

8,5

AP3 - ELETROMAG. APLICADO

ALUNO: Francilândio Lima Sena - Matrícula: 472644

1. a) ^{1,9} Uma forma elétrica de fazer com que haja tensão induzida na espira é adicionar um elemento sinusoidal à corrente que percorre a bobina, por exemplo, fazendo $I(t) = I_0 \sin(\omega t)$, pois como a corrente varia no tempo, o campo gerado pela mesma também irá variar, e por consequência, densidade de campo magnético e fluxo magnético variarão temporariamente. O fato de o fluxo variar do tempo, implica que haverá variação do mesmo pela área delimitada pela espira, e pela Lei de Faraday, haverá tensão induzida na espira.

Uma desvantagem dessa abordagem é que, como o fluxo magnético no interior do núcleo varia sinusoidalmente e por conta da corrente que gera o campo magnético, seu sentido varia e isso faz com que os momentos magnéticos sejam a todo instante realinhados e isto gera dissipação de calor no núcleo comprometendo o material do mesmo.

Uma vantagem dessa abordagem é a diminuição da perda de energia por condução no enrolamento da bobina, visto que com corrente contínua o efeito Joule é maior que com corrente alternada, e por conta da frequência poder aumentar, o alcance da corrente é maior que se fosse contínua.

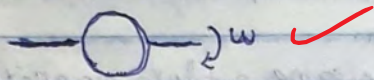
b) ^{1,0} Assim como que percorre a bobina gera energia elétrica que é transformada em parte em energia térmica (efeito Joule) e outra parte em energia magnética. Essa energia magnética através do fluxo magnético que passa pela espira oscilando no tempo faz surgir uma tensão e uma corrente na espira (energia magnética transformada em elétrica). A energia elétrica causada pela circulação da corrente é transformada em calor devido ao material do fio ter alguma resistência à passagem de corrente elétrica (efeito Joule).

1.2 atuação da espiral

$$\Phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S} \cos(\theta)$$

é o ângulo entre \vec{B} e $d\vec{S}$ (ou vetor normal à área da espiral)

c) Como o fluxo magnético depende da colinearidade entre os vetores densidade de campo magnético e do vetor normal à área da espiral, alterando essa colinearidade com o tempo teremos um fluxo magnético através da espiral que varia no tempo e pela Lei de Faraday, uma tensão induzida. Tendo isso em vista, podemos notacionar a espiral em torno de um eixo horizontal fazendo a área engendrada pelo fluxo gerado pela corrente 'i' assumir a forma $A(t) = A_0 \cos(\omega t)$, por exemplo (A_0 sendo a área máxima).



Avantagem dessa abordagem é que as perdas por histerese no núcleo diminuem porque o fluxo gerado pela corrente não muda de sentido (consideramos a corrente na bobina contínua) e por isso as correntes magnéticas do material do núcleo também não ficam invertendo seu sentido e não tendo dissipação de energia com esse movimento.

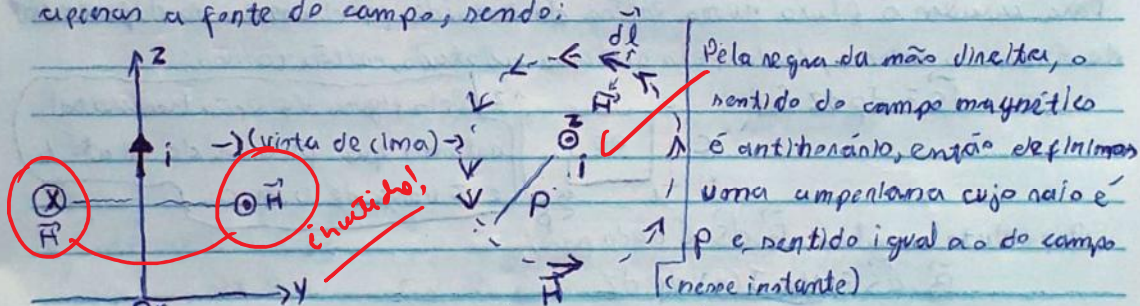
A desvantagem é que, como a corrente na bobina é contínua, teremos perdas por condução no enrolamento maiores que com corrente alternada.

Se o valor eficaz da corrente for igual à intensidade da corrente contínua as perdas são iguais!

0.5 d) A energia elétrica gerada pela corrente na bobina é em parte dissipada por efeito Joule e em parte transformada em energia magnética. O movimento circular da espiral que gera fluxo variável atravésando a mesma em paralelo com a energia magnética mencionada se traduzem na energia elétrica produzida pela corrente induzida na espiral (pois há tensão induzida devido à Lei de Faraday), que é dissipada em energia térmica, em partes, por efeito Joule. Então em última análise a energia magnética e elétrica de natureza elétrica se transformam em energia térmica, que finalmente é transformada em energia térmica, em partes.

Se a espiral permanecer quente há dissipação de energia nela?

2- a) Pelas experiências de Oersted, Biot e Savart, podemos concluir que a corrente que percorre o condutor é responsável por gerar um campo magnético ao redor do mesmo. Assim, sendo o condutor o centro, ao redor de uma circunferência (ou seja, uma circunferência cujo centro é o condutor) haverá um campo magnético cuja intensidade não varia em qualquer ponto da mesma. Se deslocarmos essa circunferência pelo comprimento do condutor (na direção de i) experimentarmos de igual modo, campo magnético cuja intensidade não varia, isso por conta de o condutor ser infinito, pois assim, qualquer ponto distante d do fio "enxerga" comprimentos infinito do condutor em ambas as ~~duas~~ sentidos da direção em que se encontra o condutor. Portanto, há simetria cilíndrica no sistema, com relação à distribuição do campo magnético no espaço. Devido a essa simetria, adotamos o sistema de coordenadas cilíndrico de modo que o eixo Z tem mesma direção e sentido da corrente (o condutor sobre o eixo Z e a corrente tem sentido positivo de Z): Nesse caso, como o campo magnético independe de m , podemos representar apenas a fonte do campo, sendo:



Dito tudo isso, temos pela Lei de Ampère:

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = i_{env}$$

Pelo sistema de coordenadas adotado, temos:

$$\vec{H} = H \cdot \hat{a}_\phi; d\vec{l} = \rho d\phi \hat{a}_\phi$$

$$\vec{H} \cdot d\vec{l} = H \rho d\phi$$

Para percorrer a amperiana, ϕ deve variar de 0 a 2π , e temos que $i_{env} = i(t)$, então:

$$\int_0^{2\pi} H \cdot \rho d\phi = i(t) \Rightarrow H \cdot \rho \int_0^{2\pi} d\phi = i(t) \Rightarrow H \cdot 2\pi \rho = i(t) \Rightarrow \vec{H}(\rho) = \frac{I \cdot \text{sen}(wt) \hat{a}_\phi}{2\pi \rho}$$

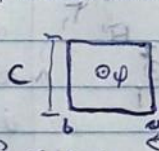
6) Sim, pois o campo gerado pela corrente induz fluxo magnético pelas espiras da bobina. O campo se traduz na densidade magnética \vec{B} e por consequência, no fluxo através da área das espiras, essa situação implica na indutância mútua do condutor para com a bobina. Por outro lado há indutância própria do condutor pelo que já foi explicado. Porém, o cálculo dessa indutância própria é inviável, pois a área na qual o fluxo passa em relação ao condutor é infinita. Sabendo que o fluxo magnético pelas espiras da bobina varia com o tempo (pois a corrente que gera o campo magnético varia temporalmente), pela lei de Faraday haverá tensão induzida na bobina e também corrente induzida, essa corrente gera campo magnético induzido, e portanto também há indutância própria na bobina.

Usando o valor do campo obtido no item a), temos a densidade de campo magnético no núcleo dado por:

$$\vec{B} = \mu n \vec{H} \rightarrow \vec{B}(\rho) = \frac{\mu n I(t) \hat{\phi}}{2\pi \rho}$$

Para calcular o fluxo numa espira do toroide precisamos do diferencial de área da mesma, dada pelo sistema adotado, então temos:

$$d\vec{S} = \rho d\phi dz \hat{\phi}$$



Pela figura da seção transversal notamos que ρ varia de a até b e z varia de 0 a c .

O produto escalar $\vec{B} \cdot d\vec{S}$ é dado por:

$$\vec{B} \cdot d\vec{S} = \frac{\mu n I(t)}{2\pi \rho} \rho d\phi dz$$

Logo, dado o fluxo $\Phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$, temos:

$$\Phi = \int_0^c \int_a^b \frac{\mu n I(t)}{2\pi \rho} \rho d\rho dz = \frac{\mu n I(t)}{2\pi} \int_0^c \int_a^b d\rho dz$$

$$* \int_0^c dz = z \Big|_0^c = c ; * \int_a^b \frac{d\rho}{\rho} = \ln(\rho) \Big|_a^b = \ln(b) - \ln(a) = \ln(b/a)$$

Temos então que:

$$\Phi = \frac{\mu n \cdot c \cdot \ln(b/a)}{2\pi} I(t)$$

O fluxo concatenado na bobina é dado por:

$$\Phi_c = N\phi = \frac{N\mu n c \ln(b/a)}{2\pi} I(t) = (\Lambda)$$

Portanto, a Indutância Mútua do condutor ~~para~~ com a bobina é:

$$M = \frac{\Lambda}{I(t)} \rightarrow M = \frac{N\mu n c \ln(b/a)}{2\pi}$$

Obs: Para o cálculo da indutância própria da bobina, seria necessário saber ao menos a seção transversal do fio que forma as espiras, para calcular a corrente que as percorre e o campo induzido pela mesma, assim sendo possível calcular o fluxo induzido e a indutância por fim.

^{5.º} c) Sim, porque o fluxo na bobina varia temporalmente. Dada a Lei de Faraday e Lenz, a tensão induzida na bobina é dada pelo número de espiras multiplicado pela derivada do fluxo magnético que flui pelas mesmas. Sendo ϕ o fluxo, temos:

$$\phi = \frac{\mu n c \ln(b/a)}{2\pi} I(t) = \frac{\mu n c \ln(b/a)}{2\pi} I \cos(\omega t)$$

$$\rightarrow \frac{d\phi}{dt} = \frac{\mu n c \ln(b/a)}{2\pi} \cdot I \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) \quad (\text{derivada da cosseno})$$

Lei de Faraday e Lenz:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -N \frac{d\phi}{dt} \quad \text{sendo } \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = V_i \quad (\text{tensão induzida})$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = \phi$$

$$\rightarrow V_i = -N \frac{d\phi}{dt} \rightarrow V_i = -N \cdot \frac{\mu n c \ln(b/a)}{2\pi} \cdot I \cdot \omega \cdot \cos(\omega t)$$

^{2.º} d) Há perda por condução devido ao fluxo da corrente no condutor (e aos) ~~deriva~~mos que há resistência por parte do condutor, sendo gerada perda por efeito Joule. Há perda ~~devido~~ à corrente parasitas no núcleo pois como o fluxo varia no tempo há campo elétrico rotacional em seu redor esse campo excita portadores livres presentes no núcleo gerando corrente elétrica e fazendo essa corrente ser dissipada em energia térmica.

TERRA DO SOL

→ Material isolante

DOM SEG TER QUA QUI SEX SÁB
elevando a temperatura do núcleo. Para contornar esse problema o núcleo ao invés de ser contínuo, pode ser laminado, ou seja, juntando várias lâminas do mesmo material do núcleo até que o volume destas lâminas juntas seja equivalente ao volume do núcleo, e assim o caminho das correntes parasitas se torna limitado pela espessura das lâminas (cuja condutividade deve ser baixa e devem ser revestidas por material isolante).

Com o fluxo nas espiras variando no tempo, haverá tensão induzida nas mesmas e corrente induzida, essa corrente fará com que haja perda por efeito joule, a energia elétrica é transformada em térmica, uma forma de contornar isto é usando fio de baixa resistência elétrica nas espiras (ou aumentar a bitola dos fios das enrolamentos):

O fluxo magnético varia senoidalmente, ou seja, esse fluxo no núcleo hora tem um sentido e hora tem sentido oposto. Isto faz com que os momentos magnéticos fiquem a todo momento realinhados e isto causa dispêndio de energia se manifestando através da geração de calor no núcleo, esta situação caracteriza perda por histerese.

As perdas por histerese são dadas por:

$$P_h = A_h \cdot f \cdot Vol$$

onde A_h é a área de histerese intrínseca ao material que constitui o núcleo;

f é a frequência de oscilações do campo magnético agindo no núcleo e Vol é o volume do material empregado no núcleo.

Se diminuirmos qualquer um dos fatores citados, teremos menores perdas por histerese, ou seja, uma corrente alternada de baixa frequência, ou um material cuja área de histerese seja pequena, ou um volume baixo de material empregado no núcleo.