

$$f := 50 \quad \omega := 2 \cdot \pi \cdot f$$

## Расчет трансформатора

Система

$$E_m := 10500 \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} = 8.573 \times 10^3 \quad \varphi := 0 \cdot \frac{\pi}{180}$$

$$R_{\text{СИСТ}} := 0 \quad X_{\text{СИСТ}} := 0.91$$

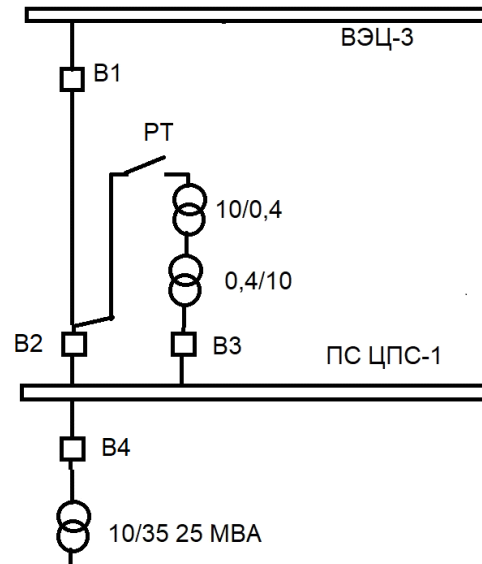
$$R_{\text{ЛИН}} := 0.25 \quad X_{\text{ЛИН}} := 0.4$$

Доп. трансформатор

$$dPk1 := 16500 \quad uk1 := 5.5$$

$$S_{\text{НОМ1}} := 1300 \cdot 10^3 \quad U_{\text{НОМ1}} := 10000$$

$$R_{t1} := dPk1 \cdot \frac{U_{\text{НОМ1}}^2}{S_{\text{НОМ1}}^2} = 0.976 \quad X_{t1} := \frac{uk1}{100} \cdot \frac{U_{\text{НОМ1}}^2}{S_{\text{НОМ1}}} = 4.231$$



Суммарное сопротивление

$$R_s := R_{\text{СИСТ}} = 0$$

$$X_s := X_{\text{СИСТ}} = 0.91$$

$$R_s := R_{\text{СИСТ}} + R_{\text{ЛИН}} + 2 \cdot R_{t1} = 2.203$$

$$X_s := X_{\text{СИСТ}} + X_{\text{ЛИН}} + 2 \cdot X_{t1} = 9.772$$

$$L_s := \frac{X_s}{\omega} = 0.031$$

Трансформатор основной

$$K_{\text{max}} = \frac{B_{\text{max}}}{B_{\text{раб}}} \quad K_{\text{max}} := 1.2 \quad \text{Параметр отвечает за величину БТН}$$

$$U_{\text{НОМ}} := 10500 \quad S_{\text{НОМ}} := 25000 \times 10^3 \quad uk := 10.8 \quad I_x := 0.3 \quad I_{\text{НОМ}} := \frac{S_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}}$$

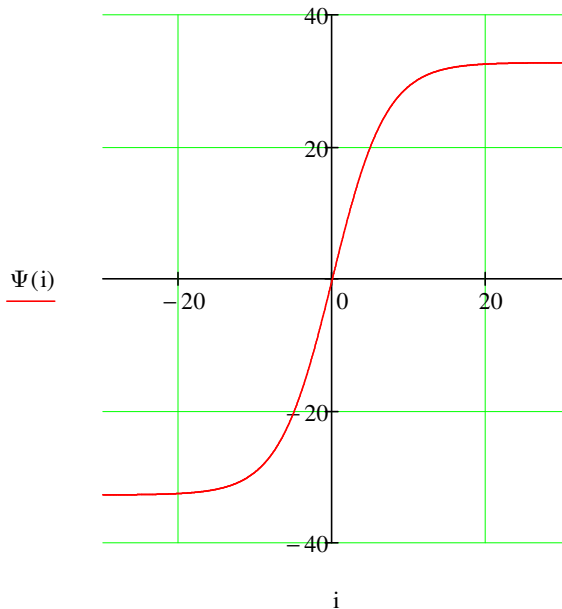
$$L_{\mu} := \frac{1}{\omega} \cdot \left( \frac{100}{I_x} \cdot \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}} \right) = 4.679 \quad \Delta P_k := 115000$$

$$L_{\sigma} := \frac{1}{\omega} \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{uk}{100} \cdot \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}} \right) = 7.58 \times 10^{-4} \quad R_t := \frac{1}{2} \cdot \Delta P_k \cdot \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}^2} = 0.01$$

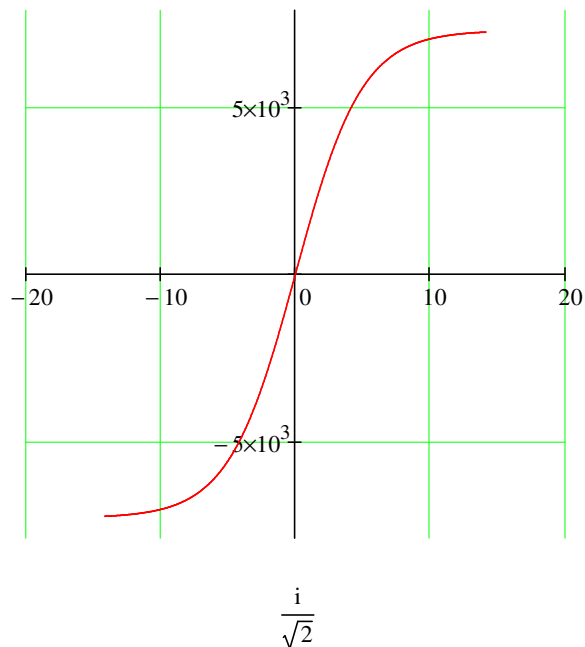
$$R := R_s + R_t = 2.213 \quad L := L_s + L_{\sigma} = 0.032$$

$$\Psi_m := \frac{1}{\omega} \cdot \left( K_{\text{max}} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \right) = 32.747$$

$$\Psi(i) := \Psi_m \cdot \tanh \left( \frac{L_{\mu}}{\Psi_m} \cdot i \right) \quad d\Psi_{di}(i) := L_{\mu} \cdot \left[ 1 - \tanh \left[ \frac{i \cdot (L_{\mu})}{\Psi_m} \right]^2 \right]$$



$$\omega \cdot \frac{\Psi(i)}{\sqrt{2}}$$



ВАХ по действующим значениям

### Вычисления

$$u = R \cdot i + L \cdot \frac{d}{dt} i + d\Psi_{di}(i) \cdot \frac{d}{dt} i$$

$$E_m \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi) = R \cdot i + (L + d\Psi_{di}(i)) \cdot \frac{d}{dt} i$$

$$D(t, i) := \frac{(E_m \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi) - R \cdot i)}{(L + d\Psi_{di}(i))}$$

$$t_{start} := 0 \quad t_{end} := 0.5 \quad NUM := 100001 \quad dt := \frac{t_{end} - t_{start}}{NUM - 1}$$

$$K_r := 0.86$$

$$i_0 := \begin{cases} i_0 \leftarrow 0 \\ \text{for } k \in 0..5 \\ \quad \left| \begin{array}{l} f_k \leftarrow \Psi(i_k) - K_r \cdot \Psi_m \\ df_k \leftarrow d\Psi_{di}(i_k) \\ i_{k+1} \leftarrow i_k - \frac{f_k}{df_k} \end{array} \right. \\ \text{return } i_{k+1} \end{cases}$$

$$i_0 = 9.052 \quad n := 0, 1..NUM - 1$$

$$RES := rkfixed(i_0, t_{start}, t_{end}, NUM, D)$$

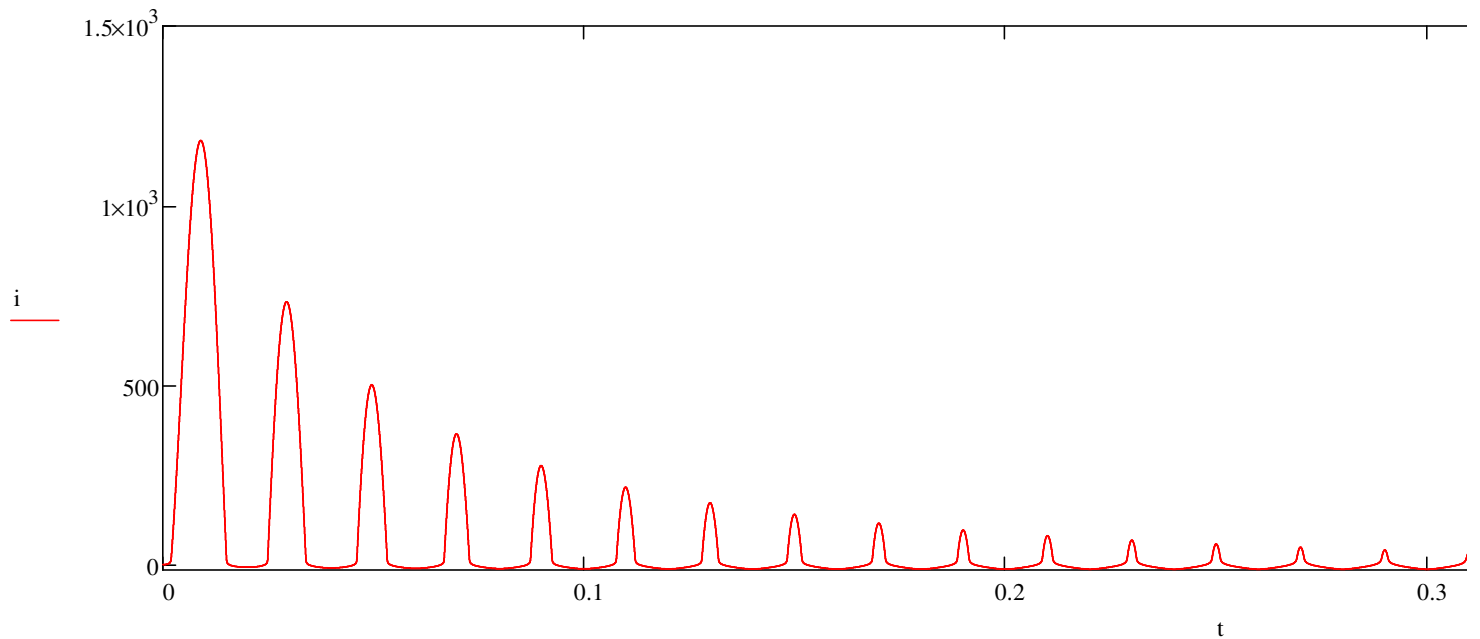
$$t_n := RES_{n,0} \quad i_{R_n} := RES_{n,1}$$

Корректировка для безгистерезисного расчета, чтобы не было смещение установившегося тока на величину  $i_0$  все время

$$T_m := \frac{L_{\mu} + L}{R} = 2.129$$

$$i_{\text{corr}_n} := i_0 \cdot e^{-\frac{t_n}{T_m}}$$

$$i_n := i_{R_n} - i_{\text{corr}_n}$$



Расчет тока КЗ

$$j := \sqrt{-1}$$

$$E := \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 6.062 \times 10^3$$

$$Z := R_s + 2 \cdot R_t + j \cdot \omega \cdot (L_s + 2 \cdot L_{\sigma}) = 2.223 + 10.248i$$

$$I_k := \frac{E}{Z} = 122.554 - 564.974i \quad |I_k| = 578.113$$

Номинальный ток трансформатора

$$I_{\text{НОМ}} := \frac{S_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = 1.375 \times 10^3$$

Фурье и среднеквадратичное

Формулы

$$N := \text{round}\left(\frac{1}{f \cdot dt}\right) = 4 \times 10^3$$

$$\text{DECIMATE}(f, k_{\text{dec}}) := \left| \begin{array}{l} n \leftarrow 0 \\ \text{for } k \in 0.. \text{длина}(f) \\ \quad \text{if } \text{floor}\left(\frac{k}{k_{\text{dec}}}\right) \cdot k_{\text{dec}} = k \\ \quad \quad \left| \begin{array}{l} \text{VAL}_n \leftarrow f_k \\ n \leftarrow n + 1 \end{array} \right. \\ \text{return VAL} \end{array} \right.$$

$$\text{DFT}(v, t, N, f) := \left| \begin{array}{l} \text{for } n \in 0.. \text{длина}(v) - 1 - N \\ \quad \text{VAL}_n \leftarrow \frac{2 \cdot j}{N} \cdot \sum_{k=n}^{n+N-1} (v_k \cdot e^{-j \cdot 2\pi \cdot f \cdot t_k}) \\ \text{return VAL} \end{array} \right.$$

$$\text{RMS}(v, t, N, f) := \left| \begin{array}{l} \text{for } n \in 0.. \text{длина}(v) - 1 - N \\ \quad \text{VAL}_n \leftarrow \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{k=n}^{n+N-1} [(v_k)^2]} \\ \text{return VAL} \end{array} \right.$$

$$\text{TIME}(t, N) := \left| \begin{array}{l} \text{for } n \in 0.. \text{длина}(t) - 1 - N \\ \quad \text{VAL}_n \leftarrow t_n \\ \text{return VAL} \end{array} \right.$$

$$\text{ABS}(v) := \left| \begin{array}{l} \text{for } n \in 0.. \text{длина}(v) - 1 \\ \quad \text{VAL}_n \leftarrow |v_n| \\ \text{return VAL} \end{array} \right.$$

$N_{\text{req}} := 20$                       Число отсчетов на период

$k_{\text{dec}} := \text{floor}\left(\frac{N}{N_{\text{req}}}\right) = 200$       Шаг децимации

$i_{\text{dec}} := \text{DECIMATE}(i, k_{\text{dec}})$

$t_{\text{dec}} := \text{DECIMATE}(t, k_{\text{dec}})$

$I_{\text{DFT}} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \text{DFT}(i_{\text{dec}}, t_{\text{dec}}, N_{\text{req}}, f)$        $T_{\text{DFT}} := \text{TIME}(t, N)$        $I_{\text{RMS}} := \text{RMS}(i_{\text{dec}}, t_{\text{dec}}, N_{\text{req}}, f)$

$I_{\text{DFT.abs}} := \text{ABS}(I_{\text{DFT}})$                                        $I_{\text{RMS.abs}} := \text{ABS}(I_{\text{RMS}})$

