

LABORATÓRIO DE CONVERSÃO ELETROMECAÂNICA DE ENERGIA

PRÁTICA #1 - CIRCUITOS MAGNÉTICOS (2 aulas)

Professores: Eduardo Nobuhiro Asada, Elmer Pablo Tito Cari, José Carlos de Melo Vieira Junior, Luís Fernando Costa Alberto.

OBJETIVOS:

O principal objetivo desta prática é o estudo experimental de circuitos magnéticos. Espera-se que o estudante compreenda a curva de magnetização $B \times H$ de núcleos ferromagnéticos, verificando efeitos de saturação e histerese, visualize a não linearidade da corrente de excitação (magnetização) em corrente alternada, verifique o efeito do entreferro em circuitos magnéticos e aprenda a calcular forças em circuitos ferromagnéticos.

DISPOSITIVO EM ESTUDO

O dispositivo em estudo é um eletroímã com núcleo ferromagnético e duas bobinas, conforme mostrado na Figura 1.

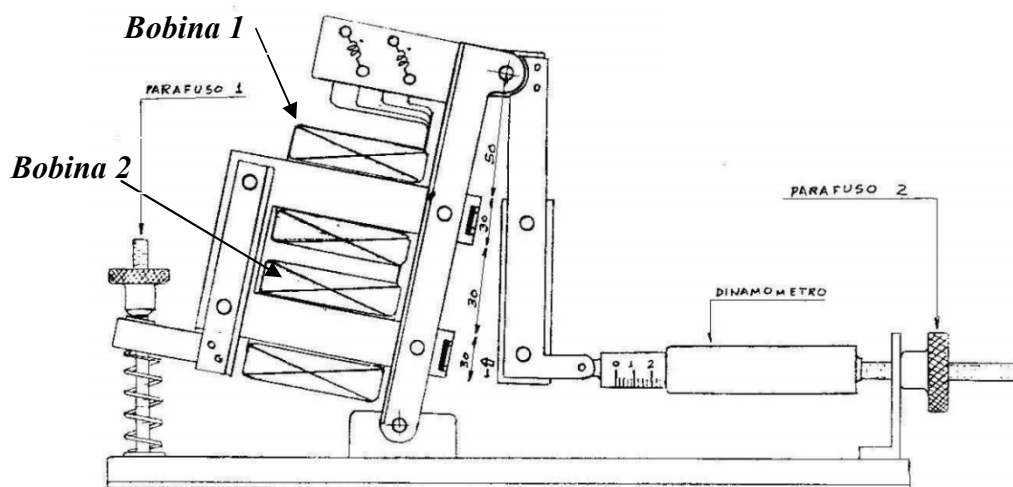


Figura 1 - Eletroímã.

Dados Geométricos do Núcleo

Comprimento do núcleo de ferro	$l_{fe} =$
Secção transversal do núcleo	$A =$
Número de espiras de cada bobina	$N =$

Valores Nominais e Máximos

- Bobinas em paralelo: **a máxima corrente é 5,0 A.**
- Bobinas em série: **a máxima corrente é 2,5 A.**

PROBLEMA:

Forças em circuitos magnéticos são muito utilizadas, por exemplo, para o acionamento de válvulas ou interruptores. O projeto destes dispositivos exige o dimensionamento dos circuitos elétricos e magnéticos para que uma força desejada seja aplicada à parte móvel do circuito. O problema a ser resolvido nesta prática de laboratório é um problema um pouco mais simples que o problema de projeto.

Dado o circuito magnético da Figura 1, disponível no laboratório, estime, com base nas dimensões e dados do circuito magnético, a força exercida no braço móvel do aparato quando uma corrente contínua de 0,7 [A] circula em ambas bobinas e o entreferro, ou seja a distância entre o braço móvel e a parte fixa do aparato, é de 1,6 [mm]. Meça a força com o dinamômetro para validar os cálculos e discuta a causa das diferenças entre os valores medidos e os calculados. Repita o procedimento com outras distâncias no entreferro (Sugestão: 3,2 mm; 4,8 mm).

SUGESTÕES E PRECAUÇÕES

Precaução 1) O aparato possui duas bobinas ligadas no mesmo circuito magnético. É necessário observar a polaridade correta para que fluxos magnéticos sejam produzidos no mesmo sentido do circuito magnético. Proponha e discuta com o professor um teste para verificar a polaridade das bobinas (Determinação dos pontos/polaridade em circuitos magnéticos acoplados).

Precaução 2) Não exceda as correntes máximas nominais das bobinas.

Precaução 3) Cuidado para não prender os dedos no entreferro quando a bobina é energizada.

Precaução 4) O ferro do núcleo da bobina esquenta em corrente alternada. Cuidado para não se queimar.

Sugestão 1) Ligue o aparato e meça a força antes de proceder com os cálculos para entender o funcionamento do aparato. Compare as forças em corrente contínua e corrente alternada. (**Observação:** Desenhe o esquema de ligações e peça autorização para o professor para energizar o circuito. Sugere-se conectar as bobinas em série no experimento em corrente contínua e em paralelo no experimento em corrente alternada.)

Sugestão 2) Além dos parâmetros geométricos do circuito ferromagnético, será necessário conhecer a curva de magnetização do material ferromagnético. Para obter esta curva experimentalmente, sugere-se o seguinte procedimento:

Considere o circuito da Figura 2, sendo V_x a tensão do eixo horizontal do osciloscópio e V_y a tensão do eixo vertical:

(a) Obtenha o laço de histerese do eletroímã sem e com entreferro (1,6 mm) variando a tensão de alimentação CA até um valor máximo de 220V. Atente-se e anote as diferenças. Trace uma curva $B \times H$ e $\mu_r \times H$ para ambos os casos e indique se ocorre saturação do material ferromagnético.

A curva de magnetização do núcleo pode ser aproximada pelos vértices dos laços de histerese, quando se varia gradualmente a amplitude da tensão aplicada (Figura 3). Com o auxílio do osciloscópio, obtenha a figura de Lissajous para diferentes valores de tensão V e, a partir destes, obtenha dados suficientes para traçar a curva de magnetização $B \times H$ sem entreferro.

(b) Verifique a forma de onda da corrente no eletroímã em tensão nominal (220 V). A corrente é senoidal?

(c) Visualize a forma de onda da corrente nas situações com e sem o entreferro. Atente-se e anote as diferenças.

Observação:

- (1) Analise o circuito e mostre que a tensão V_x é proporcional à intensidade de campo magnético H e que V_y é proporcional à densidade de fluxo magnético B . Determine as constantes de proporcionalidade. Isto deve constar no relatório. (**Sugestão:** Considere que $R \gg X_c$ e admita que a corrente no ramo RC esteja em fase com a tensão aplicada);
- (2) O circuito elétrico mostrado na Figura 2 será utilizado para o levantamento experimental da curva de magnetização $B \times H$. Sugere-se também monitorar a tensão da fonte e a corrente com o uso de multímetros. Para efeito de cálculos de fluxo magnético e intensidades de campos magnéticos é necessário em primeiro lugar conhecer a geometria do circuito magnético.

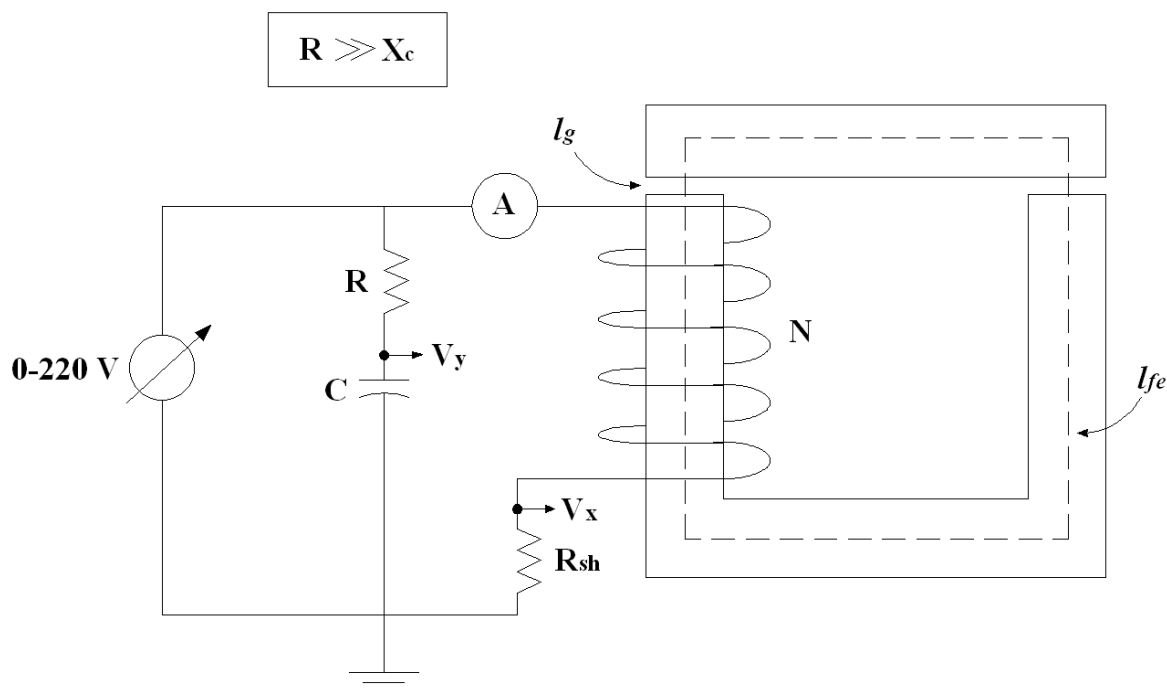


Figura 2 - Montagem para obter a curva de magnetização. (Valores: $R_{sh}=1\Omega$, $R=1M\Omega$, $C=10\mu F$)

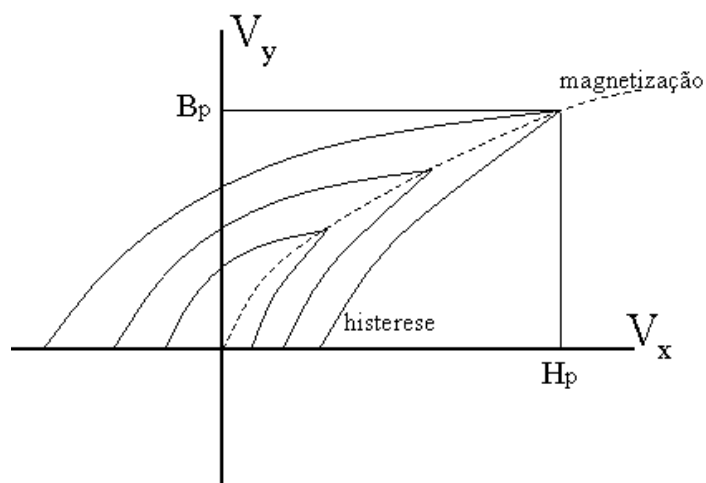


Figura 3 - Curva de magnetização.



BIBLIOGRAFIA

- [1] P. C. Sen, *Principles of Electric Machine and Power Electronics*, Wiley, 2013
- [2] G. McPersonn and R. D. Laramore, *Electrical Machines and Transformers*, John Wiley & Sons, 1981
- [3] A. E. Fitzgerald, C. Kingsley Jr., S. D. Umans, *Electric Machinery*, McGraw-Hill, 2003.