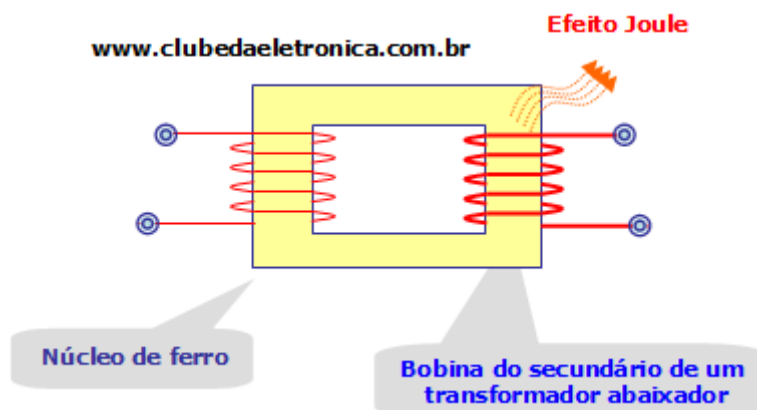


Perdas no cobre e no ferro

Os transformadores em geral apresentam perdas de potência quando estão em funcionamento, estas perdas são no cobre e no ferro.

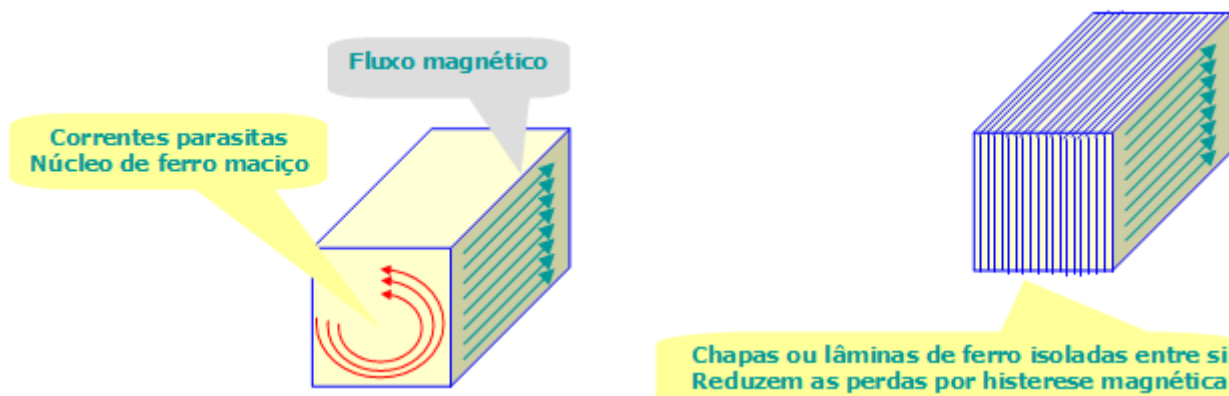
Perdas no cobre

As **perdas no cobre** ocorrem devido ao aquecimento das bobinas, onde parte da energia será dissipada na forma de calor. Uma das formas de reduzir as perdas no cobre é usando ventiladores que forçam a circulação de ar.



Perdas no ferro

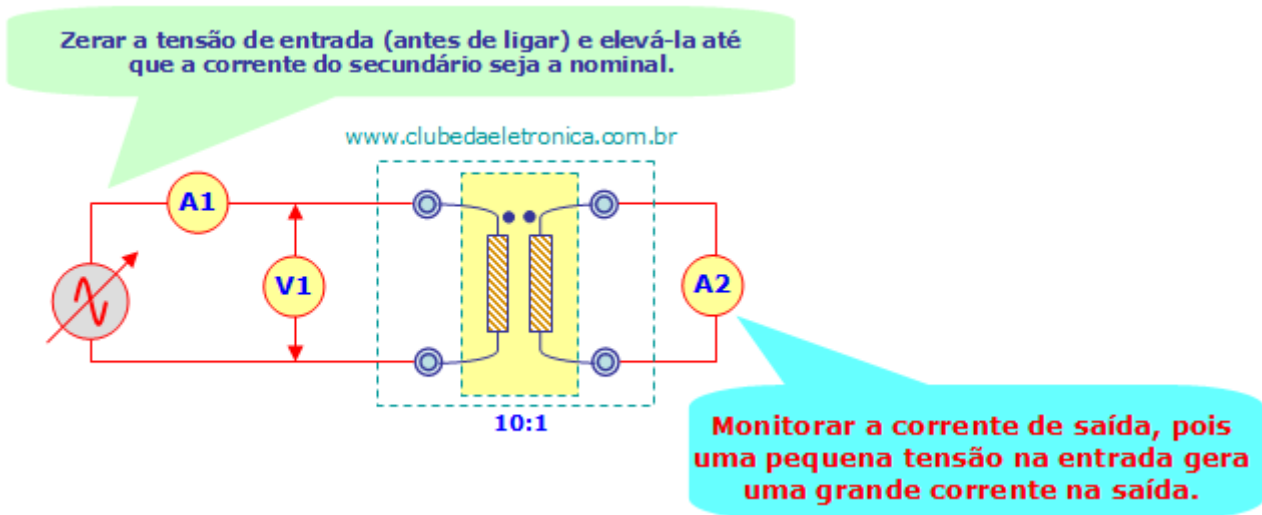
As **perdas no ferro** ocorrem devido a histerese magnética e correntes parasitas no ferro. Para atenuar o efeito das correntes parasitas os núcleos dos transformadores são formados por lâmina de ferro. As lâminas interrompem as correntes parasitas, pois são isoladas entre si.



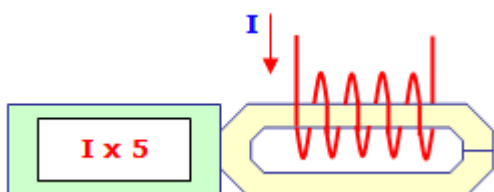
A histerese magnética é um fenômeno típico de materiais ferromagnéticos e significa atraso ou retardo. Esse fenômeno ocorre porque materiais ferromagnéticos se magnetizam rapidamente quando sofrem influência do campo magnético, porém, não desmagnetizam tão rapidamente quando o campo é retirado. Assim, existe um atraso entre o magnetizar e o desmagnetizar, este atraso é a histerese que resulta em perdas energia.

Encontrando as perdas no cobre

As **perdas no cobre** dos transformadores podem ser encontradas através de ensaio. Este ensaio necessita alguns cuidados, pois o secundário do transformador é colocado em curto circuito. Um varivolt inicialmente zerado deverá elevar a tensão do primário até que a corrente do secundário chegue ao seu valor nominal, um amperímetro deverá monitorar esta corrente.



As perdas de potência no cobre será o produto entre a tensão (V1) e a corrente (I1) do medido no primário do transformador. A corrente no primário é baixa, portanto, se estiver usando um alicate amperímetro será necessário improvisar um transformador de corrente.



O valor da corrente medida pelo amperímetro será I vezes no número de espiras usado, por exemplo, se foram dadas 5 voltas e a corrente medida foi de 1A então a corrente real será $1A \div 5 = 200mA$

Com o mesmo ensaio podemos encontrar a tensão de curto circuito a impedância percentual e a corrente de curto circuito.

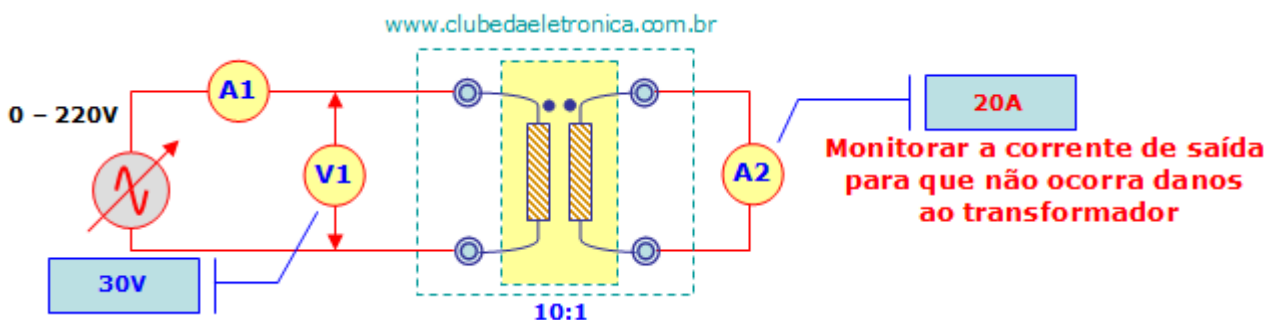
Tensão de curto circuito (Vcc ou UK)

A **tensão de curto circuito** é a tensão no enrolamento primário capaz de fazer circular no secundário em curto a corrente nominal.

Exemplo:

Tensão nominal no primário = 500V

Corrente nominal no secundário = 20A



Medindo a tensão no primário com o secundário em curto, temos 30V que é a tensão de curto circuito.

Impedância percentual (Z%)

Uma vez medido a tensão de curto circuito podemos calcular a **impedância percentual** do transformador utilizando a seguinte expressão:

$$Z = (V_{\text{curto-circuito}}) \div V_{\text{nominal}}$$

$$Z = (30V \div 500V)$$

$$Z = 0,06 \Omega$$

$$Z = 6\% \text{ (Para obter o resultado em percentual multiplicamos por 100)}$$

Este valor costuma variar entre 3 e 9% e deve ser impresso na plaqueta dos transformadores.

Corrente de curto circuito (I_{cc})

O valor da **impedância percentual** é utilizado para cálculo da corrente de curto circuito e dimensionamento de dispositivos de proteção do equipamento.

$$I_{cc} = I_{2\text{nominal}} \div Z$$

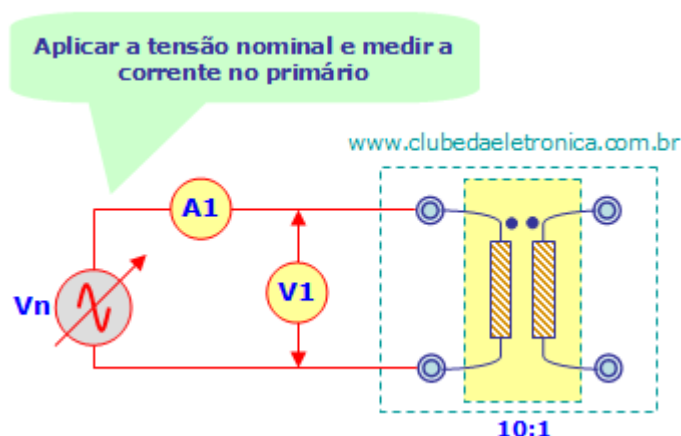
$$I_{cc} = I_{2\text{nominal}} \div Z$$

$$I_{cc} = 20A \div 0,06$$

$$I_{cc} = 333,33A$$

Encontrando as perdas no ferro através de ensaios

As **perdas no ferro** dos transformadores também são encontradas através de ensaio, porém, agora o secundário fica aberto. Este não requer muitos cuidados, basta ligar o primário com a tensão nominal e medir a corrente no primário.



O produto tensão-corrente no primário com o secundário aberto será a potência perdida no ferro.

Fator de potência dos transformadores (cosφ)

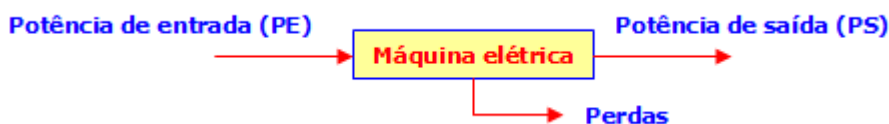
Com este mesmo ensaio podemos encontrar o **fator de potência (cosφ)** do transformador, que é muito importante para dimensionamento de bancos de capacitores. A equação para calcular o fator de potência é:

$$\cos\phi = \frac{P_{(medida)}}{V_{(nominal)} \cdot I_{(medida)}}$$

Fator de potência
Potência medida no primário
Corrente medida
Tensão nominal

Rendimento dos transformadores

As **perdas no cobre e no ferro** influenciam diretamente no **rendimento (η)** do transformador, esse rendimento é a relação entre a potência de saída e a potencia de entrada.

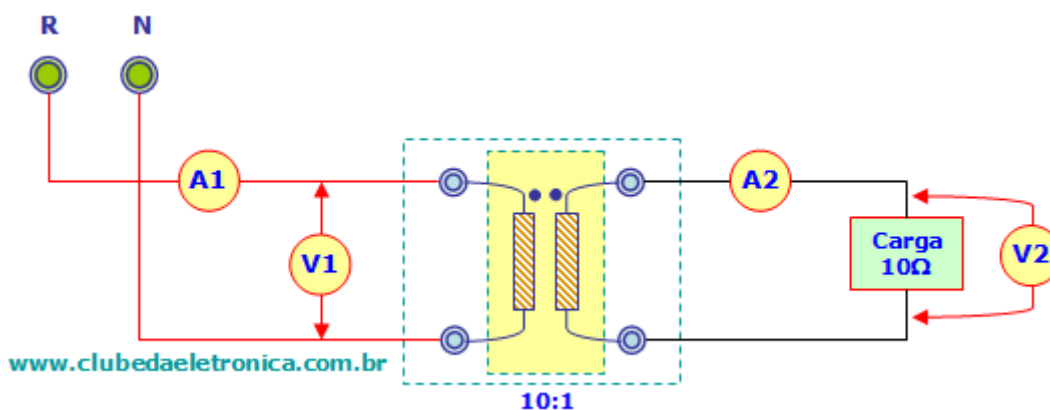


O rendimento pode se calculado pela seguinte expressão:

$$\eta = \frac{PS}{PE}$$

Rendimento
Potência de saída
Potência de entrada

Exemplo: Um transformador alimenta uma carga resistiva de 10Ω. A corrente medida no primário é de 1,1A e do secundário 1A. Sabendo-se que a tensão do primário é 100V e a relação de espiras é de 10:1. Qual o rendimento deste transformador.



Solução:

$P1 = V1 \cdot I1$
 $P1 = 100V \cdot 1,1A$
 $P1 = 110W$

$P2 = V2 \cdot I2$
 $P2 = 10V \cdot 1A$
 $P2 = 100W$

$\eta = P2 \div P1$
 $\eta = 100W \div 110W$
 $\eta = 0,91$

Isto significa que somente 91% da potência de entrada é realmente utilizada, enquanto que 9% é perdida, lembre-se que você paga pela potência consumida (entrada) e não pela potência fornecida (saída).

Sabendo-se que a potência de entrada é igual a potência de saída + a potência perdida no cobre + a potência perdida no ferro, podemos formar uma equação mais completa para cálculo do rendimento:

$$\eta = \frac{PS}{PS + P_{(Fe)} + P_{(Cu)}}$$

“O homem superior atribui a culpa a si próprio; o homem comum aos outros.”

Confúcio

Clodoaldo Silva

www.clubedaeletronica.com.br