

ROTEIRO p SIMULAÇÃO: TRANSFORMADORES

Prof. Nildo Loiola Dias

1 OBJETIVO

- Verificar o funcionamento de transformadores de tensão.

2 MATERIAL

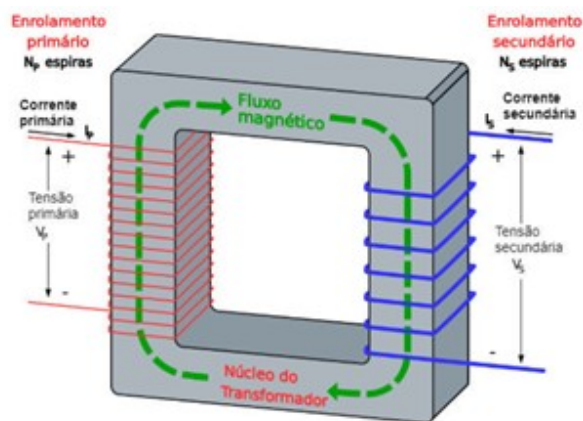
- Link para a simulação Transformadores:

<https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/transformadores>

3 FUNDAMENTOS

Transformadores são dispositivos usados para baixar ou elevar a tensão elétrica. Um tipo simples de transformador consiste em duas bobinas enroladas em torno de um núcleo de ferro, Figura 1. O núcleo de ferro tem a função de concentrar e intensificar o fluxo magnético em seu interior. Aplicando-se uma tensão alternada no enrolamento primário (na entrada do transformador), um fluxo magnético alternado Φ_B será produzido no núcleo de ferro. O núcleo de ferro faz com que o fluxo magnético seja essencialmente o mesmo em cada espira, tanto no primário como no secundário (o outro enrolamento).

Figura 1 – Transformador simples, formado por um núcleo de ferro laminado no qual há um enrolamento primário de N_P espiras e um enrolamento secundário de N_S espiras.



Fonte: [Indução Eletromagnética - Toda Matéria \(todamateria.com.br\)](http://todamateria.com.br)

Assim, pela Lei da Indução de Faraday, a força eletromotriz induzida em cada espira, E_i , é a mesma nos dois enrolamentos (primário e secundário), então o valor absoluto da tensão induzida no primário é dada por:

$$V_p = N_p E_i \quad (1)$$

Onde N_p , é o número de espiras no primário.

E para as N_s espiras no secundário a tensão induzida no secundário é dada por:

$$V_s = N_s E_i \quad (2)$$

onde V_p e V_s são as tensões induzidas no primário e secundário respectivamente.

Dividindo a Equação (1) pela Equação (2) temos:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} \quad (3)$$

Para o caso ideal (transformador sem perdas), pela conservação da energia, podemos igualar a potência no primário à potência no secundário:

$$i_p V_p = i_s V_s \quad (4)$$

Onde i_p e i_s são as correntes elétricas no primário e no secundário, respectivamente.

Combinando a Equação (3) com a Equação (4), vem:

$$\frac{i_p}{i_s} = \frac{N_s}{N_p} \quad (5)$$

Um transformador é dito ELEVADOR quando a voltagem no secundário é maior do que no primário; e ABAIXADOR quando ocorre o contrário. As correntes, por outro lado, se comportam de maneira inversa, como mostra a Equação (5).

Os transformadores reais sempre apresentam perdas de energia, normalmente em forma de calor. A simulação foi programada para levar em consideração essa característica, assim, a potência no secundário será sempre menor do que a potência fornecida pelo primário e desta forma o rendimento será um pouco menor do que 1.

Os transformadores são muito utilizados nas redes de transmissão de energia. Para transportar energia através de grandes distâncias, as perdas de energia são reduzidas quando se utilizam altas tensões, assim, são utilizados transformadores elevadores de tensão junto às usinas geradores de energia. Essa alta tensão, deve ser reduzida nos centros consumidores e, neste caso, são utilizados transformadores abaixadores de tensão. Também são muito utilizados transformadores de tensão para baixar a tensão domiciliar de 220 V para aparelhos que utilizam 110 V ou vice-versa.

Atenção: Os transformadores só funcionam com tensão alternada, pois para haver indução eletromagnética é necessário a variação do fluxo magnético. Uma tensão contínua, estabelece um fluxo magnético estacionário e por isso não provoca indução eletromagnética.

Os transformadores também podem ser usados para fazer o ajuste de impedância (casamento de impedância). A impedância em um circuito de corrente alternada é o equivalente à resistência de um circuito de corrente contínua. Sabemos que a máxima transferência de energia de uma fonte de força eletromotriz para uma carga resistiva acontece quando a resistência da fonte e da carga resistiva são iguais. A mesma relação é válida para a impedância de circuitos alternados.

Considerando que a corrente no secundário, i_s , está relacionada à tensão no secundário, V_s , e a resistência da carga, R :

$$i_s = V_s / R \quad (6)$$

Combinando as equações 3, 5 e 6, obtém-se:

$$i_p = \left(\frac{N_s}{N_p} \right)^2 \frac{V_p}{R} \quad (7)$$

Então, para o primário do transformador, a resistência equivalente da carga não é R ; e sim:

$$R_{eq} = \left(\frac{N_p}{N_s} \right)^2 R \quad (8)$$

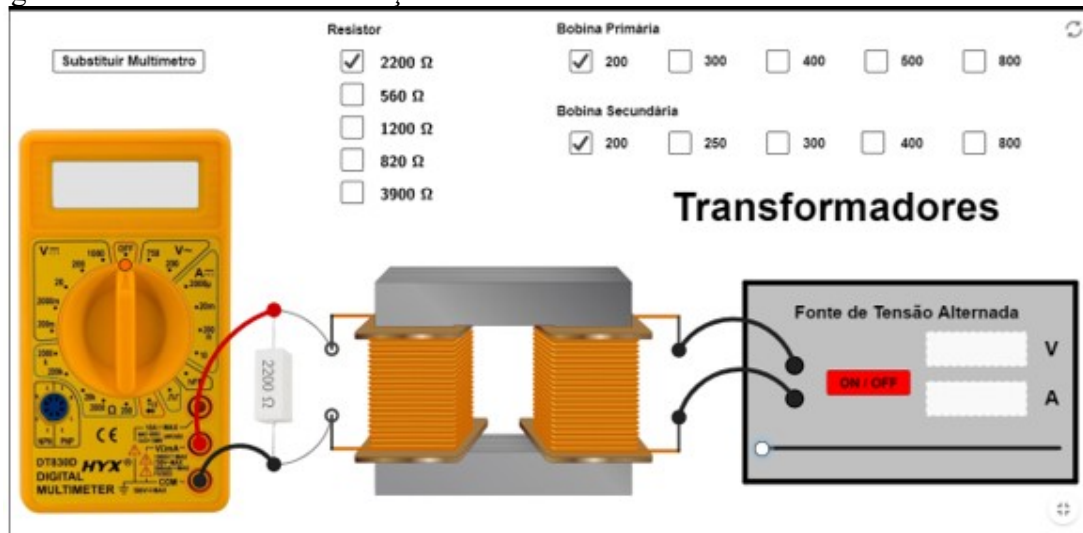
10.4 PROCEDIMENTOS

Para a realização dos procedimentos acesse à simulação Transformadores: <https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/transformadores>

Na Figura 2 podemos ver a tela inicial da simulação Transformadores. Na simulação o usuário poderá escolher o número de espiras da bobina do primário (bobina à direita) e do secundário (bobina à esquerda), escolher a carga (resistência ligada ao secundário) e regular a tensão alternada da fonte que alimenta a bobina primária. Os valores das resistências são os mostrados na simulação (não há variação no valor da resistência devido à tolerância). A fonte de tensão fornece o valor da tensão em volts com uma casa decimal e da corrente elétrica em amperes com três casas decimais (correntes menores do que 0,001 A são mostradas como 0,000 A, mas não são zero). A fonte desliga automaticamente quando a corrente ultrapassa 5,000 A, que é o valor máximo que a fonte pode fornecer. O multímetro está programado para medir tensões e deve ser utilizado apenas nas escalas para tensões alternadas. O multímetro “queima” (representado por uma imagem esbranquiçada) caso o valor da tensão medida ultrapasse a escala utilizada (há uma indicação de sobrecarga se a tensão ultrapassa um pouco a escala utilizada). Os cabos do multímetro da simulação estão conectados fixos ao multímetro e aos terminais da carga

(resistência). Os cabos da fonte, também estão fixos na mesma e nos terminais da bobina primária.

Figura 2 – Tela inicial da simulação Transformadores.



Fonte: o autor.

OBS: Considere que todos os valores de tensão e corrente que aparecem na simulação, nos procedimentos a seguir e no questionário são valores rms.

PROCEDIMENTO 1: Tensão e corrente no secundário em função do número de espiras da bobina no secundário, mantendo constante o número de espiras e a tensão no primário.

- 1.1 Regule a tensão no primário para 50 V.
- 1.2 Escolha a resistência de 3900 Ω .
- 1.3 Escolha para o primário uma bobina com 200 espiras.
- 1.4 Escolha no secundário uma bobina com 200 espiras como indicado na Tabela 1.
- 1.5 Anote na Tabela 1 a corrente elétrica no primário e a tensão no secundário.
- 1.6 Calcule a corrente elétrica no secundário a potência no primário, P_p , e a potência no secundário, P_s . Calcule também a eficiência percentual (razão $P_s/P_p \times 100 \%$). Anote na Tabela 1.
- 1.7 Repita os procedimentos anteriores para as outras bobinas indicadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Medidas em um transformador em função do número de espiras no secundário.

N_s (espiras)	i_p (mA)	P_p (W)	V_s (V)	i_s (mA)	P_s (W)	P_s/P_p (%)
200						
250						
300						
400						
800						

PROCEDIMENTO 2: Transformador abaixador.

- 2.1 Escolha para o primário uma bobina com 500 espiras e no secundário uma bobina com 200 espiras.
- 2.2 Escolha a resistência de 2200 Ω .
- 2.3 Faça a tensão no primário igual a 40,0 V.
- 2.4 Meça a tensão no secundário e anote na Tabela 2.
- 2.5 Repita os procedimentos para os outros valores de tensão no primário indicados na Tabela 2. Anote a tensão no secundário em cada caso e calcule a razão V_s/V_p .

Tabela 2 – Medidas de tensão em um transformador abaixador.

V_p (V)	V_s (V)	V_s/V_p
40,0		
80,0		
120,0		
160,0		
200,0		
240,0		

PROCEDIMENTO 3: Influência da carga resistiva.

3.1 Considere um transformador com um número fixo de espiras nas bobinas primária e secundária. Considere também que a bobina primária é alimentada por uma tensão alternada fixa. Se a carga resistiva (resistência) for alterada, o que acontece com:

(a) A tensão no secundário?

(b) A corrente no primário?

(c) A corrente no secundário?

(d) A potência dissipada no secundário?

Sugestão: verifique “experimentalmente” com a simulação.

PROCEDIMENTO 4: “Transformador” de resistência.

- 4.1 Escolha para o primário uma bobina com 400 espiras e no secundário uma bobina com 200 espiras.
- 4.2 Calcule a razão $(N_s/N_p)^2$ e anote na Tabela 3.
- 4.3 Escolha a resistência de 560 Ω .
- 4.4 Faça a tensão no primário igual a 100,0 V.
- 4.5 Anote na Tabela 3 a corrente no primário.
- 4.6 Calcule a resistência equivalente no primário ($R_{eq} = V_p/i_p$).
- 4.7 Repita os procedimentos para diferentes números de espiras na bobina do secundário como indicado na Tabela 3.

Tabela 3 – Estudo da “transformação” de resistências.

N_s	$(N_s/N_p)^2$	I_p (mA)	R_{eq} (Ω)	R_{eq}/R
200				
250				
300				
400				
800				

5 QUESTIONÁRIO

- 1- Preencha a Tabela 3 com os dados do Procedimento 1 de modo a verificar a relação dada pela equação (3). Comente.

Tabela 3 – Dados para verificação da relação dada pela equação (6).

N_p (espiras)	N_s (espiras)	N_s/N_p	V_p (V)	V_s (V)	V_s/V_p
200	200				
200	250				
200	300				
200	400				
200	800				

- 2- Preencha a Tabela 4 com os dados do Procedimento 1 de modo a verificar a relação dada pela equação (5). Comente.

Tabela 4 – Dados para verificação da relação dada pela equação (8).

N_p (espiras)	N_s (espiras)	N_p/N_s	i_p (mA)	i_s (mA)	i_s/i_p
200	200				
200	250				
200	300				
200	400				
200	800				

- 3- Que conclusão podemos tirar dos resultados do procedimento 2?

- 4- Determine a perda percentual de energia no transformador estudado no procedimento 1 formado com uma bobina de 200 espiras no primário e uma bobina de 800 espiras no secundário.
- 5- Que conclusão podemos tirar dos resultados do procedimento 4?
- 6- Um gerador fornece 150 V (rms) para o enrolamento primário de 65 espiras de um transformador. Se o enrolamento secundário tem 780 espiras, qual é a tensão no secundário? Considere o transformador ideal.
- 7- Um transformador colocado em um poste próximo a um conjunto de casas recebe no primário uma tensão de 8,5 kV e fornece para as residências uma tensão de 220 V. A taxa de energia média consumida (potência) nas residências em um dado instante é 78 kW. Suponha que o transformador opera sem perdas. (a) Qual a relação de espiras N_p/N_s , deste transformador abaixador de tensão? (b) Quais as correntes rms no primário e no secundário? (c) Qual a carga resistiva (resistência equivalente) no circuito secundário? (d) Qual a carga resistiva (resistência equivalente) no circuito primário?
- 8- Um estudante precisa de um transformador para baixar a tensão domiciliar de 220 V para ligar um aparelho fabricado para ser utilizado com tensão de 110 V. Escolha na simulação uma combinação de bobinas no primário e no secundário que seja adequada. Mostre um print da tela com a sua escolha.