École Polytechnique de Montréal

ELE8401, Machines électriques et entraînements électriques, Hiver 2019
Devoir#1

Dépôt 25 janvier, Remise 7 février

Problème 1 : Ce problème traite de la notion de base de MMF rotatif dans les machines électriques. Écrivez un code Matlab qui vous permet d'obtenir le MMF dans l'entrefer d'une machine électrique triphasée à 2 pôles (figure 1) pour les cas suivants:

1- Les bobinages *a*, *b* et *c* sont uniformément réparties sur la circonférence du stator et sont alimentées par une source équilibrée triphasée. Décrivez-le mathématiquement aussi.

2. Comment est le MMF si une phase est déconnectée? Décrivez-le mathématiquement aussi. Nous avons cette situation dans l'industrie pour les moteurs asynchrones. Quelles sont les conséquences pour le moteur?

3. Comment est le MMF si les amplitudes des courants triphasés ne sont pas égales ?

4. Quelle est la nature du MMF si deux phases sont déconnectées? C'est le cas pour les machines monophasé. Qu'est-ce que on doit faire pour faire une machine monophasée tourner. Décrivez-le mathématiquement aussi.

5. La machine triphasée considérée est connectée en étoile (neutre non connecté) et est excitée par un courant triphasé balancé d'amplitude égale I. Comment est le MMF si une phase est déconnectée alors que les deux autres portent la même amplitude de courant I (par un ajustement de la tension dans les deux lignes) ?

Pour chaque cas au-dessous, il faut dessiner MMF(t) par rapport à θ_r pour diffèrent *t*.

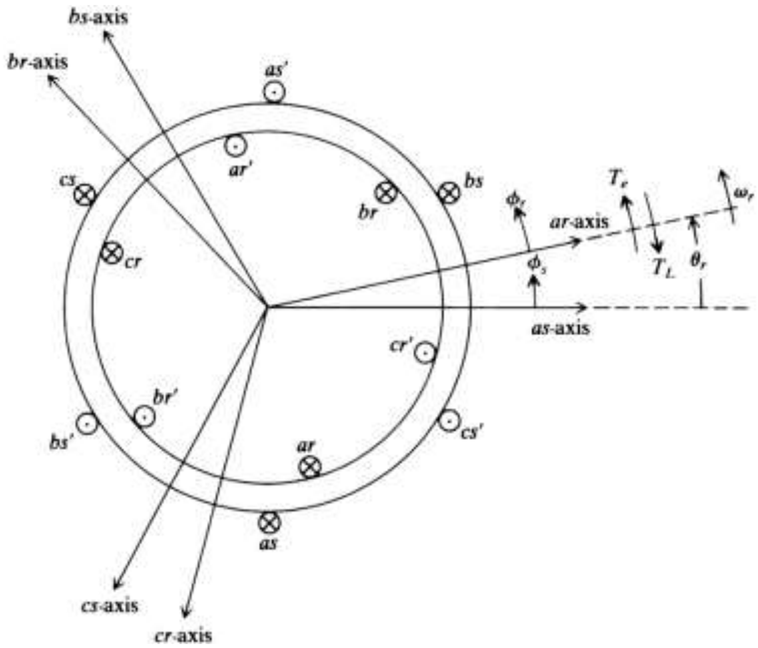

Figure 1. Machine électrique triphasée à 2 pôles

Problème 2 : Figure 2 montre la section transversale du stator d'une machine biphasée bipolaire. Le nombre de tours d'enroulement pour chaque côté de bobine est n_c et i_{as} circule dans le bobinage a_s et i_{bs} circule dans le bobinage b_s. *(a)* dessiner le MMF pour chaque courant.

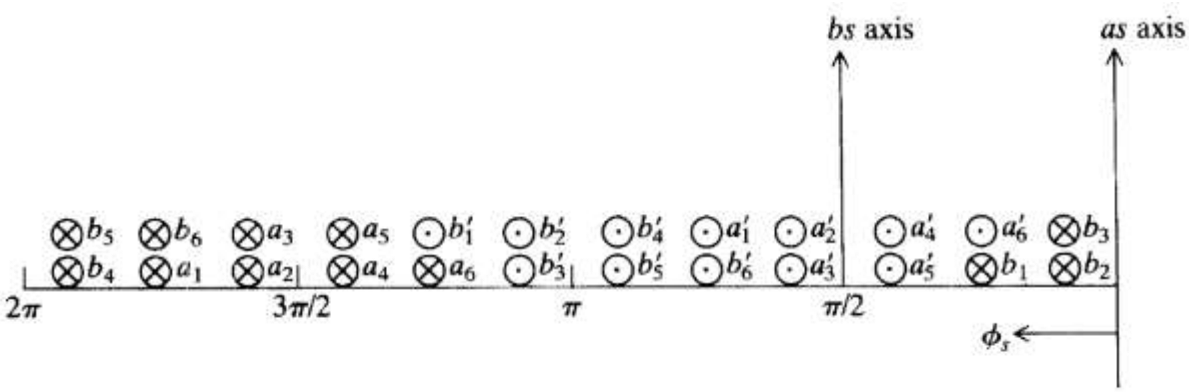

Figure 2. Section transversale du stator d'une machine biphasée bipolaire

Problème 3. On considère le circuit magnétique (figure 3) constitué de fer de perméabilité relative $\mu_r = 10^5$ et de longueur $L_f = 0.4\ m$, d'un entrefer (air gap) de longueur $g = 0.4\ cm$ et d'une section d'aimant permanant (Alnico 5) de longueur $L_a = 2.4\ cm$ comme illustré dans la figure ci-dessous.

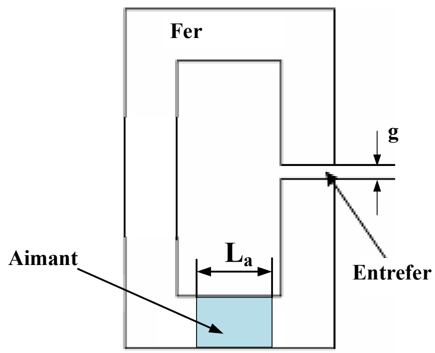

Figure 3. Circuit magnétique étudié

La courbe d'aimantation de l'Alnico 5 est la suivante :

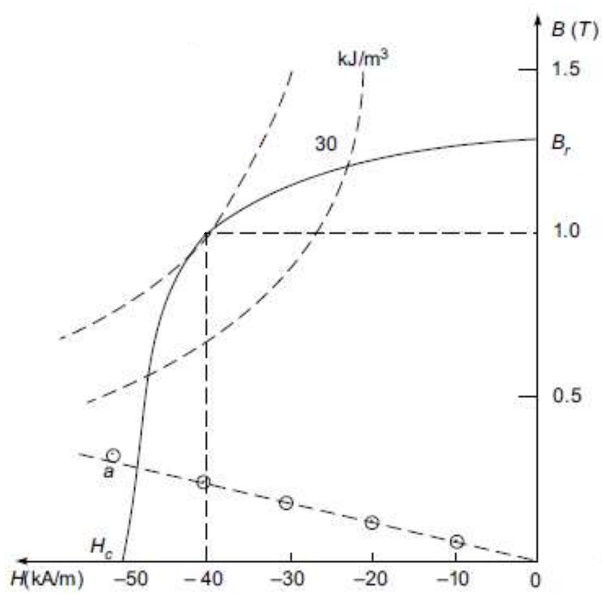

Figure 4. Courbe d'aimantation Alnico 5

On donne $B_r = 1.25\ T$ et $H_c = -50\ kA/m$

Quelle est la densité de flux B_g dans l'entrefer?

Problème 4. On considère le circuit magnétique ci-dessous équipé de deux enroulements de cuivre.
Une approche pratique adoptée dans la plupart des études des circuits magnétiques consiste à négliger les imperfections magnétiques y compris les fuites d'induction dans le circuit. L'objectif de ce problème est donc d'étudier les bobines en tenant en compte de ces fuites.

Pour ce faire, les fuites émanant du bobinage 1 sont représentés par le tronçon 3 et représentent ainsi les lignes de champ traversant la bobine 1 mais pas l'autre.

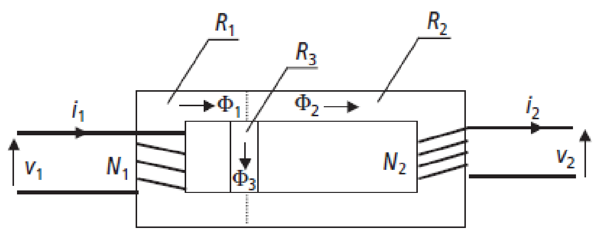

Figure 5. Circuit magnétique étudié

1) Représenter le circuit électrique équivalent du circuit magnétique étudié.
2) Trouver une relation entre tous les flux du circuit
3) Si on ouvre le bobinage 2, quelle serait l'expression littérale de Φ_2.
   Déterminer ensuite de la même façon celle de Φ_3
4) Exprimer l'inductance mutuelle L_{12} de la bobine 1 sur la bobine 2
5) Calculer l'inductance L_f qui exprime la proportionnalité entre le flux Φ_3 et le courant i_1 i.e. Le rapport entre flux dans le tronçon 3 intercepté par la bobine 1 et le courant i_1.
   Cette inductance L_f est appelée l'inductance de fuite
6) Appliquer la loi de Lenz pour obtenir un circuit magnétique équivalent plus simple dans lequel l'inductance de fuite L_f est placée en série. Noter V_1' la tension aux bornes de la bobine 1.
   Déduire alors de ce circuit une expression de l'inductance L vu de la bobine 1 ainsi qu'une expression du rapport $m = \frac{V_2}{V_1'}$ en fonction des paramètres connus du circuit (i.e. nombre de spires et réluctance)
   (Hint : L représente l'inductance équivalente de la bobine 1 lorsque $i_2 = 0$)

Problème 5.

Partie A : Système à simple excitation

On considère le relai électromagnétique comme dans la figure ci-dessous, excité par une source de tension $v = \sqrt{2}\, V \sin(\omega t)$

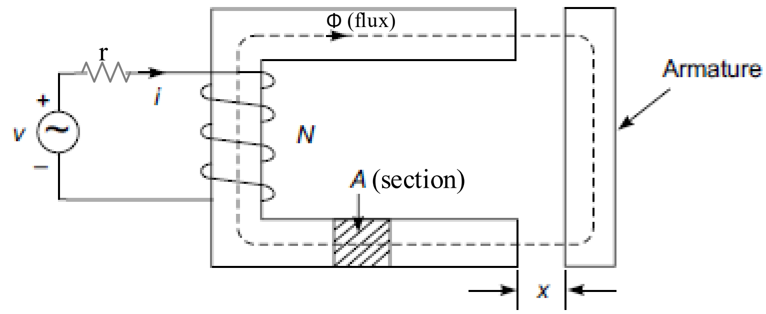

Figure 6. Système étudié

a- Si le courant et le flux sont reliés par la relation $i = \lambda^2 + 2\lambda(1-x)^2 \;;\; x < 1$, exprimer la force exercée sur l'armature F_f en fonction de λ

b- Si on fait L'hypothèse d'un système linéaire (courbe caractéristique $\lambda - i$), montrer que la force F_f agit dans une direction qui réduit la réluctance et augmente l'inductance.

c- Trouver l'expression de la force moyenne exercée sur l'armature quand celle-ci est maintenue fixe à une distance x constante.

Partie B : Système à double excitation

On considère deux bobines couplées ayant les auto-inductances et inductances mutuelles suivantes (le système est linéaire):

$L_{11} = 2 + \frac{1}{x}$; $L_{22} = 1 + \frac{1}{2x}$; $L_{12} = L_{21} = \frac{1}{2x}$

Sur une certaine plage de déplacement linéaire x.

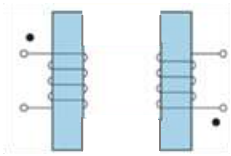

Figure 7. Exemple de deux bobines couplées magnétiquement

La première bobine est excitée par un courant constant de 20 A et la deuxième et excité par un courant constant de -10 A. Trouver :

a) Le travail de force mécanique effectuée si x change de 0.5 à 1 m. (i.e. l'énergie fournie par cette force lorsque le déplacement Δx est effectué)
b) L'énergie fournie par chaque source électrique

c) Exprimer L'énergie de champ W_f (field energy) en fonction du flux de liaison λ (Linkage flux) et en déduire la variation du champ de flux pour le cas de la question a).
Vérifier finalement que le bilan énergétique est bien établi.