

TRANSFORMADORES

1.1- DIVISÃO DOS TRANSFORMADORES

Quanto a Finalidade:

- a) Transformadores de Corrente;
- b) Transformadores de Potencial;
- c) Transformadores de Distribuição;
- d) Transformadores de Força.

Quanto ao Tipo:

- a) Dois ou mais enrolamentos;
- b) Autotransformador

Quanto ao Material do Núcleo:

- a) Ferromagnético;
- b) Núcleo de Ar.

Quanto a Forma do Núcleo:

- a) Nuclear ou Envolvido;
- b) Encouraçado ou Envolvente.

Quanto ao número das fases:

- a) Monofásico;
- b) Polifásico.

Quanto a maneira de resfriamento:

- a) A seco;
- b) A Óleo.

1.2-PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Vimos anteriormente que a indução corresponde a geração de uma corrente elétrica a partir do deslocamento de um campo magnético próximo a um condutor, ou vice-versa. Figura 1.

Quando tem-se uma corrente elétrica circulando em uma bobina, um campo magnético é gerado. Se a corrente elétrica for variável o campo magnético também será variável. Sendo assim, existe um movimento do campo magnético em relação ao condutor.

Se próxima a esta bobina (primeira bobina ou bobina indutora) houver uma segunda bobina, esta também será cortada pelas linhas de força. Em consequência surgirá nesta segunda bobina uma tensão (figura 2 e 3). Esta tensão é conhecida por *tensão induzida*, e seu valor depende de:

- Intensidade da tensão aplicada na bobina indutora;
- Número de espiras da bobina indutora (primeira bobina);
- Número de espiras da segunda bobina.

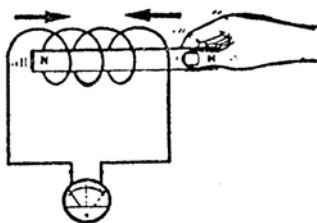


Fig. 1- Indução Eletromagnética

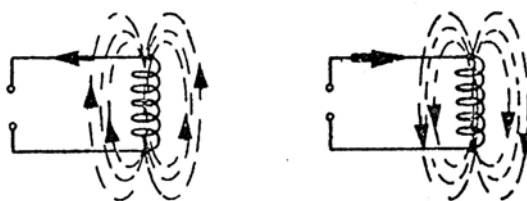


Fig. 2 – Campo magnético devido a uma corrente elétrica.

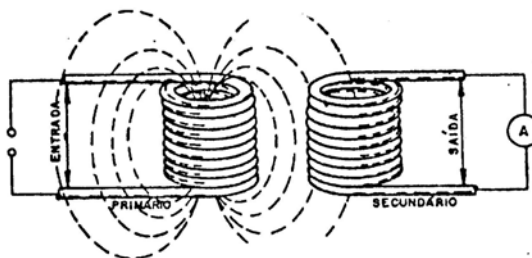


Fig. 3 – Indução de uma tensão na bobina secundária devido a estar próxima de uma bobina indutora.

Um transformador consiste em duas (ou mais) bobinas enroladas sobre um núcleo de material magnético ou, então, próximas de modo que as linhas de fluxo de uma bobina (bobina indutora ou bobina primária) cortem as espiras de outra bobina (bobina induzida ou bobina secundária). Figura 4.

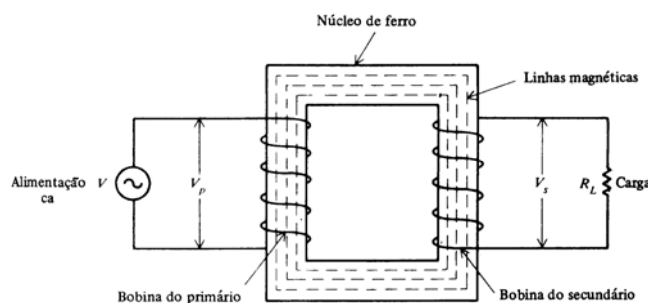


Fig. 4 – Ilustração de um transformador com núcleo de ferro.

1.3- RELAÇÃO DE ESPIRAS

A bobina do transformador à qual se aplica a tensão de entrada é denominada *enrolamento primário*. A passagem de corrente por ela estabelece um campo magnético que induz a tensão na outra bobina (*enrolamento secundário*).

Como a grandeza da tensão induzida depende do número de espiras do secundário, em relação ao número de espiras do primário, a *relação de espiras* é uma característica importante do transformador. É definida como a relação entre o número de espiras do primário e o número de espiras do secundário.

$$\text{Relação de espiras} = N_p / N_s \quad [1]$$

Sendo:

N_p o número de espiras do primário;

N_s o número de espiras do secundário;

1.4-RELAÇÃO DE TENSÕES

Como a tensão induzida no secundário de um transformador pode ser maior ou menor do que a tensão do primário, o transformador pode ser considerado como um dispositivo que muda a tensão. Um transformador usado para alimentar um anúncio de néon, por exemplo, produz milhares de volts de saída, elevando a tensão da linha (115VC.A.).

Como o valor da tensão induzida numa bobina depende do número de espiras cortadas pelo campo magnético, um enrolamento secundário com muitas espiras, terá nele induzida uma tensão maior do que em secundário com menos espiras. Se por exemplo, o campo magnético induz um décimo de volt para cada espira do secundário, um secundário de 2.000 espiras terá uma tensão induzida de 200 volts; um secundário de 3.000 espiras terá uma tensão induzida de 300 volts. Matematicamente, a relação de tensões do primário para o secundário, é igual à relação de espiras:

$$E_p/E_s = N_p/N_s \quad [2]$$

Sendo:

N_p e N_s os números de espiras do primário e do secundário;

E_p e E_s respectivamente, nas tensões do primário e do secundário;

1.5-POTÊNCIA DO TRANSFORMADOR

A potência que um transformador “entrega” em seu enrolamento secundário é a mesma potência que é recebida em seu enrolamento primário.

$$P_p = P_s \quad [3]$$

Onde: P_p - Potência absorvida pelo primário;
 P_s - Potência entregue pelo secundário.

A figura a seguir ilustra um tipo de transformador utilizado em eletroeletrônica:.

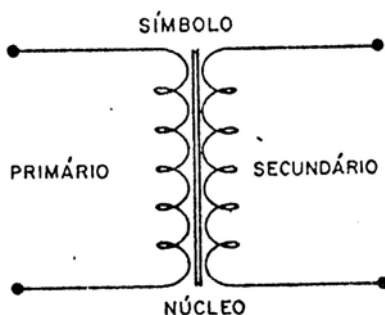


Fig. 5 – Símbolo do trafo

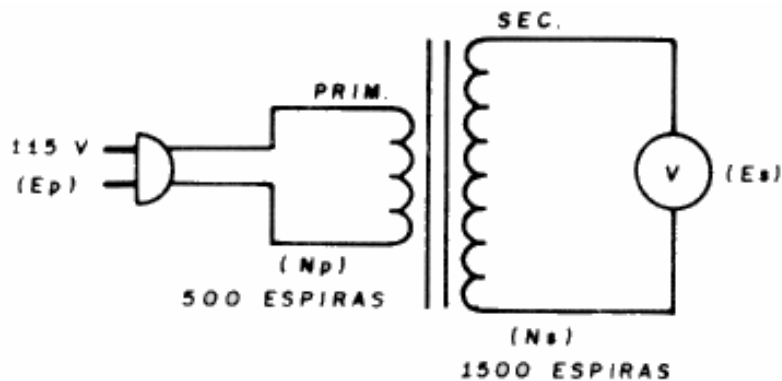
No exemplo ilustrado na Fig.5, a tensão induzida no secundário pode ser determinada da seguinte maneira:

Tensão no Primário = 115V

Número de Espiras no Primário= 500

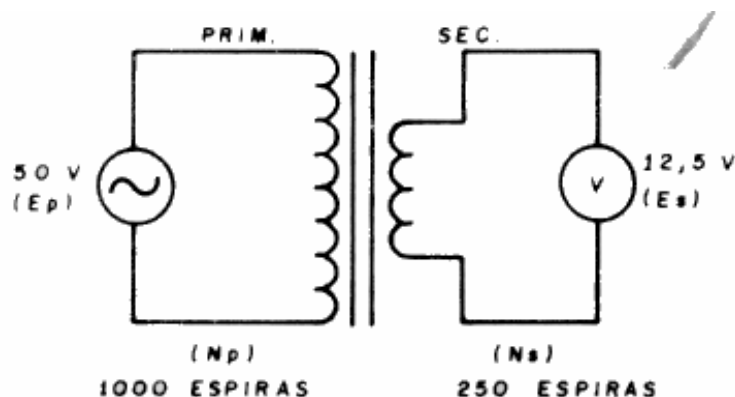
Número de Espiras no Secundário= 1500

Conforme se vê pelo cálculo do secundário é três vezes maior do que a tensão do primário o secundário tem três vezes mais espiras do que o primário. Na prática, a tensão do secundário é ligeiramente menor do que o valor calculado. Se uma carga for ligada ao secundário, a corrente que circula produz uma queda IR na resistência do enrolamento secundário. Por conseguinte, a tensão do secundário diminui quando é ligada uma carga.



Num transformador bem projetado, contudo, essa diminuição é desprezível. O projetista do transformador pode calcular essa perda e compensá-la por um pequeno aumento de espiras do secundário.

Um transformador rebaixador. O secundário tem apenas um quarto do número de espiras do primário. A tensão do secundário, conseqüentemente, será igual a um quarto da tensão do primário.



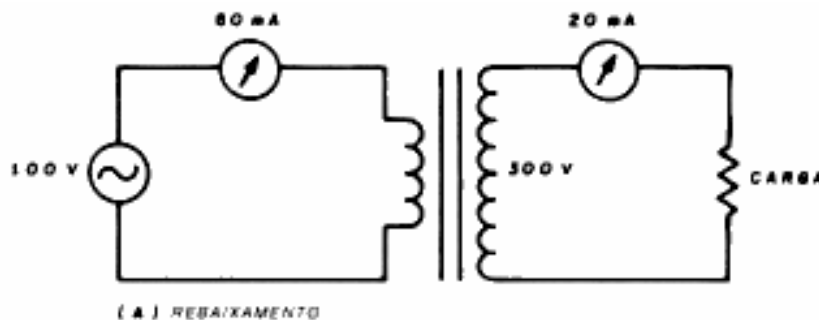
$$E_p/E_s = N_p/N_s$$

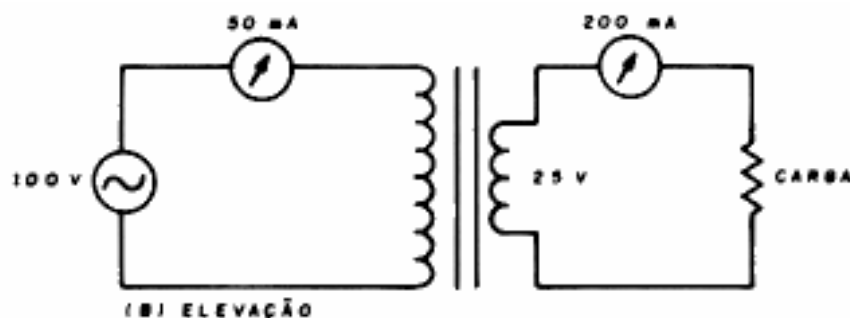
$$50/E_s = 1000/250$$

$$E_s = 12,5V$$

1.6- RELAÇÃO DE CORRENTES:

Embora um transformador possa elevar a tensão, é óbvio que ele não fornece nada sem compensação. A elevação de tensão é acompanhada de uma diminuição de corrente. A corrente do secundário será determinada pela carga e a ele ligada, mas a corrente do primário será maior do que a corrente do secundário, na mesma relação em que a tensão do secundário for maior do que a tensão do primário. Se, por exemplo, a tensão do secundário for quatro vezes maior do que a tensão do primário, a corrente do primário será quatro vezes maior do que a corrente do secundário. Um transformador que tem uma relação de tensões elevadora, terá uma relação de corrente rebaixadora.





No exemplo ilustrado na figura 3A, a tensão do secundário é três vezes a tensão do primário. Se uma carga ligada ao secundário drenar 20 miliampères de corrente, a corrente do primário será de 60 miliampères. Na figura 3B a tensão do secundário será um quarto da tensão do primário. Se a carga ligada ao secundário drenar 200 miliampères, a corrente do primário será de um quarto deste valor, ou 50 miliampères.

Matematicamente, a relação de corrente é ligada à relação de espiras da seguinte maneira:

$$I_P/I_S = N_S/N_P$$

Sendo:

N_p e N_s os números de espiras do primário e do secundário respectivamente, I_p e I_s as correntes do primário e do secundário respectivamente.

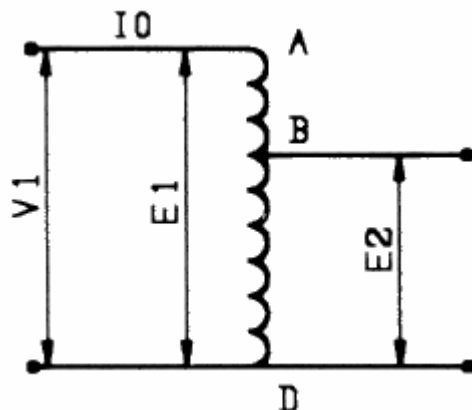
Na prática, a corrente do primário é ligeiramente maior do que o valor calculado, porque o primário drena uma corrente adicional para compensar as perdas no núcleo. Por esse motivo, a potência de saída do secundário (E_S multiplicado por I_S) é sempre menor do que a potência de entrada do primário (E_P multiplicado por I_P). A relação entre a potência de saída e a potência de entrada é o rendimento do transformador, geralmente expresso sob a forma de porcentagem.

$$\% \text{ Rendimento} = (\text{Pot. De Saída} / \text{Pot. De Entrada}) \times 100 = (E_S \times I_S / E_P \times I_P) \times 100$$

Em transformadores de núcleo de ferro o rendimento geralmente é superior 90%.

1.7-AUTO-TRANSFORMADOR

Um autotransformador é um transformador que não dispõe de um enrolamento secundário propriamente dito, mas que utiliza o enrolamento primário como secundário.



A figura nos mostra um esquema de um autotransformador. Consta de um bobinado dos extremos A e D, no qual se fez uma derivação no ponto B.

Chamaremos de primário o bobinado AD e secundário à porção BD para os autotransformadores elevadores de tensão, esta denominação ficaria ao contrário.

Podemos observar que o autotransformador intervém somente para modificar a tensão de entrada e isto significa que conduzirá uma potência tanto mais reduzida quanto menor for a diferença entre as tensões de entrada (E_e) e saída (E_s).

Chamando P_u a potência útil na saída do autotransformador, a potência transformada P_t será dada por uma das seguintes fórmulas, conforme o aparelho trabalhe como elevador ou redutor da tensão:

Elevador

$$P_t = P_u(1 - E_e/E_s)$$

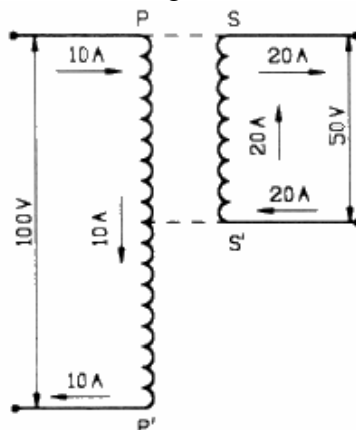
Redutor

$$P_t = P_u(1 - E_s/E_e)$$

Esta potência P_t é a que servirá de base para fixar a seção do circuito magnético.

1.8-PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

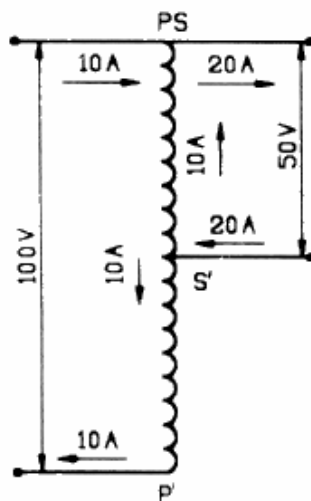
Suponhamos um transformador monofásico normal, de dois enrolamentos e de relação de transformação 2:1, como é o da figura abaixo



Se unirmos eletricamente os bornes P e S, não haverá nenhum inconveniente porque estão constantemente ao mesmo potencial. Ao longo do enrolamento primário, encontraremos outro ponto cuja voltagem coincida com o borne S do enrolamento secundário. Este ponto terá exatamente, desde P, o mesmo n° de espiras que o enrolamento secundário, ou seja, a metade do primário, já que a relação de transformação é 2:1.

Unindo-se também estes dois pontos, já que estão ao mesmo potencial não se modificam as condições eletromagnéticas de transformação.

Dessa maneira, reunindo-se os dois enrolamentos, teríamos o esquema da figura abaixo, que é o esquema de um autotransformador.



APÊNDICE

ECONOMIA DO AUTOTRANSFORMADOR COM RELAÇÃO AO TRANSFORMADOR

Suponhamos que a potência do transformador da figura seja de 1000W. Sendo de 100 Volts a tensão de entrada, as correntes que circularão nos dois enrolamentos são 10 A e 20 A, como mostra a figura.

Sobrepondo-se os dois enrolamentos, vemos que entre os pontos PS e S', circulam duas correntes (10A e 20A) de sentido contrário e a corrente resultante, será a diferença entre elas, conforme mostra a figura.

Isto significa que, ao convertermos um transformador em autotransformador, não só economizaremos o cobre correspondente ao enrolamento secundário mas é preciso aumentar o diâmetro do fio do primário, pois na parte comum circula a mesma corrente de antes.

Ao suprimir-se um enrolamento, se reduz o núcleo magnético e portanto as perdas no ferro e o tamanho físico. Além disso, o rendimento também melhora.

Frente a essas vantagens econômicas que acabamos de citar, os autotransformadores tem o inconveniente de manter eletricamente unidos os circuitos primário e secundário. O auto transformador possui outro inconveniente pois se houver um rompimento nas bobinas no secundário a tensão do primário fica igual a do secundário

A utilização principal dos autotransformadores tem lugar quando possuímos um determinado aparelho em uma tensão (por ex. 110 Volts) e a tensão da rede é diferente (por ex. 220 Volts).

ACESSÓRIOS DOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUIÇÃO

Óleo Refrigerante: Tem dupla função: além de proteger o papel e o verniz de isolamento, age com líquido refrigerante das espiras;

Isolantes: Além do papel, a tendência é a utilização de isolantes de estabilidade térmica mais elevada. Assim poderá ser dispensado o refrigerante líquido ou outra forma de ventilação artificial. Nesta classe se encaixam os transformadores a seco que apresentam economia de espaço, peso e componentes;

Válvulas: Os transformadores a Óleo possuem em seu tanque válvulas para a verificação do estado do óleo ;

Perfis de Montagens: Podem ser trilhos, rodas ou ferragens para montagens em postes;

Tampa: Onde são montados os isoladores para a ligação dos condutores de alimentação;

Dispositivos de Proteção: Relé diferencial,. Rele Bucholz, secador de ar, termômetros.

ESPECIFICAÇÕES PARA A AQUISIÇÃO

- a) Número de fases ;
- b) Tensão primária (com suas derivações);
- c) Tensão secundária(com suas derivações);
- d) Potencia Nominal(KVA);
- e) Norma de fabricação;
- f) Grupo de ligações;
- g) Polaridade;
- h) Frequência Nominal;
- i) Informações complementares: líquido dielétrico, tipo de pintura, base, etc.