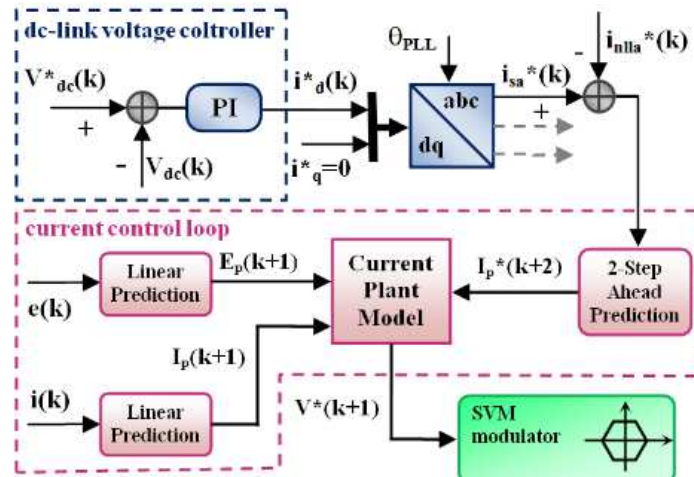


Chapter 4

Design methods for forced switching static converters.

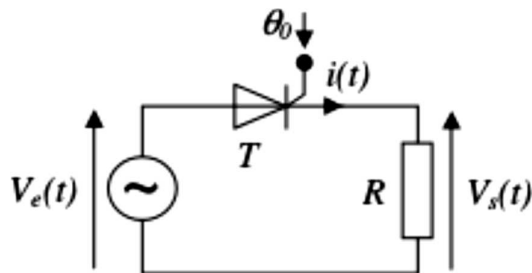
1-Introduction

Ces dernières années, en raison de l'utilisation intensive des convertisseurs de puissance, les problèmes de qualité de l'énergie sont devenus de plus en plus importants. Les courants non sinusoïdaux consommés par des charges non linéaires provoquent en effet plusieurs effets indésirables tels que des distorsions de la tension d'alimentation, une augmentation des pannes des équipements de communication et de protection, une augmentation pertes, problèmes de surchauffe et de surcharge dont il faut tenir compte. Afin de limiter ces problèmes, dans la plupart des pays, l'industrie de l'alimentation électrique a établi des réglementations strictes limitant l'ampleur de la distorsion harmonique pouvant être provoquée par chaque utilisateur. Cela conduit à un intérêt croissant pour les interfaces mains actives et les filtres actifs, qui constituent des solutions à la fois efficaces et pratiques pour atténuer les problèmes de pollution harmonique. Une possibilité peut consister à utiliser un shunt filtre actif (SAF) relié aux mains. Dans sa configuration classique, un SAF est essentiellement constitué d'un onduleur VSI dont le côté continu est connecté à une batterie de condensateurs tandis que son côté alternatif est connecté au secteur au moyen d'un filtre adapté, comprenant au moins des inductances en série (par exemple, la figure 2.1 fait référence à la configuration à 3 fils la plus courante sans neutre). Grâce à une telle configuration, idéalement, le SAF est capable de fonctionner comme un générateur de courant contrôlable, injectant dans les mains n'importe quel ensemble de formes d'onde de courant à somme nulle. Évidemment, puisque dans des conditions stables, la tension du bus CC est censée rester presque constante au niveau de conception pour permet un fonctionnement indéfiniment long, les courants injectés dans les mains doivent déterminer un petit flux de puissance moyen net vers l'appareil, équilibrant exactement ses pertes internes. Par conséquent, un SAF est idéalement capable de fournir les composantes déséquilibrées, réactives et harmoniques des courants consommés par n'importe quelle charge, dans un tel façon dont la charge équivalente globale, vue du réseau, ressemble à une charge résistive.



1-3- redressement mono-alternance commandé

A partir du schéma ci-dessous vous pouvez constater que le redressement mono-alternance commande est relatif à la compréhension des mécanismes associés aux thyristors.



Où :

T : thyristor considéré comme idéal.

R : la charge qui est réceptrice utilise la tension de sortie.

V_e : est la tension d'entrée sinusoïdale :

$$\vec{V}_e(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t)$$

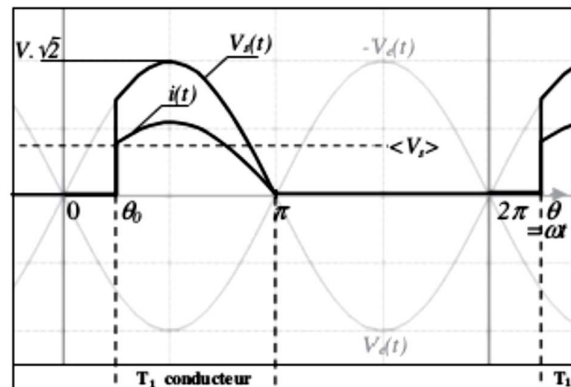
V : valeur efficace.

$$\langle V_s \rangle = \frac{V \cdot \sqrt{2}}{2\pi} (1 + \cos \theta_0)$$

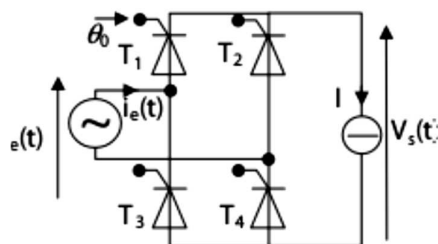
V_s : la tension de sortie sinusoïdale.

θ_0 : l'angle de retard à l'amorçage impose par la commande.

$$\langle i \rangle = \frac{\langle V_s \rangle}{R}$$



4-3-4- Redressement double-alternance commandé monophasé :



$$\vec{V}_e(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \bar{\sin}(\omega t)$$

Où :

V : valeur efficace.

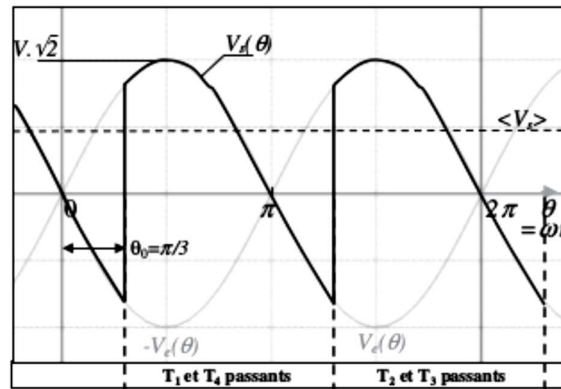
Dans ce cas l'angle de retard est commun aux quatre commutateurs et a considéré par rapport à l'amorçage naturel de chacun d'entre eux. Ainsi, les thyristors fonctionnent par paires. La mise en conduction commandée T1/ T4 retardée par rapport aux amorçages naturels du circuit équivalent, ces thyristors seront forcés de

conduire le courant non nul absorbé par la charge jusqu'à la mise en conduction des deux autres.

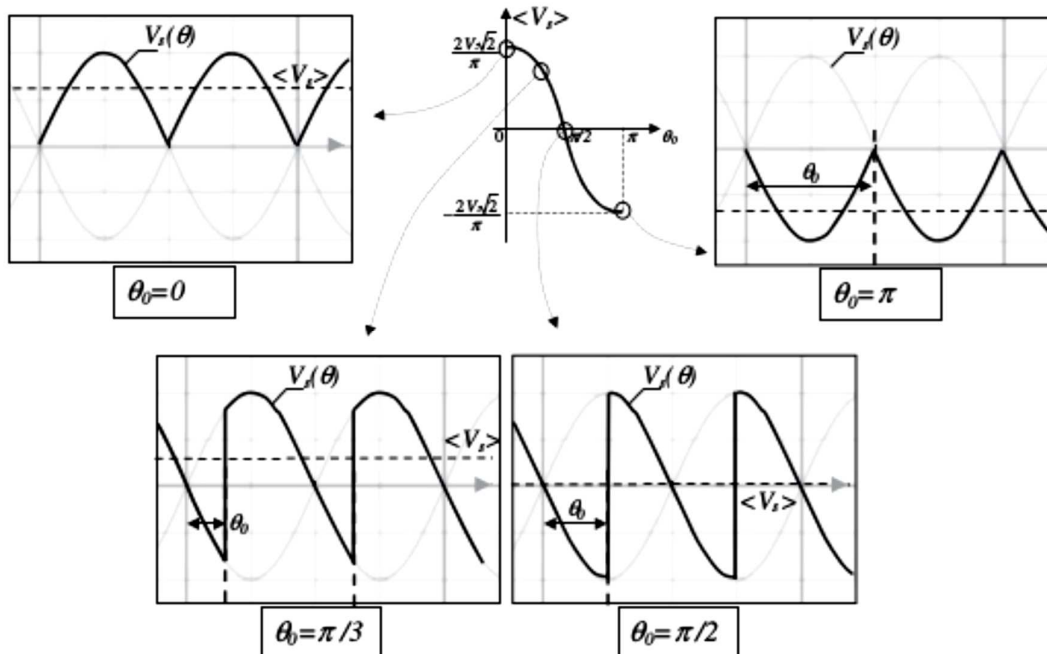
Dans ce cas la tension de sortie est la suivante :

$$\langle V_s \rangle = \frac{2V \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot \cos \theta_0$$

La figure ci-dessous montre les traces des formes d'ondes pour exemple dans le cas d'un angle : $\theta_0 > \pi / 3$

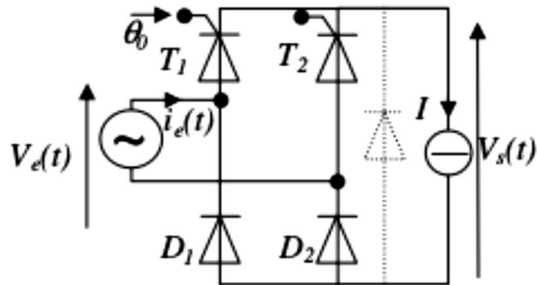


Les figures ci-contre représentent l'allure des $\langle V_s \rangle$ en fonction de θ_0 , en coïncidence avec les formes d'ondes correspondant à plusieurs angles de commandes notables.



4-3-5- Redresseur commandé en pont mixte ou avec diode de roue libre (monophasé):

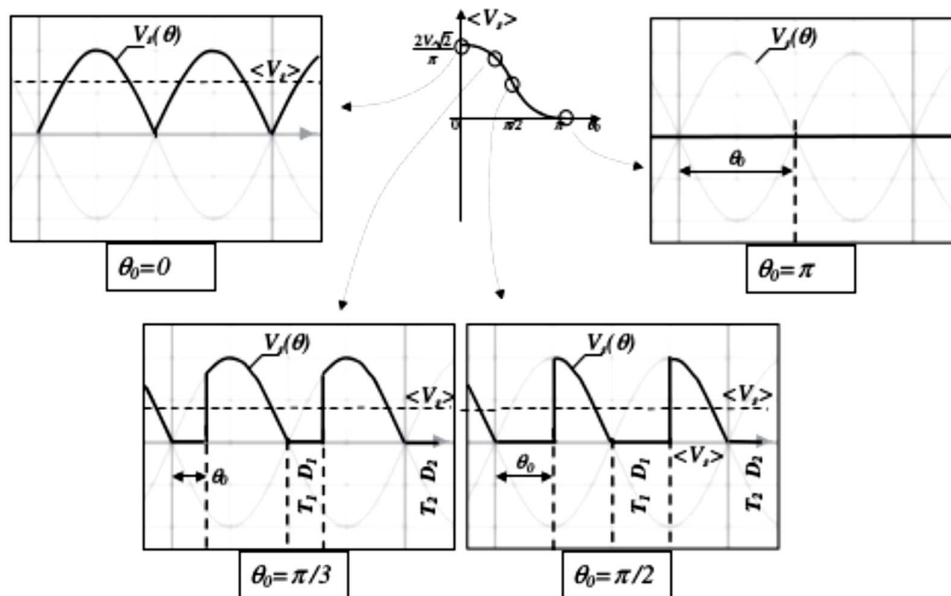
Comme son nom l'indique redresseur en pont mixte veut dire que ce redresseur contient deux thyristors et deux diodes démontré sur la figure ci-après :



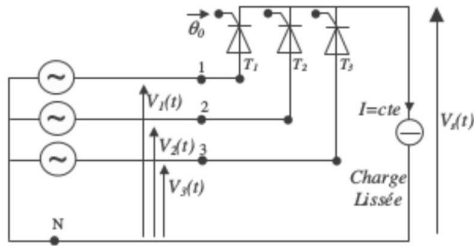
D1 et D2 se ferment respectivement en π et 2π de par le signe de la tension d'entrée, ces diodes conduisent juste à l'annulation de toutes les parties négatives des formes d'ondes résultant les formes d'ondes des figures ci-dessous en fonction des valeurs de l'angle de retard :

En déduit ci-après l'équation de la tension de sortie moyenne :

$$\langle V_s \rangle = \frac{V \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot (1 + \cos \theta_0)$$



4-3-6- Redressement commandé triphasé sur charge lissée



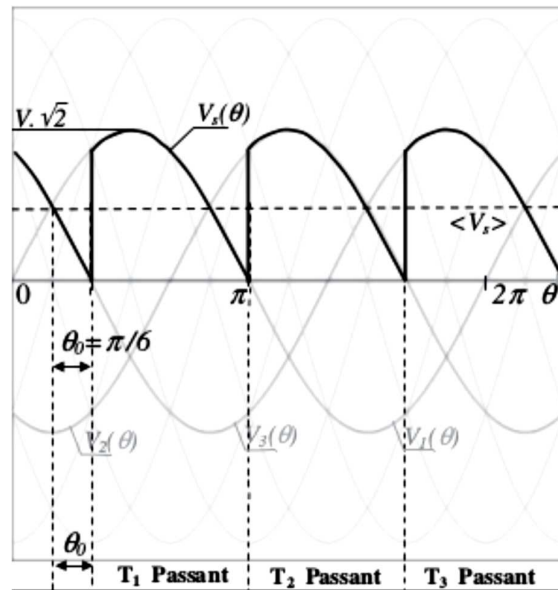
A tout instant il y a un thyristor conducteur dans le pont et la tension de sortie est à chaque instant égale à des tensions simples du réseau. Le

système de tensions triphasé à utiliser doit présenter un point neutre (N) et des tensions conformes aux expressions suivantes :

$$\begin{cases} V_1(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t) \\ V_2(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \\ V_3(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) \end{cases}$$

Il faut ensuite bien comprendre que l'angle de retard est imposé par la commande de façon commune aux trois commutateurs, et à considérer par rapport à l'amorçage naturel de chacun d'entre eux.

En partant de la mise en conduction d'un des thyristors, retardée de l'angle θ_0 , il suffit de noter que ce thyristor est forcé de conduire le courant non nul absorbé par la charge jusqu'à la mise en conduction du thyristor suivant. Cette considération est suffisante au trace des formes d'ondes de la figure suivante avec un angle de retard $\theta_0 = \pi / 6$.



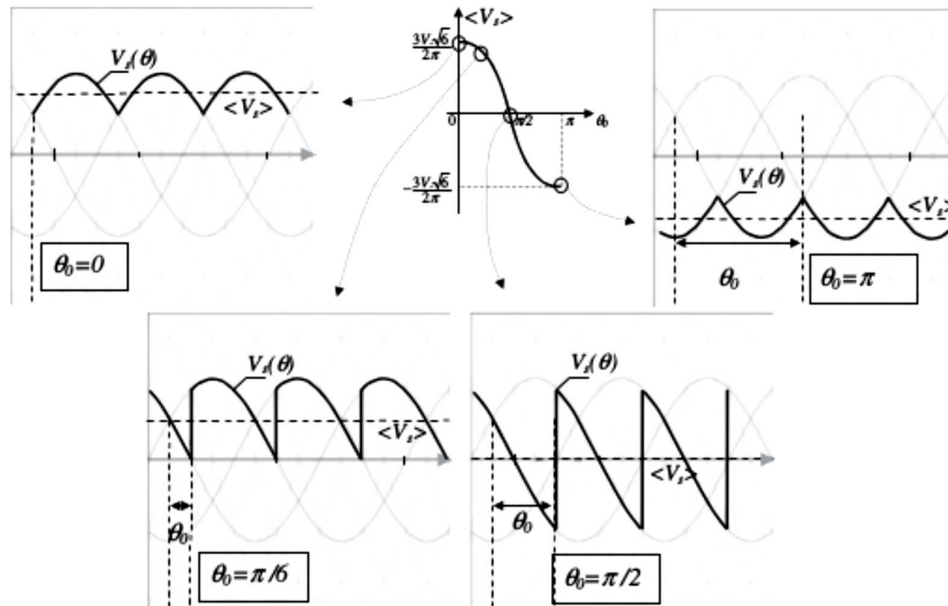
L'objectif de l'opération est d'obtenir une tension continue réglable sur la charge. L'expression de la tension moyenne de sortie est comme suit :

$$\langle V_s \rangle = \frac{3V \cdot \sqrt{6}}{2\pi} \cdot \cos \theta_0$$

V : tension efficace.

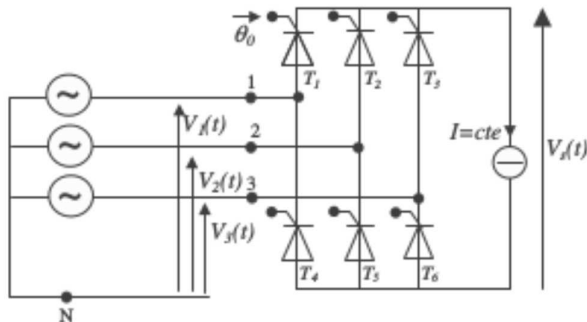
Les figures ci-contre représentent l'allure des $\langle V_s \rangle$ en fonction de θ_0 , en coïncidence avec les formes d'ondes correspondant à plusieurs angles de commandes notables.

Il est important de bien visualiser et de retenir que l'angle de retard θ_0 représente le paramètre de réglage de la tension moyenne en sortie.



4-3-7- Redressement commandé triphasé

La structure « tout thyristor » du pont triphasé est représenté sur la figure ci-dessous :

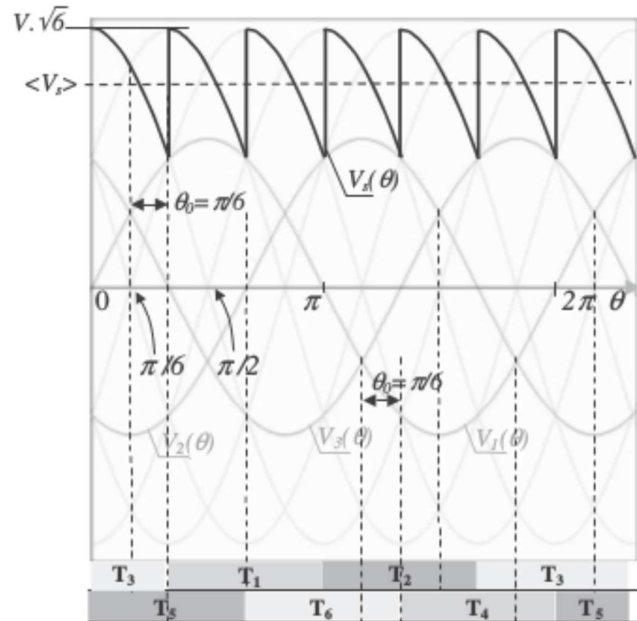


Cette structure en pont, extrêmement classique dans le redressement triphasé, est représentée ici comme débitant sur une charge correctement « lissée » dont le courant ne s'annule jamais.

Le système de tensions triphasé à utiliser présente des tensions conformes aux expressions suivantes :

$$\begin{cases} V_1(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t) \\ V_2(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \\ V_3(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) \end{cases}$$

Toute la partie haute du pont fonctionne de façon similaire avec le pont commande. Les intervalles de conduction sont représentés en bas du graphe de la figure dont c'est claire d'observer que l'angle θ_0 est décalé par rapport au cas de l'amorçage naturel:



La valeur de la tension moyenne de la sortie est donnée comme suit :

$$\langle V_s \rangle = \frac{3V \cdot \sqrt{6}}{\pi} \cdot \cos \theta_0$$

Les figures ci-contre représentent l'allure des $\langle V_s \rangle$ en fonction de θ_0 , en coïncidence avec les formes d'ondes correspondant à plusieurs angles de commandes notables.

M1 ELTI
Advanced power electronics

