

ESP1066

Exame . Duração: 3h

Prof. Dr. Luiz Fernando Freitas-Gutierrez

luiz.gutierrez@ufsm.br



Licença internacional *Creative Commons* 4.0 – Atribuição-SemDerivações

https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/deed.pt_BR

Nome & Matrícula: Luiz F. Freitas-Gutierrez

Nota: Gabrito

12-12-24

Instruções:

- ⇒ Preencha seu nome completo e matrícula na capa desta avaliação e rubrique as demais folhas.
- ⇒ Use caneta azul ou preta para responder.
- ⇒ Nas folhas de rascunho, é permitido o uso de lápis ou lapiseira.
- ⇒ Se precisar de espaço adicional para responder questões, solicite uma folha adicional ao professor.
- ⇒ Escreva respostas de forma clara e legível. Respostas ilegíveis não serão avaliadas.
- ⇒ Em questões de certo ou errado, ao identificar itens incorretos, corrija-os e forneça justificativas.
- ⇒ Em questões que envolvam cálculos, apresente-os de maneira completa.



UFSM

Questões	01	02	03	Total
Pontos	45	30	25	100
Notas				

- ① Um transformador monofásico de 300,00 kVA, com relação de transformação de 32/8 kV e frequência de 60 Hz, será destinado a uma subestação para operação em um banco trifásico. O equipamento foi submetido a ensaios ainda em fábrica, tendo sido obtidos os seguintes resultados:

i) Teste de circuito aberto: 1,2 A – 4.000,00 W – Baixa Tensão (BT).

ii) Teste de curto-circuito: 800,00 V – 1.900,00 W – Alta Tensão (AT).

Com base nos dados laboratoriais acima, responda às questões a seguir.

- a) 30 pontos Determine os parâmetros do circuito equivalente do transformador solicitados abaixo.

$$R_c^{AT} = 256 \text{ k}\Omega$$

$$X_m^{AT} = 117,34 \text{ k}\Omega$$

$$R_{cc}^{AT} = 21,62 \Omega$$

$$X_{cc}^{AT} = 82,55 \Omega$$

$$R_{cc}^{AT} = \frac{P_{cc}}{I_{cc}^2} = 21,62 \Omega$$

$$Z_{cc} = V_{cc} / I_{cc} \rightarrow X_{cc}^{AT} = (Z_{cc}^2 - R_{cc}^2)^{1/2} = 82,55 \Omega$$

$$R_c^{BT} = \frac{V_{ca}^2}{P_{ca}} = 16 \text{ k}\Omega$$

$$R_c^{AT} = 256 \text{ k}\Omega$$

$$S_{ca} = V_{ca} I_{ca}$$

$$Q_{ca} = (S_{ca}^2 - P_{ca}^2)^{1/2}$$

$$X_m^{BT} = \frac{V_{ca}^2}{Q_{ca}}$$

$$= 7,33 \text{ k}\Omega$$

$$X_m^{AT} = 117,34 \text{ k}\Omega$$

- b) 15 pontos Para uma exigência de 95% da plena carga, com tensão nominal fixada no lado de Baixa Tensão (BT) e fator de potência igual a 0,85i (atrasado), calcule a regulação de tensão (R%) e o rendimento do transformador (η).

$$R\% = (\Delta V \cdot 100) / (V \text{ a vazio}) = 1,72\%$$

$$\eta = 94,7\%$$

$$\Delta V \sim = F_c I_{AT} [R_{cc}^{AT} \cos \theta + X_{cc}^{AT} \sin(\arccos \theta)] = 550,95 \text{ V} \rightarrow 137,74 \text{ V}_{BT}$$

- ② A Figura 1 apresenta o esboço de um dispositivo com as seguintes características:

- O entreferro #E1 possui um comprimento médio de $g = 5 \text{ mm}$.
- O comprimento médio da estrutura ferromagnética é de $l = 8 \text{ cm}$.
- O enrolamento #B1 contém $N_1 = 20.000$ espiras e é percorrido por uma corrente $I_1 = 3 \text{ A}$.
- O enrolamento #B2 contém $N_2 = 12.000$ espiras.
- A curva $B-H$ do material não linear também está apresentada na Figura 1.
- O dispositivo foi projetado para operar antes do "joelho" da curva $B-H$.
- Para todo o sistema, considere uma área da seção transversal $S = 2 \text{ cm}^2$.
- Devem ser desconsiderados o espraçamento magnético e os fluxos dispersos.

$$\eta = \frac{F_c S \cos \theta \cdot 100}{F_c S \cos \theta + P_{ca} + F_c^2 P_{cc}} = 94,7\%$$

Com base nas especificações fornecidas, responda aos itens subsequentes.

- a) 15 pontos Calcule o fluxo magnético ϕ_g no entreferro, considerando que o enrolamento #B2 encontra-se desenergizado.

$$\phi_g = 2,94 \text{ mWb}$$

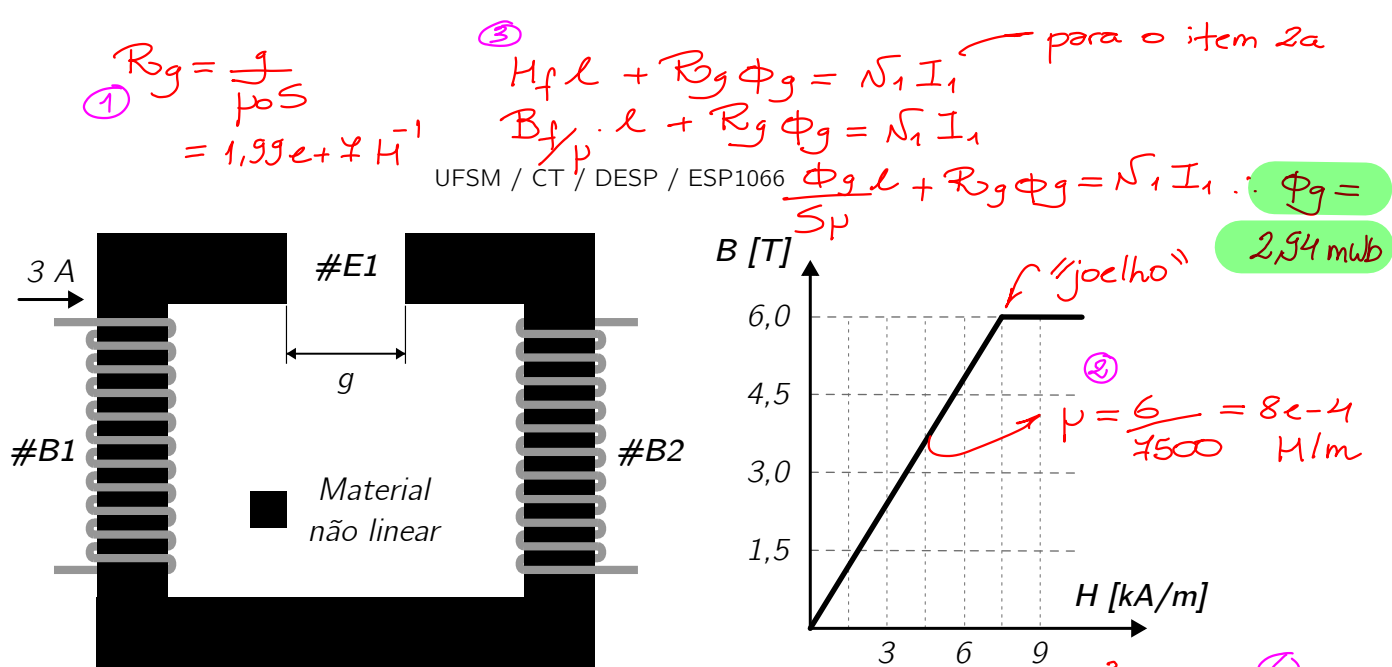


Figura 1: Ilustração para a Questão 2.

- b) 10 pontos Determine a autoindutância L_1 da bobina #B1 e a energia magnética \mathcal{W}_g acumulada no entreferro #E1, respeitando as condições especificadas no item 2a.
- $L_1 = 19,1 \text{ H}$
 $\mathcal{W}_g = 86,1 \text{ J}$
- c) 5 pontos Quantifique a corrente necessária no enrolamento #B2 para anular o fluxo magnético no entreferro. Adicionalmente, marque na Figura 1 o sentido da corrente I_2 .
- $I_2 = 5 \text{ A}$
 $N_1 I_1 - N_2 I_2 = R_{eq} \cdot 0$
 $N_1 I_1 = N_2 I_2 \rightarrow I_2 = 5 \text{ A}$
- ③ 25 pontos Analise os itens abaixo, indicando se são certos ou errados.
- ☒ [E] Em sistemas reais, as linhas de campo magnético “espraiaem-se” ligeiramente para fora ao cruzar o entreferro, o que resulta em um aumento da área efetiva da seção transversal do entreferro.
 - ☒ [E] Existem duas formas principais de perdas associadas a fluxos variáveis no tempo. Uma delas é o aquecimento ôhmico $I^2 R$, causado pelas correntes induzidas no material do núcleo que se opõem às mudanças na indução.
 - ☒ [E] Há uma diferença substancial entre materiais magnéticos duros e moles, sendo essa diferença amplamente caracterizada pela grande disparidade em suas coercitividades.
 - ☒ [E] Em um transformador ideal, as tensões são transformadas na razão direta do número de espiras; as correntes, na razão inversa; e as impedâncias, na razão direta ao quadrado. Nesse processo, nem a potência nem os volts-ampêres são alterados.
 - ☒ [E] O fluxo disperso induz uma tensão que se soma àquela gerada pelo fluxo mútuo no enrolamento primário.
 - ☒ [E] Como a impedância série de um transformador é relativamente baixa, uma tensão de aproximadamente 10% a 15% do valor nominal é suficiente para gerar a corrente nominal no lado de Alta Tensão (AT) quando o enrolamento de Baixa Tensão (BT) está em curto-circuito.
 - ☒ [E] Um valor reduzido de regulação de tensão indica que as variações na carga não afetam de maneira significativa a tensão fornecida à carga.