

Examen Final

Mardi 15 Janvier 2019

Aucun document n'est autorisé – Calculatrice autorisée – Durée : 2h

Ce sujet comporte 4 pages.

Lisez attentivement et entièrement l'énoncé des exercices proposés.

Respectez les instructions de l'énoncé.

Écrivez votre nom sur vos copies et numérotez-les.

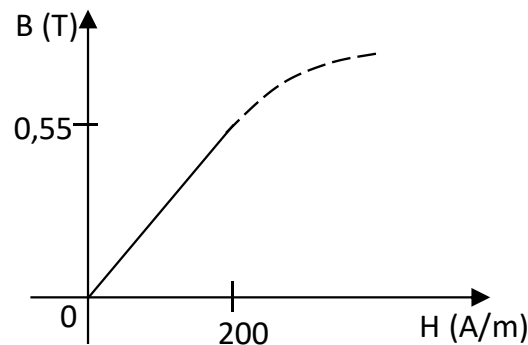
Tout prêt de matériel et toute collaboration sont strictement interdits.

L'utilisation du téléphone portable est interdite.

Exercice n°1 : 5 points

Un tore dépourvu d'entrefer, sur lequel on a réalisé une bobine, possède les caractéristiques suivantes :

$l = 2,5 \text{ cm}$, $S = 8 \text{ mm}^2$, $N = 20 \text{ spires}$, $\mu_r = 2200$ et constante jusqu'à $H = 200 \text{ A/m}$ (voir figure ci-dessous) :



En admettant les hypothèses suivantes :

- Circuit magnétique non saturé
- Pas de fuites magnétiques

On demande :

- 1) Que représente les grandeurs l , S , et μ_r ?
- 2) Calculer la perméabilité magnétique absolue μ_a qui compose ce tore.
- 3) Calculer la valeur de la réluctance du circuit magnétique et en déduire l'inductance propre de la bobine.
- 4) Que vaut le flux magnétique à travers toute la bobine ?
- 5) Déterminer le courant nécessaire à la bobine pour que le matériau soit à la limite de saturation.

Exercice n°2 : 6 points

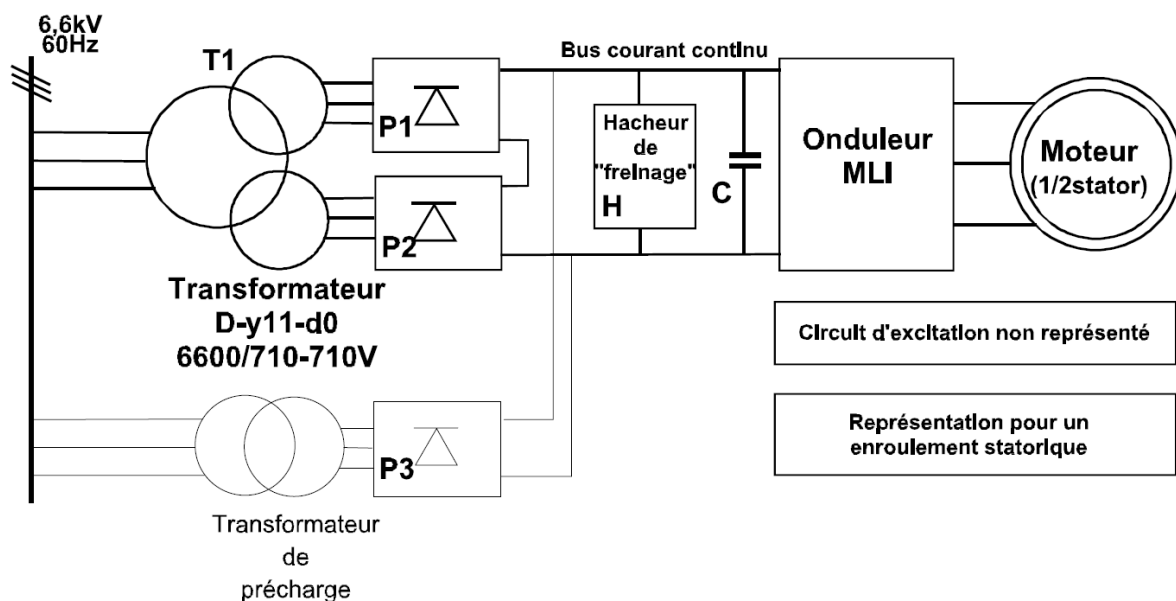
Un transformateur monophasé de puissance apparente nominale $S_n = 27,6 \text{ kVA}$, de tension primaire nominale $V_{1n} = 8,6 \text{ kV}$, fonctionne à la fréquence $f = 50 \text{ Hz}$. Dans un essai à vide sous tension primaire nominale on mesure au secondaire la tension $V_{20} = 132 \text{ V}$ et une puissance absorbée $P_{10} = 133 \text{ W}$.

Un essai en court-circuit sous tension réduite $V_{1cc} = 289V$ et à courant de court-circuit $I_{2cc} = I_{2n} = 210 A$ a permis de mesurer une puissance $P_{1cc} = 485 W$.

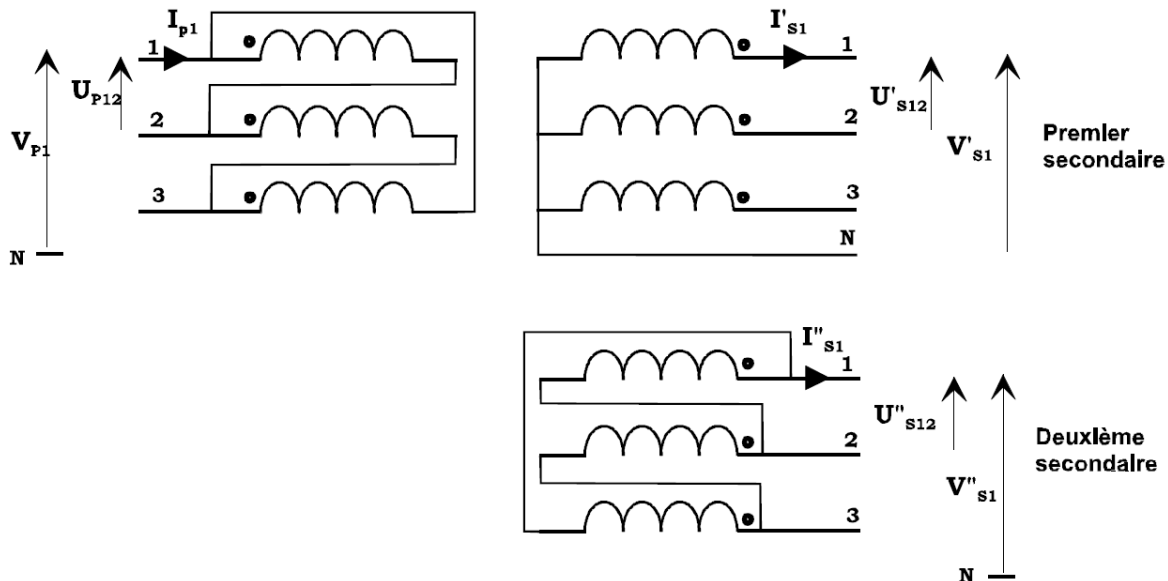
- 1) Le transformateur étant alimenté sous sa tension nominale V_{1n} , la section du noyau est $S = 380 \text{ cm}^2$, le champ magnétique maximale dans le noyau $B_{max} = 1,2 T$, quel est le nombre de spires N_1 de l'enroulement primaire.
- 2) Calculer le rapport de transformation m .
- 3) Montrer que les pertes dans le fer sont négligeables en court-circuit en supposant qu'elles sont proportionnelles au carré de la tension d'alimentation.
- 4) Calculer les paramètres R_s et X_s du schéma équivalent monophasé ramené au secondaire.
- 5) Le transformateur débite un courant nominal de $210 A$ sur une charge inductive de facteur de puissance $0,8$, déterminer la tension V_2 au secondaire.
- 6) Calculer le rendement du transformateur pour ce point de fonctionnement.

Exercice n°3 : 9 points

Sur un navire de croisière, les moteurs de propulsion, au nombre de deux, sont du type synchrone. Ils possèdent un double enroulement statorique triphasé, chacun de ces enroulements étant alimenté par un ensemble transformateur + redresseur + onduleur. Le schéma est donné ci-dessous.



L'étude porte sur le transformateur principal T1 (on considère que celui-ci fonctionne en régime alternatif sinusoïdal) dont le schéma est donné à la page suivante. Le transformateur est constitué de trois colonnes sur lesquelles sont bobinés un enroulement primaire et deux enroulements secondaires.



Les données constructeur sont les suivantes :

$$S = 5\,400 \text{ kVA}$$

Tensions composées :

$$6600\text{V} / 710\text{V} - 710\text{V à vide}$$

$$f = 60\text{Hz}$$

$U_{cc} = 7\%$ pour chaque secondaire

$$P_{\text{fer}} = 9 \text{ kW}, \text{ courant magnétisant } 0,4\% \text{ de } I_N$$

pertes en court-circuit au courant nominal, deux secondaires chargés (température de fonctionnement 115°C) : 33 kW

Les notations à utiliser sont les suivantes :

V_P tension simple primaire

U_P tension composée primaire

I_P courant en ligne primaire

J_P courant dans un enroulement primaire

V'_s tension simple pour le premier secondaire (V''_s tension simple pour le deuxième)

U'_s tension composée pour le premier secondaire (U''_s tension composée pour le deuxième)

I'_s courant en ligne pour le premier secondaire (I''_s pour le deuxième)

J''_s courant dans le deuxième enroulement secondaire

Rapports de transformation : (arrondir à quatre chiffres décimaux)

- 1) Calculer les rapports de transformation entre les tensions composées M' pour le premier secondaire et M'' pour le deuxième.
- 2) En tenant compte du couplage, calculer les rapports de transformation par colonne m' pour le premier secondaire et m'' pour le deuxième.

Courants :

- 3) La puissance apparente nominale du transformateur est donnée pour une charge égale des deux secondaires. Calculer les courants nominaux en ligne (I_{PN} , I'_{SN} et I''_{SN}) puis dans les enroulements primaires (J_{PN}) et secondaires (J''_{SN}).
- 4) Calculer la valeur du courant magnétisant.

Bilan énergétique :

- 5) Donner le schéma équivalent par colonne du transformateur triphasé en respectant rigoureusement les notations de la page précédente. Vous ferez apparaître un primaire et deux secondaires sur votre schéma équivalent.
- 6) A partir des données constructeur, et pour chaque secondaire, déterminer les impédances équivalentes Z'_s et Z''_s du schéma équivalent par colonne.
- 7) Calculer les résistances des enroulements ramenées au secondaire R'_s et R''_s . On supposera les pertes Joules équitablement réparties entre les deux secondaires.
- 8) Calculer les réactances de fuite ramenées au secondaire $L'_{s\omega}$ et $L''_{s\omega}$.
- 9) Calculer le rendement du transformateur en régime nominal si l'on considère un facteur de puissance unitaire pour les charges connectées aux deux secondaires.
On considérera que $R'_s = 1,141 \text{ m}\Omega$ et $R''_s = 3,423 \text{ m}\Omega$.

Indice horaire :

- 10) A l'aide d'un diagramme de Fresnel, justifier le couplage D-y11-d0 donné par le constructeur. Utiliser les notations du sujet. Les échelles seront 1 cm / 1000 V pour le primaire et 1 cm / 100 V pour les deux secondaires.