

GEL341 #1	Pb #1	Pb #2	Pb #3	Pb #4	Pb #5	Pb #6	Pb #7 GEL362
/247	/30	/48	/45	/58	/30	/36	
							/40

S.V.P. Ne rien inscrire dans les grilles réservées à la compilation de l'évaluation

Nom : _____

CIP : _____

N.B. : Ce questionnaire comporte en tout 9 pages. Veuillez vous assurer d'avoir le document complet avant de commencer.

Vous devez absolument rendre le questionnaire (nom et matricule complétés) avec votre cahier d'examen.

Évaluation Formative APP3 Été2023 **Session S3**

Électrotechnique

Éléments de circuit en courant alternatif **et Transformateurs de puissance**

Département de génie électrique et de génie informatique
Faculté de génie
Université de Sherbrooke

Été 2023

NOTE

- La durée maximale pour effectuer cet examen est de 3h. Veuillez lire tous les problèmes dès le début pour pouvoir bien gérer votre emploi du temps.
- Documentation permise : une feuille aide-mémoire recto-verso manuscrite. Photocopies refusées. Ne doit contenir aucun schéma électrique ni aucun montage. Vous n'avez pas le droit de copier des solutions de problèmes sur votre feuille aide-mémoire.
- Il est important de faire apparaître toutes les démarches de calculs utilisées pour résoudre les problèmes sur votre copie.

PROBLEME 1 (30 points)

La figure 1.1 montre la courbe d'aimantation d'un tore ferromagnétique, où B_{sat} égale 1,3 T est la valeur de l'induction maximale du tore. Lorsqu'on fait parcourir un courant $i=1,5$ A dans la bobine de 800 spires comme illustrée à la figure 1.2, il se crée un champ magnétique d'amplitude H_1 dans le tore. Note : $\mu_o = 4 \pi \cdot 10^{-7}$ H/m.

- Calculer la valeur de H_1 dans le tore.
- Que dira-t-on de l'état du tore ferromagnétique si le seuil de saturation est atteint pour $H_2 = 295.5$ A/m.
- Si on désire maintenir le courant i à 1,5 A, déterminer la longueur e de l'entrefer requise pour amener le champ magnétique dans le tore à la limite de saturation H_2 .
- Que peut-on dire du rôle de l'entrefer.

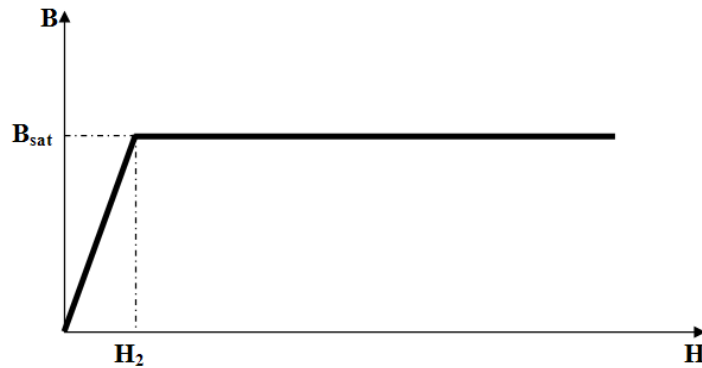


Figure 1.1 : Courbe de magnétisation $B(H)$

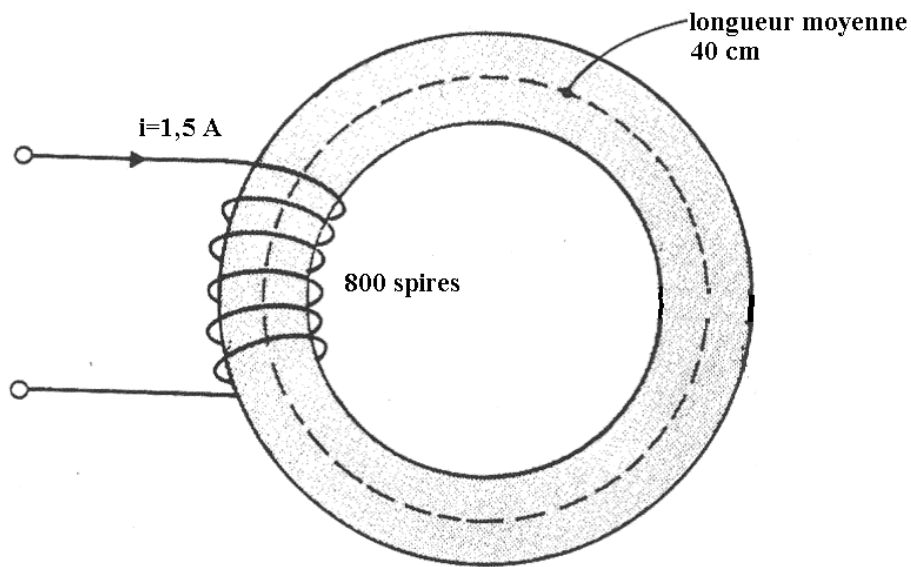


Figure 1.2 : Circuit magnétique torique sans entrefer.

PROBLEME 2 (48 points)

Le noyau magnétique en acier au silicium d'un transformateur ayant la forme donnée à la figure 2.1, est excité par une bobine possédant 277 spires. La bobine est alimentée par une tension de valeur efficace $V_{\text{eff}} = 240 \text{ V}$ et de forme d'onde présentée à la figure 2.2. La courbe d'aimantation du noyau est donnée dans le tableau 2.1. La courbe de Lissajou permet d'évaluer les pertes par hystérésis à une valeur de 20 Watts alors que les pertes par courant de Foucault représentent 20% des pertes fer.

On négligera la valeur de la résistance de la bobine.

- Dessinez, sur un graphique cartésien orthogonal, la forme d'onde de l'induction magnétique dans la branche centrale du noyau
- Calculer les valeurs maximales du flux et de l'induction dans la branche centrale et dans la branche de gauche du noyau.
- Calculer la valeur efficace du courant de magnétisation.
- Calculer la valeur efficace du courant de perte fer dans le noyau.
- En déduire la valeur efficace du courant dans la bobine

Tableau 2.1 : Courbe d'aimantation du noyau en acier au silicium

B(T)	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,55	1,6
H(At/m)	52	58	65	76	90	110	132	165	220	300	380	600	900	1200	2000	3000	4500	6000

$$\begin{aligned} ab &= 12 \text{ cm} \\ bc &= 8 \text{ cm} \\ cd &= 8 \text{ cm} \end{aligned}$$

Figure 2.1 : Circuit magnétique

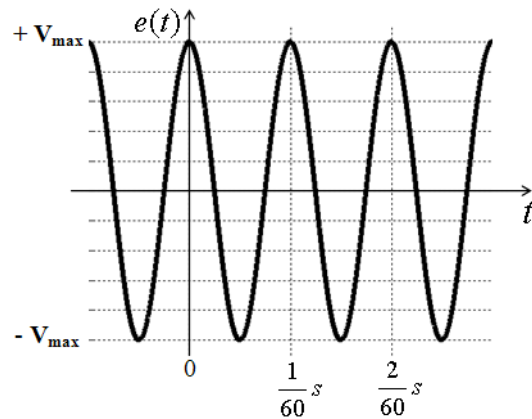
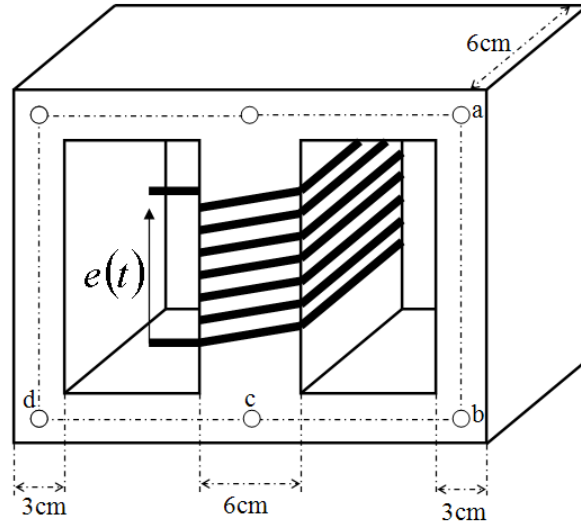


Figure 2.2 : Forme d'onde de $e(t)$

PROBLEME 3 (45 points)

Les essais suivants ont été réalisés sur un transformateur monophasé de fréquence 60 Hz:

1) Essai à vide : aucune charge branchée au secondaire.

On applique une tension efficace de $E_p = 347 \text{ V}$ au primaire, on mesure une tension de 120 V au secondaire. Lors de l'application de la tension 347 V au primaire, on mesure que ce dernier tire un courant I_0 de valeur efficace 4 A. À l'aide d'un wattmètre, on mesure ainsi une puissance de 300 W absorbée par l'enroulement primaire.

2) Ensuite, on effectue un essai en court-circuit : l'enroulement primaire est court-circuité.

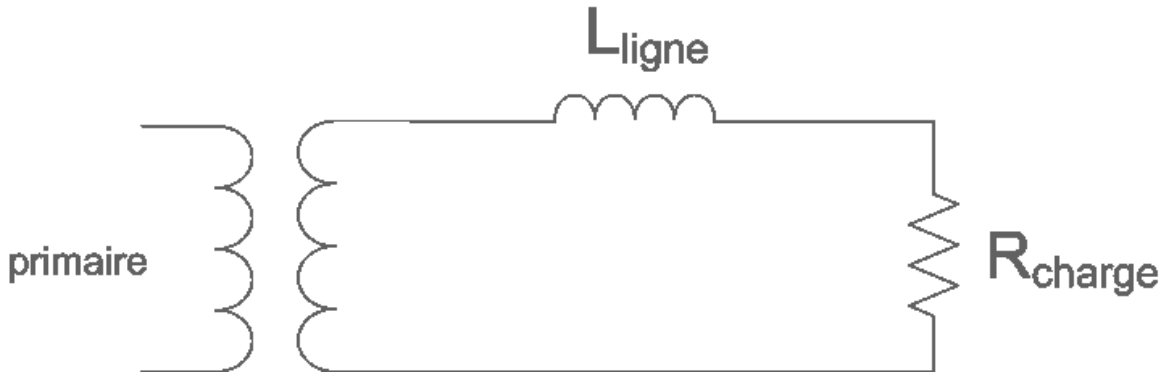
On applique une tension efficace de 12 V au secondaire, on mesure que ce dernier tire un courant de 50 A. Avec le wattmètre, on mesure ainsi une puissance de 500 W absorbée par l'enroulement secondaire.

- a) Déterminez le schéma équivalent complet de ce transformateur, vu du primaire. Déterminez les valeurs numériques de tous les éléments du schéma équivalent.
- b) Calculer l'angle de déphasage entre les phaseurs E_p et I_0 .
- c) Tracer les phaseurs E_p et I_0 dans le plan complexe.

Note : on posera $R_1 = a^2 R_2$ et $X_{f1} = a^2 X_{f2}$.

PROBLEME 4 (58 points)

Soit un transformateur monophasé alimentant une ligne de transport dont la nature est inductive (L_{ligne}) débitant sur une charge résistive R_{charge} . Le schéma électrique suivant illustre le circuit Transformateur – Ligne – Charge dont il est question.



Le transformateur possède les caractéristiques suivantes :

Résistance du primaire = 0,005 p.u.

Résistance du secondaire = 0,015 p.u.

Réactance de fuite du primaire = 0,015 p.u.

Réactance de fuite du secondaire = 0,02 p.u.

Réactance de magnétisation = 20 p.u.

Résistance des pertes Fer = 100 p.u.

La puissance apparente nominale du transformateur est $S_{\text{nominal}} = 100 \text{ MVA}$

Tension nominale du primaire = 315 kV

Tension nominale du secondaire lorsque celui-ci est à vide = 70 kV

La ligne et la charge possèdent les caractéristiques suivantes :

$L_{\text{ligne}} = 50 \text{ mH}$

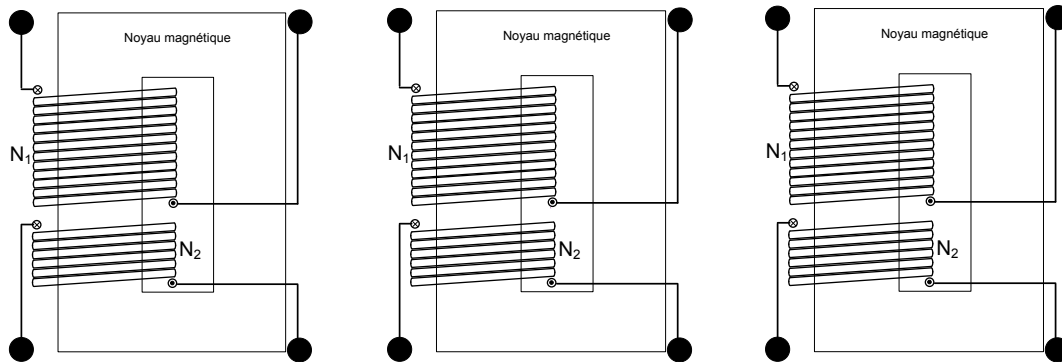
$R_{\text{charge}} = 70 \Omega$

Fréquence du réseau = 60 Hz.

- Déterminez la puissance active et la puissance réactive fournies par la source 315 kV.
- Déterminer les pertes dans le transformateur lorsque celui-ci alimente cette combinaison ligne-charge.
- Déterminer le rendement du transformateur lorsque celui-ci alimente cette combinaison ligne-charge.
- Déterminer le pourcentage de régulation de ce transformateur, lorsque celui-ci alimente cette combinaison ligne-charge.

PROBLEME 5 (30 points)

Soit les trois transformateurs monophasés suivants :



Chacun de ces transformateurs possède une tension nominale de primaire de $347 \text{ V}_{\text{eff}}$ et une tension nominale de secondaire de $120 \text{ V}_{\text{eff}}$. Les gros points noirs représentent les points de connexion du transformateur vers l'extérieur.

Comment doit-on raccorder ces trois transformateurs, si l'on désire transformer la tension provenant d'une installation triphasée de tension $600 \text{ V}_{\text{eff}}$ entre phases (tension ligne-ligne) vers une charge triphasée nécessitant une tension de $208 \text{ V}_{\text{eff}}$ entre phases (tension ligne-ligne)?

a) dessiner à main levée le schéma de raccordement nécessaire dans ce cas-ci. Faites votre dessin directement sur cette feuille.

b) sur votre dessin, identifier les six points de raccordement pour les phases A, B, C haute tension et basse tension, en y apposant les 6 étiquettes A_HT, B_HT, C_HT et A_BT, B_BT, C_BT.

c) La charge BT est un moteur triphasé 208 V dont la puissance apparente nominale est de 20 kVA . Déterminer le courant au primaire du transformateur lorsque le moteur opère à sa valeur nominale. (Faites l'hypothèse que les transformateurs sont idéaux).

PROBLEME 6 (36 points)

Soit trois transformateurs monophasés de valeur nominale 14,4 kV/120V et de puissance nominale 1MVA chacun. Chaque transformateur monophasé a une réactance de fuite $X_p=0,15$ pu. Ces trois transformateurs sont reliés en connexion triangle-étoile de telle sorte qu'à vide le primaire se trouve déphasé de 30° en retard par rapport au secondaire. Le primaire en triangle est connecté à une source de tension triphasée 14,4 kV ligne-ligne et le secondaire en étoile alimente une charge triphasée équilibrée. Lorsque le secondaire du transformateur triphasé alimente la charge triphasée, la source fournit au primaire une puissance active totale de 2160 kW et une puissance réactive totale de 1046 kVAR.

- Dessiner le modèle équivalent monophasé en pu du transformateur triphasé en négligeant la branche de magnétisation et les résistances des enroulements.
- Calculer la tension ligne-ligne du secondaire sous sa forme complexe en volt. Pour le calcul, on prendra comme référence (origine) la tension ligne-neutre au primaire du modèle monophasé du transformateur triphasé.

PROBLEME 7 (40 points)

Un transformateur tire une puissance de 20 kW sur le réseau lorsqu'il alimente une charge purement résistive de 18kW. Ce transformateur est installé à l'air libre sous une température ambiante de 29°C . Pendant qu'il alimente la charge, il évacue 10% de la chaleur par radiation. Quelle doit être la surface minimale exposée du transformateur pour garder la température de ses isolants en dessous de 70°C

Rappel de certaines formules thermiques:

$$P = kA(T_1^4 - T_2^4) \quad P = \frac{\lambda A(t_1 - t_2)}{d}$$
$$P = 1280D(t_1 - t_2) \quad P = 3A(t_1 - t_2)^{1.25}$$

FIN DE L'EXAMEN