Machine Asynchrone - 5

v1

Donnée

Pour améliorer le $cos\varphi$ d'un atelier, on veut compenser un moteur asynchrone de 15 kW au moyen d'une batterie de condensateurs montés en $\triangle$.

La plaque signalétique du moteur donne :

- $P_{utile} = 15$ kW
- Stator couplé en Y
- $U_n = 400/230$ V Y/Δ
- $I_n = 28.5/49.4$ A Y/Δ
- $f_n = 50$ Hz

Nous savons aussi que sous conditions nominales, la totalité des pertes vaut

- $P_{pertes} = 2250\ W$

Déterminer la capacité de cette batterie de condensateurs pour ramener le facteur de puissance de l'ensemble (moteur + condensateurs) à 1 pour la pleine charge.

On rappel ici que l'énergie stockée dans un condensateur vaut :

$$E_c = \frac{1}{2}CU^2 \tag{1}$$

Et la puissance (dérivée de l'énergie) pour un système triphasé est alors :

$$Q_c = 3\omega C U_{ph}^2 \tag{2}$$

Préambule

Le but de cet exercice est de comprendre qu'une machine asynchrone a besoin de puissance réactive au stator pour fonctionner et qu'un condensateur *fourni* de la puissance réactive. De plus cet exercice permet de vérifier la maîtrise des montages étoile et triangle.

Développement

Cette section ne fait pas partie du corrigé en tant que tel, elle permet juste d'enlever des éventuels doute quand à la provenance de l'équation (2)

Sachant que :

$$u(t) = \sqrt{2}U sin(\omega t) \tag{3}$$

où U est une grandeur efficace (majuscule).

L'énergie en temporel vaut :

$$E_c(t) = \frac{1}{2}Cu(t)^2 = \frac{1}{2}C\left(\sqrt{2}U sin(\omega t)\right)^2 = CU^2 sin^2(\omega t) \tag{4}$$

La puissance est donnée par la dérivée temporelle de l'énergie :

$$Q_c(t) = \frac{d}{dt}E_c = \frac{d}{dt}CU^2 sin^2(\omega t) \tag{5}$$

Nous savons que :

$$\frac{d}{dx}sin^2(x) = 2sin(x)cos(x) \tag{6}$$

et que

$$sin(2x) = 2sin(x)cos(x) \Rightarrow coc(x)sin(x) = \frac{1}{2}sin(2x) \tag{7}$$

De là, (6) devient

$$\frac{d}{dx}sin^2(x) = 2sin(x)cos(x) = 2\frac{1}{2}sin(2x) = sin(2x) \tag{8}$$

De (8) dans (5) nous obtenons :

$$Q_c(t) = \omega CU^2\ sin(2\omega t) \tag{9}$$

Ici, la puissance instantanée est sinusoïdale et de moyenne nulle (car sin oscille autour de 0). Cela confirme donc bien le fait que le condensateur ne dissipe pas de puissance mais stocke et restitue de l'énergie a chaque période. Comme aucune puissance n'est dissipée, la puissance associée est appelée *réactive.*

Ainsi, en grandeur efficace et en triphasé nous obtenons l'équation (2) rappelée ici :

$$Q_c = 3\omega CU_{ph}^2 \tag{2}$$

1 Corrigé

Pour un stator couplé en étoile, la tension de phase vaut :

$$U_n = \frac{U_{nligne}}{\sqrt{3}} = 230.94\ [V] \tag{10}$$

La puissance apparente nominale de moteur vaut :

$$S_n = 3\ U_{sn}\ I_{sn} = 19.745\ [kVA] \tag{11}$$

La puissance active nominale vaut :

$$P_n = P_{utile} + P_{pertes} = 17.25\ [kW] \tag{12}$$

Le facteur de puissance vaut :

$$cos\varphi = \frac{P_n}{S_n} = 0.874\ [-] \tag{13}$$

et

$$sin\varphi = sin(cos^{-1}(cos\varphi)) = 0.487\ [-] \tag{14}$$

La puissance réactive consommée par le moteur

$$Q_n = S_n\ sin\varphi = 9.608\ [kVAr] \tag{15}$$

On rappel ici l'équation (2) :

$$Q_c = 3\omega C U_{ph}^2 \tag{2}$$

Cette puissance doit compenser celle consommée par la machine. Par conséquent, en combinant (15) et (2), la capacité de la batterie vaut :

$$C = \frac{Q_n}{3\ 2\ \pi\ f\ U_{nligne}^2} = 63.72\ [\mu F] \tag{16}$$

A noter que dans (16), c'est bien U_{nligne} qui est utilisé, car la batterie de condensateurs est connectée en triangle $U_{ligne\triangle} = U_{ph\triangle}$. C'est donc bien la tension de ligne du moteur qui s'applique sur la batterie de condensateur.

Si la batterie de condensateur avait été montée en étoile nous aurions:

$$C_Y = 191.15\ [\mu F] \tag{17}$$

Cette valeur est bien 3x plus grande (connu des cours d'électrotechnique de base) et demande donc des condensateurs 3x plus grands. Il est donc avantageux de les monter en triangle dans ce cas.