

Exercice 1 : Choix d'un transformateur monophasé

5 points

On veut choisir un transformateur monophasé pour alimenter à 240 V une installation électrique comportant deux charges comme montré sur la **Figure 1** ci-dessous. La source d'alimentation disponible est monophasée de valeur 120 V.

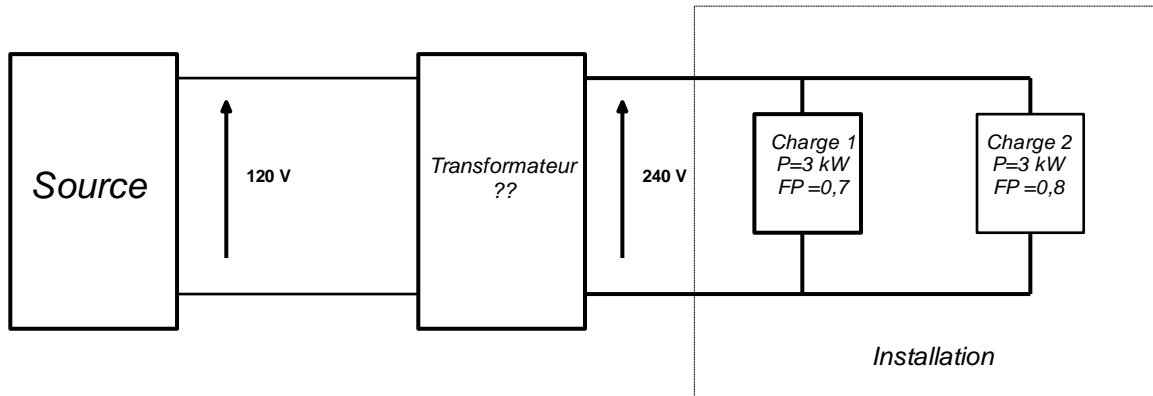


Figure 1. Schématisation de l'exercice 1.

1. Quels sont les trois principaux critères à respecter dans le choix du transformateur ? 1,5 points

- Les transformateurs doivent satisfaire aux caractéristiques de la source d'alimentation. La tension primaire des transformateurs doit être égale à celle de la source d'alimentation 120 V.
- La tension de sortie (secondaire) des transformateurs doit être de 240 V pour satisfaire les exigences en termes de tension pour la charge.
- La puissance apparente du transformateur doit être supérieure ou égale au bilan de puissance de l'installation.

0,5 point par critère juste.

2. Déterminer la puissance apparente totale de l'installation comportant les charges 1 et 2. 2,5 points

$$\left\{ \begin{array}{l} P_1 = 3 \text{ kW} \\ FP_1 = 0,7 \end{array} \right. \Rightarrow S_1 = \frac{P_1}{FP_1} = \frac{3}{0,7} = 4,28 \text{ kVA} \Rightarrow Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P_1^2} = \sqrt{(4,28)^2 - (3)^2}$$

$$= 3,05 \text{ kvar}$$

0,75 point pour ce calcul.

$$\begin{cases} P_2 = 3 \text{ kW} \\ FP_2 = 0,8 \end{cases} \Rightarrow S_2 = \frac{P_2}{FP_2} = \frac{3}{0,8} = 3,75 \text{ kVA} \Rightarrow Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P_2^2} = \sqrt{(3,75)^2 - (3)^2} \\ = \mathbf{2,25 \text{ kvar}}$$

0,75 point pour ce calcul.

Pour les deux charges identiques, on aura :

$$\begin{cases} P_{\text{tot}} = P_1 + P_2 = 3 + 3 = 6 \text{ kW} \\ Q_{\text{tot}} = Q_1 + Q_2 = 3,05 + 2,25 = 5,3 \text{ kvar} \end{cases} \Rightarrow S_{\text{tot}} = \sqrt{P_{\text{tot}}^2 + Q_{\text{tot}}^2} = \sqrt{(6)^2 + (5,3)^2} \\ = \mathbf{8 \text{ kVA}}$$

1 point pour ce calcul.

3. Parmi les 5 transformateurs suivants, lequel choisiriez-vous ?

1 point

- Transformateur 1 : 120 V/240 V; $S = 9 \text{ kVA}$
- Transformateur 2 : 120 V/240 V; $S = 4 \text{ kVA}$
- Transformateur 3 : 600 V/240 V; $S = 9 \text{ kVA}$
- Transformateur 4 : 120 V/240 V; $S = 7 \text{ kVA}$
- Transformateur 5 : 600 V/240 V; $S = 2,5 \text{ kVA}$

Le transformateur qui satisfait alors à la fois aux caractéristiques de la source d'alimentation et aux besoins de la charge (tension et puissance) est le **1^e transformateur**.

Exercice 2 : Bilan de puissance d'une installation électrique triphasée. 6 points

On s'intéresse à une installation électrique triphasée d'un atelier via un transformateur triphasé 2,4kV/480 V. Une source triphasée équilibrée est raccordée au primaire du transformateur à travers une ligne triphasée équilibrée d'impédance complexe $\bar{Z}_L = (1,25 + j 2) \Omega$ comme montré ci-dessous. Le transformateur triphasé est constitué de 3 transformateurs monophasés identiques connectés en $\Delta - Y$. Comme montré sur la **Figure 2**, L'atelier alimenté à 480 V comporte :

- Des luminaires et des appareils de bureautique représentant un ensemble de 6 kW répartis uniformément sur les trois phases et de facteur de puissance unitaire.
- Trois machines triphasées consommant chacune 5 kW avec un facteur de puissance de 0,8 retard.
- Un appareillage particulier équivalent à trois impédances complexes identiques $\bar{Z}_\Delta = (10 + j15) \Omega$ couplées en triangle sur les phases.

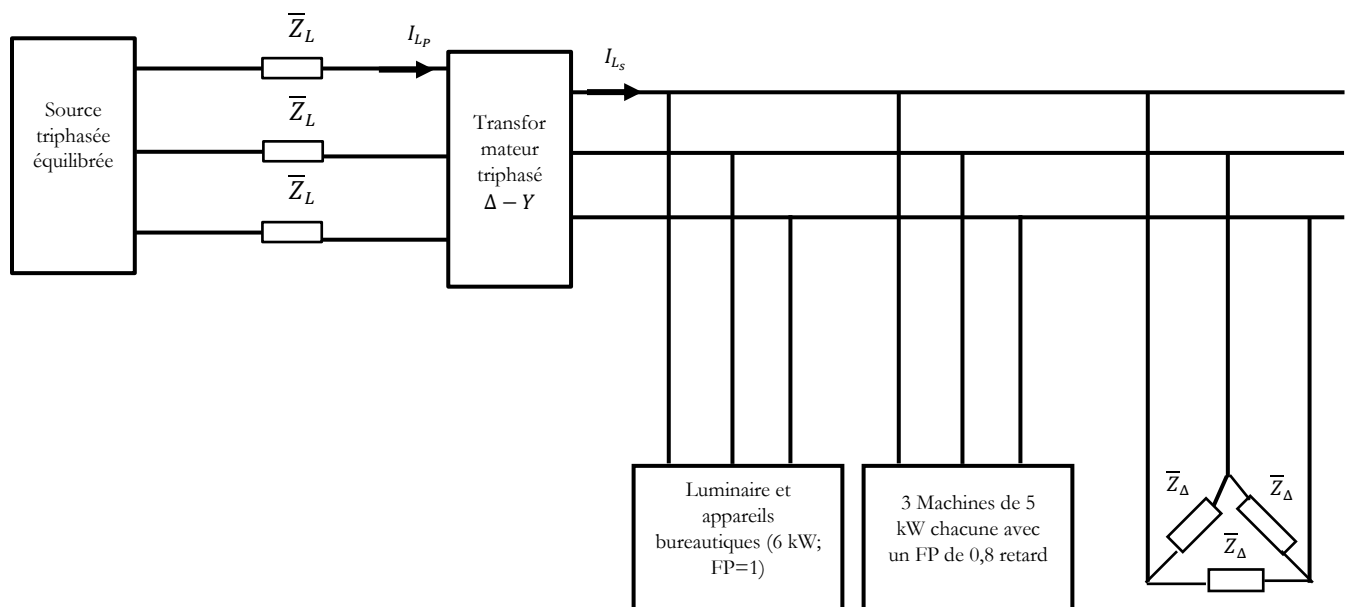


Figure 2. Schéma de l'installation triphasée pour l'exercice 2

1. Calcul de la puissance active P_{Δ} et réactive Q_{Δ} Consommées par les trois impédances couplées en triangle. 1 point

Chaque impédance de cette association est alimentée par la tension de ligne au secondaire du transformateur et donc on aura (0.25 point):

$$\bar{Z}_{\Delta} = (10 + j15) \Rightarrow \bar{Z}_{\Delta} = 18,03 \angle 56,3^{\circ} \Omega$$

Ainsi la valeur efficace du courant dans chaque impédance sera de (0.25 point):

$$I_{ph} = \frac{V_{LS}}{|\bar{Z}_{\Delta}|} = \frac{480}{18,03} = 26,62 \text{ A}$$

Ce qui donne alors (0.25 × 2 point):

$$\begin{cases} P_{\Delta} = 3R_{\Delta}I_{ph}^2 = 3 \times 10 \times 26,62^2 = \mathbf{21258,732 \text{ W}} \Rightarrow \mathbf{P_{\Delta} = 21,26 \text{ kW}} \\ Q_{\Delta} = 3X_{\Delta}I_{ph}^2 = 3 \times 15 \times 26,62^2 = \mathbf{31888,098 \text{ var}} \Rightarrow \mathbf{Q_{\Delta} = 31,888 \text{ kvar}} \end{cases}$$

2. Calcul de la puissance réactive totale consommée par l'atelier. 1 point

- Luminaires et appareils de bureaux (0.25 point)

$$\begin{cases} P_{LB} = 6 \text{ kW} \\ FP = 1 \end{cases} \Rightarrow Q_{LB} = 0 \text{ kvar};$$

- Les 3 machines : $P_m = 5 \text{ kW}$; $FP_m = 0,8$

La puissance réactive d'une machine est obtenue comme suit: (0.25 point)

$$S_m = \frac{P_m}{FP_m} = \frac{5}{0,8} = 6,25 \text{ kVA} \Rightarrow Q_m = \sqrt{S_m^2 - P_m^2} = \sqrt{(6,25)^2 - 5^2} = 3,75 \text{ kvar}$$

Pour l'ensemble des trois machines, on aura : $Q_M = 3 \times Q_m = 11,25 \text{ kvar}$

- L'appareillage particulier couplé en triangle : $Q_{\Delta} = 31,888 \text{ kvar}$.

Total (0.5 point):

$$Q_{at} = Q_{LB} + Q_M + Q_{\Delta} = 0 + 11,25 + 31,888 = 43,138 \text{ kvar} \Rightarrow \mathbf{Q_{at} = 43,138 \text{ kvar}}$$

3. Calcul de la valeur efficace du courant de ligne au secondaire du transformateur triphasé. 1 point

Avec le bilan de puissance (voir page suivante), on obtient le courant au secondaire comme suit (0.25 point):

$$I_{Ls} = \frac{S_{at}}{\sqrt{3}V_{Ls}} = \frac{60,388 \times 1000}{\sqrt{3} \times 480} = 72,636 \Rightarrow \mathbf{I_{Ls} = 72,636 \text{ A}}$$

Bilan de puissance de l'atelier

Charges élémentaires	Puissance actives (kW)	Puissance réactives (kvar)
Luminaires et appareils de bureautique	6	0
Les 3 machines	15	11,25
Appareillage particulier	21,26	31,888
Total	42,26 (0.25 point)	43,138
Puissance apparente de l'atelier	$S_{at} = \sqrt{P_{at}^2 + Q_{at}^2} = \sqrt{(42,26)^2 + (43,138)^2} = 60,388 \text{ kva (0.5 point)}$	

4. Calcul de la valeur efficace du courant de ligne au primaire du transformateur triphasé.

1 point

À partir du rapport de transformation, on aura :

- Rapport de transformation global (0.25 point)

$$m_g = \frac{V_{Lp}}{V_{Ls}} = \frac{2400}{480} = 5$$

- Rapport de transformation (0.25 point)

$$m = m_g \sqrt{3} = 5 \sqrt{3}$$

- Courant de ligne au primaire (0.5 point)

$$m = \frac{\sqrt{3} I_{Ls}}{I_{Lp}} \Rightarrow I_{Lp} = \frac{\sqrt{3} I_{Ls}}{m} = \frac{\sqrt{3} \times 72,636}{5 \sqrt{3}} = 14,527 \Rightarrow \boxed{I_{Lp} = 14,527 \text{ A}}$$

Ou encore :

$$m_g = \frac{I_{Ls}}{I_{Lp}} \Rightarrow I_{Lp} = \frac{I_{Ls}}{m_g} = \frac{72,636}{5} = \boxed{14,527 \text{ A}}$$

5. Calcul de la valeur efficace de la tension de ligne à la source de tension triphasée équilibrée, nécessaire pour maintenir exactement 2,4 kV au primaire du transformateur.

2 points

Puissance mise en jeu dans la ligne (0.25 × 2 point):

$$\begin{cases} P_L = 3I_{Lp}^2 R_L = 3 \times (14,527)^2 \times 1,25 = 791,376 \text{ W} \\ Q_L = 3I_{Lp}^2 X_L = 3 \times (14,527)^2 \times 2 = 1266,292 \text{ var} \end{cases}$$

Les puissances active et réactive vues de la source valent (0.25 × 2 point):

$$\begin{cases} P_{tot} = P_{at} + P_L = 42,26 \times 1000 + 791,376 = 43051,376 \text{ W} \\ Q_{tot} = Q_{at} + Q_L = 43,138 \times 1000 + 1266,292 = 44404,292 \text{ var} \end{cases}$$

La puissance apparente totale vue par la source sera alors de (0.5 point):

$$S_{tot} = \sqrt{P_{tot}^2 + Q_{tot}^2} = \sqrt{(43051,376)^2 + (44404,292)^2} = 61847,895 \text{ va}$$

La tension de source s'obtient alors comme suit (0.5 point):

$$V_{Lsource} = \frac{S_{tot}}{\sqrt{3} \times I_{Lp}} = \frac{61847,895}{\sqrt{3} \times 14,527} = 2458,036 \Rightarrow \boxed{V_{Lsource} = 2,458 \text{ kV}}$$

Exercice 3 : Caractérisation d'un moteur asynchrone triphasé. 12 points

1. Calcul

a. de la vitesse de rotation, 0,5 point

La vitesse de synchronisme sera de :

$$n_s = \frac{120 f}{p} = \frac{120 \times 60}{6} = 1200 \text{ rpm}$$

Avec un glissement de 3%, on obtient :

$$n = (1 - s)n_s = (1 - 0,03) \times 1200 = \boxed{1164 \text{ rpm}}$$

b. du couple développé sur l'arbre 0,5 point

$$P_u = \frac{T_u \times n}{9,55} \Rightarrow T_u = \frac{9,55 \times P_u}{n} = \frac{9,55 \times 746 \times 30}{1164} = \boxed{183,616 \text{ N.m}}$$

c. le courant absorbé en régime nominal. 1 point

$$I_{La} = \frac{P_a}{\sqrt{3}V_L F P} = \frac{25600}{\sqrt{3} \times 600 \times 0,83} = \boxed{29,679 \text{ A}}$$

2. Calcul du rendement du moteur 1 point

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{746 \times 30}{25600} = \boxed{0,8742 = 87,24 \%}$$

3. Calcul de la vitesse de rotation du moteur et de la puissance qu'il fournit à la charge s'il développe la moitié de son couple nominal. 1 point

Dans ce cas, le glissement diminue de moitié et devient : $s_{50\%} = 1,5 \%$ ce qui correspond à une vitesse de :

$$n_{50\%} = (1 - s_{50\%})n_s = (1 - 0,015) \times 1200 = \boxed{1182 \text{ rpm}}$$

La puissance devient alors :

$$P_{u_{50\%}} = \frac{T_{u_{50\%}} \times n_{50\%}}{9,55} = \frac{\left(\frac{183,616}{2}\right) \times 1182}{9,55} = \boxed{11363 \text{ W} = 15,23 \text{ HP}}$$

4. Calcul de la vitesse de rotation du moteur et du couple développé sur l'arbre s'il fournit à la charge la moitié de sa puissance nominale. 2 points

Il faut pour cela déterminer le glissement correspondant comme suit:

$$\frac{P_u}{2} = \frac{T \times n}{9,55} = \frac{K' s (1 - s) n_s}{9,55}$$

En considérant le fait que $s \ll 1$, cette équation devient:

$$\frac{K' s n_s}{9,55} = \frac{P_u}{2} \Rightarrow s = \frac{9,55 P_u}{2 K' n_s}$$

Avec

$$K' = \frac{T_n}{s_n} = \frac{183,616}{0,03} = 6120,5 \text{ N.m}$$

Ce qui donne alors :

$$s' = \frac{9,55 P_u}{2 K' n_s} = \frac{9,55 \times 746 \times 30}{2 \times 6120,5 \times 1200} = 0,0146$$

La vitesse correspondante sera alors de:

$$n' = (1 - s) n_s = (1 - 0,0146) \times 1200 = \boxed{1182,5 \text{ rpm}}$$

Le couple développé vaudra :

$$T' = K' \times s' = 0,0146 \times 6120,5 = \boxed{89,0538 \text{ N.m}}$$

- 5. Pour corriger le facteur de puissance vu par la source qui alimente le moteur, et obtenir une valeur de 0,9 retard, trois condensateurs sont raccordés en triangle et en parallèle avec le moteur. Calcul de la capacité de chaque condensateur. 2 points**

La puissance apparente deviendra :

$$S_{apc} = \frac{P_a}{0,9} = \frac{25600}{0,9} = 28444,44 \text{ VA}$$

ce qui correspond à une puissance réactive après compensation de :

$$Q_{apc} = \sqrt{S_{apc}^2 - P_a^2} = \sqrt{(28444,44)^2 - (25600)^2} = 12399 \text{ var}$$

Avant compensation la puissance réactive était de :

$$S_{avc} = \frac{P_a}{0,83} = \frac{25600}{0,83} = 30846 \text{ VA} \Rightarrow Q_{avc} = \sqrt{S_{avc}^2 - P_a^2} = \sqrt{(30846)^2 - (25600)^2} \\ = 17203 \text{ var}$$

La puissance réactive du condensateur sera alors de :

$$Q_C = Q_{apc} - Q_{avc} = 12399 - 17203 = -4804,7 \text{ var}$$

Pour des condensateurs couplés en triangle, on aura :

$$C_{\Delta} = -\frac{Q_C}{3\omega V_L^2} = \frac{4804,7}{3 \times 377 \times 600^2} = \boxed{11,8 \mu\text{F}}$$

6. Le moteur, sans le condensateur de correction du facteur de puissance, est alimenté à travers un variateur de vitesse à la fréquence de 40 Hz avec V/f constant. Pour un fonctionnement à couple nominal et en considérant que le rendement et le facteur de puissance sont peu influencés par la fréquence d'alimentation, calcul de :

a. La vitesse de rotation

1 point

Dans ce cas, la vitesse synchrone du moteur devient :

$$n_{s_{40}} = \frac{120 \times f_{40}}{p} = \frac{120 \times 40}{6} = 800 \text{ rpm}$$

La vitesse de glissement dans les conditions de fonctionnement nominale est de :

$$n_g = n_s - n_n = 1200 - 1164 = 36 \text{ rpm}$$

Cet écart est maintenu constant et on obtient alors :

$$n_{40} = n_{s_{40}} - n_g = 800 - 36 = \boxed{764 \text{ rpm}}$$

b. La puissance mécanique développée sur l'arbre.

1 point

$$P_{u_{40}} = \frac{T_u \times n_{40}}{9,55} = \frac{183,616 \times 764}{9,55} = \boxed{14,6893 \text{ kW}}$$

c. Le courant de ligne.

1 point

Avec la puissance utile, la puissance absorbée vaudra :

$$P_{a_{40}} = \frac{P_{u_{40}}}{\eta} = \frac{14,6893}{0,8742} = 16,8031 \text{ kW}$$

Soit finalement un courant absorbé valant :

$$I_{L_{40}} = \frac{P_{a_{40}}}{\sqrt{3} \times E_{L_{40}} \times FP} = \frac{16,8031 \times 1000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,83} = \boxed{29,2207 \text{ A}}$$

7. Le moteur est alimenté à une fréquence de 30 Hz, avec V/f constant de telle façon que le moteur développe cette fois-ci sur l'arbre, la moitié du couple nominal. Calcul de la vitesse de rotation du rotor.

1 point

Le rapport V/f est **toujours** constant et la tension devient:

$$V_{L_{30}} = \frac{f_{30}}{f_{60}} \times E_{L_{60}} \Rightarrow E_{L_{30}} = \frac{30}{60} \times 600 = 300 \text{ V}$$

Le couple est proportionnel au glissement et donc on aura un glissement qui diminuera de moitié aussi ce qui donne :

$$s' = 0,015$$

Avec ce glissement la vitesse de glissement devient :

$$n'_g = n_s - (1 - s)n_s = sn_s = 0,015 \times 1200 = 18 \text{ rpm}$$

À 30 Hz, la vitesse du champ tournant sera de :

$$n_{S_{30}} = \frac{120 \times f_{30}}{p} = \frac{120 \times 30}{6} = 600 \text{ rpm}$$

La vitesse de glissement est maintenue constante et donc, on aura alors à moitié du couple nominal:

$$n_{30} = n_{S_{30}} - n_g = 600 - 18 = \boxed{582 \text{ rpm}}$$

Exercice 4 : Calcul de la puissance d'utilisation (souscrite) et facturation de l'énergie électrique

13 points

Soit donnée une installation triphasée alimentée sous une tension de 230 V. Les caractéristiques des éléments de cette installation sont reportées dans le tableau ci-dessous. L'objectif principal est de déterminer la puissance d'utilisation de cette installation c'est-à-dire la puissance à souscrire auprès du fournisseur d'énergie.

Récepteurs	Caractéristiques
Centrale de traitement d'air (récepteur 1)	$P_1=60 \text{ kW}$, $\eta_1=90\%$, $FP_1=0,8$ retard, $ku_1=0,96$
Circuits de prises triphasées (récepteur 2)	230 V/16 A, $FP=0,6$, nombre de prises : 2
Climatiseur (récepteur 3)	$P_3=22 \text{ kW}$, $\eta_3=90\%$, $FP_3=0,8$ retard, $ku_3=0,96$
Groupe d'eau glacé (récepteur 4)	$P_4=200 \text{ kW}$, $\eta_4=82\%$, $FP_4=0,85$ retard, $ku_4=0,9$

1. Déterminer le courant pour chacun des récepteurs sans tenir compte du facteur d'utilisation. On rappelle qu'il s'agit d'une installation triphasée. **2 points**

0,5 point par réponse juste

Récepteur 1

$$P_{a_1} = \frac{P_1}{\eta_1} = \frac{60}{0,9} = 66,667 \text{ kW} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_{L_1} \cdot FP_1 \Rightarrow I_{L_1} = \frac{P_{a_1}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot FP_1} = \frac{66,667 \times 1000}{0,8 \times \sqrt{3} \times 230} = \boxed{209,185 \text{ A}}$$

Récepteur 2 : Pour ce circuit, la valeur de courant de 16 A est déjà fournie et donc on aura :

$$\boxed{I_{L_2} = 16 \text{ A}}$$

Récepteur 3

Comme précédemment avec le récepteur 1, on aura :

$$P_{a_3} = \frac{P_3}{\eta_3} = \frac{22}{0,9} = 24,444 \text{ kW} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_{L_3} \cdot FP_3 \Rightarrow I_{L_3} = \frac{P_{a_3}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot FP_3} = \frac{24,444 \times 1000}{0,8 \times \sqrt{3} \times 230} \approx \boxed{76,7 \text{ A}}$$

Récepteur 4 :

Toujours comme précédemment, on aura :

$$P_{a_4} = \frac{P_4}{\eta_4} = \frac{200}{0,82} = 243,902 \text{ kW} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_{L_4} \cdot FP_4 \Rightarrow I_{L_4} = \frac{P_{a_4}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot FP_4} = \frac{243,902 \times 1000}{0,85 \times \sqrt{3} \times 230} = \boxed{720,29 \text{ A}}$$

2. Calculer le facteur d'utilisation des prises de courant. On rappelle que ce facteur dépend du nombre de prises alimenté par le même circuit. 1 point

On utilise pour cela la formule du facteur d'utilisation des prises et on a pour 2 prises :

$$k_{prises} = 0,1 + \frac{0,9}{n} = 0,1 + \frac{0,9}{2} = 0,55 \Rightarrow \boxed{k_{prises} = 0,55}$$

3. Déterminer la puissance d'utilisation en kW de chacun des récepteurs. 2 points

On utilise pour cela le facteur d'utilisation de chaque récepteur.

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{u_1} = k_{u_1} \cdot P_{a_1} = 0,96 \times 66,667 \approx \boxed{64 \text{ kW}} \\ P_{u_2} = \underbrace{k_{u_2}}_{k_{prises}} \cdot \underbrace{P_{a_2}}_{\sqrt{3} V_L I_{L_2} \cdot FP_2} = 0,55 \times \sqrt{3} \times 230 \times 16 \times 0,6 = \boxed{2,103 \text{ kW}} \\ P_{u_3} = k_{u_3} \cdot P_{a_3} = 0,96 \times 24,444 \approx \boxed{23,466 \text{ kW}} \\ P_{u_4} = k_{u_4} \cdot P_{a_4} = 0,9 \times 243,902 \approx \boxed{219,512 \text{ kW}} \end{array} \right.$$

0,5 point par réponse juste

4. Calculer le courant d'emploi pour chaque récepteur. 1 point

On doit pour cela tenir compte du facteur de puissance des récepteurs ou alors simplement appliquer les facteurs d'utilisation sur les courants de ligne comme montré ci-dessous :

$$\begin{cases} I_{B_1} = k_{u_1} \cdot I_{L_1} = 0,96 \times 209,185 = \boxed{200,817 \text{ A}} \\ I_{B_2} = k_{u_2} \cdot I_{L_2} = 0,55 \times 16 = \boxed{8,8 \text{ A}} \\ I_{B_3} = k_{u_3} \cdot I_{L_3} = 0,96 \times 76,7 = \boxed{73,632 \text{ A}} \\ I_{B_4} = k_{u_4} \cdot I_{L_4} = 0,9 \times 720,29 = \boxed{648,261 \text{ A}} \end{cases}$$

0,25 point par réponse juste

5. Calculer la puissance d'utilisation en kW au niveau de l'armoire de distribution en tenant compte d'un facteur d'extension de 1,25. Vous devez aussi prendre en considération le nombre de circuits (facteur de simultanéité); chaque récepteur étant un circuit. 1,5 point

On a un total de 4 circuits et en considérant le tableau des facteurs de simultanéité pour armoire de distribution, on aura un facteur de simultanéité de 0,8 ce qui donne alors :

$$\begin{aligned} P_{\text{armoire}} &= k_s \cdot k_e (P_{u_1} + P_{u_2} + P_{u_3} + P_{u_4}) \\ &= 0,8 \times 1,25 \times \left(\underbrace{64 + 2,103 + 23,466 + 219,512}_{309,081} \right) = \boxed{309,081 \text{ kW}} \end{aligned}$$

6. Les mesures suivantes ont été réalisées à l'entrée de cette installation durant une période de mesure. Quel tarif sera appliqué à cette installation si ? Justifiez votre réponse. 1 point

- Puissance maximale appelée : 250 kW
- Puissance apparente maximale appelée : 294,12 kVA.

La puissance maximale appelée étant d'au moins 50 kW, il sera appliqué le **tarif M**, car on a :

$$50 \text{ kW} < P_{am} < 5000 \text{ kW}$$

7. Dans la suite de la question précédente, on désire appliquer le tarif M et on rappelle ci-dessous sa structure et la formule permettant de calculer la puissance à facturer. Quelle est la valeur de la puissance à facturer selon vos calculs précédents ? 1 point

- Structure du tarif M

Kilowatts de puissance à facturer	16,139 \$
Coût du kilowattheure pour les 210 000 premiers kilowattheures	5,567 ¢
Coût du kilowattheure pour le reste d'énergie	4,128 ¢

- Puissance à facturer est le maximum entre la puissance souscrite, la puissance maximale appelée et 0,9 fois la puissance apparente maximale appelée.

$$\begin{cases} P_{am} = 250 \text{ kW} \\ P_s = P_u = P_{\text{armoire}} = 309,081 \text{ kW} \\ 0,9 \times S_{am} = 0,9 \times 294,12 = 264,708 \text{ kW} \end{cases} \Rightarrow \boxed{P_{\text{facturé}} = 309,081 \text{ kW}}$$

8. Calculer les frais associés à cette puissance (seulement; on ne tient pas compte de l'énergie) à facturer. 1 point

$$\text{Coût} = 309,081 \times 16,139 = \boxed{4988,258 \$}$$

9. Déterminer le facteur de puissance global de cette installation. 0,5 point

$$FP_g = \frac{P_{am}}{S_{am}} = \frac{250}{294,12} \approx \boxed{0,85 \text{ retard}}$$

10. Calculer la puissance du transformateur d'alimentation de ce secteur en considérant une fois de plus un facteur d'extension de 1,25. 1 point

$$S_{\text{transfo}} = \sqrt{3} V_L \cdot I_B \cdot k_e$$

Avec :

$$I_B = \frac{P_{\text{armoire}}}{FP_g \cdot \sqrt{3} \cdot V_L} = \frac{309,081 \times 1000}{0,85 \times \sqrt{3} \times 230} = 912,777 \text{ A}$$

Cela correspond à une puissance apparente du transformateur de :

$$S_{\text{transfo}} = \sqrt{3} V_L \cdot I_B \cdot k_e = \sqrt{3} \times 230 \times 912,777 \times 1,25 = \boxed{454,53 \text{ kVA}}$$

11. Vous disposez d'une gamme de transformateurs **Legrand** de capacité : 200 kVA, 400 kVA, 600 kVA et 1000 kVA. Lequel choisiriez-vous pour alimenter ce secteur ? Justifier votre réponse. 1 point

On choisit le transformateur ayant la capacité directement supérieure à la valeur calculée, ce qui donne alors un transformateur de **600 kVA**.

Exercice 5 : Questions de laboratoire.

4 points

Les questions 1 et 2 sont indépendantes.

1. Durant le laboratoire 2, vous avez réalisé le montage ci-dessous pour lequel, l'analyseur de puissance triphasé Xitron 2553 est configuré en mode 4 fils, 3 phases. La tension affichée par l'analyseur est de 120 V. La résistance par phase de la charge triphasée est de 150 Ω .

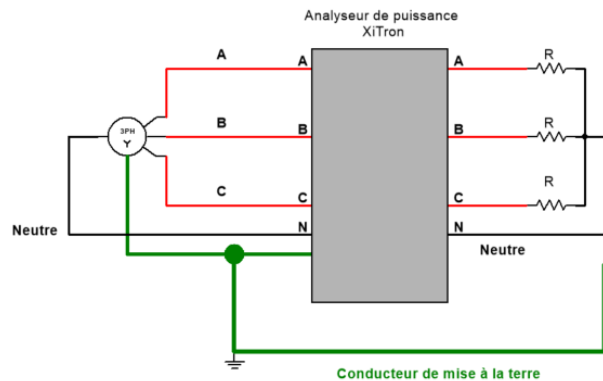


Figure 3. Analyse d'une charge triphasée purement résistive couplée en étoile

- a. Quelle sera la valeur du courant affiché par l'analyseur de puissance triphasé ?

1 point

Chaque résistance est alimentée par la tension de phase qui est de 120 V et donc on aura un courant de ligne de :

$$I_L = \frac{120}{R} = \frac{120}{150} = \boxed{0,8 \text{ A}}$$

- b. Calculer la puissance réelle affichée par l'analyseur de puissance triphasé. 1,5 point

$$P = 3RI_L^2 = \sqrt{3}V_L I_L = 3 \times 150 \times (0,8)^2 = \sqrt{3} \times 208 \times 0,8 = \boxed{288 \text{ W}}$$

2. La photo de la page suivante est celle de la plaque signalétique du moteur asynchrone du laboratoire 4. Calculer le glissement du moteur en régime nominal. 1,5 point

La vitesse nominale du moteur est $n = 1725 \text{ rpm}$ ainsi on peut déduire que la vitesse du champ tournant vaudra : $n_s = 1800 \text{ rpm}$ ce qui donne alors un glissement de :

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \times 100 = \frac{1800 - 1725}{1800} \times 100 = \boxed{4,166 \%}$$

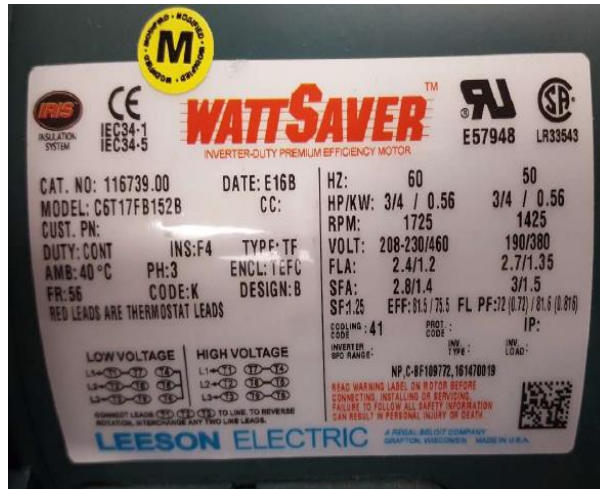


Figure 4. Plaque signalétique du moteur Leeson du laboratoire A-236