



Ecrit du jeudi 3 décembre 2020

Durée : 1h30

Sans document, avec calculatrice de type collègue

L'épreuve comporte deux exercices.

Certaines réponses sont à faire directement sur le sujet.

Sujet à rendre obligatoirement avec la copie.

NOM :
Prénom :
N° étudiant :

EXERCICE 1 : COMPENSATION D'UNE INSTALLATION TRIPHASÉE

On s'intéresse à une installation électrique triphasée 230 V/400 V 50 Hz comportant :

- 6 lampes 230 V dont les puissances sont indiquées sur la Figure 1,
- un moteur triphasé de puissance mécanique nominale $P_{méca} = 4,8 \text{ kW}$, facteur de puissance $\cos \varphi = 0,6$ et rendement $\eta = 80 \%$,
- 1 charge composée de 3 impédances \underline{Z} montées en étoile, avec $\underline{Z} = 40 + j.30 \Omega$.

1 _____
2 _____
3 _____
N _____

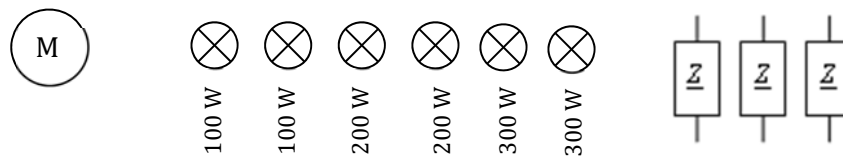


Figure 1 : Installation triphasée

Q1.1 Représenter le principe de raccordement de tous les récepteurs pour obtenir une installation triphasée équilibrée (réponse sur la Figure 1).

Q1.2 Calculer la puissance active, la puissance réactive, la puissance apparente et le facteur de puissance de l'installation. Quelle remarque peut-on faire sur ce facteur de puissance ?

Q1.3 Calculer l'intensité des courants de ligne.

Q1.4 On veut relever le facteur de puissance à une valeur de 1 avec une batterie de condensateurs couplés en triangle. Calculer la valeur des capacités à utiliser. Calculer la nouvelle valeur de l'intensité des courants de ligne.

EXERCICE 2 : CONTRÔLE DE VITESSE D'UN MOTEUR À COURANT CONTINU

On souhaite alimenter le rotor d'une machine à courant continu (MCC) à l'aide d'une alimentation continue. On utilise pour cela le hacheur réversible en tension et en courant représenté sur la Figure 2.

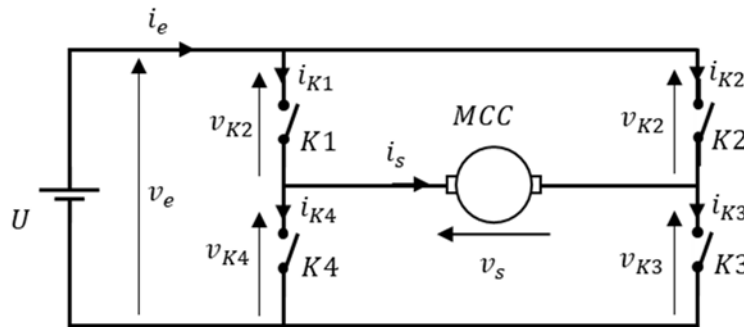


Figure 2 : Schéma de principe de l'alimentation du rotor de la machine MCC

L'alimentation est modélisée par une source de tension continue idéale de valeur $U = 100 \text{ [V]}$.

Le rotor de la machine à courant continu est modélisé par l'association en série d'une source de tension E , d'une résistance R et d'une inductance L (Figure 3). Les paramètres R et L sont les paramètres équivalents du bobinage du rotor. La source de tension E est directement liée à la rotation de la machine et est proportionnelle à la vitesse de rotation du rotor, notée Ω : $E = K \cdot \Omega$, où K est une constante caractéristique de la machine. La vitesse de rotation est donc contrôlée par la tension d'alimentation v_s , elle-même pilotée par le convertisseur. Un changement de signe de la tension E permet d'inverser la vitesse de rotation de la machine. Dans la suite de l'exercice, on considèrera que E est une consigne donnée, positive ou négative (on peut choisir le sens de rotation de la machine).

La machine peut fonctionner en motrice ou en génératrice. Le courant i_s peut donc être positif ou négatif.

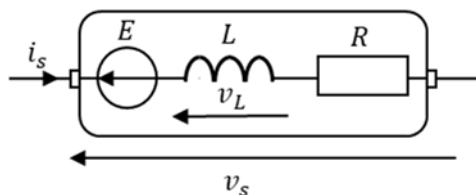


Figure 3 : Modélisation du rotor de la machine MCC

Les interrupteurs K1 à K4 sont supposés parfaits. Les interrupteurs K1 et K2 sont commandés suivant les séquences suivantes, de période T :

- K1 est fermé pendant l'intervalle $[0, \alpha T[$ et ouvert pendant l'intervalle $[\alpha T, T[$.
- K2 est ouvert pendant l'intervalle $[0, \alpha T[$ et fermé pendant l'intervalle $[\alpha T, T[$.

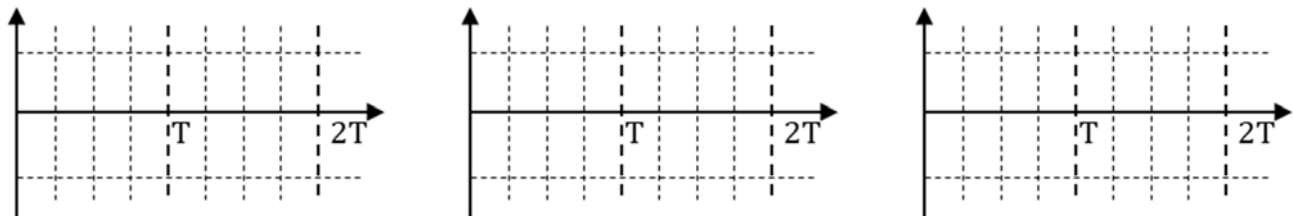
On étudie le système en régime périodique. La conduction est supposée continue. On note i_0 et i_α les valeurs du courant i_s aux instants $t = 0$ et $t = \alpha T$. Dans la suite de l'exercice, nous supposons que le courant est positif ($i_0 > 0$ et $i_\alpha > 0$).

Q2.1 Sur la figure ci-dessous, tracer les branches de circuit actives sur les intervalles $[0, \alpha T[$ et $[\alpha T, T[$. Vérifier que les règles d'interconnexion des sources sont respectées sur chaque intervalle de temps.

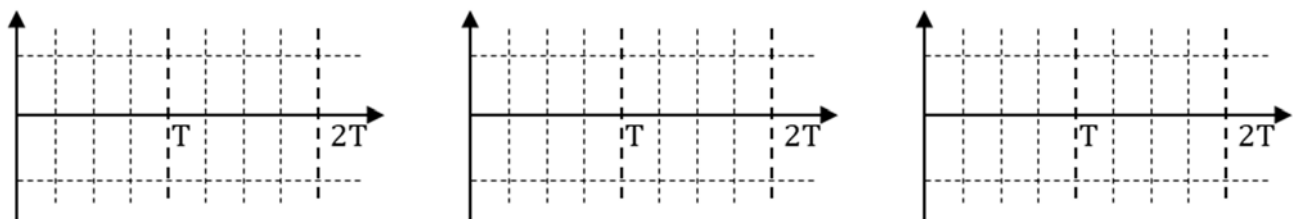


Q2.2 Tracer les chronogrammes des tensions v_s , v_{K1} et v_{K2} pour $\alpha = 0,25$ et $\alpha = 0,75$. Compléter les trames ci-dessous.

$\alpha = 0,25$



$\alpha = 0,75$



Q2.3 Déterminer la valeur moyenne de la tension de sortie v_s , $\langle v_s \rangle$, en fonction de α et U . Compléter le tableau ci-dessous avec les valeurs numériques de $\langle v_s \rangle$ obtenues différentes valeurs de α .

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

Q2.4 Quel type de conversion réalise le convertisseur étudié ? Quel est l'intérêt de la structure en H ?

Remarque :

Il est possible de traiter les questions Q2. 10 à Q2. 16 sans avoir traité les questions Q2.5 à Q2.9.

Q2.5 Dans cette question, on se place sur l'intervalle $[0, \alpha T[$. Montrer que $i_s(t) = \frac{U-E}{R} + K \times e^{-\frac{t}{\tau}}$, où $\tau = \frac{L}{R}$ et K est une constante qui sera déterminée ultérieurement.

Q2.6 Montrer que $K = i_0 - \frac{U-E}{R}$.

Q2.7 Dans cette question, on se place sur l'intervalle $[\alpha T, T[$. Montrer que $i_s(t) = -\frac{U+E}{R} + K' \times e^{-\frac{t}{\tau}}$, où K' est une constante qui sera déterminée ultérieurement.

Q2.8 Montrer que $K' = K + \frac{2U}{R} e^{\frac{\alpha T}{\tau}}$

Q2.9 Pour résoudre complètement le problème, il reste à déterminer i_0 . Ecrire la relation de continuité qui permet de déterminer i_0 . L'exploitation de cette relation et le calcul de i_0 ne sont pas demandés.

Dans la suite du problème, la résistance R est négligée. La charge ne comporte donc que la fem E et l'inductance L .

Q2.10 Montrer que $\langle v_s \rangle = E$.

Q2.11 Le but du système est de contrôler la vitesse du moteur, par l'intermédiaire de la tension d'alimentation du rotor. Calculer le rapport cyclique α en fonction de la tension d'entrée U constante et de la tension de sortie E que l'on souhaite.

Q2.12 Dans cette question, on se place sur l'intervalle $[0, \alpha T[$ et on suppose que i_0 est connu et positif. Déterminer $v_L(t)$, puis $i_s(t)$, en fonction de U , α , L et T .

Q2.13 Dans cette question, on se place sur l'intervalle $[\alpha T, T[$. Déterminer $v_L(t)$, puis $i_s(t)$, en fonction de U , α , L et T .

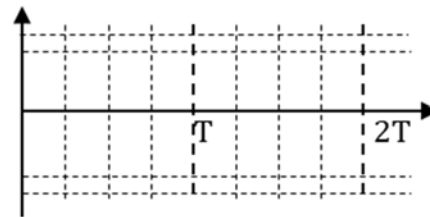
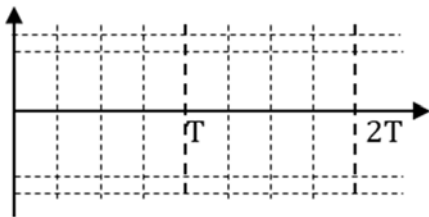
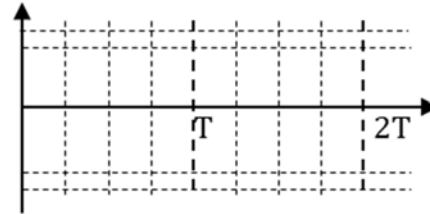
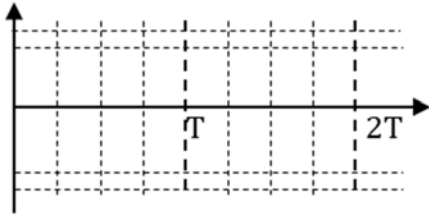
Q2.14 Déterminer l'ondulation de courant $\Delta i = i_\alpha - i_0$.

Q2.15 Tracer les chronogrammes des courants i_s , i_{K1} , i_{K2} et i_e pour $\alpha = 0,25$ et $\alpha = 0,75$. Compléter les trames en annexe. Rappel : $i_0 > 0$.

Q2.16 Identifier la nature des interrupteurs K1 et K2 à partir de leurs chronogrammes de courant et de tension. Ne pas oublier que le courant doit pouvoir être négatif. Qu'en est-il des interrupteurs K3 et K4 ? Quels composants faut-il utiliser ?

Annexe : réponse à la question 2.16

$\alpha = 0,25$



$\alpha = 0,75$

