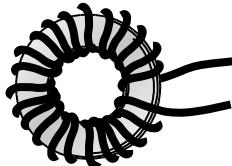
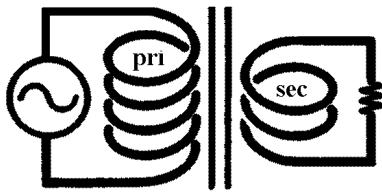
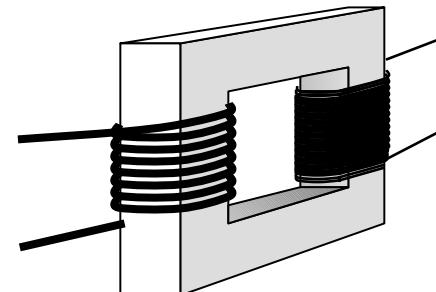


1.2.3 Transformador REAL

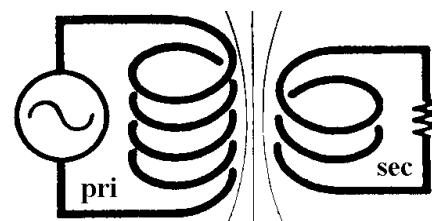


$$Z = R + j X_L$$

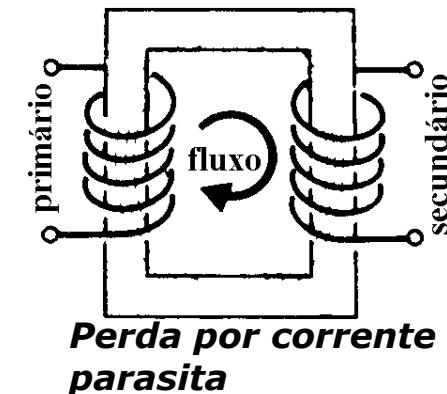
AQUECIMENTO → Limitação de $I_{(1 \text{ ou } 2)}$



Perda no Cobre



Fluxo perdido
Perda de Fluxo



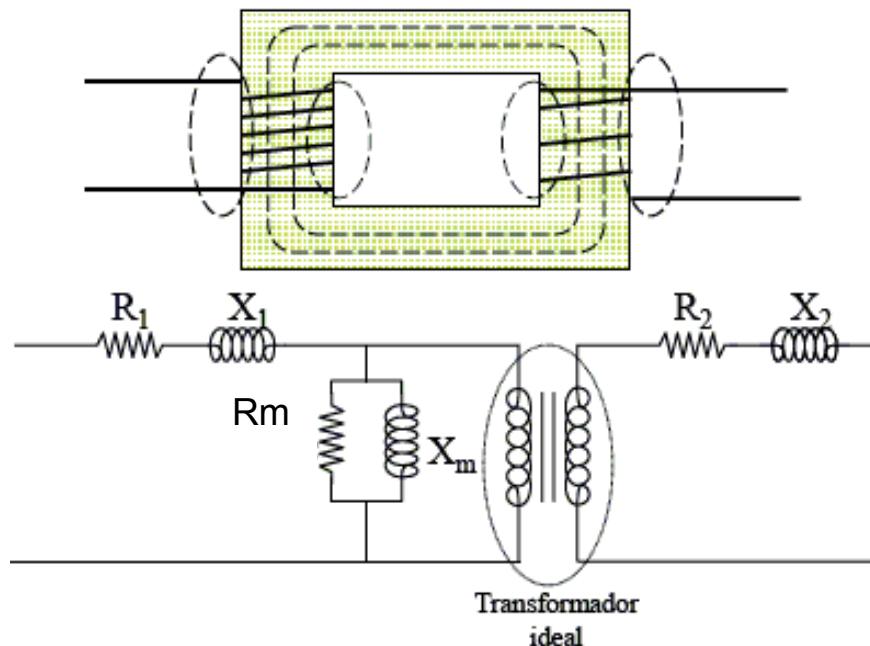
PERDAS NO COBRE: devido à resistência dos fios nos enrolamentos ($P=RI^2$);

PERDAS NO FERRO:

- **Perdas por Histerese:** devido à energia para alinhar os domínios magnéticos e inverter o alinhamento com a inversão da corrente.
- **Perdas por corrente parasita:** devido a corrente induzida que flui no núcleo (para evitar utiliza-se um núcleo laminado ou chapas).



O circuito equivalente do transformador real é constituído de elementos de circuito: **resistências** e **indutâncias**.



Onde:

R₁, R₂: resistência das bobinas, [Ω] (representam as **perdas Joule, cobre**);

X₁, X₂: reatância de dispersão, [Ω] (representam as **perdas de fluxo**);

R_m: resistência de magnetização, [Ω] (**perdas no ferro**);

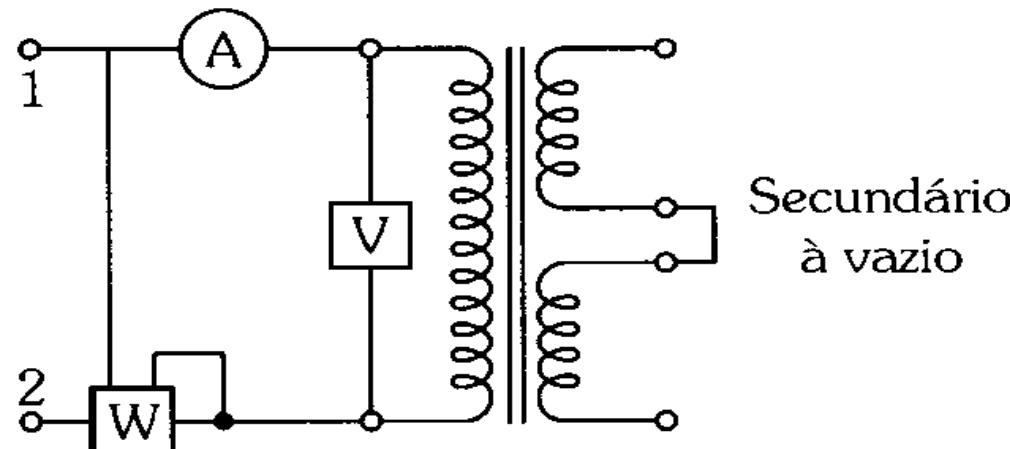
X_m: reatância de magnetização, [Ω] (núcleo).



Ensaio a Vazio

Objetivos:

- determinar as perdas no ferro (núcleo);
- obter parâmetros elétricos do circuito equivalente dc transformador real(R_m , X_m , Z_m);
- determinar corrente a vazio (I_0);
- determinar relação de transformação;





Ensaio a Vazio

Utilize as equações seguintes para calcular os parâmetros de magnetização do transformador:

$$\text{Cos}\varphi = \frac{P_o}{V_o \times I_o} \quad I_{Rm} = I_o \times \text{Cos}\varphi \quad I_{mag} = I_o \times \text{Sen}\varphi$$

$$Z_m = \frac{V_o}{I_o} \quad R_m = \frac{V_o}{I_{Rm}} \quad X_{mag} = \frac{V_o}{I_{mag}} \quad Q_{var} = \frac{V_o^2}{X_{mag}}$$

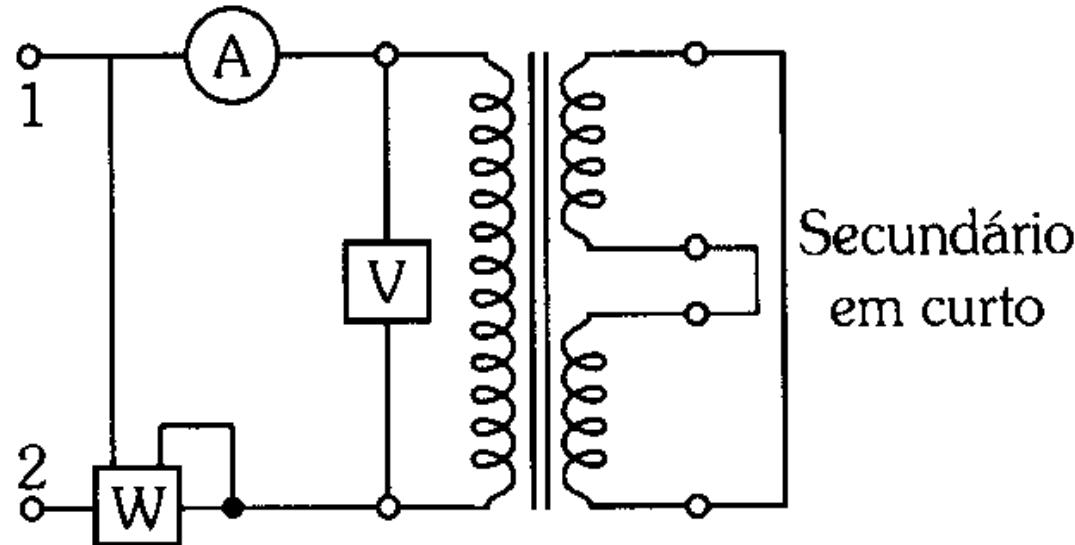
- I_{Rm} = Corrente através da resistência de magnetização do ferro
- I_{mag} = Corrente através da reatância de magnetização



Ensaio em curto-circuito

Objetivos:

- Determinar perdas no cobre (primário e secundário);
- Determinar a queda de tensão interna;
- Determinar impedância, resistência e reatânciа percentuais ($Z\%$, $R\%$ e $X\%$).





Ensaio em curto-circuito

- Calcule os dados do circuito equivalente com os valores registrados anteriormente utilizando as equações:

$$R_{cc} = \frac{P_{cc}}{I_{cc}^2} \quad Z_{cc} = \frac{U_{cc}}{I_{cc}} \quad X_{cc} = \sqrt{Z_{cc}^2 - R_{cc}^2} \quad \cos\phi = \frac{P_{cc}}{U_{cc} \times I_{cc}}$$

$$R_{cc} = r_1 + r_2 \quad r_1 = r_2 \times \sqrt{k^2}$$



Ensaio em curto-circuito

Observe o cálculo da impedância percentual do transformador e da corrente em um eventual curto-circuito no secundário.

$$Z\% = \frac{U_{cc}}{U_p} \times 100 \quad I_{cc} = \frac{100}{Z\%} \times I_n$$



Ensaio em curto-circuito

Cálculo do rendimento da unidade transformadora a 20°C:

$$\text{Rend} = \frac{U_s x I_s}{U_s x I_s + P_{cu} + P_{fe}}$$