
Techniques de Modulation de Largeur d'Impulsion (Pulse Width Modulation 'PWM')

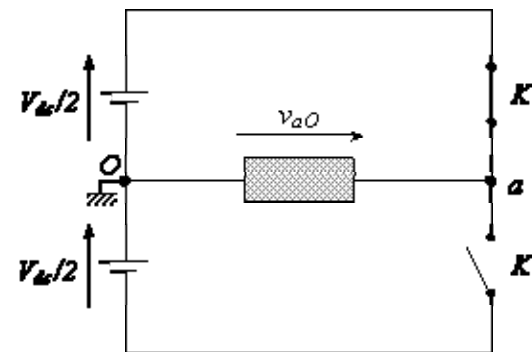
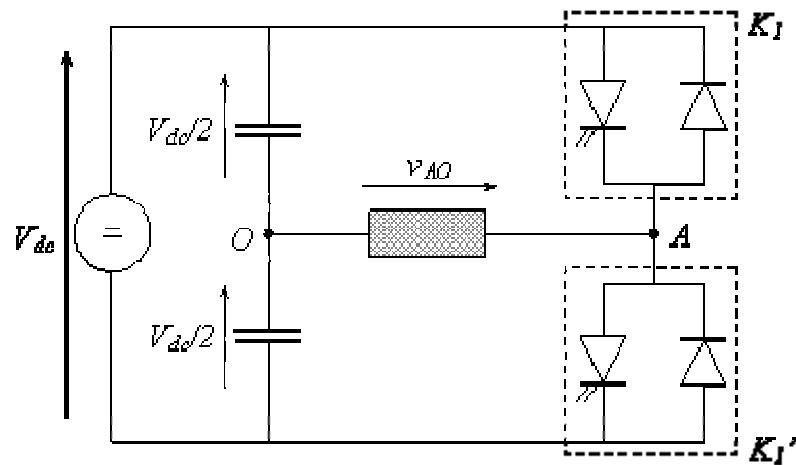
- 1. Principe de la Modulation de largeur d'Impulsion MLI (PWM)**
- 2. Onduleur de tension triphasé avec commande MLI sinusoïdale bipolaire.**

1. Principe de la Modulation de largeur d'Impulsion MLI (Pulse Width Modulation PWM)

Objectif :

1. Contrôler l'amplitude de la tension de sortie de l'onduleur.
2. Réduire les harmoniques dans cette tension.

Méthode : Approximer une tension à la sortie en faisant varier sa valeur moyenne.

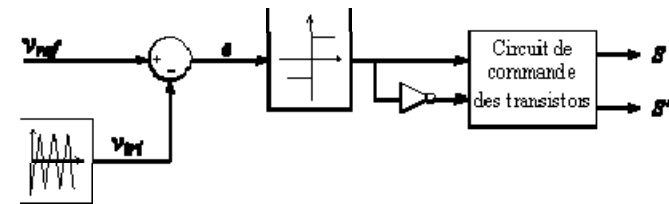


v_{ref} onde de referência :

Représente la tension de sortie désirée (f)

v_{tri} onde de modulation, ou porteuse :

Onde triangulaire ($V_{dc}/2$, fréq f' tq $f' > f$).



Génération de signaux de commande

Si $v_{ref} > v_{tri}$ alors $S=1$ et $S'=0$

d'où la tension de sortie $v_{aO} = V_{dc}/2$.

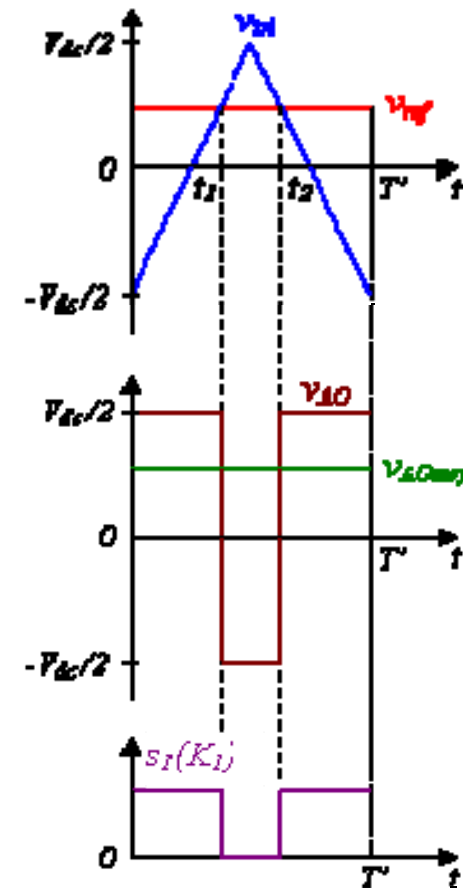
Si $v_{ref} < v_{tri}$ alors $S=0$ et $S'=1$

d'où la tension de sortie $v_{aO} = -V_{dc}/2$.

Valeur moyenne de la tension de sortie v_{aO}

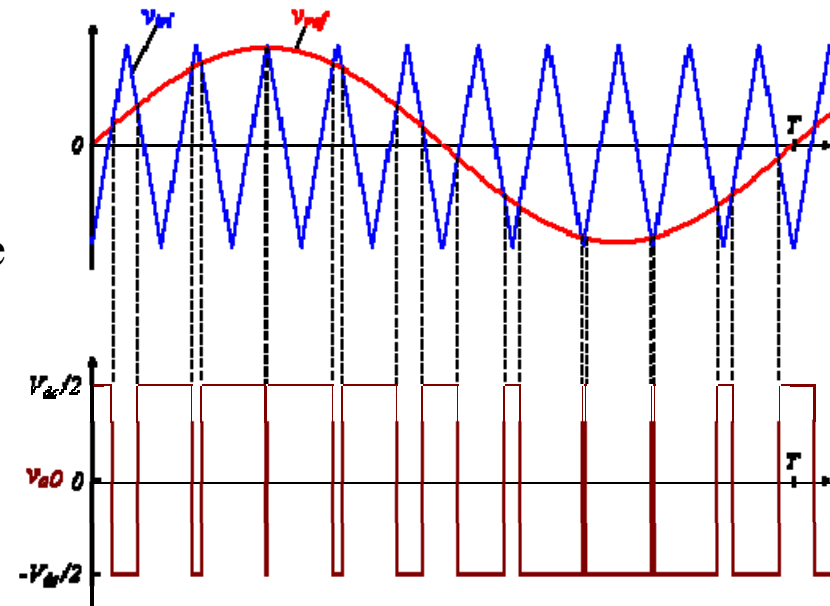
$$v_{aO moy} = v_{ref}$$

Remarque : si la référence est une tension continue v_{aO} peut varier entre $+V_{dc}/2$ et $-V_{dc}/2$ (hacheur réversible).



Cas d'une référence sinusoïdale

A fréquence de modulation élevée ($f_{mli} \geq 6f$) si la référence v_{ref} varie sinusoïdalement, la valeur moyenne de v_{aO} variera suivant la même loi, pratiquement.



Caractérisation de la tension de sortie

- La fréquence de la MLI = f_{mli} de l'onde de modulation v_{tri} .
- L'amplitude de la tension de sortie est contrôlée à travers celle de la référence v_{ref} .
- La fréquence du fondamental de la tension de sortie est contrôlée par celle de v_{ref} .

Caractérisation de la modulation

Deux paramètres caractérisent la modulation :

L'indice de modulation :

$$m_d = \frac{f_{mli}}{f}$$

Le coefficient de réglage en tension :

$$r = \frac{\hat{v}_{ref}}{V_{dc}/2}, \quad r \leq 1.$$

Pour $r=1$ (valeur maximale possible), le fondamental de v_{aO} :

$$V = \frac{V_{dc}}{2\sqrt{2}} \approx 0.35 V_{dc} < 0.45 V_{dc}$$

(comparaison à une commande à 'six pas' en posant $v_{aO} \equiv v_a$).

En modulation synchrone (m_d entier)

si m_d est impair la tension de sortie ne comporte que les harmoniques impaires.

si m_d est pair on trouve dans la tension de sortie une composante continue, des harmoniques pairs et impaires. La composante continue est négligeable pour $m_d > 6$.

$\forall m_d$ le spectre de la tension de sortie est constitué par :

Une fréquence fondamentale (composante utile).

Des familles d'harmoniques centrées sur les fréquences $n \times f_{mli}$, $n=1,2,3\dots$

Intérêt de la MLI : les raies f_{mli} , $2 \times f_{mli}$, $3 \times f_{mli}$, etc. peuvent être facilement filtrées.

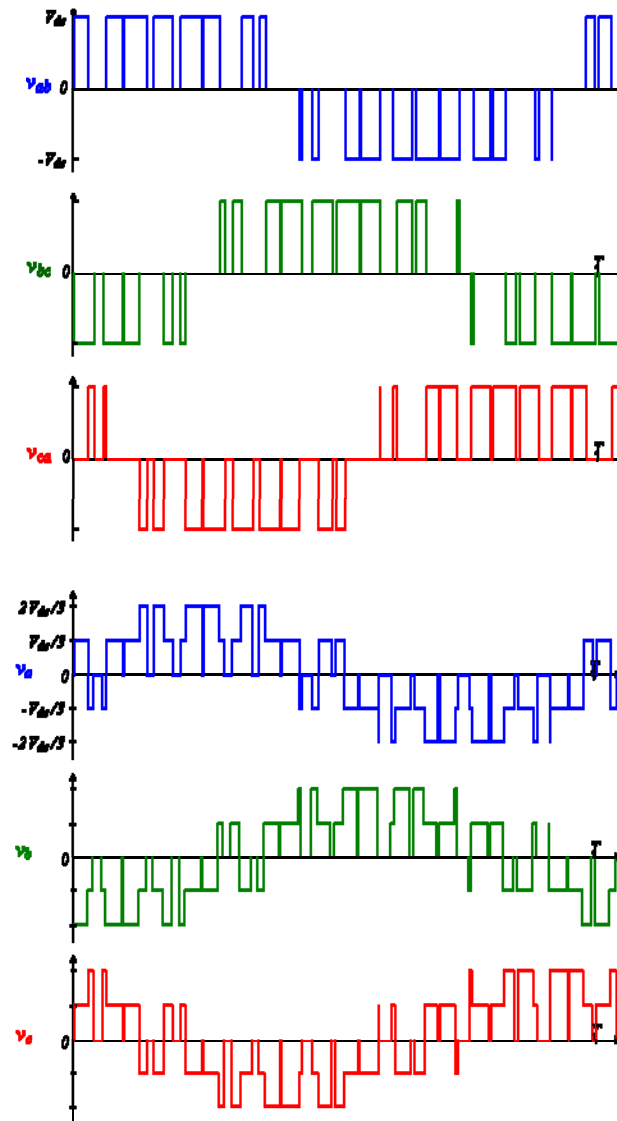
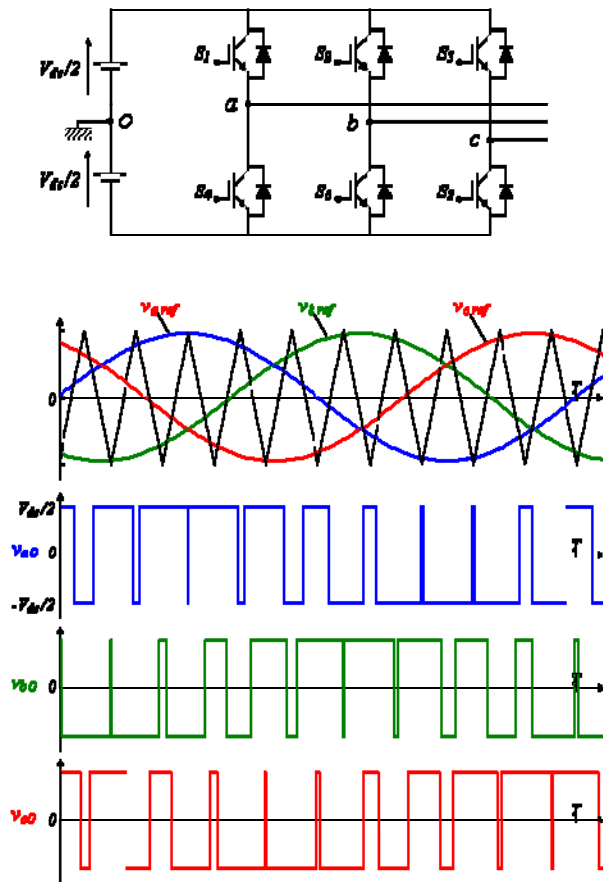
Considération pratique

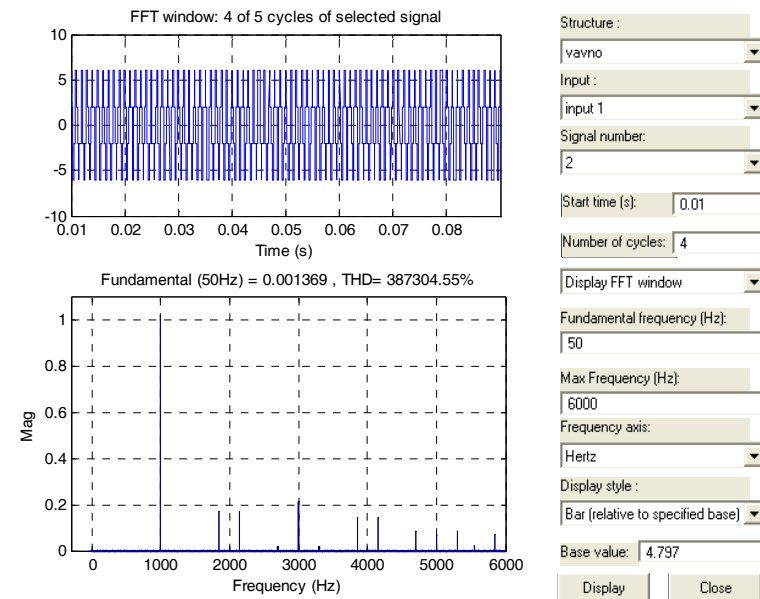
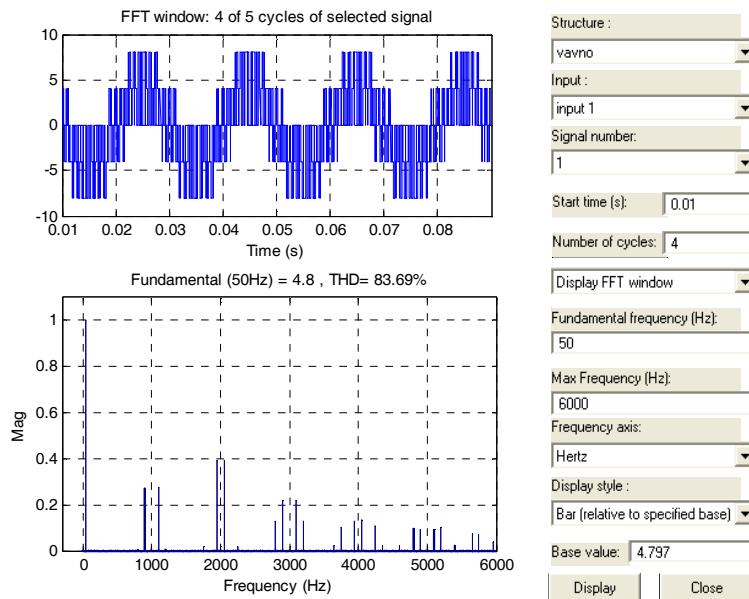
Actuellement, on dispose de systèmes de commande donnant des fréquences d'MLI très élevées, ce qui permet de prendre un indice de modulation arbitraire (pas entier).

Dans ces conditions les harmoniques de rangs bas sont très faibles.

2. Onduleur de tension triphasé avec commande MLI sinusoidale bipolaire

Avec une charge montée en Y sans conducteur neutre ou en triangle, les harmoniques multiples de 3 sont absents des tensions de sorties.





Analyse des tensions : v_a et v_{On} ($f_{mli}=1000\text{Hz}$)

v_{On} est composé uniquement d'harmonique de fréquence multiple de la fréquence de la MLI : $n \times f_{mli}$, $n=1,2,3\dots$

Or $v_a = v_{aO} + v_{On}$ en présence d'un filtre passe bas, v_{On} sera rejetée avec les harmoniques de fréquences élevées.

Fondamental de v_a = Fondamentale de v_{aO}

Donc la tension de référence v_{ref} est l'image de la tension simple v_a à la sortie de l'onduleur.