

INFORMATIONS GENERALES

1. DÉFINITION DU FACTEUR DE PUISSANCE

Les charges électriques demandent plus de puissance qu'elles n'en consomment. Les moteurs à inductions, par exemple, convertissent tout au plus 80-90 % de la puissance fournie en travail utile ou pertes électriques. La puissance restante est utilisée comme moyen d'établir un champ électromagnétique dans le moteur. Cependant l'action du champ magnétique augmente la demande de courant dans le moteur, qui augmente l'échauffement des câbles et des transformateurs alimentant le moteur. Le courant supplémentaire augmente également la chute de tension à travers ces composants. Les sections de câble et le transformateur doivent être surdimensionnés pour tenir l'échauffement et la chute de tension dans les limites permises, ayant pour résultat des surcoûts. La puissance requise ou puissance apparente, est plus importante que la puissance réelle nécessaire pour alimenter la charge. La puissance apparente se calcule en multipliant les valeurs efficaces de tensions par les courants, et se mesure en (kVA). La puissance consommée ou puissance active, est mesurée en (kW). Le facteur de puissance est simplement le rapport de la puissance active et de la puissance apparente.

$$\text{Cos } \varphi = \text{kW/kVA}$$

Le facteur de puissance le plus élevé est 1 : cela signifie que 100 % de la puissance consommée est convertit en puissance utile. Une valeur inférieure à 1 indique que le système d'alimentation doit fournir une puissance (en kVA) supérieure à celle transformée pour le fonctionnement de la charge. Traditionnellement, le facteur de puissance a toujours été associé aux moteurs à induction. Maintenant, les ingénieurs sont également confrontés à ce problème avec des charges non linéaires. Les dispositifs électroniques de puissance (commandes de moteurs variables, onduleurs, four à induction... etc.) sont des types communs des charges non linéaires. D'autres exemples également : les fours à arc et les machines à souder.

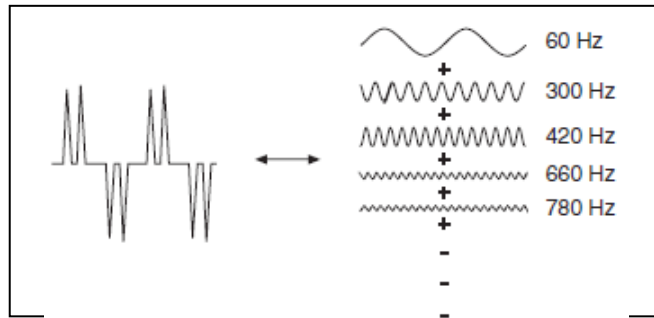


Figure 1: Les courants de distorsion peuvent être considérés comme la somme des courants sinusoïdaux de l'ensemble de fréquence

La distorsion en courant peut être considérée comme la somme des courants sinusoïdaux de l'ensemble des fréquences. Comme les charges inductives, les charges non linéaires dégradent le facteur de puissance et renvoient la puissance au le système d'alimentation. Les réseaux de distribution envoient un courant à la charge non linéaire avec une fréquence fondamentale (exemple 60 Hz) et la charge retourne une partie de ce courant à une fréquence supérieure (cf. figure 1).

Etant donné que la forme d'onde contient des fréquences multiples, une distorsion apparaît lors de la visualisation à l'oscilloscope. Le plus important est de noter que les méthodes traditionnelles pour décrire le facteur de puissance, ne sont pas appropriées aux charges non linéaires. Par contre, la définition du facteur de puissance, rapport entre la puissance apparente et la puissance active, est toujours correcte.

2. TRIANGLE DES PUISSANCES

Le triangle des puissances est généralement utilisé pour décrire le facteur de puissance pour des moteurs et charges non linéaires. Bien qu'il ne soit pas applicable aux commandes de moteurs variables, c'est toujours un concept utile à comprendre. Le triangle des puissances peut être illustré en utilisant le branchement R-X comme décrit ci dessous. Si la tension est parfaitement sinusoïdale, le courant sera également sinusoïdal et déphasé d'un angle appelé " angle de charge " ou angle de phase.

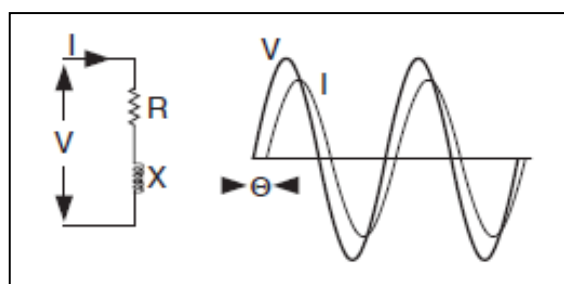


Figure 2: Déphasage d'angle

La formule de puissance apparente (S) et la puissance active (P) comme la définition du facteur de puissance :

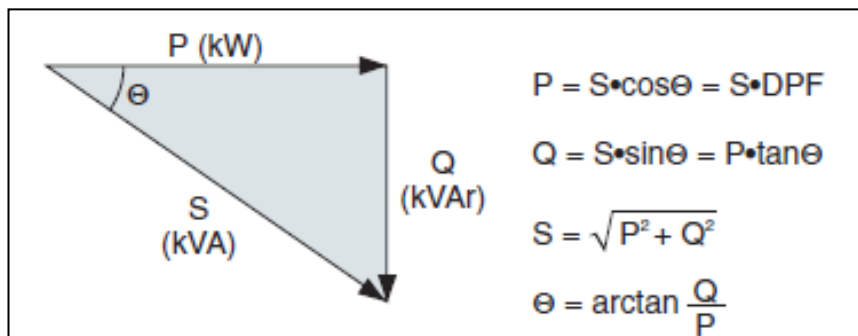
$$\begin{aligned} P &= R \cdot I^2 \\ S &= V \cdot I^2 \end{aligned} \Rightarrow \frac{P}{S} = \cos\theta = \text{DPF}$$

Ici, le facteur de puissance (DPF) est employé pour souligner que le facteur de puissance a été calculé en utilisant l'angle de phase, par opposition au vrai facteur de puissance (TPF) qui est le rapport de S et de P.

Dans ce cas précis, la distinction n'est pas faite parce qu'aucune distorsion harmonique n'est présente (DPF = TPF).

La formule $P = S \cdot \cos \varphi$ suggère une relation correcte entre P & S, comme défini sur la figure

Le troisième côté du triangle, défini Q, est appelé puissance réactive et est mesuré en kvar (kilovoltampères réactif).



Q est réellement une adaptation mathématique, mais il est utilisé pour décrire les phénomènes électriques. La puissance réactive apparaît comme une puissance qui découle du système comme une puissance active. Dans ce concept, on doit se rappeler que les moteurs absorbent des voltampères réactifs alors que les convertisseurs produisent des voltampères réactifs.

3. POURQUOI LE FACTEUR DE PUISSANCE DEVRAIT-IL ÊTRE AMÉLIORÉ ?

Les avantages sont :

- Moins de charges utiles
- Augmentation de la puissance du système

- Moins de chute de tensions
- Réduction des pertes
 - **Réduction des charges électriques**

La considération sur la différence entre la puissance active et la puissance apparente force la compagnie d'électricité (EDF...) à sur dimensionner les systèmes de distribution afin de fournir une puissance avec un $\cos\phi$ bas. Des pénalités sont faites pour forcer le client à investir dans des condensateurs afin de supprimer cette énergie réactive.

- **Augmentation de la puissance du système**

La puissance thermique des générateurs, transformateurs et des câbles limitent les kVA qui peuvent être fournis par le système.

En réduisant la demande en kvar du côté de la charge et en installant des condensateurs, cela permet de rajouter de la puissance sur le système.

- **Amélioration de la tension**

Une forte demande de puissance réactive, donc un $\cos\phi$ très bas, détermine une augmentation de chute de tension sur le transformateur, sur les câbles et sur d'autres composants du système provoquant une réduction de la tension d'alimentation de la charge. la chute de tension peut être réduite en mode directement proportionnellement à l'augmentation du facteur de puissance.

- **Réduction des pertes**

Etant donné que le courant circulant se réduit proportionnellement à l'augmentation du facteur de puissance, les pertes résistives dans le circuit sont inversement proportionnelles au rephasage du facteur de puissance. L'augmentation du facteur de puissance détermine une réduction des pertes qui pourtant ne justifie pas le coût pour l'installation de condensateurs mais les avantages peuvent être importants.

4. METHODES POUR LA COMPENSATION REACTIVE

- Condensateurs

Par la nature du champ électrostatique, les condensateurs emmagasinent de l'énergie lorsque l'on applique sur ceux-ci une tension.

L'énergie est restituée quand la tension est à zéro.

Les condensateurs sont généralement le système le plus économique pour la compensation de la puissance réactive.

D'autres avantages importants sont :

- pertes basses (moins de 1/4 W par kvar)
- aucun entretien
- produits compacts et légers qui facilitent leur montage et leurs modifications suivant les exigences.

- Système statique

Les charges comme les fours à arc et les appareils à souder présentent des courants rapidement variables dans le temps. Cela peut avoir comme effet, une variation non acceptable de la tension, appelée aussi effet "flicker". La solution pour éliminer cet effet indésirable consiste à utiliser un système de contrôle capable de suivre instantanément la demande de puissance réactive. Seuls les systèmes qui utilisent des contacteurs à semi-conducteurs, nommés également "contacteurs statiques" ont des temps d'intervalle compatibles pour palier au problème.

5. SYSTÈME DE REPHASAGE (compensation)

- Rephasage individuel

Ces systèmes sont utilisés pour des charges de grosses puissances avec une absorption constante et un temps de fonctionnement très long.

- Les condensateurs sont installés à proximité de la charge. La réduction du courant est visible en amont du raccordement ou sur la ligne d'alimentation générale.

- Quand on sélectionne le type de condensateurs, il faut se rappeler qu'avec des moteurs à induction, la puissance réactive fournit par les condensateurs ne doit pas excéder 90 % de la puissance réactive du moteur à vide, sinon un phénomène d'auto-excitation peut se produire (résonance entre moteurs et condensateurs).

- Rephasage par groupe de charge

Si un groupe de charge constitue la part la plus importante de la puissance installée, il est possible d'effectuer une compensation avec un seul compensateur afin d'améliorer le $\cos\phi$ directement sur l'alimentation générale du groupe de charge.

- Rephasage centralisé

Afin d'améliorer le facteur de puissance sur une installation avec beaucoup de petites charges et avec des variations importantes de puissance, nous conseillons d'installer une batterie de condensateurs automatique avec régulateur électronique.

Ce dernier permettra d'activer et de désactiver les racks de condensateurs automatiquement selon les besoins réels sur l'installation.

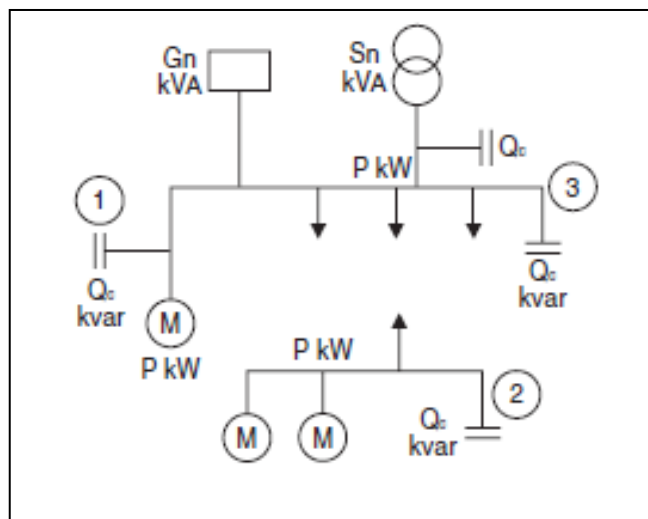


Figure 4 - Exemples d'installations possibles