

Master 1 EEA

EMEAG2A1 Modélisation et commande des convertisseurs statiques

Examen du 9 mai 2017

Sans document
Durée : 1H30

EXERCICE 1 : SOURCE DE COURANT (7 PTS)

On considère le convertisseur représenté sur la figure 1, permettant d'alimenter en courant une charge quelconque. La position de l'interrupteur K est représentée par une variable u: u=1 lorsque K est passant, u=0 lorsque K est bloqué. On suppose que le hacheur fonctionne en conduction continue.

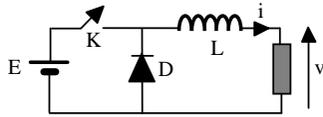


Figure 1

- 1) - On envisage de modéliser la charge comme une source équivalente variable : faut-il choisir une source de courant ou de tension ? Justifier.
 - 2) - Donner l'équation d'état représentant l'évolution du courant i(t) en fonction de u, v et des paramètres du circuit.
 - 3) - A quelle condition peut-on faire croître ou décroître le courant i ? Justifier.
- u est piloté par Modulation de Largeur d'Impulsion, avec un rapport cyclique α
- 4) - Dans la mesure où la condition proposée en 3) est vérifiée, représenter qualitativement l'allure du courant i(t) en supposant v constant. En déduire une condition de régime permanent liant α , E, et v.
 - 5) - En négligeant le retard pur du modulateur, donner l'expression de la valeur moyenne $U = \bar{u}$ de la commande u en fonction du rapport cyclique α .
 - 6) - En déduire l'équation d'état aux valeurs moyennes de ce convertisseur.

Le courant moyen I dans la bobine est asservi à une référence I_{ref} au moyen de l'asservissement représenté sur la figure 2.

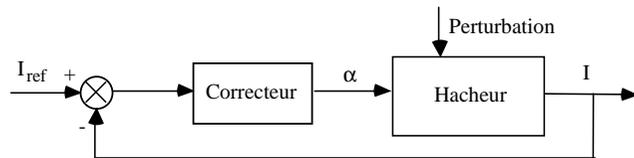


Figure 2

- 7) - Expliciter le schéma-bloc du hacheur en définissant la "perturbation" et en exprimant sa fonction de transfert.
- 8) - Proposer en le justifiant un correcteur.
- 9) - Calculer la fonction de transfert en boucle fermée pour une "perturbation" nulle et proposer une méthode pour choisir les paramètres du correcteur.

EXERCICE 2 : RÉGULATION D'UN ÉLÉVATEUR DE TENSION (15 PTS)

On se propose d'étudier une régulation de la tension de sortie d'un convertisseur continu-continu élévateur de tension, réversible en courant, commandé en MLI, dont le schéma est représenté sur la figure 1. Les différents éléments du circuit ont les valeurs suivantes :

$E = 36 \text{ V}$; $L = 100.10^{-6} \text{ H}$; $C_s = 600.10^{-6} \text{ F}$; $R = 4 \Omega$. La fréquence de découpage est $F = 40 \text{ kHz}$.

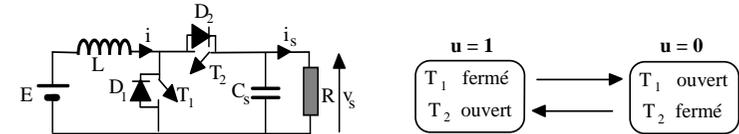


Figure 1

- 1) - Donner la représentation d'état en variables instantanées. En déduire la représentation d'état en valeurs moyennes. Les variables moyennes seront écrites en lettres majuscules et on notera α le rapport cyclique.
Par la suite, on étudiera le fonctionnement autour d'un point d'équilibre statique défini par $[\alpha_0, V_{s0}]$. Les valeurs moyennes seront notées sous la forme $\alpha = \alpha_0 + \tilde{\alpha}$, $V_s = V_{s0} + \tilde{V}_s$ et ainsi de suite. Les lettres majuscules surmontées du signe \sim représentent les variations des grandeurs autour du point d'équilibre statique.
- 2) - Donner les conditions d'équilibre statique. En particulier, déterminer la relation liant V_{s0} et α_0 . Que doit valoir le rapport cyclique pour obtenir une tension moyenne de sortie égale à $2E$?
Afin de réguler la tension de sortie, on développe un modèle dynamique aux petites variations du convertisseur commandé par MLI. Le retard pur du modulateur MLI est négligé.
- 3) - Déterminer le modèle d'état aux petites variations ("petit signal") par un développement au premier ordre du modèle moyen obtenu en 1).
- 4) - En employant les conditions d'équilibre obtenues en 2, déduire la fonction de transfert $\frac{\tilde{V}_s(p)}{\tilde{\alpha}(p)}$ sous la forme $G(p) = K_0 \frac{1 - \tau_0 p}{1 + \frac{2z_0}{\omega_{n0}} p + \frac{p^2}{\omega_{n0}^2}}$. Expliciter les paramètres K_0 , τ_0 , ω_{n0} et z_0 en fonction de E, L, Cs, R et α_0 .
- 5) - Calculer numériquement cette fonction de transfert autour du point d'équilibre correspondant à $V_{s0} = 2E$.

On réalise une boucle de régulation de tension autour du point $V_{s0} = 2E$, tel que représenté sur la figure 2. En première approche, la variable Δ symbolise une entrée de perturbation, rendue homogène à une variation de rapport cyclique.

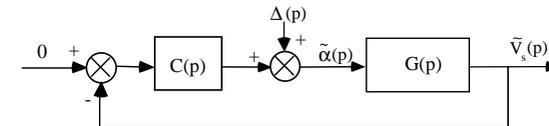


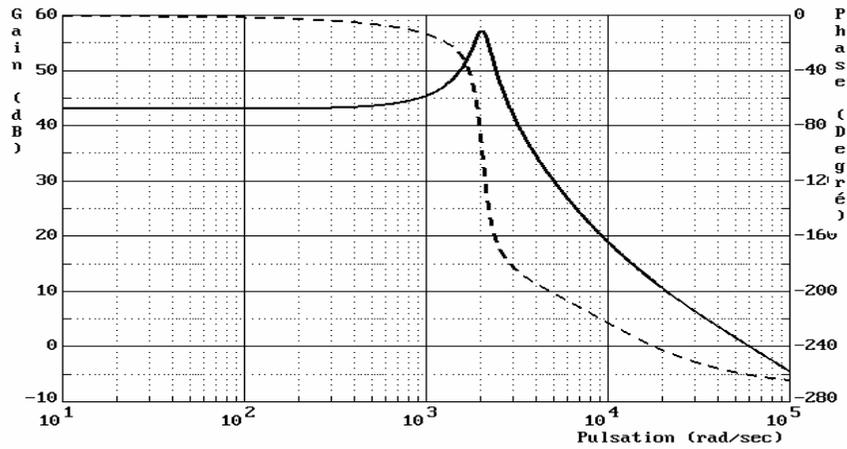
Figure 2

On désire tout d'abord effectuer le choix d'un correcteur proportionnel à avance de phase, $C(p) = K \frac{1 + aTp}{1 + Tp}$, dont les principales caractéristiques sont données en annexe. On admettra enfin que le critère du revers est applicable, bien que le système considéré ne soit pas à minimum de phase.

6) - Calculer les paramètres a, T, et K du correcteur qui permettent d'obtenir une marge de phase corrigée $\Delta\Phi_c = +45^\circ$ pour la fonction de transfert en boucle ouverte corrigée C(p)G(p), à une pulsation de $\omega_{col} = 5000$ rd/s. Le diagramme de Bode de G(p) est donné en annexe. La démarche proposée devra être suffisamment détaillée.

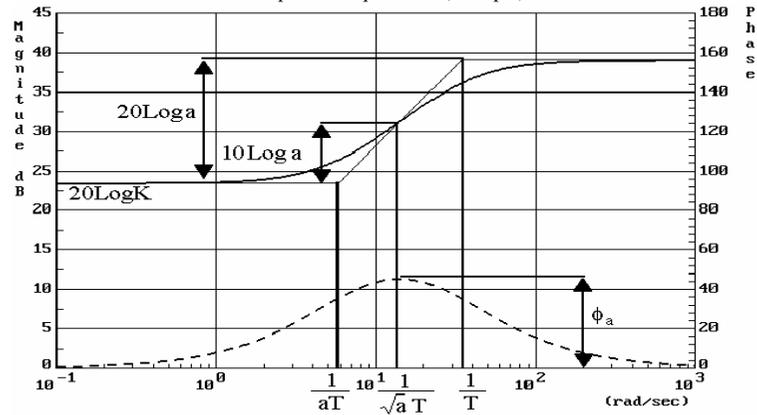
7) - Quelle correction série supplémentaire conviendrait-il d'apporter à l'asservissement ? Pourquoi ? Expliciter la fonction de transfert ce correcteur et dessiner un schéma-bloc de principe de la régulation modifiée. Indiquer qualitativement quel positionnement fréquentiel devrait-on donner à ce correcteur par rapport à la réponse en fréquence de la boucle ouverte corrigée étudiée à la question 6).

• Annexe 1 : Réponse fréquentielle petit signal de l'élevateur G(j ω)



• Annexe 2 : Correcteur proportionnel à avance de phase $D(p) = K \frac{1+aTp}{1+Tp}$

• Réponse Fréquentielle (exemple) :



• Phase maximale apportée par le correcteur $\phi_a = \arcsin \frac{a-1}{a+1}$, qui donne : $a = \frac{1 + \sin \phi_a}{1 - \sin \phi_a}$
