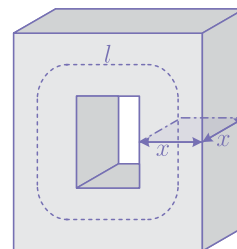


Exercícios 02 (transformador) Conversão Eletromecânica de Energia I

Questão 1: Deseja-se dimensionar um transformador para adequar o nível de tensão de uma rede de 220 V para 127 V, operando na frequência de 60 Hz. Para a fabricação do transformador tem-se disponível um núcleo magnético, conforme desenho, onde $x = 3$ cm e o comprimento médio das linhas de campo magnético é $l = 48$ cm. Sabe-se ainda que o núcleo é feito de chapas de aço silício com permeabilidade relativa de 2000, e que este material deve operar com indução magnética máxima de 1.5 T para não saturar. Desconsiderando perdas no núcleo magnético e nos condutores, calcule:



- O número de espiras do primário e do secundário para garantir a relação de transformação desejada sem saturar o núcleo;
- A indutância e a reatância de magnetização do transformador;
- A corrente de magnetização;
- As potências ativa e reativa para operação em vazio;
- Desenhe um diagrama fasorial contendo fluxo, corrente de magnetização e as forças eletromotrizes induzidas no primário e secundário.

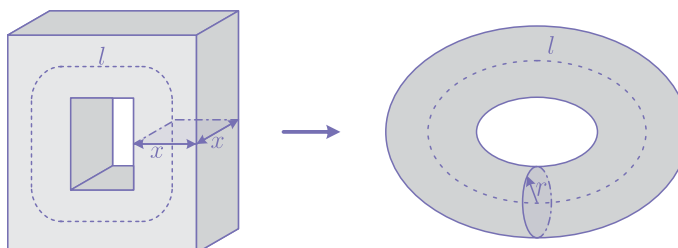
Utilize $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T·m/A para a permeabilidade do vácuo e o metro como unidade de medida de comprimento do SI.

Questão 2: Esse transformador pode ser alimentado em uma rede 220 V em 50 Hz? Justifique.

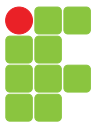
Questão 3: Esse transformador pode ser alimentado com uma tensão contínua de 220 V? Justifique.

Questão 4: Qual será a corrente de magnetização se este transformador for alimentado pelo enrolamento de baixa tensão em 127 V?

Questão 5: Se o perfil do núcleo magnético da questão 1 for substituído de quadrado para circular, formando um núcleo toroidal, qual o raio r mínimo da seção transversal necessário para não saturar o núcleo? Quais as potenciais vantagens e desvantagens que você vislumbra para esse novo transformador?

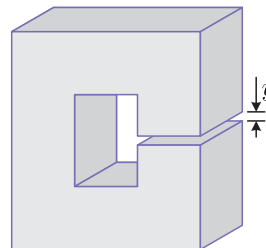


Para simplificar a análise, considere que os números de espiras calculados na questão 1 e que o comprimento médio das linhas de campo e material do núcleo magnético são mantidos.



Questão 6: Considerando ainda o transformador da questão 1 (onde N_1 e N_2 já foram calculados), porém, agora com o núcleo possuindo um entreferro de $y = 1 \text{ mm}$, conforme desenho. Calcule:

- O novo valor de fluxo máximo e indução magnética máxima caso o transformador seja alimentado com tensão nominal;
- A nova reatância e a nova indutância de magnetização;
- A nova corrente de magnetização;
- As potências ativa e reativa para operação em vazio.



Não se constrói transformadores com núcleo magnético com entreferro. Com base nos cálculos efetuados, justifique o porquê disso.

Questão 7: É correto afirmar que um transformador alimentado com tensão imposta opera também com fluxo imposto? Justifique.

Questão 8: Como que é a tensão quem impõe a amplitude de fluxo do transformador se a lei de Ampère nos diz que quem gera o campo magnético é a corrente (e não a tensão)?

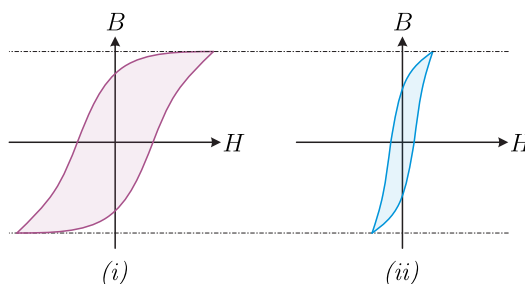
Questão 9: Enumere as não idealidades de um transformador e, para cada uma delas, explique sua causa física, como a representamos no circuito equivalente do transformador, e qual seu impacto no funcionamento desse transformador.

Questão 10: Explique o que é a corrente de reação do primário e qual o mecanismo eletromagnético que explica e prevê seu surgimento.

Questão 11: Sobre o núcleo magnético de um transformador (para operação em baixa frequência), responda:

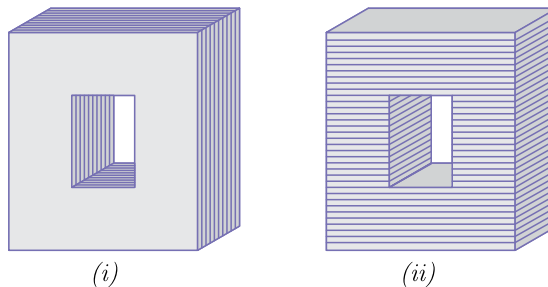
- Por que comumente o núcleo magnético é construído a partir de chapas laminadas de aço silício?
- Qual o impacto e qual a correta orientação do sentido da laminação?
- Qual o impacto da espessura das lâminas?
- Por que essas lâminas devem ser eletricamente isoladas entre si?

Questão 12: Dois transformadores com mesmos números de espiras e mesma geometria são construídos a partir de dois materiais magnéticos distintos cujas curvas de magnetização são apresentadas nas figuras abaixo (considere escalas iguais). Se esses dois transformadores são alimentados em condições similares, com a mesma tensão de alimentação e mesma frequência, qual transformador apresentará mais perdas e qual apresentará a maior corrente de magnetização? Justifique a resposta.





Questão 13: Qual dos dois núcleos apresentados na figura abaixo possuem o correto sentido de laminação para o uso como núcleo magnético de um transformador? Qual seria o impacto no funcionamento desse transformador caso a orientação errada fosse utilizada?



Questão 14: Sobre o transformador real é correto afirmar que:

- ☐ A corrente de magnetização é responsável por estabelecer o fluxo no núcleo magnético.
- ☐ O fluxo é proporcional à corrente de magnetização, imposto pela tensão de alimentação, e varia muito pouco com variações de carga.
- ☐ O transformador não gera, não acumula e não gasta energia.
- ☐ A corrente de reação do primário, resultante de uma corrente no secundário, possui a mesma fase que a tensão do secundário.
- ☐ As perdas referentes ao núcleo magnético (perdas no ferro) dependem predominantemente da tensão de alimentação, e aumentam proporcionalmente ao quadrado desta.
- ☐ As perdas referentes à resistência dos enrolamentos (perdas no cobre) dependem majoritariamente da carga, e aumentam proporcionalmente ao quadrado da corrente da carga.
- ☐ O fluxo depende exclusivamente da amplitude da tensão de alimentação do transformador e alterações na frequência da tensão de alimentação não o afetam.