

ELE1409 - Hiver 2021

Devoir 8 – Corrigé

Partie 1 :

Une charge industrielle triphasée équilibrée fonctionne deux quarts de 7,5 heures par jour, 7 jours sur 7, et consomme en tout temps 125 kVA (valeur considérée comme la puissance apparente maximale appelée) avec un facteur de puissance de 0,8 retard. La tension de ligne aux bornes de la charge est de 600 V.

a) Déterminer le courant de ligne fourni par la source.

$$I_{source} = I_{charge} = \frac{|S_{charge}|}{\sqrt{3} \cdot V_{source}} = \frac{125000}{\sqrt{3} \cdot 600} = 120,3 \text{ A}$$

b) Quel est le tarif d'Hydro-Québec à appliquer à cette charge?

$$\text{Puissance Maximale Appelée} = PMA = |S_{Charge}| \cdot Fp_{Charge} = 125000 \cdot 0,8 = 100000 \text{ W}$$

65 kW < PMA < 5000 kW \Rightarrow Tarif M

c) Quel est l'énergie en kWh qui sera facturée à cette charge sur une période de mesure de 30 jours?

$$\dot{E}nergie consommée = puissance \cdot 7,5 \cdot 2 \cdot 30 = 100000 \cdot 7,5 \cdot 2 \cdot 30 = 45000000 \text{ Wh} = 45000 \text{ kWh}$$

d) En se basant sur le tarif d'Hydro-Québec applicable à cette charge et valable du 1^{er} avril 2019 au 31 mars 2021, calculer le coût de cette énergie.

$$\dot{E}nergie consommée = 45000 \text{ kWh} < 210000 \text{ kWh}$$

$$\text{Coût de l'énergie consommée} = 45000 \cdot \frac{5,03}{100} = 2263,50 \$$$

e) **Quelle sera la puissance qui sera facturée à cette charge?**

$$Puissance\ Maximale\ Appelée = PMA = 100\text{ kW}$$

$$Puissance\ Maximale\ Apparente\ Appelée = PAMA = 125\text{ kVA}$$

$$0,9 \cdot PAMA = 112,5\text{ kW}$$

$$0,9 \cdot PAMA > PMA \Rightarrow \text{la puissance à facturer} = 0,9 \cdot PAMA = 112,5\text{ kW}$$

f) **En se basant sur le tarif d'Hydro-Québec applicable à cette charge et valable du 1er avril 2019 au 31 mars 2021, calculer le coût de cette puissance.**

$$Puissance\ à\ facturer = 112,5\text{ kW}$$

$$\text{Coût de la puissance à facturer} = 112,5 \cdot 14,58 = 1640,25\text{ \$}$$

g) **Pour faire baisser les coûts d'électricité, le facteur de puissance de la charge doit être élevé à une valeur au moins égale à 0,9 retard. Pour cela une batterie triphasée de condensateurs doit être connectée en parallèle avec la charge en aval du compteur d'Hydro-Québec. Des batteries triphasées de condensateurs sont disponibles sur le marché (voir tableau ci-dessous). Quel est le numéro de la batterie de condensateurs à installer pour obtenir un facteur de puissance supérieur ou égal à 0,9 retard au prix le plus bas.**

Batteries triphasées de condensateurs - 600 V, 60 Hz		
Puissance réactive (kvar)	Numéro	Prix unitaire (\$)
17,5	C604G17.5	545
20	C604G20	575
25	C604G25	618
30	C605G30	708
35	C605G35	842
40	C605G40	915

Avant la correction du facteur de puissance :

$$P_{charge} = 100000\text{ W} = 100\text{ kW}$$

$$Q_{charge} = P_{charge} \cdot \tan(\cos^{-1}(Fp_{charge})) = 100000 \cdot \tan(\cos^{-1}(0,8)) = 75000\text{ var} = 75\text{ kvar}$$

Après la correction du facteur de puissance :

$$P'_{charge} = P_{charge} = 100000\text{ W}$$

$$Q'_{charge} = P'_{charge} \cdot \tan(\cos^{-1}(Fp'_{charge})) = 100000 \cdot \tan(\cos^{-1}(0,9)) = 48432\text{ var} = 48,432\text{ kvar}$$

$$Q_{batterie} = Q'_{charge} - Q_{charge} = 48432 - 75000 = -26558\text{ var} = -26,558\text{ kvar}$$

$$25\text{ kvar} < 26,558\text{ kvar} < 30\text{ kvar} \Rightarrow \text{Le numéro de la batterie à installer est : C605G30}$$

h) Quelle sera alors la puissance qui sera facturée à cette charge?

Après la correction du facteur de puissance :

$$P'_{charge} = P_{charge} = 100000 \text{ W} = 100 \text{ kW}$$

$$Q'_{charge} = Q_{batterie} + Q_{charge} = -30000 + 75000 = 45000 \text{ var} = 45 \text{ kvar}$$

$$PAMA' = |S'_{charge}| = \sqrt{(P'_{charge})^2 + (Q'_{charge})^2} = \sqrt{100000^2 + 45000^2} = 109659 \text{ VA} = 109,659 \text{ kVA}$$

$$PMA' = P'_{charge} = 100 \text{ kW}$$

$$0,9 \cdot PAMA' = 98,7 \text{ kW}$$

$$PMA' > 0,9 \cdot PAMA' \Rightarrow \text{la puissance à facturer} = PMA' = 100 \text{ kW}$$

i) Trouver la durée nécessaire, en jours, pour amortir les coûts de la correction du facteur de puissance grâce aux économies accumulées sur la facture d'Hydro-Québec. Considérer que le prix de la batterie ne représente que 40% de la somme à payer qui tient compte des frais d'installation.

Avant la correction du facteur de puissance :

$$\text{la puissance à facturer} = 112,5 \text{ kW}$$

$$\text{Coût de la puissance à facturer} = 112,5 \cdot 14,58 = 1640,25 \text{ \$}$$

Après la correction du facteur de puissance :

$$\text{la puissance à facturer} = 100 \text{ kW}$$

$$\text{Coût de la puissance à facturer} = 100 \cdot 14,58 = 1458,00 \text{ \$}$$

L'économie accumulée sur la facture d'Hydro-Québec sur une année :

$$(1640,25 \text{ \$} - 1458,00 \text{ \$}) \cdot 12 = 2187,00 \text{ \$}$$

Le coût de la batterie de condensateurs et de son installation :

$$708 + \frac{708 \cdot 60}{40} = 1770,00 \text{ \$}$$

La durée nécessaire, en jours, pour amortir les coûts de la correction du facteur de puissance :

$$\frac{1770,00}{2187,00} \cdot 365 = 296 \text{ jours.}$$

j) Trouver le courant de ligne fourni par la source après la correction du facteur de puissance.

$$I'_{source} = I'_{charge} = \frac{|S'_{charge}|}{\sqrt{3} \cdot V_{source}} = \frac{109659}{\sqrt{3} \cdot 600} = 105,5 \text{ A}$$

Partie 2 :

a) les courants dans les charges :

$$I_{ch-12kW} = \frac{12000}{240} = 50 \text{ A}$$

$$I_{ch-5kVA} = \frac{5000}{120} = 41,7 \text{ A}$$

$$I_{ch-6kW} = \frac{6000}{120 \cdot 0,80} = 62,5 \text{ A}$$

b) les puissances fournies par la source au primaire du transformateur :

$$P_S = P_{Z1} + P_{Z2} + P_{Z3} = 12000 + 5000 \cdot 0,85 + 6000 = 22250 \text{ W}$$

$$Q_S = Q_{Z1} + Q_{Z2} + Q_{Z3} = 0 + 5000 \cdot \sin(+\cos^{-1}(0,85)) + 6000 \cdot \tan(+\cos^{-1}(0,80))$$

$$Q_S = 0 + 2634 + 4500 = 7134 \text{ var}$$

le courant dans le primaire du transformateur :

$$I_S = \frac{|S_S|}{V_S} = \frac{\sqrt{P_S^2 + Q_S^2}}{V_S} = \frac{\sqrt{22250^2 + 7134^2}}{14400} = \frac{23366}{14400} = 1,62 \text{ A}$$

c) le facteur de puissance vu par la source :

$$Fp_S = \frac{P_S}{|S_S|} = \frac{22250}{23366} = 0,95 \text{ ou } 95\% \text{ retard}$$