Master2 INST M'sila le14 /01/2019

Corrigé type « Electronique de puissance avancée »

Ex#1 :

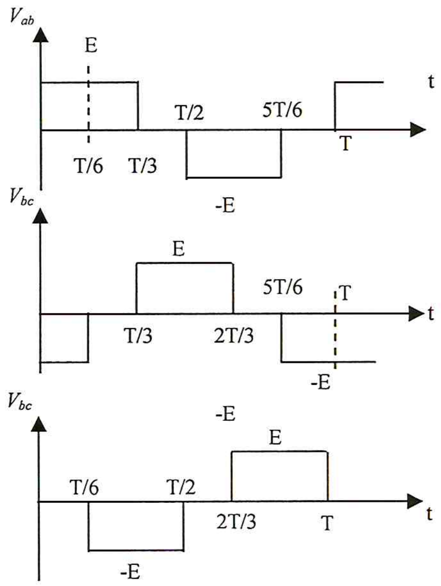
1- Formes d'ondes des tensions composées V_{ab}, V_{bc} et V_{ca}.

D'après l'onduleur en pont, on peut écrire utilisant la loi des mailles les tensions suivantes :

$$V_{ab} = \begin{cases} E & \text{si } T_1 \textit{ est } \text{fermé et } T_3 \textit{ est } \text{ouvert} \\ 0 & \text{si } T_1 \textit{ est } \text{fermé et } T_3 \textit{ est } \text{fermé} \\ 0 & \text{si } T_1 \textit{ est } \text{ouvert et } T_3 \textit{ est } \text{ouvert} \\ -E & \text{si } T_1 \textit{ est } \text{ouvert et } T_3 \textit{ est } \text{fermé} \end{cases}$$

$$V_{bc} = \begin{cases} E & \text{si } T_3 \textit{ est } \text{fermé et } T_5 \textit{ est } \text{ouvert} \\ 0 & \text{si } T_3 \textit{ est } \text{fermé et } T_5 \textit{ est } \text{fermé} \\ 0 & \text{si } T_3 \textit{ est } \text{ouvert et } T_5 \textit{ est } \text{ouvert} \\ -E & \text{si } T_3 \textit{ est } \text{ouvert et } T_5 \textit{ est } \text{fermé} \end{cases}$$

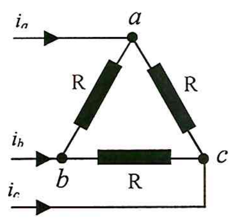
$$V_{ca} = \begin{cases} E & \text{si } T_5 \textit{ est } \text{fermé et } T_1 \textit{ est } \text{ouvert} \\ 0 & \text{si } T_5 \textit{ est } \text{fermé et } T_1 \textit{ est } \text{fermé} \\ 0 & \text{si } T_5 \textit{ est } \text{ouvert et } T_1 \textit{ est } \text{ouvert} \\ -E & \text{si } T_5 \textit{ est } \text{ouvert et } T_1 \textit{ est } \text{fermé} \end{cases}$$



2- La puissance dans la charge.

$$P_L = \frac{3V_{abeff}^2}{R} \quad \text{avec} \quad V_{abeff} = \sqrt{\frac{2}{T}\int_0^{T/3} E^2} = \sqrt{\frac{2}{3}}E$$

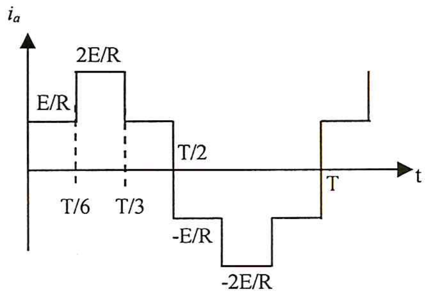
$P_L = 8\,\text{kW}$



3- Courant de ligne i_a :

$$i_a = i_{ab} - i_{ca} = \frac{1}{R}\left(V_{ab} - V_{ca}\right)$$

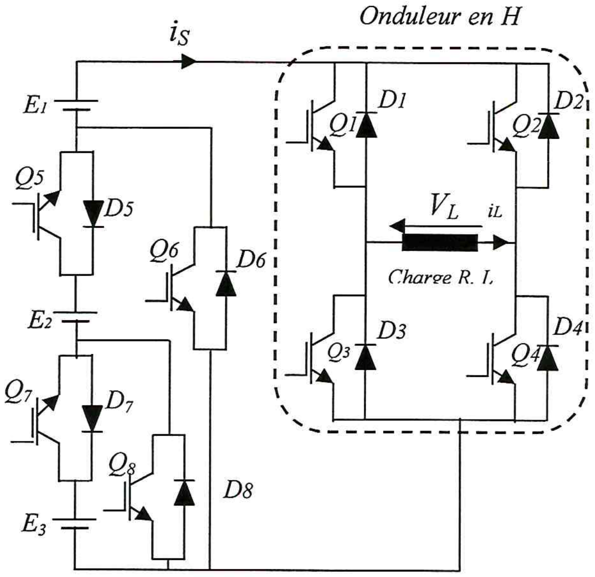
Selon le graphe précédent, on fait la soustraction point par point pour obtenir la forme d'onde de i_a.



Ex#2 :

1- Les onduleurs multiniveaux améliorent la qualité d'énergie électrique convertie en minimisant le THD.

2- La structure de l'onduleur à 7 niveaux constiue de 3 source isolées et 8 transistors IGBT :



3- Calcul des six premiers harmoniques d'ordre 2, …,7 :

Puisque $V_L(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty}(a_n \cos(2n\pi f_0 t) + b_n \sin(2n\pi f_0 t))$, les harmoniques d'ordre 2, …, 7 sont obtenues en appliquant la définition de la série de Fourier et la symétrie de la tension de sortie par rapport à un demi et un quart de période. D'où

$b_2 \sin(4\pi f_0 t)$=0, $b_3 \sin(6\pi f_0 t)$, $b_4 \sin(8\pi f_0 t)$=0, $b_5 \sin(10\pi f_0 t)$, $b_6 \sin(12\pi f_0 t)$=0 et $b_7 \sin(14\pi f_0 t)$. Donc, on déterminer b_3, b_5 et b_7. par :

$$\begin{cases} b_3 = \frac{4E}{3\pi}(\cos 3\theta_1 + \cos 3\theta_2 + \cos 3\theta_3) \\ b_5 = \frac{4E}{5\pi}(\cos 5\theta_1 + \cos 5\theta_2 + \cos 5\theta_3) \\ b_7 = \frac{4E}{7\pi}(\cos 7\theta_1 + \cos 7\theta_2 + \cos 7\theta_3) \end{cases}$$

Pour E=200V, $\theta_1 = \pi/4$, $\theta_2 = \pi/3$ et $\theta_3 = 3\pi/8$, on trouve

$b_3 \sin(6\pi f_0 t)$=-163.3 $\sin(6\pi f_0 t)$
$b_5 \sin(10\pi f_0 t)$=28.41 $\sin(10\pi f_0 t)$
$b_7 \sin(14\pi f_0 t)$=-27.23 $\sin(12\pi f_0 t)$

Ex#3 :

1- Détermination de la loi de commande d'un cycloconvertisseur à taux d'ondulation égale à six :

On force la tension de sortie à une référence de forme suivante :

$$V_{ref} = V_d \, sin(\omega_d t)$$

* Pour $0 < t < T/2$, on fonctionne le redresseur R_1 où la tension moyenne vaut :

$$V_L = \frac{3\sqrt{3}V_m}{\pi} cos\,\alpha \approx V_d \, sin(\omega_d t)$$

L'angle de retard instantané sera exprimé par : $\alpha(t) = ar\,cos\left(\frac{\pi V_d}{3\sqrt{3}V_m} sin(\omega_d t)\right)$

* Pour $T/2 < t < T$, on fonctionne le redresseur R_2, la tension moyenne vaut :

$$V_L = -\frac{3\sqrt{3}V_m}{\pi} cos\,\alpha \approx V_d \, sin(\omega_d t)$$

L'angle de retard instantané sera exprimé par : $\alpha(t) = ar\,cos\left(-\frac{\pi V_d}{3\sqrt{3}V_m} sin(\omega_d t)\right)$

2- Rôle du filtrage d'entrée et de la sortie :

- Le filtre d'entrée formé par les éléments passifs L et C_f réduit l'amplitude des courant harmoniques coté source (réseau). A la fréquence de découpage, l'ondulation du courant d'entrée i_e est gouvernée par ce filtre.

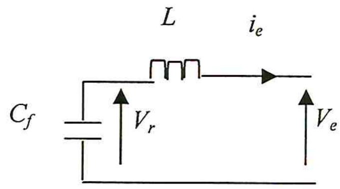
- Pour avoir une tension du bus continue presque constante, le filtre de sortie formé par C_0 sert à diminuer l'ondulation de cette dernière.

3- La tension moyenne de V_e :

La tension moyenne de V_e en fonction du rapport cyclique α est donnée par :

$$\langle V_e \rangle = (2\alpha - 1)V_0$$

Pour forcer, $i_e|_{BF} = I_{eM} \sin(\omega_{BF} t)$, on applique la loi des mailles



$$V_r(t) = L\frac{di_e(t)}{dt}\bigg|_{BF} + V_e(t)\big|_{BF}$$

$$V_{rM} \sin(\omega_{BF} t) = L\omega_{BF} I_{eM} \cos(\omega_{BF} t) + \big(2\alpha(t) - 1\big)V_0$$

L'expression de $\alpha(t)$ qui assure un courant sinusoïdal est:

$$\alpha(t) = \frac{1}{2} + \frac{V_{rM}}{2V_0}\sin(\omega_{BF} t) - \frac{L\omega_{BF} I_{eM}}{2V_0}\cos(\omega_{BF} t)$$

$$\alpha(t) = \frac{1}{2} + \Delta\alpha \sin(\omega_{BF} t - \Phi) \quad \text{Où } \Delta\alpha = \sqrt{\frac{V_{rM}^2 + (L\omega_{BF} I_{eM})^2}{4V_0^2}} \quad \text{et } \Phi = ar\tan\left(\frac{L\omega_{BF} I_{eM}}{V_{rM}}\right)$$

Pour $0 < \alpha < 1$ et $L\omega_{BF} I_{eM} << V_{rM}$, il est bien montré que $V_{rM} < V_0$.