Université de 8 Mai 45 Guelma
Département de Génie Electrotechnique et Automatique

Solution de l'EMD-2020
« Commande des systèmes électro-énergétiques »

Exercice 1 (MCC 8 points) :

1. L'équation électrique et mécanique du moteur à courant continu à aimants permanents :

2p

$$U = RI + L\frac{dI}{dt} + E \quad ; \; J\frac{d\Omega}{dt} = C_e - C_r - fw \; ; \; E = K\Omega \, ; \; C_e = KI$$

2. La fonction de transfert **F(s)** entre la vitesse **Ω(s)** et la vitesse de rotation **U(s)** est donnée par : (avec : flux constant et couple de charge **C_r = 0**).

2p

$$F(s) = \frac{K}{Jfs^2 + (JR + Lf)s + Rf + K^2} = \frac{\Omega}{U}$$

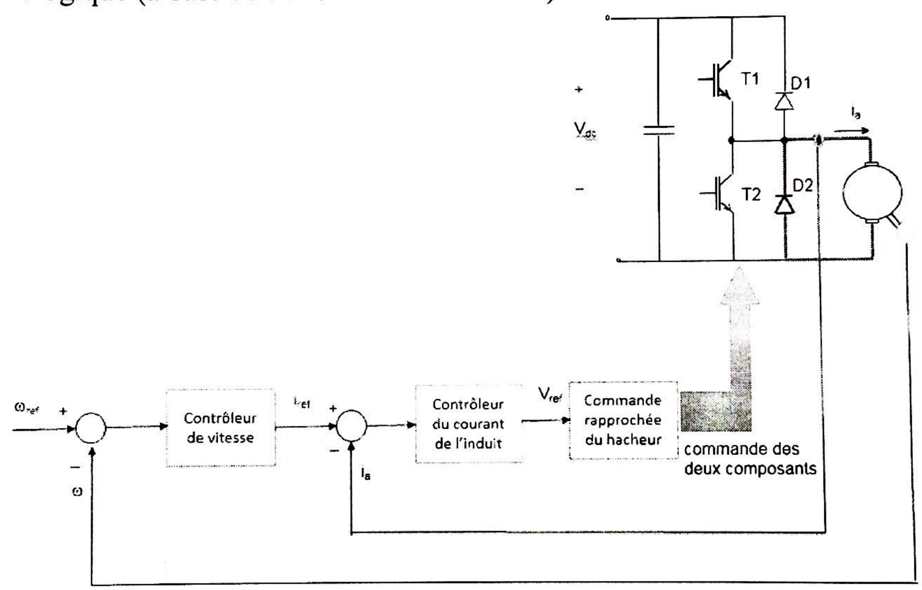
3. Le hacheur réversible en courant et non réversible en tension assure les modes suivants :

1p

Mode moteur et mode générateur dans le même sens de rotation

4. Le schéma technologique (à base de transistors et de diodes) de l'association **Hacheur-MCC** :

3p



Exercice 2 (MAS 12 points) :

1. Les équations électriques du stator et du rotor, les relations entre les flux et les courants, l'équation du couple et l'équation mécanique dans un repère de PARK (d,q) sont :

2p

$$\begin{cases} u_{sd}(t) = R_s i_{sd}(t) + \dfrac{d\Phi_{sd}(t)}{dt} - w_s \Phi_{sq}(t) \\ u_{sq}(t) = R_s i_{sq}(t) + \dfrac{d\Phi_{sq}(t)}{dt} + w_s \Phi_{sd}(t) \\ 0 = R_r i_{rd}(t) + \dfrac{d\Phi_{rd}(t)}{dt} - (w_s - w_r)\Phi_{rq}(t) \\ 0 = R_r i_{rq}(t) + \dfrac{d\Phi_{rq}(t)}{dt} + (w_s - w_r)\Phi_{rd}(t) \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \Phi_{sd}(t) &= L_s i_{sd}(t) + M i_{rd}(t) \\ \Phi_{sq}(t) &= L_s i_{sq}(t) + M i_{rq}(t) \\ \Phi_{rd}(t) &= L_r i_{rd}(t) + M i_{sd}(t) \\ \Phi_{rq}(t) &= L_r i_{rq}(t) + M i_{sq}(t) \end{aligned}$$

$$C_e = \frac{3}{2} p \frac{M}{L_r}(\Phi_{\mathrm{rd}} i_{sq} - \Phi_{\mathrm{rq}} i_{sd}) \qquad J\frac{dw}{dt} = C_e - C_r - fw$$

2. Les **deux équations rotoriques** et **l'équation du couple** en fonction de $\boldsymbol{\phi_{rd}}, \boldsymbol{I_{sd}}$ et $\boldsymbol{I_{sq}}$.

3p

$$\begin{cases} \Phi_{\mathrm{rd}} = \dfrac{M}{T_r s + 1} i_{sd} \\ w_{rr} = \dfrac{M}{T_r}\dfrac{i_{sq}}{\Phi_{\mathrm{rd}}} \\ C_e = \dfrac{3}{2} p \dfrac{M}{L_r} \Phi_{\mathrm{rd}} i_{sq} \end{cases}$$

3. La transformation de PARK et sa transformée inverse :

$$\begin{bmatrix} X_d \\ X_q \\ X_o \end{bmatrix} = [P(\theta_s)] \begin{bmatrix} X_a \\ X_b \\ X_c \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos(\theta_s) & \cos\left(\theta_s - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta_s - \frac{4\pi}{3}\right) \\ -\sin(\theta_s) & -\sin\left(\theta_s - \frac{2\pi}{3}\right) & -\sin\left(\theta_s - \frac{4\pi}{3}\right) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_a \\ X_b \\ X_c \end{bmatrix}$$

1p

$$\begin{bmatrix} X_a \\ X_b \\ X_c \end{bmatrix} = [P^{-1}(\theta_s)] \begin{bmatrix} X_d \\ X_q \\ X_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_s) & -\sin(\theta_s) & 1 \\ \cos\left(\theta_s - \frac{2\pi}{3}\right) & -\sin\left(\theta_s - \frac{2\pi}{3}\right) & 1 \\ \cos\left(\theta_s - \frac{4\pi}{3}\right) & -\sin\left(\theta_s - \frac{4\pi}{3}\right) & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_d \\ X_q \\ X_o \end{bmatrix}$$

1p

4. Le schéma de la commande vectorielle directe est le suivant :

5p