

LES ONDULEURS Convertisseurs DC/AC

I- Introduction :

L'étude va porter sur les onduleurs :

- monophasés,
- de tension : Source d'entrée (DC) = Source de Tension
Source de sortie (AC) = Source de Courant,
- autonomes : ils imposent la fréquence à la charge et sont composés uniquement d'interrupteurs entièrement commandables.

II- L'onduleur monophasé :

La tension de sortie peut prendre pour valeur $+V_e$, $-V_e$, 0 V. Cela implique une structure en pont (identique à celle du hacheur 4 quadrants) :

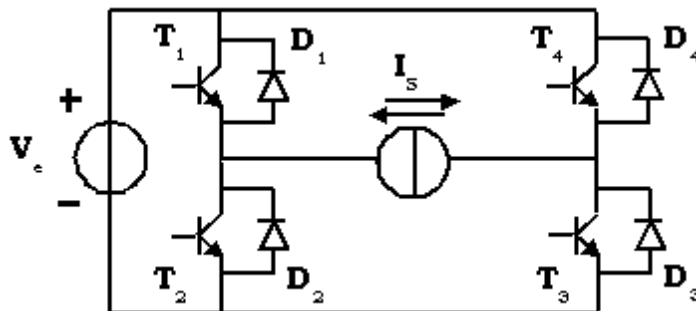


Figure 1 : Structure d'un onduleur monophasé.

Deux types de commandes sont envisageables :

- une commande pleine onde (1 créneau par alternance) : $f_{dec} = f_{charge}$,
- une commande par Modulation de Largeur d'Impulsions (MLI) : $f_{dec} > 20 f_{charge}$ (terme anglo-saxon : PWM = Pulse Width Modulation).

A- Fonctionnement en commande pleine onde :

Dans ce mode de commande, les interrupteurs travaillent à la fréquence des grandeurs électriques de sortie. Nous pouvons distinguer deux types de commande pleine onde : la commande est simultanée ou décalée.

Pour ce fonctionnement la durée de conduction t_{ON} , d'un interrupteur (K_i) est de $T/2$ et est constante.

La nature des interrupteurs dépend de la charge. Ils peuvent être commandés seulement au blocage si la charge est inductive (amorçage si capacitive). Par contre si la charge est quelconque les interrupteurs doivent être entièrement commandables. Mais dans tous les cas, ils doivent être unidirectionnel en tension et bidirectionnel en courant.

1- Définition de la charge :

Elle est alternative, le courant est périodique et de valeur moyenne nulle. Elle impose le déphasage ϕ entre la tension et le courant de sortie.

2- Formes d'onde :

Hypothèse : la source de courant est idéale (sinusoïde).

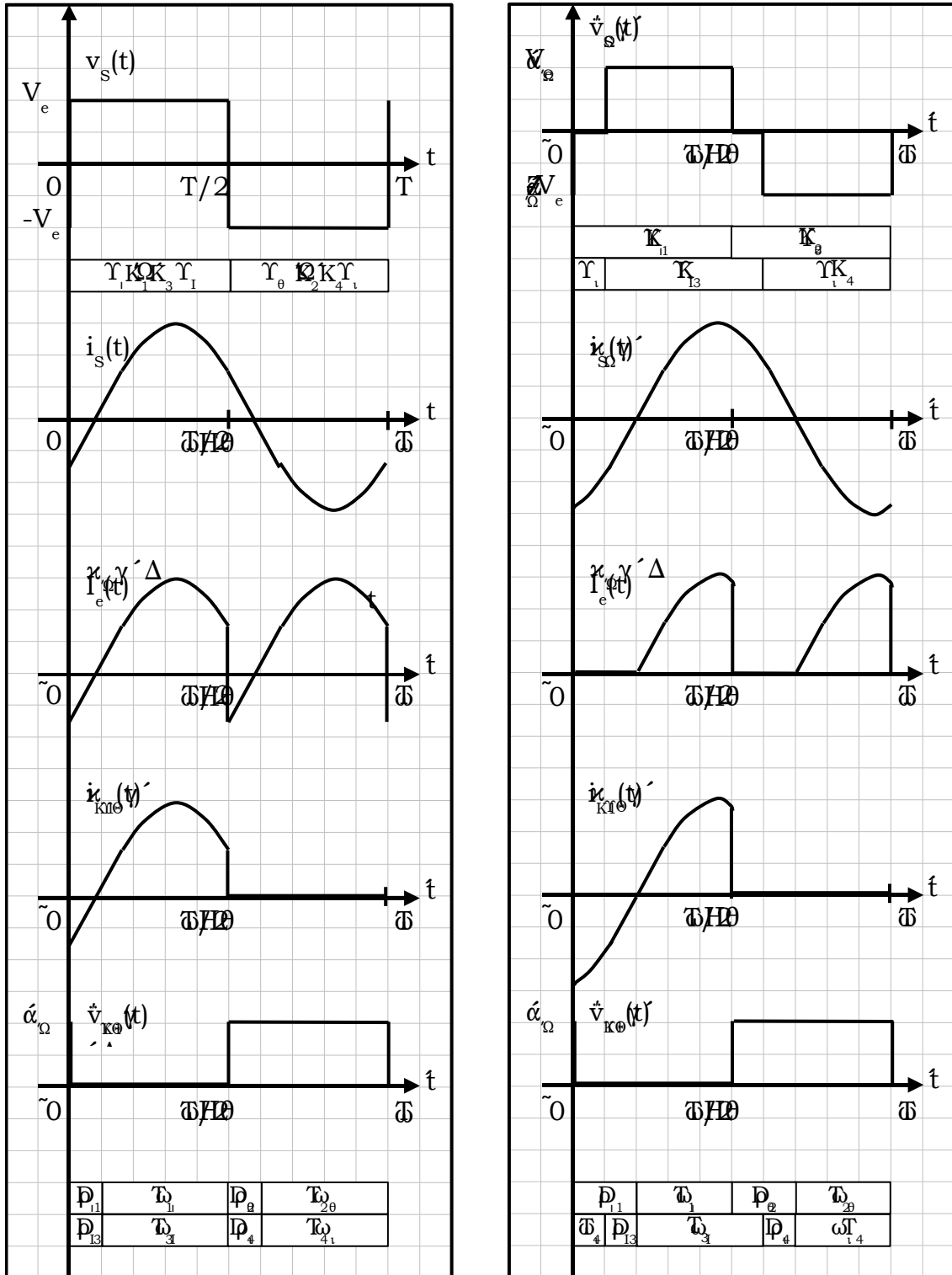


Figure 2 : Forme d'onde d'un onduleur monophasé en commande pleine onde.

□ Commande simultanée :

- il n'y a pas de possibilité pour régler la valeur efficace de la tension de sortie,

- pour obtenir $v_s(t)$ sinusoïdale, il faut ajouter un filtre de sortie pour éliminer les harmoniques 3, 5, 7, ... :

❑ Commande décalée

- fonctionnement en roue libre ($K_1 = K_4$) ou ($K_2 = K_3$) : $v_s(t) = 0$ V.
- la valeur efficace de $v_s(t)$ peut varier avec

$$V_{Seff} = V_e \cdot \sqrt{1 - \frac{\beta}{\pi}}$$

- élimination de l'harmonique de rang 3, en choisissant $\beta = \frac{\pi}{3}$.

$$V_s(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{4 \cdot V_e}{(2k+1) \cdot \pi} \cdot \sin\left((2k+1) \cdot \frac{\beta}{2}\right) \cdot \sin((2k+1)\omega \cdot t)$$

Remarque : Montage en demi pont

Les allures de courbe sont les mêmes que pour la structure en pont complet. La différence vient des contraintes sur les semi-conducteurs. Ce montage est la base de l'onduleur triphasé, il suffit d'utiliser 3 demi ponts.

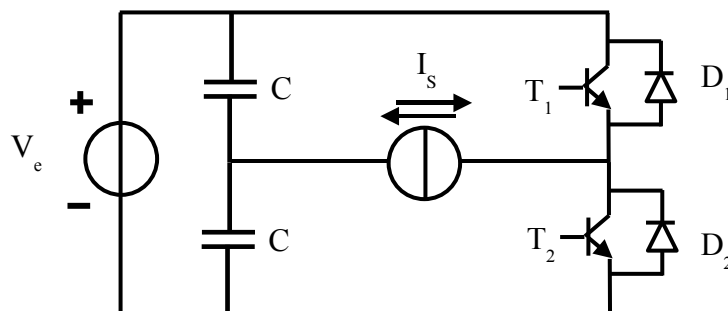


Figure 3 : Onduleur monophasé en demi pont.

B- Fonctionnement en MLI : Modulation de Largeur d'Impulsions (PWM : Pulse Width Modulation) :

Les montages précédents sont les mêmes, seule la commande est modifiée.

Dans ce mode de fonctionnement, deux fréquences sont présentes :

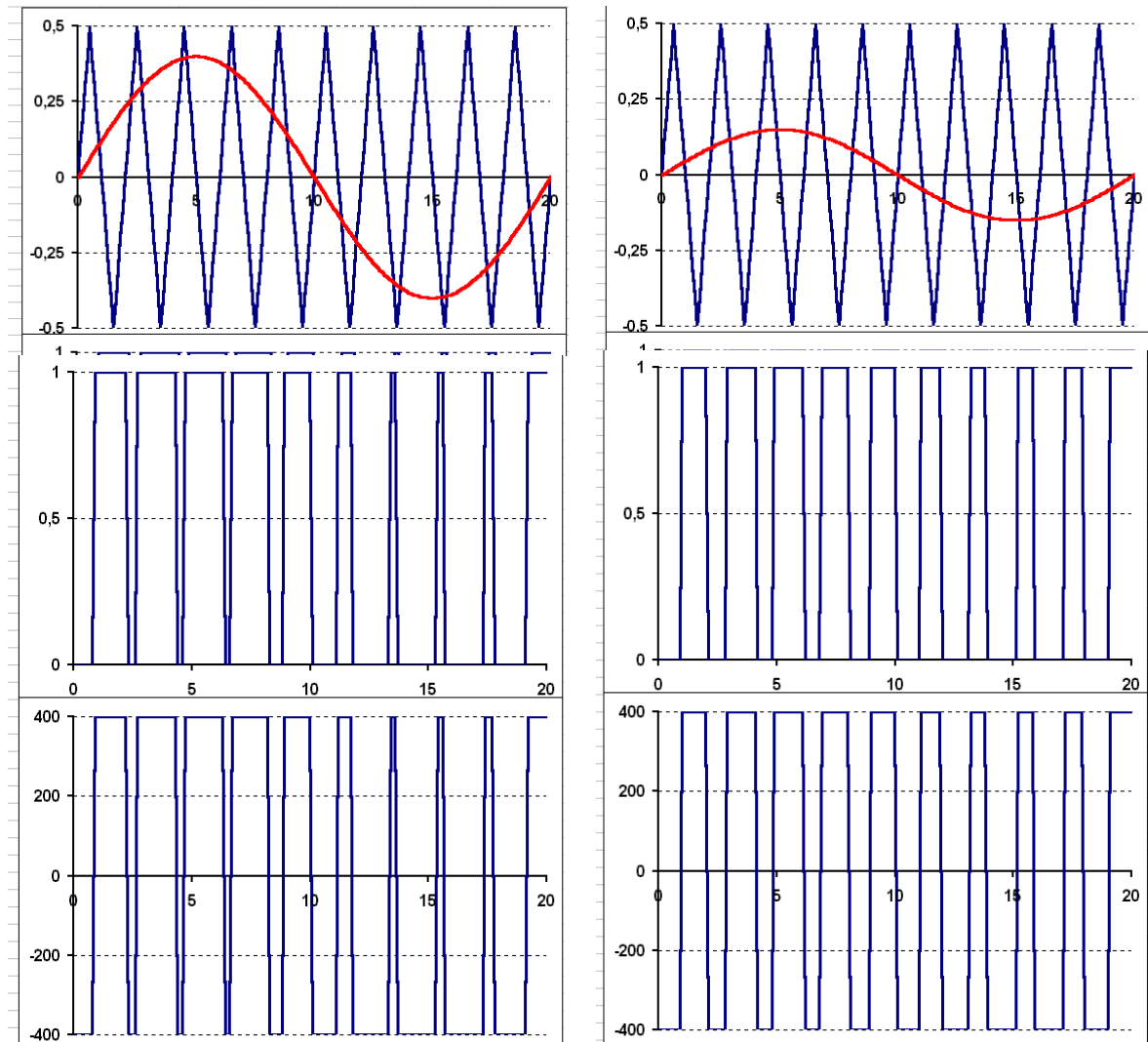
- f_{dec} qui est la fréquence de travail des interrupteurs,
- f qui est la fréquence des grandeurs de sortie.

Le rapport de ces deux fréquences est appelé "m" et il est généralement choisi > 20 .

Ainsi, sur une période ($T = 1/f$), le rapport cyclique est variable, c'est à dire que le transistor va avoir une durée de conduction variable à chaque période de découpage ($T_{dec} = 1/f_{dec}$).

Pour générer les signaux de commande à envoyer aux transistors, il faut comparer une onde de référence (consigne), généralement sinusoïdale et de fréquence f , appelée modulante, avec une onde triangulaire (ou dents de scie), appelée porteuse et de fréquence f_{dec} . Ce type de commande est appelé MLI intersective. Elle permet d'obtenir les ordres de commande (t_{ON} variable), comme le montre la Figure ci-dessous (pour la clarté des graphes $m = 10$). La différence avec les graphes de gauche et de droite, est l'amplitude du signal de référence. Cela a forcément une influence sur les ordres de commande mais aussi sur la forme de la tension de sortie. Nous nous apercevons que sur le graphe de gauche $v_s(t)$ se rapproche le plus d'une

sinusoïde, donc la valeur de son fondamental a augmenté. La modification de l'amplitude du signal de référence est donc le second paramètre de réglage.



Forme d'onde pour un onduleur monophasé fonctionnant en MLI.

Légende (de haut en bas) :

Signal triangulaire : porteuse,

Signal sinusoïdal : modulante,

Signal carré (0, 1) : ordre de commande,

Signal carré (-400, +400) : tension de sortie.

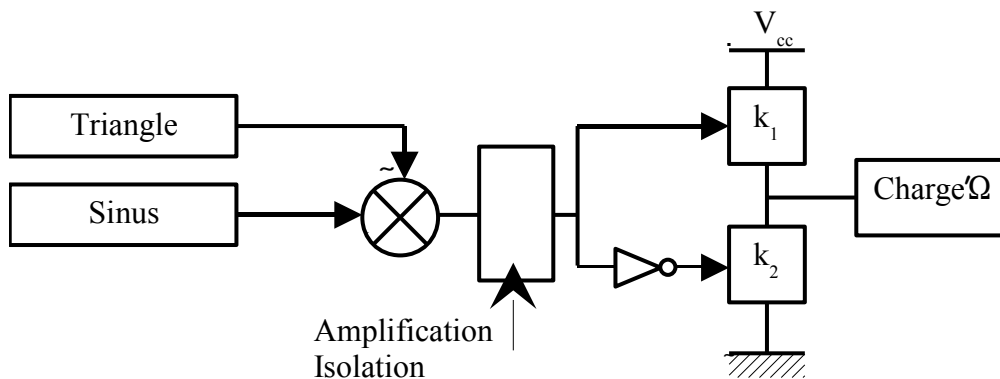


Figure 4 : Principe du schéma de commande pour la MLI.

Les avantages de ce type de commandes sont :

- de repousser les harmoniques de la tension de sortie vers les fréquences élevées, ce qui facilite le filtrage (réalisation plus facile, moins onéreuse). Sur la , est représentée la réponse spectrale de la tension de sortie. Nous nous apercevons qu'il existe deux familles d'harmonique à éliminer, l'une autour du rang "m", l'autre autour du rang "2m". Pour obtenir cette réponse il faut que m soit supérieur à 15.
- de permettre le réglage de l'amplitude du fondamental de la tension de sortie.

Une des conséquences est de pouvoir alimenter des machines à courant alternatif par des courants quasi sinusoïdaux (circuit LR = passe bas).

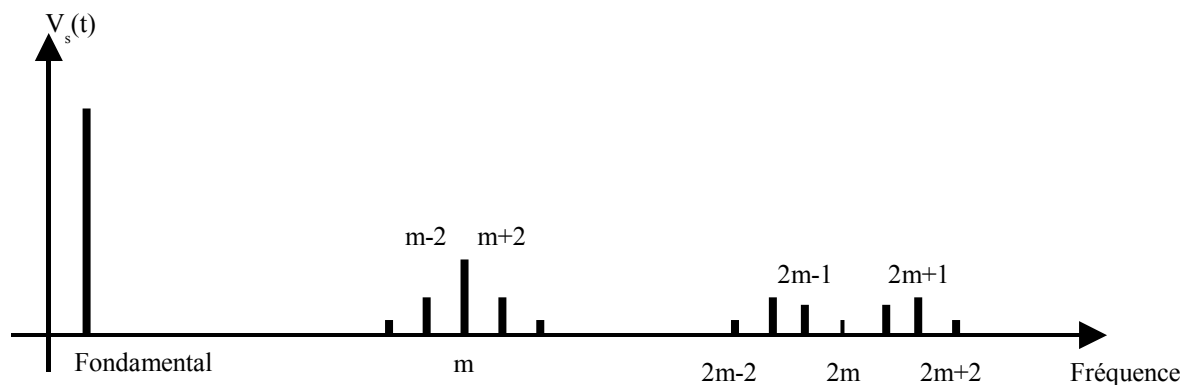


Figure 5 : Spectre de la tension de sortie.

Inconvénient :

Les variations rapides de la tension génèrent des perturbations électromagnétiques conduites ou rayonnées et accélèrent le vieillissement des isolants ($\hat{\omega}$ claquage).

Remarques :

- l'essor de la MLI est lié aux progrès sur les semi-conducteurs de puissance qui associent des f_{dec} importantes et des pertes par commutation faibles. Pour profiter au mieux des spécificités de ces interrupteurs, les composants assurant la commande doivent être performants.
- pour les applications à fortes puissances, le rapport m est faible. Pour éliminer les harmoniques indésirables, il faut exploiter au mieux le nombre d'impulsions disponibles sur la période fondamentale. Ces formes d'ondes optimisées sont mémorisées dans des microprocesseurs : MLI calculée.