UE LU3EE104 :
Réseaux électriques et électronique de puissance

NOM : ...CORRIGE......
Prénom : ....
N° étudiant : ....

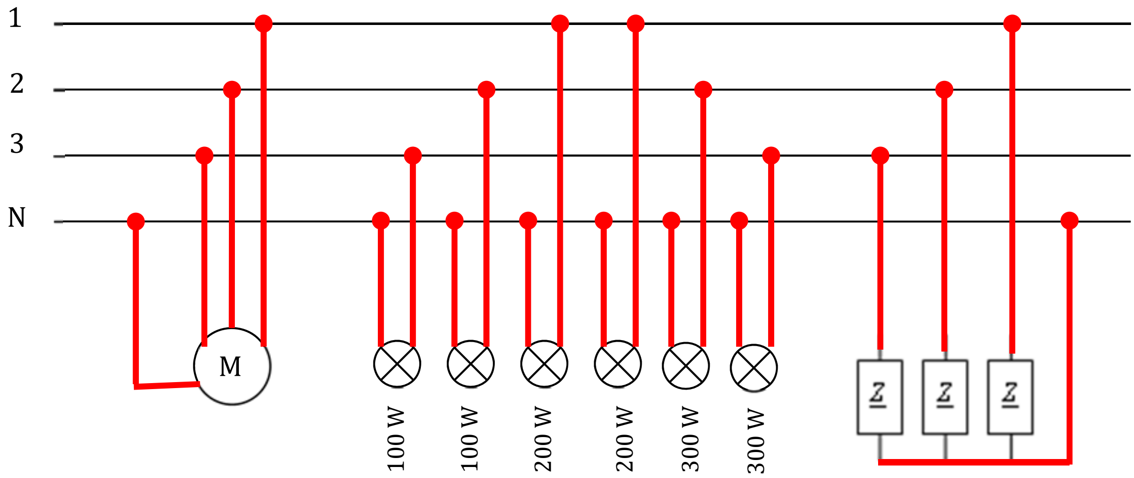
Ecrit du jeudi 3 décembre 2020

Durée : 1h30 –
Sans document, avec calculatrice de type collège

L'épreuvre comporte deux exercices.
Certaines réponses sont à faire directement sur le sujet.
Sujet à rendre obligatoirement avec la copie.

EXERCICE 1 : COMPENSATION D'UNE INSTALLATION TRIPHASEE

Q1. 1



Q1. 2 $P = P_{lampes} + P_{moteur} + P_{impédances}$ et $Q = Q_{lampes} + Q_{moteur} + Q_{impédances}$

Lampes : $P_{lampes} = 100 + 100 + 200 + 200 + 300 + 300 = 1\,200\ W$ $\quad Q_{lampes} = 0\ VAR$

Moteur : $P_{moteur} = \frac{P_{méca}}{\eta} = \frac{4\,800}{0{,}8} = 6\,000\ W$

$Q_{moteur} = \sin\varphi \frac{P_{moteur}}{\cos\varphi} = 0{,}8 \frac{6\,000}{0{,}6} = 8\,000\ VAR$ ($\cos\varphi = 0{,}6$, donc $\sin\varphi = +0{,}8$ car moteur)

Impédances :

$P_{impédances} = 3 \times Re(\underline{Z}) \times \left[\frac{V}{Z}\right]^2 = 3 \times 40 \times \left[\frac{230}{50}\right]^2 = 2\,539{,}2\ W$

$Q_{impédances} = 3 \times Im(\underline{Z}) \times \left[\frac{V}{Z}\right]^2 = 3 \times 30 \times \left[\frac{230}{50}\right]^2 = 1\,904{,}4\ VAR$

Bilan :

$P = 1\,200 + 6\,000 + 2\,539 = 9\,739\ W$

$Q = 0 + 8\,000 + 1\,904 = 9\,904\ VAR$

$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 13\,890\ VA$

$FP = \frac{P}{S} = \frac{9\,739}{13\,890} = 0{,}70$ Facteur de puissance inférieur à 0,8, donc pas acceptable

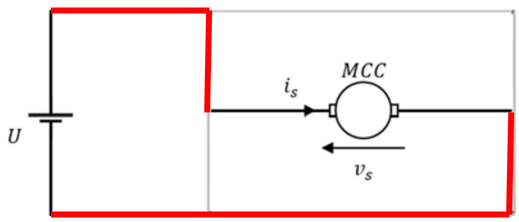
Q1. 3 $S = 3 \times I \times V$, donc $I = \frac{S}{3 \times V} = \frac{13\,890}{3 \times 230} = 20{,}1\ A$

Q1. 4 Pour un facteur de puissance unitaire, il faut une batterie de condensateur telle que :
$Q' = Q + Q_{condensateurs} = 0$, et donc $Q_{condensateurs} = -Q$.
Par ailleurs, pour un couplage triangle : $Q_{condensateurs} = -3 \times C\omega \times U^2$,
d'où : $C = \frac{Q}{3 \times \omega \times U^2} = \frac{9\,904}{3 \times 100\pi \times 400^2} = 66 \times 10^{-6}\ F = 66\ \mu F$
Nouvelle valeur du courant de ligne : $I' = \frac{S\prime}{3 \times V}$ avec $S' = P$ donc $I' = \frac{9739}{3 \times 230} = 14{,}1\ A$

EXERCICE 2 : CONTROLE DE VITESSE D'UN MOTEUR A COURANT CONTINU

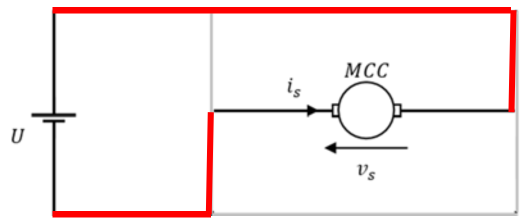
Q2. 1

$t \in [0, \alpha T[$



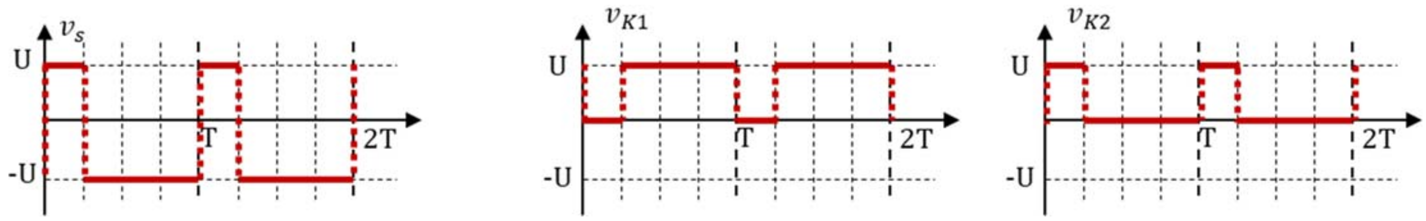
La MCC est une source de courant connectée à une source de tension, donc pas de problème.

$t \in [\alpha T, T[$

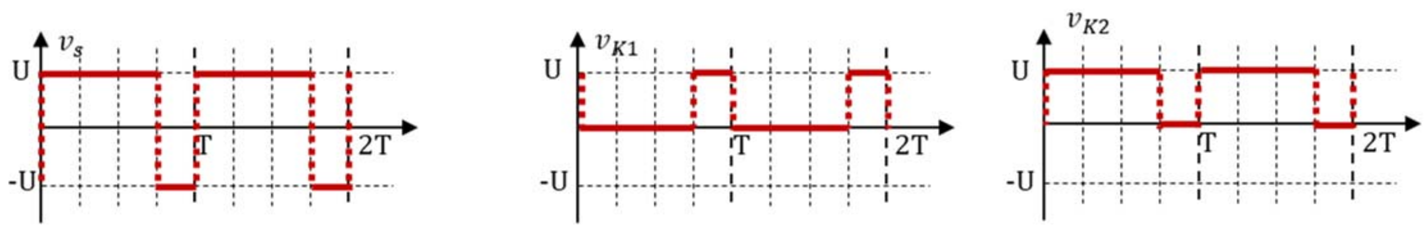


La MCC est une source de courant connectée à une source de tension, donc pas de problème.

Q2. 2 $\alpha = 0{,}25$



$\alpha = 0{,}75$



Q2. 3 $\langle v_s \rangle = \alpha \times U + (1 - \alpha) \times (-U) = (2\alpha - 1) \times U$

α	0,25	0,5	0,75
$\langle v_s \rangle$ [V]	-50 V	0 V	+50 V

Q2. 4 Conversion continu/continu – La structure en H permet d'obtenir la réversibilité en tension, c'est-à-dire $v_s > 0$ ou $v_s < 0$.

Q2.5 Sur l'intervalle $[0, \alpha T[$: $v_s(t) = U = E + R.i_s(t) + L.\frac{di}{dt}(t)$

$\Rightarrow L.\frac{di}{dt}(t) + R.i_s(t) = U - E$

Solution particulière de l'équation différentielle avec second membre : $i_{asm}(t) = \frac{U-E}{R}$

Solution générale de l'équation différentielle sans second membre : $i_{ssm}(t) = K.e^{-\frac{R}{L}t}$

Solution générale de l'équation différentielle : $i_s(t) = i_{asm}(t) + i_{ssm}(t) = \frac{U-E}{R} + K \times e^{-\frac{t}{\tau}}$ avec $\tau = \frac{L}{R}$

Q2.6 Condition initiale : $i_s(t=0) = i_0$, donc $\frac{U-E}{R} + K \times 1 = i_0$, d'où : $K = \left(i_0 - \frac{U-E}{R}\right)$.

Q2.7 Sur l'intervalle $[\alpha T, T[$: $v_s(t) = -U = E + R.i_s(t) + L.\frac{di}{dt}(t)$

$\Longrightarrow L.\frac{di}{dt}(t) + R.i_s(t) = -(U+E)$

Solution particulière de l'équation différentielle avec second membre : $i_{asm}(t) = -\frac{U+E}{R}$

Solution générale de l'équation différentielle sans second membre : $i_{ssm}(t) = K'.e^{-\frac{R}{L}t}$

Solution générale de l'équation différentielle : $i_s(t) = i_{asm}(t) + i_{ssm}(t) = -\frac{U+E}{R} + K' \times e^{-\frac{t}{\tau}}$

Q2.8 Le courant i_s traverse une inductance et est donc continu.

A $t = \alpha T$, les expressions de i_s obtenues sur les intervalles $[0, \alpha T[$ et $[\alpha T, T[$ sont égales, donc :

$\frac{U-E}{R} + K \times e^{-\frac{\alpha T}{\tau}} = -\frac{U+E}{R} + K' \times e^{-\frac{\alpha T}{\tau}}$

$\Longrightarrow K' \times e^{-\frac{\alpha T}{\tau}} = \frac{2U}{R} + K \times e^{-\frac{\alpha T}{\tau}}$, d'où $K' = K + \frac{2U}{R}e^{\frac{\alpha T}{\tau}}$

Q2.9 Le courant i_s traverse une inductance et est donc continu.

Par ailleurs, on se place en régime permanent périodique, donc à $t = T$ $i_s(t=T) = i_0$

On obtient ainsi la relation $-\frac{U+E}{R} + K' \times e^{-\frac{T}{\tau}} = i_0$, qui permet de résoudre complètement le problème (détermination de K' et i_0)

Q2. 10 A tout instant, $v_s(t) = E + L.\frac{di}{dt}(t)$, donc $\langle v_s \rangle = E + L.\langle\frac{di}{dt}\rangle$

Par ailleurs : $\langle\frac{di}{dt}\rangle = \frac{1}{T}\int_0^T \frac{di}{dt}(t).dt = \frac{1}{T}[i(t)]_0^T = \frac{1}{T}\ [i(T) - i(0)] = 0$ car en régime périodique $i(T) = i(0)$

Donc $\langle v_s \rangle = E$.

Q2. 11 D'après la question 2.2 $\langle v_s \rangle = (2\alpha - 1) \times U$. Par ailleurs : $\langle v_s \rangle = E$

Donc $(2\alpha - 1) \times U = E$, dont on déduit : $\alpha = \frac{1}{2}\left(\frac{E}{U} + 1\right)$

Q2. 12 Sur l'intervalle $[0, \alpha T[$: $v_L(t) = L.\frac{di}{dt}(t) = U - E = 2(1-\alpha)U$, donc $\frac{di}{dt}(t) = 2(1-\alpha)\frac{U}{L}$

Par ailleurs $i(t=0) = i_0$ donc $i(t) = 2(1-\alpha)\frac{U}{L}t + i_0$, fonction croissante de t

---

Q2. 13 Sur l'intervalle $[\alpha T, T[$: $v_L(t) = L.\frac{di}{dt}(t) = -U - E$, donc $\frac{di}{dt}(t) = -2\alpha\frac{U}{L}$

Par ailleurs, $i(t=T) = i_0$ donc $i(t) = -2\alpha\frac{U}{L}(t-T) + i_0$, fonction décroissante de t.

Q2. 14 $i_\alpha = i_s(t = \alpha T)$ peut être calculé par les expressions trouvées en 2.12 et en 2.13. Les résultats doivent être identiques.

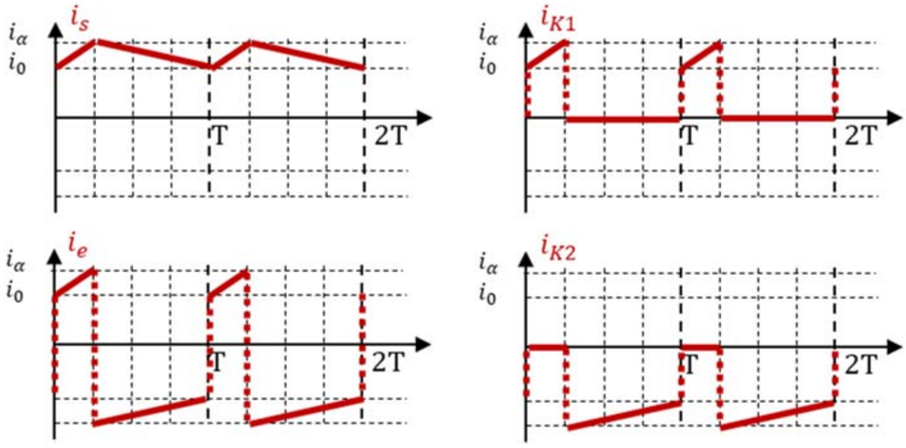
L'expression trouvée en 2.12 donne : $i_\alpha = 2(1-\alpha)\frac{U}{L}\alpha T + i_0 = i_0 + 2\alpha(1-\alpha)\frac{U}{L}T$

L'expression trouvée en 2.13 donne le même résultat : $i_\alpha = -2\alpha\frac{U}{L}(\alpha T - T) + i_0 = i_0 + 2\alpha(1-\alpha)\frac{U}{L}T$

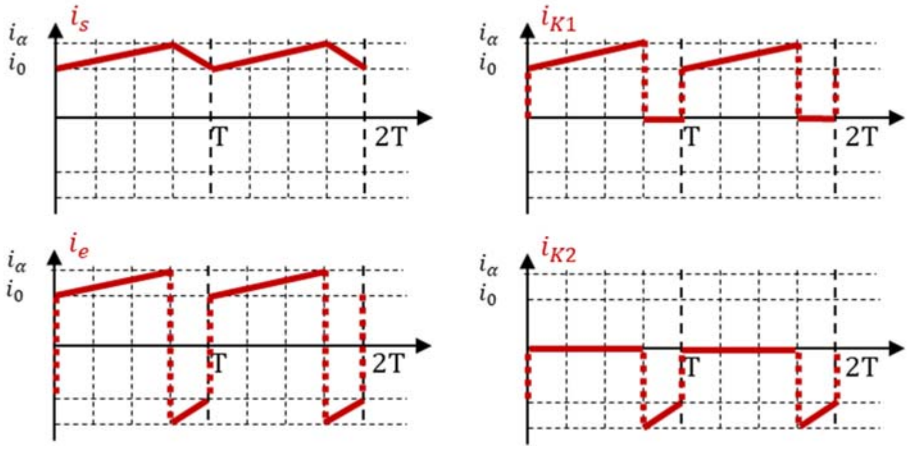
Ondulation de courant : $\Delta i = i_\alpha - i_0 = 2\alpha(1-\alpha)\frac{U}{L}T$.

Q2. 15

$\alpha = 0{,}25$



$\alpha = 0{,}75$



Q2. 16

Interrupteur K1 : Pour la situation étudiée, à tout instant, $v_{K1}(t) \geq 0$ et $i_{K1}(t) \geq 0$. Il faut aussi pouvoir accepter un courant $i_{K1}(t) \leq 0$. Il faut donc un interrupteur 3 segments, réversible en courant. Il faut donc un transistor (pour $v_{K1}(t) \geq 0$ et $i_{K1}(t) \geq 0$) en parallèle avec une diode montée en inverse (pour $v_{K1}(t) \geq 0$ et $i_{K1}(t) < 0$).

Interrupteur K2 : Pour la situation étudiée, à tout instant, $v_{K2}(t) \geq 0$ et $i_{K2}(t) \leq 0$. Il faut aussi pouvoir accepter un courant $i_{K2}(t) \geq 0$. Il faut donc un interrupteur 3 segments, réversible en courant. Comme pour K1, il faut donc un transistor en parallèle avec une diode montée en inverse.

L'interrupteur K3 subit exactement les mêmes sollicitations en tension et en courant que K1 et nécessite le même interrupteur.

De même, l'interrupteur K4 subit exactement les mêmes sollicitations en tension et en courant que K2 et nécessite le même interrupteur.