

## TRANSFORMADOR DE 34,5 / 13,8 KV

Os dados do transformador são:

- Transformador trifásico de 60 Hz;
- Potência nominal: 20 MVA;
- Tensões nominais de linha: 34,5 / 13,8 KV;
- Ligação:  $\Delta$  - Y aterrado;
- Impedância:  $Z_{\%} = 6,13 \%$ ;
- Resistência:  $R_{\%} = 1,0 \%$ ;
- Corrente a vazio: 0,4 %.

Primeiramente, serão calculados os valores das indutâncias e resistências do primário e do secundário do transformador, considerando o primário o lado de maior tensão.

- Cálculo da impedância base:

$$Z_{b1} = \frac{V_{SE}^2}{S_n} = \frac{34,5^2}{\frac{20}{3}} = 178,54[\Omega] \quad Z_{b2} = \frac{V_{MT}^2}{S_n} = \frac{\left(\frac{13,8}{\sqrt{3}}\right)^2}{\frac{20}{3}} = 9,52[\Omega]$$

- Cálculo de  $X_{\%}$ :

$$X_{\%} = \sqrt{Z_{\%}^2 - R_{\%}^2} = \sqrt{6,13^2 - 1,0^2} = 6,048[\%]$$

- Cálculo de  $L_1$ :

$$X_1 = \frac{X_{\%}}{100} \cdot \frac{Z_{b1}}{2} = \frac{6,048}{100} \cdot \frac{178,54}{2} = 5,3989[\Omega]$$
$$L_1 = \frac{X_1}{2\pi \cdot f} = \frac{5,3989}{2\pi \cdot 60} * 1000 = 14,3209[mH]$$

- Cálculo de  $L_2$ :

$$X_2 = \frac{X_{\%}}{100} \cdot \frac{Z_{b2}}{2} = \frac{6,048}{100} \cdot \frac{9,52}{2} = 0,2879[\Omega]$$

$$L_2 = \frac{X_2}{2\pi \cdot f} = \frac{0,2879}{2\pi \cdot 60} * 1000 = 0,7638[mH]$$

➤ Cálculo de  $R_1$ :

$$R_1 = \frac{R_{\%}}{100} \cdot \frac{Z_{b1}}{2} = \frac{1,0}{100} \cdot \frac{178,54}{2} = 0,8927[\Omega]$$

➤ Cálculo de  $R_2$ :

$$R_2 = \frac{R_{\%}}{100} \cdot \frac{Z_{b2}}{2} = \frac{1,0}{100} \cdot \frac{9,52}{2} = 0,0476[\Omega]$$

Para determinar a característica de saturação do transformador foram utilizados os dados da curva de magnetização da chapa de aço silício de grãos orientados da Acesita, apresentada a seguir.

H [A/m]	B [T]	I <sub>pico</sub> [A]	λ <sub>pico</sub> [Wb]
6,684	0,200	0,114	16,188
11,099	0,400	0,189	32,376
17,729	0,800	0,302	64,752
23,805	1,200	0,406	97,128
31,495	1,400	0,537	113,316
<b>64,166</b>	<b>1,600</b>	<b>1,093</b>	<b>129,505</b>
136,311	1,700	2,322	137,599
946,842	1,850	16,130	149,740
7419,427	2,000	126,394	161,881
30000,000	2,100	511,065	169,975

Os valores de corrente a vazio e de fluxo, apresentados na tabela e que serão utilizados no modelo do transformador no ATP, foram obtidos a partir do cálculo apresentado abaixo. Para isso, inicialmente calculam-se os valores de  $I_0$  e  $\lambda_0$ .

$$I_{n1} = \frac{S_n}{V_{SE}} = \frac{20 \times 10^6}{34500} = 193,24[A]$$

$$I_0 = \sqrt{2} \cdot \frac{I_{0\%}}{100} \cdot I_{n1} = \sqrt{2} \cdot \frac{0,4}{100} \cdot 193,24 = 1,093[A]$$

$$\lambda_0 = \frac{V_{SE}}{\frac{2\pi}{\sqrt{2}} \cdot f} = \frac{34500}{4,44 \cdot 60} = 129,505[Wb]$$

Os demais valores de corrente e fluxo mostrados na tabela foram obtidos pelas seguintes equações:

$$I_i = \frac{I_0}{64,166} \cdot H_i = \frac{1,093}{64,166} \cdot H_i \Rightarrow I_i = 1,704 \times 10^{-2} \cdot H_i$$

$$\lambda_i = \frac{\lambda_0}{1,600} \cdot B_i = \frac{129,505}{1,600} \cdot B_i \Rightarrow \lambda_i = 80,938 \cdot B_i$$

A resistência do ramo de magnetização foi calculada conforme apresentado a seguir (considerando um fator de potência a vazio de 0,2):

$$P_0 = \sqrt{3} \cdot V_0 \cdot I_0 \cdot \cos \phi_0$$

$$P_0 = \sqrt{3} \cdot V_{MT} \cdot \frac{13,8}{100} I_{n1} \cdot 0,2 = S_n \cdot \frac{0,08}{100} = 20 \times 10^6 \cdot \frac{0,08}{100} = 16000[W]$$

$$R_{mag} = \frac{V_{AT}^2}{P_0} = \frac{34500^2}{16000} = 74390,6[\Omega]$$

No modelo do transformador também foram consideradas capacitâncias de fuga das buchas e entre os enrolamentos do primário e secundário de 8 nF.