

L'objectif de ce problème est de dimensionner une chaîne de conversion statique contenue dans une éolienne. Le schéma de principe est le suivant:

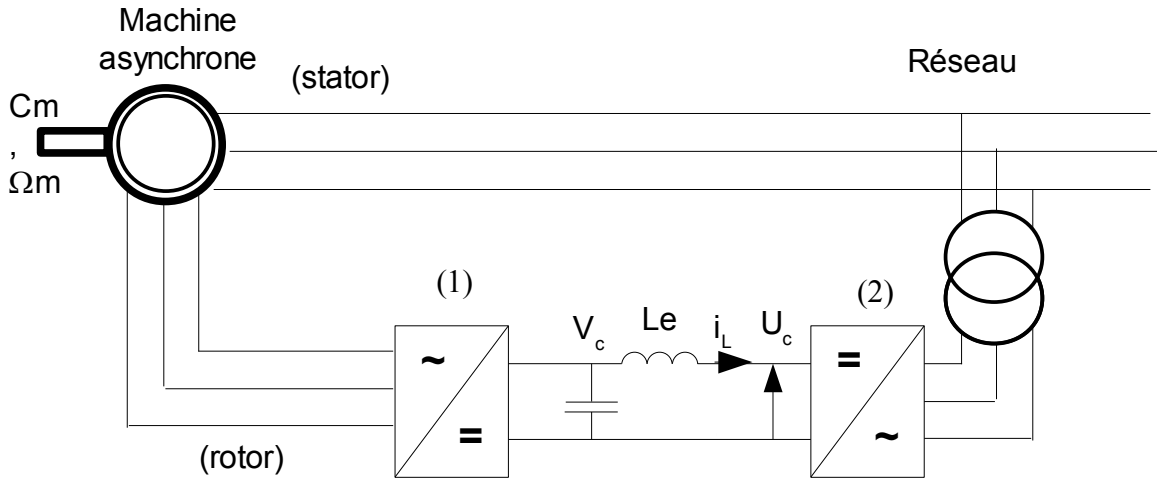


figure 1: principe de la partie électrique d'une éolienne avec récupération d'énergie par le rotor

Les pales entraînent par l'intermédiaire d'un élévateur de vitesse (non représentés) l'arbre d'une machine asynchrone à rotor bobiné. Dans ce système, une partie de la puissance mécanique est réinjectée directement sur le réseau par le stator, tandis qu'une autre partie transite par le rotor. Deux convertisseurs (1) et (2) permettent le contrôle du transfert de puissance. Le réseau fonctionne à $f=50\text{Hz}$, et la machine asynchrone possède deux paires de pôles.

Le transfert de puissance s'établit selon le graphique de la figure 2. Dans cette figure on appelle: P_s : la puissance qui transite par le stator; P_m la puissance mécanique reçue des pales; P_r la puissance transitant par le rotor.

On appelle g le glissement. On rappelle les quelques formules utiles:

$$\Omega_s = \frac{2\pi f}{2} \quad g = \frac{\Omega_s - \Omega_m}{\Omega_s}$$

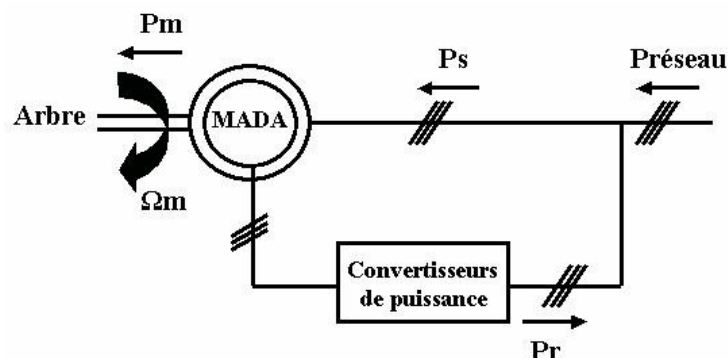


figure 2: Transfert de puissance

En règle générale, on suppose que les convertisseurs sont sans perte, les pertes joules rotorique et statorique de la machine sont négligées. Dans ces conditions, on peut écrire que:

$$P_m = P_{\text{reseau}} \quad ; \quad P_{\text{reseau}} = P_s - P_r \quad ; \quad P_r = g P_s \quad ; \quad P_s = \frac{P_{\text{reseau}}}{1-g} \quad ; \quad \underline{P_m < 0}.$$

Par ailleurs, on suppose que la tension V_c est fixe, de valeur 1500V.

I ETUDE DU TRANSFERT ENERGETIQUE

La machine tourne avec les conditions suivantes:

- $\Omega_m = 1900 \text{ tr/min}$
- $P_m = -250 \text{ kW}$

QUESTIONS:

1. Calculez la valeur du glissement g au point de fonctionnement donné
2. En déduire la puissance rotorique (on rappelle que les pertes joules sont négligées)
3. En déduire le courant de bus continu I_L .

De manière optimale, la vitesse de rotation de la machine est comprise dans une fourchette de fonctionnement, si bien que l'on a:

$$1200 < \Omega_m < 1900$$

4. En supposant que P_m est toujours négatif, donnez l'évolution du SIGNE de P_r en fonction de Ω_m . On présentera le résultat sous la forme d'un graphique
5. En déduire les réversibilités nécessaires pour les convertisseurs 1 et 2 si l'on fonctionne sur toute la gamme de vitesse.
6. Quelles conséquences technologiques cela aura-t-il?

II ETUDE DU CONVERTISSEUR NUMERO 2

Dans cette question, nous supposons que I_L est toujours positif.

Le schéma du convertisseur numéro 2 est donné à la figure 4. Les interrupteurs K_1 , K_2 et K_3 ne sont jamais fermés en même temps, tandis que les interrupteur K_i et K'_i sont complémentaires. Les ordres de commande sont a priori synchronisés sur la tension réseau. La figure n°5 fournie sur le document réponse donne les ordres de commande ainsi qu'une abaque représentant les tensions simples et composées du réseau.

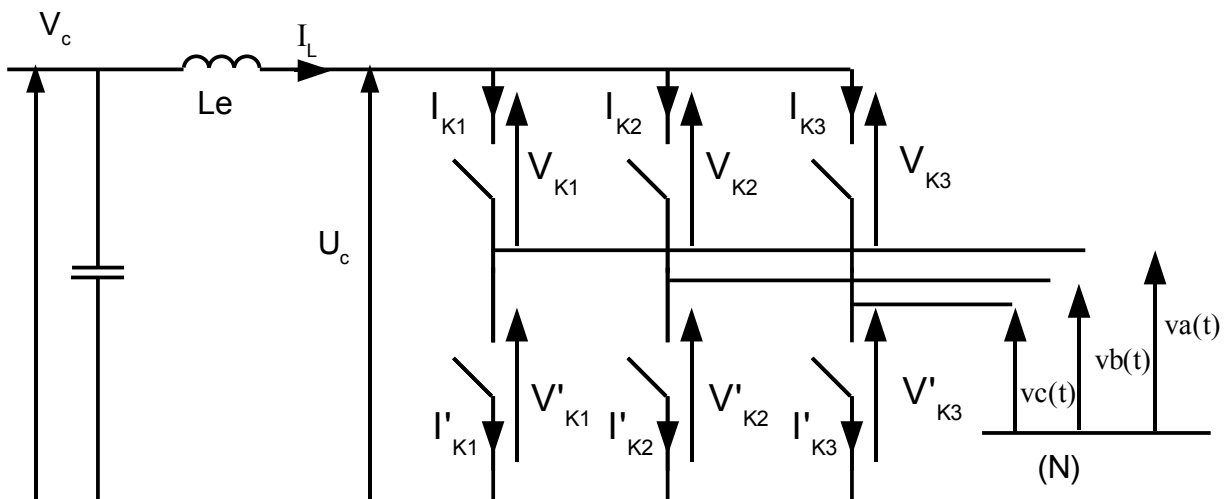


figure 3: Schéma structurel du convertisseur numéro 2

On écrira que:

$$va(t) = V \sqrt{2} \sin(2\pi f t)$$

$$vb(t) = V \sqrt{2} \sin(2\pi f t - 2\frac{\pi}{3})$$

$$vc(t) = V \sqrt{2} \sin(2\pi f t + 2\frac{\pi}{3})$$

5. En supposant que K1 et K'2 sont fermés, donnez U_c , la tension issue du convertisseur en fonction de $v_a(t)$ et de $v_b(t)$.
6. Même question lorsque K1 et K'3 sont fermés en fonction de $v_a(t)$ et $v_c(t)$.
7. Généralisez en supposant que K_i et K'_j (i différent de j) sont fermés
8. Remplissez le tableau 1 du document réponse, en indiquant $U_c(t)$ pour chaque phase de fonctionnement en fonction de v_a , v_b et v_c .
9. Tracez sur la figure 5 du document réponse U_c en fonction de $\theta=2\pi ft$.
10. Pour chaque phase de fonctionnement, déterminez V_{K1} , la tension aux bornes de K1 en fonction de v_a , v_b et v_c .
11. Pour chaque phase de fonctionnement, déterminez I_{K1} , le courant dans K1 en fonction de I_L .
12. En déduire dans le plan $I_{KA}(V_{K1})$ la caractéristique de K1.
13. Quel est le composant adapté? En déduire la structure du convertisseur N°2.
14. A partir du résultat de la question 9 donnez la valeur moyenne $\langle U_c \rangle$ de U_c en fonction de V , la valeur efficace de la tension coté réseau.
15. Application numérique pour $V=640V$.
16. Montrez que l'on peut écrire que $\langle U_c \rangle = V_c$.
17. Donnez δU_c l'ondulation de la tension de sortie du convertisseur, et sa période (en radian)

III DIMENSIONNEMENT DE L_e

Pour dimensionner L_e , on utilise la méthode dite de l'ingénieur pressé qui consiste à assimiler l'ondulation de tension U_c à une ondulation sinusoïdale de même amplitude et de même pulsation.

17. Montrez que l'on peut écrire que $\delta U_c = V \sqrt{6} \left(1 - \cos \frac{\pi}{6}\right)^2$
18. A partir de la question 17, calculez Δi l'ondulation de courant dans l'inductance.
19. Application numérique: calculez L_e qui permet d'obtenir $\Delta i = 10A$

---- FIN ----

DATE:
N° de Place:

figure n°5

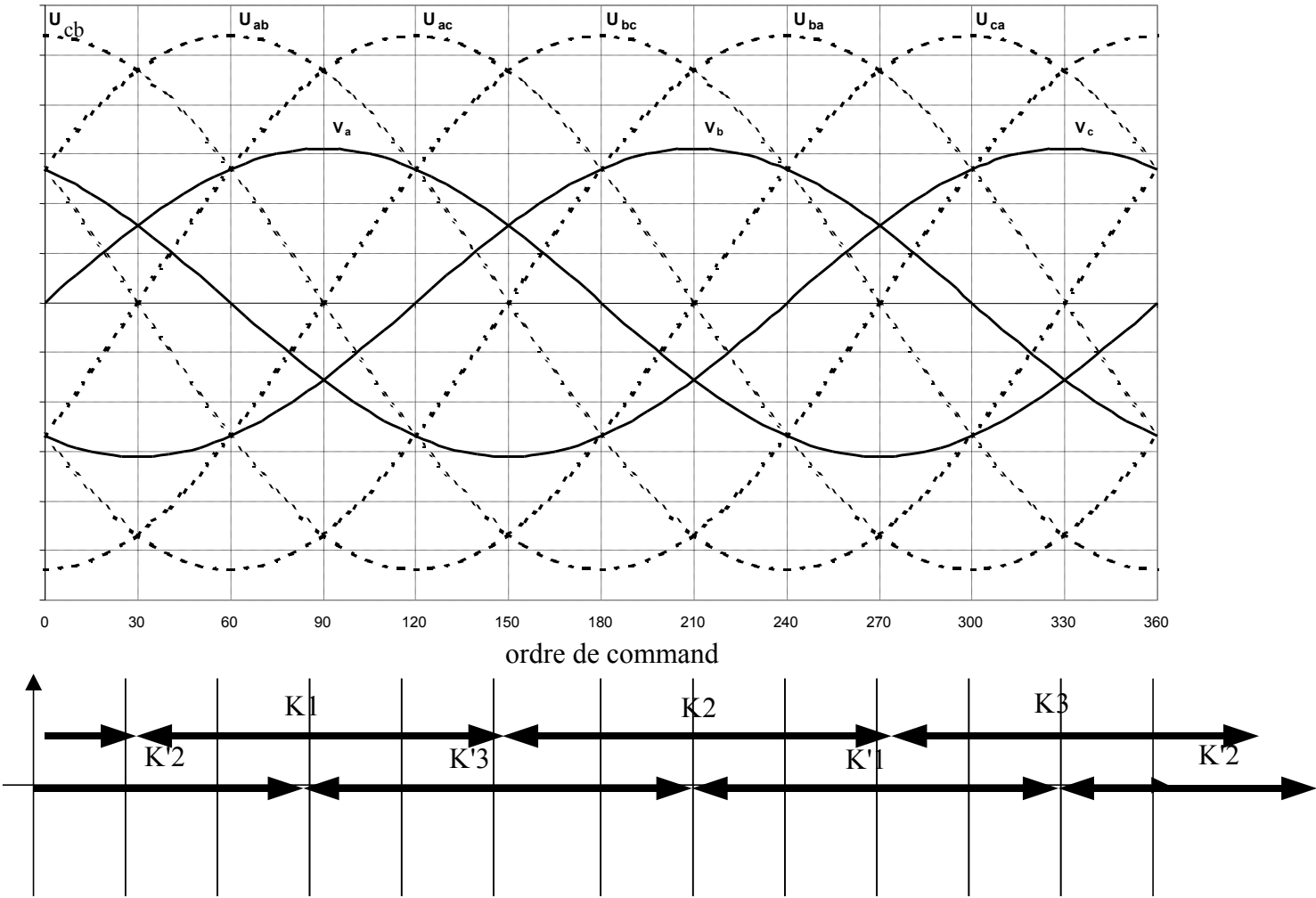


Tableau 1
Expressions de $U_c(t)$

--	--	--	--	--	--	--

Expressions de $V_{K1}(t)$

--	--	--	--	--	--	--

Expressions de $I_{K1}(t)$

--	--	--	--	--	--	--