2. Circuit triphasé - Corrigé

Exercice 0 :

a. Les charges sont équilibrées, donc $\underline{I_1} + \underline{I_2} + \underline{I_3} = 0$. Le courant de neutre est nul : $\underline{I_N} = 0$, et les potentiels en N et N' sont égaux : $\underline{V_N} = \underline{V_{N'}}$.
On peut donc traiter chaque phase comme une maille isolée :

$$\underline{I_1} = \frac{\underline{V_1}}{\underline{Z}} \qquad \underline{I_2} = \frac{\underline{V_2}}{\underline{Z}} \qquad \underline{I_3} = \frac{\underline{V_3}}{\underline{Z}}$$

On note en particulier que $|\underline{I_1}| = |\underline{I_2}| = |\underline{I_3}| = \frac{V}{Z}$ et que : $\widehat{\underline{I_1},\underline{V_1}} = \widehat{\underline{I_2},\underline{V_2}} = \widehat{\underline{I_3},\underline{V_3}} = \varphi$

b. La puissance active fournie par la phase 1 vaut : $P_1 = |V_1|.|\underline{I_1}|.\cos(\widehat{\underline{I_1},\underline{V_1}}) = \frac{V^2}{Z}\cos\varphi$
On obtient le même résultat pour les deux autres phases.
La puissance active totale fournie par le générateur (c'est-à-dire les trois phases) faut donc : $P = 3 \times \frac{V^2}{Z}\cos\varphi$
La puissance réactive fournie par la phase 1 vaut : $Q_1 = |V_1|.|\underline{I_1}|.\sin(\widehat{\underline{I_1},\underline{V_1}}) = \frac{V^2}{Z}\sin\varphi$
On obtient le même résultat pour les deux autres phases.
La puissance réactive totale fournie par le générateur (c'est-à-dire les trois phases) faut donc : $Q = 3 \times \frac{V^2}{Z}\sin\varphi$

c. La puissance apparente est définie dans le cas d'une charge équilibrée et vaut : $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 3 \times \frac{V^2}{Z}$
Le facteur de puissance est définie par : $FP = \frac{P}{S} = \cos\varphi$

EXERCICES D'ENTRAÎNEMENT

Exercice 4 :

a. Puissance active $P = 25\ [kW]$, avec $\cos\varphi = 0{,}7\ AR$.
On en déduit la puissance réactive $Q = P.\tan(\text{acos}\,\varphi) = 25{,}50\ [kVAR]$ avant compensation.
Compensation par une batterie de condensateurs de puissance réactive Q_C de façon à obtenir $\cos\varphi = 0{,}92\ AR$, donc $Q + Q_C = 25.\tan(\text{acos}\,0{,}92) = 10{,}65\ [kVAR]$, d'où : $Q_C = 10{,}65 - 25{,}50 = -14{,}85\ [kVAR]$.
Couplage étoile des condensateurs $\Longrightarrow Q_C = -3 \times C\omega V^2$, où V est la tension simple.
On obtient ainsi $C = -\frac{Q_C}{3\times\omega V^2} = \frac{14850}{50\times 2\pi\times 230^2} = 298\ [\mu F]$

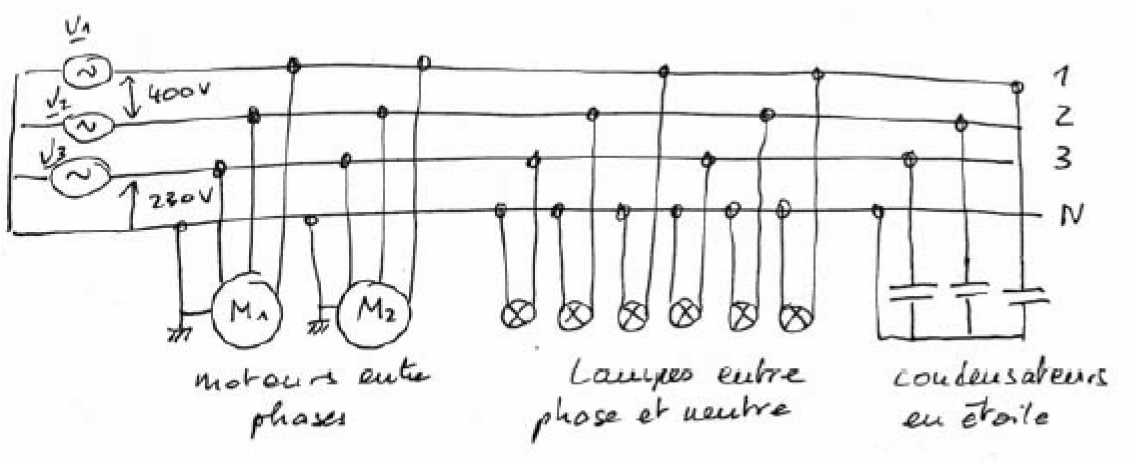
b. Même question que a., mais les condensateurs sont couplés en triangle, donc ils sont soumis à la tension composée U , donc $Q_C = -3 \times C'\omega U^2$:
$C' = -\frac{Q_C}{3\times\omega U^2} = \frac{14850}{50\times 2\pi\times 400^2} = 98{,}5\ [\mu F]$

c. Compensation par une batterie de condensateurs de puissance réactive $Q_{C''}$ de façon à obtenir $\cos\varphi = 0{,}92\ AV$.
La puissance réactive est donc négative.
Il faut une batterie de condensateurs tels que : $Q + Q_{C''} = -25.\tan(\text{acos}\,0{,}92) = -10{,}65\ [kVAR]$,
Et donc $Q_{C''} = -36.15\ [kVAR]$. Pour un couplage triangle : $Q_{C''} = -3 \times C''\omega U^2$, où U est la tension composée.
Donc $C' = -\frac{Q_C}{3\times\omega U^2} = \frac{36150}{50\times 2\pi\times 400^2} = 240\ [\mu F]$

d. Choix de la solution la plus économique, c'est-à-dire avec les condensateurs de plus faible capacité : 3 condensateurs de 100 µF couplés en triangle.

Exercice 5 :

a.



b. Puissance active = somme des puissances actives des différentes charges

$P = P_{lampes} + P_{moteur\ 1} + P_{moteur\ 2} + P_{condensateurs} = 6 \times 100 + 1200 + 1200 + 0 = 3000\ [W]$

Puissance réactive = somme des puissances réactives des différentes charges

$Q = Q_{lampes} + Q_{moteur\ 1} + Q_{moteur\ 2} + Q_{condensateurs}$

$Q_{lampes} = 0$ car une lampe est une charge purement résistive

$Q_{moteur\ 1} = P_{moteur\ 1} \times \tan(\mathrm{acos}(0{,}6)) = 1600\ [VAR]$ (positif car un moteur est une charge inductive)

$Q_{moteur\ 2} = P_{moteur\ 2} \times \tan(\mathrm{acos}(0{,}8)) = 900\ [VAR]$

$Q_{condensateurs} = -3 \times C\omega V^2$ où V est la tension simple (couplage étoile), d'où $Q_{condensateurs} = -158.7\ [VAR]$

$Q = 2341.3\ [VAR]$

Puissance apparente : $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 3805\ [VA]$

Facteur de puissance : $FP = \frac{P}{S} = 0{,}79$

c. La batterie de condensateur permet de relever le facteur de puissance de l'installation. Pour la situation courante, elle n'est pas tout à fait suffisante puisque les normes imposent un facteur minimum de 0,8. Pour améliorer les choses, il suffit de coupler les condensateurs en triangle, de façon à les alimenter sous tension composée $U = 400\ [V]$.

On a alors : $Q_{condensateurs} = -480\ [VAR]$, d'où : $Q = 2020\ [VAR]$, $S = 3617\ [VA]$, et $FP = 0{,}83$.