

**Ecrit de 2<sup>ème</sup> session : mardi 19 juin 2018**

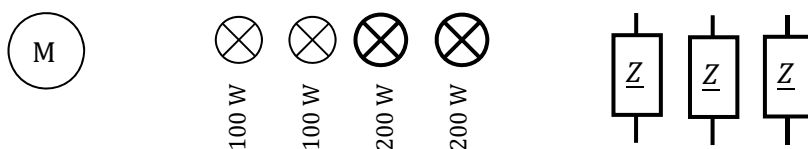
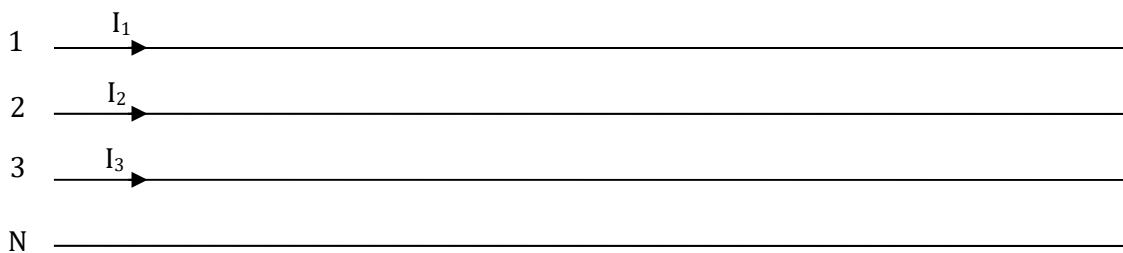
Durée : 2 h 00 – Sans document ni téléphone - Calculatrice autorisée

*Le sujet comporte 3 exercices indépendants*

**Exercice 1 : Installation électrique triphasée**

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

- 2 lampes 230 V / 100 W chacune et 2 lampes 230 V / 200 W,
  - une machine triphasée M de 1,8 kW avec un facteur de puissance de 0,6 arrière,
  - une charge composée de 3 impédances  $\underline{Z} = 60 + j.80 \Omega$  montées en triangle.
- a. Représenter le principe de raccordement de tous les récepteurs pour obtenir une installation triphasée équilibrée (réponse sur la Figure 1 du sujet).
  - b. Calculer la puissance active, la puissance réactive, la puissance apparente et le facteur de puissance de l'installation, ainsi que les courants  $I_1$ ,  $I_2$  et  $I_3$ .
  - c. Le facteur de puissance est-il acceptable ? Si non, proposer et dimensionner une solution pour le rendre acceptable. Recalculer alors les courants  $I_1$ ,  $I_2$  et  $I_3$ .



*Figure 1 : Schéma de principe de raccordement d'une installation triphasée*

## Exercice 2 : Hacheur abaisseur-élevateur de tension (buck-boost)

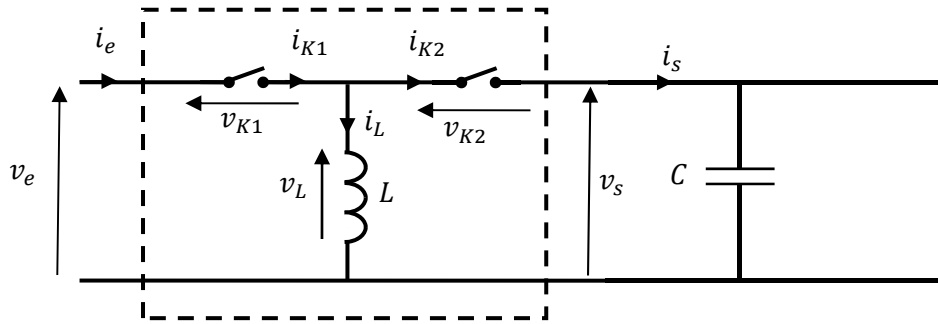


Figure 2 : Schéma d'un hacheur abaisseur-élevateur de tension

La Figure 2 donne le schéma de principe d'un hacheur abaisseur-élevateur de tension. Les interrupteurs K1 et K2 constituent une cellule de commutation dont la période de fonctionnement est  $T$ . K1 est fermé pendant l'intervalle  $[0, \alpha T]$  et ouvert pendant l'intervalle  $[\alpha T, T]$ . On place en sortie un condensateur de capacité  $C$  assez grande pour que les variations temporelles de la tension de sortie  $v_s$  puissent être négligées. Le dispositif est alimenté par une source de tension  $v_e$ . On étudie le fonctionnement du convertisseur en régime permanent.

- Le schéma utilise un modèle d'inductance idéal. Sur quelle hypothèse ce choix repose-t-il ?
- Vérifier que les règles d'association source de tension / source de courant sont respectées tout au long du cycle de fonctionnement du convertisseur.
- Déterminer les valeurs de  $v_{K1}$ ,  $v_{K2}$  et  $v_L$  sur les intervalles  $[0, \alpha T[$  et  $[\alpha T, T[$ .
- Calculer  $\langle v_L \rangle$ . En déduire que le rapport de transformation vaut  $\frac{v_s}{v_e} = -\frac{\alpha}{1-\alpha}$ .  
Calculer la valeur de ce rapport de transformation pour  $\alpha = 0,25$  ;  $\alpha = 0,5$  et  $\alpha = 0,75$ . Conclusion ?
- On suppose que  $v_e = 120 \text{ V}$  et  $\alpha = 0,25$ . Calculer  $v_s$ , puis tracer les chronogrammes des tensions  $v_{K1}$ ,  $v_{K2}$  et  $v_L$ . Attention au signe de  $v_s$  !
- On note  $i_0$  la valeur du courant  $i_L$  à  $t = 0$ . Etablir l'expression du courant  $i_L$  sur une période de fonctionnement. Quelle est la valeur maximale de  $i_L$  ?
- On suppose que  $\alpha = 0,25$ . Tracer les chronogrammes des trois courants  $i_L$ ,  $i_e$  et  $i_s$ .
- On suppose maintenant que la valeur de l'inductance  $L$  est assez grande pour pouvoir négliger les variations temporelles de  $i_L$  et faire l'approximation  $i_L = i_0$ . Calculer  $\langle i_e \rangle$  et  $\langle i_s \rangle$ , puis le rapport de transformation  $\frac{\langle i_s \rangle}{\langle i_e \rangle}$ .

- i. Calculer les valeurs moyennes des puissances d'entrée et de sortie. Sont-elles égales ?
- j. Tracer le lieu des points de fonctionnement "tension-courant" des interrupteurs K1 et K2. En déduire le type de composant qu'il faut choisir pour chaque interrupteur.

### Exercice 3 : Redressement triphasé simple

**Partie A :** La Figure 3 représente le schéma de principe d'un redresseur triphasé simple non commandé, alimenté par le système de tensions triphasées de pulsation  $\omega$  :

$$\begin{cases} v_1(\theta) = V_{max} \sin(\theta) \\ v_2(\theta) = V_{max} \sin\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) \\ v_3(\theta) = V_{max} \sin\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) \end{cases} \quad \text{avec } \theta = \omega t$$

Ce convertisseur alimente une charge fortement inductive qui se comporte comme une source de courant  $I_s$ .

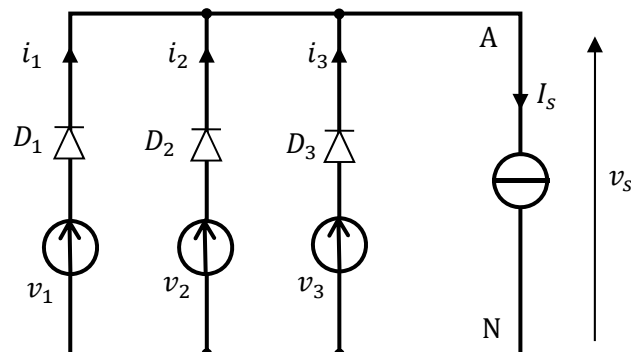


Figure 3 : Redresseur triphasé non commandé

- a. A quelle(s) condition(s) sur  $v_1$ ,  $v_2$  et  $v_3$  chacune des diodes  $D_1$ ,  $D_2$  et  $D_3$  est-elle passante ?
- b. Tracer le chronogramme de  $v_s$  (réponse sur l'annexe 1).
- c. Quels sont les intervalles de conduction des différentes diodes ?
- d. Quelle est la période de  $v_s(\theta)$  ? Calculer  $\langle v_s \rangle$ , la valeur moyenne de  $v_s$ , puis calculer  $\tau_{v_s}$ , le taux d'ondulation défini par  $\tau_{v_s} = \frac{v_{s\max} - v_{s\min}}{\langle v_s \rangle}$ , où  $v_{s\min}$  et  $v_{s\max}$  sont respectivement la valeur minimale et la valeur maximale de  $v_s$ .
- e. Tracer le chronogramme des courants de chacune des trois phases (réponse sur l'annexe 1).

**Partie B :** On considère maintenant le montage de la Figure 4, dans lequel les diodes ont été remplacées par des thyristors. Rien d'autre n'est modifié.

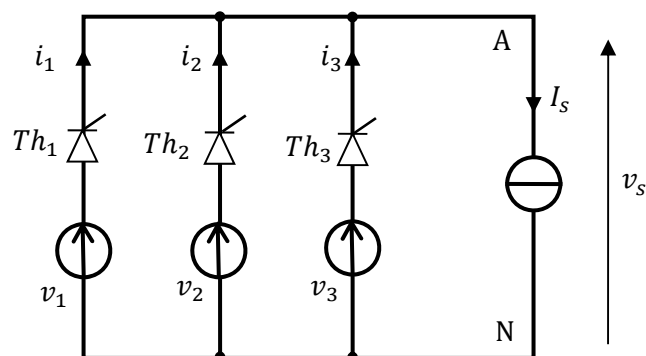


Figure 4 : Redresseur triphasé commandé

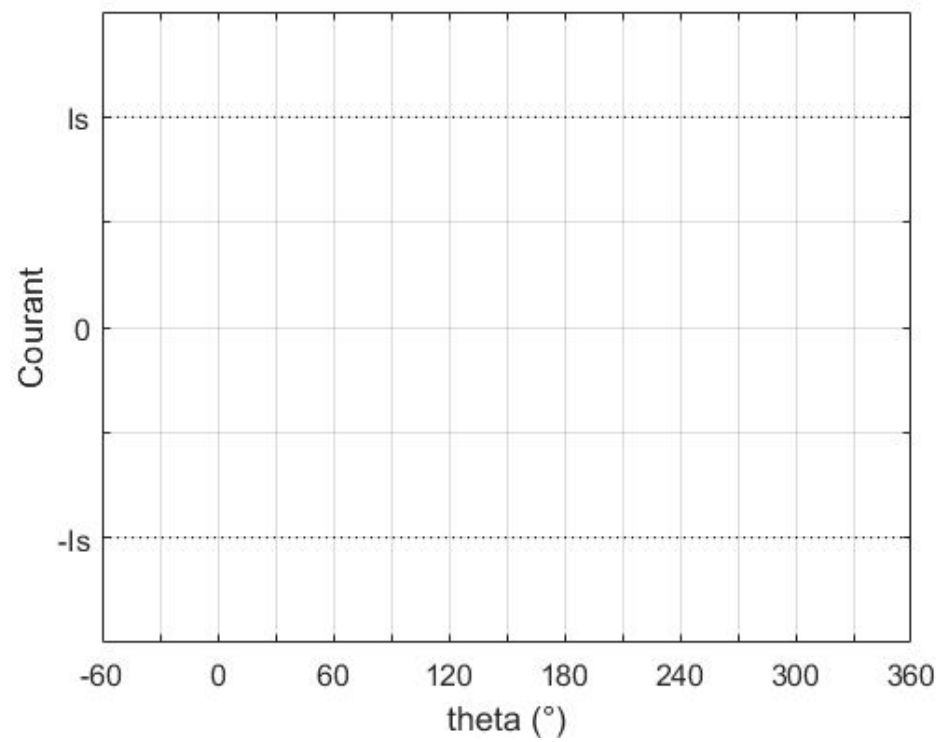
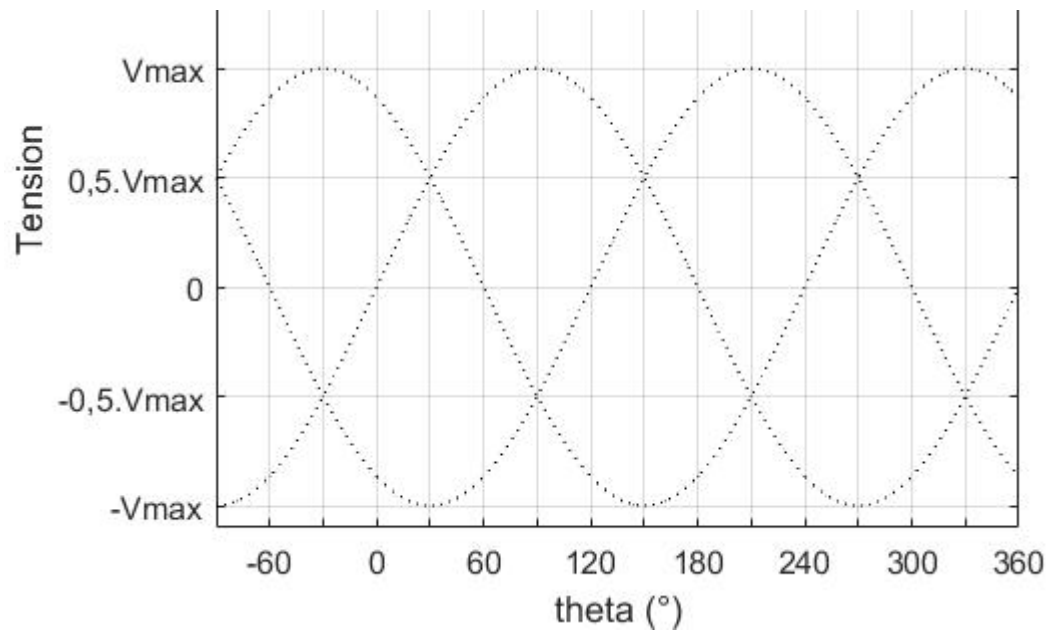
Les thyristors sont commandés avec un angle de retard à l'amorçage  $\alpha$ . Cet angle est défini comme étant l'intervalle angulaire entre l'amorçage naturel correspondant au circuit à diodes et l'amorçage commandé du circuit à thyristors. En d'autres termes, pour  $\alpha = 0$ , les deux circuits se comportent de la même façon. Vous admettrez que l'angle  $\alpha$  peut varier entre  $0^\circ$  et  $180^\circ$ .

- f. Dans cette question, on suppose que  $\alpha = 60^\circ$ . Tracer le chronogramme de  $v_s$  et du courant dans chacune des phases (réponse sur l'annexe 2).
- g. Dans cette question, on suppose que  $\alpha \in [0^\circ, 180^\circ]$ , soit  $\alpha \in [0, \pi] \text{ rad}$ . Montrer que  $\langle v_s \rangle$ , la valeur moyenne de  $v_s$  vaut :

$$\langle v_s \rangle = \frac{3\sqrt{3}V_{max}}{2\pi} \cos \alpha, \text{ où } \alpha \text{ est exprimé en radian.}$$

Tracer l'allure de  $\langle v_s \rangle$  et expliquer le rôle de  $\alpha$ .

## Annexe 1



## Annexe 2

