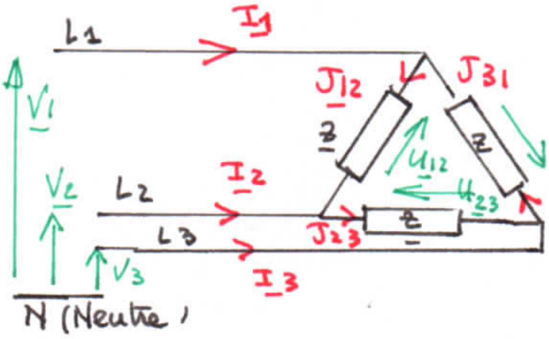
Exercice 1 (Compréhension du cours : compensation du facteur de puissance)

On alimente un récepteur, constitué de trois impédances identiques de modèle $\underline{Z} = R + jX$ inductives montées en triangle, à partir d'un réseau triphasé de tension U = 400 V entre phases, et de fréquence f = 50 Hz.
Pour une puissance absorbée P = 75 kW, le courant dans chaque fil de ligne est I = 150A.

1) Faire un schéma de la situation en plaçant toutes les notations utiles



Avec $\underline{Z} = R + jX \Rightarrow$ Modèle série

Aux bornes des éléments Z tensions composées $\underline{U}_{12}, \underline{U}_{23}, \underline{U}_{31}$

Courants dans $\underline{Z}$; $\underline{J}_{12}, \underline{J}_{23}, \underline{J}_{31}$

en Δ $J = \dfrac{I}{\sqrt{3}}$

2) Déterminer :

- la phase φ de chaque impédance et en déduire le facteur de puissance F_p du récepteur,

$$P = \sqrt{3}\, U I \cos\varphi \Rightarrow \varphi = \mathrm{Arc}\cos\left(\frac{75000}{\sqrt{3} \times 400 . 150}\right) = 43{,}8° \quad F_p = \cos\varphi = 0{,}722$$

- la puissance réactive Q absorbée par la charge,

$$Q = P . \tan\varphi = 75 . \tan(43{,}8°) \simeq 72\ \text{kVAR} = Q$$

- la valeur du courant J dans chaque élément du récepteur triphasé,

$$J = \frac{I}{\sqrt{3}} \text{ en triangle} \quad J = \frac{150}{\sqrt{3}} \simeq 86{,}6\ \text{A} = J$$

- les valeurs de R résistance et X = Lω réactance de l'impédance,

$$P = 3P_R = 3 . R . J^2 \Rightarrow R = \frac{75000/3}{(150/\sqrt{3})^2} = 3{,}33\ \Omega = R$$

$$Q = 3Q_X = 3XJ^2 \Rightarrow X = \frac{72000/3}{(150/\sqrt{3})^2} \simeq 3{,}2\ \Omega = X$$

→ $\frac{1}{3}$ de P et de Q dans chaque branche traversée par J !

- Faire pour cette situation la représentation de Fresnel à l'échelle :
  - des tensions simples V et des tensions composées U
  - des courants J et I

Méthode

tracés de $\underline{V}_1, \underline{V}_2, \underline{V}_3$ tensions simples

⇓

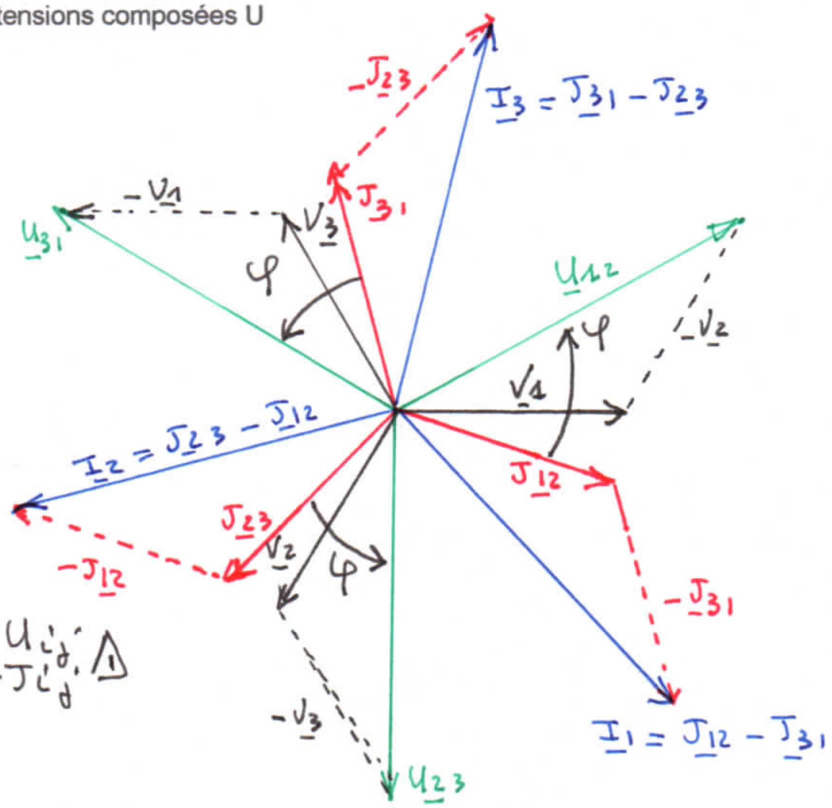
tensions composées $\underline{U}_{12}, \underline{U}_{23}, \underline{U}_{31}$ aux bornes des $\underline{Z}$

⇓

Courants $\underline{J}_{12}, \underline{J}_{23}, \underline{J}_{31}$ dans les $\underline{Z}$ ⇒ φ entre U_{ij} et J_{ij} ⚠

⇓

Courants en ligne $\underline{I}_1, \underline{I}_2, \underline{I}_3$



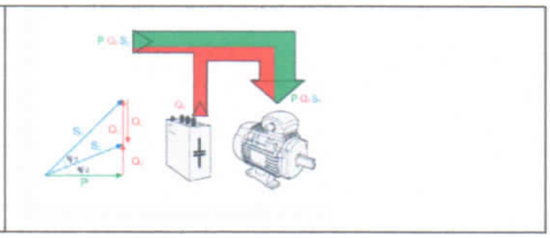
La puissance P étant inchangée, on désire relever le facteur de puissance F_p vu de la source EDF par une batterie de 3 condensateurs couplés en triangle.

P: Puissance active
Q1: Puissance réactive (avant compensation)
S1: Puissance apparente (avant compensation)

Q2: puissance réactive compensée
S2: Puissance apparente compensée

Qc: puissance capacitive

Cos φ1 <1
Cos φ2 =1



3) Le nouveau facteur de puissance est fixé à $F_p = 0,98$.

- Déterminer la nouvelle valeur de la puissance réactive Q qui satisfait à cette condition.

P est inchangée par contre $F_p = F_p' = 0,98 \Rightarrow \varphi' = \text{Arccos}(0,98) \simeq 11,5°$

$\Rightarrow Q' = P.\tan(\varphi') = 75 \times \tan(11,5°) = 15,23$ kVAR

- En déduire la valeur de la puissance réactive (négative) fournie par chacun des trois condensateurs.

Q' est obtenu en ajoutant 3Qc à Q $\Rightarrow Q' = Q + 3Qc$

$Qc = (Q' - Q)/3 = (15,23 - 72)/3 \quad Qc \simeq -18,92$ kVAR

- Après avoir précisé la tension aux bornes de chacun des 3 condensateurs, déterminer leur valeur.

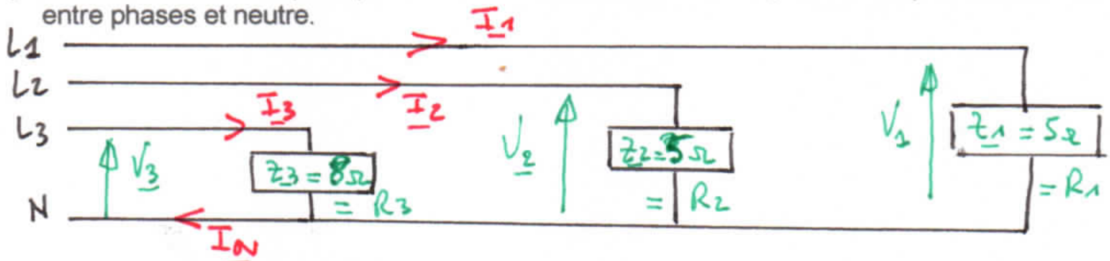
En triangle $U_C = U = 400$ V $\Rightarrow C = (18920)/(400^2 . 100\pi)$

et pour un condensateur $Q_C = \dfrac{U^2}{X_C} = \dfrac{U^2}{-1/C\omega} = -U^2 C\omega$ | $C = 376\,\mu F$

Exercice 2 (Distribution publique domestique) :

Un lotissement de 24 pavillons est alimenté par un réseau triphasé, équilibré en tensions, à partir d'un poste de transformation H.T. / B.T. Chaque branchement réalisé par EDF permet d'alimenter entre phase et neutre (tension simple V) chacune des résidences sous une tension de 230 V. Celles-ci sont équitablement réparties sur les 3 phases.

1) Faire un schéma de principe de l'alimentation du lotissement, mettre en place les tensions simples V_1 à V_3 entre phases et neutre.



2) Le lotissement se comporte-t-il a priori comme un récepteur équilibré vis à vis du réseau ?

Non équilibré, car impossible d'avoir la m̃ charge au m̃ instant entre les ≠ phases et le neutre.

On admet ici que les pavillons se comportent comme des récepteurs purement résistifs tels que l'ensemble, vu de la source HT / BT, ait une résistance pour les phases 1 et 2, $R_1 = R_2 = 5\,\Omega$ ετ pour la phase 3, $R_3 = 8\,\Omega$.

3) Déterminer alors l'expression complexe du courant dans chaque fil de la source (3 phases et neutre).

$\underline{I_1} = \dfrac{\underline{V_1}}{R_1} = \dfrac{230 e^{j0°}}{5} = 46 e^{j0°}$

$\underline{I_2} = \dfrac{\underline{V_2}}{R_2} = \dfrac{230 e^{j-2\pi/3}}{5} = 46 e^{j-2\pi/3} = 46[\cos(-2\pi/3) + j\sin(-2\pi/3)]$

$\underline{I_3} = \dfrac{\underline{V_3}}{R_3} = \dfrac{230 e^{j+2\pi/3}}{8} = 28,75[\cos(2\pi/3) + j\sin(2\pi/3)]$

$\underline{I_N} = \underline{I_1} + \underline{I_2} + \underline{I_3} = 46 + 46 \times (-1/2) + 28,75 \times -1/2$

$+ j\left[46\left(-\frac{\sqrt{3}}{2}\right) + 28,75\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\right]$

$\underline{I_N} = 8,62 - j14,93$

$\underline{I_N} = 17,24\, e^{-j60°}$