

LES CYCLOCONVERTISSEURS

*Presser la touche F5 pour faire apparaître les signets
qui favorisent la navigation dans le document.*

Sommaire

1	Introduction.....	1
1.1	Généralités	1
1.2	Principe de fonctionnement – Structure de base	1
2	Exemple de montages utilisés.....	2
3	Etude succincte d'un cas particulier	3
4	Notes sur les harmoniques, la puissance réactive et le facteur de puissance	4
5	Applications des cycloconvertisseurs	5

LES CYCLOCONVERTISSEURS

1 Introduction

1.1 Généralités

Les cycloconvertisseurs sont des dispositifs fonctionnant en commutation naturelle qui permettent d'obtenir, à partir d'un réseau de fréquence donnée, une ou plusieurs tensions de fréquence plus petite, généralement très inférieure à celle du réseau d'alimentation. Du fait qu'ils ne fonctionnent qu'en abaisseur, les cycloconvertisseurs ne constituent donc qu'une partie de l'ensemble des convertisseurs directs de fréquence, qui comprennent également les multiplicateurs de fréquence.

1.2 Principe de fonctionnement – Structure de base

Les tensions de sortie sont élaborées à partir de portions de sinusoïdes du réseau d'alimentation, un découpage adéquat permettant d'obtenir des signaux ayant une fréquence et une amplitude déterminées tout en présentant un taux d'harmoniques raisonnable. Ainsi, par exemple, à partir d'un réseau triphasé de fréquence f_0 , on peut créer un signal de fréquence $f_0/6$ comme indiqué ci-dessous.

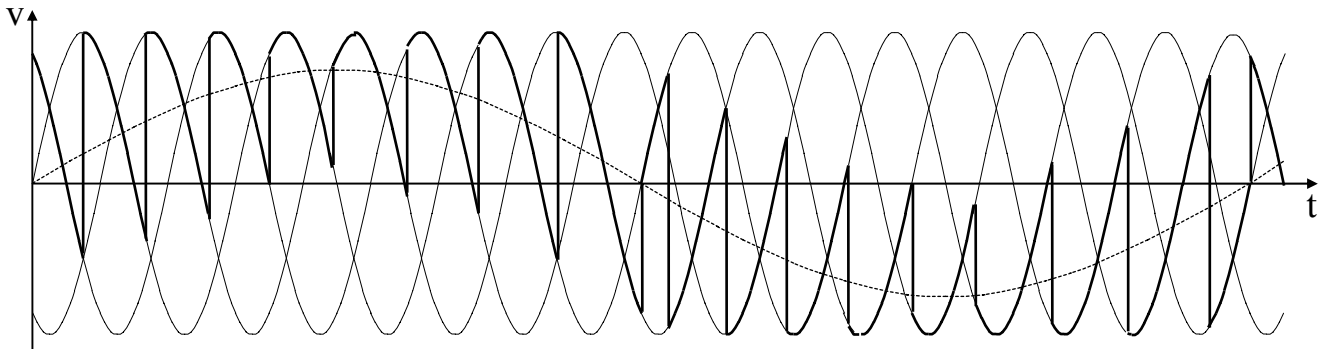


figure 1

Au niveau de la structure, on retrouve les schémas de base des montages redresseurs (en effet, il suffit de moduler l'angle de retard à l'amorçage au rythme de la basse fréquence pour obtenir à la sortie des montages une forme de tension analogue à celle représentée ci-dessus). Ces dispositifs ne pouvant cependant fournir que des courants unidirectionnels, chaque phase

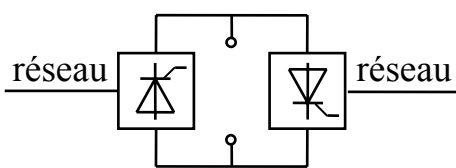


figure 2

du cycloconvertisseur est constituée par un groupement en parallèle inverse de deux redresseurs (Cf. figure 2), débitant chacun une alternance du courant de sortie. Ceci entraîne d'ailleurs immédiatement que le cycloconvertisseur est forcément réversible, puisque ses constituants le sont.

Signalons également que, comme en redressement commandé, les différents groupements tête-bêche peuvent fonctionner avec ou sans courant de circulation.

2 Exemple de montages utilisés

Les cycloconvertisseurs se classent en fonction de leur indice de pulsation, qui correspond, comme pour les montages redresseurs, au nombre de commutations se produisant au cours d'une période du réseau d'alimentation. On conçoit aisément que l'élaboration de signaux à faible taux d'harmoniques est d'autant plus facile que cet indice est plus élevé, mais comme le nombre de thyristors augmente également en proportion, les réalisations se rangent essentiellement dans l'une des deux catégories suivantes:

Cycloconvertisseurs d'indice de pulsation égal à 3

Comme indiqué ci-dessous, ils sont constitués par des associations de redresseurs de type P3. Les inductances, dont le rôle est de limiter l'amplitude des courants de circulation, peuvent évidemment être supprimées si on n'utilise pas ce mode de fonctionnement.

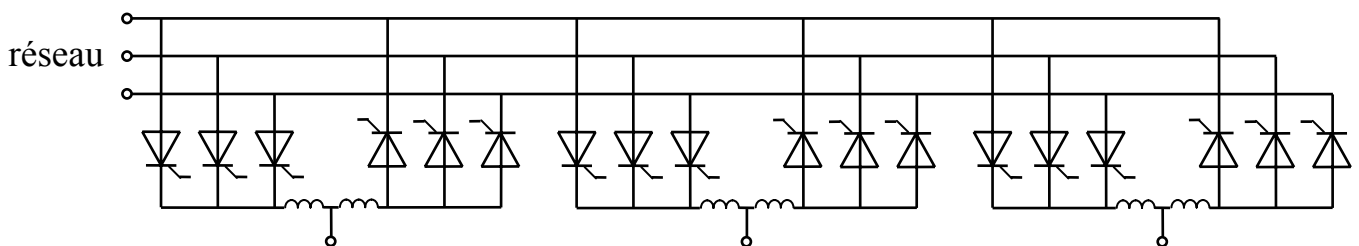


figure 3

Cycloconvertisseurs d'indice de pulsation égal à 6

Ce sont les dispositifs les plus couramment utilisés. Plusieurs schémas sont possibles. Nous ne citerons ici que le montage de base, constitué de redresseurs de type PD3 (Cf. figure 4), en signalant simplement qu'il n'est utilisable que lorsque la charge est effectivement constituée de trois éléments indépendants.

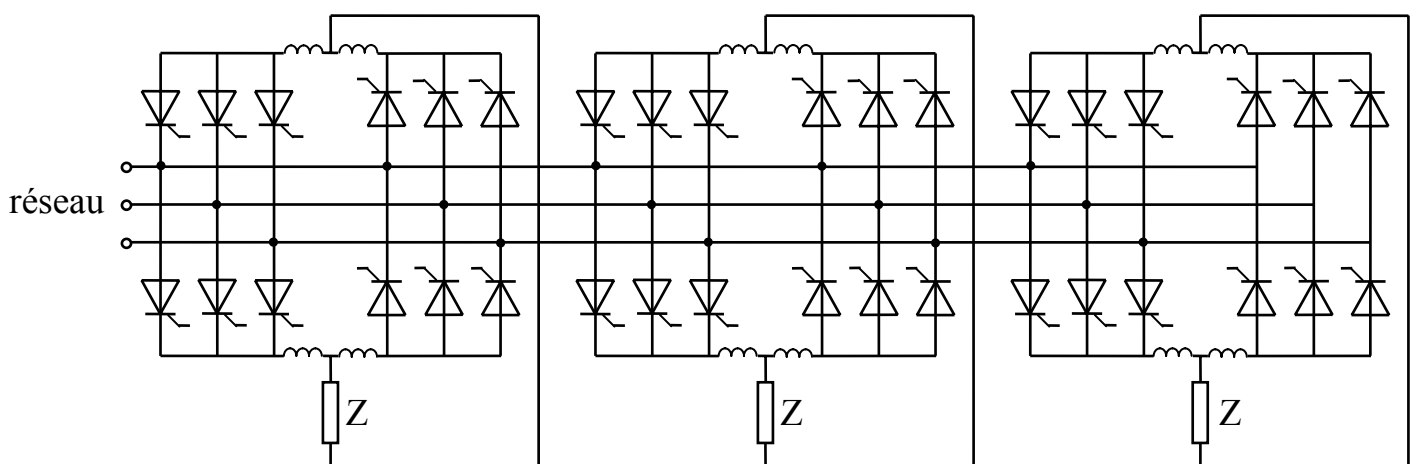


figure 4

3 Etude succincte d'un cas particulier

On se place ici dans le cas le plus simple d'un cycloconvertisseur d'indice de pulsation 3, fonctionnant sans courant de circulation et débitant sur une charge triphasée couplée en étoile dont le point commun est relié au neutre des tensions d'alimentations (ce qui suppose bien entendu que ces différents points sont accessibles). Les trois phases fonctionnant alors de façon indépendante, il suffit de s'intéresser à l'une d'entre-elles, ce qui permet de ramener le schéma global à celui représenté ci-contre. Il ne faut cependant pas oublier que, comme chaque enroulement alimente trois groupes de redresseurs, le courant i_1 est également fonction de ceux absorbés par les deux autres phases.

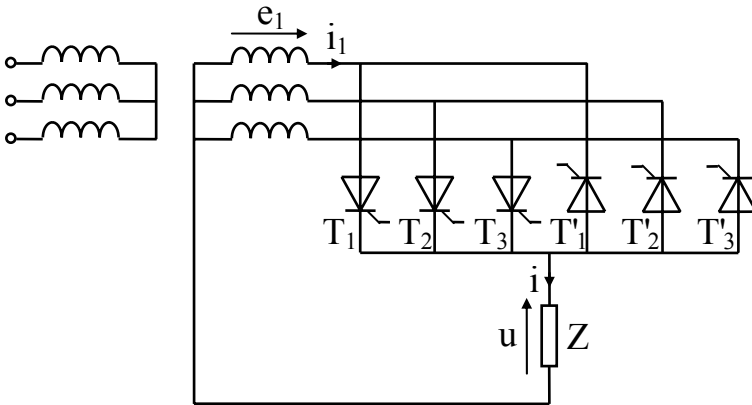


figure 5

entendu que ces différents points sont accessibles). Les trois phases fonctionnant alors de façon indépendante, il suffit de s'intéresser à l'une d'entre-elles, ce qui permet de ramener le schéma global à celui représenté ci-contre. Il ne faut cependant pas oublier que, comme chaque enroulement alimente trois groupes de redresseurs, le courant i_1 est également fonction de ceux absorbés par les deux autres phases.

Sans entrer dans le détail, signalons simplement deux points particuliers de la commande (qui ne sont d'ailleurs pas spécifiques de ce montage, mais restent valables quel que soit le type de cycloconvertisseur):

- L'angle de retard à l'amorçage de chaque thyristor est déterminé à partir d'un signal de référence qui contient les paramètres (en particulier la fréquence) de la tension que l'on souhaite obtenir. En principe, cette référence est sinusoïdale.
- Les impulsions de déblocage sont envoyées sur les thyristors à cathode commune si i est positif et sur ceux à anode commune si i est négatif. De plus, comme le montage fonctionne sans courant de circulation, on utilise un temps mort au moment du changement de signe du courant pour permettre la commutation en toute sécurité des deux groupes de redresseurs.

Nous avons représenté sur la figure 6 les allures de quelques grandeurs obtenues dans le cas d'une charge inductive, en négligeant la durée du temps mort et en admettant que les courants de sortie sont suffisamment filtrés pour qu'ils se réduisent à leur fondamental (N.B.: le signal réf correspond à la référence sinusoïdale évoquée plus haut).

Sur ce tracé, il faut surtout remarquer la non-périodicité (du moins à l'échelle des tracés), des intervalles de conduction, donc des grandeurs instantanées. Celle-ci est due au fait que la fréquence de la tension de sortie n'a aucune raison d'être un sous-multiple de la fréquence du réseau. On évite d'ailleurs même qu'elle le soit (ou qu'elle en soit très proche), de façon justement à faire évoluer dans le temps les durées de conduction, ce qui permet d'équilibrer les contraintes en courant sur chaque thyristor. Cela dit, si on élargit l'observation à un grand nombre d'alternances des grandeurs de sortie, on retrouve une certaine périodicité, ce qui permet de continuer à employer des notions comme celle de valeur efficace.

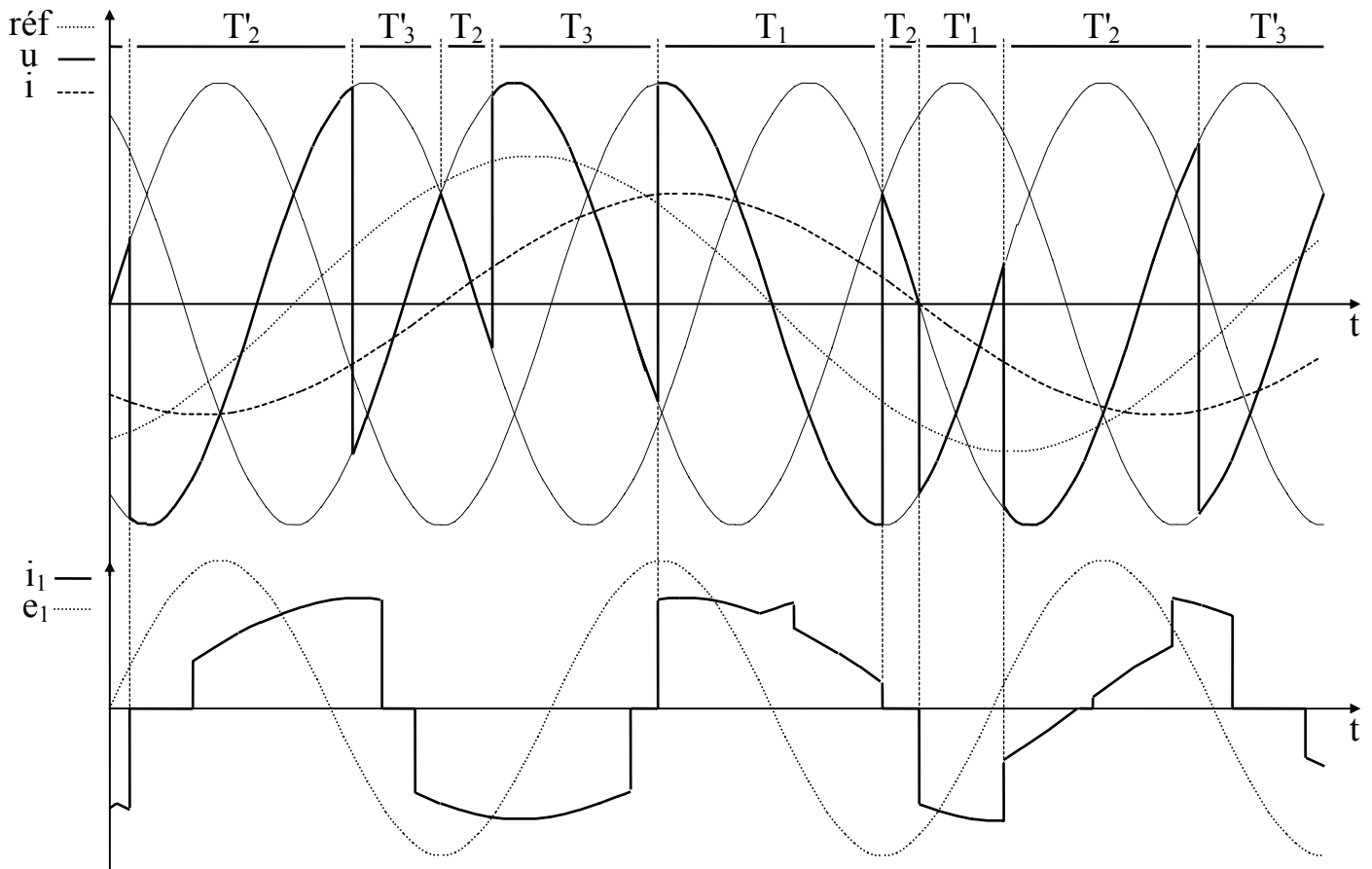


figure 6

4 Notes sur les harmoniques, la puissance réactive et le facteur de puissance

Signalons d'entrée que, vu ce qui a été dit au paragraphe précédent, ces différentes grandeurs ne peuvent être définies que de façon approchée (en particulier, pour les puissances, on raisonne en termes de "valeur moyenne" sur un grand nombre de périodes).

En ce qui concerne les harmoniques, l'étude montre que:

- Pour la tension de sortie, l'ondulation résiduelle reste du même ordre de grandeur que celle obtenue pour les montages tout thyristors fonctionnant avec un angle de retard voisin de $\pi/2$. Elle est donc tout à fait acceptable, surtout pour les montages d'indice de pulsation supérieur ou égal à 6 et si on se limite à des fréquences de sortie petites devant celle du réseau d'alimentation (le respect de cette condition évitant en plus l'apparition d'harmoniques de très faible fréquence résultant de l'interaction entre les composantes dues au fonctionnement interne de chaque redresseur et celles propres aux signaux de sortie).
- Pour le courant d'entrée, le taux d'harmoniques demeure généralement faible. Ceci est dû en particulier à un effet d'équilibrage, provenant du fait que ce courant est la somme de ceux appelés par chaque phase du cycloconvertisseur.

Vu sa constitution à base de redresseurs commandés, le cycloconvertisseur consomme de la puissance réactive quelle que soit la nature de la charge. Cette puissance étant d'autant plus importante que le nombre de redresseurs fonctionnant avec un angle de retard voisin de $\pi/2$ est

plus élevé, ceci amène, lorsque l'application s'y prête, à utiliser une commande à "référence trapézoïdale" (Cf. figure 7), qui permet de faire fonctionner un maximum de redresseurs à angle de retard nul.

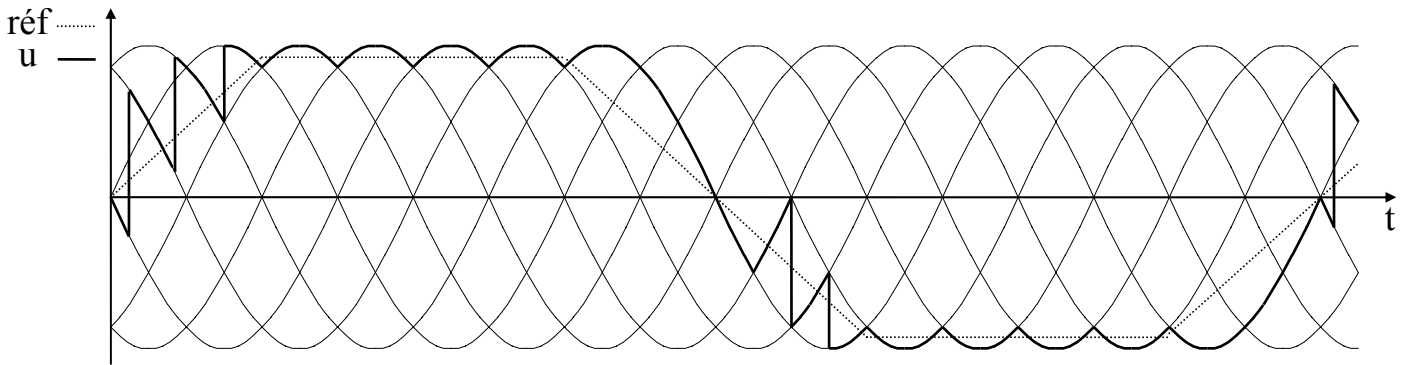


figure 7

Les taux d'harmoniques des courants d'entrée restant faibles, le facteur de puissance f est essentiellement affecté par la puissance réactive. Celle-ci étant généralement élevée, f est habituellement très inférieur à l'unité, ce qui constitue le défaut principal des cycloconvertisseurs.

5 Applications des cycloconvertisseurs

Vu la complexité de ces dispositifs, celles-ci se situent essentiellement dans le domaine des fortes puissances. En dehors de leur utilisation dans les variateurs de vitesse pour machines alternatives, déjà évoquée dans le chapitre correspondant, les cycloconvertisseurs peuvent être employés dans les domaines suivants:

Transposition de la fréquence d'une source

La fréquence optimale de fonctionnement des groupes générateurs d'électricité étant généralement supérieure à la fréquence industrielle, on peut, dans le cas des équipements alimentés de façon autonome, faire fonctionner la source à la fréquence qui optimise ses performances, puis ramener celle-ci aux fréquences convenant au fonctionnement des différents éléments de la charge grâce à un ou plusieurs cycloconvertisseurs.

Génération de puissance réactive

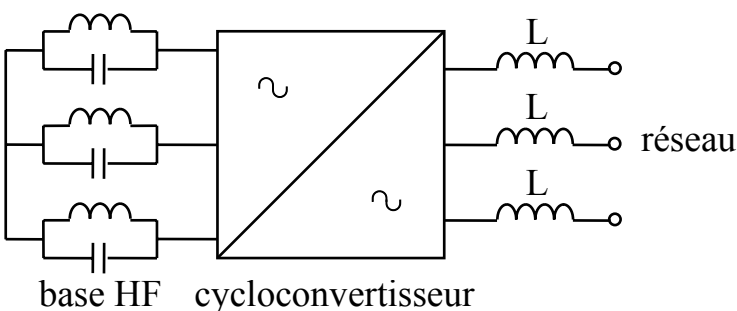


figure 8

Une des techniques possibles consiste à employer une "base haute fréquence". La structure de principe est représentée ci-contre. Le cycloconvertisseur, alimenté par des signaux de fréquence élevée (élaborés ici à l'aide de simples circuits oscillants, puisque le montage ne doit pas fournir de puissance active), débite sur le réseau par

l'intermédiaire des inductances L . On le commande de façon à ce que ses tensions de sortie aient la même pulsation ω_0 que les tensions du réseau et soient en phase avec elles. Ses courants de sortie étant, de ce fait, en quadrature avec les tensions, la puissance réactive fournie par le cycloconvertisseur peut se mettre sous la forme $\frac{(U_1 - U)U}{L\omega_0}$, avec U_1 , valeur efficace du fondamental de la tension de sortie entre phases du cycloconvertisseur et U , valeur efficace correspondante pour le réseau. En agissant sur l'amplitude de U_1 , on peut donc faire varier à sa guise la puissance réactive fournie ou absorbée par le dispositif.

Connexion de deux réseaux de fréquence différente

Le schéma unifilaire de principe est représenté ci-dessous. Suivant le sens de transfert de la puissance, les cycloconvertisseurs absorbent ou fournissent de la puissance active à la sortie. Comme dans l'application précédente, la base HF procure les signaux de fréquence élevée à l'entrée de chaque cycloconvertisseur. Les filtres, eux, ont pour rôle de réduire les harmoniques des courants de sortie.

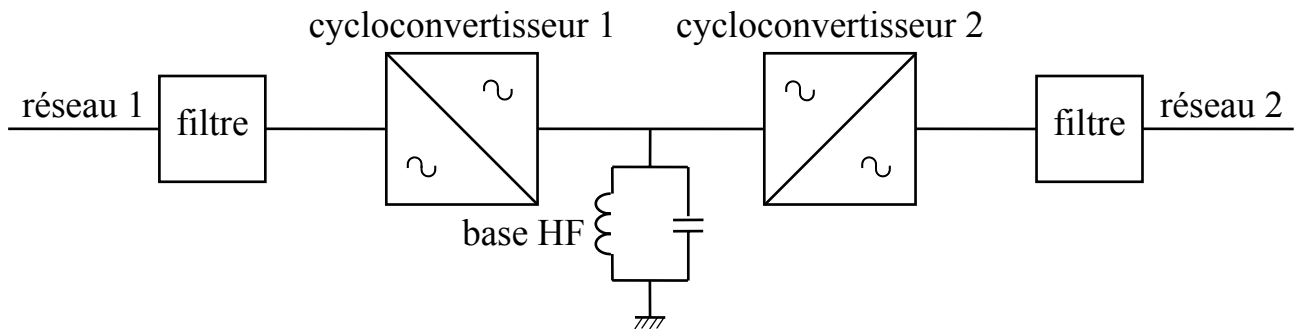


figure 9