



POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL

Électricité du bâtiment

Exercice récapitulatif



Exercice récapitulatif

Quatre charges triphasées équilibrées A, B, C et D sont alimentées à partir d'une source triphasée équilibrée à travers une ligne triphasée équilibrée d'impédance $Z_{\text{ligne}} = 1,0 + j2,0 \Omega$ selon le schéma ci-dessous.

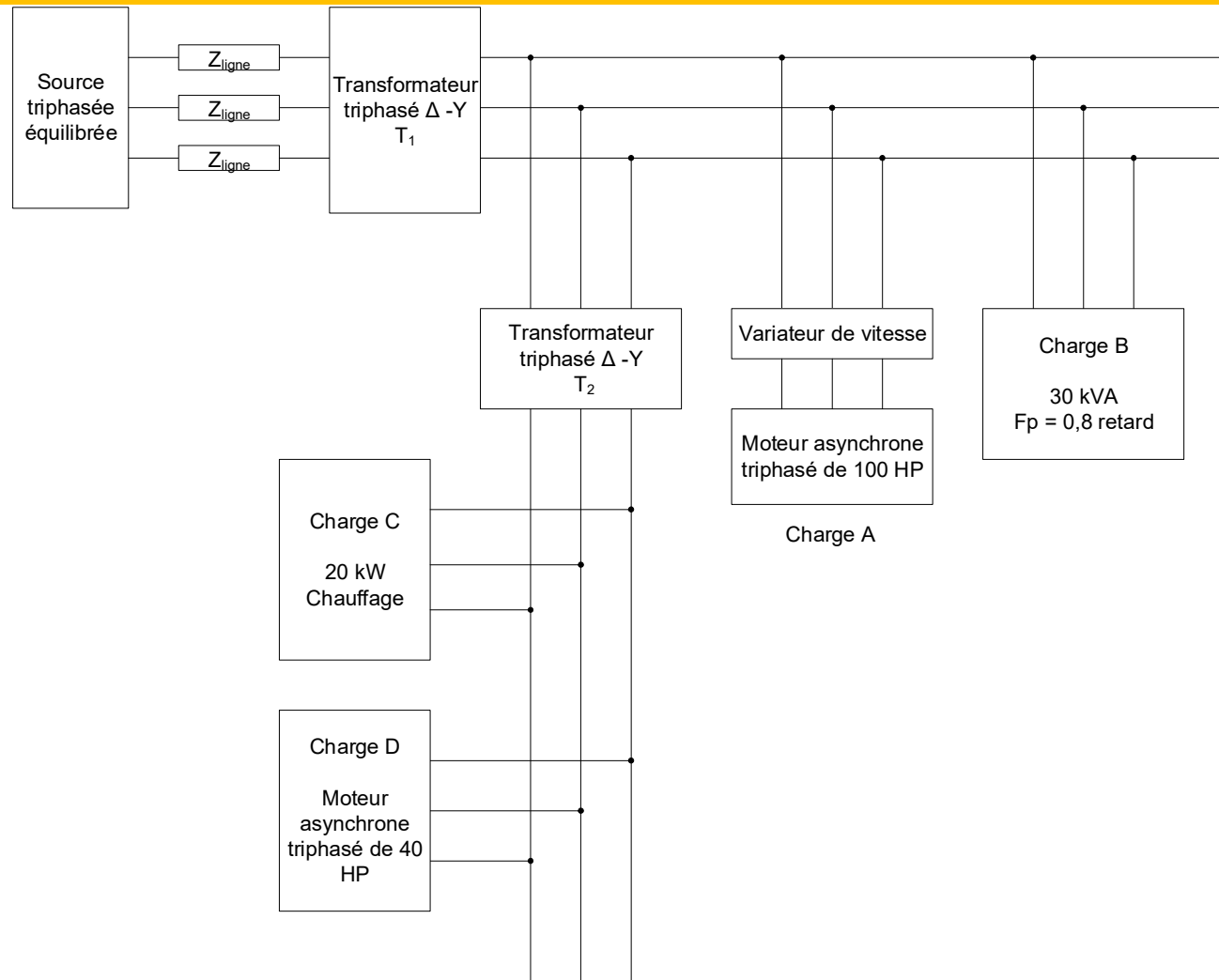
Dans l'installation interviennent deux transformateurs triphasés T_1 et T_2 . Chaque transformateur triphasé est constitué de trois transformateurs monophasés identiques connectés en Δ -Y.

Le primaire du transformateur T_2 est relié au secondaire du transformateur T_1 . Le rapport de transformation a de chacun des transformateurs monophasés constituant le transformateur T_2 est égal à 5.

Les tensions mesurées aux primaires des transformateurs T_1 et T_2 sont respectivement égales à 25 kV et 600 V.



Exercice récapitulatif





Exercice récapitulatif

La charge A est un système électromécanique constitué d'un variateur de vitesse idéal (les pertes dans le variateur sont considérées négligeables) et d'un moteur asynchrone triphasé. La plaque signalétique de ce moteur indique : 600 V, 92 A, 100 HP, $\eta = 92 \%$ et $n = 1764$ r/min.

Ce moteur est alimenté, via le variateur de vitesse, à une fréquence de 40 Hz avec $V/f = \text{constante}$ et il développe son couple nominal..

La charge B indique 30 kVA avec un facteur de puissance $F_p = 0,8$ retard.

La charge C est une charge de chauffage de 20 kW.

La charge D est un moteur de 40 HP, alimenté à sa tension nominale, dont on sait que le rendement est $\eta = 0,89$ et le facteur de puissance $F_p = 0,9$.

Exercice récapitulatif

Calculer :

- a) Les puissances, réelle et réactive, de la charge A.
- b) Les puissances, réelle et réactive, de la charge B.
- c) La valeur efficace du courant de ligne tiré par la charge de 20 kW.
- d) La valeur efficace du courant de ligne tiré par le moteur de 40 HP.
- e) La valeur efficace du courant de ligne au primaire du transformateur T_2 .
- f) La valeur efficace du courant de ligne au secondaire du transformateur T_1 .
- g) La valeur efficace du courant de ligne au primaire du transformateur T_1 .
- h) La valeur efficace de la tension de ligne à la source de tension triphasée équilibrée, nécessaire pour maintenir exactement 25 kV au primaire du transformateur T_1 .



Exercice récapitulatif

Les puissances, réelle et réactive, de la charge A:

$$S_{\text{MoteurA-nom}} = \sqrt{3} \cdot V_{l\text{-nom}} \cdot I_{l\text{-MoteurA-nom}} = \sqrt{3} \cdot 600 \cdot 92 = 95609 \text{ VA}$$

$$P_{e \text{ MoteurA-nom}} = \frac{P_{mc \text{ MoteurA-nom}}}{\eta_{\text{MoteurA-nom}}} = \frac{100 \cdot 746}{0,92} = 81087 \text{ W}$$

$$Fp_{\text{MoteurA-nom}} = \frac{P_{e \text{ MoteurA-nom}}}{S_{\text{MoteurA-nom}}} = \frac{81087}{95609} = 0,848 \text{ retard}$$

$$\omega_{\text{MoteurA-nom}} = \frac{2\pi \cdot n_{\text{MoteurA-nom}}}{60} = \frac{2\pi \cdot 1764}{60} = 184,74 \text{ rad/s}$$

$$T_{\text{MoteurA-nom}} = \frac{P_{mc \text{ MoteurA-nom}}}{\omega_{\text{MoteurA-nom}}} = \frac{100 \cdot 746}{184,74} = 403,8 \text{ Nm}$$



Exercice récapitulatif

Les puissances, réelle et réactive, de la charge A (suite):

$$n_{S \text{ MoteurA-nom}} = 1800 \text{ r/min}, \quad P_{\text{MoteurA}} = 4$$

$$n_{g \text{ MoteurA-nom}} = n_{S \text{ MoteurA-nom}} - n_{\text{MoteurA-nom}} = 1800 - 1764 = 36 \text{ r/min}$$

À 40 hz et à couple nominal :

$$n_{S \text{ MoteurA-40Hz}} = \frac{120 \cdot f}{P_{\text{MoteurA}}} = \frac{120 \cdot 40}{4} = 1200 \text{ r/min}$$

$$n_{\text{MoteurA-40Hz}} = n_{S \text{ MoteurA-40Hz}} - n_{g \text{ MoteurA-Cnom}} = 1200 - 36 = 1164 \text{ r/min}$$

$$\omega_{\text{MoteurA-40Hz}} = \frac{2\pi \cdot n_{\text{MoteurA-40Hz}}}{60} = \frac{2\pi \cdot 1164}{60} = 121,89 \text{ r/s}$$

$$P_{mc \text{ MoteurA-40Hz}} = T_{\text{MoteurA-nom}} \cdot \omega_{\text{MoteurA-40Hz}} = 403,8 \cdot 121,89 = 49223 \text{ W}$$



Exercice récapitulatif

Les puissances, réelle et réactive, de la charge A (suite):

Le rendement et le facteur de puissance gardent les mêmes valeurs qu'en régime nominal :

$$P_{e \text{ MoteurA-40Hz}} = \frac{P_{mc \text{ Moteur-40Hz}}}{\eta_{\text{MoteurA-40Hz}}} = \frac{49223}{0,92} = 53503 \text{ W}$$

$$S_{\text{MoteurA-40Hz}} = \frac{P_{e \text{ MoteurA-40Hz}}}{Fp_{\text{MoteurA-40Hz}}} = \frac{53503}{0,848} = 63093 \text{ VA}$$

$$Q_{\text{MoteurA-40Hz}} = \sqrt{(S_{\text{MoteurA-40Hz}})^2 - (P_{e \text{ MoteurA-40Hz}})^2} = \sqrt{63093^2 - 53503^2} = 33439 \text{ var}$$

Les pertes réelles dans le variateur de vitesse sont considérées nulles et avec l'hypothèse qu'aucune puissance réactive n'est ni absorbée, ni fournie par le variateur :

$$P_{\text{ChargeA}} = P_{e \text{ MoteurA-40Hz}} = 53503 \text{ W}$$

$$Q_{\text{ChargeA}} = Q_{\text{MoteurA-40Hz}} = 33439 \text{ var}$$



Exercice récapitulatif

Les puissances, réelle et réactive, de la charge de 30 kVA :

$$P_{ChargeB} = S_{ChargeB} \cdot Fp_{ChargeB} = 30000 \cdot 0,8 = 24000 \text{ W}$$

$$Q_{ChargeB} = \sqrt{(S_{ChargeB})^2 - (P_{ChargeB})^2} = \sqrt{30000^2 - 24000^2} = 18000 \text{ var}$$

La valeur efficace du courant de ligne tiré par la charge de 20 kW :

La tension de ligne aux bornes des charges C et D :

$$V_{lSecondaireT_2} = \frac{V_{lPrimaireT_2}}{5} \cdot \sqrt{3} = \frac{V_{lSecondaireT_1}}{5} \cdot \sqrt{3} = \frac{600}{5} \cdot \sqrt{3} = 208 \text{ V}$$

La charge C est résistive :

$$P_{ChargeC} = 20000 \text{ W}$$

$$I_{ChargeC} = \frac{P_{ChargeC}}{\sqrt{3} \cdot V_{lSecondaireT_2} \cdot Fp_{ChargeC}} = \frac{20000}{\sqrt{3} \cdot 208 \cdot 1} = 55,5 \text{ A}$$

$$Q_{ChargeC} = 0 \text{ var}$$

Le Transformateur triphasé

- **Le transformateur triphasé:**
 - réalisé sur la base de trois transformateurs monophasés, connectés de différentes manières (Δ -Y, Y- Δ , Δ - Δ et Y-Y).
 - **Connexion triangle-étoile (Δ -Y):** C'est la plus utilisée.

Rapport de transformation de chaque transformateur monophasé :

$$a = \frac{N_1}{N_2}$$

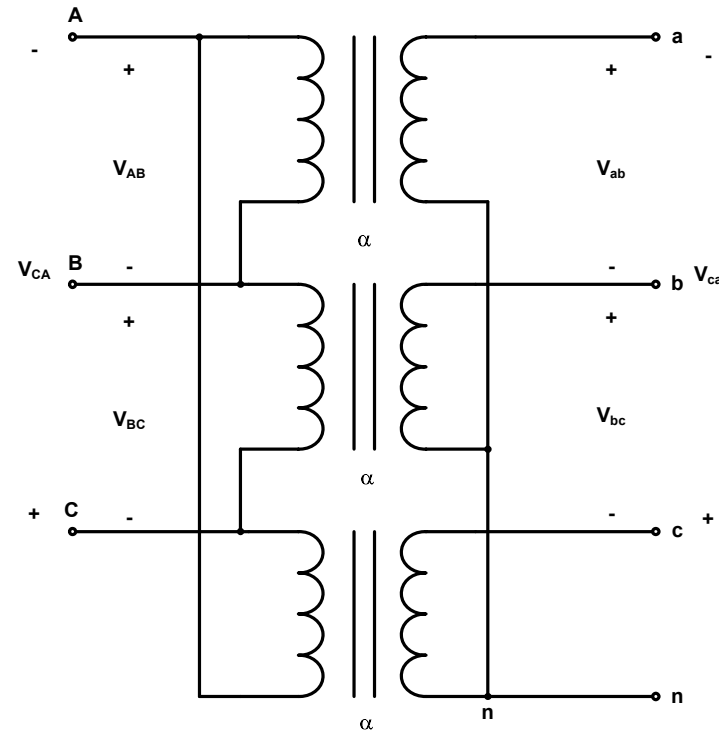
$$a \frac{V_{ab}}{\sqrt{3}} = a V_{an} = V_{AB}$$

$$a \frac{V_{bc}}{\sqrt{3}} = a V_{bn} = V_{BC}$$

$$a \frac{V_{ca}}{\sqrt{3}} = a V_{cn} = V_{CA}$$

Rapport de transformation global :

$$\frac{V_{AB}}{V_{ab}} = \frac{V_{BC}}{V_{bc}} = \frac{V_{CA}}{V_{ca}} = \frac{a}{\sqrt{3}}$$





Exercice récapitulatif

La valeur efficace du courant de ligne tiré par le moteur de 40 HP :

$$V_{l\text{Secondaire}T_2} = 208 \text{ V}$$

$$P_{e\text{ChargeD}} = \frac{P_{mc\text{ChargeD}}}{\eta_{\text{ChargeD}}} = \frac{40 \cdot 746}{0,89} = 33528 \text{ W}$$

$$S_{\text{ChargeD}} = \frac{P_{e\text{ChargeD}}}{Fp_{\text{ChargeD}}} = \frac{33528}{0,9} = 37253 \text{ VA}$$

$$Q_{\text{ChargeD}} = \sqrt{(S_{\text{ChargeD}})^2 - (P_{\text{ChargeD}})^2} = \sqrt{37253^2 - 33528^2} = 16238 \text{ var}$$

$$I_{\text{ChargeD}} = \frac{P_{e\text{ChargeD}}}{\sqrt{3} \cdot V_{l\text{Secondaire}T_2} \cdot Fp_{\text{ChargeD}}} = \frac{33528}{\sqrt{3} \cdot 208 \cdot 0,9} = 103,4 \text{ A}$$



Exercice récapitulatif

La valeur efficace du courant de ligne au primaire du transformateur T_2 :

Les pertes dans le transformateur T_2 sont considérées négligeables.

La puissance réelle absorbée par les charges C et D :

$$P_{ChargesCD} = P_{ChargeC} + P_{ChargeD} = 20000 + 33528 = 53528 \text{ W}$$

La puissance réactive absorbée par les charges C et D :

$$Q_{ChargesCD} = Q_{ChargeC} + Q_{ChargeD} = 0 + 16238 = 16238 \text{ var}$$

La puissance apparente au primaire du transformateur T_2 :

$$S_{\text{Primaire}T_2} = S_{\text{Charges}CD} = \sqrt{P_{\text{Charges}CD}^2 + Q_{\text{Charges}CD}^2} = \sqrt{53528^2 + 16238^2} = 55937 \text{ VA}$$

$$I_{l\text{Primaire}T_2} = \frac{S_{\text{Primaire}T_2}}{\sqrt{3} \cdot V_{l\text{Primaire}T_2}} = \frac{55937}{\sqrt{3} \cdot 600} = 53,8 \text{ A}$$



Exercice récapitulatif

La valeur efficace du courant de ligne au secondaire du transformateur T_1 :

La puissance réelle absorbée par les charges A, B, C et D :

$$P_{ChargesABCD} = P_{ChargeA} + P_{ChargeB} + P_{ChargesCD} = 53503 + 24000 + 53528 = 131031 \text{ W}$$

La puissance réactive absorbée par les charges A, B, C et D :

$$Q_{ChargesABCD} = Q_{ChargeA} + Q_{ChargeB} + Q_{ChargesCD} = 33439 + 18000 + 16238 = 67677 \text{ var}$$

La puissance apparente au secondaire du transformateur T_1 :

$$S_{SecondaireT_1} = S_{ChargesABCD} = \sqrt{P_{ChargesABCD}^2 + Q_{ChargesABCD}^2} = \sqrt{131031^2 + 67677^2} = 147476 \text{ VA}$$

$$I_{lSecondaireT_1} = \frac{S_{SecondaireT_1}}{\sqrt{3} \cdot V_{lSecondaireT_1}} = \frac{147476}{\sqrt{3} \cdot 600} = 141,9 \text{ A}$$



Exercice récapitulatif

La valeur efficace du courant de ligne au primaire du transformateur T_1 :

Les pertes dans le transformateur T_1 sont considérées négligeables.

La puissance apparente au primaire du transformateur T_1 :

$$S_{\text{Primaire}T_1} = S_{\text{Charges}ABCD} = 147476 \text{ VA}$$

$$I_{l\text{Primaire}T_1} = \frac{S_{\text{Primaire}T_1}}{\sqrt{3} \cdot V_{l\text{Primaire}T_1}} = \frac{147476}{\sqrt{3} \cdot 25000} = 3,406 \text{ A}$$



Exercice récapitulatif

La valeur efficace de la tension de ligne à la source de tension triphasée équilibrée, nécessaire pour maintenir exactement 25 kV au primaire du transformateur T_1 :

La puissance réelle fournie par la source :

$$P_{Source} = P_{ChargesABCD} + P_{ligne} = P_{ChargesABCD} + 3 \cdot R_{ligne} \cdot I_{l\text{Primaire}T_1}^2 = 131029 + 3 \cdot 1,0 \cdot 3,406^2 = 131064 \text{ W}$$

La puissance réactive fournie par la source :

$$Q_{Source} = Q_{ChargesABCD} + Q_{ligne} = Q_{ChargesABCD} + 3 \cdot X_{ligne} \cdot I_{l\text{Primaire}T_1}^2 = 67676 + 3 \cdot 2,0 \cdot 3,406^2 = 67746 \text{ var}$$

La puissance apparente à la source :

$$S_{Source} = \sqrt{P_{Source}^2 + Q_{Source}^2} = \sqrt{131064^2 + 67746^2} = 147537 \text{ VA}$$

$$V_{l\text{Source}} = \frac{S_{Source}}{\sqrt{3} \cdot I_{l\text{Primaire}T_1}} = \frac{147537}{\sqrt{3} \cdot 3,406} = 25009 \text{ V}$$