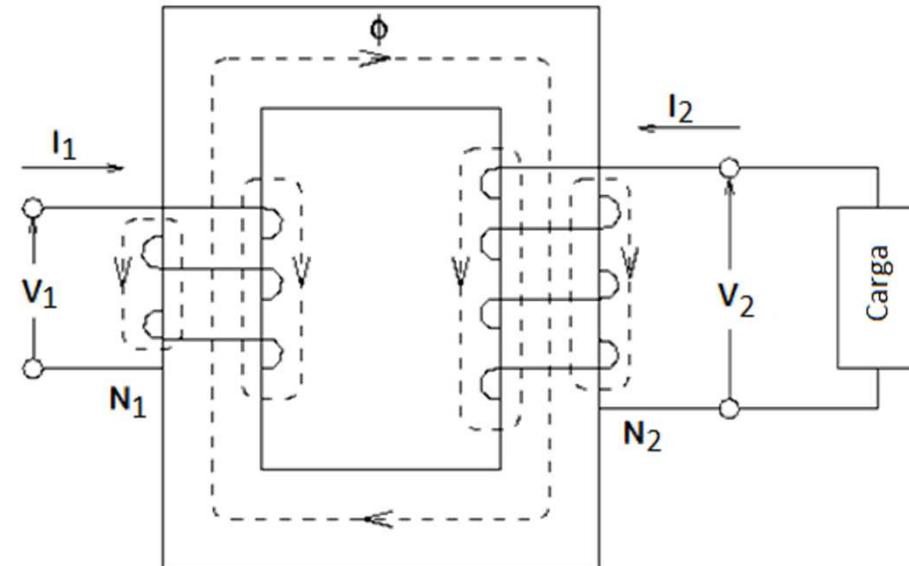



TRANSFORMADORES
MONOFÁSICOS

Características

- V_1 - Tensão aplicada ao primário
- N_1 - Número de espiras do enrolamento primário
- I_1 - Corrente no enrolamento primário
- V_2 - Tensão induzida no secundário
- N_2 - Número de espiras do enrolamento secundário
- I_2 - Corrente induzida “entregue” à carga ligada ao secundário
- Um núcleo de ferro laminado, fechado, sobre o qual estão enroladas duas bobinas, isoladas entre si



Tensão induzida

A Tensão induzida depende:

- ▶ do número de Espiras **N**
- ▶ da frequência **f**
- ▶ do fluxo magnético ϕ

$$e = -N \frac{d\phi}{dt}$$

Aplicando a derivada da equação cima obtemos o valor eficaz dessa tensão induzida:

$$e = \frac{2\pi f}{\sqrt{2}} N \cdot \phi_m$$

Em Wb

Para a bobina do primário:

$$e_1 = 4.44 \times f \times \phi_m \times N_1$$

Para a bobina do secundário:

$$e_2 = 4.44 \times f \times \phi_m \times N_2$$

Explicando

Considerando que o fluxo de indução magnética ϕ responde a tensão que a causa, podemos definir:

$$\phi(t) = \phi_{MAX} \times \cos(\omega t)$$

Mas:

$$e(t) = -N \times \frac{d\phi(t)}{dt}$$

$$e(t) = -N \times \frac{d(\phi_{max} \times \cos(\omega t))}{dt}$$

Considerando que: ϕ_{MAX} e ω são constantes, e que temos a seguinte regra de derivada:

$$\text{Se } f(x) = \cos(x) \Rightarrow d(f(x)) = -\sin(x)$$

Então:

$$e(t) = N \times \phi_{max} \times \omega \times \sin(\omega t)$$

$$e_{max} \cos(\omega t) = N \times \phi_{max} \times 2\pi f \times \sin(\omega t)$$

Considerando que $e_{MAX} \cos(\omega t)$ representa a tensão no tempo, em termos de tensão eficaz temos $e_{MAX} \cos(\omega t) = e_{MAX} / \sqrt{2}$, e o máximo valor do seno é 1 então:

$$e_m \sqrt{2} = N \times \phi_m \times 2\pi \times f$$

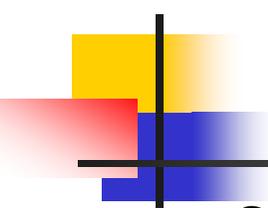
$$e_m \sqrt{2} = 2\pi f \times N \times \phi_m$$

$$e_m = \frac{2\pi f \times N \times \phi_m}{\sqrt{2}}$$

Juntando as constantes:

$$e_m = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} \times f \times \phi_m \times N$$

$$e_m = 4.44 \times f \times \phi_m \times N \quad \text{c. q. d.}$$

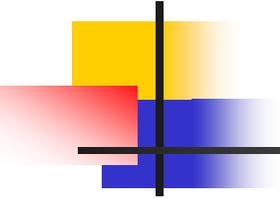


Como f e ϕ_m são a mesma no primário e secundário e são constantes, temos a seguinte relação:

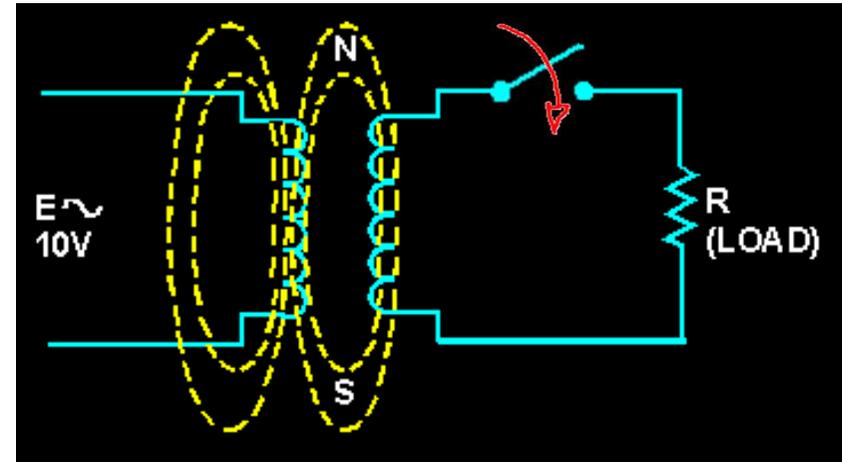
$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{4.44 \times f \times \phi_m \times N_1}{4.44 \times f \times \phi_m \times N_2} \quad \boxed{\frac{e_1}{e_2} = \frac{N_1}{N_2}}$$

E chamamos: $\frac{V_1}{V_2} = a$ de Relação de transformação

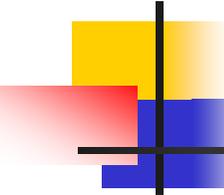
Se $a > 1 \Rightarrow V_1 > V_2$ Transformador abaixador
Se $a < 1 \Rightarrow V_1 < V_2$ Transformador elevador



Com o interruptor aberto e aplicando-se uma tensão AC no primário, ocorre uma corrente muito pequena no primário chamada de corrente de excitação



Essencialmente, o que a corrente de excitação faz é "excitar" o enrolamento do primário e criar um campo magnético.



Corrente de excitação

A quantidade de corrente de excitação é determinada através de três fatores:

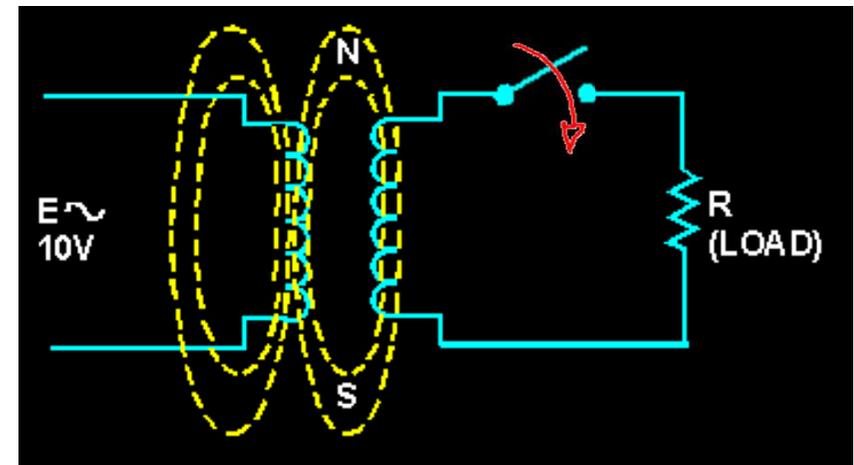
- (1) a quantidade de tensão aplicada (V_1)
- (2) a resistência (R) do fio do enrolamento do primário + perdas no núcleo
- (3) a X_L que depende da frequência da corrente de excitação.

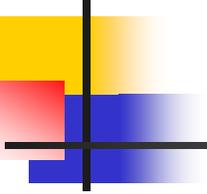
Estes dois últimos fatores são controlados através do projeto do transformador.

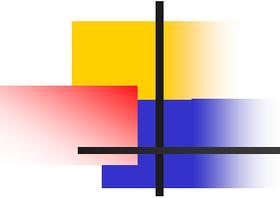
Esta pequena corrente de excitação têm duas funções:

1. A maioria da energia de excitação é usada para manter o campo magnético do primário.
2. Uma pequena quantia de energia é usada para superar as perdas da resistência do fio e do núcleo que são dissipadas na forma de calor (perda de potência).

- ▶ Quando um dispositivo de carga é conectado no enrolamento do secundário a corrente flui pelo secundário e pela carga.
- ▶ O campo magnético produzido pela corrente no secundário interage com o campo magnético produzido pela corrente no primário.
- ▶ Esta interação resulta numa indutância mútua entre os enrolamentos primários e secundários.



- 
-
- ▶ O fluxo magnético total no núcleo do transformador é comum aos enrolamentos primário e secundário.
 - ▶ É também o meio pelo qual é transferida a energia do enrolamento primário para o enrolamento secundário.
 - ▶ Considerando que este fluxo interage com ambos os enrolamentos, este é chamado FLUXO MÚTUO
 - ▶ A indutância que produz este fluxo é também comum aos enrolamentos, e é chamada INDUTÂNCIA MÚTUA.



O transformador real

- ▶ No transformador real os fluxos dispersos, no primário e no secundário, são considerados, produzindo uma reatância primária, X_{L1} e secundária, X_{L2} , respectivamente.
- ▶ Além disso, as resistências dos enrolamentos também são consideradas, sendo R_1 a resistência do enrolamento no primário e R_2 a resistência do enrolamento no secundário.
- ▶ Essas resistências somadas às reatâncias produzem quedas de tensão internas no transformador

Exemplo

O enrolamento primário de um transformador tem 880 espiras e é ligado à rede de 220V. Qual o número de espiras que o enrolamento secundário deve ter para que a tensão secundária tenha o valor de 5V ?

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow N_2 \times \frac{V_1}{V_2} = N_1$$

$$\frac{N_2 \times V_1}{V_2} = N_1 \Rightarrow N_2 \times V_1 = V_2 \times N_1$$

$$N_2 = \frac{V_2 \times N_1}{V_1} = \frac{5 \times 880}{220} = \boxed{20 \text{ espiras}}$$

Exemplo

Um transformador de 220/125V , tem a disposição um núcleo de ferro de 44 x 22 mm.

Calcule o número de espiras , para um rendimento igual a unidade ($n = 1$) e ambos os enrolamentos para $B = 10000$ Gauss e $f = 50$ Hz.

Assim, $V_1 = 220V_{CA}$, $V_2 = 125V_{CA}$

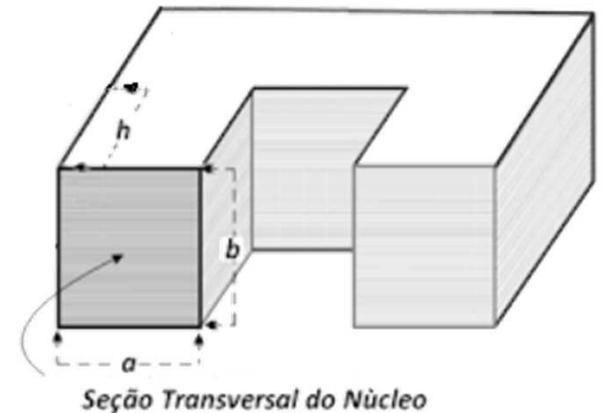
$$\phi_m = B \times A = 10000 \times 4,4 \times 2,2 = 96800 \text{ G x cm}^2$$

Mas $1 \text{ Wb} = 10^8 \text{ G x cm}^2$ ou $\text{G x cm}^2 = 10^{-8} \text{ Wb}$

Trata-se de uma necessidade de unidade

$$\phi_m = 10^{-8} \times 96800 \text{ Wb}$$

$$V_1 = 4.44 \times f \times \phi_m \times N_1 \Rightarrow N_1 = \frac{V_1}{4.44 \times f \times \phi_m} = \frac{220 \times 10^8}{4.44 \times 50 \times 96800} = 1024 \text{ espiras}$$



Weber

O **weber** (símbolo Wb) é a unidade do **SI** para o **fluxo magnético**. A unidade leva esse nome em homenagem a **Wilhelm Eduard Weber**, físico alemão do século XIX. Disso tiramos as dimensões para o weber que, em **unidades do SI**, é expresso por:

$$Wb = \frac{kg \times m^2}{S^2 \times A}$$

Mas a unidade de fluxo magnético também pode ser expressa em termos de outras unidades do SI: Tesla x metro², Volt-Segundo (V x s), Joule por Ampère (J/A).

$$Wb = 1T \times m^2 = 1V \times s = 1 \frac{J}{A}$$

Comparando as unidades do **CGS**, do sistema CGS de Gauss e do SI temos:

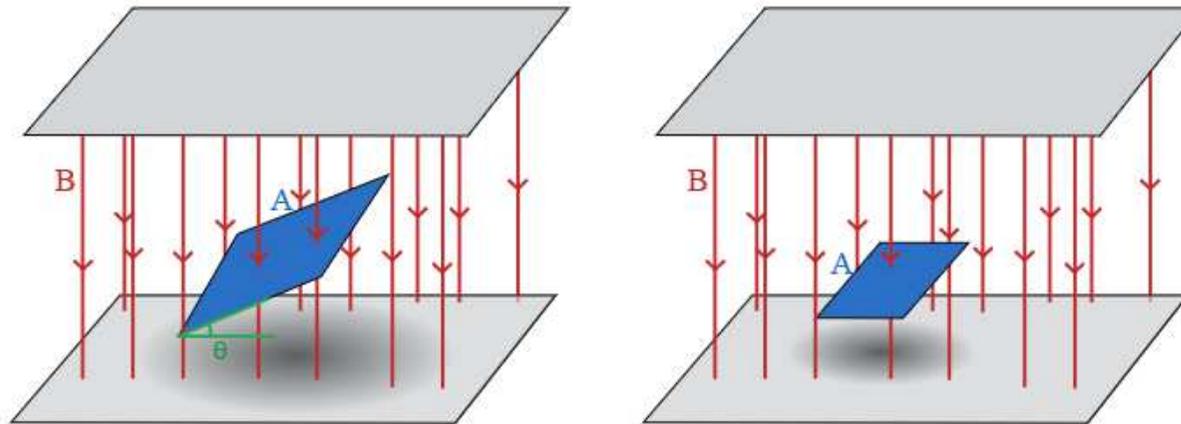
$$1Mx = 1G \times cm^2 = 10^{-8} \times Wb$$

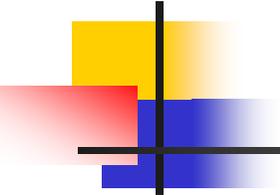
Onde Mx é Maxwell

fluxo magnético

- Fluxo magnético é a medida do campo magnético total que atravessa uma área específica
- É uma ferramenta útil para ajudar a descrever os efeitos da força magnética sobre um corpo que ocupa uma determinada área.
- A medida de fluxo magnético está particularmente ligada à área escolhida.

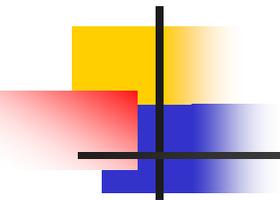
$$\Phi = BA \cos \theta$$





Densidade de fluxo magnético

- ▣ Densidade de fluxo magnético ou Indução Magnética B , cuja unidade é o Tesla T ou Webber por metro quadrado Wb/m^2 , é a medida da concentração do fluxo magnético φ [Wb] em um dado material.
- ▣ Existem materiais que para um mesmo campo magnético H aplicado permitem diferentes passagens de densidade de fluxo magnético



Calcular o número de espiras do secundário

$$N_2 = \frac{V_2 \times N_1}{V_1} = \frac{125 \times 1126}{220} = 640 \text{ espiras}$$

Referências

 [https://pt.wikipedia.org/wiki/Weber_\(unidade\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Weber_(unidade))

28/05/2020

 <https://pt.khanacademy.org/science/physics/magnetic-forces-and-magnetic-fields/magnetic-flux-faradays-law/a/what-is-magnetic-flux>

 28/05/2020

