

Filière Technicien en électricité

Niveau : Technicien

Durée : 4 heures

Epreuve théorique
corrigé

Barème : / 40

	Barème
I- 1) Quels sont les inconvénients du démarrage direct d'un moteur asynchrone triphasé ? • Le courant de démarrage est très élevé de l'ordre de 4 à 8 fois le courant nominal. • Le démarrage est brusque. 2) Quels sont les avantages et les inconvénients du moteur synchrone ? La vitesse de rotation est constante : selon les applications, cette propriété est un avantage ou un inconvénient. Avantages : - Facteur de puissance réglable. - Rendement excellent. Inconvénients : - Nécessité d'une excitatrice débitant le courant inducteur J; - Démarrage en régime « asynchrone »; - Risque de décrochage. 3) Est-ce que le moteur série peut fonctionner à vide? Justifier la réponse. Le moteur série ne peut pas fonctionner à vide, il s'emballe car on a :	/ 1 / 1 / 1

$$n = (U - (r_{\text{induit}} + r_{\text{inducteur}}) \times I) / k\phi$$

à vide ϕ est très faible donc n atteint une valeur très grande que le moteur ne peut pas supporter.

- 4) Qu'appelle-t-on la réaction transversale d'induit dans les machines à courant continu?

/ 1

Lorsque l'induit est parcouru par un courant I , ce dernier tend à annuler la cause qui lui a donné naissance c'est à dire le flux de l'inducteur, on parle alors de réaction d'induit.

- 5) Quels sont les inconvénients d'un mauvais facteur de puissance pour le producteur de l'énergie électrique et pour le consommateur de cette énergie?

/ 1

- Pour le producteur :
 - Nécessité d'avoir des alternateurs et des transformateurs plus puissants.
 - Avoir une tension plus élevée au départ de la ligne.
 - Besoin d'avoir des lignes de plus forte section.
 - Pertes joules plus élevées.
 - Appareils de contrôle, de protection et de coupure plus puissants.
- Pour le consommateur :
 - Nécessité d'avoir des transformateurs, des appareils de manœuvre plus puissants.
 - Tension d'utilisation plus faible.
 - Intensité de courant plus élevée.
 - Pertes joules élevées.
 - Rendements d'appareils mauvais

II-

- 1) Simplifier les équations suivantes en utilisant l'algèbre de Boole.

/ 1,5

a) $S_1 = (abc) \times (a+b+c).$

b) $S_2 = ab+bc+ac + \bar{a}c + b\bar{c} .$

c) $S_3 = (a+b) \times (b+\bar{c}) \times (\bar{a}+b).$

a) $S_1 = (abc) \times (a+b+c).$

$$S_1 = (abc) \times (a+b+c) = abca + abcb + abcc = abc + abc + abc = abc$$

b) $S_2 = ab+bc+ac + \bar{a}c + b\bar{c} =$

$$b(c+\bar{c}) + c(a+\bar{a}) + ab = b + c + ab = b(a+1) + c = b + c.$$

c) $S_3 = (a+b) \times (b+\bar{c}) \times (\bar{a}+b).$

$$S_3 = (a+b) \times (b+\bar{c}) \times (\bar{a}+b) = (ab + a\bar{c} + b + b\bar{c}) \times (\bar{a}+b) =$$

$$S_3 = ab + a\bar{c}b + b\bar{a} + b + b\bar{c}\bar{a} + b\bar{c}b = ab + b\bar{a} + b + b\bar{c} = b + b\bar{c} = b$$

2)

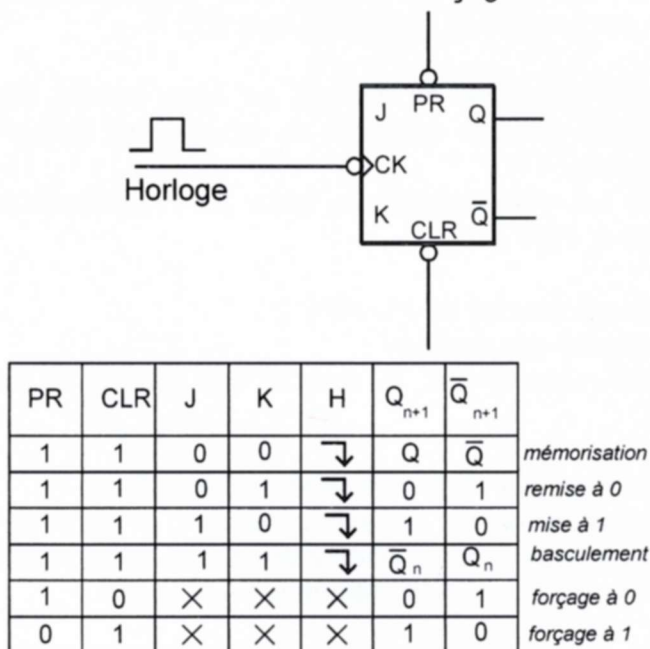
a) Quel est l'avantage que représente la bascule J-K par rapport à la bascule R-S synchrone ?

/ 0,5

La bascule J-K ne présente pas de problème comme la bascule R-S synchrone lorsque $J = K = 1$, il y a un basculement au lieu d'une ambiguïté.

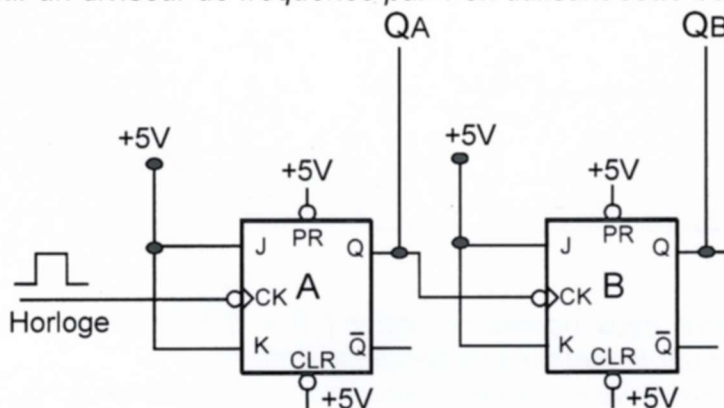
b) Donner le symbole de la bascule J-K active sur front descendant et sa table de vérité avec les entrées de forçage.

/ 1



c) Etablir un diviseur de fréquence par 4 en utilisant cette bascule J-K.

/ 2



La sortie Q_B permet d'avoir une fréquence divisée par 4 à partir de la fréquence de l'horloge.

III-

Un moteur asynchrone triphasé est soumis à des essais correspondant à son fonctionnement nominal. Il est alimenté par un réseau triphasé 230 V/400 V - 50 Hz.

1) Les enroulements du stator sont couplés en étoile.

a) Quelle est la valeur efficace de la tension nominale aux bornes d'un enroulement du stator ?

/ 0,5

Chaque enroulement du stator est soumis à la tension simple de réseau, donc c'est une tension de valeur efficace 230 V.

b) L'intensité efficace nominale du courant en ligne est de 18,5 A. Quelle est l'intensité efficace nominale du courant qui traverse un enroulement du stator ?

/ 0,5

En couplage étoile les enroulements du stator sont parcourus par le courant en ligne donc 18,5 A.

2) La valeur des pertes constantes est de 1000 W.

a) Qu'appelle-t-on pertes constantes ?

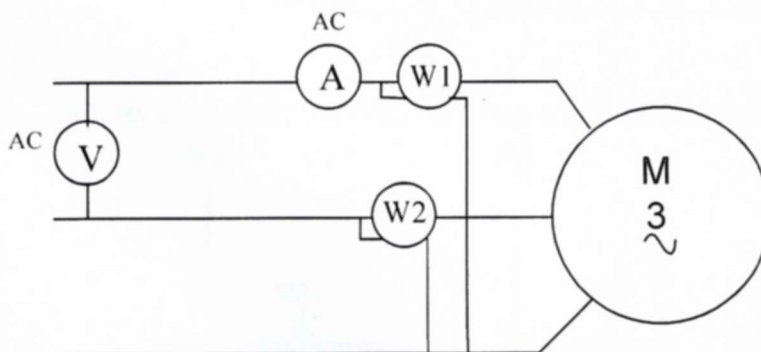
/ 0,5

On appelle les pertes constantes, la somme des pertes fer et des pertes mécaniques.

b) Quel type d'essai a permis de réaliser cette mesure ?

/ 1

Sur le document-réponse en annexe compléter le schéma de principe permettant cette mesure (méthode des deux wattmètres). C'est l'essai à vide qui permet de déterminer ces pertes

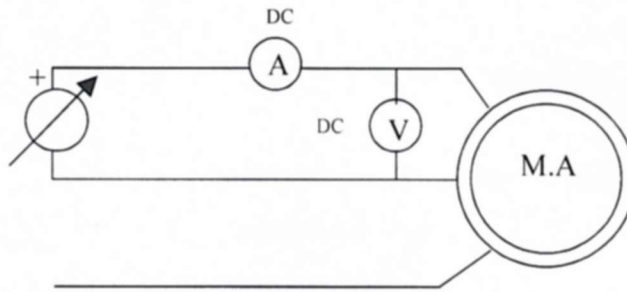


3) La résistance entre deux bornes du stator ($R = 0,8 \Omega$) couplé est mesurée à chaud par la méthode voltampèremétrique.

/ 1

Sur le document-réponse en annexe compléter le schéma de principe du montage en précisant la nature des appareils de mesure et la nature de l'alimentation que l'on suppose réglable.

Mesure de la résistance à chaud entre 2 bornes du stator couplé par la méthode voltampèremétrique ;



- 4) Lors de l'essai au point nominal de fonctionnement (à $U = 400\text{ V}$, $f = 50\text{ Hz}$), on a relevé la fréquence de rotation du rotor $n = 1440\text{ tr/min}$ et le facteur de puissance du moteur $\cos \varphi = 0,86$.
Les pertes magnétiques dans le rotor sont négligeables.

A partir de cet essai, déterminer :

- a) La fréquence de synchronisme n_s et le nombre p de paires de pôles ;

/ 0,5

La vitesse de synchronisme n_s est celle qui est immédiatement supérieure à la vitesse de rotation du rotor ($n = 1440\text{ tr/min}$) donc $n_s = 1500\text{ tr/min}$.

le nombre p de paires de pôles :

$$\text{On a } n_s = 60 \times 50 / p = 1500\text{ tr/min.}$$

$$p = 3000/1500 = 2$$

$$p = 2\text{ paires de pôles.}$$

- b) Le glissement g ;

$$g = (n_s - n) / n_s = (1500 - 1440) / 1500 = 0,04 = 4\%.$$

/ 0,5

- c) La puissance P_a absorbée par le moteur ;

/ 0,5

$$P_a = \sqrt{3} \times I \times U \times \cos \varphi = \sqrt{3} \times 18,5 \times 400 \times 0,86 = 11022,77\text{ W.}$$

- d) Les pertes P_{js} par effet Joule au stator ;

/ 0,5

$$P_{js} = 3/2 \times 0,8 \times 18,5^2 = 410,7\text{ W.}$$

- e) Les pertes mécaniques P_m sachant qu'elles sont égales aux pertes magnétiques P_{fer} au stator ;

/ 0,5

$$P_m = P_{fer} = 1000 / 2 = 500\text{ W.}$$

- f) La puissance P_{tr} transmise au rotor ;

/ 0,5

$$P_{tr} = P_a - P_{fer} - P_{js} = 11022,77 - 500 - 410,7 = 10112,07\text{ W}$$

- g) Les pertes P_{jr} par effet Joule au rotor ;

/ 0,5

$$P_{jr} = g \times P_{tr} = 0,04 \times 10112,07 = 404,48\text{ W.}$$

- h) La puissance utile P_u ;

/ 0,5

$$P_u = P_a - \text{les pertes} = 11022,77 - 410,7 - 1000 - 404,48 = 9207,59\text{ W.}$$

i) Le rendement η ;

$$\eta = \frac{9207,59}{11022,77} = 83,53 \%$$

/ 0,5

j) Le moment T_u du couple utile.

$$T_u = P_u / \Omega = \frac{9207,59}{1440 \times 2 \pi} \times 60 = 61,06 \text{ Nm}$$

/ 0,5

IV-

Un système automatisé comprend trois moteurs M1, M2 et M3. Le fonctionnement de ce système est le suivant:

- Le moteur M1 est mis en marche par action sur un bouton poussoir « marche » S1 ;
- 10 s après, le moteur M2 se met en marche ;
- 15 s après le démarrage de M2, le moteur M3 démarre.
- Les trois moteurs sont protégés par trois relais thermiques (respectivement F1, F2 et F3), le déclenchement de l'un des relais provoque l'arrêt du système.
- L'appui sur un bouton poussoir S0 « arrêt » arrête le système à n'importe quel moment.

On appelle K1M, K2M et K3M les contacteurs respectifs de M1 M2 et M3. Un automate programmable est utilisé dans le système de commande de ce processus.

1) Donner la liste des entrées et des sorties sous forme de tableau suivant :

/ 1

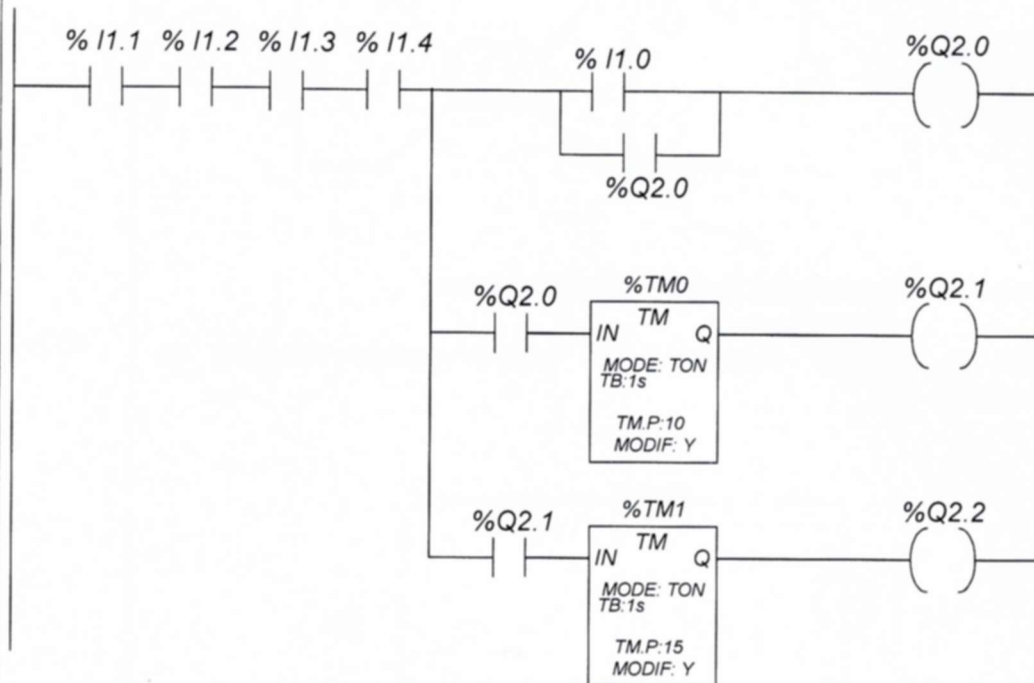
On prend ici l'exemple de l'automate télémechanique, la réponse sera donnée suivant l'automate disponible.

Entrée	Adresse	Sortie	Adresse
S1	% I1.0	K1M	%Q2.0
S0	% I1.1	K2M	%Q2.1
F1	% I1.2	K3M	%Q2.2
F2	% I1.3		
F3	% I1.4		

2) Faire un programme en langage à contacts « Ladder » qui permet la commande du système

/ 2

Ici l'arrêt et les relais sont normalement fermé. Le bouton marche est normalement ouvert



V-

Un transformateur monophasé de 2000 VA, dont la tension primaire nominale est 380 V, 50 Hz a donné aux essais les résultats suivants :

- Essai à vide sous tension primaire nominale : $U_{20} = 240$ V, $P_{10} = 60$ W. On néglige les pertes par effet Joule dans l'essai à vide.
- Essai en court-circuit pour $U_{1cc} = 34$ V: $I_{2cc} = 8$ A, $P_{1cc} = 90$ W.

1) Calculer le rapport de transformation.

$$m = U_{20} / U_{1N} = 240 / 380 = 0,631$$

/ 0,5

2) Que représente la puissance absorbée à vide P_{10} ?

Lors de l'essai à vide les pertes joules sont négligeables donc P_{10} représente les pertes fer.

/ 0,5

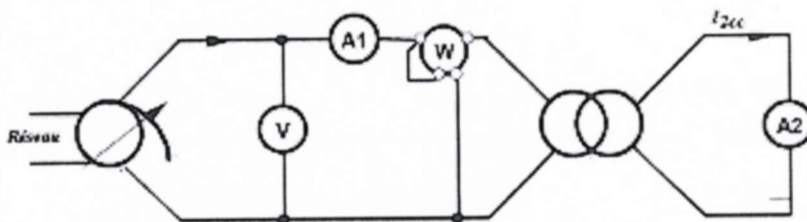
3) Montrer que l'on peut négliger les pertes fer dans l'essai en court-circuit.

Les pertes fer sont proportionnelles au carré de la tension d'alimentation lors de l'essai en court-circuit et étant donné que cette tension est faible donc elles sont négligeables.

/ 0,5

4) Faire le schéma du montage de l'essai en court-circuit en précisant les conditions expérimentales.

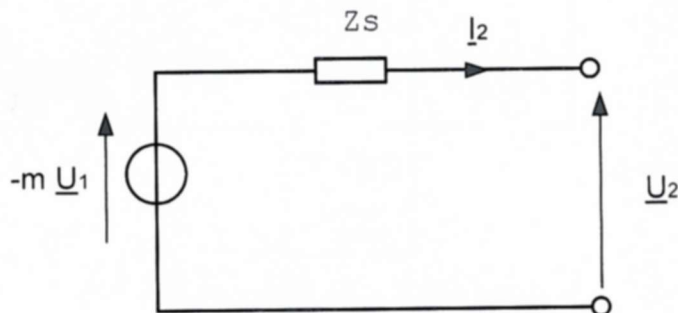
/ 1



Cet essai est réalisé sous tension primaire réduite

- 5) Donner le modèle équivalent du transformateur ramené au secondaire.

/ 0,5



- 6) Dans l'approximation de Kapp calculer les valeurs de la résistance totale R_s et la réactance totale X_s ramenées au secondaire.

/ 1

$$R_s = P_{1cc} / I_{2cc}^2 = 90 / (8^2) = 1,4 \, \Omega$$

$$Z_s = m U_{1cc} / I_{2cc} = (0,631 \times 34) / 8 = 2,68 \, \Omega$$

$$X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_s^2} = 2,3 \, \Omega$$

7)

- a. Calculer la tension aux bornes du secondaire quand le transformateur débite une intensité $I_2 = 8 \, A$ dans une charge de facteur de puissance égal à 0,8 (caractère inductif), le primaire étant alimenté sous la tension nominale.

/ 1

$$\Delta U_2 = R_s \times I_2 \times \cos \varphi_2 + X_s \times I_2 \times \sin \varphi_2 = 8 \times (1,4 \times 0,8 + 2,3 \times 0,6)$$

$$= 20 \, V$$

$$U_2 = m \times U_{1N} - 20 = 240 - 20 = 220 \, V$$

- b. Calculer le rendement du transformateur pour cette charge.

/ 0,5

$$\eta = \frac{220 \times 8 \times 0,8}{220 \times 8 \times 0,8 + P_{fer} + P_j} = \eta = \frac{220 \times 8 \times 0,8}{220 \times 8 \times 0,8 + 60 + 90} = 90,37\%$$

- 8) Le transformateur débite sur une charge purement résistive. Calculer la valeur efficace de l'intensité du courant au secondaire correspondante au rendement maximal. Calculer ce rendement.

/ 1

Le rendement est maximal si $P_{fer} = P_J$ donc $60 = 1,4 \times I_2^2$

$$I_2 = \sqrt{\frac{60}{1,4}} = 6,55 \text{ A}$$

La tension correspondante

$$\Delta U_2 = R_s \times I_2 \times \cos \varphi_2 + X_s \times I_2 \times \sin \varphi_2 = 1,4 \times 6,55 \times 1 = 9,17 \text{ V} \text{ donc } U_2 = 230,83 \text{ V}$$

$$\eta = \frac{230,83 \times 6,55 \times 1}{230,83 \times 6,55 \times 1 + P_{fer} + P_j} = \frac{230,83 \times 6,55 \times 1}{230,83 \times 6,55 \times 1 + 120} = 92,64 \%$$

- 9) Déterminer la nature et le facteur de puissance de la charge pour avoir une chute de tension au secondaire nulle.

/ 1

$$\Delta U_2 = R_s \times I_2 \times \cos \varphi_2 + X_s \times I_2 \times \sin \varphi_2 = 0$$

$$1,4 \times \cos \varphi_2 = -2,3 \sin \varphi_2$$

$$\tan \varphi_2 = -1,4/2,3 = -0,6$$

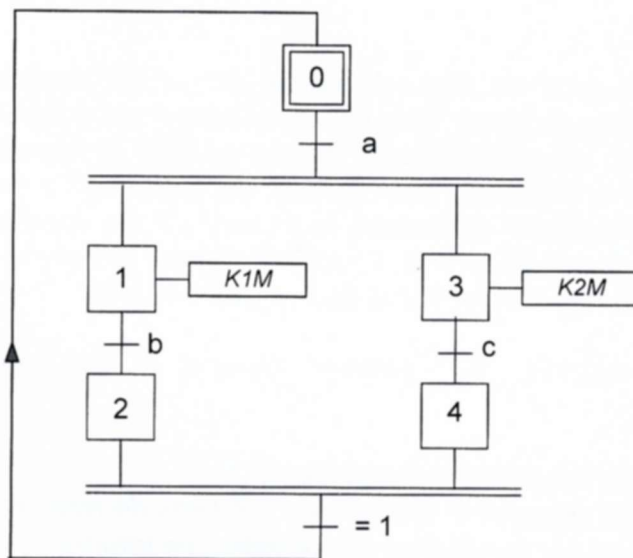
$$\cos \varphi_2 = 0,85$$

c'est une charge à caractère capacitif

VI-

Pour le GRAFCET donné ci-dessous écrire toutes les équations des étapes sachant que la désactivation est prioritaire sur l'activation.

/ 2,5



$$X_0 = (X_4 \cdot X_2 + X_0) \times \overline{X_1} \cdot \overline{X_3}$$

$$X_1 = (aX_0 + X_1) \times \overline{X_2}$$

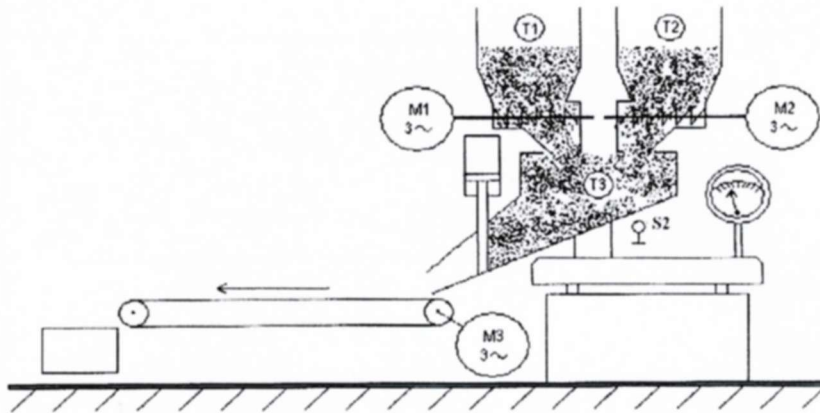
$$X_2 = (bX_1 + X_2) \times \overline{X_0}$$

$$X_3 = (aX_0 + X_3) \times \overline{X_4}$$

$$X_4 = (cX_3 + X_4) \times \overline{X_0}$$

VII-

On considère une installation de remplissage de sacs de produits granulés (voir figure suivante) par un mélange des deux produits de deux trémies de stockage T1 et T2.



Cette installation comprend trois moteurs :

- M1, M2 : Moteurs asynchrones triphasés à cage qui entraînent deux vis sans fin des deux trémies T1 et T2.
- M3 : Moteur asynchrone triphasé à bagues qui entraîne un tapis roulant.

L'appui sur un bouton poussoir S1 met en marche M1 et M2 permettant d'avoir le mélange des deux produits. Une fois le mélange est pesé dans une trémie de pesage T3, un contact de fin de course (S2) (à fermeture) permet d'arrêter les moteurs M1 et M2, d'ouvrir l'issue de la trémie T3 par un vérin (non étudié ici), et de mettre en marche le moteur M3 qui entraîne le tapis roulant pour remplir le sac. 20 s (temps nécessaire pour remplir le sac) après le démarrage complet du moteur M3 le tapis roulant s'arrête.

L'appui sur un bouton poussoir S3 permet d'arrêter à tout moment l'installation.

Pour les moteurs on adopte les démarrages suivants :

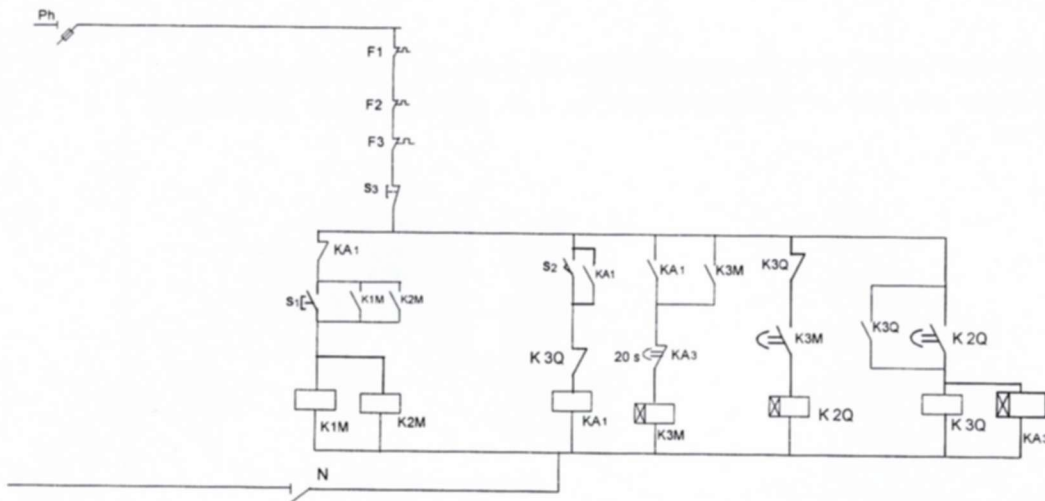
- Les moteurs M1 et M2 démarrent directement (un sens de rotation) ;
- Le moteur M3 démarre par élimination des résistances rotoriques en trois temps (un sens de rotation) ;

La protection de chaque moteur est assurée par un relais thermique. Le déclenchement de l'un des trois relais provoque l'arrêt immédiat de l'installation.

Etablir pour cette installation :

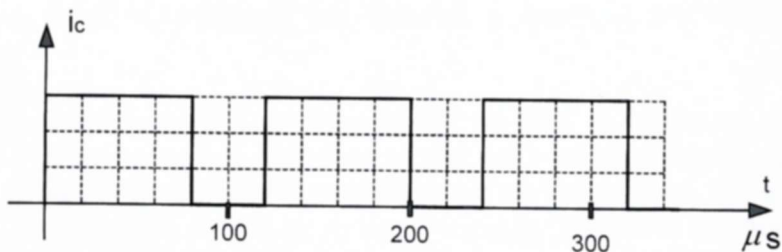
- 1) Le schéma du circuit de puissance.(cours)
- 2) Le schéma du circuit de commande.

/ 2
/ 4



VIII-

Un hacheur série alimente une charge purement résistive à partir d'une tension continue de 24 V (tension d'entrée du hacheur). Ci-dessous est donnée la représentation de i_c (courant dans la charge). Un ampèremètre mesure $i_{c\text{ moy}} = 1,6 \text{ A}$



- 1) Expliquer le principe de fonctionnement de ce hacheur en donnant son schéma de principe.
Cours

/ 1

- 2) Quelles sont la fréquence de commande du hacheur et la durée de conduction ?

/ 0,5

La période de hachage est $T = 120 \mu\text{s}$ Donc la fréquence de commande du hacheur est $f = 8333,33 \text{ Hz}$.
La durée de conduction est $t = 80 \mu\text{s}$

- 3) Calculer la tension moyenne U_c (aux bornes de la charge) et en déduire la valeur de la résistance de la charge.

/ 0,5

$$U_{c\text{ moy}} = (80/120) \times 24 = 16 \text{ V}$$

$$R = 16 / 1,6 = 10 \Omega$$

- 4) Calculer la valeur du courant i_c durant la conduction.

/ 0,5

Pendant la conduction on a $i_c = 24/10 = 2,4 \text{ A}$.