

# 22

## Transformadores no circuito

Entre a usina e os centros consumidores de energia elétrica há um enorme circuito. Suas características você vai estudar agora.

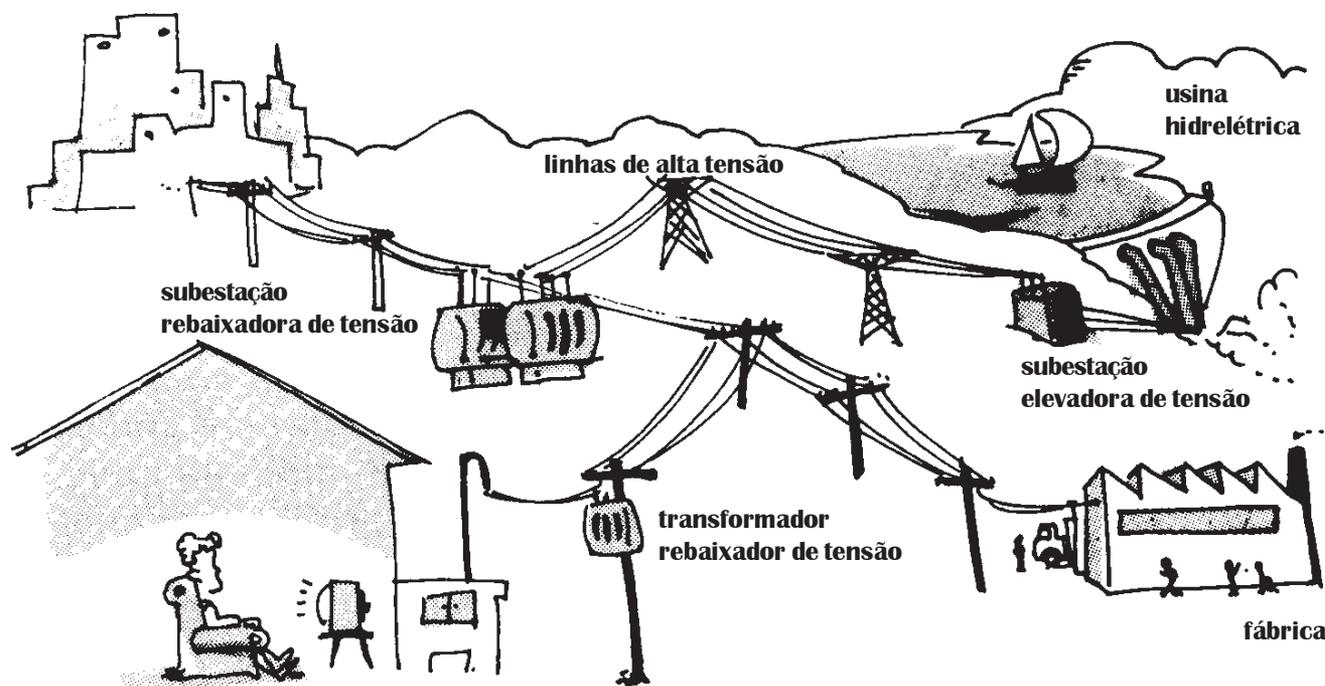
Entre a usina hidrelétrica e a nossa residência existem muitos transformadores, uma vez que a tensão de saída dos geradores é da ordem de 10.000 V, nos fios de alta tensão é de 700.000 V e a de consumo doméstico encontra-se na faixa de 110/220 V. A tensão no consumo comercial/industrial varia de 110/220 V até 550 V, enquanto no consumo em transporte (trens elétricos, metrô) varia de 600 V a 3.000 V.

Por que é necessário elevar ou baixar a tensão elétrica e como isso pode ser feito?



Ligar um aparelho à tomada significa fazer com que ele se torne parte de um circuito muito maior, que pode ter centenas de quilômetros de extensão.

Se acompanharmos os fios que chegam a uma tomada, podemos verificar que eles estão ligados à rede elétrica de nossa casa. Essa rede, por sua vez, está ligada aos fios que vêm do poste, através da caixa de distribuição. Esses fios, antes de chegarem às residências, "passam" por sucessivos aparelhos, denominados **transformadores**, localizados em pontos estratégicos ao longo da rede elétrica. Os fios da rua são distribuídos a partir de uma subestação rebaixadora de tensão, que está ligada por cabos de alta tensão a outra subestação, localizada ao lado da usina geradora de energia elétrica. A função dessa subestação é elevar a tensão gerada na usina para ser transportada por longas distâncias.

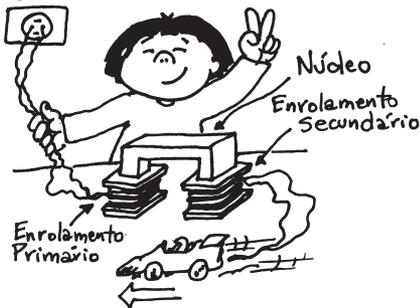


A transmissão da energia elétrica das usinas até os pontos de consumo é efetuada através de fios condutores, e por isso parte dela é dissipada na forma de calor. De acordo com a lei de Joule-Lenz ( $P = R \cdot i^2$ ), essa perda é proporcional ao quadrado da corrente. Dessa forma, para reduzi-la é conveniente diminuirmos a intensidade da corrente. Como a potência é proporcional à tensão e à corrente ( $P = U \cdot i$ ), podemos obter a mesma quantidade de energia

transmitida na unidade de tempo através de uma corrente menor, se aumentarmos a tensão.

É o transformador que realiza tais alterações. Por isso ele está presente nas duas subestações, ora para elevar, ora para baixar a tensão. Também está presente em alguns postes onde a tensão é novamente rebaixada ou elevada para ser colocada em condições de uso.

Basicamente o transformador é constituído de fios enrolados em um núcleo de ferro. São dois enrolamentos independentes: o enrolamento primário, ligado à fonte, e o enrolamento secundário, onde se obtém a tensão desejada. Os dois enrolamentos podem estar: um sobre o outro isolados eletricamente e com o núcleo de ferro comum a ambos; ou podem estar separados, ou seja, o enrolamento primário numa parte do núcleo e o secundário em outra parte.



Nos transformadores da subestação elevadora de tensão, o enrolamento primário tem menor número de voltas de fio que o enrolamento secundário, podendo esse enrolamento, em muitos casos, este ser constituído por fios mais finos.



Os transformadores rebaixadores de tensão têm maior número de voltas de fio no enrolamento primário que no secundário. Em geral, nesse tipo de transformador os fios utilizados no enrolamento secundário são mais grossos.



Sendo  $U_p$  e  $U_s$  as tensões nos terminais dos fios nos enrolamentos primário e secundário e  $N_p$  e  $N_s$  o número de voltas de fio em cada um desses enrolamentos, vale a seguinte relação para o transformador:

$$U_p / U_s = N_p / N_s$$

### Balço energético no transformador

O rendimento nos transformadores é em torno de **98%**, o que significa que a potência elétrica no enrolamento primário é praticamente igual à do enrolamento secundário, ou seja,  $U_p i_p$  (enrolamento primário) =  $U_s i_s$  (enrolamento secundário) ou

$$U_p / U_s = i_s / i_p$$

A queda de potência ou energia, da ordem de **2%**, deve-se aos seguintes fatores:

- aquecimento dos enrolamentos (de acordo com a lei de Joule-Lenz);
- correntes induzidas no núcleo de ferro do transformador, que criam um campo magnético contrário àquele criado pela corrente no enrolamento primário. Tais correntes induzidas são também conhecidas por correntes de Foucault.
- processo de magnetização que ocorre no núcleo de ferro do transformador (pelo fato de a corrente, que cria o campo magnético, ser alternada, há um ciclo de magnetização do núcleo, que acompanha as variações de intensidade e de sentido da corrente). Por esse motivo, o núcleo de ferro é laminado, separado com material isolante.

Todos esses fatores podem provocar o aquecimento. É por isso que aparelhos de som e videocassetes esquentam durante o funcionamento e o gabinete possui orifícios para ventilação junto ao transformador.

### exercitando...

1. Um transformador é constituído por dois enrolamentos de fios de cobre, um de 200 e outro de 1200 espiras. Esses solenóides envolvem uma mesma barra de ferro.

a) Se a tensão no enrolamento (primário) de 200 espiras for de 12 volts, que tensão obtemos no outro enrolamento (secundário)?

b) Qual a função do núcleo de ferro?

c) É possível esse transformador funcionar se a tensão de 12 volts for de uma bateria (corrente contínua)? Por quê?

2. Um transformador tem 200 espiras no primário e recebe uma tensão de 110 V. Quantas espiras deve ter no secundário para que a tensão de saída seja 220 V?

3. Qual a tensão retirada da saída de um transformador, sabendo que a tensão de entrada é de 220 V e a razão entre o número de espiras do secundário e o número de espiras do primário é  $1/20$ ? O transformador funcionou como elevador ou como rebaixador de tensão?

4. Explique por que o núcleo de ferro do transformador é laminado.

5. Um transformador está sendo usado para baixar a tensão de 120 V para 9 V. Sabendo-se que o número de espiras do primário é 240 voltas e que a potência no circuito secundário é 6 W e considerando que a perda de energia é desprezível, responda:

a. qual o número de espiras do secundário;

b. qual a corrente elétrica no secundário;

c. qual a corrente elétrica no primário.

## Saiba um pouco mais sobre o transformador

Os aparelhos elétricos são construídos para funcionar com determinadas tensões. Quando a tensão de funcionamento dos aparelhos não coincidir com a tensão da fonte, é necessário intercalar entre os dois um transformador para adequar essas tensões.

O transformador é um aparelho consumidor de energia elétrica quando considerado do lado do enrolamento primário e, também, fonte ou gerador de energia elétrica do lado do enrolamento secundário.

Quando o enrolamento primário é ligado a um circuito de corrente alternada, essa corrente cria um campo magnético proporcional a ela própria e ao número de voltas do enrolamento. Como a corrente é alternada, o campo magnético criado por ela é também variável com o tempo e, conseqüentemente, aparece um fluxo da variação desse campo na região onde se encontra o enrolamento secundário.

### Uma aplicação da lei de Faraday: a indução eletromagnética nos transformadores.

Segundo a lei de Faraday, quando numa região do espaço ocorre uma variação do campo magnético, é induzido nessa região um campo elétrico.

No transformador, esse fluxo de variação do campo magnético do primário induz um campo elétrico no enrolamento secundário, de tal forma que, quanto maior for o fluxo dessa variação, maior a intensidade do campo elétrico induzido em cada espira. A tensão que resulta nos terminais do enrolamento secundário é proporcional ao campo elétrico induzido e ao número de voltas do enrolamento.