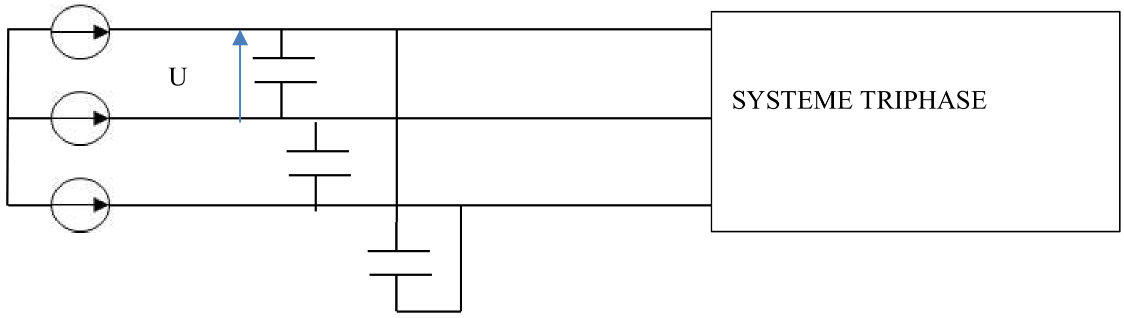
2) Faire un schéma et calculer la valeur des capacités C', câblées en triangle, permettant de relever le facteur de puissance à la valeur 0,92 AR.



2) Dans le cas des capacités C', câblées en triangle, le calcul est le même sauf que les trois condensateurs sont sous la tension $U = \sqrt{3} \cdot V$. En conséquence, ils consomment la puissance réactive : $Q_{C'} = -3 \cdot C'\omega U^2 = -9 \cdot C'\omega V^2$.

La relation entre les différentes puissances réactives s'écrit ici : $Q_{\text{total}} = Q - 9C'\omega V^2$

On en déduit : $C' = \dfrac{Q - Q_{\text{total}}}{9\omega V^2} = \dfrac{25{,}5 \cdot 10^3 - 10{,}64 \cdot 10^3}{9 \times 100\pi \times 230^2} = 99{,}4\ \mu\text{F}$

3) Dans le cas de trois capacités C'' câblées en triangle, le calcul est le même qu'à la question précédente. La différence est que le facteur de puissance de 0,92 AV signifie que le déphasage entre courants de ligne et tensions simples sera négatif.

En conséquence il faut écrire : $Q_{\text{total}} = P \cdot \tan(-\text{Arccos}(0{,}92)) = -10{,}64\ \text{kVAR}$

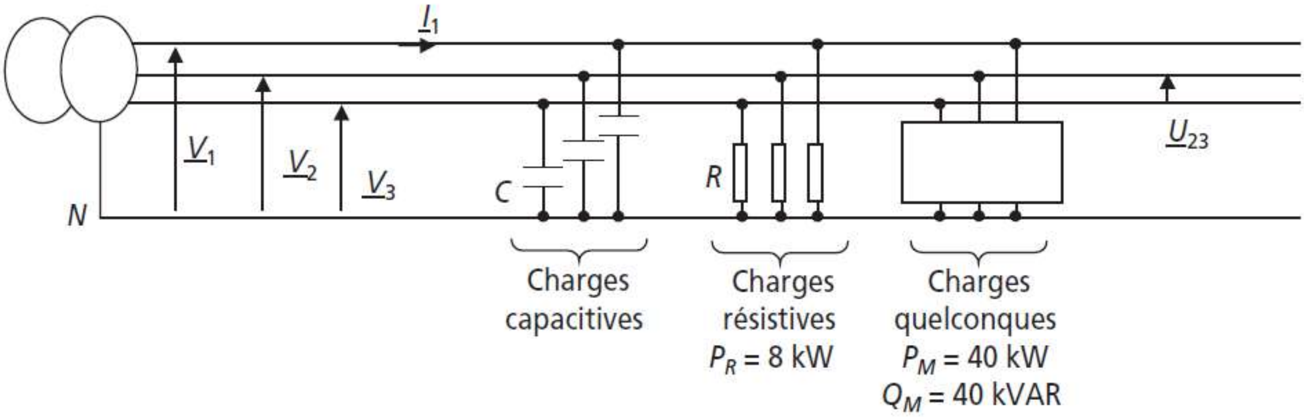
La relation entre les différentes puissances réactives s'écrit toujours : $Q_{\text{total}} = Q - 9C''\omega V^2$

Et on en déduit : $C'' = \dfrac{Q - Q_{\text{total}}}{9\omega V^2} = \dfrac{25{,}5 \cdot 10^3 + 10{,}64 \cdot 10^3}{9 \times 100\pi \times 230^2} = 0{,}24\ \text{mF}$

4) Il est clair que, pour assurer la même valeur du cosφ, la solution 2 permet le choix de condensateurs de moindres capacités, donc plus petits et moins chers. En câblant les condensateurs en triangle on gagne un facteur 3 sur la puissance réactive produite et donc sur la valeur de la capacité nécessaire. En choisissant un cosφ Avant comme objectif, on surdimensionnerait les condensateurs de manière tout à fait inutile.

6) Exercice de charges triphasées et schémas équivalents

On s'intéresse à la caractérisation d'un ensemble de charges triphasées et à la construction d'un schéma équivalent simple.
On considère le réseau triphasé 230/400 V en sortie de transformateur représenté sur la figure ci-dessous :



Le circuit de charge de ce système est constitué de charges équilibrées classées par type : charge capacitive, charges résistives et charges quelconques.

1) L'ensemble des charges résistives est représenté par trois résistances R couplées en étoile.
Étant donné que la puissance correspondante à ces charges vaut P_R= 8 kW, calculer l'expression littérale de R. Faire l'application numérique.

> Le calcul de puissance ici est très aisé étant donné que chaque résistance est sous la tension simple V : $P_R = 3 \cdot \frac{V^2}{R} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{3 \cdot V^2}{P_R}$
>
> *Application numérique* : $R = 19{,}83\ \Omega$

2) Que valent la puissance active et la puissance réactive consommées par phase par l'ensemble des charges quelconques ?

> Étant donné que les charges quelconques sont globalement équilibrées, chaque phase consomme un tiers de la puissance totale, qu'elle soit active ou réactive.
>
> Ainsi : $P_{\text{M\_phase}} = \frac{40\text{ kW}}{3} = 13{,}33\text{ kW}$ et $Q_{\text{M\_phase}} = \frac{40\text{ kVAR}}{3} = 13{,}33\text{ kVAR}$

On désire à présent retrouver les résultats précédents à partir d'un bilan de puissance, et à l'occasion de prouver l'efficacité de cette démarche.

3) Quelle est la valeur de la puissance active totale, P_{tot}, fournie à toutes les charges ?

On aborde à présent la partie « bilans de puissances » qui permet en général de résoudre les problèmes beaucoup plus facilement que par la construction de schémas équivalents et de diagrammes de Fresnel.

D'après le Théorème de Boucherot : « la puissance active totale consommée par un ensemble de charges est égale à la somme des puissances actives individuelles de chaque charge ».

Ici, il suffit d'écrire : $P_{\text{tot}} = P_R + P_M = 8 \text{ kW} + 40 \text{ kW} = 48 \text{ kW}$

4) Quelle est la valeur de la puissance réactive totale, Q_{tot}, fournie à toutes les charges hors condensateurs ?

D'après le Théorème de Boucherot : « la puissance réactive totale consommée par un ensemble de charges est égale à la somme des puissances réactives individuelles de chaque charge ».

Ici, il suffit d'écrire : $Q_{\text{tot}} = Q_R + Q_M = 0 + 40 \text{ kVAR} = 40 \text{ kVAR}$

5) Quelle est la valeur de la puissance réactive totale fournie par les trois condensateurs C ?

Les trois condensateurs sont câblés en étoile, c'est-à-dire qu'ils sont placés sous tension simple : V.

La puissance réactive totale qu'ils fournissent est : $Q_C = -3 \cdot C\omega \cdot V^2$

Pour s'en convaincre, il suffit d'appliquer, par phase, la formule générale de la puissance réactive en alternatif sinusoïdal : $Q = V \cdot I \cdot \sin(\varphi) = V \cdot C\omega \cdot V \cdot \sin\left(-\frac{\pi}{2}\right) = -C\omega \cdot V^2$

6) Retrouver la valeur du condensateur C permettant d'obtenir un facteur de puissance global de 0,9 AR.

On peut ici, et c'est peut-être le plus simple, utiliser le fait que de façon générale :

$$Q = P \cdot \tan(\varphi)$$

Si on ne place pas les condensateurs : $Q = Q_{tot}$ et $P = P_{tot}$

Avec les condensateurs : $Q = Q_{tot} - 3 \cdot C\omega \cdot V^2 = P_{tot} \cdot \tan(\varphi)$ et $P = P_{tot}$ est inchangé.

Comme : $\tan(\varphi) = \tan(\mathrm{Arc}\cos(0,9)) = 0,484$, on trouve :

$$C = \frac{1}{3\omega \cdot V^2}(-P_{tot} \cdot \tan(\varphi) + Q_{tot})$$

Application numérique : $C = 336\ \mu\mathrm{F}$

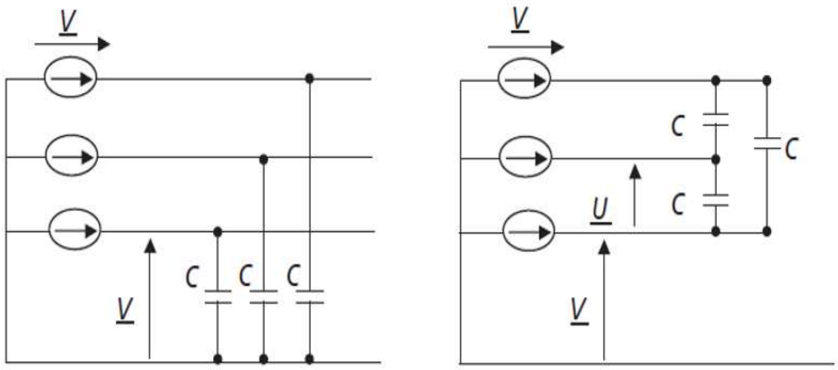
7) Retrouver la valeur du courant de ligne I_1.

) La valeur du courant de ligne est très facile à trouver en écrivant : $P_{tot} = 3 \cdot V \cdot I \cdot \cos(\varphi)$

$$\Rightarrow I = \frac{P_{tot}}{3 \cdot V \cdot \cos(\varphi)}$$

Application numérique : $I = 77{,}3$ A

8) Quelle valeur de C aurait suffi si les condensateurs avaient été câblés en triangle ?



En étoile : $Q_C = -3 \cdot C\omega \cdot V^2$. En triangle : $Q_C = -3 \cdot C\omega \cdot U^2 = -9 \cdot C\omega \cdot V^2$

Ainsi, pour fournir la même puissance réactive, il aurait suffi de disposer en triangle 3 condensateurs de valeur $C' = \dfrac{C}{3} = 112\ \mu\text{F}$