

Examen Final : EL55 – P2012.  
 Durée : 2 heures.  
 Documents : non autorisés sauf une feuille manuscrite de format A4.

### Problème n°1 (8 points)

Un treuil motorisé (**figure 1**) est entraîné par un moteur à courant continu via un tambour de rayon  $R=2.5$  (cm). La masse de la charge est  $m= 70$  (kg). On donne la constante du couple ou de la f.é.m. de la machine

$$k\phi = 0.6 \quad \left( \frac{N \cdot m}{A} \right) \quad \text{et la résistance de l'induit } R_a = 0.25 \quad (\Omega).$$

On note  $L$ , l'inductance de lissage du courant, incluant d'ailleurs celle de l'induit du moteur.

On considère  $g = 9.81 \quad (ms^{-2})$ .

Nous étudions deux cas de fonctionnement :

1. Le treuil monte la charge  $m$  avec une vitesse constante de  $v_1 = 0.5 \quad (m \cdot s^{-1})$ 
  - a. Calculer la vitesse angulaire  $\Omega$  du moteur en (rad/s), et le couple  $C$
  - b. Représenter ce point de fonctionnement dans le plan  $\Omega(C)$
  - c. Préciser le régime de fonctionnement (générateur ou moteur).
  - d. En déduire la valeur du courant dans l'induit,  $I_a$ .
  - e. Quelle est la valeur de la force contra électromotrice  $E$  ?

Le moteur est alimenté par le biais du hacheur présenté dans la **figure 2**. Les interrupteurs **T1 et T2** sont commandées **simultanément** en fermeture avec le rapport cyclique  $\alpha$ . On considère la fréquence de fonctionnement du hacheur  $f=1$  (kHz). Le hacheur est alimenté avec une tension continue  $V=50$  (V).

- f. Dans l'hypothèse que le courant  $i_a$  ne s'annule pas, dessiner la forme d'onde de la tension de sortie  $u'(t)$ .
  - g. Préciser les **composants** semi-conducteurs **en conduction**, pour chaque intervalle de conduction.
  - h.** Déterminer la valeur du **rapport cyclique,  $\alpha$** .
  - i. Déterminer la valeur de la **puissance délivrée** par le hacheur.
  - j. Déterminer la valeur de l'inductance **L totale**, pour avoir une ondulation crête à crête  $\Delta I_a$  égale à **2.5 (A)**. **Hypothèse (uniquement pour cette question)** : on peut **négliger  $R_a$** , la résistance de l'induit, tout en considérant la force électromotrice,  $E$  et le rapport cyclique  $\alpha$  calculés précédemment).
2. Le treuil descend à une vitesse constante de  $v_2 = -1 \quad (m \cdot s^{-1})$ 
    - a. Représenter ce point de fonctionnement dans le plan  $\Omega(C)$
    - b. Déterminer la valeur du **rapport cyclique,  $\alpha$** .
    - c. Déterminer la valeur de la **puissance délivrée** par le hacheur. Commenter ce résultat.
  3. Expliquer les raisons pour lesquelles le hacheur présenté est mieux adapté pour l'entraînement du treuil que les autres hacheurs présentées en cours (série, parallèle, série-parallèle, ou en pont H).

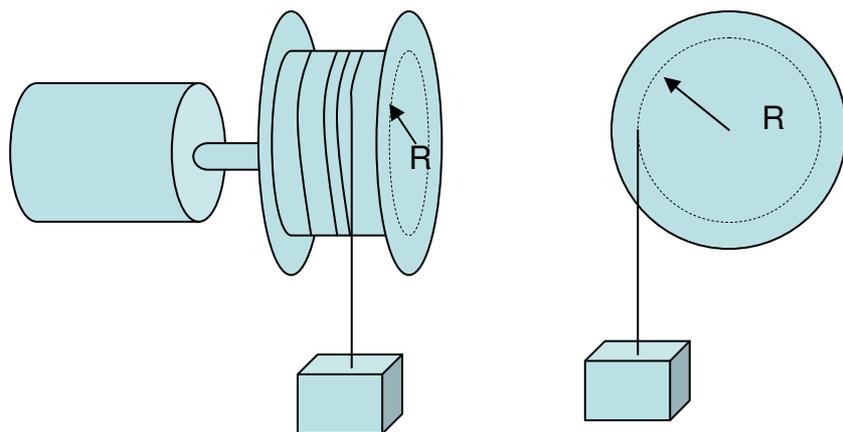


Figure 1

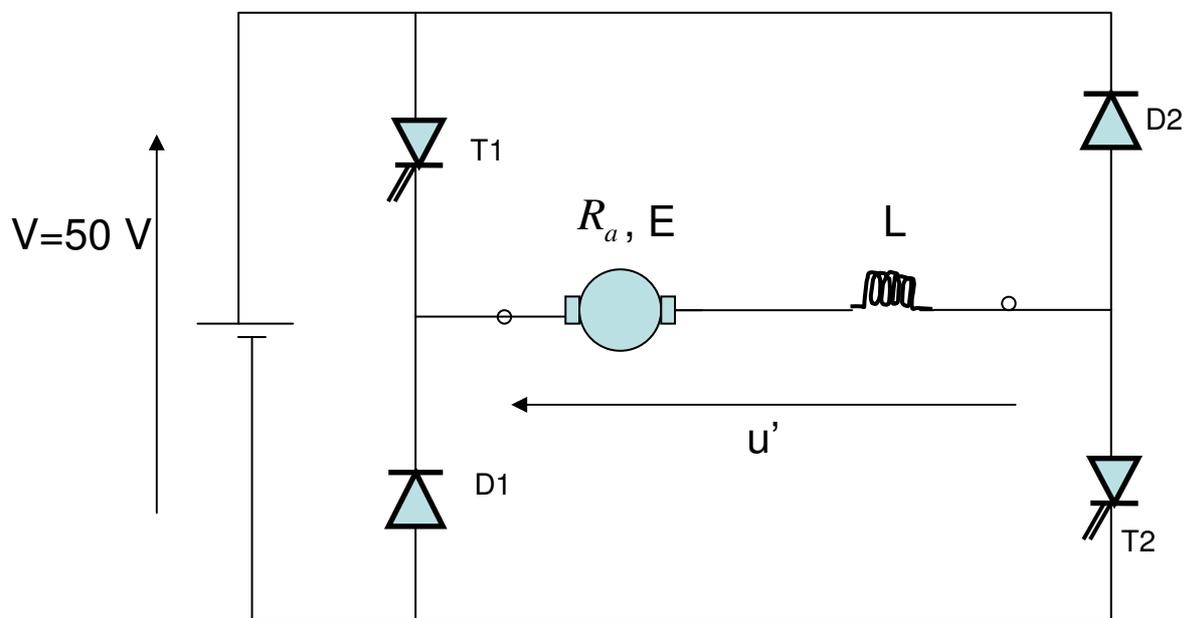


Figure 2

Rappel : force électromotrice et couple de la machine à courant continu :

$$E = (k\phi)\Omega$$

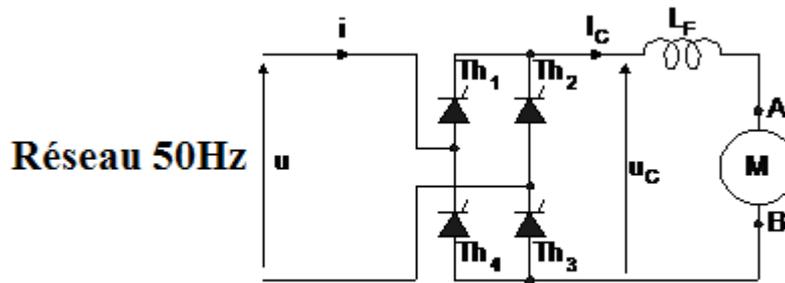
$$C = (k\phi)I_a$$

### **Problème 2 : Etude d'un pont redresseur monophasé tout thyristors (8 points)**

Le pont est alimenté par le réseau qui fournit une tension sinusoïdale de valeur efficace  $U = 400\text{V}$  et de fréquence  $50\text{ Hz}$ .

Les thyristors sont considérés comme parfaits :  $Th_1$  et  $Th_3$  d'une part,  $Th_2$  et  $Th_4$  d'autre part, sont commandés de manière complémentaire avec un retard à l'amorçage noté  $\psi$ .

On admet que le courant  $I_C$  fourni par le pont à thyristors est parfaitement lissé grâce à l'inductance  $L_F$  ( $I_c = \text{constante} = 40\text{A}$ ). Le schéma du redresseur est donné ci-dessous :



**Figure 3**

- 1.1) Pour un angle d'amorçage  $\psi = \pi/3$ , représenter sur le document réponse n°1 :
  - la tension  $u_c$  à la sortie du pont en indiquant les thyristors passants ;
  - le courant  $i$  fourni par le réseau ;
  - la tension  $u_{th1}$  aux bornes du thyristor  $th_1$
  - Etat de conduction des thyristors
- 1.2) Montrer que, pour une valeur quelconque de  $\psi$  la tension moyenne à la sortie du pont a pour expression :

$$U_{Cmoy} = \frac{2 \cdot U \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cos \psi$$

Calculer la valeur moyenne  $U_{Cmoy}$  pour  $\psi = \pi/3$

- 1.3) Calculer la valeur efficace  $i_{eff}$  de  $i(t)$
- 2) La décomposition en série de Fourier de  $i(t)$  est la suivante :

$$i(t) = \frac{4I_c}{\pi} \left[ \sin(\omega t - \frac{\pi}{3}) + \frac{1}{3} \sin(3\omega t - \frac{\pi}{3}) + \frac{1}{5} \sin(5\omega t - \frac{\pi}{3}) + \dots \right]$$

- 2.1) Donner l'expression de  $i_1(t)$ , composante fondamentale de  $i(t)$ . En déduire l'expression de sa valeur efficace  $i_1$  en fonction de  $I_c$ . Représenter sur le document réponse 1, la composante fondamentale de  $i_1(t)$  en concordance de temps avec  $i(t)$ .
- 2.2) Tracer le spectre des 10 premiers harmoniques de  $i(t)$
- 2.3) Déterminer le taux de distorsion harmonique de  $i(t)$  à partir de la formule suivante :

$$THD(\%) = \frac{\sqrt{i_{eff}^2 - i_1^2}}{i_1} \cdot 100$$

Que représente le taux de distorsion harmonique ? Commentez le résultat obtenu

2.4) Calculer :

- ❖ la puissance  $P$  absorbée par le moteur
- ❖ la puissance apparente  $S$  de l'installation
- ❖ le facteur de puissance  $k = \frac{P}{S}$  de l'installation

### Questions de cours (4 points)

On considère un onduleur triphasé sur charge équilibrée (Figure 4) associé à une commande pleine onde dont on a représenté les tensions  $V_{AO}, V_{BO}, V_{CO}$  prises entre chaque phase et le point milieu virtuel du bus continu E (Figure 5).

1. Déterminer l'expression des tensions simples  $V_{AN}, V_{BN}, V_{CN}$  en fonction des tensions  $V_{AO}, V_{BO}, V_{CO}$
2. Donner la forme d'onde des tensions simples  $V_{AN}, V_{BN}, V_{CN}$  sur une période.
3. Quel est le contenu harmonique des tensions simples  $V_{AN}, V_{BN}, V_{CN}$  ?

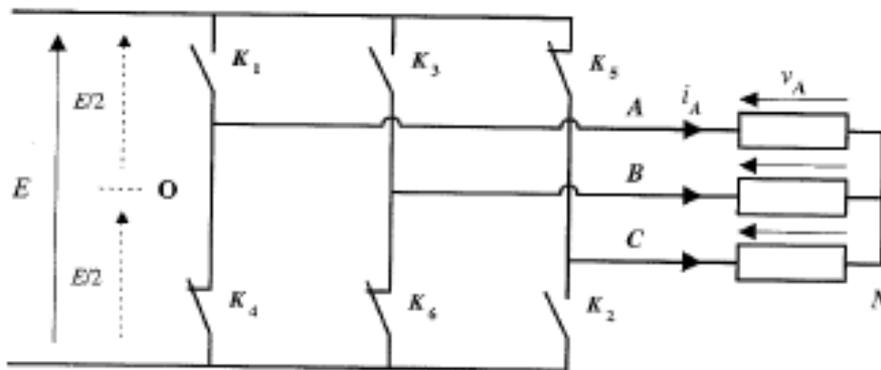


Figure 4 : onduleur triphasé sur charge équilibrée

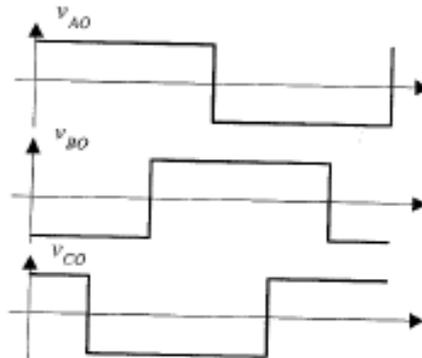


Figure 5 : tensions  $V_{AO}, V_{BO}, V_{CO}$  prises entre chaque phase et le point milieu virtuel du bus continu E

**DOCUMENT REPOSE n°1**

