

# INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA E O TRANSFORMADOR

# 5

## META

Estudar a relação entre a tensão de entrada e saída com o número de espiras das bobinas primário e secundário de um transformador.

## OBJETIVOS

Ao final desta aula, o estudante deverá determinar a dependência com da tensão induzida na bobina secundária de um transformador com a:

1. A tensão no primário;
2. O número de espiras no primário;
3. O número de espiras no secundário;

## PRÉ-REQUISITO

Ter estudado a lei de Faraday-Henry.

## INTRODUÇÃO

Olá! Tudo bem?

A indução eletromagnética é o fenômeno que origina uma força eletromotriz (f.e.m. ou voltagem) devido à variação do fluxo de um campo magnético através de uma espira. Este fenômeno foi descoberto quase que simultaneamente por Michael Faraday e Joseph Henry em 1830 o qual foi expresso da seguinte forma: a magnitude da tensão induzida é proporcional à variação do fluxo magnético (Lei de Faraday-Henry).

A energia elétrica que consumimos em nossas casas todos os dias é produzida em alguma usina hidroelétrica, nuclear ou de outro tipo, geralmente muito remota. Essa energia é transportada através de linhas de transmissão de muito alta voltagem (centenas de quilovolts, podendo chegar até megavolts). A razão disto é óbvia: a perda de potência por liberação de calor é proporcional à resistência dos condutores e ao quadrado da intensidade da corrente que os percorre. Estas linhas terminam em alguma estação distribuidora, onde a voltagem é reduzida para algo em torno de algumas dezenas de quilovolts e alimenta redes locais, do tamanho de uma cidade. Subestações distribuidoras reduzem a voltagem ainda mais (3 a 11 kV) e alimentam redes menores, do tamanho de bairros ou de um campus universitário. Transformadores espalhados no bairro reduzem a alta voltagem para alimentar com a tensão de linha (entre 110 e 220 V eficazes) prédios individuais ou um conjunto de poucas casas. O princípio básico de funcionamento de um transformador é o da indução eletromagnética.

### 5.1 A Indução eletromagnética e os Transformadores

A força eletromotriz induzida (fem) em um circuito fechado é determinada pela taxa de variação do fluxo magnético que atravessa o circuito. Esta lei é representada matematicamente pela equação:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} = -\frac{\Delta(\vec{B}\cdot\vec{A})}{\Delta t} = -\frac{\Delta(BA \cos \theta)}{\Delta t} \quad (5.1)$$

onde  $\varepsilon$  é a força eletromotriz induzida (fem) e  $\vec{B}\cdot\vec{A}$  é fluxo magnético. Sendo A a superfície por onde flui o campo magnético. O sinal negativo que aparece na equação acima lembra-nos em qual direção a fem induzida age. A equação 1 mostra que existem três maneiras de gerar uma força eletromotriz:

- i. Variando-se o módulo de B;
- ii. Variando a área definida pela espira;
- iii. Variando o ângulo  $\theta$  entre o campo magnético B e a superfície definida pela espira.

Para o caso particular do transformador a força eletromotriz é gerada devido à mudança do módulo do campo magnético B. Considere o circuito da figura G que representa um transformador.

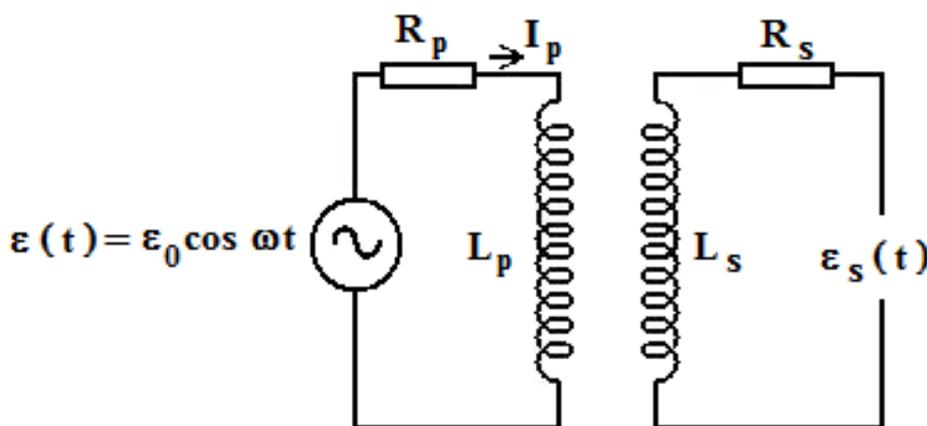


Figura 5.1 – Circuito ilustrativo de um transformador

Num transformador, as variações de fluxo existente no enrolamento primário são as mesmas sentidas pelo enrolamento secundário. A relação do número de voltas e da forças eletromotrizes nos bobinas primária e secundária é dado por:

$$\varepsilon_s = \frac{n_s}{n_p} \varepsilon_p \quad (5.2)$$

Onde  $\varepsilon_s$  e  $\varepsilon_p$ ,  $n_s$  e  $n_p$  são as forças eletromotrizes e o número de espiras nas bobinas secundária e primária, respectivamente.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais necessários para realização deste experimento são:

- ✓ Fonte de tensão senoidal de (60 Hz) 0 a 25 V
- ✓ Núcleo de ferro em U com suporte e presilha
- ✓ 2 voltímetros para medida de tensão alternada
- ✓ Bobinas diversas
- ✓ Barra de ferro
- ✓ Fios e conexões diversas

*Comentário 03: Não tensões superiores a 20 Volts às bobinas, do contrário elas poderão ser danificadas. Os voltímetros devem estar ajustados para leitura de tensão em modo alternado.*

## ROTEIRO EXPERIMENTAL

### 1ª Parte: Dependência da tensão no secundário com a tensão do primário do transformador

- i. Monte os circuito mostrado na Figura 5.2 usando bobinas com números diferentes de espiras (use a bobina primária aquela com maior número de espiras);

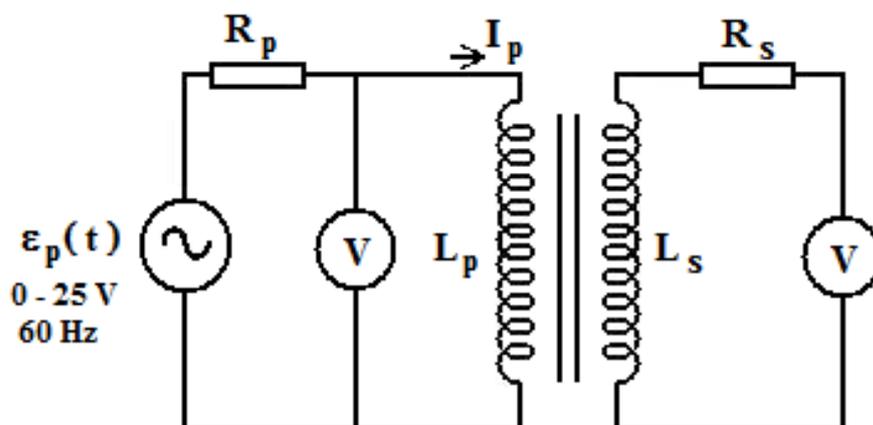


Figura 5.2 – Montagem experimental usada para estudar as relações de tensão elétrica nas bobinas primária e secundária de um transformador.

- ii. Ligue a fonte de tensão alternada e aplique uma certa tensão  $\epsilon_p$  ao primário do transformador. Meça a tensão induzida no secundário,  $\epsilon_s$  (**Não aplique tensões maiores do que 20 no primário!!**)
- iii. Repita o procedimento do item ii para outros 9 valores de  $\epsilon_p$  escolhidos de forma a cobrir todo o intervalo de 0 a 20 V. Anote os valores em uma tabela.

### 2ª Parte: Dependência da tensão no secundário com o número de espiras do primário e do secundário do transformador

- i. Utilizando a bobina variável tanto no primário ( $L_p$ ) quanto no secundário ( $L_s$ ), monte um circuito como ilustrado na figura G;

- ii. Nós vamos, primeiramente, medir as tensões induzidas no secundário ( $\epsilon_s$ ) em função do número de espiras dele próprio ( $n_s$ ). Portanto, a tensão aplicada ao primário ( $\epsilon_p$ ) e o número de espiras do primário ( $n_p$ ) devem permanecer constantes;
- iii. Varie o número de espiras no secundário, medindo  $\epsilon_s$  para cada arranjo. Repita esse procedimento 10 vezes e anote os valores em uma tabela. Não esqueça de anotar as incertezas;
- iv. Agora vamos medir  $\epsilon_s$  como função do número de espiras do primário ( $n_p$ ). Portanto  $\epsilon_p$  e  $n_s$  devem ser constantes. Monte o transformador no circuito de forma que  $n_s = 150$ . Escolha um valor baixo para  $\epsilon_p$  (em torno de 2 V), de forma a evitar que a tensão induzida no secundário seja maior que 20 V;
- v. Varie o número de espiras (de 14 a 140), medindo  $\epsilon_s$  para cada situação. Repita este procedimento 10 vezes, anote os dados em uma tabela. Não esqueça de anotar as incertezas!

## DISCUSSÃO

### 1ª Parte: $\epsilon_s$ vs. $\epsilon_p$

1. Qual a dependência funcional esperada entre  $\epsilon_s$  vs.  $\epsilon_p$ ?
2. Construa um gráfico de  $\epsilon_s$  vs.  $\epsilon_p$ . e determine a relação entre os dois. Não esqueça de representar as incertezas no gráfico e determinar graficamente o coeficiente angular e sua incerteza.
3. Discuta o resultado obtido em relação ao valor esperado.

### 2ª Parte: $\epsilon_s$ vs. $n_s$ e $\epsilon_p$ vs. $n_p$

1. Qual a dependência esperada entre  $\epsilon_s$  vs.  $n_s$  e entre  $\epsilon_p$  vs.  $n_p$ ? Explique como seria possível determinar graficamente estas dependências.
2. A partir da discussão do item anterior, construa os gráficos relacionando os parâmetros medidos e determine graficamente o coeficiente linear das retas (não esqueça de determinar a incerteza).
3. Discuta novamente a exatidão dos resultados, levando em conta o valor esperado.