

## PROCEDIMENTO PARA AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DO LAÇO DE HISTERESE MAGNÉTICA

Vítor Hörbe Pereira da Costa<sup>1</sup> , Antônio Flavio Licarião Nogueira<sup>2</sup>

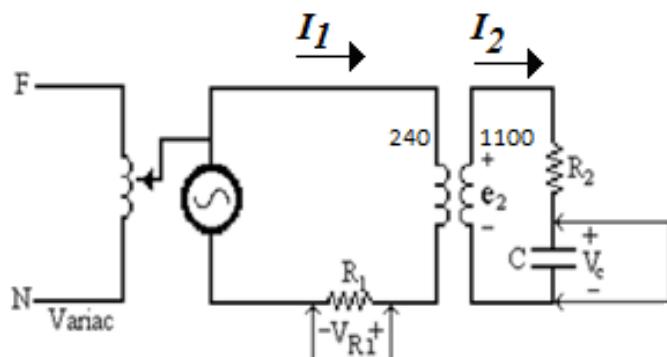
<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica CCT UDESC - bolsista PIBIC/CNPq

<sup>2</sup> Orientador, Departamento de Engenharia Elétrica CCT UDESC

antonioflavio.licariaonogueira@gmail.com

Palavras-chave: Eletromagnetismo, Ferromagnetismo, Transformadores.

Os materiais ferromagnéticos são amplamente usados na engenharia elétrica. Uma das aplicações mais relevantes desses materiais é na construção de transformadores. Surge assim a necessidade da caracterização do material ferromagnético, ou seja, é preciso saber como esse material irá se comportar quando submetido a um campo magnético. É prática usual na indústria, caracterizar materiais ferromagnéticos através dos laços de histerese magnética ou mesmo através da curva normal de magnetização. Os laços de histerese podem ser obtidos experimentalmente e os dados inerentes a cada laço podem ser processados separadamente empregando-se algoritmos numéricos para se estimar perdas magnéticas e levantar a curva normal de magnetização.



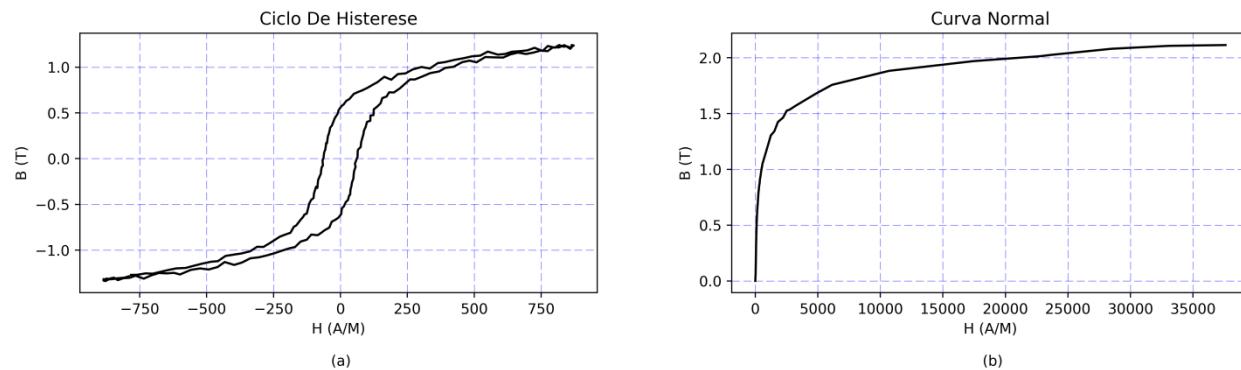
**Fig. 1** Circuito eletrônico para aquisição de dados

O elemento problema da pesquisa é um transformador com núcleo formado por laminações de aço com baixo teor de silício. O circuito primário tem 1100 espiras e tensão nominal de 220 V. O circuito secundário tem 240 espiras e uma tensão de 48 V. Os elementos da montagem empregada para aquisição do laço de histerese são apresentados no circuito eletrônico da Fig. 1. No ensaio, aplica-se uma corrente de excitação no circuito 48 V e se efetua uma medição indireta da corrente  $I_1$ , através da tensão  $V_{R1}$  sobre o resistor  $R_1$ . O valor do campo

magnético  $H$  no núcleo do transformador é proporcional à corrente  $I_1$ . A indução magnética  $B$  no núcleo do transformador é proporcional à tensão  $V_c$  medida no capacitor conectado ao circuito de 220 V.

Todas as constantes de proporcionalidade entre tensões medidas e as grandezas magnéticas  $H$  e  $B$  dependem dos valores dos elementos de circuito  $R_1$ ,  $R_2$  e  $C$ , bem como das dimensões geométricas do núcleo do transformador e número de espiras dos dois enrolamentos.

O método utilizado consiste na captação de vários ciclos de histerese em um osciloscópio digital. Em um canal é lido o valor do campo magnético, e no outro é lido o valor da indução magnética. Os ciclos são processados por um algoritmo numérico desenvolvido em linguagem Python. Esse algoritmo é usado para plotar o ciclo de histerese, como se pode observar na Fig. 2(a).



**Fig. 2 Ciclo de Histerese e Curva Normal**

O método para plotar a curva normal de magnetização mostrada na Fig. 2(b) é baseado na união dos vértices dos ciclos de histerese concêntricos. A junção dos vértices dos ciclos é feita por um segundo algoritmo numérico que une os pontos obtidos experimentalmente através de segmentos retilíneos.

O resumo descreve uma montagem para aquisição e processamento numérico do laço de histerese magnética do núcleo de um transformador monofásico. A utilização dessa montagem é uma alternativa de baixo custo, já que na indústria a caracterização de materiais magnéticos é feita empregando-se equipamentos de custo elevado como o histeresígrafo e o quadro de Epstein. Adicionalmente, o trabalho descreve o método empregado para obtenção da curva normal de magnetização. Essa característica é a informação mais comumente encontrada em catálogos de fabricantes, além de ser utilizada com frequência em programas de análise e projeto de máquinas e transformadores.

## Referências

- [1] Python Software Foundation. Python Language Reference, version 3.6.2. Available at <http://www.python.org>