

**Ecrit de 2<sup>ème</sup> session : mardi 12 juin 2019**

Durée : 2 h 00 – Sans document ni téléphone, avec calculatrice autorisée

*Le sujet comporte 4 exercices indépendants*

**Exercice 1 :**

Une installation électrique est alimentée par un réseau électrique triphasé 230 V / 400V 50Hz. Elle comporte les charges suivantes :

- un moteur triphasé de puissance mécanique nominale  $P_{méca} = 6 kW$ , facteur de puissance  $\cos \varphi = 0,6$  et rendement  $\eta = 75 \%$ , alimenté sous 400 V
  - 1 charge composée de 3 impédances  $\underline{Z}$  montées en triangle, avec  $\underline{Z} = 80 + j.60 \Omega$ .
  - 3 lampes de chauffage de 230 V et 1000 W chacune.
- a. Représenter le principe de raccordement de tous les récepteurs pour obtenir une installation triphasée équilibrée.
  - b. Calculer la puissance active, la puissance réactive et la puissance apparente des différentes charges de l'installation.
  - c. Calculer la puissance active, la puissance réactive et la puissance apparente de l'installation complète (vue depuis le réseau).
  - d. Calculer les intensités des courants de ligne  $I_1$ ,  $I_2$  et  $I_3$ .
  - e. Calculer le facteur de puissance de l'installation. Commentaire ?
  - f. On veut relever le facteur de puissance à une valeur de 0,95 avec une batterie de condensateurs couplés en triangle. Calculer la valeur des capacités. Calculer la nouvelle valeur des intensités des courants de ligne.

## Exercice 2 :

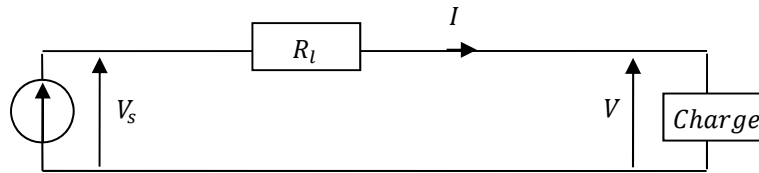


Figure 1 : Ligne de transport en continu

La Figure 1 schématise une ligne de transport en courant continu. La ligne, caractérisée par sa résistance  $R_l$ , est alimentée par une source de tension  $V_s$  et alimente une charge de résistance  $R$ . On note  $P$ , la puissance reçue par la charge et  $V$  la tension aux bornes de la charge.

- Exprimer  $I$  en fonction de  $V_s$ ,  $V$  et  $R_l$ .
- Exprimer  $P$  en fonction de  $V_s$ ,  $V$  et  $R_l$ .
- Déterminer les valeurs de  $P$  et de  $R$  correspondant à  $V = V_s$ ,  $V = \frac{3}{4}V_s$ ,  $V = \frac{1}{2}V_s$  et  $V = \frac{1}{4}V_s$ .
- Tracer la courbe tension-puissance  $P(V)$ , avec  $P$  en abscisse et  $V$  en ordonnée.
- On suppose que l'on souhaite fournir à la charge une puissance égale à  $\frac{V_s^2}{2R_l}$ . Est-ce possible ?
- On suppose maintenant que la charge est un ensemble de panneaux photovoltaïques qui fournissent de la puissance au réseau. La tension aux bornes de la charge reste positive, mais le courant s'inverse. Quel sont les signes de  $I$ , de la différence  $V_s - V$  et de  $P$  ?
- Compléter la courbe tension-puissance  $P(V)$  pour prendre en compte cette situation.

### Exercice 3:

Le schéma de la Figure 3 représente un hacheur utilisé pour assurer le transfert de puissance entre une source de tension continue parfaite  $U > 0$  et un moteur à courant continu modélisé par une inductance pure  $L$  en série avec une source de f.e.m  $E > 0$ . On précise que  $U > E$ .

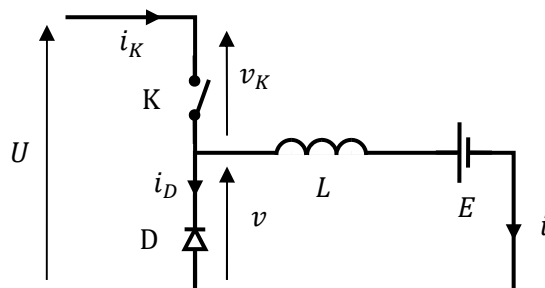


Figure 2 : Convertisseur DC/DC

Les interrupteurs  $K$  et  $D$  sont parfaits et à commutations instantanées. L'interrupteur  $K$  est commandé par un signal périodique de fréquence  $f = \frac{1}{T}$ . Il est fermé pendant l'intervalle  $[0, \alpha T[$  et ouvert pendant l'intervalle  $[\alpha T, T[$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ).

- La charge suit-elle un comportement de type source de tension ou source de courant ? Justifier.
- Déterminer l'expression analytique des tensions et courants  $v$ ,  $v_K$ ,  $i$ ,  $i_K$  et  $i_D$  sur l'intervalle  $[0, \alpha T[$ . On précise que  $i(0) = 0$ .
- On suppose que le hacheur est en limite de conduction continue, c'est-à-dire que le courant s'annule à l'instant  $t = T$ . Déterminer l'expression analytique des tensions et courants  $v$ ,  $v_K$ ,  $i$ ,  $i_K$  et  $i_D$  sur l'intervalle  $[\alpha T, T[$ . Dans cette situation, calculer  $\alpha$  en fonction de  $U$  et  $E$ .

Dans la suite de l'exercice, on suppose que le hacheur est en conduction discontinue, c'est-à-dire que le courant s'annule avant la fin de la période, à l'instant  $t = \beta T$ , avec  $\alpha < \beta < 1$ .

- Déterminer l'expression analytique des tensions et courants  $v$ ,  $v_K$ ,  $i$ ,  $i_K$  et  $i_D$  sur les intervalles  $[\alpha T, \beta T[$  et  $[\beta T, T[$ .
- Tracer les chronogrammes des tensions et courants  $v$ ,  $v_K$ ,  $i$ ,  $i_K$  et  $i_D$  sur une période de fonctionnement.
- Déterminer la valeur moyenne de  $v$ . En déduire une relation entre  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $U$  et  $E$ .

#### Exercice 4 :

Le schéma de la Figure 3 représente un redresseur utilisé pour alimenter un moteur à courant continu à partir d'une source de tension alternative.

Le pont redresseur est constitué de 2 thyristors et de 2 diodes. Les interrupteurs sont supposés parfaits et à commutation instantanée. Les thyristors sont commandés avec un angle de retard à l'amorçage  $\alpha$ .

Le moteur est modélisé par la source de courant constant  $I_s$ . Le pont fonctionne en conduction continue.

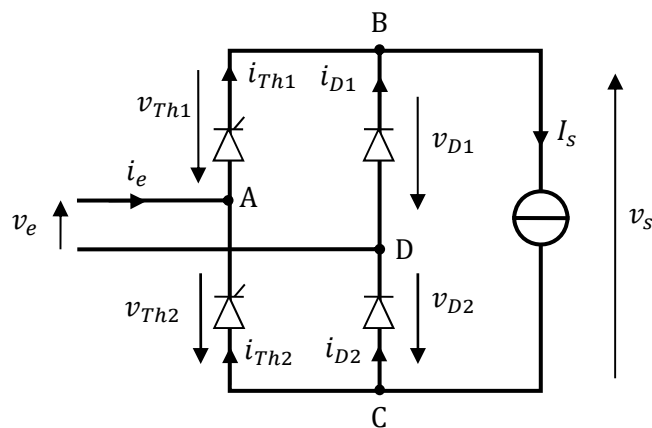


Figure 3 : Schéma de principe d'un convertisseur AC/DC à thyristors

La tension d'alimentation du pont a pour expression :  $v_e(\theta) = V_e \sqrt{2} \sin \theta$  avec  $\theta = \omega t$ .

- Sur quel intervalle d'angle  $\theta$  peut-on amorcer le thyristor Th1 ? Th 2 ? Justifier.
- Représenter la tension de sortie  $v_s(\theta)$  sur une période de fonctionnement du convertisseur.
- Préciser, pour chaque valeur de  $\theta$ , quels sont les interrupteurs qui conduisent.
- Déterminer la valeur moyenne de la tension de sortie en fonction de  $\alpha$ .
- Représenter les courants  $i_e(\theta)$  et  $i_{Th1}(\theta)$  sur une période de fonctionnement du convertisseur.
- Déterminer  $I_e$  la valeur efficace du courant  $i_e$ .