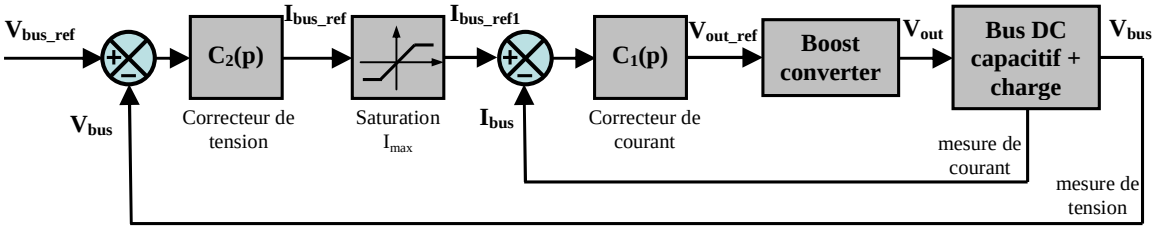
Examen final TR57-MC71

I Asservissement de la tension du réseau de bord d'un véhicule

On étudie l'alimentation de puissance d'un véhicule électrique. La batterie Lithium Métal Polymère (LMP) est reliée au réseau de bord continu du véhicule par l'intermédiaire d'un hacheur boost réversible en courant. Le contrôleur est un DSP TMS320LF2407A cadencé à F_{cpu}=40MHz. Le courant de sortie du convertisseur I_{bus} et la tension du réseau V_{bus} sont mesurés dans le but de réaliser leur asservissement. On choisit de mettre en œuvre le principe d'asservissement illustré ci-dessous, comprenant une boucle d'asservissement du courant imbriquée dans une boucle d'asservissement de la tension. L'objectif global est d'asservir la tension V_{bus} sur la grandeur de consigne fixe.



Les correcteurs s'expriment de la manière suivante :

$$C_1(p) = K_{p1}\left(\frac{1+\tau_{i1}\cdot p}{\tau_{i1}\cdot p}\right) \text{ et } C_2(p) = K_{p2}\left(\frac{1+\tau_{i2}\cdot p}{\tau_{i2}\cdot p}\right)$$

La fréquence d'échantillonnage des asservissements est choisie égale à la fréquence PWM du convertisseur : $F_e = F_{PWM}$ = 10 kHz. Les grandeurs virgule fixe utilisées par le DSP sont exprimées à partir des grandeurs réelles de la manière suivante :
Tensions : $V_{bus_DSP} = K_u.V_{bus}$ et $V_{out_DSP} = K_u.V_{out}$;
Courants : $I_{bus_DSP} = K_i.I_{bus}$

I.1 Indiquer quel avantage présente l'asservissement imbriqué de courant et de tension par rapport à un asservissement unique de tension.

I.2 Indiquer comment déterminer la valeur théorique minimale de F_e (sans la calculer).

I.3 Indiquer quelle valeur physique maximale peut prendre F_e.

I.4 Déterminer les fonctions de transfert en z des correcteurs échantillonnés C_1(z) et C_2(z) précédé d'un bloqueur d'ordre 0, en appliquant la méthode du rectangle inférieur.

I.5 Déterminer les équations récurrentes de ces correcteurs en exprimant I_{bus_ref}(n) et V_{out_ref}(n).

I.6 En déduire les 2 équations récurrentes exprimées en fonction des variables virgule fixe.

I.7 Exprimer en langage C le courant $I_{bus_ref1_DSP}$ en fonction de $I_{bus_ref_DSP}$.

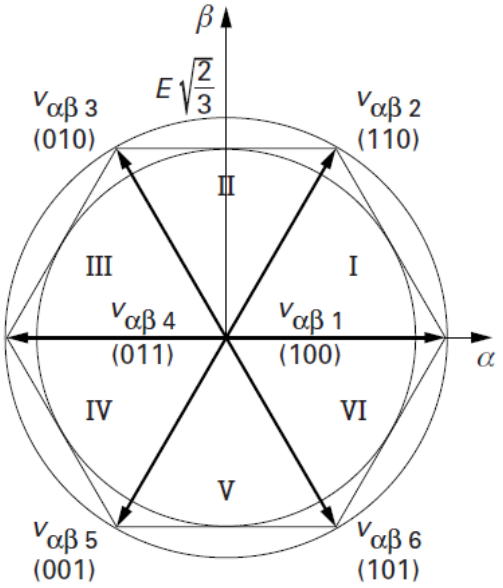
I.8 Indiquer dans quelles circonstances et pourquoi une fonction anti-windup peut être nécessaire.

I.9 Rappeler le principe de la fonction anti-windup.

I.10 Donner l'organigramme fonctionnel de la fonction d'interruption associé au contrôle du convertisseur.

II Contrôle en couple d'une machine synchrone à aimants permanents

Les moteurs synchrones triphasés à aimants permanents d'une traction électrique sont pilotés par des onduleurs pilotés en contrôle vectoriel. On rappelle l'expression du rapport cyclique de la phase *a* dans le cas d'une modulation sinusoïdale : $\alpha_a = \frac{1}{2} + m \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ ainsi que les vecteurs issus des fonctions de modulation dans le plan biphasé (α,β) issu de la transformation de Concordia :



États des fonctions de modulation			Tension neutre	Tensions simples triphasées			Tensions diphasées	
f_{ma}	f_{mb}	f_{mc}	v_{NM}	v_{aN}	v_{bN}	v_{cN}	$\frac{\sqrt{3}\,v_\alpha}{E\sqrt{2}}$	$\frac{\sqrt{3}\,v_\beta}{E\sqrt{2}}$
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	$E/3$	$2E/3$	$-E/3$	$-E/3$	1	0
1	1	0	$2E/3$	$E/3$	$E/3$	$-2E/3$	1/2	$\sqrt{3}/2$
0	1	0	$E/3$	$-E/3$	$2E/3$	$-E/3$	−1/2	$\sqrt{3}/2$
0	1	1	$2E/3$	$-2E/3$	$E/3$	$E/3$	−1	0
0	0	1	$E/3$	$-E/3$	$-E/3$	$2E/3$	−1/2	$-\sqrt{3}/2$
1	0	1	$2E/3$	$E/3$	$-2E/3$	$E/3$	1/2	$-\sqrt{3}/2$
1	1	1	0	0	0	0	0	0

II.1 Dans le cas de la modulation sinusoïdale, rappeler ce que représente *m*.

II.2 Représenter les signaux de contrôle des 3 transistors supérieurs dans le cas d'un motif MLI sinusoïdale centré pour m=1/2 ; ωt=0 et φ=0.

II.3 Représenter l'équivalent vectoriel de ce motif MLI dans le plan (α,β).

II.4 Renseigner le tableau ci-dessous avec *oui* ou *non* suivant la possibilité des cas :

	MLI sinusoïdale	MLI vectorielle	MLI optimisée
MLI synchrone			
MLI asynchrone			

II.5 Rappeler le schéma général du contrôle vectoriel de la MSAP contrôlée en couple avec MLI vectorielle.

II.6 Rappeler l'intérêt principal de la transformation de Park inverse donnant les grandeurs I_d et I_q en fonction des courants i_a, i_b, i_c et de θ l'angle électrique de la machine.

II.7 Indiquer comment contrôler le couple de la MSAP en minimisant les pertes joules au stator.

II.8 Les courants I_d et I_q sont contrôlés à l'aide des correcteurs PI respectifs C_d et C_q. Donner les équations récurrentes exprimant les sorties U_d et U_q respectives des correcteurs C_d et C_q. (utiliser les indices d et q pour les paramètres des correcteurs C_d et C_q).

II.9 Dans le cas d'une MLI vectorielle, indiquer comment choisir la fréquence d'échantillonnage F_e des algorithmes de contrôle vectoriel.

II.10 Donner une méthode permettant de calculer rapidement les fonctions trigonométriques sinus et cosinus dans le cas d'un processeur virgule fixe.