedanciartató, a vezetéknek ellenállása is van. (8 pont)



#MEGOLDÁS:



(3 pont, hiányzó elemenként -1 pont)



(trafó csillagpontok 3 pont, 2 feszforrás dezaktiválás 2 pont)

5. Egy 21/6kV névleges feszültségű, Ygd3 kapcsolási csoportú transzformátor csillag oldalán adottak a fázisáramok:

$$\begin{aligned} I_a^N &= 12kA \\ I_b^N &= 7,55e^{-j113,4^\circ} kA \\ I_c^N &= 7,55e^{j113,4^\circ} kA \end{aligned}$$

Határozza meg a transzformátor delta oldalán a fázisáramok komplex effektív értékét!

(a kA értékeket rendre egyszerűség kedvéért nem tüntetjük fel...)

Áttérés szimmetrikus összetevőkre:

(1 pont)

$$\begin{bmatrix} I_0^N \\ I_1^N \\ I_2^N \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a^N \\ I_b^N \\ I_c^N \end{bmatrix}$$

Számítás

A zérus sorrendű áramot nem kell kiszámolni, mivel az nem mehet át a delta oldalra.

(1,5 pont ennek figyelembevételével)

$$\begin{aligned} aI_b^N &= 7,55e^{j6,6^\circ}, & a^2I_b^N &= 7,55e^{j126,6^\circ} \\ aI_c^N &= 7,55e^{-j126,6^\circ}, & a^2I_c^N &= 7,55e^{-j6,6^\circ} \end{aligned}$$

$$I_1^N = \frac{1}{3}(I_a^N + aI_b^N + a^2I_c^N) = \frac{1}{3}(12 + (7,500 + 0,866j) + (7,500 - 0,866j)) = 9$$

$$I_2^N = \frac{1}{3}(I_a^N + a^2I_b^N + aI_c^N) = \frac{1}{3}(12 + (-4,500 + 6,062j) + (-4,500 - 6,062j)) = 1$$

(2 pont a három számítás értékéért, ha jó az eredménye)

Transzformátor áttétel:

$$N = \frac{I_n^K}{I_n^N}$$

$$I_1^K = I_1^N \cdot \frac{1}{N} \cdot e^{-j3 \cdot 30^\circ} = 31,5e^{-j90,0^\circ}$$

$$I_2^K = I_2^N \cdot \frac{1}{N} \cdot e^{j3 \cdot 30^\circ} = 3,5e^{j90,0^\circ}$$

(1 pont az áttétel megfelelő kezelése, 1,5 pont a forgatás figyelembevételével, 1 pont az számítás)

Áttérés fázis összetevőkre:

$$\begin{bmatrix} I_a^K \\ I_b^K \\ I_c^K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ I_1^K \\ I_2^K \end{bmatrix}$$

(1 pont)

$$\begin{aligned} aI_1^K &= 31,5e^{j30,0^\circ}, & a^2I_1^K &= 31,5e^{j150,0^\circ} \\ aI_2^K &= 3,5e^{-j150,0^\circ}, & a^2I_2^K &= 3,5e^{-j30,0^\circ} \end{aligned}$$

$$I_a^K = I_1^K + I_2^K = (0,000 - 31,500j) + (0,000 + 3,500j) = 0,000 - 28,000j = 28e^{-j90,0^\circ}$$

$$\begin{aligned} I_b^K &= a^2I_1^K + aI_2^K = (-27,280 + 15,750j) + (-3,031 - 1,750j) = -30,311 + 14,000j \\ &= 33,388e^{j155,2^\circ} \end{aligned}$$

$$I_c^K = aI_1^K + a^2I_2^K = (27,280 + 15,750j) + (3,031 - 1,750j) = 30,311 + 14,000j = 33,388e^{j24,8^\circ}$$

(3 pont a három számítás értékéért, ha jó az eredménye)



2014. május 21.

**1.1.** A családi ház tetejére 4 darab,  $1,5 \text{ m}^2$  hasznos felületű napelemtáblát telepítünk. A napelemek hatásfoka 14%, a helyszínen a besugárzott energia éves átlaga  $3,5 \text{ kWh/m}^2/\text{nap}$ . Mennyi a napelemek által egy év alatt megtermelt energia?

$$E = 4 \cdot 1,5 \text{ m}^2 \cdot 14\% \cdot 3,5 \text{ kWh/m}^2/\text{nap} \cdot 365 \text{ nap} = 1073 \text{ kWh}$$

**1.2.** Egy elektromos autóban 24 darab 12 V egyenfeszültségű 95 Ah-ás akkumulátor van. Egy gyorsöltő állomás az autót teljesen lemerült akkumulátorait 6 óra alatt feltölti. Mekkora gyorsöltő átlagos teljesítménye?

Az akkumulátorok kapacitása

$$E = 24 \cdot 12 \text{ V} \cdot 95 \text{ Ah} = 27,36 \text{ kWh}$$

Az autóba áramló „hasznos” teljesítmény:

$$P_h = \frac{E}{t} = \frac{27,36 \text{ kWh}}{6 \text{ h}} = 4,56 \text{ kW}$$

**1.3.** Egy 20/0,4 kV-os, Dy3 transzformátor kisebb feszültségű oldalán a szimmetrikus összetevő áramok:  $I_0 = 8 \text{ A}$ ,  $I_1 = 245 \text{ A}$ ,  $I_2 = 22 \text{ A}$ . Határozza meg a nagyobb feszültségű oldalon mérhető áramok zérus és pozitív sorrendű összetevőit!

#MEGOLDÁS:

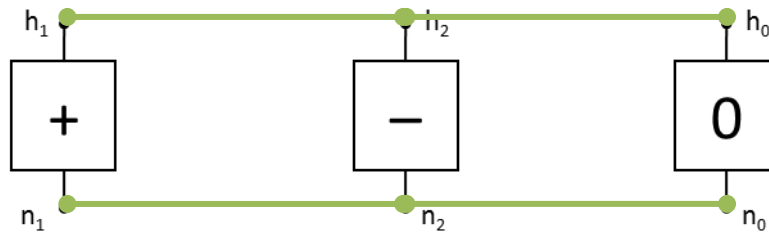
Zérus sorrendű összetevő nem megy át a delta oldalra:

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

Pozitív sorrendű összetevő áttétele és forgatása:

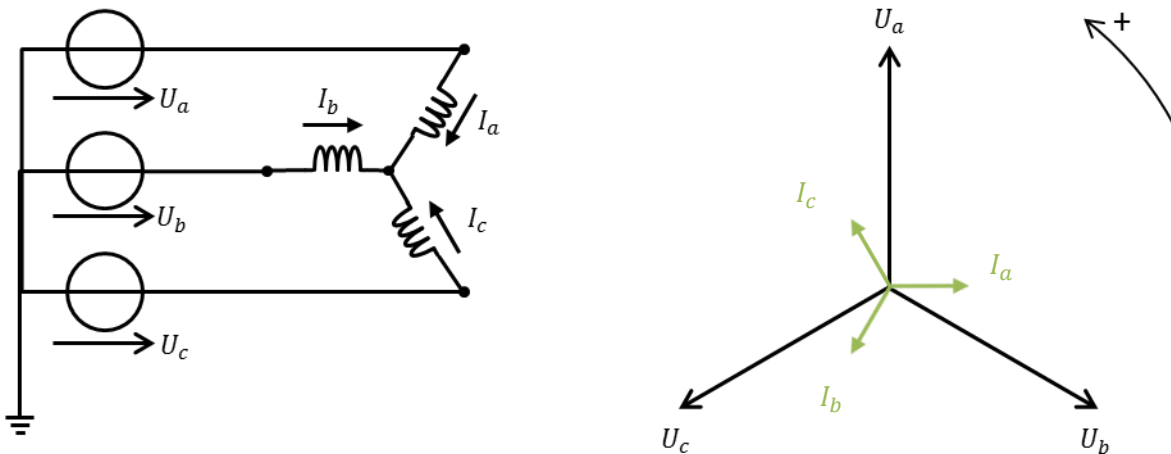
$$I_1^N = I_1^K \cdot \frac{0,4 \text{ kV}}{20 \text{ kV}} \cdot e^{+j \cdot 3 \cdot 30^\circ} = 0,00 + 4,90j \text{ A} = 4,90 \exp(+j90^\circ) \text{ A}$$

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



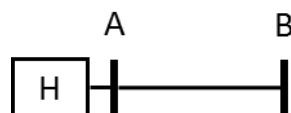
#MEGOLDÁS:

**1.5.** Egy szimmetrikus háromfázisú feszültségrendszerre csillag elrendezésben egyforma tekercseket kapcsolunk. A felvett referenciáirányok szerint irányhelyesen rajzolja be a fazorábrába a tekercseken átfolyó áramokat!



#MEGOLDÁS:

**1.6.** Egy 10 kV névleges feszültségű végtelen hálózatra csatlakozó vezeték pozitív sorrendű impedanciájának abszolút értéke  $15 \Omega$ . A „B” gyűjtősínen bekövetkező háromfázisú zárlat esetén határozza meg a zárlati áram nagyságát (effektív értékét)!



#MEGOLDÁS:

$$|I_z| = \frac{U_n}{\sqrt{3}Z} = \frac{10\text{kV}}{\sqrt{3} \cdot 15\Omega} = 0,385 \text{ kA}$$

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



**1.8.** Adottak az alábbi fázisáramok. Adja meg a transzformációs mátrixot, s határozza meg az áramok szimmetrikus összetevőinek értékét!

$$\begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = ( ) \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix}$$

$$I_a = 15e^{j0}A, I_b = 12e^{j0}A, I_c = 12e^{j0}A$$

#MEGOLDÁS:

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

$$I_0 = \frac{1}{3}(I_a + I_b + I_c) = \frac{15 + (12,00 + j0,00) + (12,00 + j0,00)}{3} = 13,00A$$

$$I_1 = \frac{1}{3}(I_a + aI_b + a^2I_c) = \frac{15 + (-6,00 + j10,39) + (-6,00 - j10,39)}{3} = 1,00A$$

$$I_2 = \frac{1}{3}(I_a + a^2I_b + aI_c) = \frac{15 + (-6,00 - j10,39) + (-6,00 + j10,39)}{3} = 1,00A$$

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

|  |       |
|--|-------|
| Egy háztartás éves villamosenergia-fogyasztása Magyarországon 2400-2800 kWh.   | IGAZ  |
| 1 LE $\approx$ 20 kW   | HAMIS |
| Az villamos energiaátvitel és elosztás energiavesztesége megközelítőleg 8-10%. | IGAZ  |
| A Magyar szélerőművek legnagyobb része a Kisalföldön helyezkedik el.           | IGAZ  |

**1.10.** Egy 1,25 km hosszú háromfázisú távvezeték hosszegységre eső pozitív sorrendű impedanciája  $0,40+j0,40 \Omega/\text{km}$ . A vezeték fázisvezetőiben folyó áramok pozitív sorrendű összetevője  $96-j28 \text{ A}$ . ( $I_2 = I_0 = 0 \text{ A}$ ). Határozza meg a vezetéken keletkező háromfázisú hatásosteljesítmény-veszteséget!

#MEGOLDÁS:

A vezeték impedanciája:

$$Z = z \cdot l = (0,40 + j0,40 \frac{\Omega}{\text{km}}) \cdot 1,25\text{km} = 0,5 + 0,5j \Omega$$

Az áram abszolút értéke:

$$|I| = 100,0 \text{ A}$$

A háromfázisú veszteség így:

$$P_V = 3|I|^2 R = 3 \cdot (100,0\text{A})^2 \cdot 0,5 = 15,0 \text{ kW}$$

ppzh\_2014\_05\_21\_Bminta.docx

| A vezető keresztmetszete [mm <sup>2</sup> ] | Megengedett terhelés [A] |     |     |
|---|--------------------------|-----|-----|
|   | Terhelési csoportok      |     |     |
|   | A                        | B   | C   |
| 1,5   | 16                       | 20  | 25  |
| 2,5   | 21                       | 27  | 34  |
| 4   | 27                       | 36  | 45  |
| 6   | 35                       | 47  | 57  |
| 10  | 48                       | 65  | 78  |
| 16  | 63                       | 87  | 104 |
| 25  | 83                       | 115 | 137 |
| 35  | 110                      | 143 | 168 |
| 50  | 140                      | 178 | 210 |
| 70  | 175                      | 220 | 260 |
| 95  | 215                      | 265 | 310 |
| 120   | 255                      | 310 | 365 |
| 150   | 295                      | 355 | 415 |
| 185   | 340                      | 405 | 475 |
| 240   | 400                      | 480 | 560 |
| 300   | 470                      | 555 | 645 |

2. Egy ipari parkban létesülő laboratórium névleges áramfelvétele 75 A fázisonként, a maximális terhelés ennek háromszorosa. A teljesítménytényező 0,92. A laboratórium háromfázisú energiaellátása kiefeszültségen történik az alagsorban elhelyezett 10/0,4 kV-os transzformátorról. Az alagsor és a laboratórium elosztó szekrénye közötti távolság 45 méter.

- Határozza meg annak a 4 erű (3 fázis + nulla) rézkábelnek a keresztmetszetét, amely a transzformátor és az elosztó szekrény közé kerül beépítésre „A” terhelési csoportnak megfelelő körülmények közé.
- Adja meg a kiválasztott kábel névleges terheléskor fellépő háromfázisú teljesítményvesztését!
- Mekkora a laboratórium névleges háromfázisú hatásos- és meddőteljesítmény felvétele?

A maximálisan megengedett feszültségesés:  $\Delta U_m\% = 3\%$ ;  $\rho_{\text{réz}} = 0,0175 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}}$  (10 pont)

A vezeték ellenállása paraméteresen (1 pont)

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{0,0175 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 45 \text{ m}}{A [\text{mm}^2]} = \frac{0,788}{A} [\Omega\text{mm}^2]$$

A megengedett feszültségesés 3%, így: (0,5 pont a fázisfeszültségért, 0,5 pont számítás)

$$\Delta U_m = \Delta U_m\% \cdot U_{\text{nf}} = 3\% \cdot 231 \text{ V} = 6,93 \text{ V}$$

A szükséges keresztmetszet:

(1 pont a maximális áramra tervezés, 1 pont a képletrendezés, 1 pont számítás)

$$R \cdot 3I_n < \Delta U_m$$

$$\frac{0,788 \Omega\text{mm}^2}{A[\text{mm}^2]} \cdot 3 \cdot 75\text{A} < 6,93 \text{ V}$$

$$A > \frac{0,788 \Omega\text{mm}^2 \cdot 3 \cdot 75 \text{ A}}{6,93 \text{ V}} = 25,6 \text{ mm}^2$$

Ebből következően az áramterhelést is figyelembevevő vezeték: 120 mm<sup>2</sup>

(1 pont az áramterhelés figyelembevétele, 0,5 pont a táblázatból való kiolvasás)

A kiválasztott kábel ellenállása: (0,5 pont, mert a képletért már az elején járt pont)

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{0,0175 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 45 \text{ m}}{120 \text{ mm}^2} = 0,0066 \Omega$$

A vezetéken keletkező háromfázisú veszteség: (1 pont)

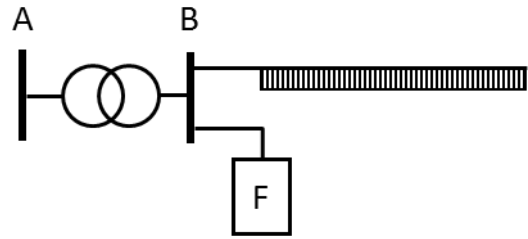
$$P_{\text{veszt}} = 3|I|^2 R = 3 \cdot (75\text{A})^2 \cdot 0,0066 \Omega = 110,7 \text{ W}$$

A labor teljesítményfelvétele: (1 pont a képletek, 1 pont a számítások)

$$P = 3U_f I \cos\varphi = 3 \cdot 231 \text{ V} \cdot 75 \text{ A} \cdot 0,92 = 47,8 \text{ kW}$$

$$Q = 3U_f I \sin\varphi = 3 \cdot 231 \text{ V} \cdot 75 \text{ A} \cdot 0,39 = 20,4 \text{ kvar}$$

3. Adott az alábbi háromfázisú hálózat. A megosztó terhelés hosszegységre eső, csúcsidei áram felvétele  $i_m = 0,4 \text{ A/m}$  fázisonként, a vezeték hossza  $L = 650 \text{ m}$ , ellenállása  $r = 0,35 \text{ } \Omega/\text{km}$ . A B sínre csatlakozó koncentrált fogyasztó névleges teljesítménye  $S_n^F = 75 \text{ kVA}$ , teljesítménytényezője  $\cos \varphi = 0,80$  (induktív). A 21/0,4 kV-os transzformátor paraméterei  $S_n^{TR} = 400 \text{ kVA}$ , névleges rövidzárási vesztesége  $P_{n,rz} = 2300 \text{ W}$ .



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

- a) A vezeték végére előírt fázisfeszültség: 0,5 pont

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

- A megosztó terhelés vezetékén befolyó áram, és a vezeték teljes ellenállása: 1,5 pont

$$I_T = i_m L = 0,4 \text{ A/m} \cdot 650 \text{ m} = 260 \text{ A}$$

$$R = rL = 0,35 \text{ } \Omega/\text{km} \cdot 650 \text{ m} = 0,23 \text{ } \Omega$$

- Így a vezetéken a feszültségesés: 1 pont

$$\Delta U = \frac{I_T R}{2} = \frac{260 \text{ A} \cdot 0,23 \text{ } \Omega}{2} = 29,58 \text{ V}$$

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

$$U_f^B = U_{\text{vezvége}} + \Delta U = 213,62 \text{ V} + 29,58 \text{ V} = 243 \text{ V}$$

$$\rightarrow U_V^B = \sqrt{3} U_f^B = \sqrt{3} \cdot 243 \text{ V} = 421 \text{ V}$$

- b) A koncentrált fogyasztó árama: 1 pont

$$I_n^F = \frac{S_n^F}{\sqrt{3} U_n^F} (\cos \varphi - j \sin \varphi) = \frac{75 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV}} (0,80 - j0,6) = 86,60 - j64,95 \text{ A}$$

$$= 108,25 \exp(-j36,87^\circ) \text{ A}$$

- A B sínen áramló összes áram: 1 pont

$$I^B = I_n^F + I_T = 86,60 - j64,95 \text{ A} + 260 \text{ A} = 346,60 - j64,95 \text{ A} = 352,64 \exp(-j10,61^\circ) \text{ A}$$

- A B sínen áramló összes teljesítmény: 2 pont

$$S^B = \sqrt{3} U_V^B I^B = \sqrt{3} \cdot 421 \text{ V} \cdot (346,60 + j64,95 \text{ A}) = 252,9 \text{ kW} + 47,39 \text{ kvar}$$

$$= 352,64 \exp(-j10,61^\circ) \text{ kVA}$$

- c) A transzformátor kiterheltsége: 1 pont

$$\frac{|S^B|}{S_n^{TR}} = \frac{257,3 \text{ kVA}}{400 \text{ kVA}} = 64\%$$

- A transzformátor névleges árama a kisfeszültségű oldalon: 1 pont

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

- A transzformátor rézvesztesége: 2 pont

$$P_{rz} = \left( \frac{|I^B|}{I_n^{TR}} \right)^2 P_{n,rz} = \left( \frac{352,64 \text{ A}}{577,4 \text{ A}} \right)^2 \cdot 2300 \text{ W} = 858 \text{ W}$$

4. Adott egy 220 kV névleges feszültségű, 4000 MVA zárlati teljesítményű hatásosan földelt csillagponttal jellemezhető hálózati táppont. (10 pont)

- a) Rajzolja fel a hálózat pozitív és zérus sorrendű modelljét, és határozza meg a modellek elemeinek paramétereit dimenzionálisan és viszonylagos egységben, ha  $x_2^H = x_1^H$ , és  $x_0^H = 1,1x_1^H$ , valamint  $U_{\text{alap}} = 220$  kV és  $S_{\text{alap}} = 100$  MVA!
- b) A hálózathoz csatlakozik egy 220/20 kV-os, 160 MVA névleges teljesítményű 12% droppal jellemezhető transzformátor. Mekkora az előbb kiszámított reaktancia a transzformátor kisebb feszültségű oldaláról nézve?
- c) Mekkora a transzformátor kisebb feszültségű oldalán a háromfázisú zárlati teljesítmény MVA-ben?

A hálózat reaktanciája dimenzionálisan: (0,5 pont a képlet, 0,5 pont a számítás)

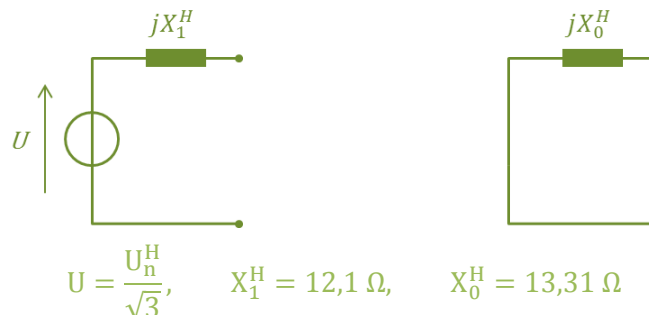
$$X^H = \frac{(U_n^H)^2}{S_z^H} = \frac{(220 \text{ kV})^2}{4000 \text{ MVA}} = 12,1 \Omega$$

Viszonylagos egységben: (0,5 pont az alap, 0,5 pont a v.e. eredmény)

$$Z_{\text{alap}} = \frac{(U_{\text{alap}})^2}{S_{\text{alap}}} = \frac{(220 \text{ kV})^2}{100 \text{ MVA}} = 484 \Omega$$

$$x^H = \frac{X^H}{Z_{\text{alap}}} = \frac{12,1 \Omega}{484 \Omega} = 0,025 \text{ v.e.}$$

Pozitív és zérus sorrendű modell: (1-1 pont az ábra, 0,5 pont az U, 0,5 pont a X0H értéke)



A hálózat reaktanciája a kisebb feszültségű oldalról nézve: (1 pont)

$$X_1^{H'} = X_1^H \left( \frac{U_{\text{nk}}^{\text{TR}}}{U_{\text{nn}}^{\text{TR}}} \right)^2 = 12,1 \Omega \left( \frac{20 \text{ kV}}{220 \text{ kV}} \right)^2 = 0,10 \Omega$$

A transzformátor reaktanciája a kisebb feszültségű oldalra: (1 pont)

$$X_1^{\text{TR}} = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{(U_{\text{nk}}^{\text{TR}})^2}{S_n^{\text{TR}}} = \frac{12}{100} \cdot \frac{(20 \text{ kV})^2}{160 \text{ MVA}} = 0,3 \Omega$$

Így a háromfázisú zárlati áram (hálózat feszültségét a 20 kV-os oldalra számítva):

(1,5 pont a képlet – ha az esetleg téves, de rajzol vmi hálózatot, az 0,5 pont –, 0,5 pont a számítás)

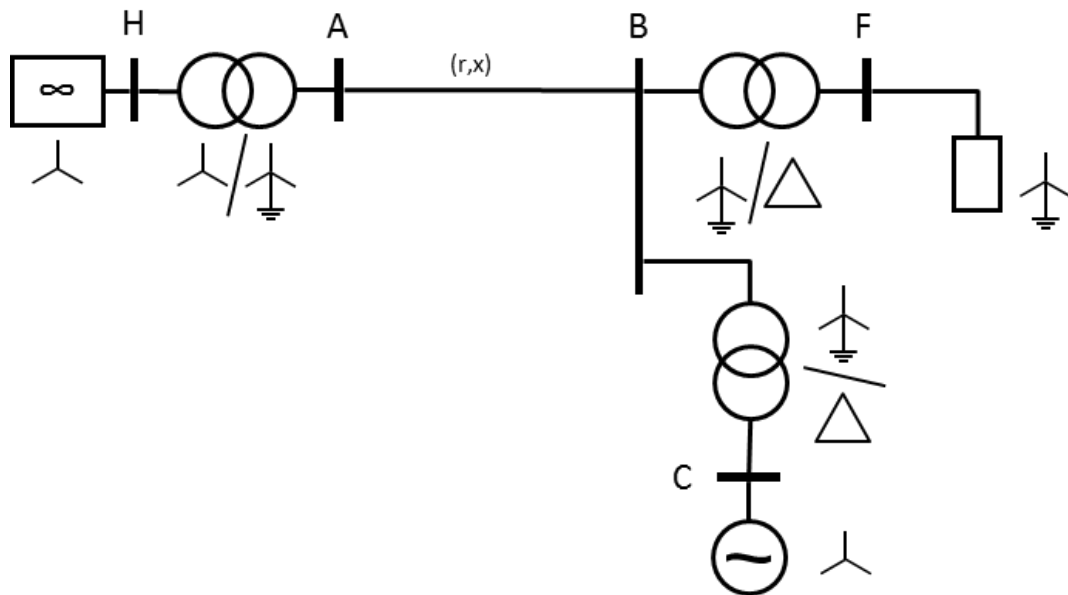
$$I_z = |I_1| = \frac{\frac{U_n^H}{\sqrt{3}} \cdot \frac{U_{\text{nk}}^{\text{TR}}}{U_{\text{nn}}^{\text{TR}}}}{X_1^{H'} + X_1^{\text{TR}}} = \frac{\frac{220 \text{ kV}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{20 \text{ kV}}{220 \text{ kV}}}{0,10 \Omega + 0,3 \Omega} = 28,87 \text{ kA}$$

Ebből a zárlati teljesítmény:

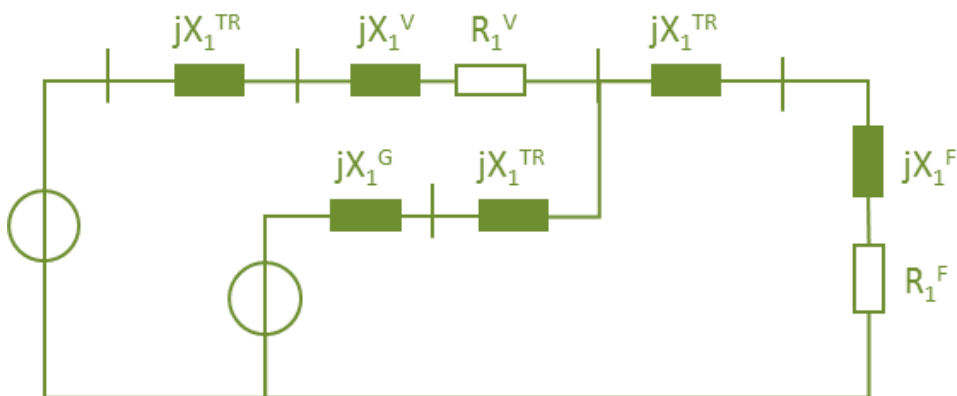
(0,5 pont a megfelelő képlet, 0,5 pont a számítás)

$$S_z = \sqrt{3} U_n I_z = \sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV} \cdot 28,87 \text{ kA} = 1000,00 \text{ MVA}$$

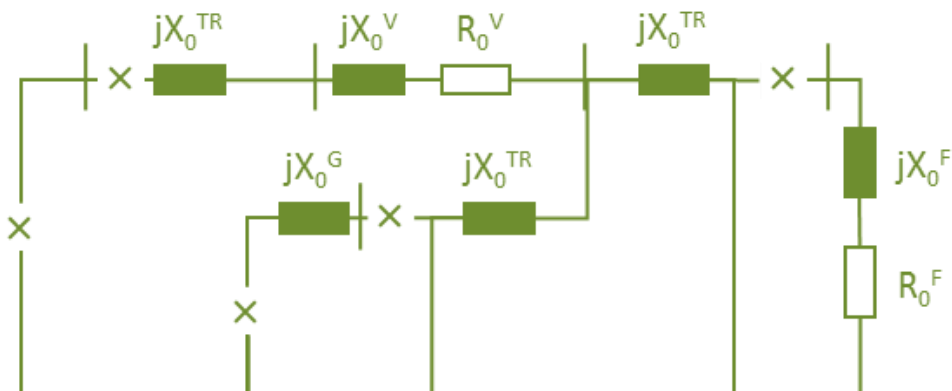
5. Adja meg az alábbi (fiktív) hálózat pozitív és zérus sorrendű helyettesítő képét a gyűjtősínek feltüntetésével (A, B, C, F, H)! A tekercs kialakítások jelölései: Y szigetelt csillag, Yg földelt csillag, D delta. A fogyasztó impedanciartartó, a vezetéknek ellenállása is van. (8 pont)



#MEGOLDÁS:



(3 pont, hiányzó elemenként -1 pont)



(trafó csillagpontok 3 pont, 2 feszforrás dezaktiválás 2 pont)