

Determinação das propriedades magnéticas do núcleo do transformador monofásico. Determinação das características elétricas do transformador monofásico e análise do seu funcionamento em carga.

Objetivos do trabalho

- I-Determinação do número de espiras do primário e do secundário do transformador.
- II-Determinação das propriedades magnéticas do material do núcleo do transformador.
- III-Determinação dos parâmetros do modelo de Steinmetz para o transformador.
- IV-Análise do funcionamento do transformador a funcionar em carga, determinação das relações de transformação de tensões, de correntes e de impedâncias, determinação do rendimento do transformador e da queda de tensão interna no transformador.

Descrição do equipamento e métodos a utilizar

No estudo do transformador será utilizado um transformador comercial de alimentação de baixa potência (<500 VA).

Na determinação da característica magnética do núcleo é obtida a relação $B(H)$ no núcleo do transformador. Será utilizada como fonte de tensão alternada um auto - transformador regulável e como equipamento de medida um osciloscópio e um sistema de aquisição de dados. O fluxo ϕ da indução magnética \mathbf{B} no núcleo do transformador originado pela corrente que percorre o enrolamento primário será detetado através da força eletromotriz gerada no enrolamento secundário. A corrente no enrolamento primário é medida através da queda de tensão numa resistência R inserida no circuito do primário.

Na determinação dos parâmetros do modelo de Steinmetz do transformador, serão realizados ensaios em vazio e em curto-circuito dos enrolamentos secundário e primário que permitirão a determinação dos parâmetros do modelo.

Na análise do funcionamento do transformador a funcionar em carga, o secundário do transformador irá alimentar uma carga resistiva de valor R . Será aplicada ao primário uma tensão alternada de valor eficaz igual ao valor nominal da tensão do primário e serão medidas diretamente a tensão no secundário, a corrente no primário e a potência fornecida ao transformador. Serão depois determinadas a corrente no secundário e a potência fornecida à carga, permitindo obter as relações de transformação de tensões, correntes e impedâncias pretendidas, assim como o rendimento do transformador.

Execução

I- Determinação aproximada do número de espiras dos enrolamentos primário e secundário do transformador de alimentação.

Considere no transformador o enrolamento adicional com $n_a=5$ espiras e utilizando a montagem da figura 1 aplique sucessivamente valores de tensão eficaz V_p distintos ao circuito primário compreendidos entre 5V e 30V. A partir dos valores de tensão V_a que se desenvolve nas 5 espiras e no secundário V_s determine o número de espiras do primário e do secundário utilizando as equações 1, que relacionam o quociente das tensões nos diferentes enrolamentos com o quociente do respetivo número de espiras, de forma exata para o transformador ideal.

$$\frac{n_p}{n_a} = \frac{V_p}{V_a}, \quad \frac{n_s}{n_a} = \frac{V_s}{V_a} \quad (1)$$

Estime os quocientes $\frac{n_p}{n_a}$ e $\frac{n_s}{n_a}$ a partir dos dados recolhidos, utilizando para o efeito uma regressão linear dos dados.

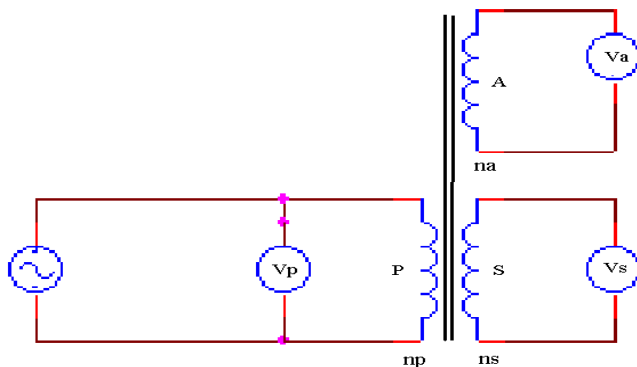


Figura 1. Circuito usado para determinação do número de espiras do primário n_p (n_1) e do secundário n_s (n_2).

II- Determinação da característica magnética do núcleo do transformador.

Utilize a montagem da figura 2 para obter a curva de magnetização do núcleo do transformador. Coloque o osciloscópio no modo X-Y e varie a tensão do gerador até obter a curva de histerese correspondente ao ciclo de magnetização do núcleo. Como o transformador está em vazio a corrente no circuito primário (medida através da tensão registada pelo canal Y_2) corresponde á corrente de magnetização do núcleo e é proporcional ao campo magnético H criado pela corrente de magnetização. A tensão registada pelo canal Y_1 é proporcional à indução magnética B existente no núcleo do transformador.

Utilizando as equações 2, determine aproximadamente B_s (indução de saturação), B_r (indução remanescente), H_c (campo coercivo) a partir dos valores de tensão recolhidos pelos canais do osciloscópio Y_1 e Y_2 , respetivamente V_1 e V_2 .

$$H = \frac{n_1}{R_1 \delta} V_2, B = \frac{R_2 C}{n_2 S} V_1 \quad (2)$$

δ é o comprimento médio de uma linha de força de H no núcleo do transformador, S é a secção do núcleo do transformador e C a capacidade do condensador presente no circuito do secundário.

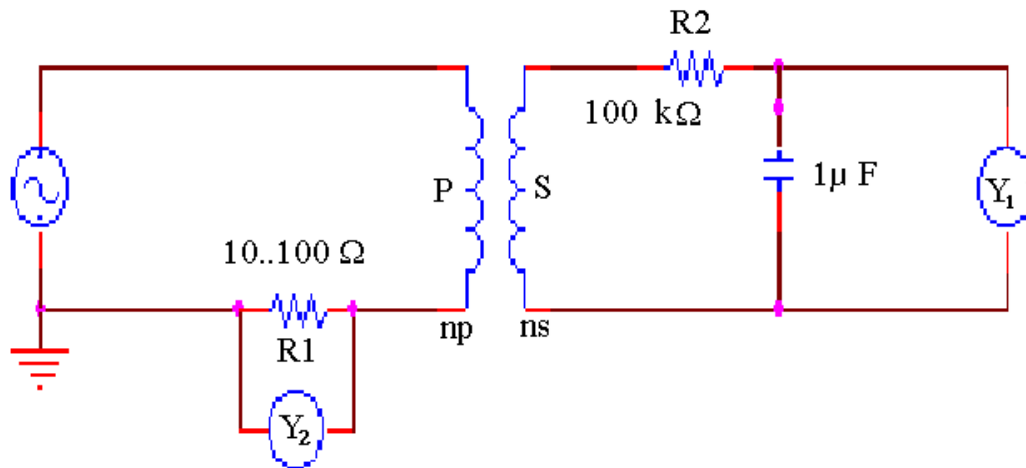


Figura 2. Circuito usado na determinação da característica magnética do núcleo do transformador.

III-Determinação dos parâmetros do esquema equivalente de Steinmetz do transformador

1-Ensaio do transformador com secundário em vazio :

A) Realize a montagem da figura 3 e imponha ao primário $U_{1ef}=220V$, determine; I_{1ef} , U_{2ef} , $P_{10}=\langle u_1 i_1 \rangle$ e $P_{12}=\langle u_2 i_1 \rangle$ em que u_1 e i_1 são respetivamente os valores instantâneos da tensão e da corrente aos terminais do primário do transformador e u_2 e i_2 se referem a valores instantâneos de tensão e corrente no secundário. Na determinação das potências P_{ij} será utilizado um sistema de recolha de dados através do osciloscópio digital.

B) Altere a montagem impondo agora ao secundário a tensão apropriada U_{2ef} de modo a ser atingido um estado de magnetização máxima semelhante ao do caso anterior, determine; I_{2ef} , U_{1ef} , $P_{20}=\langle u_2 i_2 \rangle$ e $P_{21}=\langle u_1 i_2 \rangle$.

A partir dos valores obtidos em A) calcule r_1 , λ_{11} , r_{fe} , $I_{11} \cdot \cos(\phi_{fe})$. A partir dos valores obtidos em B calcule r_2 , λ_{22} , r_{fe} , $I_{11} \cdot \cos(\phi_{fe})$. Comparando os valores obtidos para r_{fe} e

$I_{11} \cdot \cos(\phi_{fe})$ nos dois casos, verifique se como se pretendia os estados de magnetização obtidos nos dois ensaios são semelhantes. Para efetuar os cálculos consulte a resolução do problema resolvido na aula teórica que analisa a situação experimental descrita.

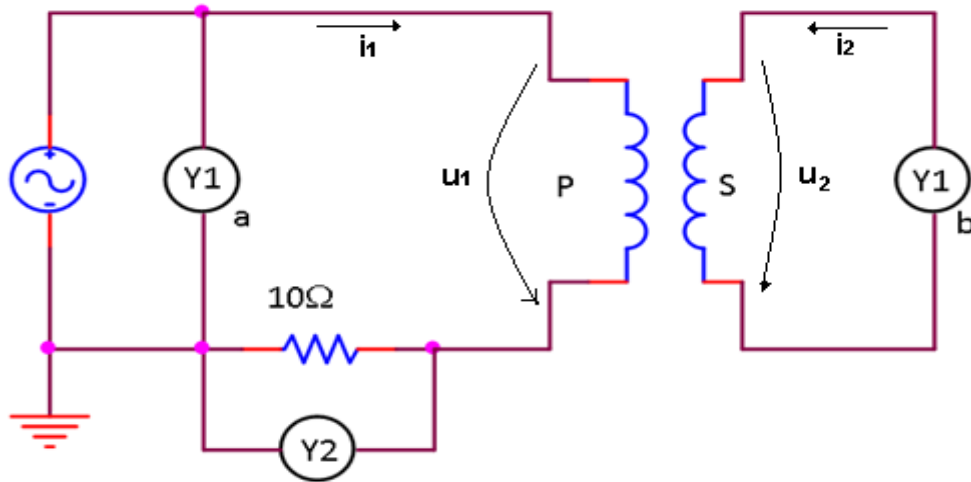


Figura 3. Circuito usado na recolha de valores necessários à determinação dos parâmetros do esquema equivalente de Steinmetz com o secundário em vazio.

2- Ensaio do transformador com secundário em curto-circuito:

A) Utilizando a montagem da figura 4 e impondo I_{1ef} igual ao valor nominal da corrente do primário do transformador dado pela equação 3, determine U_{1ef} e $P_{10} = \langle u_1 i_1 \rangle$, determine a partir destes valores $r_1 + r_2'$ e $\lambda_{11} + \lambda_{22}'$.

$$I_{1nominal} = \frac{P_{1nominal}}{V_{1nominal}} \quad (3)$$

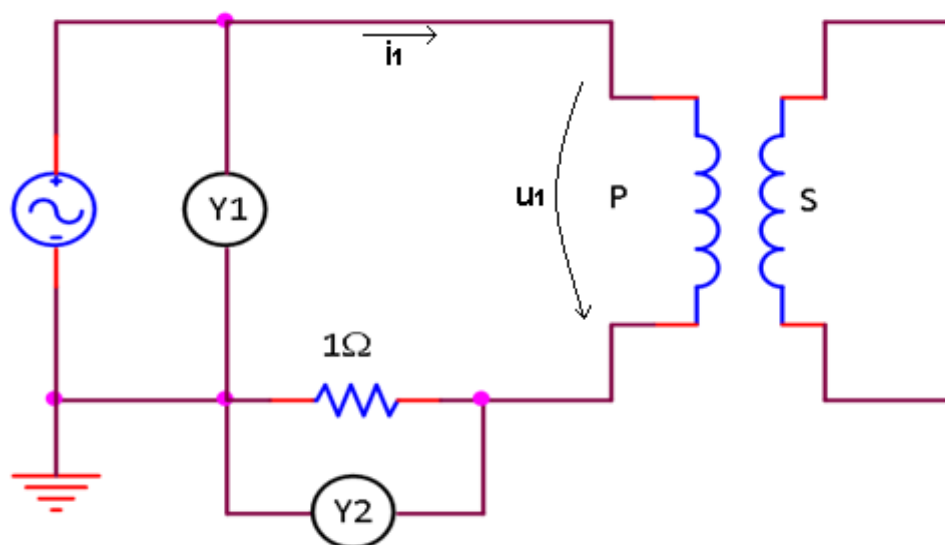


Figura 4. Circuito usado nas medições a efetuar com o transformador com o secundário em curto-circuito.

IV Análise do funcionamento do transformador a funcionar em carga

1-Monte o circuito indicado na figura 5. Estime o valor mínimo da resistência R_2 que garante que o transformador não excede a potência nominal para que está dimensionado dado aproximadamente pela equação 3. Ajuste R_2 para um valor acima desse valor. Ajustando a amplitude no gerador aplique ao primário do transformador uma tensão eficaz U_1 de 220V. Registe com a ajuda do osciloscópio a tensão u_1 e a corrente i_1 no primário e a tensão u_2 no secundário. Registe também os valores eficazes das tensões U_1 e U_2 medidas diretamente pelos voltmétros V1 e V2. Determine; U_{1ef} , I_{1ef} , U_{2ef} , $P_{10} = \langle u_1 i_1 \rangle$ usando os valores medidos pelo osciloscópio. Compare quando possível com os valores lidos diretamente pelos voltmétros 1 e 2.

$$R_{2min} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \frac{V_{1nominal}^2}{0.8 P_{nominal}} \quad (3)$$

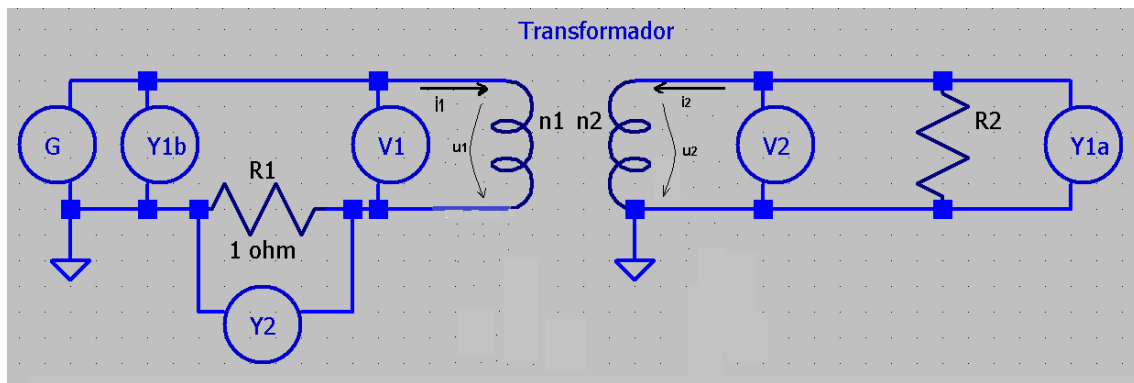


Figura 5. Circuito usado nas medições a efetuar com o transformador em carga (com o secundário ligado a uma carga resistiva R_2).

Análise dos resultados

- Compare a relação de transformação de tensões com o transformador em carga, com a relação de transformação para o transformador ideal e com a relação de transformação prevista pelo modelo de Steinmetz. Comente os resultados.
- Compare a relação de transformação de correntes com o transformador em carga com a relação de transformação para o transformador ideal e com a relação de transformação prevista pelo modelo de Steinmetz. Comente os resultados.
- Compare a relação de transformação de impedâncias com o transformador em carga com a relação de transformação para o transformador ideal e com a relação de transformação prevista pelo modelo de Steinmetz. Comente os resultados.

- d) Determine o rendimento energético do transformador e compare com a previsão teórica comentando os resultados.