

## DS d'ELECTRONIQUE de PUISSANCE

Durée : 2 heures ; **aucun document autorisé** ; calculette 'ENIB' autorisée

Le sujet comporte deux problèmes indépendants.

Lisez attentivement les énoncés et les questions. Aucune information supplémentaire ne sera fournie.

Respecter les orientations des courants et des tensions apparaissant sur les schémas.

Ecrire systématiquement les expressions littérales avant les applications numériques. Pour les questions non indépendantes, des points seront attribués même si l'application numérique ne peut être effectuée faute d'avoir résolu une (ou plusieurs) question(s).

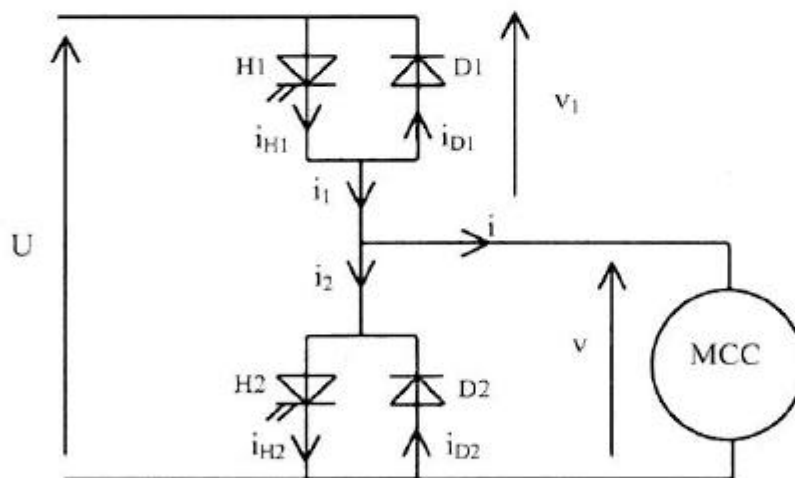
Apporter un soin particulier à la présentation et la précision des explications.

Rédiger votre DS sur le document réponses fourni.

Bonne rédaction à tous.

### Problème 1

Une machine à courant continu à aimants permanents est alimentée par un hacheur 2 quadrants réversible en courant :



Les deux interrupteurs électroniques et les deux diodes sont considérés comme idéaux :

- pas de chute de tension à l'état passant
- courant nul à l'état bloqué
- commutations instantanées

La commande des interrupteurs électroniques H1 et H2 a une période T constante.

Lors de chaque période T il y a deux séquences :

- pendant la 1<sup>ère</sup> séquence de durée  $\alpha T$  l'interrupteur H1 est commandé.
- pendant la 2<sup>ème</sup> séquence de durée  $(1 - \alpha)T$  l'interrupteur H2 est commandé.

Les caractéristiques de la machine à courant continu (MCC) sont :

Tension d'induit nominale :  $V_n = 150 \text{ V}$

Courant nominal :  $I_n = 11 \text{ A}$

Vitesse nominale :  $1527 \text{ trs/min}$

Inductance d'induit :  $L = 4 \text{ mH}$

Résistance d'induit :  $R = 1,3 \Omega$

Dans tout le problème les frottements du moteur sont négligés.

1. *Questions de cours :*

Représenter la caractéristique  $i_D = f(v_D)$  d'une diode idéalisée et la caractéristique  $i_H = f(v_H)$  d'un interrupteur électronique idéalisé (représenter les composants avec l'orientation de  $i_D$ ,  $v_D$ ,  $i_H$  et  $v_H$ ).

Expliquer la signification de ' 2 quadrants réversible en courant '

2. Calculer la constante de fem K de la MCC en  $\text{V.s/rad}$ .

3. Pour  $\alpha = 0,33$  représenter la commande de H1 et H2 en logique booléenne sur 2 périodes

En déduire et tracer  $v(t)$  pour  $\alpha = 0,33$ .

Calculer et tracer la caractéristique  $\langle v \rangle = f(\alpha)$

Dans quelle plage de tension peut-on alimenter cette MCC pour une utilisation normale de celle-ci ?

En déduire la valeur minimale de la tension continue d'entrée U du hacheur.

**Pour la suite on prend pour valeur numérique de U cette valeur minimale.**

## **A. Etude de l'ensemble en régime permanent**

a.1) Rappeler la signification de ' régime permanent '.

a.2) Pour  $\langle v \rangle = 50 \text{ V}$  et un couple résistant  $C_r$  de  $5 \text{ N.m}$ , calculer la vitesse mécanique  $\Omega$  en  $\text{rad/s}$ .

**Pour la suite de la partie A on néglige la résistance d'induit R**

a.3) Pour  $\alpha = 0,4$  et  $C_r = 6 \text{ N.m}$

Tracer les chronogrammes de  $v, i, i_1, i_{H1}, i_{D1}, i_2, i_{H2}, i_{D2}$  sur deux périodes (prendre une valeur arbitraire pour l'ondulation de courant  $\Delta i$ )

a.4) Ecrire l'équation différentielle de  $i$  sur la 1<sup>ère</sup> séquence (pour  $0 < t < \alpha T$ ) et en déduire l'expression littérale de l'ondulation de courant  $\Delta i$  dans le moteur.

a.5) Calculer la valeur de  $\alpha$  pour laquelle l'ondulation de courant  $\Delta i$  est maximale.

Calculer la période de hachage  $T$  pour obtenir un  $\Delta i_{\text{MAX}}$  égal à 15 % du courant nominal  $I_n$  de la MCC.

a.6) Pour  $\alpha = 0,4$  et un couple résistant négatif :  $C_r = -6 \text{ N.m}$

Calculer  $\Delta i$ .

Tracer les chronogrammes de  $v, i, i_1, i_{H1}, i_{D1}, i_2, i_{H2}, i_{D2}$  sur deux périodes.

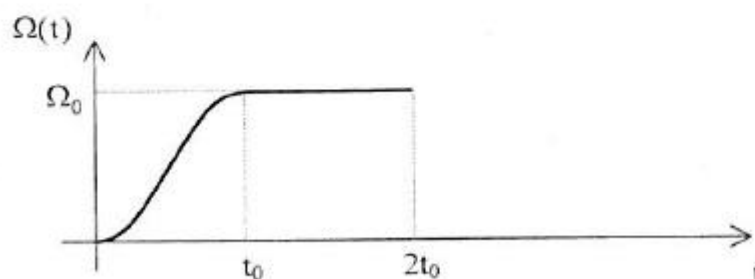
Calculer les valeurs numériques de  $I_{\text{min}}$  et  $I_{\text{max}}$  de  $i$ .

## B. Etude de l'ensemble en régime transitoire

Dans cette partie :

- on néglige l'inductance d'induit  $L$  (on ne néglige pas  $R$ ).
- on note  $J$  le moment d'inertie de l'ensemble moteur + système mécanique.
- le couple résistant  $C_r$  est nul

L'évolution souhaitée de la vitesse  $\Omega(t)$  est représentée ci-dessous.



Les valeurs numériques sont :  $\Omega_0 = 100 \text{ rad/s}$  ;  $t_0 = 3 \text{ s}$  ;  $J = 0,1 \text{ kg.m}^2$  ;  $C_r = 0 \text{ N.m}$

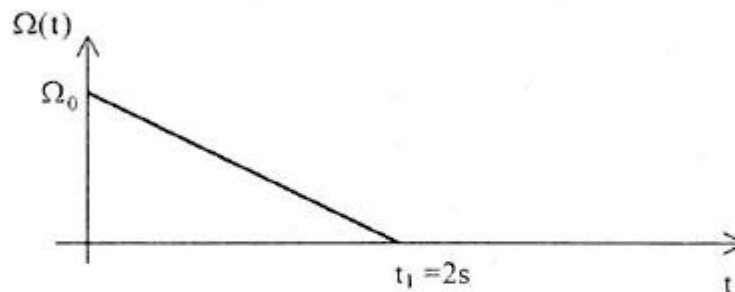
b.1) L'équation de la vitesse pour  $0 < t < t_0$  est une fonction d'allure cosinus. Calculer la pulsation  $\omega_0$  de la fonction cosinus. En déduire l'expression littérale puis numérique de la vitesse  $\Omega(t)$  pour  $0 < t < t_0$ .

b.2) En appliquant l'équation fondamentale de la dynamique des systèmes en rotation, en déduire l'expression littérale puis numérique du couple électromagnétique  $C_e(t)$  pour l'intervalle  $0 < t < 2t_0$ .

Tracer l'allure de  $C_e(t)$ . A quel instant  $t_M$  le couple  $C_e$  est-il maximum ? Donner l'expression littérale puis numérique de  $C_{e_{MAX}}$ .

b.3) Ecrire l'expression littérale de l'évolution du rapport cyclique  $\alpha(t)$  pour  $0 < t < 2t_0$ .

b.4) L'évolution souhaitée pour la décroissance de la vitesse  $\Omega(t)$  est représentée ci-dessous

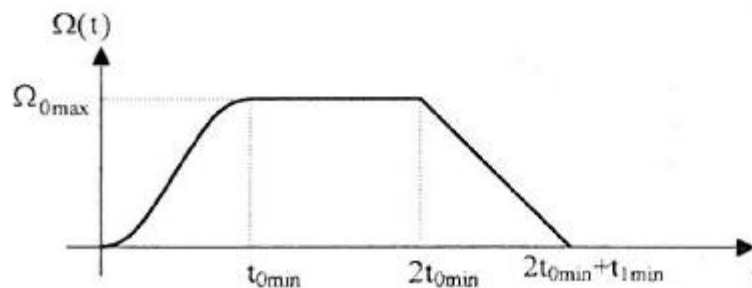


Calculer l'expression littérale puis numérique de  $C_e(t)$  pour  $0 < t < t_1$ . Tracer son allure  $C_e(t)$  sur  $0 < t < t_1$ .

Ecrire l'expression littérale de l'évolution du rapport cyclique  $\alpha(t)$ . Tracer  $\alpha(t)$ .

Le système peut-il réaliser cette décroissance linéaire de  $\Omega(t)$  ? Expliquer.

b.5) Dans cette question  $\Omega_0$ ,  $t_0$  et  $t_1$  deviennent des variables. Reprendre le problème pour obtenir les limites du système (Hacheur + MCC). On souhaite obtenir une accélération et une décélération maximale de la MCC sans dépasser le courant nominal  $I_n$  de celle-ci. Calculer les valeurs numériques de :  $\Omega_{0max}$ ,  $t_{0min}$  et  $t_{1min}$



remarque :  $t_{0min}$  et  $t_{1min}$  sont les valeurs minimales de  $t_0$  et  $t_1$  pour obtenir le palier  $\Omega_{0max}$ .

## Problème 2

Une source de tension triphasé équilibré direct de fréquence 50Hz alimente deux charges triphasées équilibrées.

La première charge est composée de trois impédances  $Z = 22 \cdot e^{j\frac{\pi}{5}}$  couplées en étoile et la seconde est un moteur triphasé absorbant un courant de 8 A par phase avec un facteur de puissance de 0,78.

On note  $v_1 = V\sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t)$  la tension simple de la phase 1 avec  $V = 230V$ .

1. Faire le schéma en représentant  $\underline{V}_1, \underline{V}_2, \underline{V}_3, \underline{I}_{z1}, \underline{I}_{z2}, \underline{I}_{z3}, \underline{I}_{m1}, \underline{I}_{m2}$  et  $\underline{I}_{m3}$ .

Ecrire les expressions numériques de  $\underline{V}_1, \underline{V}_2, \underline{V}_3, \underline{I}_{z1}, \underline{I}_{z2}, \underline{I}_{z3}, \underline{I}_{m1}, \underline{I}_{m2}$  et  $\underline{I}_{m3}$ .

Représenter  $\underline{V}_1, \underline{V}_2, \underline{V}_3, \underline{I}_{m1}$  et  $\underline{I}_{z1}$ .

2. Calculer l'expression littérale puis numérique de la puissance complexe  $\underline{S}$  fourni par la source triphasée aux deux charges.

Dessiner le triangle des puissances. Faire apparaître l'angle  $\varphi$ .

3. Calculer le courant en ligne  $I$  fourni par la source triphasée.

Dessiner le diagramme de Fresnel de  $\underline{V}_1$  et  $\underline{I}_1$ .

4. Pour diminuer le courant en ligne on ajoute une charge équilibrée constitué de 3 condensateurs couplés en étoile.  
Faire le schéma.

Calculer les condensateurs pour que la source n'ait aucune puissance réactive à fournir.  
Préciser la nouvelle valeur  $\varphi_n$ .

5. Calculer la nouvelle valeur du courant en ligne  $I_n$  fourni par la source triphasée à l'ensemble des 3 charges.

6. Représenter les vecteurs  $\underline{V}_1, \underline{V}_2, \underline{V}_3, \underline{I}_{1n}, \underline{I}_{2n}$  et  $\underline{I}_{3n}$ .

7. En déduire le schéma équivalent constitué par les 3 charges.

Préciser les valeurs numériques des éléments de ce schéma équivalent.