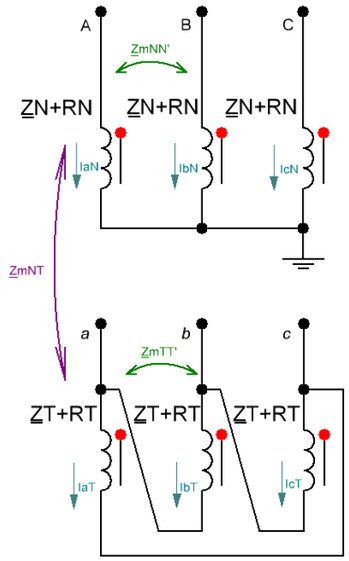

Рисунок 1 - Двухобмоточный трансформатор Y/D

Проверка на реальных значениях ТДЦ-125000/220

Дано: $j := \sqrt{-1}$

$\Delta Px := 79 \cdot 10^3$ Вт $\quad Sном := 125 \cdot 10^6$ ВА

$\Delta Pk := 380 \cdot 10^3$ Вт $\quad Uном_B := 242 \cdot 10^3$ В

$uk := 11$ % $\quad Uном_H := 10.5 \cdot 10^3$ В

$Ix := 0.55$ %

$k0 := 0.9$ **это отношение X0/X1. Взять 0.9 по РУ11 или варьировать, чтобы получить X0 как по Беляеву**

Вычисление исходных данных

$K_{NT} := \frac{\frac{Uном_B}{\sqrt{3}}}{Uном_H} = 13.306549$ $\quad Z_{nom} := \frac{Uном_B^2}{Sном}$

$Rf := \Delta Pk \cdot \frac{Uном_B^2}{Sном^2} = 1.424276$ $\quad Zf\_abs := \frac{uk}{100} \cdot \frac{Uном_B^2}{Sном} = 51.53632$

$Xf := \sqrt{Zf\_abs^2 - Rf^2} = 51.516635$

$Zf_{NT} := 0 + j \cdot Xf = 51.517j$

$RN := \frac{Rf}{2} = 0.712138$ $\quad RT := \left(\frac{1}{K_{NT}}\right)^2 \cdot RN = 4.02192 \times 10^{-3}$

$Re_N := \Delta Px \cdot \left(\frac{100}{Ix}\right)^2 \cdot \frac{Uном_B^2}{Sном^2} - RN = 9787.703862$ $\quad Ze\_abs_N := \frac{100 \cdot Uном_B^2}{Ix \cdot Sном} = 85184$

$$Xe_N := \sqrt{Ze\_abs_N^{\,2} - \left(Re_N\right)^2} = 84619.824563$$

$$Ze_N := Re_N + j \cdot Xe_N = 9787.703862 + 84619.824563j$$

$$Zf0_{NT} := 0 + j \cdot k0 \cdot Xf = 46.364972j$$

Вариант 1

$$Zn_1 := \sqrt{Ze_N - Zf_{NT}} \cdot \sqrt{Ze_N} = 9787.7043095 + 84594.06237577j$$

$$ZN_1 := \frac{5 \cdot Ze_N^{\,2} - 6 \cdot Ze_N \cdot Zn_1 - 2 \cdot Zf0_{NT} \cdot Ze_N + Zn_1^{\,2}}{6 \cdot Ze_N - 6 \cdot Zn_1 - 3 \cdot Zf0_{NT}} = 6525.14186 + 56456.095385j$$

$$ZmNT_1 := \frac{ZN_1 - Ze_N + Zn_1}{K_{NT}} = 490.37074 + 4240.793983j$$

$$ZmNN'_1 := ZN_1 - Ze_N = -3262.562002 - 28163.729178j$$

$$ZmNT'_1 := \left(\frac{1}{K_{NT}}\right) \cdot ZmNN'_1 = -245.184682 - 2116.53142j$$

$$ZT_1 := \frac{1}{K_{NT}^{\,2}} \cdot ZN_1 = 36.851832 + 318.845256j$$

$$ZmTT'_1 := \frac{1}{K_{NT}^{\,2}} \cdot ZmNN'_1 = -18.425865 - 159.059378j$$

Вот такими формулами определяются опыты XX и КЗ

$$Ze_{test} := RN + ZN_1 - ZmNN'_1 = 9.788 \times 10^3 + 8.462i \times 10^4$$

опыт XX

$$Zf_{test} := \frac{\left(RT + ZT_1 - ZmTT'_1\right) \cdot \left(RN + ZN_1 - ZmNN'_1\right) - \left(ZmNT_1 - ZmNT'_1\right)^2}{\left(RT + ZT_1 - ZmTT'_1\right)} = 1.424 + 51.517i$$

опыт КЗ

$$Zf0_{test} := \frac{\left(RT + ZT_1 + 2 \cdot ZmTT'_1\right) \cdot \left(RN + ZN_1 + 2ZmNN'_1\right) - \left(ZmNT_1 + 2 \cdot ZmNT'_1\right)^2}{\left(RT + ZT_1 + 2 \cdot ZmTT'_1\right)} = 1.168 + 46.367i$$

опыт нулевой последовательности при замкнутом треугольнике

$$Zf0_{test.openD} := RN + ZN_1 + 2 \cdot ZmNN'_1 = 0.73 + 128.637i$$

опыт нулевой последовательности при разомкнутом треугольнике

Сопротивление нулевой последовательности при размокнутом треугольнике

$$Zf0_{openD} := RN + ZN_1 + 2 \cdot ZmNN'_1 = 0.73 + 128.637i$$

$$uk0 := \left|\frac{Zf0_{openD}}{Z_{nom}}\right| \cdot 100 = 27.457$$

эта величина должна соответствовать uk0 по Беляеву (т.е. надо варьировать $k0$ сверху до совпадения)

Вводить в MATLAB

Nominal power (VA) and frequency (Hz)

$Sном = 1.25 \times 10^{8}$ $f := 50$

Nominal line-line voltages (Vrms)

$Uном_{B} = 2.42 \times 10^{5}$ $Uном_{H} = 1.05 \times 10^{4}$

Winding Resistances (pu)

$R1 := \frac{\Delta Pk}{Sном} \cdot 0.5 = 1.52 \times 10^{-3}$ $R2 := R1 = 1.52 \times 10^{-3}$ $\Delta Pk = 3.8 \times 10^{5}$

Positive sequence no-load excitation current %

$Ix = 0.55$

Positive sequence no-load losses, W

$\Delta Px = 7.9 \times 10^{4}$

Positive sequence short-circuit reactance X12 (pu)

$\frac{Xf}{Z_{nom}} = 0.11$ или можно упрощенно $\frac{uk}{100} = 0.11$

Zero sequence no-load excitation current (%) when delta winding opened

$\frac{100}{uk0} \cdot 100 = 364.207$ или $\left|\frac{Z_{nom}}{Zf0_{openD}}\right| \cdot 100 = 364.207$

Zero-secuence no-load losses when delta winding opened

$$I_{xx0} := \frac{\frac{Uном_{B}}{\sqrt{3}}}{Zf0_{openD}} = 6.164 - 1.086i \times 10^{3}$$

$dS_{xx0} := 3 \cdot \left(\left|I_{xx0}\right|\right)^{2} \cdot Zf0_{openD} = 2.583 \times 10^{6} + 4.553i \times 10^{8}$

$$3 \cdot \left(\left|I_{xx0}\right|\right)^{2} \cdot Zf0_{openD} = \left[\frac{Uном_{B}^{2}}{\left(\left|Zf0_{openD}\right|\right)^{2}}\right] \cdot Zf0_{openD} = \left(\frac{Uном_{B}^{2}}{\overline{Zf0_{openD}} \cdot Zf0_{openD}}\right) \cdot Zf0_{openD} = \frac{Uном_{B}^{2}}{\overline{Zf0_{openD}}}$$

$$dP_{xx0} = \mathrm{Re}\left(\frac{Uном_{B}^{2}}{\overline{Zf0_{openD}}}\right) \qquad \mathrm{Re}\left(\frac{Uном_{B}^{2}}{\overline{Zf0_{openD}}}\right) = 2.583 \times 10^{6}$$

$dP_{xx0} := \mathrm{Re}\left(dS_{xx0}\right) = 2.583 \times 10^{6}$ **Zero-secuence no-load losses**

Zero-sequence short-circuit reactance (pu)

$k0 \cdot \frac{Xf}{Z_{nom}} = 0.099$

Доп. выкладки

$$Ze_N = \frac{Ea}{Ia_{XX}} = (1 - k') \cdot ZN$$

$$Zf_{NT} = \frac{Ea}{Ia_{XX}} = \frac{(1 - k')^2 - (k - k')^2}{(1 - k')} \cdot ZN$$

$$Zf0_{NT} = \frac{Ea}{Ia_{XX0}} = \frac{(1 + 2k')^2 - (k + 2k')^2}{(1 + 2k')} \cdot ZN$$

$$\frac{Zf_{NT}}{Ze} = \frac{(1 - k')^2 - (k - k')^2}{(1 - k')^2} = A$$

$$\frac{Zf0_{NT}}{Ze} = \frac{(1 + 2k')^2 - (k + 2k')^2}{(1 + 2k') \cdot (1 - k')} = B$$

$$k = \begin{bmatrix} (k' - 1)^2 \cdot \left[\frac{k'}{(k' - 1)^2} + \frac{\sqrt{1 - A}}{k' - 1} \right] \\ (k' - 1)^2 \cdot \left[\frac{k'}{(k' - 1)^2} - \frac{\sqrt{1 - A}}{k' - 1} \right] \end{bmatrix}$$

$$\frac{(1 + 2k')^2 - \left[(k' - 1)^2 \cdot \left[\frac{k'}{(k' - 1)^2} + \frac{\sqrt{1 - A}}{k' - 1} \right] + 2k' \right]^2}{(1 + 2k') \cdot (1 - k')} = B$$

$$k' = \left(\frac{1}{\frac{A - B}{A + 2 \cdot B - 6 \cdot \sqrt{1 - A} - 6}} \right)$$

$$A := \frac{Zf_{NT}}{Ze_N} = 6.008 \times 10^{-4} + 6.949i \times 10^{-5}$$

$$B := \frac{Zf0_{NT}}{Ze_N} = 5.407 \times 10^{-4} + 6.254i \times 10^{-5}$$

$$k = \begin{bmatrix} (k' - 1)^2 \cdot \left[\frac{k'}{(k' - 1)^2} + \frac{\sqrt{1 - A}}{k' - 1} \right] \\ (k' - 1)^2 \cdot \left[\frac{k'}{(k' - 1)^2} - \frac{\sqrt{1 - A}}{k' - 1} \right] \end{bmatrix}$$

$$k' := \frac{A - B}{A + 2 \cdot B + 6 \cdot \sqrt{1 - A} - 6} = -0.499 + 1.298i \times 10^{-4}$$

$$ZN := \frac{Ze_N}{(1 - k')} = 6.525 \times 10^{3} + 5.646i \times 10^{4}$$

$$ZmNN' := k' \cdot ZN = -3.263 \times 10^{3} - 2.816i \times 10^{4}$$

$$RN + ZN + 2ZmNN' = 0.73 + 128.637i$$

$$Zf0_{openD} = 0.73 + 128.637i$$