

Q1° Commande des interrupteurs d'un même bras

Dans un même bras (ex : K1/K4), les interrupteurs sont commandés de façon complémentaire (si K1 est ON alors K4 est OFF, et inversement).

Justification : éviter le court-circuit de la source de tension continu E si les deux interrupteurs du même bras conduisent simultanément.

Q2° Intérêt d'alimenter la machine par un onduleur

Un onduleur permet :

- o De faire varier la fréquence et la tension appliquées au moteur → commande de vitesse (et couple) ;
- o D'obtenir un démarrage progressif, une meilleure efficacité énergétique, et une adaptation au procédé industriel.

Q3° Allures des tension $V_{ao}(t)$, $V_{bo}(t)$, $V_{co}(t)$

Voir le document réponse

Q4° Expressions de V_{an} , V_{bn} , V_{cn} en fonction de V_{ao} , V_{bo} , V_{co}

Le neutre n est flottant et on a l'équilibre : $V_{an} + V_{bn} + V_{cn} = 0$

Et on a : $V_{an} = V_{ao} - V_{no}$, $V_{bn} = V_{bo} - V_{no}$, $V_{cn} = V_{co} - V_{no}$

Donc :

$$V_{no} = \frac{V_{ao} + V_{bo} + V_{co}}{3}$$

Ainsi :

$$V_{an} = \frac{2V_{ao} - V_{bo} - V_{co}}{3}, \quad V_{bn} = \frac{2V_{bo} - V_{ao} - V_{co}}{3}, \quad V_{cn} = \frac{2V_{co} - V_{ao} - V_{bo}}{3}$$

Q5° Allures de $V_{an}(t)$, $V_{bn}(t)$, $V_{cn}(t)$

Voir le document réponse

Q6° Technique pour obtenir des tensions quasi-sinusoïdales

- MLI sinus-triangle (SPWM) (comparaison sinusoïde/porteuse)

Q7° Calcul de $V_{an,eff}$ en fonction de E, puis valeur de E pour 254,65V

Par définition : $V_{an,eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v_{an}(t)^2 dt} \Rightarrow V_{an} = \sqrt{\langle v_{an}(t)^2 \rangle}$

Soit l'allure de $v_{an}(t)^2$:

On calcul :

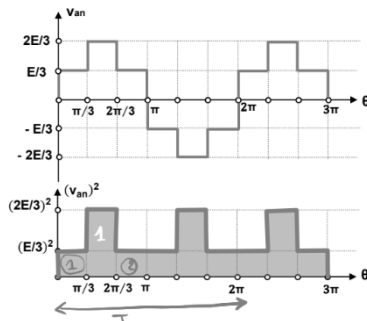
$$\langle v_{an}^2 \rangle = \frac{\left(2 \times \frac{\pi}{3} \times \frac{E^2}{9}\right) + \left(\frac{4E^2}{9} \times \frac{\pi}{3}\right)}{2\pi} \times 2$$

$$\Rightarrow \langle v_{an}^2 \rangle = \frac{2}{9} E^2$$

$$\text{Donc : } V_{an,eff} = \frac{\sqrt{2}}{3} E$$

Alors :

$$E = \frac{3}{\sqrt{2}} V_{an,eff} \Rightarrow E = \frac{3}{\sqrt{2}} \times 254, \approx \boxed{540 \text{ V}}$$



Q8° Cycle de fermeture pour inverser le sens de rotation

Pour inverser le sens de rotation, il faut inverser l'ordre des phases (permutations de deux phases) :

- o Soit échanger les commandes des bras b et c : (K3, K6) ↔ (K5, K2),

- o Soit appliquer la séquence "en sens inverse" (ordre de commutation inversé).

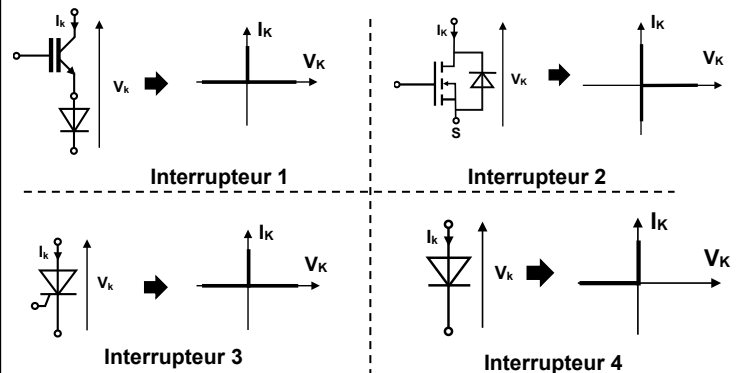
Sens 1 : S1 → S2 → S3 → S4 → S5 → S6

Séquence S1	S2	S3	S4	S5	S6
K1			K2		
K4		K3		K4	
K5	K6		K5		

Sens 2 : S1 → S6 → S5 → S4 → S3 → S2

S1	S6	S5	S4	S3	S2
K1		K2		K1	
K4		K3		K4	
K5			K6		

Q9° Caractéristiques statiques de I1, I2, I3, I4



Q10° Allure de $V_{K1}(t)$ et $i_{K1}(t)$

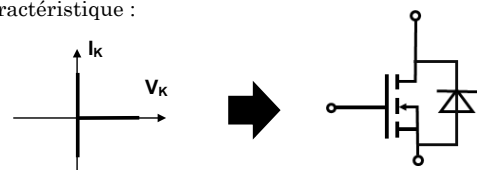
Voir le document de réponse

Q11° Caractéristique i_{K1} en fonction de V_{K1} + choix de l'interrupteur

La caractéristique cherchée pour K1 est celle d'un interrupteur à trois segments :

- Blocage : $i_{K1} \approx 0$ avec $V_{K1} > 0$,
- Conduction : $V_{K1} \approx 0$ avec i_{K1} pouvant être > 0 ou < 0

Donc la caractéristique :



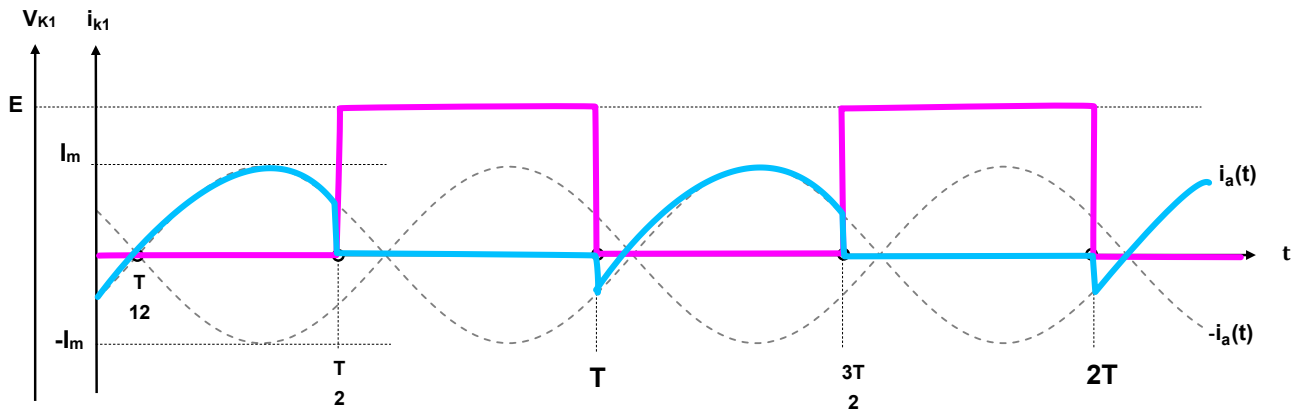
⇒ L'interrupteur adapté parmi I1...I4 est Interrupteur 2 (MOSFET + diode antiparallèle).

Q12° Rôle de R_h en série avec T_r + réversibilité

Le module ($R_h + T_r$) est un hacheur de freinage :

- Quand la machine régénère, l'énergie remonte sur le bus continu et fait monter E ;
- T_r est commandé pour dissiper l'énergie dans R_h et limiter la surtension du bus DC (E).

Conclusion réversibilité : avec un redresseur PD3 à diodes, la chaîne n'est pas réversible vers le réseau (retour d'énergie impossible côté AC). La réversibilité est donc limitée : l'énergie régénérée est dissipée dans R_h .



Document réponse (DRE)

