

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
EEL7051 – Materiais Elétricos - Laboratório

EXPERIÊNCIA 02
LEVANTAMENTO DA CURVA DE MAGNETIZAÇÃO DE
INDUTORES

1 INTRODUÇÃO

O ensaio para levantar a curva de magnetização de elementos magnéticos é tarefa comum para engenheiros, tanto em aplicações que usem transformadores, máquinas elétricas, indutores, em baixas ou altas frequências.

Esta aula tem como objetivo principal que os estudantes tracem a curva de magnetização ($B \times H$) para indutores construídos com núcleos de materiais diferentes. Um deles utiliza núcleo com ferro silício, tipicamente usado em aplicações de baixa frequência. Já o outro utiliza núcleo de ferrite, usado em aplicações de altas frequências. A escolha por um material ou outro se deve às perdas no núcleo por correntes de Foucault e por histerese.

Sabe-se que o campo magnético (H) está relacionado com a circulação de corrente elétrica por um condutor e que a indução magnética ou densidade de fluxo magnético (B) está relacionada com a tensão. Desta forma, ao invés de traçar a curva B versus H , pode-se desenhar a curva V versus I e obter uma imagem do que seria a curva de magnetização do material.

2 MAGNETIZAÇÃO DE UM MATERIAL

Os materiais podem ser classificados em diamagnéticos, paramagnéticos e ferromagnéticos conforme sua permeabilidade magnética (μ).

Materiais diamagnéticos e paramagnéticos possuem uma permeabilidade próxima de um ($\mu \approx 1$), sendo que os diamagnéticos possuem $\mu < 1$ e os paramagnéticos $\mu > 1$. Os materiais de maior interesse na engenharia para construção de dispositivos eletromagnéticos são os ferromagnéticos, os quais possuem uma permeabilidade elevada, muito maior que um ($\mu \gg 1$). Lembrando que a permeabilidade pode ser associada com a facilidade à passagem do fluxo magnético, portanto quanto maior, mais “condutor” de fluxo magnético o material será.

Na figura 1 são mostradas duas curvas, a primeira delas é a curva típica de magnetização de um ferrite, enquanto a segunda mostra a variação da permeabilidade com a temperatura.

Pela figura pode-se verificar que existe uma região de comportamento praticamente linear, ou seja, para aumentos da intensidade de campo magnético (H) o material sofre uma indução proporcional (B). No entanto, para intensidades de campo muito altas o material satura, chegando ao limite de indução possível e a partir daí não ocorrem mais aumentos significativos na indução (B) para aumentos no campo magnético (H).

A região de operação depende da aplicação desejada. Para um indutor, normalmente se evita trabalhar próximo da região de saturação, pois nesse caso, em termos de circuitos

elétricos, o efeito é a queda da indutância (L) e conseqüente alterações no funcionamento do circuito.

É importante observar que a temperatura afeta muito a permeabilidade magnética do material, daí ser importante especificar com cuidado a temperatura de operação do componente e do circuito onde o mesmo será aplicado.

Na figura 2 mostram-se o comportamento dos momentos (dipolos) magnéticos submetidos a diferentes temperaturas. Nota-se que, como o material é ferromagnético, com baixas temperaturas os dipolos estão alinhados, caracterizando uma alta permeabilidade. Já com aumento da temperatura começa a ocorrer um desalinhamento dos dipolos, o que é caracterizado como uma diminuição da permeabilidade (μ). Acima da temperatura de Curie (T_c), o material começa a ter comportamento de paramagnético ($\mu \approx 1$).

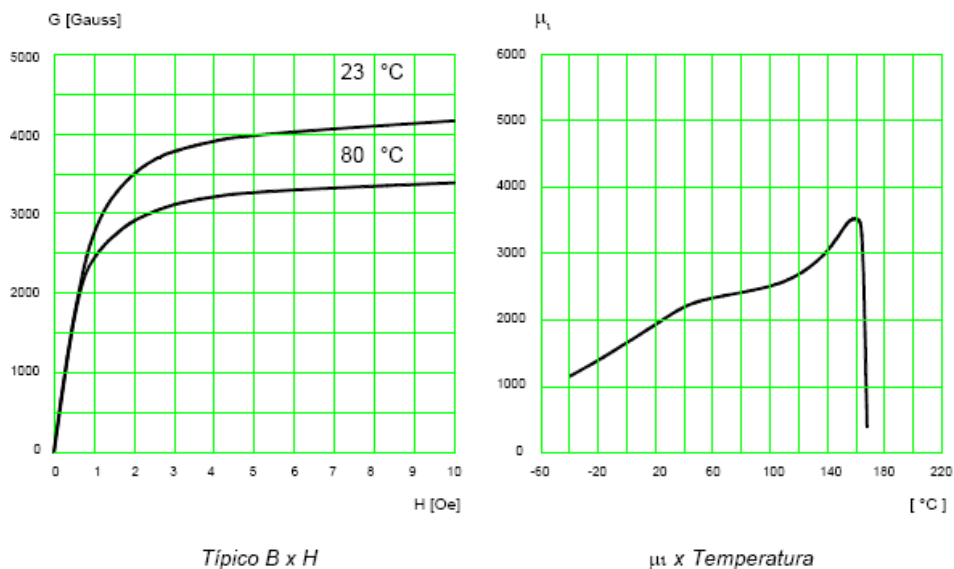


Figura 1 – Curvas de magnetização e variação da permeabilidade com a temperatura [3].

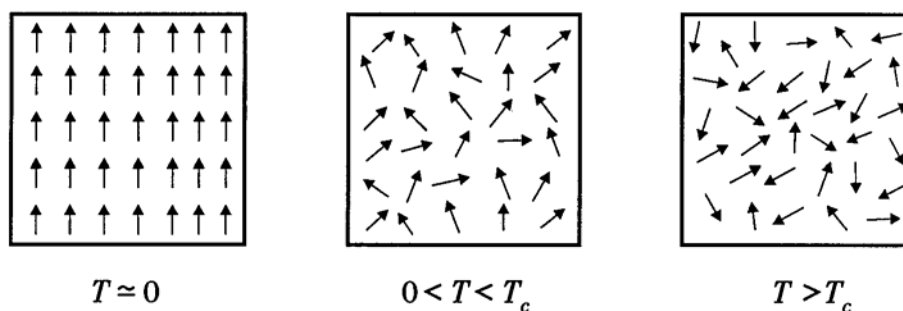


Figura 2 – Momentos magnéticos para diferentes temperaturas [2].

Informações adicionais sobre esta experiência podem ser encontradas:

- [1] Materiais Elétricos – Volume II – Isolantes e Magnéticos. Walfredo Schmidt. Editora Edgar Blücher, 1979;
- [2] Materiais e Dispositivos Eletrônicos. Sergio M. Rezende. Editora Livraria da Física, 2004.
- [3] Núcleos de ferrite Thornton, www.thornton.com.br;
- [4] Lâminas de ferro silício, www.acesita.com.br.

3 LEVANTAMENTO DAS CURVAS DE MAGNETIZAÇÃO DOS INDUTORES

As curvas de magnetização do indutor com núcleo de ferro silício (lâmina EI de 2,2 cm por 2,2 cm) e do indutor com núcleo de ferrite (EE 6526 do fabricante Thornton <http://www.thornton.com.br>) serão obtidas com base no circuito da figura 3.

A tensão de entrada do circuito será controlada pelo varivolt (variador de tensão alternada). Desta forma, pode-se controlar a corrente que circula pelo indutor (i_L). A tensão resultante sobre o indutor (v_L) será medida, assim como a corrente (i_L).

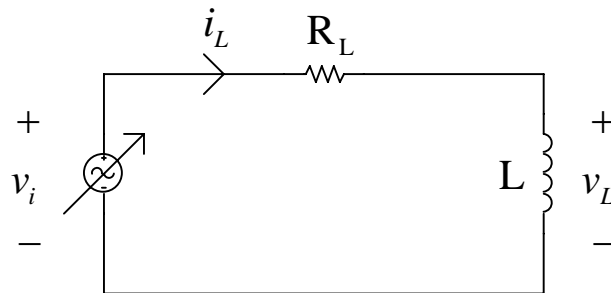


Figura 3 – Circuito a ser montado para levantar a curva de magnetização dos indutores.

- Para cada um dos indutores, variar a tensão, iniciando em zero volts, ajustando o varivolt para que a corrente seja incrementada a cada 0,5 A. Anotar os dados nas colunas correspondentes da tabela 1.

Tabela 1.

Corrente desejada [A]	Ferro silício		Ferrite	
	Tensão [V]	Corrente medida [A]	Tensão [V]	Corrente medida [A]
0,0				
0,5				
1,0				
1,5				
2,0				
2,5				
3,0				
3,5				
4,0				
4,5				
5,0				
5,5				
6,0				

- Construa as curvas V versus I, individualmente para cada indutor, com os dados obtidos na tabela 1.
- Construa as curvas V versus I num mesmo gráfico, com a finalidade de comparar os resultados obtidos com os materiais magnéticos utilizados. Será necessário parametrizar os valores registrados na tabela 1.
- Identificar as regiões de operação do indutor nas curvas obtidas e explicar o comportamento do material em termos de domínios magnéticos.