

COSINUS PHI (site d'Electrotech-City - Walter DI PILLA)

SOMMAIRE :

INTRODUCTION

I - LES FAITS

- point de vue du distributeur d'énergie
- point de vue du client

II - LE COS Phi : UN PEU DE THEORIE :

- qui est-il ???
- une expérience...

III - QUELQUES VALEURS DE COS Phi :

IV - INCONVENIENTS D'UN MAUVAIS COS Phi :

V - COMMENT AMELIORER LE COS Phi :

INTRODUCTION :

Tout système électrique utilisant le courant alternatif met en jeu deux formes d'énergie : l'énergie active et l'énergie réactive. Dans les processus industriels utilisant l'énergie électrique seule l'énergie active est transformée au sein de l'outil de production en énergie mécanique, thermique, lumineuse, etc... L'autre, l'énergie réactive sert notamment à l'alimentation des circuits magnétiques des machines électriques (moteurs, autotransformateurs, etc...). Par ailleurs, certains constituants des réseaux électriques de transport et de distribution (transformateurs, lignes, etc...) consomment également dans certains cas d'exploitation de l'énergie réactive.

I - LES FAITS :

1. Point de vue du distributeur d'énergie :

La circulation des puissances active et réactive provoque des pertes actives et des chutes de tension dans les conducteurs. Les pertes actives réduisent le rendement global des réseaux et les chutes de tension sont néfastes au maintien d'une bonne tension que doit le distributeur à ses clients. Ainsi est-il donc préférable sur le plan technique de les produire le plus près possible des lieux de consommation.

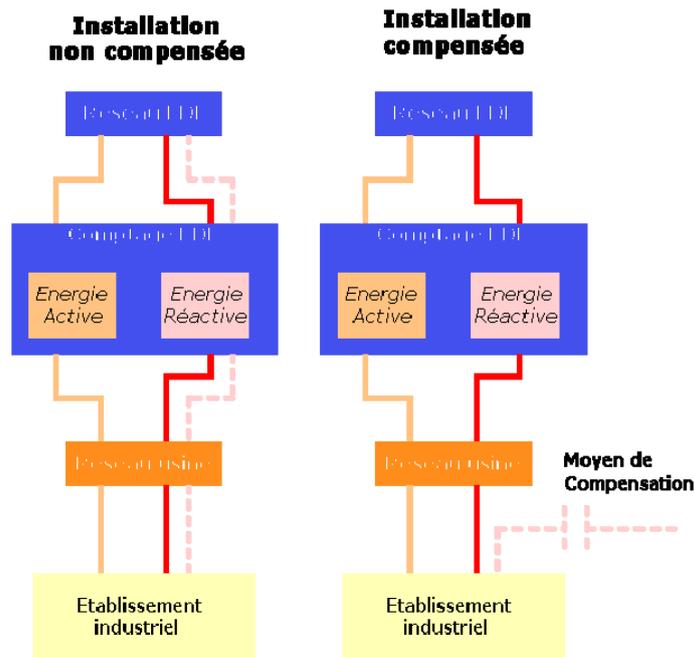
- Pour la puissance active, on montre qu'il est plus économique de la produire d'une manière centralisée et de la distribuer ensuite aux clients. Le coût du transport est bien moins élevé que le surcoût d'une production réalisée localement.
- En revanche, pour la puissance réactive, il est économiquement plus intéressant de la produire, en tout ou partie, localement par des générateurs d'énergie réactive autonomes comme les condensateurs par exemple. Cette pratique est appelée **COMPENSATION**.

2. Point de vue du client :

Comme pour le distributeur, le transport de la puissance réactive sur le réseau intérieur du client entraîne les inconvénients suivants :

- surcharge ou surdimensionnement des installations (transfo, câbles, etc...)
- pertes actives plus importantes dans ces ouvrages
- augmentation de la facture *EDF*.

Cheminement des puissances ACTIVE et REACTIVE



II - LE COS Phi : UN PEU DE THEORIE :

1. Qui est-il :

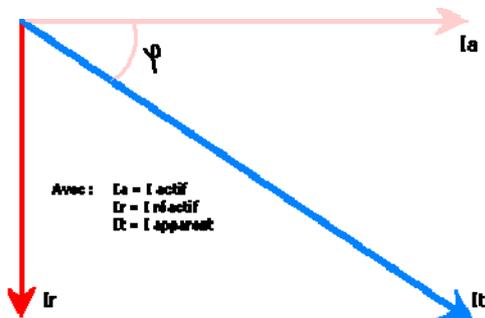
Nous venons de voir que tous les moteurs et tous les appareils fonctionnant en courant alternatif et comprenant un circuit magnétique absorbent deux formes d'énergie :

- une énergie dite active, qui se manifeste par un travail sur l'arbre d'un moteur par exemple.
- une énergie dite réactive, qui ne sert qu'à aimanter le fer du circuit magnétique.

A chacune de ces énergies correspond un **courant actif (I_a)**, en phase avec la tension du réseau et un **courant réactif (I_r)**, appelé aussi courant magnétisant. Celui-ci étant déphasé de 90° en arrière par rapport au courant actif. Les deux courants actif et réactif se composent vectoriellement pour former le **courant apparent**, déphasé d'un angle Phi par rapport au courant actif. Ce courant dit apparent est cependant bien réel, puisque c'est celui qui parcourt les divers conducteurs du circuit, depuis la source jusqu'au récepteur inclus, et qui provoque entre autre l'échauffement de ces conducteurs, donc les pertes d'énergie par effet joule.

Représentation des courants par FRESNEL :

D'après la représentation ci contre et sachant qu'en monophasé :



- $P = U \cdot I_t \cdot \cos \varphi$
- $Q = U \cdot I_t \cdot \sin \varphi$
- $S = U \cdot I_t$

Rappel :

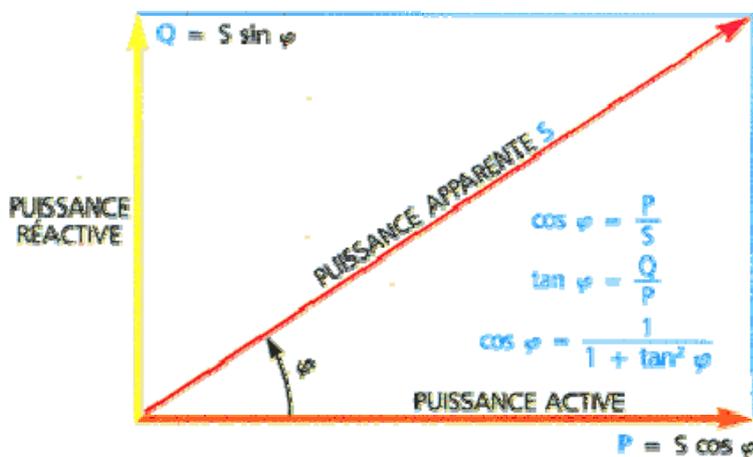
- $\sin \varphi = \text{Opp}/\text{Hyp}$
- $\cos \varphi = \text{Adj}/\text{Hyp}$
- $\text{Tg } \varphi = \text{Opp}/\text{Adj}$
- $I_a = I_t \cdot \cos \varphi$ donc $I_t = I_a / \cos \varphi$
- $I_r = I_t \cdot \sin \varphi$ donc $I_t = I_r / \sin \varphi$

Nous pouvons donc écrire :

- $P = U \cdot I_a$
- $Q = U \cdot I_r$
- $S = U \cdot I_t$

De cela nous pouvons donc voir qu'il est très simple de retranscrire le diagramme des courants donné précédemment par le diagramme suivant :

Du facteur de puissance à la puissance réactive...



Remarque :

Les équations ci contre donneraient les mêmes résultats si nous étions en triphasé.

LE FACTEUR DE PUISSANCE EST LA PROPORTION DE PUISSANCE ACTIVE DANS LA PUISSANCE APPARENTE.

Nous pourrions donc dire, et puisque le facteur de puissance est égal au rapport de la puissance active par la puissance apparente que :

On constate aussi que :

$$P^2 + Q^2 = S^2$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

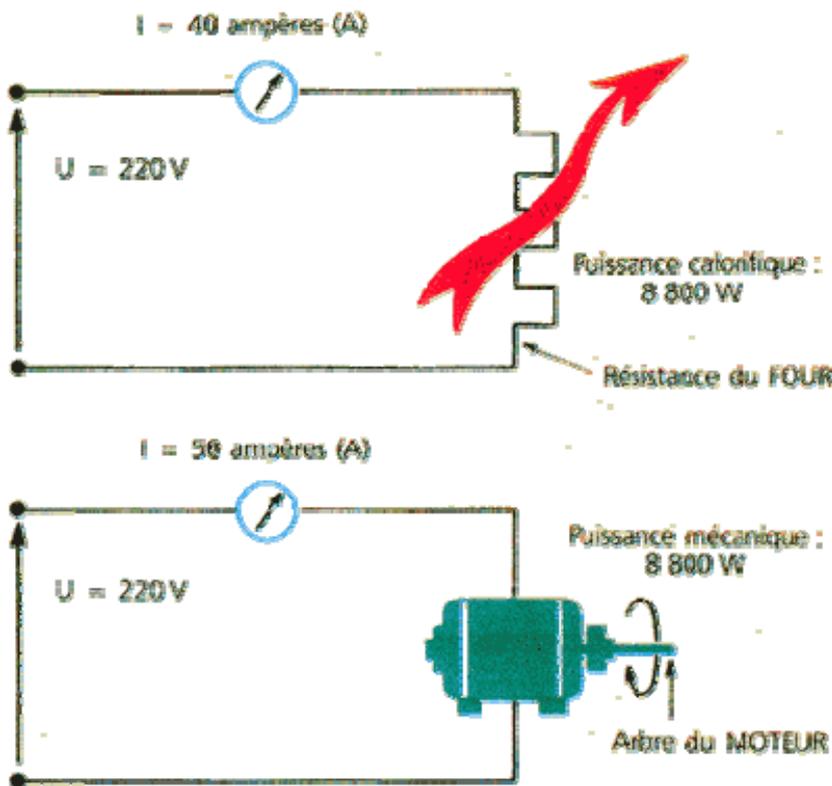
- le facteur de puissance est égal au Cosinus Phi.
- le Cosinus Phi = P/S ou I_a/I_t
- $P < S$ donc $0 < \text{Cosinus Phi} < 1$.
- Il sera d'autant plus grand que le Cosinus Phi sera petit...

1. Une expérience mettant en évidence l'incidence d'une variation de Cos Phi :

Considérons deux appareils électriques fréquemment employés, fonctionnant en monophasé sous la tension de 220V alternatif :

- Un four électrique à résistances
- Un moteur monophasé dont le rendement sera égal à 1.

Une expérience...



A puissance utile égale nous pouvons voir que :

- $I_{\text{moteur}} > I_{\text{résistances}}$
- $S_{\text{moteur}} > S_{\text{résistances}}$

Ainsi pour une puissance active identique ($P=8800W$), le moteur appelle sur le réseau une puissance apparente ($S = U.I = 220.50 = 11000VA$) supérieure à celle qui est appelée par le four ($S = U.I = 220.40 = 8800VA$). Cela est dû au fait que pour disposer de 8800W de puissance active (moteur), il faut aimanter le circuit magnétique de ce dernier et donc consommer de l'énergie **REACTIVE**.

Calculons le Cosinus Phi dans chaque cas :

- résistances : $\text{Cos Phi} = P/S = 8800/8800 = 1$
- moteur : $\text{Cos Phi} = P/S = 8800/11000 = 0,8$

III – QUELQUES VALEURS DE COS Phi :

APPAREIL		Cos Phi	Tg Phi	OBSERVATIONS
Moteurs asynchrones ordinaires chargés à :	<ul style="list-style-type: none"> • 0% • 25% • 50% • 75% • 100% 	<ul style="list-style-type: none"> • 0,17 • 0,55 • 0,73 • 0,8 • 0,85 	<ul style="list-style-type: none"> • 5,8 • 1,52 • 0,94 • 0,75 • 0,62 	
Lampes à incandescence		1	0	
Lampes à fluorescence		0,5	1,73	Ces lampes sont généralement compensées. Le FP est alors satisfaisant.
Lampes à fluorescence compensées		0,93	0,39	
Fours à résistances		1	0	Sauf si le réglage est assuré par gradateur à thyristors
Fours à induction		0,85	0,62	Cette valeur suppose une compensation par condensateurs prévue par le constructeur.
Machines à souder à résistances		0,8 à 0,9	0,75 à 0,48	
Postes statiques monophasés de soudage à l'arc		0,5	1,73	Sauf si la compensation a été prévue par le constructeur.
Chaudières à thermoplongeurs		1	0	Sauf si la régulation est assurée par des thyristors fonctionnant à angle de phase; les thyristors à trains d'onde ne modifiant pas le facteur de puissance.

IV - INCONVENIENTS D'UN MAUVAIS COS Phi :

Comme nous venons de le voir précédemment, pour une même puissance utile fournie par un appareil électrique, il faut transporter dans tous les circuits électriques une intensité d'autant plus grande que le Cos Phi est faible, cela entraîne :

- Une augmentation du montant de la facture EDF. (une consommation excessive d'énergie réactive peut également entraîner une majoration sous forme de pénalité du montant de votre facture EDF : difficulté qu'a EDF à prévoir la quantité d'énergie à produire).
- Une surcharge ou un surdimensionnement de l'installation. En effet, si le Cos Phi diminue, It (courant réellement transporté) augmente, or, les facteurs qui limitent la puissance maximale que peut transmettre une ligne sont, d'une part la chute de tension (fonction de I), d'autre part la température maximale admissible par l'isolant : à peu près 70° pour du PVC (fonction de I²)

Ce qu'il faut retenir :

Un mauvais Cosinus Phi :

- accroît les chutes de tension dans les câbles,
- augmente les pertes par effet joule lors du transport de l'énergie électrique
- entraîne une surfacturation EDF par une surconsommation ou une pénalité
- dégrade la capacité de transport de l'énergie électrique par des câbles
- entraîne un surdimensionnement des installations neuves : câbles (section), transfo (S), etc...
- entraîne des renforcements prématurés des installations existantes
- Ne laisse pas de réserve de marche au secondaire du transformateur

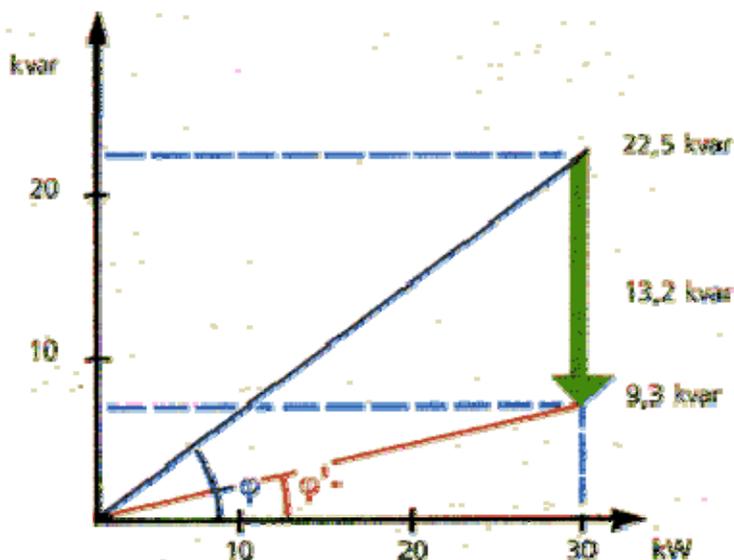
V - COMMENT AMELIORER LE COS Phi :

L'amélioration du Cosinus Phi doit passer par l'installation d'un moyen de compensation qui constitue la solution la plus efficace : très généralement une ou plusieurs batteries de condensateurs (Véritable générateur d'énergie réactive : I en avance de 90° sur U réseau)

Rappel : $Q = P.Tg(\Phi)$

Soit un appareil ou groupe d'appareils appelant une puissance active P (en Kw) et une puissance réactive (en KVAR). On souhaite réduire la $Tg(\Phi)$ à une valeur plus faible $Tg(\Phi')$.

Puissance réactive des condensateurs à installer :



$$Q = P.Tg(\Phi) \text{ et } Q' = P.Tg(\Phi')$$

La puissance du ou des condensateurs à installer sera égale à : $Q_b = P(Tg(\Phi) - Tg(\Phi')) = Q - Q'$

Dans l'exemple précité : $Q_b = 30(0,75 - 0,31) = 13,2 \text{ KVAR}$

NOTA : la valeur du Cos Phi ou $Tg \Phi$ évoluant avec le temps il convient d'utiliser les valeurs moyennes de ces derniers pour l'utilisation de la formule précédente " $Q_b = P(Tg(\Phi) - Tg(\Phi'))$ "

22,5 kvar : puissance réactive appelée par le moteur seul ($\tan \varphi = 0,75$)

13,2 kvar : puissance réactive fournie par les condensateurs

9,3 kvar : puissance réactive appelée par l'ensemble moteur et condensateurs ($\tan \varphi' = 0,31$)

30 kW : puissance active appelée par le moteur

Calcul de la capacité des condensateurs à installer :

La quantité d'énergie réactive fournie par un condensateur est $Q_c = U^2.C.w$

avec :

- U = tension aux bornes du condensateur
- C = capacité du condensateur
- $w = 2.Pi.f$ = pulsation du réseau d'alimentation

Si nous avons un couplage triangle alors 3 condensateurs :

=> Quantité d'énergie réactive à apporter par condensateur : $Q_b / 3$ d'où $Q_c = Q_b / 3$
ce qui nous donne :

$$C = (P_{abs}(Tg(\Phi)) - Tg(\Phi')) / (3.U^2.w)$$

Si nous prenons les valeurs de l'exemple précédent et que le réseau d'alimentation est de $3 \times 400V\sim$ alors $C = 87,6$ MicroFarad. Si nous avons couplé nos condensateur en étoile, nous aurions obtenus une capacité par condensateur de $C = 264,9$ MicroFarad sous une tension d'alimentation de $230V\sim$.

Conclusion :

- La capacité des condensateurs couplés en triangle est trois fois plus petite.
- La tension à supporter par les condensateurs lors du couplage étoile est dans un rapport de racine de 3.
- les dimensions de la batterie de condensateurs couplés en triangle seront plus petites.