

Examen UE
CORRECTION - EC SYSTEMES ELECTRIQUES – M. ALCHOURROUN

Lundi 8 Juin 2009 9h30-11h
salle 3102
surveillant(s) : M. Alchourroun

durée conseillée : 1h30

I - QUESTIONS DE COURS (6 points)

I.a. – Donnez une définition du courant électrique. (1 point)

Le courant électrique circulant dans un câble est égal au débit de charge électrique au travers d'une section droite du câble par unité de temps. L'unité utilisée est l'Ampère (A). Soit dQ la charge traversant la section durant une durée dt et $i(t)$ le courant, alors :

$$i(t) = \frac{dQ}{dt}$$

I.b. – Rappelez les différents niveaux de tension normalisés. (0,5 point)

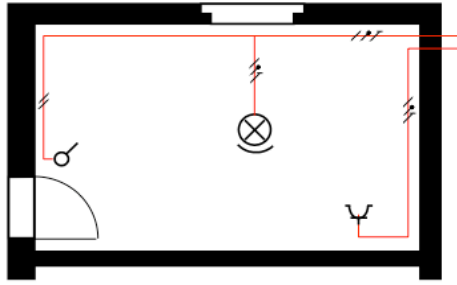
Domaines de tension	Tension U_n (en volts)	
	Courant alternatif	Courant continu
TBT	$U_n \leq 50$ V	$U_n \leq 120$ V
BT	BTA $50 < U_n \leq 500$	$120 < U_n \leq 750$
	BTB $500 < U_n \leq 1\ 000$	$750 < U_n \leq 1\ 500$
HT	HTA $1\ 000 < U_n \leq 50\ 000$	$1\ 500 < U_n \leq 75\ 000$
	HTB $U_n > 50\ 000$	$U_n > 75\ 000$

I.c. – Quel est le principal mode de production de l'énergie électrique ? Sur quel principe physique est-il basé ? (2 points)

95% de l'énergie électrique est produite par des alternateurs synchrones. Ils transforment une énergie mécanique en énergie électrique : le champ magnétique permanent du rotor est mis en rotation mécaniquement par la turbine ; les bobines du stator sont alors balayées par un champ magnétique tournant qui les soumet un flux magnétique variable ; par induction, un courant électrique apparaît dans les bobinages du stator.

Ce principe se retrouve dans les centrales thermiques, nucléaires, les éoliennes, les usines marée motrices, les groupes électrogènes...

I.d. – Le schéma ci-dessous est-il un schéma architectural, multifilaire, développé ou unifilaire ? Quelle est son utilité ? Nommez les trois matériels représentés ? (1,5 points)



Le schéma représenté est un schéma unifilaire. Il sert au dépannage des installations électriques. Les matériels symbolisés sont de gauche à droite : un interrupteur, une lampe et une prise électrique.

I.e. – Quel est l'intérêt, dans le cas d'une installation industrielle, de disposer de tableaux électriques secourus ? (1 point)

Une installation électrique industrielle doit répondre à deux objectifs : maximiser sa disponibilité, pour des raisons de rentabilité, et garantir l'alimentation des organes de régulation des processus dangereux, pour des raisons de sécurité. Disposer de tableaux électriques secourus participe de ces deux objectifs : en cas de maintenance il est possible de réalimenter certaines chaînes de production, et en cas de coupure du réseau les organes de régulation restent alimentés. Les sources d'énergie de secours sont classiquement des batteries ou des groupes électrogènes de puissance adéquate.

II – EXERCICE A : Bilan de puissances (6,5 points)

On rappelle les relations suivantes :

En régime sinusoïdal monophasé $P = UI\cos\varphi$; $Q = UI\sin\varphi$; $S = UI$; $S^2 = P^2 + Q^2$; $k = \cos\varphi$

En régime sinusoïdal triphasé équilibré $P = \sqrt{3}UI\cos\varphi$; $Q = \sqrt{3}UI\sin\varphi$; $S = \sqrt{3}UI$; $S^2 = P^2 + Q^2$; $k = \cos\varphi$

On alimente sous la tension 230 volts du secteur un poste de travail constitué de 12 lampes de 100 W et d'un moteur de puissance utile 3 680 W. À pleine charge, le rendement du moteur est $\eta = 0,75$ et le facteur de puissance 0,707.

II.a. – Montrez que la puissance électrique absorbée par le moteur est $P_a = 4\,907\text{W}$. (0,5 points)

Soit P_u la puissance utile.

$$P_u = \eta \cdot P_a$$

$$\text{i.e. } P_a = P_u / \eta$$

$$\text{i.e. } P_a = 3680 / 0,75$$

$$\text{i.e. } \underline{P_a = 4907\text{ W}}$$

II.b. – Calculez les puissances réactives et apparentes consommées par le moteur. (1 point)

Soient S_a la puissance apparente et Q_a la puissance réactive absorbées.

$$P_a = S_a \cdot \cos\varphi$$

$$\text{i.e. } S_a = P_a / \cos\varphi$$

$$\text{i.e. } S_a = 4907 / 0,707$$

$$\text{i.e. } \underline{S_a = 6940\text{ VA}}$$

$$S_a^2 = P_a^2 + Q_a^2$$

$$\text{i.e. } Q_a = \sqrt{S_a^2 - P_a^2}$$

$$\text{i.e. } Q_a = \sqrt{6940^2 - 4907^2}$$

$$\text{i.e. } \underline{Q_a = 4907\text{ VAR}}$$

II.c. – Calculez la valeur efficace du courant de ligne absorbé par le moteur. (0,5 points)

Soit $U = 400\text{V}$ la tension composée et I la valeur efficace du courant.

$$P_a = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$$

$$\text{i.e. } I = P_a / (\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi)$$

$$\text{i.e. } I = 4907 / (\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,707)$$

$$\text{i.e. } \underline{I = 10\text{ A}}$$

II.d. – Ecrivez l'équation horaire du courant de ligne appelé par le moteur. (1 point)

$\cos\varphi = 0,707$ d'où $m = \pm 0,78\text{ rad}$. On est en présence d'une charge inductive, donc le courant est en retard sur la tension. On

II.e. – Calculez les puissances actives, réactives et apparentes de l'ensemble de l'installation. (2,5 points)

Les lampes se comportent comme des résistances et ne consomment que de la puissance active.

Soient P_T , Q_T et S_T les puissances totales absorbées par l'installation. D'après le théorème de Boucherot, nous avons :

$$\begin{aligned}P_T &= \sum P_i \\Q_T &= \sum Q_i \\S_T^2 &= P_T^2 + Q_T^2\end{aligned}$$

Par conséquent :

$$\begin{aligned}P_T &= 4907 + 12.100 \\ \text{i.e. } P_T &= \underline{6107 \text{ W}} \\ Q_T &= \underline{4907 \text{ VAR}} \\ S_T &= \sqrt{6107^2 + 4907^2} \\ \text{i.e. } S_T &= \underline{7835 \text{ VA}}\end{aligned}$$

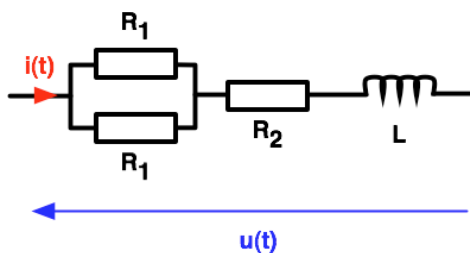
II.f. – En déduire le facteur de puissance de l'installation. Comment pourrait-on l'améliorer ? (1 point)

$$\begin{aligned}k &= P_T/S_T \\ \text{i.e. } k &= 6107/7835 \\ \text{i.e. } k &= \underline{0,78}\end{aligned}$$

La méthode classique pour améliorer le facteur de puissance d'une installation consiste à coupler en triangle au réseau des condensateurs de valeur adéquate. Ceux-ci fournissent de la puissance réactive, ce qui diminue S_T à puissance active constante et donc augmente k .

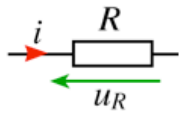
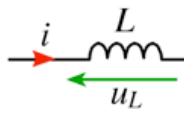
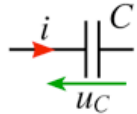
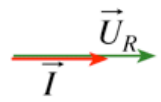
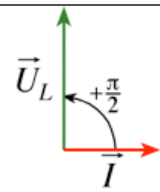
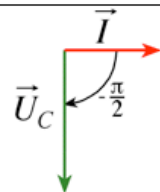
III – EXERCICE B : Diagrammes de Fresnel (7,5 points)

On considère le montage suivant :

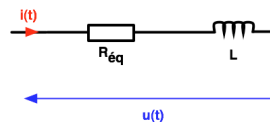


Avec $U = 230\text{V}$; $R_1 = 200\Omega$; $R_2 = 50\Omega$; $L = 300\text{mH}$.

III.a. – Complétez le tableau ci-dessous. (1 point)

	Résistance R	Inductance L	Capacité C
Schéma			
Equation fondamentale	$u_R = Ri$	$u_L = L \frac{di}{dt}$	$i = C \frac{du_C}{dt}$
Impédance Z (Ω)	$Z_R = R$	$Z_L = L\omega$	$Z_C = \frac{1}{C\omega}$
Relation entre les valeurs efficaces	$U_R = R.I$	$U_L = L\omega.I$	$U_C = \frac{1}{C\omega}.I$
Déphasage φ (rad)	$\varphi_R = 0$	$\varphi_L = \frac{\pi}{2}$	$\varphi_C = -\frac{\pi}{2}$
Représentation de Fresnel			
Puissance active P (W)	$P_R = U_R I = RI^2 = \frac{U^2}{R}$ R absorbe P	0	0
Puissance réactive Q (VAR)	0	$Q_L = U_L I = L\omega I^2$ L absorbe Q	$Q_C = -U_C I = -C\omega U_C^2$ C fournit Q

III.b. – Montrez qu'on peut ramener le montage précédent au montage ci-dessous avec $R_{\text{éq}} = 150\Omega$. (1 point)



D'après les lois d'association de résistance, on a :

$$R_{\text{éq}} = R_1 // R_2$$

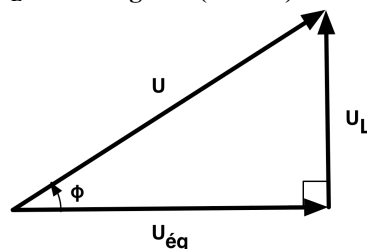
$$\text{i.e. } R_{\text{éq}} = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$$

$$\text{i.e. } R_{\text{éq}} = 200 \cdot 200 / 400 + 50$$

$$\text{i.e. } \underline{R_{\text{éq}} = 150 \Omega}$$

III.c. – Tracez à main levé le diagramme de Fresnel reliant les tensions aux bornes de $R_{\text{éq}}$ et de L, ainsi que $u(t)$. (1 point)

Soient $u_L(t)$ et $u_{\text{éq}}(t)$ les tensions aux bornes de L et de $R_{\text{éq}}$; soient U_L , $U_{\text{éq}}$, U et I les vecteurs de Fresnel associés aux grandeurs du problème. On a alors d'après les lois de Kirchoff $u(t) = u_L(t) + u_{\text{éq}}(t)$, et dans l'espace des vecteurs de Fresnel $U = U_L + U_{\text{éq}}$. D'après le tableau III.a. , $U_{\text{éq}}$ est colinéaire à I et U_L est orthogonal (avance) à I . On prend I comme origine des phases :



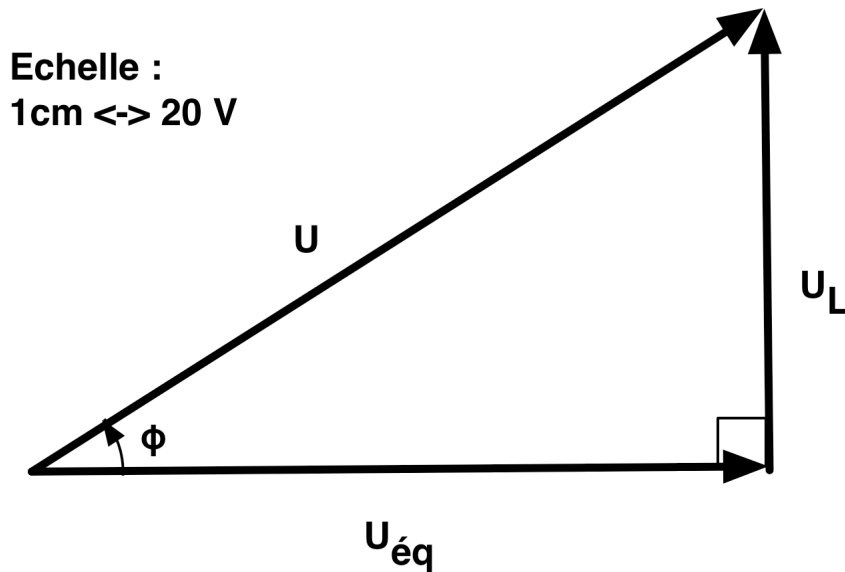
III.d. – En déduire l'expression et la valeur du déphasage entre $u(t)$ et $i(t)$. (1,5 points)

$$\begin{aligned} \text{i.e. } \tan\varphi &= L\omega.I/(R_{\text{eq}}.I) \\ \text{i.e. } \tan\varphi &= L\omega/R_{\text{eq}} \\ \text{i.e. } \tan\varphi &= 0,3.2.\pi.50/150 \\ \text{i.e. } \tan\varphi &= 0,63 \\ \text{i.e. } \varphi &= \underline{32,1^\circ} \end{aligned}$$

III.e. – Tracez maintenant à l'échelle le diagramme de Fresnel reliant les tensions aux bornes de R_{eq} et de L , ainsi que $u(t)$. (1 point)

$$\begin{aligned} U_{\text{eq}} &= U.\cos\varphi \\ \text{i.e. } U_{\text{eq}} &= 230.0,847 \\ \text{i.e. } U_{\text{eq}} &= \underline{195 \text{ V}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_L &= U.\sin\varphi \\ \text{i.e. } U_L &= 230.0,531 \\ \text{i.e. } U_L &= \underline{122 \text{ V}} \end{aligned}$$



III.f. – A l'aide du diagramme, calculez la valeur efficace de $i(t)$. (1 point)

$$\begin{aligned} U_{\text{eq}} &= R_{\text{eq}}.I \\ \text{i.e. } I &= U_{\text{eq}}/R_{\text{eq}} \\ \text{i.e. } I &= 195/150 \\ \text{i.e. } I &= \underline{1,3 \text{ A}} \end{aligned}$$

III.g. – Tracez, sur le même axe temporel, les chronogramme de $u(t)$ et $i(t)$. (1 point)

La charge est inductive, le courant est donc en retard sur la tension de $\varphi = 32,1^\circ$. La fréquence du réseau est de 50Hz, par conséquent la période $T = 20\text{ms}$ et le retard temporel du courant vis-à-vis de la tension est de $\Delta T = 32,1/360 \cdot 20 = 1,8\text{ms}$.

