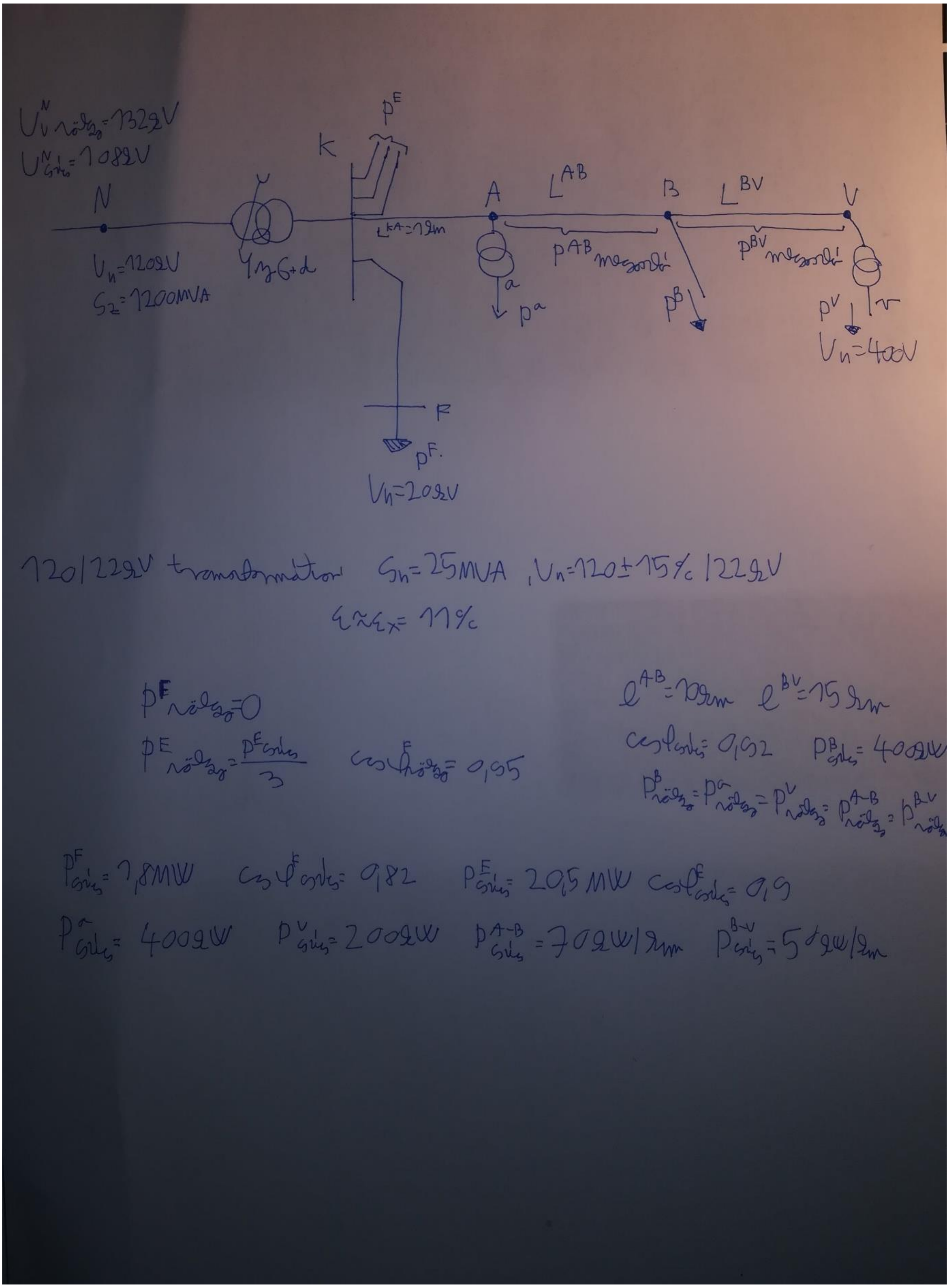
Figyelem! Elfogadott megoldásom, de nem teljes pontszámú. Hibákat tartalmaz(hat). Ennek tudatában használja mindenki.

Feladat:



VILLAMOSENERGA-ÁTVITEL

3. HÁZI FELADAT

SINKA BALÁZS

1.3.1. 21/0,4 transzformátorok kiválasztása

A: $P^a = 400kW$

$\cos\varphi = 0{,}92$ esetén:

$$S^A = \frac{P^a}{\cos\varphi} = 434{,}78kVA$$

Választott transzformátor:

$S_n = 630kVA$

$\varepsilon_r = 1{,}47\%$

$\varepsilon_x = 4{,}5\%$

V: $P^v = 200kW$

$$S^v = \frac{P^v}{\cos\varphi} = 217{,}39kVA$$

Választott transzformátor:

$S_n = 250kVA$

$\varepsilon_r = 1{,}8\%$

$\varepsilon_x = 4{,}5\%$

K-V gerincvezeték méretezése feszültségesésre

Tervezési elv: $\Delta U_{K-V} \leq 4\%$

Áramterhelhetőségre ellenőrizve.

$$I_V = \frac{S_{hv}}{\sqrt{3}U_n}(\cos\varphi - j\sin\varphi) = \frac{200kW/0{,}92}{\sqrt{3}\cdot 21kV}(0{,}92 - j\sin\cos^{-1}(0{,}92))$$

$$I_V = (5{,}4986 - j\cdot 2{,}3424)\,A$$

B-V szakasz:

$$P_{BV} = p^{B-V}\cdot l^{B-V} = 50kW/km\cdot 15km = 750kW$$

$$I_{PB-V} = \frac{S_{BV}}{\sqrt{3}U_n}(\cos\varphi - j\sin\varphi) = \frac{750kW/0{,}92}{\sqrt{3}\cdot 20kV}(0{,}92 - j\cdot\sin\cos^{-1}(0{,}92))$$

$$I_{PB-V} = (21{,}6506 - j\cdot 9{,}2231)\,A$$

A szakaszba befolyik:

$$I_{kez} = I_V + I_{PB-V} = (27{,}1492 - j\cdot 11{,}5655)\,A$$

A szakaszból kifolyik:

$$I_{ki1} = I_V = (5{,}4986 - j\cdot 2{,}3424)\,A$$

A-B szakasz:

$$p^B = 400kW$$

$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3}U_n}(\cos\varphi - j\sin\varphi) = \frac{400kW/0{,}92}{\sqrt{3}\cdot 20kV}(0{,}92 - j\cdot\sin\cos^{-1}(0{,}92))$$

$$I_B = (11{,}547 - j4{,}919)\,A$$

$$P_{AB} = p^{A-B}\cdot l^{A-B} = 70kW/km\cdot 10km = 700kW$$

$$I_{PA-B} = \frac{S_{AB}}{\sqrt{3}U_n}(\cos\varphi - j\sin\varphi) = \frac{700kW/0{,}92}{\sqrt{3}\cdot 20kV}(0{,}92 - j\cdot\sin\cos^{-1}(0{,}92))$$

$I_{A-B} = (20,2073 - j \cdot 8,6083)\,A = I_{pA-B}$

A szakaszba befolyik:

$$I_{be2} = I_{pA-B} + I_B + I_{be1} = (58,9035 - j \cdot 25,0928)\,A$$

A szakaszból kifolyik:

$$I_{ki2} = I_{be1} + I_B = (38,6962 - j \cdot 16,4845)\,A$$

K-A szakasz:

$$P_A = 400\,kW$$

$$I_A = \frac{S_A}{\sqrt{3}\,U_n}(\cos\varphi - j \cdot \sin\varphi) = \frac{400\,kW/0,92}{\sqrt{3} \cdot 21\,kV}\left(\cancel{\cos} \; 0,92 - j \cdot \sin\cos^{-1}(\ldots)\right)$$

$$I_A = (10,9971 - j \cdot 4,6848)\,A$$

$$I_{K-A} = I_A + I_{be2} = (69,9006 - j \cdot 29,7776)\,A$$

Feszültségesés a teljes vezetéken:

$$\Delta U_{K-V} = \underbrace{\ell_{K-A}\left(R\, I^p_{KA} - X\, I^m_{KA}\right)}_{\Delta U_{KA}} + \underbrace{\ell_{A-B} \cdot \frac{1}{2}\left(R\left(I^p_{be2} + I^p_{ki2}\right) - X\left(I^m_{be2} + I^m_{ki2}\right)\right)}_{\Delta U_{AB}} +$$

$$+ \underbrace{\ell_{B-V} \cdot \frac{1}{2}\left(R\left(I^p_{be1} + I^p_{ki1}\right) - X\left(I^m_{be1} + I^m_{ki1}\right)\right)}_{\Delta U_{BV}}$$

$$U_n = \frac{21\,kV}{\sqrt{3}} = 12124,3557\,V$$

70 mm²-es vezetéket választva:

$R = 0,438\,\Omega/km$

$X = 0,376\,\Omega/km$

$I_{max} = 260\,A$

$$\Delta U_{K-V} = 480,1898\,V$$

$$\Delta U^{\%}_{K-V} = \frac{\Delta U_{K-V}}{U_n} = 3,96\,\% \rightarrow$$ Teljesíti az előírásainkat.

K-F vezetékek keresztmetszetének meghatározása

$P^F = 1{,}8\,MW$

$\cos\varphi^F = 0{,}82$

$\dot{I}_F = \frac{S_F}{\sqrt{3}U_n}\left(\cos\varphi^F - j\sin\varphi^F\right) = \frac{1800kW/0{,}82}{\sqrt{3}\cdot 20kV}\left(0{,}82 - j\cdot \sin\cos^{-1}(0{,}82)\right)$

$I_F = (51{,}9615 - j\cdot 36{,}269)\,A$

$\Delta U_F = l_{K-F}\left(R' I^p_{KF} - X' I^m_{KF}\right) = 458{,}1362\,V$ 35mm² elég

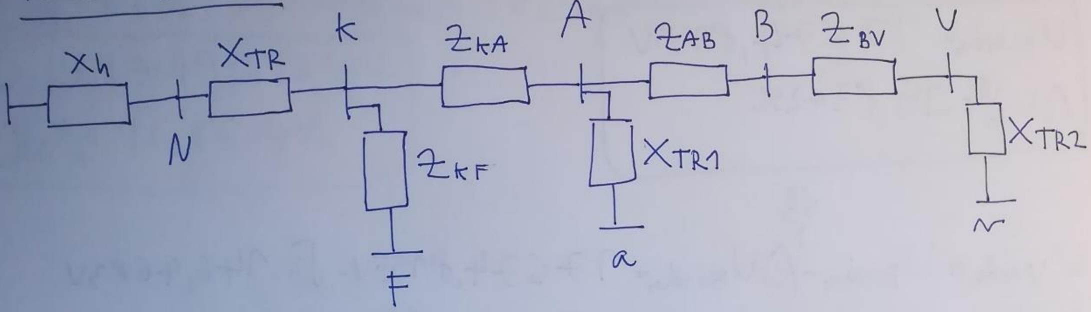
$\frac{\Delta U_F}{U_n} = 2{,}18\%$ $R' = 0{,}825\,\Omega/km$ $I_{max} = 175A$

$X' = 0{,}397\,\Omega/km$

1.3.2. Feszültségértékek meghatározása

~~CSÚCS és VÖLGYterhelés esetén~~

Feszültségértékek



CSÚCS

$$X_h^n = \frac{U_h^2}{S_Z} = \frac{(120\,kV)^2}{1200\,MVA} = 12\,\Omega$$

$$\rightarrow X_h = X_h^n \cdot \left(\frac{22}{120}\right)^2 = 0{,}4033\,\Omega$$

$$\rightarrow X_{TR} = \frac{\varepsilon_{TR}}{100} \cdot \frac{U_{nTR}^2}{S_{nTR}} = 0{,}11 \cdot \frac{22^2}{25} = 2{,}1296\,\Omega$$

$$\rightarrow U^f_{K\,csúcs} = \frac{U_{h\,csúcs}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{22}{120} + I^K_M (X_{TR} + X_h) = 10538{,}2810\,V$$

$$I^K = I^{KA} + I^F + I^E = (773{,}6461 - j \cdot 352{,}6607)\,A$$

$$I^E = \frac{S_E}{\sqrt{3}\,U_n}(\cos\varphi - j \cdot \sin\varphi) = \frac{20500\,kW/0{,}9}{\sqrt{3} \cdot 20\,kV}\left(0{,}9 - j \cdot \sin\cos^{-1}(0{,}9)\right)$$

$$I^E = (597{,}7840 - j \cdot 286{,}6147)\,A$$

$$\boxed{\begin{array}{l} U_{K\,csúcs} = U^f_{K\,csúcs} \cdot \sqrt{3} = 18252{,}8382\,V \\ \Delta U_K^{\%} = -13{,}0817\,\% \end{array}}$$

$$U^f_{A\,csúcs} = U^f_{K\,csúcs} - \Delta U_{KA\,csúcs} = 10538{,}2810\,V - 41{,}8128\,V = 10496{,}4682\,V$$

$$\boxed{\begin{array}{l} U_{A\,csúcs} = 18180{,}4162\,V \\ \Delta U_A^{\%} = -13{,}4266\,\% \end{array}}$$

$U_{B\,síns} = U_{A\,síns} - \sqrt{3}\cdot\Delta U_{ABcs} = 18180{,}4162V - \sqrt{3}\cdot 291{,}9087V$

$$\boxed{\begin{array}{l} U_{B\,síns} = 17674{,}8155V \\ \Delta U_B^{\%} = 15{,}8342\% \end{array}}$$

$U_{V\,síns} = U_{B\,síns} - \overset{\sqrt{3}}{\Delta} U_{BV\,síns} = 17674{,}8155V - \sqrt{3}\cdot 146{,}4683V$

$$\boxed{\begin{array}{l} U_{V\,síns} = 17421{,}1250V \\ \Delta U_V^{\%} = -17{,}0423\% \end{array}}$$

$U_{v\,síns} = U_{V\,síns}\cdot\frac{0{,}4}{21} + \sqrt{3}\cdot X^k_{TR2}\cdot I_{m2} = 17421{,}125V\cdot\frac{0{,}4}{21} + \sqrt{3}\cdot 0{,}0288\Omega\cdot(-122{,}976A)$

$X^k_{TR2} = \frac{\varepsilon_{TR2}}{100}\cdot\frac{U_n^2}{S_{n2}} = 0{,}045\cdot\frac{0{,}4^2}{0{,}25} = 0{,}0288\Omega$

$I_{m2} = I_V^m\cdot\frac{21}{0{,}4} = 2{,}3424A\,\frac{21}{0{,}4} = -122{,}976A$

$$\boxed{\begin{array}{l} U_{v\,síns} = 325{,}6965V \\ \Delta U_{v\,síns}^{\%} = -18{,}5759\% \end{array}}$$

$U_{a\,síns} = U_{A\,síns}\cdot\frac{0{,}4}{21} + \overset{\sqrt{3}}{X^k_{TR1}}\cdot I_{m1} = 18180{,}4162V\cdot\frac{0{,}4}{21} + \overset{\sqrt{3}}{0{,}0114\Omega}\cdot(-245{,}952A)$

$X^k_{TR1} = \frac{\varepsilon_1}{100}\cdot\frac{U_n^2}{S_{n1}} = 0{,}045\cdot\frac{0{,}4^2}{0{,}63} = 0{,}0114\Omega$

$I_{m2} = I_{A\,síns}\cdot\frac{21}{0{,}4} = -4{,}6848A\cdot\frac{21}{0{,}4} = -245{,}952A$

$$\cancel{\boxed{\begin{array}{l} U_{a\,síns} = 343{,}4858V \\ \Delta U_a^{\%} = 14{,}1276\% \end{array}}}$$

$$\boxed{\begin{array}{l} U_{a\,síns} = 341{,}4372V \\ \Delta U_a^{\%} = -14{,}6407\% \end{array}}$$

$U_{F cs} = U_{K\,csúcs} - \sqrt{3} \cdot \Delta U_{KF\,csúcs} = 18252{,}8382V - \sqrt{3} \cdot 458{,}1362V$

$$\boxed{\begin{aligned} U_{F cs} &= 17459{,}3230V \\ \Delta U^{\%}_{F cs} &= -16{,}8604\% \end{aligned}}$$

VÖLGY

$U^{N}_{völgy} = 132kV$

Ami NEM nulla: $P^{E}_{völgy} = \frac{P^{E}_{cs}}{3} = \frac{20{,}5MW}{3} = 6{,}8333\,MW$

$\cos\varphi^{E} = 0{,}95$

~~K-A vezetéken ni~~

K-V, K-F vezetéken nincs feszültségesés, mert a transzformátorok üresjárási áramfelvételét elhanyagoljuk.

$U_{K völgy} = U^{N}_{völgy} \cdot \frac{22}{120} + \sqrt{3} \cdot I_m (X_{TR} + X^{K}_{h}) = 132kV \cdot \frac{22}{120} - 64{,}8364(2{,}1296\Omega + 9{,}40...$

$I_{K völgy} = \frac{P_{ev}/0{,}95}{\sqrt{3} \cdot U_n} (\cos\varphi - j \sin\varphi) = \frac{6833{,}33kW/0{,}95}{\sqrt{3} \cdot 20kV} (0{,}95 - j \cdot \sin ...)$

$I_{K völgy} = (197{,}2604 - j \cdot 64{,}8364)A$

$I_m = -64{,}8364A$

$$\boxed{\begin{aligned} U_{K völgy} &= 23915{,}5555V \\ \Delta U^{\%}_{K völgy} &= +13{,}8836\% \end{aligned}}$$

$$\boxed{U_{KV} = U_{A völgy} = U_{B völgy} = U_{V völgy} = U_{F völgy}}$$

$V_{a\,völgy} = U_{A\,völgy} \cdot \frac{94}{21} = \boxed{\begin{array}{l} 455{,}5344V = V_{a\,völgy} \\ \Delta U_a^v = +13{,}8836\,\% \end{array}}$

Előírás szerinti fesz. tart.

CSÚCS

Az előírás szerint B sín értékét állandó értéken tartom, legyen ez $U_B = 21000V$!

$$\boxed{\begin{array}{l} U_K = U_B + \sqrt{3}\cdot\overset{41{,}8728V}{\Delta U_{KA\,csúcs}} + \sqrt{3}\cdot\overset{251{,}5087V}{\Delta U_{AB\,csúcs}} \\ U_K^{cs} = 21578{,}0226V \end{array}}$$

VÖLGY

$\Delta U_{KA} = \Delta U_{AB} = 0$

$$\boxed{U_K^v = 21000V}$$

Ennek eléréséhez szükséges NAF/KÖF áttétel:

CSÚCS:

$$108000\cdot\frac{22}{120 \pm 120a} + I_m^k\cdot\sqrt{3}\,(X_{TR} + X_h^k) \mathrel{\hat{\approx}} 21578{,}02V$$

$$108000\cdot\frac{22}{120 \pm 120a} - 1547{,}1678V \mathrel{\hat{\approx}} 21578{,}02V$$

$$\boxed{-14\,\%\text{ esetén } U_K^{cs} = 21476{,}05V}$$

VÖLGY $I_m^v = -64{,}8364A$

$$132000 \cdot \frac{22}{120 \pm 120a} + I_m^v \sqrt{3}(X_{TR} + X_{h}^{v}) \triangleq 21000\,V$$

$$132000 \cdot \frac{22}{120 \pm 120a} - 284{,}4445 \triangleq 21000V$$

$\boxed{+13\% \text{ esetén } U_K^V = 21137{,}4847V}$

Ezek alapján a NAF/KÖF trafó szabályozási tartománya megfelelő a feltételek teljesítéséhez.

KÖF/KIF trafók

„A" csomópont trafója

CSÚCS: $U_{K\,csúcs} = 21476{,}05V$

$U_{A\,csúcs} = U_{K\,csúcs} - \Delta U_{KA\,csúcs}\sqrt{3} = 21476{,}05V - \sqrt{3} \cdot 41{,}8782V$

$U_{A\,csúcs} = 21403{,}6588V$

$U_a^{cs} = U_A^{cs} \cdot \frac{0{,}4}{21 \pm 21a} + X_{TR1} \cdot I_{m2} \cdot \sqrt{3}$

$\boxed{0\% \; U_a^{cs} = 402{,}83V} \rightarrow U_a^{cs} = 21403{,}66 \cdot \frac{0{,}4}{21 \pm 21a} - 4{,}8564$

VÖLGY: $U_{A\,völgy} = 21137{,}4847V$

$\boxed{0\% \; U_a^{v} = 402{,}5V} \rightarrow U_a^v = U_A^V \cdot \frac{0{,}4}{21 \pm 21a} = 21137{,}48 \cdot \frac{0{,}4}{21 \pm 21a}$

A trafó 0% megcsapolású!

„V" trafó:

CSVCS: $U_{V\,szűks} = U_{H\,szűks} - \overset{\sqrt{3}}{\Delta U_{KAG}} - \overset{\sqrt{3}}{\Delta U_{ABCS}} - \overset{\sqrt{3}}{\Delta U_{BVCS}}$

$U_{V\,szűks} = 21476,09V - \sqrt{3}\cdot 41,8128V - \sqrt{3}\cdot 291,9087V - \sqrt{3}\cdot 146,4683V$

$\rightarrow U_{V\,szűks} = 20644,3769V$

$\rightarrow U_N^{szűks} = U_V^{szűks} \cdot \frac{0,4}{21 \pm 21a} + \sqrt{3} X_{TR2} I_m$

$\rightarrow U_v^{szűks} = 20644,3769V \cdot \frac{0,4}{21 \pm 21a} - 6,1344V$

VÖLGY:

$U_{V\,völgy} = 21131,4847V$

$\rightarrow U_v^v = 21131,4847 \frac{0,4}{21 \pm 21a}$

-2%-ot választva:

$U_v^{szűks} = 395,1167V$

$U_v^v = 410,7788V$