

Master 1 EEA

EMEAG2C1 : Commande des machines électriques

Examen du 26 juin 2018

Sans document

Durée : 1H30

- Les 2 parties du problème peuvent être résolues indépendamment, mais il est vivement conseillé de prendre connaissance de la totalité de l'énoncé.
- Les données numériques nécessaires à la résolution du problème sont reportées en annexe, à la fin de l'énoncé.

La figure 1 représente, de manière simplifiée, la structure de conversion d'une éolienne utilisant une génératrice à courant continu à aimants permanents. L'énergie récupérée est stockée dans une batterie d'accumulateurs. Cette batterie alimente une installation électrique qui n'est pas détaillée ici.

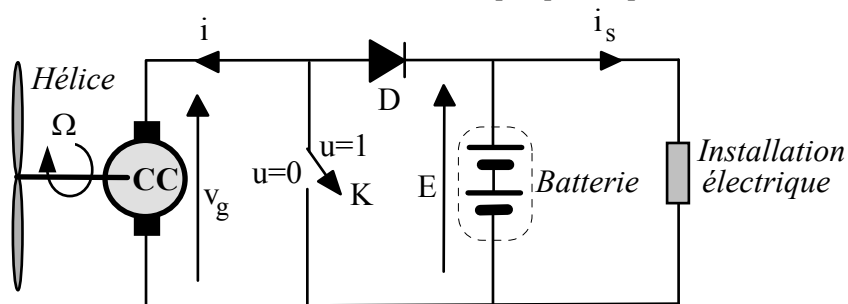


Figure 1

Partie I : Asservissement du courant dans la génératrice

On supposera dans cette partie que la vitesse de rotation Ω est lentement variable et que le hacheur fonctionne en mode de conduction continue.

- **Remarque :** On utilise une convention récepteur aux bornes de la génératrice, ce qui signifie ici que le courant i est en réalité négatif en valeur algébrique. Bien que a priori peu naturelle, cette convention facilite cependant la synthèse de l'asservissement de courant qui suit.

1- Donner un schéma détaillé du 1^{er} étage de la figure 1, dans lequel le modèle électrique de la génératrice sera explicité. Les interrupteurs du hacheur parallèle sont supposés parfaits et la batterie est assimilée à une source de tension idéale. La force électromotrice de la génératrice sera notée E_g , et est dirigée suivant le sens de la tension v_g .

2- La position de l'interrupteur K est repérée par la variable u : Lorsque $u=1$ l'interrupteur est ouvert, lorsque $u=0$ il est fermé. Donner alors l'équation d'état vérifiée par le courant instantané $i(t)$. A quelle condition peut-on faire croître ou décroître ce courant au moyen de u ?

3- La variable u est pilotée par modulation de largeur d'impulsion (MLI). Rappeler le principe de cette modulation.

4- La valeur moyenne de toute variable f dépendant du temps est définie de la manière suivante :

$$F(t) = \bar{f}(t) = \frac{1}{T} \int_{t-T}^t f(\tau) d\tau, \text{ où } T \text{ est la période de découpage.}$$

Établir alors l'équation d'état vérifiée par le courant moyen $I(t)$ et donner le schéma électrique équivalent associé.

On se propose d'asservir le courant moyen I suivant le schéma de la figure 2. U est la valeur moyenne de u .

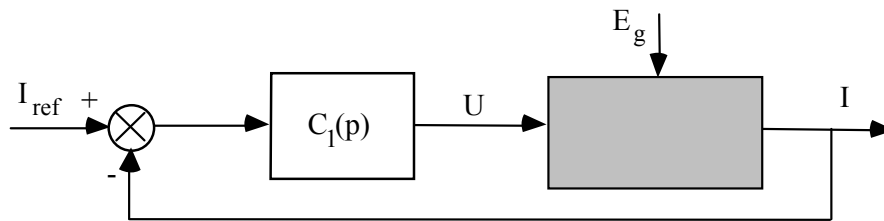


Figure 2

5- Après avoir explicité la partie du schéma-bloc représentant le processus en boucle ouverte non corrigé (bloc gris), proposer un correcteur en justifiant son choix.

6- Exprimer la fonction de transfert de poursuite $\frac{I(p)}{I_{ref}(p)} \Big|_{E_g=0}$.

7- On souhaite un temps de réponse à 95% voisin de 10ms en réponse à un échelon de position. Proposer et justifier une méthode de synthèse pour le correcteur. Calculer alors ses paramètres.

Partie II : Asservissement de la vitesse de rotation de l'hélice

La boucle de courant précédente est **suffisamment rapide** pour pouvoir considérer que $I = I_{ref}$. La figure 3 représente le schéma-bloc de base de l'asservissement de vitesse. La vitesse de consigne Ω_{ref} de l'hélice est calculée à partir de la vitesse du vent mesurée au moyen d'un anémomètre.

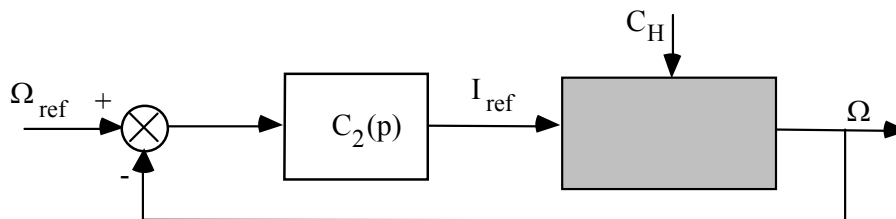


Figure 3

En toute rigueur, le couple fourni par l'hélice à la génératrice C_H est proportionnel au carré de sa vitesse de rotation. Cependant il est possible, en première approche, de considérer que ce couple est indépendant de la vitesse. En notant C_g le couple électromécanique de la génératrice et J l'inertie à considérer, la relation fondamentale de la dynamique peut s'écrire :

$$C_g - C_H = J \frac{d\Omega}{dt}.$$

• **Remarque :** Cette relation a été établie pour une machine fonctionnant en moteur. Cela signifie alors que, pour un fonctionnement en génératrice, C_H et C_g sont en réalité négatifs en valeur algébrique. Bien que a priori peu naturelle, cette convention facilite néanmoins la synthèse de l'asservissement de vitesse qui suit.

8- Après avoir explicité la partie du schéma-bloc de la figure 3 représentant le processus en boucle ouverte non corrigé (bloc gris), proposer un correcteur en justifiant son choix.

9- Exprimer la fonction de transfert de poursuite $\frac{\Omega(p)}{\Omega_{ref}(p)} \Big|_{C_H=0}$.

10- On désire un temps de réponse à 95% voisin de 100 ms en réponse à un échelon de position. Proposer et justifier une méthode de synthèse pour le correcteur. Calculer alors ses paramètres.

11- On souhaite, pour optimiser le point de fonctionnement de l'éolienne, évaluer sans mesure directe le couple C_H fourni par l'hélice à la génératrice. Proposer une méthode pour estimer ce couple et l'illustrer avec un schéma.

12- Comment utiliser cette estimation pour améliorer l'asservissement de vitesse ? Illustrer la réponse avec un schéma.

• Annexe 1 : Données techniques de l'éolienne

1° Étage :

- Moment d'inertie de l'hélice : $1500 \cdot 10^{-5} \text{ kgm}^2$
- Caractéristiques principales de la machine à courant continu et à aimants permanents

FEM par 1000tr/mn	Couple par ampère	Résistance de l'induit	Inductance de l'induit	Moment d'inertie
38.5 V	0.37 NmA ⁻¹	0.2 Ω	1.8 mH	$530 \cdot 10^{-5} \text{ kgm}^2$

- Fréquence de découpage du hacheur : 20 kHz
- Tension nominale batterie : 70 V

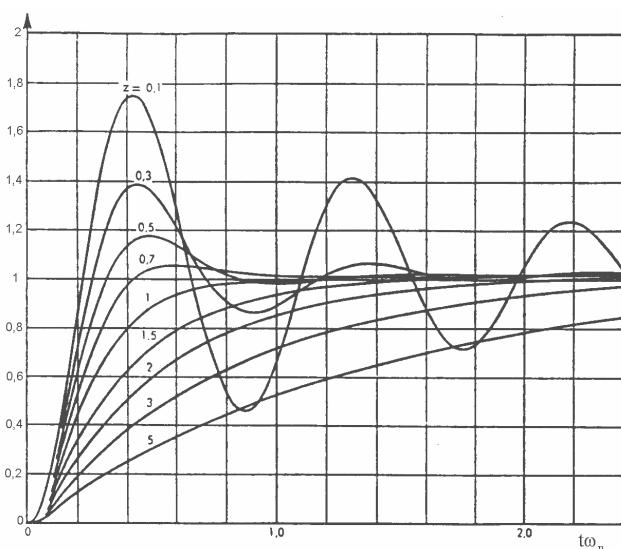
2° Étage :

$$L = 3.5 \text{ mH}$$

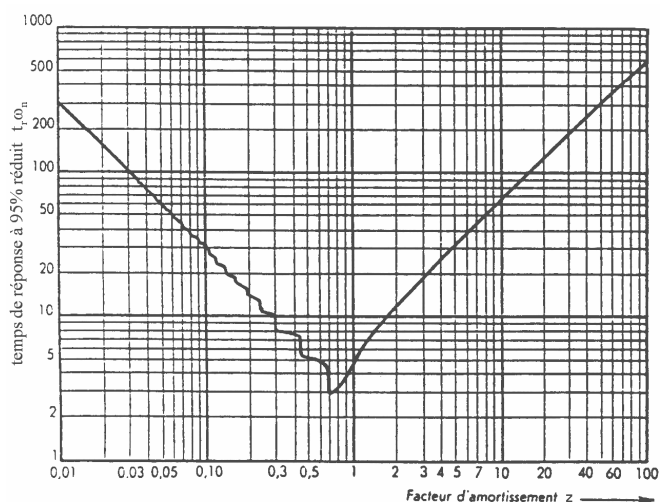
$$C = 20 \mu\text{F}$$

• Annexe 2 : Système du 2° ordre

- Fonction de transfert :
$$F(p) = \frac{1}{1 + \frac{2z}{\omega_n} p + \frac{p^2}{\omega_n^2}}$$



Réponse à un échelon de position unitaire



Évolution du temps de réponse en fonction de z

* * *

