

A 05 PHYS. I

ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES,
ÉCOLES NATIONALES SUPÉRIEURES DE L'AÉRONAUTIQUE ET DE L'ESPACE,
DE TECHNIQUES AVANCÉES, DES TÉLÉCOMMUNICATIONS,
DES MINES DE PARIS, DES MINES DE SAINT-ÉTIENNE, DES MINES DE NANCY,
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS DE BRETAGNE,
ÉCOLE POLYTECHNIQUE (FILIERE TSI)

CONCOURS D'ADMISSION 2005

PREMIÈRE ÉPREUVE DE PHYSIQUE

Filière PSI

(Durée de l'épreuve : 3 heures ; l'emploi de la calculatrice est autorisé)

Sujet mis à disposition des concours ENSTIM, INT, TPE-EIVP

Les candidats sont priés de mentionner de façon apparente sur la première page de la copie :

PHYSIQUE I - PSI

L'énoncé de cette épreuve, particulière aux candidats de la filière PSI, comporte 6 pages.

- Si un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.
- Il ne faudra pas hésiter à formuler les commentaires qui vous sembleront pertinents, même lorsque l'énoncé ne le demande pas explicitement. Le barème tiendra compte de ces initiatives ainsi que des qualités de rédaction de la copie.

ÉTUDE D'UN TRANSFORMATEUR

Les trois parties de ce problème sont largement indépendantes. La première partie concerne les non-linéarités du circuit magnétique, la deuxième partie concerne le fonctionnement proprement dit du transformateur chargé par un montage redresseur et la troisième partie, proche du cours, concerne des aspects énergétiques.

Les notations principales et des valeurs numériques utiles sont indiquées dans les tableaux en fin d'énoncé (page 6). La perméabilité magnétique du vide vaut $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H.m}^{-1}$.

I Étude d'un circuit magnétique

Ce problème porte sur l'étude de transformateurs utilisés en régime permanent en électronique de puissance, tels que représenté à la figure 1, page 2. Le circuit est constitué de quatre tronçons (1, 2, 3 et 4) d'un matériau ferromagnétique ; ces tronçons sont séparés par quatre entrefers identiques, de longueur l_e . Les tronçons 1 et 3, de même section S , sont entourés par des bobinages, qualifiés de « primaire » pour le tronçon 1 et de « secondaire » pour le tronçon 2 ; ces tronçons sont parcourus par des courants d'intensités respectives I_1 et I_2 . La section commune des tronçons 2 et 4 est $2S$.

Le schéma équivalent du circuit magnétique est représenté à la figure 2.

Le circuit magnétique idéal dans le matériau magnétique est représentée figure 2. Elle est symétrique par rapport au point O, linéaire pour $I_1 \leq I_{1s}$ et affine pour $I_1 > I_{1s}$. Le régime saturé commence dès que $I_1 > I_{1s}$.

Equation.DSMT36 . On note Φ_{12} et Φ_{21} les grandeurs magnétiques usuelles au niveau des entrefers. On néglige les pertes par hystérésis et par courants de Foucault. Les autres hypothèses d'étude sont les suivantes :
toutes les lignes de champ sont canalisées par le circuit magnétique ;
le champ magnétique est uniforme séparément dans chacune des pièces ferromagnétiques et dans les entrefers ;
pour le calcul de circulation du champ excitation magnétique H , on prend, pour chaque tronçon, la longueur de la ligne de champ moyenne.

❶ 1 – La conservation du flux du champ magnétique entraîne d'une part l'égalité $\Phi_{12} = \Phi_{21}$, d'autre part une relation entre Φ_{12} , Φ_{21} , Φ_{11} et Φ_{22} . Donner cette dernière relation.

❷ 2 – Dédurre du théorème d'Ampère la relation liant Φ_{12} , Φ_{21} , Φ_{11} et Φ_{22} . Dans la suite, la grandeur Φ_{12} sera nommée force magnétomotrice du circuit.

❸ 3 – Sachant que le tronçon 1 commence à se saturer pour Φ_{12} , donner l'expression et la valeur numérique de Φ_{12} pour lesquels le tronçon 2 commencera à se saturer lui aussi. Que représente le rapport Φ_{12} / Φ_{21} ?

❹ 4 – Donner, en fonction de Φ_{12} , Φ_{21} , Φ_{11} , Φ_{22} , Φ_{12} , Φ_{21} , Φ_{11} et Φ_{22} , l'expression littérale de Φ_{12} en régime non saturé Φ_{12} . Cette expression définit Φ_{12} par Φ_{12} ; Φ_{12} est appelée réluctance équivalente à l'ensemble du circuit magnétique lorsque celui-ci n'est pas saturé, Vérifier que Φ_{12} s'exprime en Φ_{12} (inverse de henry) et calculer sa valeur numérique.

❺ 5 – On suppose ici que Φ_{12} ; préciser l'état de saturation de chacune des parties. Lorsque Φ_{12} , on pose Φ_{12} . Préciser les dimensions respectives de C et D. Donner l'expression littérale de Φ_{12} en fonction de Φ_{12} . Les valeurs numériques des constantes Φ_{12} et Φ_{12} se déduisent des données de la Fig. 2 et l'on trouve Φ_{12} .

❻ 6 – On suppose maintenant que Φ_{12} . Donner l'expression littérale de Φ_{12} . Numériquement, on trouve Φ_{12} .

❼ 7 – Quelle est, formellement, l'analogie électrocinétique de la caractéristique Φ_{12} ? tracer sommairement cette caractéristique pour Φ_{12} . Rassembler dans le même tableau les relations numériques Φ_{12} et Φ_{12} correspondant aux trois états de saturation du circuit magnétique. Préciser les valeurs numériques des coordonnées des points anguleux de cette caractéristique. On les notera Φ_{12} et Φ_{12} .

❽ 8 – On pose Φ_{12} , où Φ_{12} et Φ_{12} . On ouvre le circuit de l'enroulement secondaire, de sorte que Φ_{12} . La figure ci-contre donne la courbe «à vide» Φ_{12} pour Φ_{12} . Cette courbe se déduit de la courbe Φ_{12} , compte-tenu de l'état de saturation du circuit. La construction

graphique est représentée sur la Fig. 4a, l'arche de sinusoïde $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$ est en trait d'épaisseur constante et $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$ est en traits d'épaisseur variable. Expliquer cette construction et donner l'allure de $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$ pour $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$.

Fig. 4a : Construction de $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$; en abscisse $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$ et en ordonnée $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$ et $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$ (en mWb).

9 – Le flux $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$ est toujours donné par son expression de la question 8. L'évolution de $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$ est représentée Fig. 4b (signal rectangulaire). L'allure de $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$ est rappelée. Représenter l'allure générale de $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$ pour $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$ en expliquant votre construction.

2 Étude d'un transformateur monophasé basse fréquence

Les enroulements primaire et secondaire d'un transformateur possèdent respectivement $N_{EMBED Equation.DSMT36}$ et $N_{EMBED Equation.DSMT36}$ spires, dont on négligera la résistance. On nomme $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$ le flux dans une section S du circuit magnétique sur lequel ces spires sont bobinées. La caractéristique idéale du circuit magnétique $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$, représentée ci-contre, est définie par les relations

$\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$,
où $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$, $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$, $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$ et $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$.

Le transformateur alimente un montage redresseur (Fig. 5a) imposant un courant secondaire $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$ de valeur moyenne dans le temps $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$ non nulle. L'interrupteur à semi-conducteur $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$ est idéalisé (Fig. 5b) : chute de tension $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$ nulle à l'état passant, courant de fuite $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$ nul à l'état bloqué. L'enroulement primaire est alimenté par une source de tension sinusoïdale $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$.

On constate que la valeur moyenne dans le temps de

$\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$, $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$, n'est pas nulle et l'on relève expérimentalement la relation $\Phi_{EMBED Equation.DSMT36}$

$\Phi_{EMBED Equation.DSMT36} = \Phi_{EMBED Equation.DSMT36} \cos \Phi_{EMBED Equation.DSMT36} t_{EMBED Equation.DSMT36} \text{ moy}$. 10 – Quelle est la valeur moyenne,

