	ANNEE 2007-2008 ETAPE : LST2 (EEA3)/ IMA (MEC3) Examen d'électrotechnique Date : 03 Janvier 2008 Documents non autorisés Epreuve de <i>Mr Luc Lasne</i>	SESSION DE JANVIER 2008 UE : EEA 301 EXET Durée : 1h30 Nombre de pages : 1 recto/verso
---	---	--

Cette épreuve est constituée de deux exercices indépendants. Il est inutile de les rédiger sur des copies séparées, en revanche il est impératif de les repérer correctement. La présentation générale et la qualité de la rédaction entreront dans la notation.

Exercice 1 : Circuit Magnétique et approche du transformateur

Dans cet exercice, on s'intéresse à un circuit magnétique homogène sur lequel sont bobinés deux enroulements. Le *bobinage 1* comporte N_1 spires et est placé sous la tension sinusoïdale v_1 , le *bobinage 2* comporte N_2 spires et est considéré comme ouvert dans un premier temps.

Une coupe du circuit magnétique et la disposition des bobinages sont représentés sur la *figure 1*. L'objectif de l'exercice est de déterminer les relations existant entre les tensions et les courants des deux bobinages.

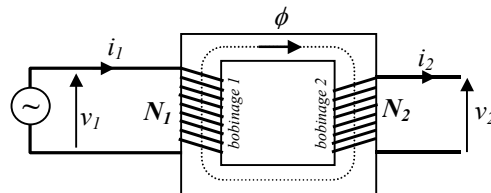


Figure 1

On donne les dimensions et caractéristiques suivantes :

- Longueur moyenne du circuit magnétique : $l=50\text{ cm}$, Section : $S=20\text{ cm}^2$, perméabilité relative : $\mu_r=1500$.

- 1) Rappeler la formule « tension / induction / fréquence » énoncée dans le cours.
- 2) On souhaite placer le *bobinage 1* sous une tension alternative sinusoïdale de valeur efficace $V_1=230\text{ V}$ à la fréquence $f=50\text{ Hz}$. Calculer le nombre minimal de spires N_1 permettant de ne pas dépasser la valeur d'induction maximale $B_{\max}=1,8\text{ T}$ dans le matériau magnétique.
- Dans toute la suite du problème on considèrera la valeur fixe : $N_1=300$ spires.
- 3) Calculer la réluctance \mathcal{R} du circuit magnétique.
- 4) Ecrire l'expression du flux circulant dans le circuit magnétique : ϕ en fonction de \mathcal{R} , N_1 et i_1 .
- 5) Préciser l'expression et la valeur de l'inductance que représente le *bobinage 1* : L_1 .
- 6) Quelle relation vérifie cette inductance ?
- 7) Calculer l'expression et la valeur de l'inductance mutuelle M existant entre les deux bobinages sachant qu'elle vérifie la relation : $\phi_{2T}=M \cdot i_1$ où ϕ_{2T} est le flux total intercepté par le *bobinage 2*.
- 8) En écrivant la loi de Lenz pour chacun des bobinages, écrire les expressions des tensions v_1 et v_2 en fonction de $\frac{di_1}{dt}$.
- 9) En déduire l'expression du rapport $\frac{v_2}{v_1}$. Calculer alors le nombre de spires N_2 permettant à la tension v_2 de présenter une valeur efficace $V_2=127\text{ V}$.
- On considère maintenant que le *bobinage 2* est connecté à une résistance $R=50\ \Omega$.
- 10) En supposant la tension v_2 de valeur efficace $V_2=127\text{ V}$, calculer la valeur efficace du courant i_2 : I_2 .

- 11) Représenter le schéma équivalent du circuit magnétique faisant apparaître la réluctance et les diverses forces magnétomotrices. On portera une attention particulière aux sens conventionnels des flux et des « *fmm* ».
- 12) En écrivant la relation de maille sur ce schéma équivalent, écrire l'équation qui relie \dot{i}_1 , \dot{i}_2 et ϕ .
- 13) En supposant que le terme $\Re \phi$ est négligeable dans cette relation, quelle est l'expression du quotient $\frac{\dot{i}_2}{\dot{i}_1}$? Quelle relation existe-t'il entre les puissances instantanées $v_1 \dot{i}_1$ et $v_2 \dot{i}_2$?

Exercice 2 : Triphasé, charges étoiles (Y) et triangle (Δ)

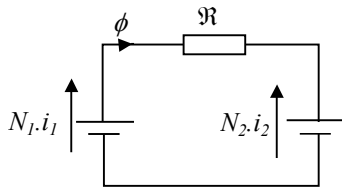
- On considère une charge triphasée équilibrée constituée de trois impédances identiques $\underline{Z} = Z \cdot e^{j\phi} = 10 + j \cdot 20$ câblées en étoile sur un système de tensions triphasées 230 V / 400 V.
- 1) Représenter le schéma électrique correspondant à ce système. Repérer sur ce schéma les tensions simples (\underline{V}_1 , \underline{V}_2 , \underline{V}_3) et les tensions composées (\underline{U}_{12} , \underline{U}_{23} , \underline{U}_{31}).
 - 2) Quelle relation relie les valeurs efficaces U et V de ces tensions ?
 - 3) Calculer l'expression littérale et la valeur du courant efficace I absorbé par chaque phase.
 - 4) Préciser la valeur du déphasage courant / tension sur chaque phase. Préciser alors les expressions et les valeurs des puissances active et réactive consommées par cette charge.
- On considère à présent trois impédances $\underline{Z}' = Z' \cdot e^{j\phi} = 30 + j \cdot 60$ câblées en triangle sur le même système de tensions triphasées. On appellera J' le courant de phase efficace circulant dans les impédances \underline{Z}' . On appellera I' la valeur efficace du courant de ligne.
- 5) Représenter le schéma électrique correspondant à ce système. Repérer sur ce schéma les tensions composées (\underline{U}_{12} , \underline{U}_{23} , \underline{U}_{31}).
 - 6) Quelle relation relie I' et J' ? Calculer alors les expressions et les valeurs de I' et J' .
 - 7) Préciser l'expression et les valeurs des puissances active et réactive absorbées par cette charge.
 - 8) Ces résultats auraient-ils pu être prévisibles étant donnés les valeurs de \underline{Z} et \underline{Z}' ?
 - 9) Représenter sur un diagramme de Fresnel les tensions simples (\underline{V}_1 , \underline{V}_2 , \underline{V}_3), les tensions composées (\underline{U}_{12} , \underline{U}_{23} , \underline{U}_{31}) ainsi que les trois courants de ligne : (\underline{I}_1 , \underline{I}_2 , \underline{I}_3). Il n'est pas nécessaire de respecter d'échelle précise mais en revanche de préciser sur le diagramme les grandeurs nécessaires à la compréhension.

Fin de l'énoncé

Correction

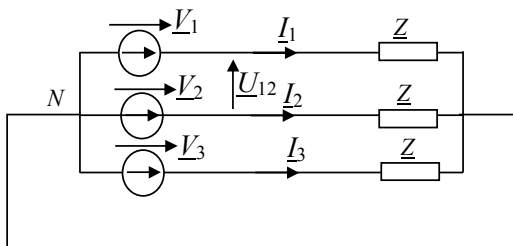
Exercice 1 : Circuit Magnétique

- 1) $V = 4,44 \cdot N \cdot B_{\max} \cdot S \cdot f$
- 2) $N_1 \min = \frac{230}{4,44 \times 1,8 \times 20 \cdot 10^{-4} \times 50} = 288 \text{ spires}$
- 3) $\mathfrak{R} = \frac{l}{\mu \cdot S} = \frac{0,5}{1500 \times 4\pi \cdot 10^{-7} \times 20 \cdot 10^{-4}} = 132629 \text{ H}^{-1}$
- 4) $N_1 \cdot I = \mathfrak{R} \phi \Rightarrow \phi = \frac{N_1 \cdot \dot{i}}{\mathfrak{R}}$
- 5) $L_1 = \frac{N_1^2}{\mathfrak{R}} = \frac{300^2}{132629} = 0,68 \text{ H}$
- 6) Cette inductance vérifie la relation : $\phi_T = N_1 \cdot \phi = L_1 \cdot \dot{i}$
- 7) $\phi_{2T} = N_2 \cdot \phi = \frac{N_2 \cdot N_1 \cdot \dot{i}}{\mathfrak{R}}$ comme $\phi_{2T} = M \cdot \dot{i}$ on en déduit : $M = \frac{N_2 \cdot N_1}{\mathfrak{R}}$.
- 8) $v_1 = N_1 \cdot \frac{d\phi}{dt} = L_1 \cdot \frac{d\dot{i}}{dt}$ et $v_2 = N_2 \cdot \frac{d\phi}{dt} = M \cdot \frac{d\dot{i}}{dt}$
- 9) $\frac{v_2}{v_1} = \frac{M}{L_1} = \frac{N_2}{N_1}$ $\frac{v_2}{v_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{127}{230} = 0,55 = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow N_2 = 166 \text{ spires}$
- 10) $I_2 = \frac{V_2}{R} = 2,54 \text{ A}$

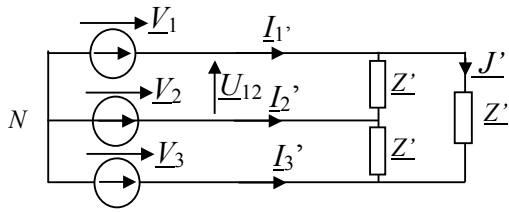


- 11)
- 12) $N_1 \cdot \dot{i} - N_2 \cdot \dot{i}_2 = \mathfrak{R} \cdot \phi$
- 13) $N_1 \cdot \dot{i} - N_2 \cdot \dot{i}_2 = \mathfrak{R} \cdot \phi \approx 0$ d'où $N_1 \cdot \dot{i} = N_2 \cdot \dot{i}_2$ et $\frac{\dot{i}_2}{\dot{i}} = \frac{N_1}{N_2}$. Ainsi $\frac{v_2}{v_1} \times \frac{\dot{i}_2}{\dot{i}} = \frac{N_2}{N_1} \times \frac{N_1}{N_2} = 1$ et $v_1 \cdot \dot{i} = v_2 \cdot \dot{i}_2$

Exercice 2 : Triphasé, charges étoiles (Y) et triangle (Δ)



- 1)
- 2) $U = \sqrt{3} \cdot V$
- 3) $I = \frac{V}{Z} = \frac{230}{\sqrt{10^2 + 20^2}} = 10,28 \text{ A}$
- 4) $\varphi = \text{Arctan} \frac{20}{10} = 1,107 \text{ rad} = 63,4^\circ$ $P = 3 \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi = 3172 \text{ W}$ $Q = 3 \cdot V \cdot I \cdot \sin \varphi = 6340 \text{ VAR}$



5)

6) $I = \sqrt{3} \cdot J$ et $J = \frac{U}{Z} = \frac{400}{\sqrt{30^2 + 60^2}} = 5,96 \text{ A}$ ainsi : $I = \sqrt{3} \cdot J = 10,3 \text{ A}$

7) $P = 3 \cdot \text{Re}(Z) \cdot J^2 = 3 \times 30 \times (5,96^2) = 3190 \text{ W}$ $Q = 3 \cdot \text{Im}(Z) \cdot J^2 = 3 \times 60 \times (5,96^2) = 6394 \text{ VAR}$

8) Les puissances associées aux charges sont les mêmes aux arrondis de calcul près. C'est normal car ces deux charges sont les équivalents étoile / triangle ($Z_{\text{triangle}} = 3 \cdot Z_{\text{étoile}}$)

9)

