



17/01/2024

Examen S1

Electrotechnique fondamentale I

2^{ème} A ST (S3) FAMILLE-A

Durée : 1H : 30 min

Exercice N°1: (08 points)

I) On considère le circuit de la figure 1. La grandeur complexe V représente ainsi une tension sinusoïdale de valeur efficace $U=220\text{ V}$, de déphasage 0° et de fréquence $f=50\text{ Hz}$. $\{u(t)=220.\sqrt{2}.\sin(314t)\}$.

- 1) Calculer la valeur numérique de l'impédance complexe équivalente à l'ensemble du circuit.
- 2) Calculer et exprimer les expressions temporelles des intensités du courant I_T, I_1, I_2 dans chaque branche et des tensions aux bornes de chaque dipôle.
- 3) Calculer les valeurs de la puissance active et réactive totales consommées par le circuit ainsi que le facteur de puissance global de ce récepteur.

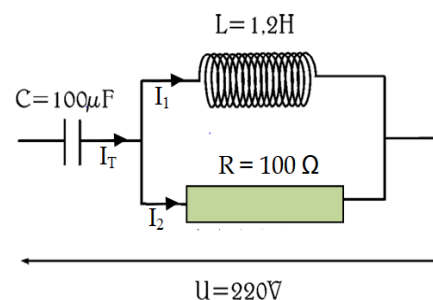


Figure 1

II) On s'intéresse à l'installation électrique triphasée 230 V/400 V d'un atelier comportant :

- ❖ Des luminaires et des appareils de bureautique représentant 6 kW répartis uniformément sur les trois phases et de facteur de puissance unitaire.
 - ❖ Trois moteurs triphasés consommant chacun 5 kW avec un facteur de puissance de 0,8 et câblés en triangle.
 - ❖ Un appareillage particulier représentant trois impédances identiques $Z = (10+15j)\ \Omega$, câblées en triangle sur les phases.
- 1) Déterminer les valeurs des deux tensions indiquées sur la plaque signalétique du moteur.
 - 2) Calculer les puissances actives P_z et réactives Q_z consommées par les impédances Z .
 - 3) Calculer la puissance : active totale, réactive totale et apparente de l'installation puis calculer le courant de ligne I consommé ainsi que la valeur du facteur de puissance de l'atelier, (ce facteur est-il tolérable par le fournisseur d'énergie sachant que ce dernier facture des taxes aux utilisateurs pour un f.p en dessous de 0,8) ?
 - 4) Calculer la valeur des capacités C , câblées en étoile, permettant de relever le facteur de puissance à la valeur 1. En déduire la valeur des capacités C , câblées en triangle à installer pour le même effet. Quelles sont les améliorations apportées par le relèvement du facteur de puissance
 - 5) Calculer, dans le cas de la question précédente, l'impédance à laquelle l'atelier est équivalent.

Exercice N°2: (04,50points)

Soit le circuit magnétique de la figure 2, on suppose que la perméabilité du noyau magnétique est constante $\mu = 2000\ \mu_0$.

- 1) Donner le circuit électrique équivalent et calculer la réluctance magnétique totale équivalente.
- 2) Calculer l'inductance propre L_1 de la bobine N_1 , l'inductance propre L_2 de la bobine N_2 et l'inductance mutuelle M entre les deux bobines.
- 3) Une source de tension sinusoïdale 100V (efficace) /400Hz est connectée à la bobine 1. Une résistance R de $50\ \Omega$ est connectée à la bobine 2. Calculer la tension V_2 au borne de R et le courant I_1

On donne $\mu_0 = 4.\pi.10^{-7}$

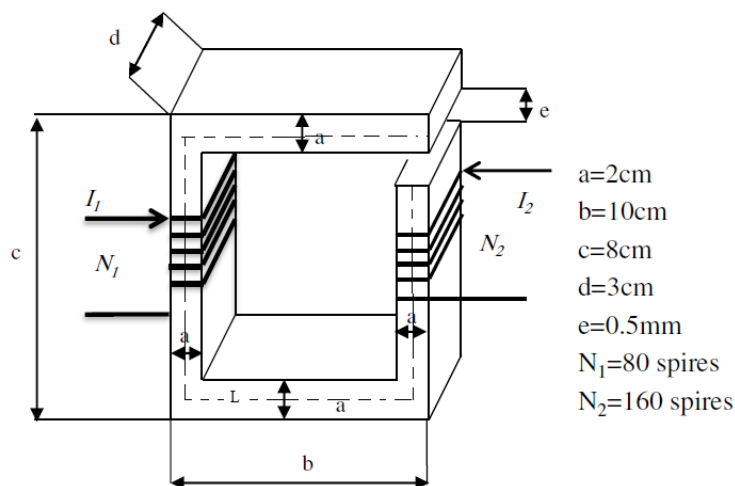


Figure 2-

Bonne chance

Correction de l'examen semestriel du module d'électrotechnique Fondamentale 1 ETTF1 (2023/2024) (partie exercices)

Exercice N°1: (08 points)

I) 1)

$$\begin{aligned}\bar{Z}_{RL} &= \frac{jRL\omega}{R + jL\omega} = \frac{j37680}{100 + j376,8} = \frac{37680e^{j90}}{389,8e^{j75,13}} = 96,66e^{j(90-75,13)} = 96,66e^{j14,87} = 96,66(\cos 14,87 + j \sin 14,87) \\ &= 93,42 + j24,8\end{aligned}$$

0,5 pt

❖ Détermination de l'impédance complexe totale \bar{Z} :

$$\bar{Z} = \frac{1}{jC\omega} + \bar{Z}_{RL} = -j31,84 + 93,42 + j24,8 = 93,42 - j7,04 = 93,68e^{-j4,3}$$

$$\bar{Z} = 93,7e^{-j4,3^\circ}$$

0,5 pt

2)

❖ Détermination des grandeurs partielles complexes :

Les intensités et les tensions seront déterminées par rapport à la tension totale \bar{U} .

On a alors:

$$\bar{U} = Ue^{j0} = 220e^{j0}$$

○ Détermination du courant total:

$$\bar{I} = \frac{\bar{U}}{\bar{Z}} = \frac{220}{93,7e^{-j4,3^\circ}} = 2,35e^{j4,3^\circ}$$

$$\begin{aligned}\bar{I} &= 2,35e^{j4,3^\circ} \\ i(t) &= 2,35\sqrt{2} \sin(314t + 0,075)\end{aligned}$$

0,25 pt

○ Détermination de la tension $u_Z(t)$:

$$\bar{U}_Z = \bar{Z}_{RL} \cdot \bar{I} = 96,66e^{j14,87} \cdot 2,35e^{j4,3} = 227,15e^{j19,17^\circ}$$

$$\begin{aligned}\bar{U}_Z &= 227,15e^{j19,17^\circ} \\ u_Z(t) &= 227,15 \sin(314t + 0,33)\end{aligned}$$

0,25 pt

○ Détermination de l'intensité \bar{I}_L :

$$\bar{I}_L = \frac{\bar{U}_Z}{jL\omega} = \frac{\bar{U}_Z}{L\omega e^{j90^\circ}} = \frac{227,15e^{j19,17}}{376,8e^{j90}} = 0,6e^{j(19,17-90)} = 0,6e^{-j70,83^\circ}$$

$$\begin{aligned}\bar{I}_L &= 0,6e^{-j70,83^\circ} \\ i_L(t) &= 0,6\sqrt{2} \sin(314t - 1,24)\end{aligned}$$

0,25 pt

- Détermination de l'intensité \bar{I}_R :

$$\bar{I}_R = \frac{\bar{U}_Z}{R} = \frac{227,15 e^{j19,17}}{100} = 2,27 e^{j19,17^\circ}$$

$$\bar{I}_R = 2,27 e^{j19,17^\circ} \quad \mathbf{0,25 \text{ pt}}$$

$$i_R(t) = 2,27\sqrt{2} \sin(314t + 0,33)$$

- Détermination de la tension \bar{U}_C :

$$\bar{U}_C = \frac{\bar{I}}{jC\omega} = \frac{2,35 e^{j4,3}}{0,0314 e^{-j90}} = 74,84 e^{j(4,3+90)} = 74,84 e^{j94,3^\circ}$$

$$\bar{U}_C = 74,84 e^{j94,3^\circ} \quad \mathbf{0,25 \text{ pt}}$$

$$u_C(t) = 74,84\sqrt{2} \sin(314t + 1,65)$$

3) Calcule de puissances & facteur de puissance du circuit :

Puissance active $P_T = R \cdot I_2^2 = 100 \cdot (2,27)^2 = 515,29 \text{ W}$. **0,25 pt**

Puissance réactive $Q_T = X_L \cdot I_1^2 - X_C \cdot I_T^2 = 376,8 \cdot (0,6)^2 - 31,84 \cdot (2,35)^2 = -40,18 \text{ VAR}$ **0,25 pt**

$F = \cos\varphi = \cos(-4,3^\circ) = 0,99$ **0,25 pt**

II)

1) les valeurs des deux tensions indiquées sur la plaque signalétique du moteur 400V / 680 V. **0,5 pt**

2) Le courant efficace qui traverse les trois impédances vaut : $J = \frac{V}{\sqrt{10^2 + 15^2}} = 12,7 \text{ A}$ **0,25 pt**

La puissance réactive est due à la partie active des trois impédances et peut s'écrire :

$$P_Z = 3 \times 10 \cdot J^2 = 4,83 \text{ kW} \quad \mathbf{0,25 \text{ pt}}$$

La puissance réactive est due à la partie réactive des impédances.

$$Q_Z = 3 \times 15 \cdot J^2 = 7,25 \text{ kVAR} \quad \mathbf{0,25 \text{ pt}}$$

3) $P_{\text{total}} = 6 \text{ kW} + 3 \times 5 \text{ kW} + P_Z = 25,83 \text{ kW}$ **0,5 pt**

$$Q_{\text{total}} = 0 \text{ VAR} + 3 \times 5 \cdot 10^3 \times \tan(\arccos(0,8)) + Q_Z = 18,5 \text{ kVAR} \quad \mathbf{0,5 \text{ pt}}$$

$$S_{\text{total}} = \sqrt{P_{\text{total}}^2 + Q_{\text{total}}^2} = 31,77 \text{ kVA} \quad \mathbf{0,25 \text{ pt}}$$

$$S_{\text{total}} = 3 \cdot V \cdot I \text{ d'où : } I = \frac{S_{\text{total}}}{3V} = 46 \text{ A} \quad \mathbf{0,25 \text{ pt}}$$

$$\text{Le facteur de puissance s'écrit : } \cos\varphi = \frac{P_{\text{total}}}{S_{\text{total}}} = 0,81 \quad \mathbf{0,25 \text{ pt}}$$

Ce facteur de puissance est juste supérieur à la limite de 0,8 en dessous de laquelle les fournisseurs d'énergie électrique facturent des taxes aux utilisateurs. **0,25 pt**

4)

Trois capacités C en étoile consomment la puissance réactive : $Q_C = -3 \cdot \frac{V^2}{\frac{1}{C\omega}} = -3C\omega V^2$

Pour obtenir un facteur de puissance unitaire, il faut que la puissance réactive totale de l'installation et des capacités soit nulle. On écrit donc :

$$Q_C = -3C\omega V^2 = -Q_{\text{total}} = -18,5 \text{ kVAR} \quad \mathbf{0,25 \text{ pt}}$$

$$\text{On en déduit : } C = \frac{18,5 \text{ kVAR}}{3\omega V^2} = \frac{18,5 \text{ kVAR}}{3 \times 2\pi \times 50 \times 230^2} = 0,37 \text{ mF} \quad \mathbf{0,25 \text{ pt}}$$

La valeur des capacités C , câblées en triangle $Q_C = -3C\omega U^2$ donc $C_A = C_Y/3 = 0,12 \text{ mF} \quad \mathbf{0,25 \text{ pt}}$

Les améliorations apportées par le relèvement du facteur de puissance :

diminution de la puissance réactive $\rightarrow I_2$ (après compensation) est plus faible que I_1 (avant compensation) (limitation du courant) \rightarrow diminution de la section des câbles \rightarrow économie de cuivre ligne \rightarrow gain économique \rightarrow diminution des pertes \rightarrow augmentation du facteur de puissance \rightarrow appréciation du fournisseur de l'énergie (SONELGAZ) \rightarrow bonus + privilège $\mathbf{0,5 \text{ pt}}$

5)

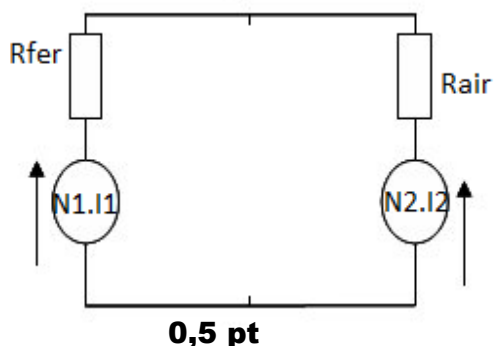
8) La puissance réactive totale étant nulle, l'installation est équivalente à trois résistances pures de même valeur R sur chaque phase.

$$\text{Cette résistance, } R, \text{ est telle que : } P_{\text{total}} = 25,83 \text{ kW} = 3 \frac{V^2}{R}$$

$$\text{On en déduit : } R = \frac{3V^2}{P_{\text{total}}} = 6,14 \text{ } \Omega \quad \mathbf{0,5 \text{ pt}}$$

Exercice N°2: (05 points)

1) Le circuit électrique équivalent



La section et la longueur du circuit magnétique :

$$S = a \times d = 0.0006 \text{ m}^2$$

$$l_{fer} = 2 [(b - a) + (c - a)] = 0.28 \text{ m}$$

La réluctance du circuit magnétique :

$$\mathfrak{R} = \mathfrak{R}_{fer} + \mathfrak{R}_{air} = \frac{l_{fer}}{\mu_0 \mu_r S} + \frac{e}{\mu_0 S} = 8.4883 \cdot 10^5 \text{ At/Wb}$$

2)

1,5 pt

L'inductance propre de la bobine 1 :

$$L_1 = \frac{N_1^2}{\mathfrak{R}} = \frac{80^2}{8.4883 \times 10^5} = 0.0075 \text{ H} \quad \mathbf{0,5 \text{ pt}}$$

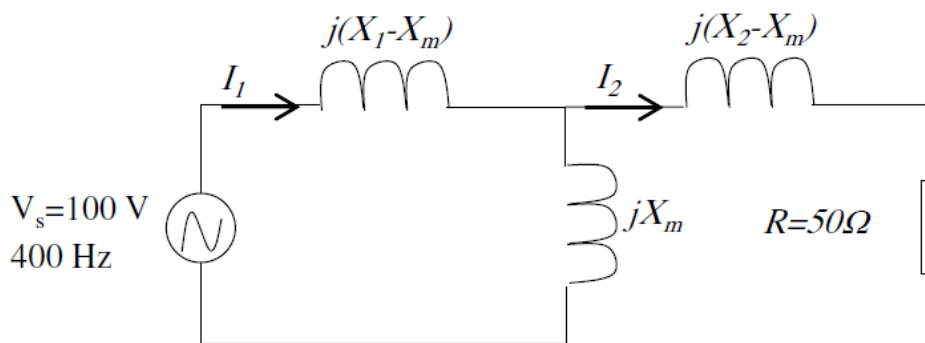
L'inductance propre de la bobine 2 :

$$L_2 = \frac{N_2^2}{\mathfrak{R}} = \frac{160^2}{8.4883 \times 10^5} = 0.03 \text{ H} \quad \mathbf{0,5 \text{ pt}}$$

L'inductance mutuelle :

$$M = \frac{N_1 N_2}{\mathfrak{R}} = \frac{160 \times 80}{8.4883 \times 10^5} = 0.015 \text{ H} \quad \mathbf{0,5 \text{ pt}}$$

3)



Avec :

$$X_1 = \omega L_1 = 18.95 \Omega$$

$$X_2 = \omega L_2 = 75.8 \Omega$$

$$X_m = \omega M = 37.9 \Omega$$

Impédance équivalente vue par la source \$V_s\$:

$$\underline{Z}_1 = j(X_1 - X_m) + \frac{j(X_m) \times (R + j(X_2 - X_m))}{(R + j(X_2 - X_m)) + j(X_m)} = 10.43 \angle 33.4^\circ \Omega \quad \mathbf{0,5 \text{ pt}}$$

Le courant \$I_1\$ est :

$$\underline{I}_1 = \frac{V_s}{\underline{Z}_1} = \frac{100 \angle 0^\circ}{10.43 \angle 33.4^\circ} = 9.58 \angle -33.4^\circ \text{ A} \quad \mathbf{0,25 \text{ pt}}$$

Le courant \$I_2\$ est calculé par la loi du diviseur de courant :

$$\underline{I}_2 = \frac{jX_m}{j(X_2 - X_m) + jX_m + R} \underline{I}_1 = 4 \angle 0^\circ \text{ A}$$

La tension \$V_2\$ est :

$$\underline{V}_2 = \underline{Z}_2 \underline{I}_2 = 50 \times 4 \angle 0^\circ = 200 \angle 0^\circ \text{ V} \quad \mathbf{02,5 \text{ pt}}$$