

Examen Final : EL55 – P07.
Durée : 2 heures.
Documents : non autorisés sauf une feuille manuscrite de format A4.

REPENDRE DIRECTEMENT SUR LA COPIE DE L'ENONCE

<u>Nom :</u>	<u>Prénom :</u>	<u>Signature :</u>
--------------	-----------------	--------------------

Onduleur de tension pour variateur de vitesse du type V/f pour moteur asynchrone

Le schéma structurel du circuit de puissance de l'onduleur est représenté sur la figure 1 ? La forme d'onde des tensions composées appliquées au moteur est basée sur le principe de la MLI calculée.

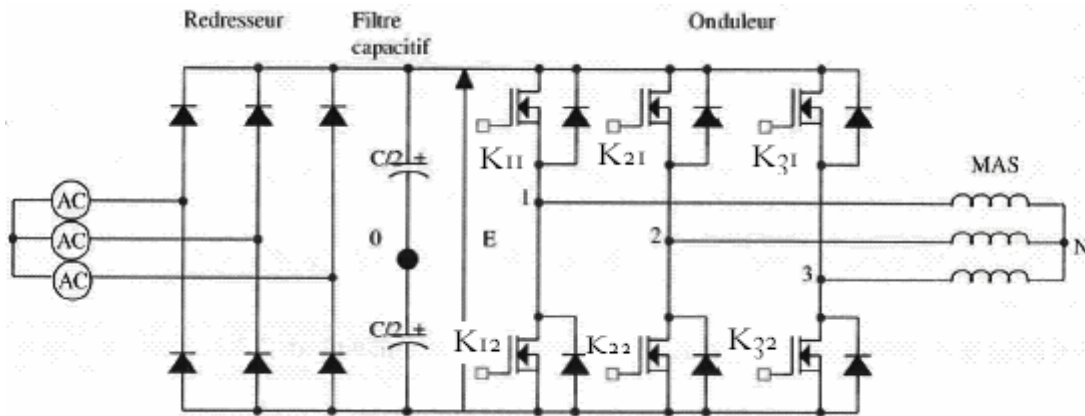


Figure 1

Partie A : Etude de la structure du convertisseur

1. Que se passe-t-il si les commandes des interrupteurs K_{11} et K_{12} ne sont pas complémentaires ?

.....

2. Montrer que les interrupteurs doivent être unidirectionnels en tension et bidirectionnels en courant.

.....

3. Dans les quatre quadrants définis dans le plan formé par les grandeurs i_{K11} et v_{K11} , représenter la trajectoire du point de fonctionnement i_{K11} et v_{K11} .

.....

4. On se met dans le cas où sur la moitié d'une période de fonctionnement K_{11} est commandé à l'amorçage. Compte tenu du signe du courant dans la charge, préciser les conductions du transistor et de la diode qui composent K_{11} en sachant que le courant est en retard sur la tension, la charge étant inductive.

.....

Partie B : Formes d'onde des tensions composées

On se propose d'établir les formes d'onde des tensions et des courants de l'onduleur représenté sur la figure 1. Le nombre d'angles de découpage est volontairement limité afin de ne pas alourdir les calculs et de simplifier les formes d'ondes.

Chacun des interrupteur K_{ij} ($i = 1,2,3$ et $j = 1,2,3$) introduit une **fonction de commande** f_{ij} telle que :

- $f_{ij} = 0$ lorsque K_{ij} est ouvert,
- $f_{ij} = 1$ lorsque K_{ij} est fermé,

La fonction de **modulation** $f_{mi}(t)$ relie la tension $v_{io}(t)$ à la tension $E/2$, le point **O** est un point fictif séparant la source de tension E en 2 sources de tension égales à $E/2$ telles que :

- $v_{io} = f_{mi} \cdot E/2$

La fonction de **conversion** $m_{ij}(t)$ relie la tension composée $u_{ij}(t)$ à la tension E , soit :

- $u_{ij} = m_{ij}(t) \cdot E$

5. Déterminer la relation entre les fonctions de commande au sein d'une même cellule commutation (bras d'onduleur).

.....

6. Représenter les allures de ces fonctions de commande.

.....

7. Exprimer les fonctions de modulation :

- f_{m1} en fonction de f_{11} et f_{12} ,
- f_{m2} en fonction de f_{21} et f_{22} ,
- f_{m3} en fonction de f_{31} et f_{32} .

.....

8. Montrer que :

- $V_{1N} = E \cdot (2 \cdot f_{m1} - f_{m2} - f_{m3}) / 6,$
- $V_{2N} = E \cdot (2 \cdot f_{m2} - f_{m1} - f_{m3}) / 6,$
- $V_{3N} = E \cdot (2 \cdot f_{m3} - f_{m1} - f_{m2}) / 6.$

.....

9. Montrer que :

- $U_{12} = m_{12} \cdot E,$
- $U_{23} = m_{23} \cdot E,$
- $U_{31} = m_{31} \cdot E.$

.....

10. Les chronogrammes des fonctions de modulation sont représentés sur la figure 2. Compléter les en reportant les chronogrammes :

- de la tension simple $v_{in}(t)$,
- de la fonction de conversion $m_{12}(t)$,
- de la tension composée $u_{12}(t)$.

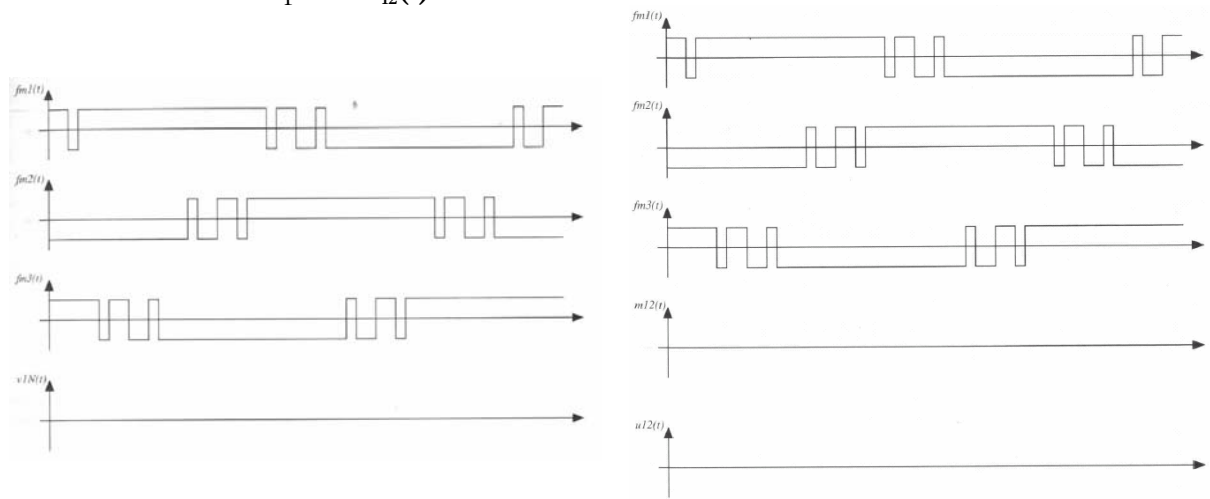


Figure 2

Partie C : Etude harmonique des tensions composées

La tension composée $u_{12}(t)$ a l'allure représentée figure 2. Les résultats de l'étude seront étendus aux tensions $u_{23}(t)$ et $u_{31}(t)$.

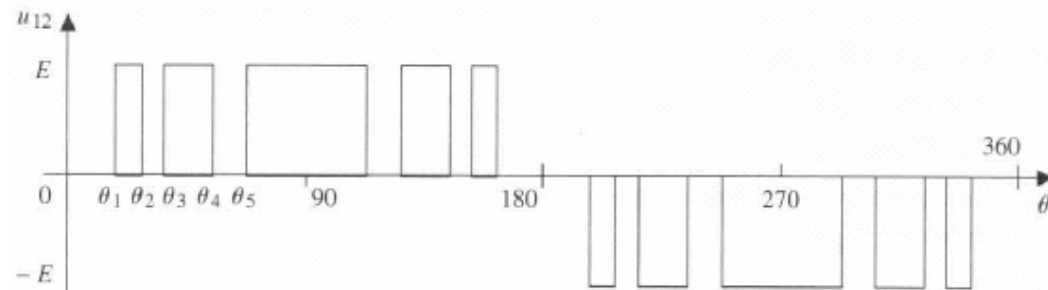


Figure 2

11. Montrer que $u_{12}(t)$ peut se mettre sous la forme :

$$u_{12}(t) = \sum_{k=0}^{\infty} b_{2k+1} \cdot \sin(2k+1)\theta \text{ avec } \theta = \omega t.$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

12. Exprimer le terme b_{2k+1} en fonction de $E, k, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5$.

.....

13. En déduire le développement en série de Fourier de $m_{12}(t)$.

.....

14. En prenant pour $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5$ les valeurs respectives $10^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ et 50° , calculer les amplitudes du fondamental et des harmoniques de rang 3, 5, 7, 9, 11, 13,15 et 17 en fonction de E .

.....

15. Tracer le spectre d'harmoniques de $u_{12}(t)$.

.....

16. Poser le système d'équations à satisfaire pour annuler les harmoniques de rang 5, 7, 9, 11, 13 et 17.

.....

17. Pourquoi il n'y aura pas d'harmoniques de rang multiple de 3 dans la tension $u_{12}(t)$?

.....

Partie D : Surmodulation

L'onde MLI précédemment définie est découpée à la fréquence f_d ; la fonction de découpage $D(t)$ a l'allure représentée figure 3.

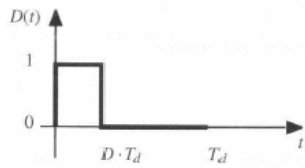


Figure 3

- D = rapport cyclique réglable.
- T_d = période de découpage.

On définit une nouvelle conversion notée $m_{ij}^*(t)$ en fonction de $m_{ij}(t)$ et de $D(t)$. On donne l'expression générale de $m_{ij}(t)$:

$$m_{ij}(t) = \sum_{k=0}^{\infty} m_{2k+1} \cdot \sin(2k+1)\omega t$$

On montre que $D(t)$ peut se mettre sous la forme :

$$D(t) = D + \sum_{p=0}^{\infty} D_p \cdot \sin[p\omega_d t + \varphi_p] \text{ avec,}$$

- D = valeur constante comprise entre 0 et 1.
- $D_p = \frac{2}{p\pi} \sin D_p \pi$
- $\varphi_p = \arctan\left(\frac{1 - \cos(2D_p \pi)}{\sin(2D_p \pi)}\right)$

18. Exprimer $m_{ij}^*(t)$ en fonction de $m_{ij}(t)$ et de $D(t)$.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

19. Montrer que le rapport cyclique D règle l'amplitude du fondamental de la tension composée $u_{12}(t)$.

.....

.....

.....

.....

20. On désire pouvoir contrôler la valeur de la fréquence du fondamental de l'onde $u_{12}(t)$. Sur quel paramètre de réglage peut-on agir ?

.....

.....