

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 Ω 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 α . 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, α** .
 - 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 ΔI_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 α 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, α** .
 - 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).

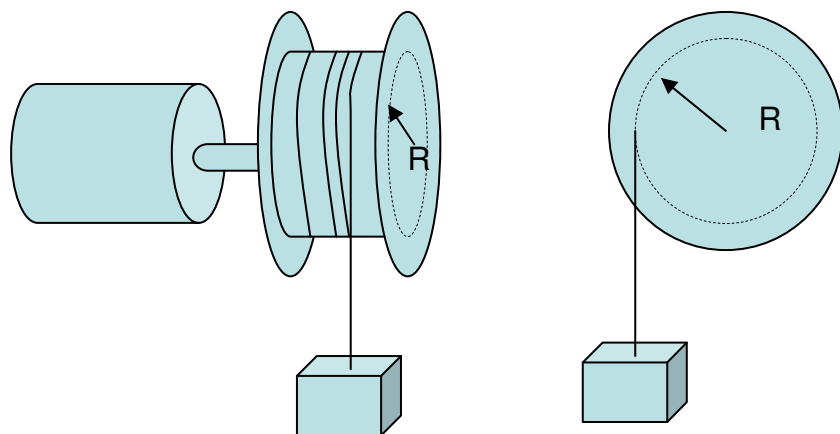


Figure 1

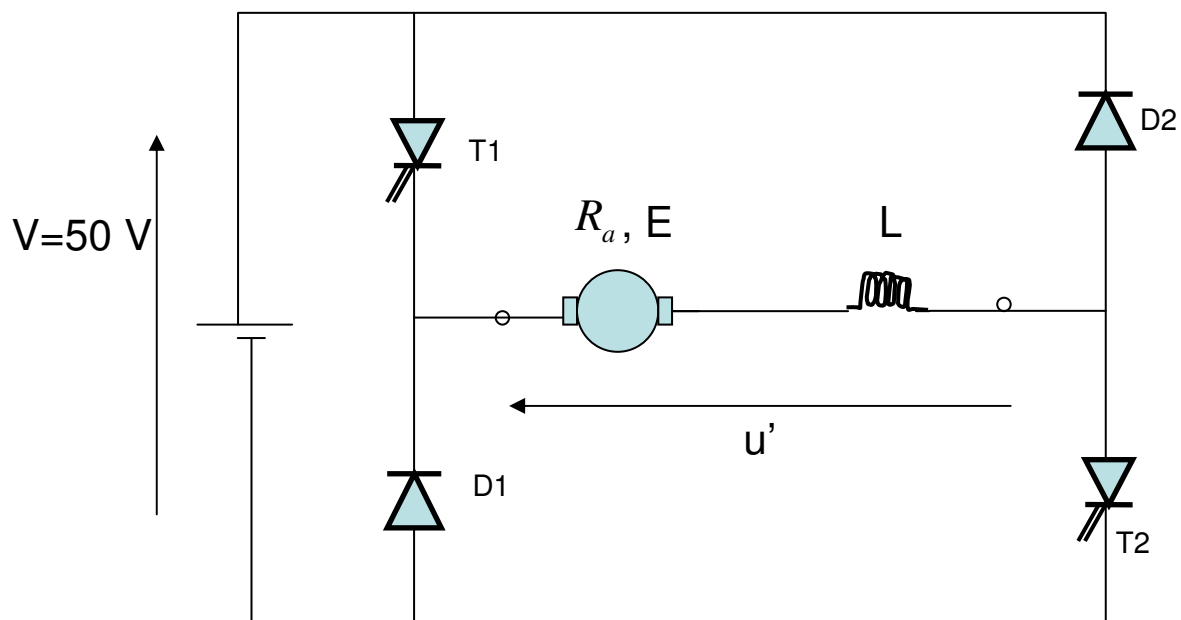


Figure 2

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 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 ψ .

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 :

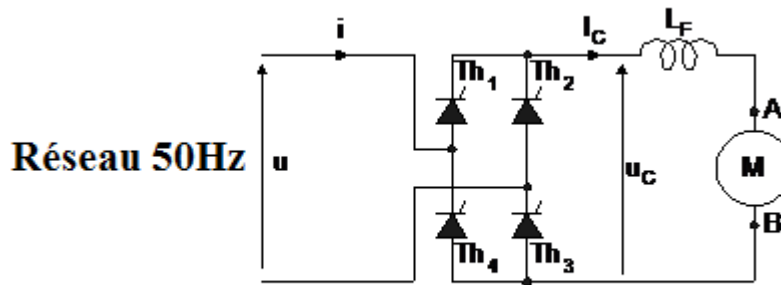


Figure 3

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 ψ 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} ?

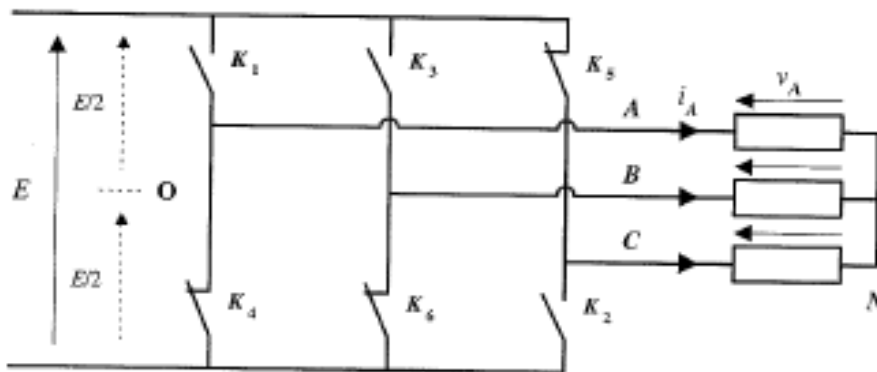


Figure 4 : onduleur triphasé sur charge équilibrée

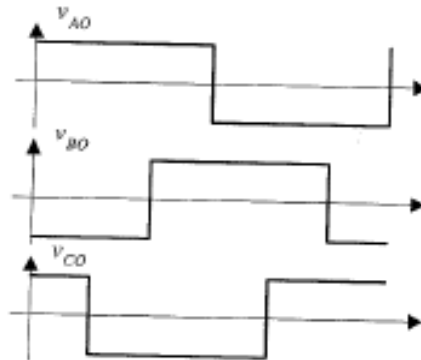


Figure 5 : tensions V_{AO}, V_{BO}, V_{CO} prises entre chaque phase et le point milieu virtuel du bus continu E

DOCUMENT REPOSE n°1

