φ **18.17.** Une installation triphasée équilibrée est alimentée par un réseau 220 V/380 V. Elle comporte :
– deux moteurs triphasés M_1 et M_2 dont les caractéristiques nominales sont les suivantes :

M_1 : $P_1 = 3$ kW, $\cos \varphi_1 = 0{,}7$;
M_2 : $P_2 = 5$ kW, $\cos \varphi_2 = 0{,}75$;
– six moteurs monophasés 220 V identiques ; les caractéristiques nominales d'un moteur sont : puissance absorbée $P' = 2$ kW, facteur de puissance $\cos \varphi' = 0{,}8$;
– 15 lampes 220 V absorbant chacune une puissance de 100 W.

1° Faire un schéma de l'installation.

2° Lorsque tous les éléments fonctionnent à leur régime nominal, calculer :

a) les puissances active, réactive et apparente de l'installation ;

b) l'intensité efficace du courant dans chaque fil de ligne (fil de phase) ;

c) le facteur de puissance de l'installation ;

d) la capacité de chacun des trois condensateurs, montés en triangle, qui permettent de relever le facteur de puissance de l'ensemble à 0,93.

Rép : $C = 58\,\mu F$

φ **18.18.** Une usine est alimentée par un réseau moyenne tension (fig. 18.21). Elle consomme une puissance active $P = 4\,000$ kW et une puissance réactive $Q = 2\,000$ kvar. La tension entre phases à l'entrée de l'usine est $U = 18{,}5$ kV. L'usine est assimilable à un récepteur triphasé équilibré.

1° Quel est son facteur de puissance $\cos \varphi$?

2° Quelle est l'intensité efficace I du courant traversant chaque fil de ligne ?

3° Chaque fil de ligne alimentant cette usine est assimilable à un dipôle inductif de résistance $r = 2\ \Omega$ et de réactance $l\omega = 2\ \Omega$.

a) Calculer les puissances active P'_L et réactive Q'_L consommées par la ligne.

b) Quelles sont les puissances active, réactive et apparente consommées par l'ensemble « ligne-usine » ?

c) Quel est le facteur de puissance de cet ensemble ?

d) Quelle est la tension efficace U' entre phases en début de ligne ?

e) En déduire la chute de tension $\Delta U = U' - U$.

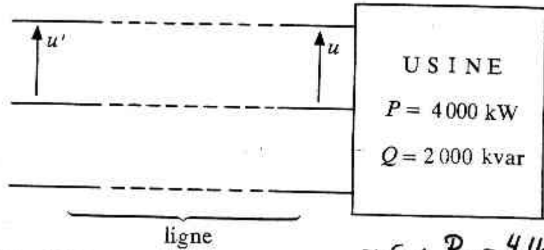
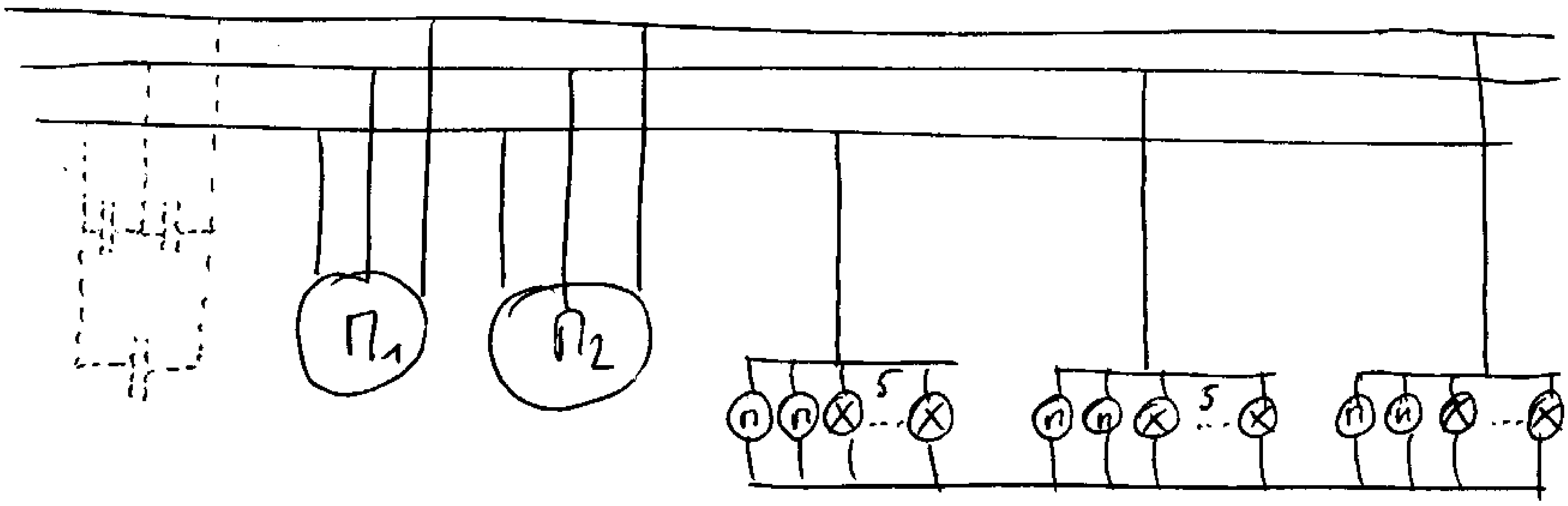


Fig. 18.21.

Rép : $P_T = 4{,}118$ MW
$e = 590$ V

18,17

1)



$U_L = 380V \qquad f = 50\ Hz$

2) a) $P_{tot} = \sum P_x$

$= 3 + 5 + 6.2 + 15 \cdot 0,1 \ [kW]$

$P_{tot} = 21,5\ kW$

$Q_{tot} = \sum Q_x = Q_1 + Q_2 + 6 \cdot Q_n + 15 \cdot Q_L$

mais avant cela il faut calculer les Q_x

$\varphi_1 = 45° \Rightarrow Q_1 = P_1 \tan\varphi_1 = 3,06\ kvar$

$\varphi_2 = 41,4° \Rightarrow Q_2 = P_2 \tan\varphi_2 = 4,41\ kvar$

$\varphi_n = 36,9° \Rightarrow Q_n = P_n \tan\varphi_n = 1,5\ kvar$

$Q_L = 0\ var$

$\Rightarrow Q_{tot} = 16,47\ kvar$

$S_{tot} = \sqrt{P_{tot}^2 + Q_{tot}^2} = 27,1\ kVA$

b) $S_{tot} = \sqrt{3}\, U_L \cdot I_L$

$\Rightarrow I_L = \dfrac{S_{tot}}{\sqrt{3}\, U_L}$

$I_L = 41{,}2\,A$

c) $f_{P_{tot}} = \dfrac{P_{tot}}{S_{tot}} = 0{,}796 = \cos\varphi_{tot}$

$\Rightarrow \varphi_{tot} = 37{,}2°$

d) en ajoutant des condos en triangle Q_{tot} passera à Q'_{tot} grâce à Q_c qui vaut $Q_c = 3\omega C U_L^2$ (car 3 condos)

$\Rightarrow 3\omega C U_L^2 = Q - Q'$
$= P(\tan\varphi - \tan\varphi')$

$\Rightarrow C = \dfrac{P(\tan\varphi - \tan\varphi')}{3\omega U_L^2}$

$= \dfrac{21{,}5\,kW\,(0{,}759 - 0{,}395)}{3 \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot 380^2}$

$C = 57{,}5\,\mu F$

18.18

$P_U = 4\ MW$ $\quad U_U = 18{,}5\ kV$

$Q_U = 2\ Mvar$

1°) $S_U = \sqrt{P^2 + Q^2}$

$S_U = 4{,}47\ MVA$

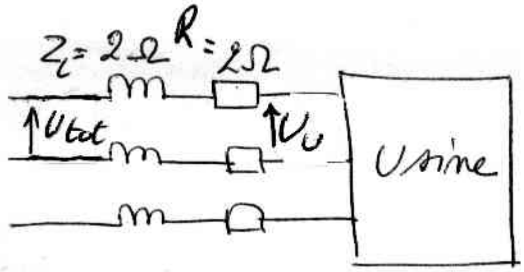
$\Rightarrow \cos\varphi_U = \dfrac{P_U}{S_U} = 0{,}89$

2°) $S_U = \sqrt{3}\, U_U I_U$

$\Rightarrow I_U = \dfrac{S_U}{\sqrt{3}\, U_U} = \dfrac{4{,}47[MVA]}{\sqrt{3} \cdot 18{,}5[kV]}$

$= 139{,}6\,A$

3°)



$I_{Li} = I_U = I_L = I_{tot}$
car étoile !

a) $P_{Li} = P_R = R \cdot I_{Li}^2 \cdot 3 = 117\ kW$

$Q_{Li} = Q_L = Z_L\, I_L^2 \cdot 3 = 117\ kvar$

b) $P_{tot} = P_U + P_{Li} = 4{,}117\ MW$

$Q_{tot} = Q_U + Q_{Li} = 2{,}117\ Mvar$

c) $\varphi_{tot} = \arctan\left(\dfrac{Q_{tot}}{P_{tot}}\right) = 27°$

$\Rightarrow \cos\varphi_{tot} = 0{,}88$

d) $S_{tot} = \sqrt{P^2_{tot} + Q^2_{tot}} =$

ou $= \dfrac{P_{tot}}{\cos\varphi_{tot}} =$ $\Bigg\} = 4,63 \text{ MVA}$

$\Rightarrow$ Or $S_{tot} = U_{tot} \, I_{tot} \sqrt{3}$

et $I_{Li} = I_U = I_{tot}$

$$\Rightarrow U_{tot} = \frac{S_{tot}}{I_L \sqrt{3}}$$

$$= \frac{4,63 \, [\text{MVA}]}{139,6 \, [A] \cdot \sqrt{3}}$$

$$= 19,1 \text{ kV}$$

$$\Rightarrow \Delta U = U_{tot} - U_U \simeq 600 \text{ V}$$

Exercices résolus

18.05. **Un réseau triphasé 220 V/380 V, 50 Hz, alimente trois récepteurs triphasés équilibrés dont les caractéristiques sont les suivantes, dans les conditions de fonctionnement considérées :**

- **récepteur $\mathcal{R}_1$: puissance absorbée : P_1=3 kW ; facteur de puissance cos φ_1=0,8 ;**
- **récepteur $\mathcal{R}_2$: puissance absorbée : P_2=2 kW ; facteur de puissance cos φ_2=0,75 ;**
- **récepteur $\mathcal{R}_3$: puissance absorbée : P_3=3 kW ; facteur de puissance cos φ_3=0,85.**

1° Quelles sont les puissances active, réactive et apparente fournies par le réseau lorsque les récepteurs fonctionnent simultanément ?

2° Quel est le facteur de puissance de l'ensemble des récepteurs en fonctionnement ?

3° Quelle est la valeur efficace de l'intensité du courant dans chaque fil de ligne ?

Solution :

1° La puissance active P **fournie par le réseau** est la somme des puissances actives consommées par les récepteurs :

$$\boxed{P=P_1+P_2+P_3}$$

soit : $P=(3+2+3)$ kW $\Rightarrow$ $\boxed{P=8 \text{ kW}}$

De même, **la puissance réactive fournie** est égale à :

$$\boxed{Q=Q_1+Q_2+Q_3}$$

Pour calculer les puissances réactives nous utilisons la relation suivante :

$Q_k=P_k \tan \varphi_k$ (k=1, 2 ou 3 désigne ici le numéro affecté au récepteur)

d'où : $Q=P_1 \tan \varphi_1+P_2 \tan \varphi_2+P_3 \tan \varphi_3$.

Soit : $Q=[3\times0{,}75+2\times0{,}882+3\times0{,}62]$ kvar

$\Rightarrow$ $\boxed{Q=5{,}87 \text{ kvars}}$

Les puissances P, Q et S sont reliées par la relation :

$$P^2+Q^2=S^2$$

donc : $\boxed{S=\sqrt{P^2+Q^2}}$

soit : $S=[\sqrt{8^2+5{,}87^2}]$ kVA $\Rightarrow$ $\boxed{S=9{,}9 \text{ kVA}}$

2° Facteur de puissance

$$\tan \varphi=Q/P$$

soit : $\tan \varphi=\dfrac{5{,}87}{8}=0{,}73.$

D'où : $\boxed{\cos \varphi=0{,}81.}$

3° Intensité efficace du courant en ligne

De la relation donnant la puissance apparente :

$$S=\sqrt{3}\,UI$$

nous tirons : $I=\dfrac{S}{U\sqrt{3}}$

soit : $I=\left[\dfrac{9{,}9.10^3}{380\times\sqrt{3}}\right]$ A $\Rightarrow$ $\boxed{I=15{,}1 \text{ A}}$

18.06. **Les trois enroulements d'un récepteur triphasé sont identiques. Couplés en triangle sur un réseau 220 V/380 V, 50 Hz, la mesure des puissances par la méthode des deux wattmètres a donné : $\overline{p_1}$=800 W et $\overline{p_2}$=400 W.**

1° Calculer les puissances active et réactive consommées par le récepteur.

2° Quel est le facteur de puissance du récepteur ?

3° Quelle est la valeur efficace de l'intensité du courant traversant :

a) **chaque fil de ligne ?**

b) **chaque enroulement ?**

4° Quelle est l'impédance, la résistance et l'inductance de chaque enroulement ?

Solution :

1° Puissance active P consommée par le récepteur :

$$P=\overline{p_1}+\overline{p_2}$$

soit : $P=[800+400]$ W $\Rightarrow$ $\boxed{P=1\,200 \text{ W}}$

Puissance réactive Q consommée par le récepteur :

$$Q=(\overline{p_1}-\overline{p_2})\sqrt{3}$$

soit : $Q=[(800-400)\sqrt{3}]$ vars $\Rightarrow$ $\boxed{Q=693 \text{ vars}}$

2° Facteur de puissance

$$Q=P\tan\varphi \Rightarrow \tan\varphi=Q/P$$

soit : $\tan\varphi=\dfrac{693}{1\,200}=0{,}58$ $\Rightarrow$ $\boxed{\cos\varphi=0{,}87}$

3° Intensité efficace du courant en ligne

De l'expression de la puissance : $P=UI\sqrt{3}\cos\varphi$

nous tirons : $I=\dfrac{P}{U\sqrt{3}\cos\varphi}$

soit : $I=\dfrac{1\,200}{380\sqrt{3}\times0{,}87}$ A $\Rightarrow$ $\boxed{I=2{,}1 \text{ A.}}$

Remarque : Réseau 220 V/380 V : cette expression signifie que chaque tension composée a une valeur efficace de 380 V et que chaque tension simple a une valeur efficace de 220 V.

Intensité efficace du courant dans un enroulement

Le couplage étant en triangle, le courant traversant chaque enroulement est : J = I₂

$$J=\frac{I}{\sqrt{3}}$$

soit : $J=\dfrac{2{,}1}{\sqrt{3}}$ A $\Rightarrow$ $\boxed{J=1{,}2 \text{ A.}}$

4° Chaque enroulement est soumis à une tension U=380 V et est traversé par un courant d'intensité J=1,2 A. Z étant l'impédance d'un enroulement, nous pouvons écrire :

$$Z=U/J$$

soit : $Z=(380/1{,}2)\ \Omega$ $\Rightarrow$ $\boxed{Z\approx320\ \Omega.}$

L'impédance de chaque enroulement s'écrit :

$$Z=\sqrt{R^2+(L\omega)^2}$$

φ est le déphasage entre u et j

Donc : $R=Z\cos\varphi$

et : $L\omega=Z\sin\varphi \Rightarrow L=(Z\sin\varphi)/2\pi f,$

soit : $R=320\times0{,}87\ \Omega$ $\Rightarrow$ $\boxed{R\approx280\ \Omega}$

et $L=[(320\times0{,}49)/2\pi.50]$ H $\Rightarrow$ $\boxed{L\approx0{,}5 \text{ H.}}$