

Corrigé Devoir 7 ELE 1409

Questions 1 à 7 : (8 points)

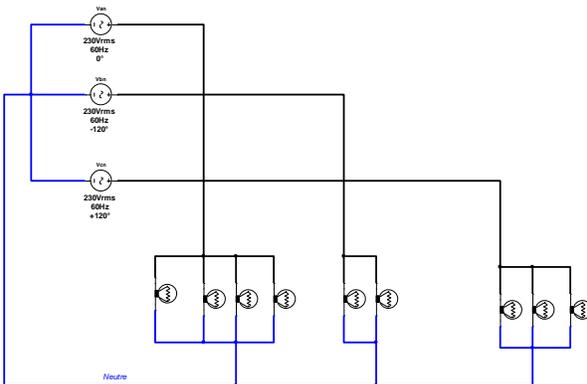
Un réseau triphasé 230 V/400 V-60 Hz alimente un atelier qui comporte :

- 9 lampes à incandescence de 100 W chacune et devant être alimentée à 230 V (on rappelle que le FP est unitaire pour les lampes).
- Un moteur asynchrone M_1 absorbant une puissance de 9.375 kW avec un facteur de puissance $FP_1=0.68$ retard.
- Un moteur asynchrone triphasé M_2 absorbant une puissance de 3 kW avec un facteur de puissance de 0.75 retard.

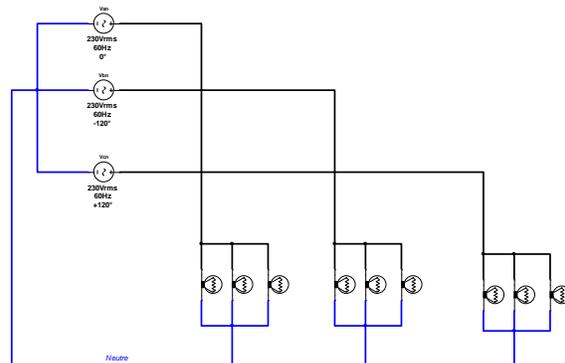
Tous ces appareils sont répartis sur les différentes phases de façon que le système soit équilibré.

1. Pour maintenir cet équilibre comme devront être connectées les 9 lampes sur le réseau ? (Choisir le montage approprié parmi ceux proposés ci-dessous). **2 points**

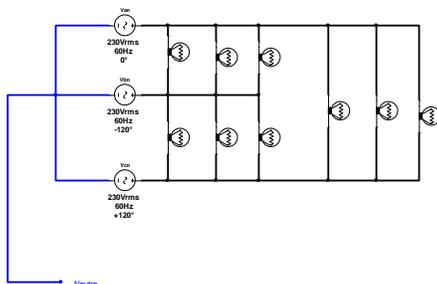
Montage 1



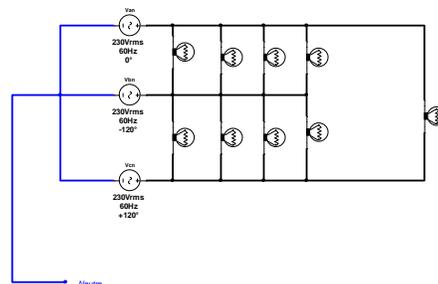
Montage 2



Montage 3



Montage 4



2. Calculer la puissance active totale consommée par cette installation. **1 point**
3. Calculer la puissance réactive totale consommée par l'installation. **1 point**
4. Calculer la valeur efficace de l'intensité du courant de ligne. **1 point**

5. Calculer le facteur de puissance de l'installation. **1 point**
6. On voudrait relever ce facteur de puissance à 0.97 retard. Calculer la capacité des condensateurs couplés en triangle permettant d'améliorer ce facteur de puissance. **1 point**
7. Que devient le courant de ligne, après compensation? **1 point**

Réponses :

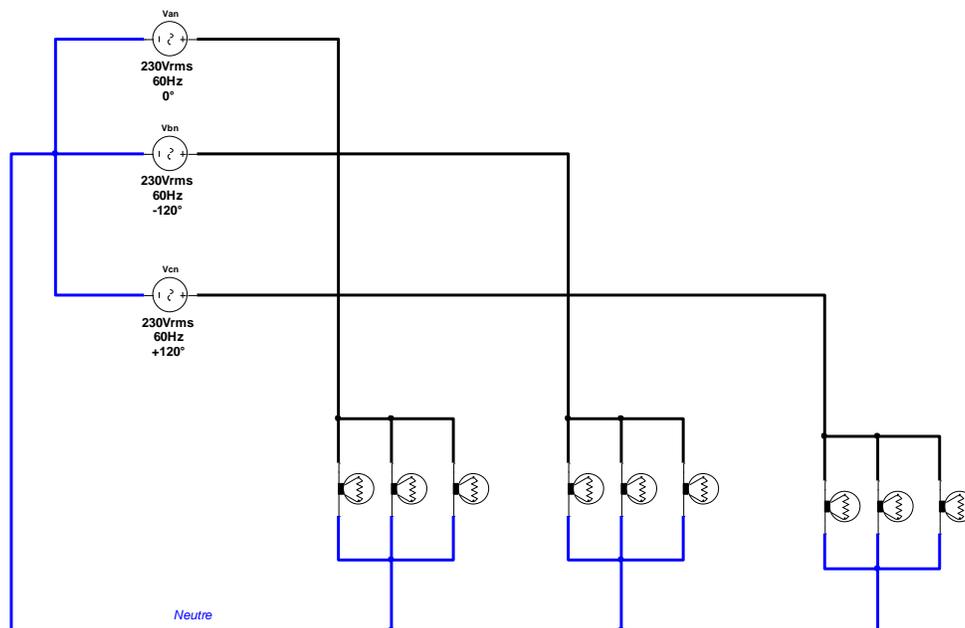
Tous ces appareils sont répartis sur les différentes phases de façon que le système soit équilibré.

1. Répartition des lampes afin de conserver un système triphasé équilibré.

Chacune des lampes doit premièrement être alimentée à 230 V (ce niveau de tension se trouve entre chacune des phases et le neutre). Ainsi une lampe est donc placée entre l'une des phases et le neutre. Pour maintenir le circuit équilibré, on doit alors procéder à la répartition suivante :

- 3 lampes entre la phase 1 et le neutre.
- 3 lampes entre la phase 2 et le neutre.
- 3 lampes entre la phase 3 et le neutre.

Ce qui correspond au **montage 2**.



2. Calcul de la puissance active totale consommée par cette installation.

Bilan de puissance.

- Pour les lampes, on aura :

$$P_L = 9 \times 100 = 900 \text{ W} \Leftrightarrow S_L = P_L \Leftrightarrow Q_L = 0 \text{ var}$$

- Pour le moteur 1, on aura :

$$P_{M_1} = 9.375 \text{ kW} \Leftrightarrow S_{M_1} = \frac{P_{M_1}}{FP_{M_1}} = \frac{9.375}{0.68} = 13.79 \text{ kVA} \Leftrightarrow Q_{M_1} = \sqrt{S_{M_1}^2 - P_{M_1}^2}$$

$$= \sqrt{13.79^2 - 9.375^2} = 10.11 \text{ kvar}$$

- Pour le moteur 2, on aura

$$P_{M_2} = 3 \text{ kW} \Leftrightarrow S_{M_2} = \frac{P_{M_2}}{FP_{M_2}} = \frac{3}{0.75} = 4 \text{ kVA} \Leftrightarrow Q_{M_2} = \sqrt{S_{M_2}^2 - P_{M_2}^2} = \sqrt{4^2 - 3^2} = 2.65 \text{ kvar}$$

Ce qui donne alors :

$$\begin{cases} P_{\text{tot}} = P_L + P_{M_1} + P_{M_2} = 0.9 + 9.375 + 3 \approx 13.28 \text{ kW} \\ Q_{\text{tot}} = Q_L + Q_{M_1} + Q_{M_2} = 0 + 10.11 + 2.65 \approx 12.76 \text{ kvar} \end{cases}$$

3. Calcul de la puissance réactive totale consommée par l'installation.

Voir analyse faite dans la question précédente :

$$Q_{\text{tot}} = 12.76 \text{ kvar}$$

4. Calcul de la valeur efficace de l'intensité du courant de ligne.

La puissance apparente totale vaudra :

$$S_{\text{tot}} = \sqrt{P_{\text{tot}}^2 + Q_{\text{tot}}^2} = \sqrt{13.28^2 + 12.76^2} = 18.42 \text{ kVA}$$

Par ailleurs :

$$S_{\text{tot}} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \Leftrightarrow I_L = \frac{S_{\text{tot}}}{\sqrt{3} \cdot V_L} = \frac{18.42 \times 1000}{\sqrt{3} \times 400} = 26.59 \text{ A}$$

5. Calcul du facteur de puissance de l'installation.

$$FP_{\text{tot}} = \frac{P_{\text{tot}}}{S_{\text{tot}}} = \frac{13.28}{18.42} = 0.72 \text{ retard}$$

6. On voudrait relever ce facteur de puissance à 0.97 retard. Calcul de la capacité des condensateurs couplés en triangle permettant d'améliorer ce facteur de puissance.

La puissance apparente après compensation vaudra :

$$S_{\text{apc}} = \frac{P_{\text{tot}}}{FP_{\text{apc}}} = \frac{13.28}{0.97} = 13.69 \text{ kVA} \Leftrightarrow Q_{\text{apc}} = \sqrt{S_{\text{apc}}^2 - P_{\text{tot}}^2} = \sqrt{13.69^2 - 13.28^2} = 3.33 \text{ kvar}$$

On obtient alors la puissance des condensateurs comme suit :

$$Q_C = Q_{\text{apc}} - Q_{\text{tot}} = 3.33 - 12.76 = -9.43 \text{ kvar}$$

Dans le cas d'un couplage triangle des condensateurs, on aura :

$$C_{\Delta} = -\frac{Q_C}{3\omega V_L^2} = -\frac{-9.43 \times 1000}{3 \times 377 \times 400^2} \approx 0.05 \text{ mF} = 50 \mu\text{F}$$

7. Que devient le courant de ligne, après compensation?

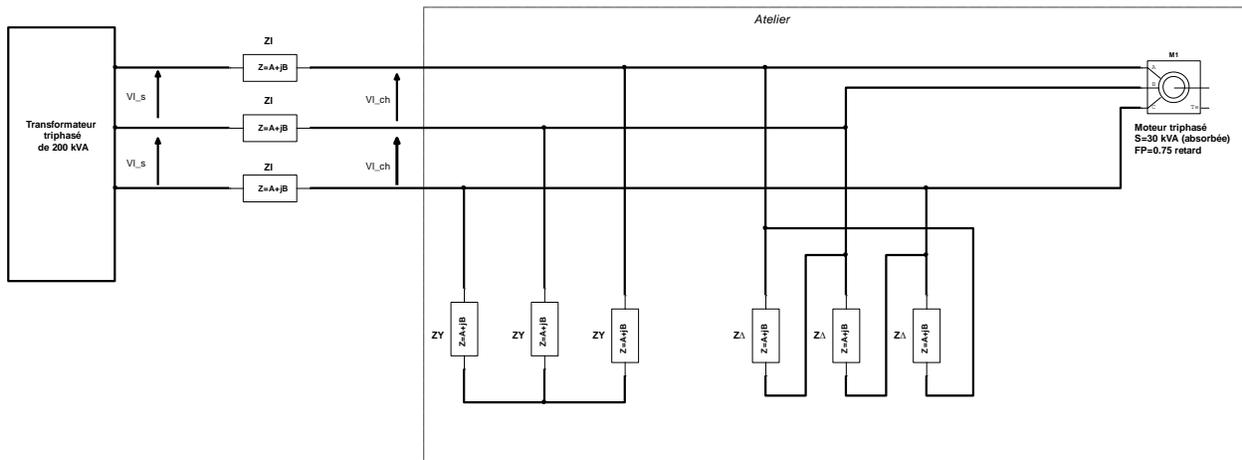
$$I_{L\text{apc}} = \frac{S_{\text{apc}}}{\sqrt{3} \cdot V_L} = \frac{13.69 \times 1000}{\sqrt{3} \times 400} = 19.76 \text{ A}$$

Question 8 à 11 : Analyse d'une installation électrique triphasée alimentée via une ligne triphasée : prise en compte des pertes en ligne. **7 points**

On considère l'atelier ci-dessous alimenté via une ligne donc l'impédance par phase vaut $\bar{Z}_\ell = 0.2 + j0.5 \Omega$ par un transformateur triphasé de 1000 kVA. L'atelier comporte les charges suivantes :

- Un trio d'impédances couplées en étoile avec $\bar{Z}_Y = 10 + j15 \Omega$.
- Un trio d'impédances couplées en triangle avec $\bar{Z}_\Delta = 10 + j15 \Omega$.
- Un moteur absorbant une puissance apparente de 30 kVA avec un FP de 0.75 retard.

La tension de ligne à l'entrée de l'atelier est de $V_{Lch} = 440 V$.



- Calculer les puissances active et réactive absorbées par la charge couplée en étoile. **1.5 points**
- Calculer les puissances active et réactive absorbées par la charge couplée en triangle. **1.5 points**
- Calculer les puissances active et réactive totales de l'atelier. **2 points**
- Calculer la valeur efficace de la tension de source V_{Ls} permettant de maintenir 440 V aux bornes de la charge. **2 points**

Réponses

8. Calcul des puissances active et réactive absorbées par la charge couplée en étoile.

Pour cette charge, l'impédance est définie comme suit :

$$\bar{Z}_Y = 10 + j15 \Leftrightarrow Z_Y = \sqrt{10^2 + 15^2} = 18.03 \Omega$$

Dans un couplage étoile, chaque impédance est alimentée par la tension de phase et donc le courant qui la parcourt (courant de ligne) est défini comme suit :

$$I_{LY} = \frac{V_{ph}}{Z_Y} = \frac{V_L/\sqrt{3}}{Z_Y} = \frac{V_L}{Z_Y \cdot \sqrt{3}} = \frac{440}{18.03 \times \sqrt{3}} = 14.09 A$$

Les puissances active et réactive s'obtiennent alors comme suit :

$$\begin{cases} \boxed{P_Y} = 3R_Y I_{LY}^2 = 3 \times 10 \times 14.09^2 = \boxed{5955.84 W = 5.96 kW} \\ \boxed{Q_Y} = 3X_Y I_{LY}^2 = 3 \times 15 \times 14.09^2 = \boxed{8933.76 var = 8.93 kvar} \end{cases}$$

9. Calcul des puissances active et réactive absorbées par la charge couplée en triangle.

Dans ce cas, les impédances sont directement alimentées par la tension de ligne et parcourues par des courants de phases soit alors :

$$I_{ph\Delta} = \frac{V_L}{Z_\Delta} = \frac{440}{18.03} = 24.4 \text{ A}$$

Les puissances active et réactives s'obtiennent alors comme suit :

$$\begin{cases} P_\Delta = 3R_\Delta I_{ph\Delta}^2 = 3 \times 10 \times 24.4^2 = 17860.8 \text{ W} = 17.86 \text{ kW} \\ Q_\Delta = 3X_\Delta I_{ph\Delta}^2 = 3 \times 15 \times 24.4^2 = 26791.2 \text{ var} = 26.79 \text{ kvar} \end{cases}$$

10. Calcul des puissances active et réactive totales de l'atelier.

On doit calculer les puissances mises en jeu dans le moteur soit alors :

$$P_M = S_M \times FP = 30 \times 0.75 = 22.5 \text{ kW} ; Q_M = \sqrt{S_M^2 - P_M^2} = \sqrt{30^2 - 22.5^2} = 19.84 \text{ kvar}$$

Bilan de puissance :

$$\begin{cases} P_{tot} = P_Y + P_\Delta + P_M = 5.96 + 17.86 + 22.5 = 46.32 \text{ kW} \\ Q_{tot} = Q_Y + Q_\Delta + Q_M = 8.93 + 26.79 + 19.84 = 55.56 \text{ kvar} \end{cases}$$

11. Calcul de la valeur efficace de la tension de source V_{LS} permettant de maintenir 440 V aux bornes de la charge.

La puissance apparente totale vaut :

$$S_{tot} = \sqrt{P_{tot}^2 + Q_{tot}^2} = \sqrt{46.32^2 + 55.56^2} = 72.34 \text{ kVA}$$

Le courant de ligne vaudra alors :

$$I_L = \frac{S_{tot}}{\sqrt{3} \cdot V_{Lch}} = \frac{72.34 \times 1000}{\sqrt{3} \times 440} = 94.92 \text{ A}$$

Les puissances mises en jeu dans la ligne valent alors :

$$\begin{cases} P_\ell = 3R_\ell I_L^2 = 3 \times 0.2 \times 94.92^2 = 5.41 \text{ kW} \\ Q_\ell = 3X_\ell I_L^2 = 3 \times 0.5 \times 94.92^2 = 13.51 \text{ kvar} \end{cases}$$

La puissance totale vue de la source vaut alors :

$$\begin{cases} P_S = P_{tot} + P_\ell = 46.32 + 5.41 = 51.73 \text{ kW} \\ Q_S = Q_{tot} + Q_\ell = 55.56 + 13.51 = 69.07 \text{ kvar} \end{cases}$$

La puissance apparente vue de la source vaut alors :

$$S_s = \sqrt{P_S^2 + Q_S^2} = \sqrt{51.73^2 + 69.07^2} = 86.29 \text{ kVA}$$

Finalement, la tension de source vaut alors :

$$V_{LS} = \frac{S_{tot}}{\sqrt{3} \cdot I_L} = \frac{86.29 \times 1000}{\sqrt{3} \times 94.92} = 524.86 \text{ V}$$

Question 12 (1 point)

12. Un transformateur monophasé alimenté sous une tension de 230 V à 60 Hz comporte au primaire 705 spires et au secondaire 77 spires. Quelle est la tension au secondaire du transformateur ?

$$m = \frac{N_1}{N_2} = \frac{705}{77} = 9.155 ; V_2 = \frac{V_1}{m} = \frac{230}{9.155} = \boxed{25.12 \text{ V}}$$