



Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Campus Blumenau - BNU
Centro Tecnológico, de Ciências Exatas e Educação - CTE
Departamento de Ciências Exatas e Educação – CEE
Física Experimental III – BLU6210

Experimento 09 – Campo magnético terrestre

Introdução

O transformador é um equipamento largamente utilizado em sistemas de transmissão de energia elétrica (linhas de alta tensão) e em aparelhos eletroeletrônicos de uso geral (por exemplo, carregadores para celular). Nas linhas de transmissão, os transformadores aumentam a tensão elétrica fornecida pela usina geradora, com a conseqüente redução da magnitude da corrente elétrica, a fim de que a energia seja transmitida com menor perda. Nas linhas de distribuição, transformadores são utilizados para diminuir novamente a tensão para que essa chegue aos pontos de consumo com o valor padrão local. Já em equipamentos eletroeletrônicos, os transformadores são utilizados com o objetivo de diminuir ainda mais a tensão disponível na rede de energia para valores de tensão compatíveis com a tensão de trabalho dos equipamentos.

Na Figura 01 é apresentado o diagrama de um transformador ideal, formado por duas bobinas (enrolamentos) de material condutor enroladas em um núcleo de material ferromagnético, sendo que as bobinas e o núcleo são isolados eletricamente entre si. No transformador ideal, a resistência elétrica dos dois enrolamentos é considerada desprezível, assim como as perdas por histerese no núcleo ferromagnético.

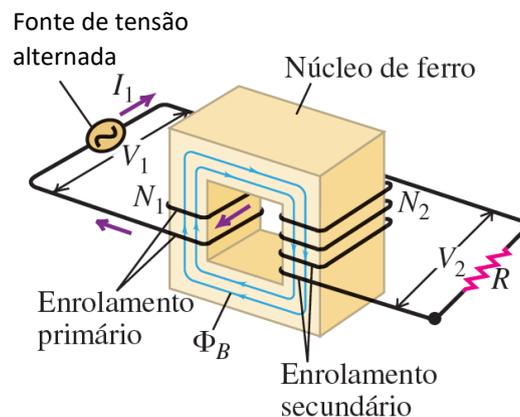


Figura 01: Diagrama de um transformador ideal.

A bobina com N_1 espiras é chamada de enrolamento primário e está conectada a uma fonte de tensão alternada, que por sua vez produz nesta uma corrente alternada I_1 . Como a resistência do enrolamento primário é desprezível, o circuito pode ser considerado uma indutância pura com uma reatância indutiva. Essa corrente alternada I_1 dá origem a um fluxo magnético alternado Φ_B através de todo o núcleo ferromagnético, atravessando as espiras do enrolamento secundário e gerando assim uma *fem* induzida em cada um dos enrolamentos (\mathcal{E}_1 e \mathcal{E}_2), de acordo com a Lei de Faraday:

$$\mathcal{E}_{ind} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

A *fem* induzida no enrolamento secundário \mathcal{E}_2 dá origem a uma corrente alternada neste, fornecendo assim energia elétrica a ser utilizada pelo circuito fechado de resistência R . Todas as correntes e *fems* produzidas possuem a mesma frequência da fonte de tensão alternada.

Desprezando a resistência de ambos os enrolamentos e supondo que todas as linhas do campo magnético fiquem confinadas no núcleo de material ferromagnético, temos que em quaisquer instantes de tempo o fluxo magnético Φ_B é o mesmo através de cada uma das espiras do enrolamento primário e do enrolamento secundário, sendo os fluxos magnéticos totais através de cada um dos enrolamentos primário Φ_{B1} (com N_1 espiras) e secundário Φ_{B2} (com N_2 espiras) representados, respectivamente, pelas equações:

$$\Phi_{B1} = N_1 \Phi_B$$

$$\Phi_{B2} = N_2 \Phi_B$$

Como o fluxo magnético Φ_B varia no tempo, pois as correntes estão variando nos dois enrolamentos, pela Lei de Faraday, as *fems* induzidas resultantes \mathcal{E}_1 e \mathcal{E}_2 são:

$$\mathcal{E}_1 = -\frac{d\Phi_{B1}}{dt} = -N_1 \frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\mathcal{E}_2 = -\frac{d\Phi_{B2}}{dt} = -N_2 \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Portanto, a razão entre a *fem* do enrolamento secundário \mathcal{E}_2 e a *fem* do enrolamento primário \mathcal{E}_1 é igual em cada instante à razão entre o número de espiras do enrolamento secundário N_2 e do enrolamento primário N_1 :

$$\frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

Como a resistência nos enrolamentos é igual a zero, cada *fem* \mathcal{E}_1 e \mathcal{E}_2 deve ser igual a diferença de potencial no enrolamento primário V_1 e no enrolamento secundário V_2 , respectivamente, portanto,

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

Dependendo da relação entre N_2 e N_1 , a tensão de saída pode ser aumentada ou reduzida. Note que, se bobina primária está ligada a uma bobina secundária de mesmo número de voltas, a tensão de saída deve ser igual à tensão de entrada.

O comportamento descrito acima é ideal e desconsidera as perdas de energia no transformador. Em um transformador real há perdas de energia devido, principalmente, ao efeito Joule e a histerese de magnetização do núcleo ferromagnético. Tanto as resistências do enrolamento de fio das bobinas quanto à existência de correntes de Foucault (ou correntes parasitas) no núcleo geram perdas de energia por efeito Joule, que correspondem a uma menor eficiência do transformador e, portanto, uma tensão menor que a esperada na bobina secundária.

Objetivos

- Avaliar o efeito que uma corrente alternada produz sobre uma bobina, e como consequência, o efeito do campo magnético produzido pela bobina sobre outra bobina;
- Verificar a relação entre as razões do número de espiras das bobinas primária e secundária e o fator de ganho, além de sua região de linearidade;
- Projetar um transformador real através de dados experimentais.

Resumo do Experimento

Nesse experimento será analisado o comportamento real de um transformador e verificado quais fatores interferem para sua melhor eficiência. Para tanto, serão registradas as tensões na bobina primária e secundária para diferentes relações entre os números de espiras, além de diferentes configurações do núcleo ferromagnético utilizado. Nesse contexto, será verificado como projetar um transformador através de dados experimentais.

Materiais

Os materiais utilizados neste experimento fazem parte de kits fornecidos pela empresa PASCO e seguem abaixo listados:

- 01 Sine Wave Generator WA-9867 (fonte de sinal senoidal) ou outra equivalente;
- 01 SYS-Complete Coil Set SF-8617 – Kit com bobinas de diferentes números de voltas;
- 02 Multímetros digitais;
- 06 Cabos com plug banana.

Procedimento Experimental

Procedimento A:

1. Monte o esquema da Figura 02 abaixo e utilize como bobina primária a bobina com 400 espiras e como bobina secundária a bobina com 200 espiras;



Figura 02: Esquema experimental do procedimento A.

2. Conecte o gerador de ondas senoidais na bobina primária e um multímetro para medir a tensão do gerador de ondas;
3. Conecte o outro multímetro na bobina secundária;
4. Ligue ambos multímetros na escala de tensão para corrente alternada na escala de 200 V;
5. Selecione a frequência de 60,0 Hz por meio do seletor "Frequency";

6. Selecione a tensão de entrada em 1,00 V por meio do seletor "Amplitude" (a leitura deve ser feita no multímetro da bobina primária);
7. Preencha a Tabela A1 com os valores de tensão na bobina primária e secundária, além do número de voltas das bobinas;
8. Repita o procedimento variando a tensão na bobina primária de 1,00 V em 1,00 V até 5,00 V e complete a Tabela A1;
9. Troque a bobina secundária por uma de 400 espiras e repita o procedimento, preenchendo a Tabela A2;
10. Faça o mesmo para as bobinas de 800, 1600 e 3200 voltas como bobinas secundárias, preenchendo as Tabelas A3, A4 e A5.

Procedimento B:

1. Monte a configuração 1 (núcleo em U) mostrada na Figura 03 e utilize como bobina primária a bobina com 400 espiras e a como bobina secundária a bobina com 800 espiras;



Figura 03: Configuração 1 com o núcleo em U.

2. Selecione a tensão de entrada em 5,00 V por meio do seletor "Amplitude" (a leitura deve ser feita no multímetro da bobina primária);
3. Selecione a frequência de 60,0 Hz por meio do seletor "Frequency";
4. Preencha a Tabela B com os valores de tensão na bobina primária e secundária, além do número de voltas das bobinas;
5. Repita o procedimento para a configuração 2 (núcleo em linha) e configuração 3 (núcleo fechado), conforme apresentado na Figura 04, completando a Tabela B.

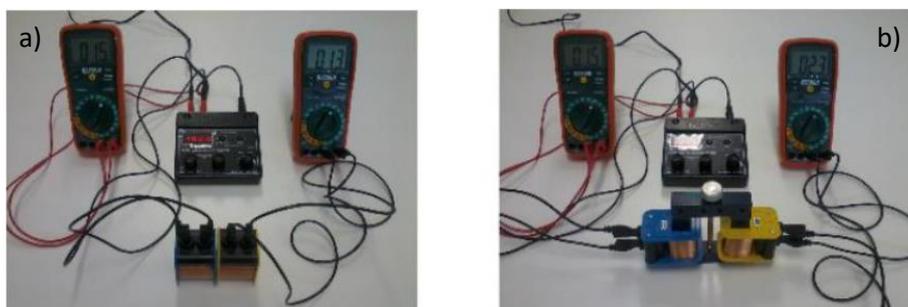


Figura 04: a) Configuração 2 com o núcleo em linha e b) configuração 3 com o núcleo fechado.