

COMPENSATION DE L'ÉNERGIE RÉACTIVE

1. Origine de l'énergie réactive dans une installation

Beaucoup de machines industrielles fonctionnent grâce à la présence d'un champ magnétique interne. La création et l'entretien de ce champ magnétique réclame de l'énergie réactive. On rappelle que seule la puissance active est utilisable. L'énergie réactive est indispensable au fonctionnement des machines mais n'apporte aucune valeur ajoutée à l'entreprise.

1.1. Inconvénients de présence de la puissance réactive

L'accroissement de l'intensité consécutive à la présence de puissance réactive a pour conséquences :

- Accroissement de la chute de tension dans les câbles
- Augmentation des pertes Joule dans les câbles
- Facture EDF supérieure
- Surdimensionnement des installations
- Usure prématurée de l'appareillage

1.2. Quantifier la puissance réactive

Le facteur de puissance permet d'évaluer indirectement le niveau de puissance réactive présent dans une installation. Par définition, le facteur de puissance est donné par :

$$FP = \frac{P}{S} = \frac{\text{puissance active}}{\text{puissance apparente}}$$

Dans les cas simples que nous étudions le facteur de puissance est égal à **cos φ**

1.3. Principaux consommateurs de puissance réactive

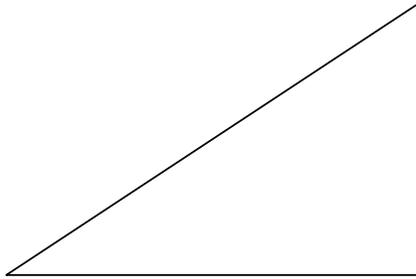
Appareil	cos φ
Moteur asynchrone en pleine charge	0.73
Moteur asynchrone en demi-charge	0.85
Lampes fluorescentes (non compensées)	0.5
Four à induction	0.85
Poste de soudage à l'arc	0.5
Appareil équivalent à des résistors	1

Exercice : comparez l'intensité absorbée par un four à résistances à l'intensité absorbée par un moteur asynchrone (cos φ = 0.8). Les récepteurs fournissent la même puissance de 1 kW. Pour simplifier, on considère que le rendement du moteur est de 1 car on cherche à mettre en évidence le rôle du facteur de puissance. La tension d'alimentation des appareils est de 250 V (pour faciliter les calculs)

2. Exigences du distributeur d'énergie électrique

L'EDF demande que le rapport **Q/P** soit inférieur ou égal à 0,4

Rappel du triangle des puissances



Questions :
- Complétez le triangle en faisant apparaître :
P, Q, S et φ
- à quel facteur de puissance correspond un rapport $Q/P = 0,4$?

3. Techniques de compensation

La compensation de l'énergie réactive concerne presque exclusivement les installations triphasées.

Actuellement, la production d'énergie réactive est confiée à des batteries de condensateurs.

3.1. Architecture

Le pôle de compensation peut être :

- Global

Une seule batterie de condensateurs en amont de l'installation. Le facteur de puissance est compensé pour EDF mais pas pour le client

- Partiel

Plusieurs batteries de condensateurs qui compensent, chacune, une zone de l'installation. Une partie de l'installation reste sans compensation

- Local

Les batteries de condensateurs se trouvent au plus près des consommateurs d'énergie réactive. L'installation est compensée mais le coût est important.

3.2. Puissance réactive produite par un condensateur

Un condensateur de capacité C, présentant à ses bornes une tension U de pulsation ω **fournit** une puissance réactive de :

faire le schéma

$$Q_c = U^2 \times C \times \omega$$

3.3. Groupement des condensateurs

Comme on travaille en triphasé, le groupement des condensateurs peut se faire en triangle ou en étoile.

Le choix évident est le groupement en triangle.

3.4. Justification du choix du groupement en triangle

Considérons deux batteries de condensateurs devant fournir, chacune, une puissance totale de Q_t . Elles sont constituées de trois condensateurs identiques groupés, pour la première en étoile et pour la seconde en triangle. Elles sont branchées toutes deux sur un réseau triphasé dont la tension entre phases (tension composée) est U . La pulsation du réseau est ω .

Question : comparez la capacité d'un condensateur du groupement en étoile à la capacité d'un condensateur du groupement en triangle. Pour cela commencez par dessiner un schéma des deux batteries. Faire apparaître la tension aux bornes de chaque condensateur.

4. Techniques de détermination de la puissance réactive nécessaire à la compensation.

On connaît :

- la puissance active de l'installation
- son facteur de puissance actuel $\cos(\varphi_a)$
- le facteur de puissance souhaité $\cos(\varphi_n)$

4.1. Méthode graphique

On trace le triangle des puissances à l'échelle. On détermine ainsi la puissance réactive actuelle. On trace le nouvel angle φ ce qui permet de connaître la nouvelle puissance réactive de l'installation. La puissance réactive de compensation est obtenue par différence. (Voir en annexe la technique de tracé d'un angle dont on connaît le cosinus.)

La méthode se poursuit par le calcul de la capacité de chacun des trois condensateurs.

4.2. Par calculs

La puissance réactive actuelle est donnée par $Q_a = P \times \tan(\varphi_a)$

La puissance réactive souhaitée est donnée par $Q_n = P \times \tan(\varphi_n)$

La puissance réactive de compensation est donnée par la différence $Q_c = Q_a - Q_n$

5. Capacité d'un condensateur

La capacité d'un condensateur est trouvée à partir de la relation :

$$Q_c = 3 \times U^2 \times C \times \omega$$

6. Compensation fixe ou automatique

Les installations de taille modeste se contentent d'une compensation fixe qui est dimensionnée selon une valeur moyenne.

Les installations plus importantes mettent en œuvre une compensation variable. Un Varmètre mesure constamment la puissance réactive présente dans l'installation et enclenche des paliers de la batterie de condensateurs.

7. Exercice

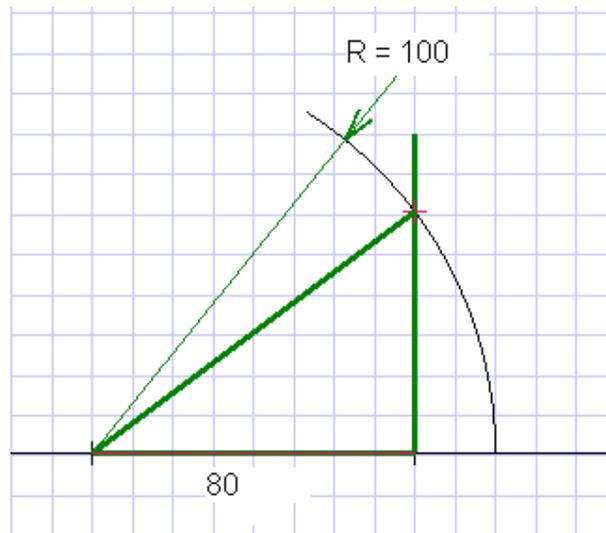
Une installation triphasée 3x400 V absorbe une puissance active de 12000 W et une puissance apparente de 15000 VA. Calculez :

- le facteur de puissance de l'installation
 - La puissance réactive consommée
 - La puissance réactive nécessaire pour amener le facteur de puissance à la valeur préconisée par EDF
 - La capacité d'un des condensateurs de l'ensemble de compensation
-

8. Annexes

8.1. Méthode de construction d'un angle dont on connaît le cosinus

Exemple : tracer l'angle dont le cosinus vaut 0.8



8.2. Condensateurs de compensation

