UTBM- - S. Giurgea, M. Gantzer
26/06/2024

Examen Final « Final »	: PS26 – P2024
Durée	: 2 heures.
Documents	: non autorisés

Induction magnétique et milieux ferromagnétiques

Questions du cours (4p) : Loi de l'induction magnétique (Maxwell-Faraday) :

a) Enoncer la forme globale (intégrale) ; compléter avec un dessin
b) Préciser sa signification physique
c) Décrire les propriétés des lignes du champ électrique induit ; compléter avec un dessin
d) A partir de la forme globale, démontrer la forme locale de la loi Maxwell-Faraday

Exercice 1 : rails de Laplace(8p)

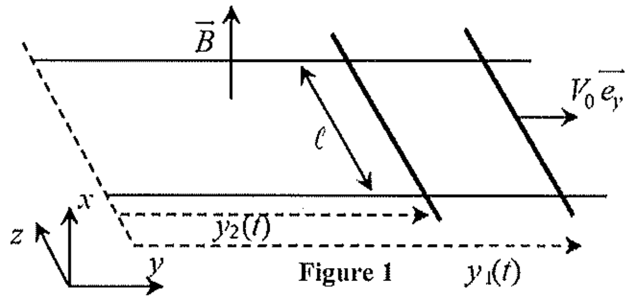

Figure 1

Deux barreaux conducteurs peuvent glisser sans frottements suivant l'axe (Oy) sur des rails de Laplace, formant ainsi un circuit fermé. On note **R** la résistance électrique interne du circuit, supposée constante. L'inductance propre du circuit fermé est négligée. L'ensemble est plongé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B} = B\vec{e_x}$.

Les deux barreaux coïncident initialement à la cote nulle $y_1(0) = y_2(0) = 0$. A cet instant, le barreau (2) est immobile et le barreau (1) est animée d'une vitesse uniforme $V_0\vec{e_y}$ maintenue constante par une force extérieure.

1. Expliquer pourquoi le barreau (2) se met en mouvement.
2. Faire le schéma équivalent du circuit électrique.
3. Exprimer le courant i qui parcourt le circuit.
4. Faire le bilan des forces qui s'appliquent au barreau (2) et en tirer l'équation électromécanique couplée.
5. En déduire l'expression et $y_2(t)$.
6. Donner la nature du mouvement du barreau (2) en régime permanent. L'évolution du système est-elle est accord avec la loi de Lenz ?

Exercice 2 : Inductance de lissage d'un convertisseur DC/DC (8p)

Le circuit magnétique et le bobinage du dispositif sont représentés dans la Figure 2.
Les dimensions du circuit magnétique sont :

- Section transversale (du circuit ferromagnétique et de l'entrefer) **A_c=1.8 × 10 $^{-3}$ m ^{2}**
- Longueur moyenne du circuit ferromagnétique **l_c=0.6 m**
- Epaisseur de l'entrefer **g=2.3*10^{-3} m**
- Nombre de spires de la bobine : **N=83 tours**

On considère que le champ magnétique $\vec{B}$ est uniforme dans l'entrefer et qu'il il n'y a pas de dispersion des lignes de champ dans l'entrefer. On néglige tout champ magnétique de fuite.

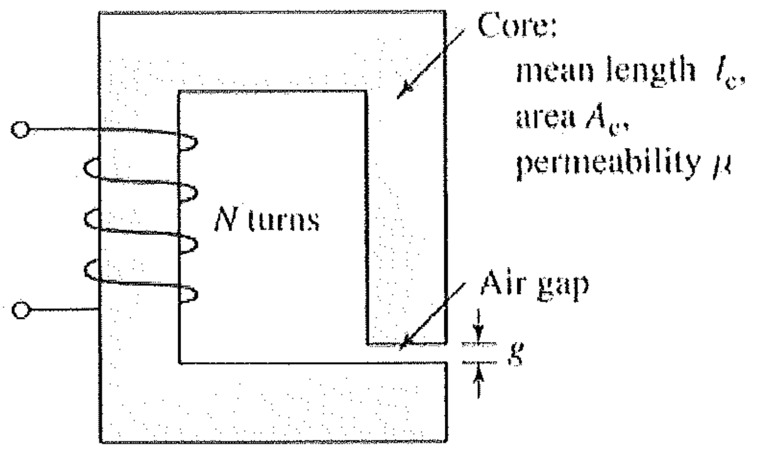

Figure 2

2.1) On considère dans un premier temps que la perméabilité relative μ_r du matériau ferromagnétique et infinie ($\mu_r \rightarrow \infty$).

(a)Calculer la réactance du circuit ferromagnétique $\boldsymbol{R}_c$ et la réactance de l'entrefer $\boldsymbol{R}_g$. Représenter le circuit magnétique équivalent du dispositif.

(b) Pour un courant I_1=1.5 (A) traversant la bobine, calculer le flux magnétique dans le circuit magnétique, φ_{sp1}, ainsi que le flux magnétique dans la bobine, φ_1 .

(c) calculer l'inductance propre L_1 de la bobine.

(d) calculer la quantité de d'énergie magnétique, Wm1, stocké par le système pour le courant I_l=1.5 (A).

(e) quel sera le nombre de spires de la bobine, N1, pour obtenir une inductance L_{1l}=12(mH)

2.2) on considère que la perméabilité relative du matériau ferromagnétique est μ_{r2} =1500

a) Calculer la réactance du circuit ferromagnétique R_{c2} et la reactance de l'entrefer R_{g2}.

(b) Pour un courant I_l=1.5 (A) traversant la bobine, calculer le flux magnétique dans le circuit magnétique, φ_{sp2}, ainsi que le flux magnétique dans la bobine, φ_2.

(c) calculer l'inductance propre L_2 de la bobine.

(d) calculer la quantité de d'énergie magnétique, W_{m2}, stocké par le système pour le courant I_l=1.5 (A).

(e) quel sera le nombre de spires de la bobine, N2, pour obtenir une inductance L_{2l}=12(mH)

Rappels calcul vectoriel :

- **Théorème de Green - Ostrogradski :** $\oiint_{(\Sigma)} \vec{a}.d\vec{S} = \iiint_{V} \operatorname{div}(\vec{a})\, d\tau$
- Le flux d'un champ vectoriel $\vec{a}$ à travers une surface fermée (Σ) est égal à l'intégrale de sa divergence étendue au volume V délimité par (Σ).

- **Théorème de Stokes :** $\oint_{(\Gamma)} \vec{a}\,.\,d\vec{M} = \iint_{(S)} \overrightarrow{\mathbf{rot}}\,(\vec{a})\,.\,d\vec{S}$
- La circulation d'un champ vectoriel $\vec{a}$ le long d'une courbe fermée (Γ) orientée est égale au flux de son rotationnel sortant d'une surface (S) qui s'appuie sur (Γ).