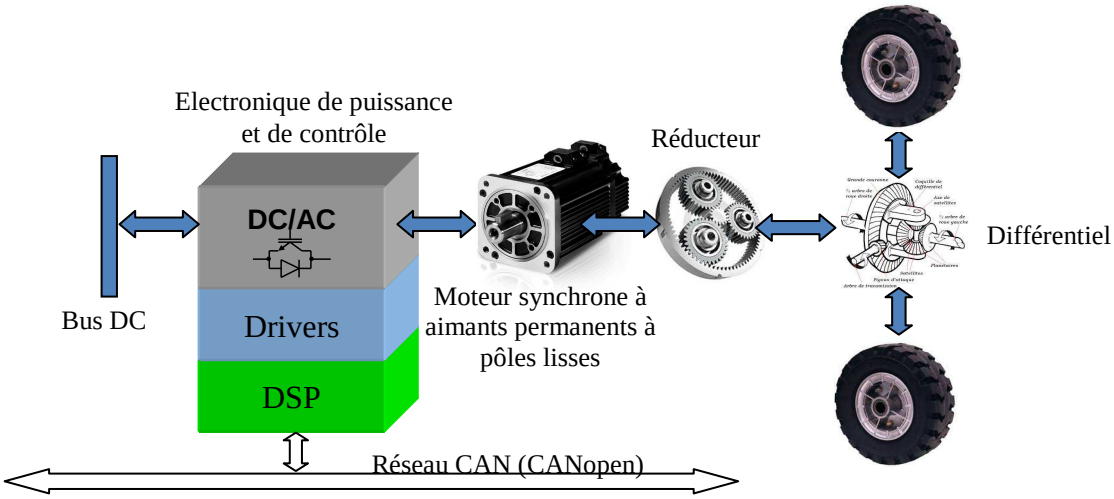
Examen TR57-MC71
Contrôleur d'une traction électrique

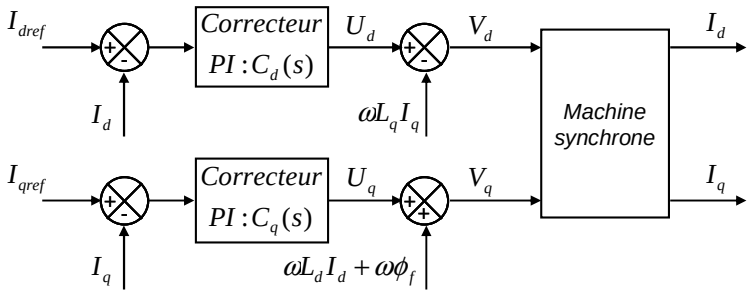


I. Configuration du contrôleur

1. Le convertisseur DC/AC est un onduleur de tension. Représenter une période MLI d'un signal de tension théorique de rapport cyclique α=½, les deux signaux de commande correspondant de la cellule de commutation et la tension effective en faisant apparaître les temps morts.
2. Rappeler quel est le rôle des Drivers dans la commande d'un convertisseur de puissance.
3. Dans le cas d'un générateur PWM conventionnel configuré pour la MLI centrée, déterminer la valeur de la période de comptage du « Timer » associé pour une fréquence d'horloge de 40MHZ et une fréquence PWM de 20kHz.
4. Déterminer la période du « Timer » associé à la création des temps morts pour une valeur de temps morts de 2µs.

II. Implantation de la fonction d'asservissement

On réalise la programmation du contrôleur donné par le schéma ci-dessous (contrôle des courants Id et Iq dans le plan de Park avec prise en compte des termes de découplage) :



Les correcteurs Cd et Cq sont des correcteurs PI exprimés sous la forme suivante :

$$C_d(s) = K_{pd}\left(\frac{1+\tau_{id}\cdot s}{\tau_{id}\cdot s}\right) \qquad C_q(s) = K_{pq}\left(\frac{1+\tau_{iq}\cdot s}{\tau_{iq}\cdot s}\right)$$

1. Déterminer l'équation récurrente générale d'un correcteur PI.
2. Déterminer les deux équations récurrentes donnant Ud et Uq.

Les variables virgules fixes du programme en langage C sont exprimées de la manière suivante :
Id1 = Ki.Id ; Idref1 = Ki.Idref ; Iq1 = Ki.Iq ; Iqref1 = Ki.Iqref ;Ud1 = Ku.Ud ; Uq1 = Ku.Uq

3. Déterminer les deux équations récurrentes donnant Ud1 et Uq1 en fonction des variables virgule fixe.
4. En déduire les expressions en virgule fixe des variables Vd1 et Vq1.
5. Rappeler quelle opération permet d'obtenir les variables Vα et Vβ dans le plan biphasé à partir de Vd et Vq.
6. Indiquer comment obtenir les durées d'impulsion du signal MLI à partir de Vα et Vβ si on désire obtenir un signal MLI centré.

On admet par la suite que les valeurs des trois comparateurs T1, T2 et T3 (variables globales) en MLI centrée sont calculées directement à partir de Vd1 et Vq1 par la fonction ***void calculTx(void)***.

7. Dans le cas d'une MLI vectorielle, indiquer quelle devra être la fréquence de déclenchement de l'interruption de calcul des régulateurs de Id et Iq.
8. Ecrire en langage C la partie de code de l'interruption déterminant les rapports cycliques CMPR1, CMPR2 et CMPR3 du générateur PWM triphasé à partir de Id1, Idref1, Iq1 et Iqref1, sans prendre en compte les restes des éventuelles divisions.

III. Communication au protocole CANopen

Le DSP contrôleur du moteur électrique de traction reçoit périodiquement à la fréquence de 1 kHz une consigne de couple sous forme de trame PDO au protocole CANopen de la part du calculateur maître. La configuration du RXPDO1 utilisé pour cette communication est mémorisée par le nœud CANopen et n'est donc pas a refaire à chaque démarrage. On donne :
- ID du nœud maître : 1
- ID du nœud contrôleur : 2
- Description du paramètre du dictionnaire d'objets du nœud contrôleur :

Paramètre	index	Sous-index	Taille (bits)	unité
Consigne de couple	0x2001	0x05	16	Nm

- Trames NMT :

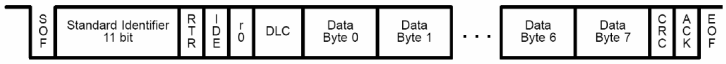
NMT-Master ⇒ NMT-Slave(s)

COB-ID	Byte 0	Byte 1
0x000	*CS*	Node-ID

Command Specifier	NMT Service
1	Start Remote Node
2	Stop Remote Node
128	Enter Pre-operational State
129	Reset Node
130	Reset Communication

- Assignement des COB-ID au PDO1 :

PDO 1 (transmit)	0011	181h - 1FFh	1800h
PDO 1 (receive)	0100	201h - 27Fh	1400h



- Format des Trames CAN standards:
(SOF: 1 bit, RTR: 1 bit, IDE: 1 bit, r0: 1 bit, DLC :4 bits, CRC :15bits + 1bit CRC delimiter, ACK: 2 bits, EOF: 7 bits, Intertrame: 3 bits)

1. Rappeler ce que représente le COB-ID dans le protocole CANopen.
2. Déterminer le contenu de la trame NMT (COB-ID et données) que le maître doit envoyer pour placer le contrôleur en mode « opérationnel » au démarrage.
3. Déterminer le contenu de la trame PDO (COB-ID et données) pour une valeur arbitraire de la consigne de couple.
4. Déterminer en % le taux d'occupation maximum du bus CAN par le nœud contrôleur en mode contrôle lorsque la fréquence de transmission est configurée à 1Mbaud.