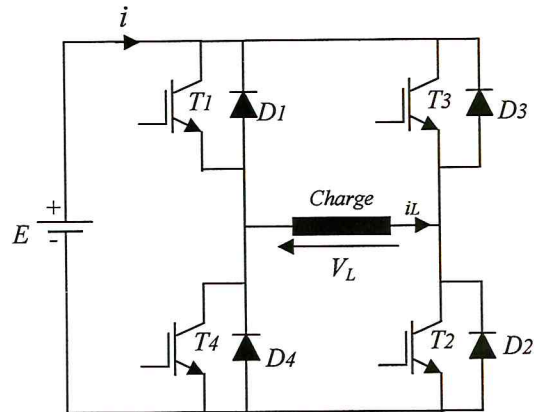


Examen « Electronique de puissance avancée »

Exercice #1 :

L'onduleur monophasé est montré par la figure ci-contre :

- 1- Pour le mode de la commande décalée avec un angle, $0 < \varphi < \pi$, calculer la tension efficace de sortie.
- 2- Donner le schéma de la génération de la commande MLI à 2 niveaux.
- 3- Donner le schéma de la génération de la commande MLI à 3 niveaux.

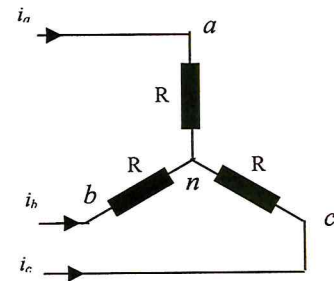


Exercice #2 :

On considère la commande à pleine onde de l'onduleur triphasé avec un amorçage égale à π .

La charge triphasée est purement résistive, $R=10 \Omega$.

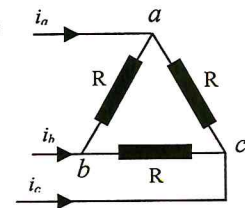
- 1- Tracer les tensions V_{ab} et V_{an}
- 2- Pour les deux type de charge ci-contre, quelle sont les valeurs nécessaires de la tension d'entrée, E pour une puissance de 100 Watts dans la charge.



Exercice 3 :

On considère la commande MLI en créneaux avec élimination d'harmonique $\alpha_1 < \alpha_2 < \alpha_3 < 90^\circ$ de l'onduleur schématisé dans l'exercice # 1.

- 1- Tracer les signaux de commande et de la tension de sortie.
- 2- Donner le système d'équations à optimaliser.
- 3- Ecrire les étapes de l'algorithme de Neyton-Raphson pour ce système.

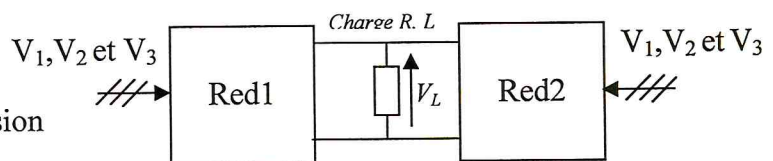


Exercice 4 :

1- Exprimer les lois de commande du cyclo-convertisseur à taux d'ondulation six. La tension de référence est $V_L^* = v_d \sin(\omega_d t)$,

Avec $\omega > \omega_d$ et $\omega = 100\pi$.

- 2- Tracer approximativement la tension de charge si $\omega = 4\omega_d$.



- Bonne chance -

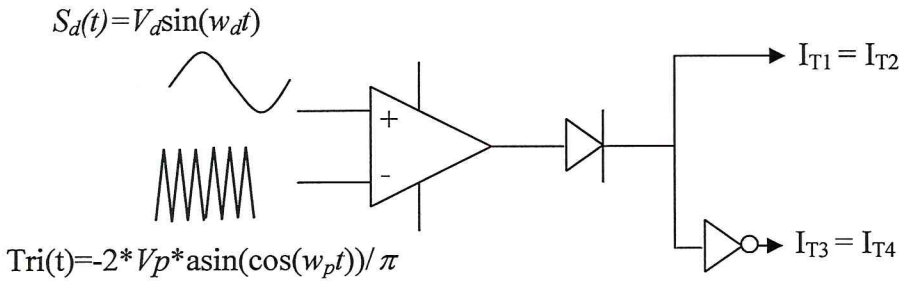
Corrigé type du module EPA (2020)

Exercice #1 :

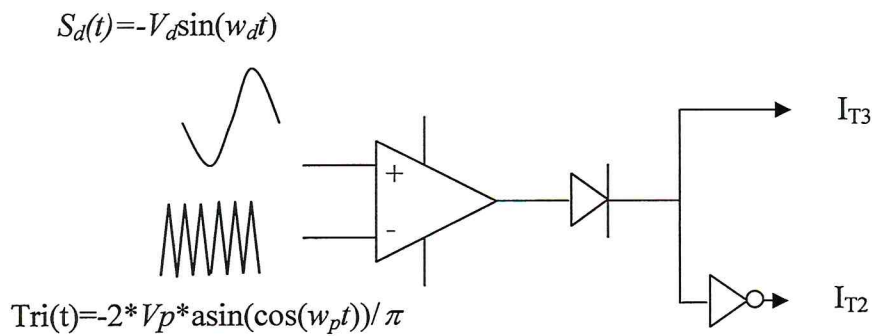
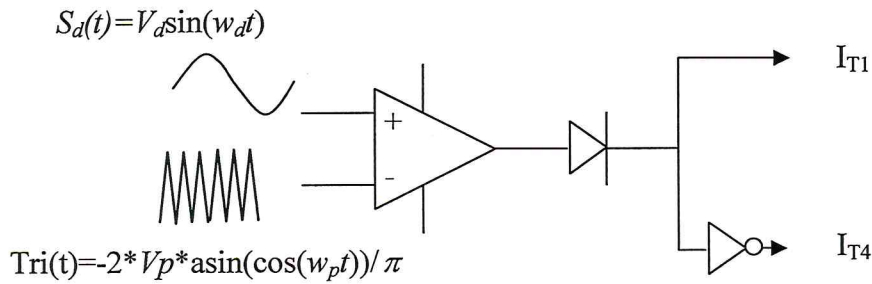
1- Tension efficace de sortie :

$$V_{Leff} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\varphi} E^2 d\theta} = \sqrt{\frac{\varphi}{\pi}} E$$

2- Schéma de la commande MLI à 2 niveaux :

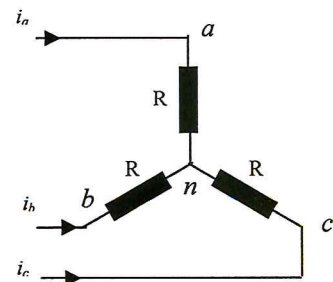
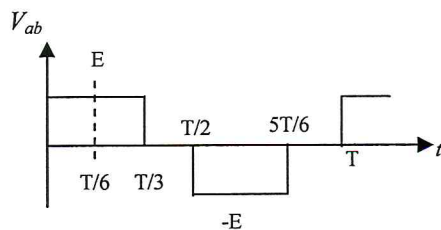


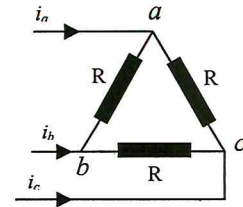
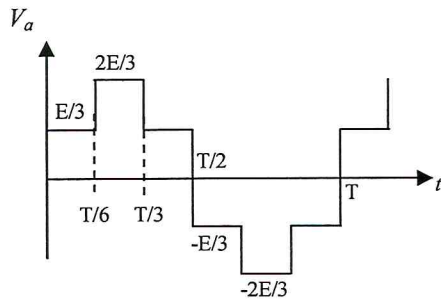
3- Donner le schéma de la génération de la commande MLI à 3 niveaux :



Exercice #2 :

1- Courbes des tensions V_{ab} et V_{an} :





2- Calcul de E :

(i) Cas d'une charge en étoile :

$$P_L = 3V_{aneff} i_{aneff} = 3 \frac{V_{aneff}^2}{R} \quad \text{avec} \quad V_{aneff}^2 = \frac{4}{T} \int_0^{T/6} \frac{E^2}{9} dt + \frac{2}{T} \int_{T/6}^{T/3} \frac{4E^2}{9} dt = \frac{2}{9} E^2$$

$$E = \sqrt{\frac{3RP_L}{2}} = 38.73V$$

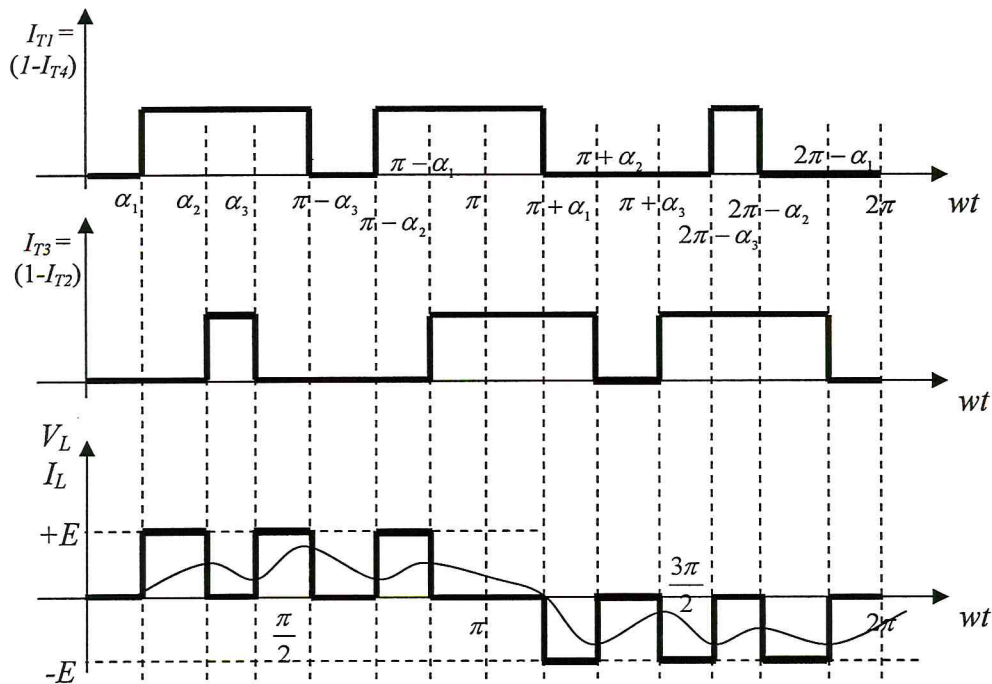
(ii) Cas d'une charge en triangle :

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

$$E = \sqrt{\frac{RP_L}{2}} = 22.36V$$

Exercice 3 :

1- Courbes des signaux de commande et la tension de sortie :



2- Système d'équations à optimiser :

$$\begin{cases} \cos \alpha_1 - \cos \alpha_2 + \cos \alpha_3 = \frac{\pi v_1}{4 E} \\ \cos 3\alpha_1 - \cos 3\alpha_2 + \cos 3\alpha_3 = 0 \\ \cos 5\alpha_1 - \cos 5\alpha_2 + \cos 5\alpha_3 = 0 \end{cases}$$

3- Etapes d'optimisation de Neyton-Raphson :

On défini :

$\alpha^j = [\alpha_1^j, \alpha_2^j, \alpha_3^j]^T$: Vecteur des angles de commutation.

$$F^j = \begin{bmatrix} \cos(\alpha_1^j) - \cos(\alpha_2^j) + \cos(\alpha_3^j) \\ \cos(5\alpha_1^j) - \cos(5\alpha_2^j) + \cos(5\alpha_3^j) \\ \cos(7\alpha_1^j) - \cos(7\alpha_2^j) + \cos(7\alpha_3^j) \end{bmatrix} : \text{Matrice non-linéaire du système.}$$

$$\left[\frac{\partial F}{\partial \alpha} \right]^j = \begin{bmatrix} -\sin(\alpha_1^j) & +\sin(\alpha_2^j) & -\sin(\alpha_3^j) \\ -5\sin(5\alpha_1^j) + 5\sin(5\alpha_2^j) - 5\sin(5\alpha_3^j) \\ -7\sin(7\alpha_1^j) + 7\sin(7\alpha_2^j) - 7\sin(7\alpha_3^j) \end{bmatrix} : \text{Dérivé de la matrice non-linéaire.}$$

$K = [m \quad 0 \quad 0]^T$: vecteur d'amplitude d'harmonique correspondant

L'algorithme de Neyton-Raphson est comme suit :

Etape 1 : Pour $j=0$, initialiser, $\alpha^j = [\alpha_1^j, \alpha_2^j, \alpha_3^j]^T$

Etape 2 : Calculer F^j et $\left[\frac{\partial F}{\partial \alpha} \right]^j$

Etape 3 : Calculer $d\alpha^j = INV \left[\frac{\partial f}{\partial \alpha} \right]^j (K - F^j)$

Etape 4 : Mise à jour des valeurs initiales, $\alpha^{j+1} = \alpha^j + d\alpha^j$

Etape 5 : $j=j+1$ et revenir à l'étape 2 si la convergence n'est pas satisfaite.

Exercice 4 :

1- Lois de commande du cyclo-convertisseur à taux d'ondulation 6 :

$$* \text{ Si } 0 < t < T_d/2 : V_{L_{moy}} = \frac{3\sqrt{3}V_m}{\pi} \cos \alpha = v_d \sin(\omega_d t) \Rightarrow \alpha(t) = \arccos \left(\frac{\pi v_d}{3\sqrt{3}V_m} \sin(\omega_d t) \right)$$

$$* \text{ Si } T_d/2 < t < T_d : V_{L_{moy}} = \frac{3\sqrt{3}V_m}{\pi} \cos \alpha = -v_d \sin(\omega_d t) \Rightarrow \alpha(t) = \arccos \left(-\frac{\pi v_d}{3\sqrt{3}V_m} \sin(\omega_d t) \right)$$

2- Courbe approximative de la tension de charge si $\omega = 4\omega_d$:

