



ELECTROTECHNIQUE - ELECTRONIQUE

Le sujet est composé de cinq parties pouvant être traitées de façon indépendante.

Il comporte 7 pages numérotées de 1 à 7 dont les documents- réponses page 5 et page 7 sont à rendre avec la copie.

Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements compteront pour une part importante dans l'appréciation de la copie.

Les différentes parties 1, 2, 3, 4 et 5 sont indépendantes et peuvent être traitées dans l'ordre qui convient au candidat. Le candidat respectera scrupuleusement la numérotation des questions.

Une société vinicole décide de moderniser son unité d'embouteillage en automatisant cette dernière. Le tapis roulant permettant de transporter les bouteilles vers les différents postes (remplissage, mise du bouchon, étiquetage) doit être entraîné via un réducteur par un moteur électrique dont on asservira la vitesse via un amplificateur opérationnel afin d'optimiser la production.

1- ETUDE D'UN RESEAU TRIPHASE

Le réseau dont dispose l'usine d'embouteillage est un réseau triphasé 380 V - 50 Hz.

1-1/ Que valent les tensions efficaces composée U et simple V pour ce réseau ?

1-2/ Citer un type d'appareil permettant la mesure de ces tensions.

1-3/ Quelle est la pulsation ω de ce réseau ?

1-4/ Une tension simple de ce réseau, appelée v_1 , peut s'écrire sous la forme

$$v_1 = V\sqrt{2} \cos \omega t$$

Écrire les expressions des deux autres tensions (instantanées) simples v_2 et v_3 de ce réseau sachant que ces tensions v_1 , v_2 et v_3 forment un système triphasé équilibré direct.

1-5/ Quelles sont les valeurs complexes notées \underline{V}_1 , \underline{V}_2 et \underline{V}_3 associées respectivement à v_1 , v_2 et v_3 ?

1-6/ Montrer, par la méthode de votre choix, que la somme des trois tensions formant un système triphasé équilibré (direct ou indirect) est nulle à chaque instant.

2- ETUDE D'UN MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE

Pour entraîner le tapis roulant transportant les bouteilles, on utilise un moteur asynchrone triphasé à cage associé à un réducteur. La plaque signalétique de ce moteur porte les indications suivantes :

220 / 380 V ; 50 Hz

1,9 / 1,1 A ; 390 W

1 400 tr/min ; $\cos \varphi_n = 0,76$

2-1/ Le réseau disponible est tel que $U = 380$ V. Quel doit être le couplage des enroulements du moteur ? Justifier votre réponse.

2-2/ Déterminer pour ce moteur :

2-2-1/ Le nombre de pôles.

2-2-2/ Le glissement nominal g_n .

2-2-3/ La puissance active nominale P_{an} reçue.

2-2-4/ Le rendement nominal η_n .

2-2-5/ Le moment T_{un} du couple utile nominal.

- 2-3/** Donner l'allure de la caractéristique mécanique de ce moteur asynchrone fonctionnant sous tension et fréquence nominales sachant que le rapport $\frac{T_{ud}}{T_{un}} = 1,85$ et le rapport $\frac{T_{umax}}{T_{un}} = 2,4$;
 T_{ud} désigne le moment du couple de démarrage et T_{umax} le moment du couple maximal.
On indiquera sur cette caractéristique, le point N correspondant au fonctionnement nominal et le point V correspondant au fonctionnement à vide.
- 2-4/** Proposer un mode opératoire permettant de relever, en salle de travaux pratiques, la zone utile de cette caractéristique (les explications doivent être accompagnées d'un schéma de principe sur lequel doit figurer la représentation de l'ensemble du matériel). Quel est le rôle de l'ampèremètre pour le tracé de la caractéristique $T_u(n)$, le moment T_u du couple évoluant entre 0 et $1,25 T_{un}$?
- 2-5/** Afin de limiter l'appel de courant lors du démarrage d'un moteur asynchrone, on peut procéder à un démarrage étoile -triangle. Cette solution est-elle envisageable ici ? Justifier votre réponse.

3- CAPTEUR DE VITESSE

Pour mesurer la fréquence de rotation du moteur, on utilise un capteur de vitesse relié au système d'acquisition de données d'un ordinateur : voir figure 4 page 6.

Le capteur de vitesse est composé principalement d'une diode électroluminescente (DEL) et d'un phototransistor.

On rappelle que le phototransistor conduit si sa base reçoit un rayonnement infrarouge. L'intensité i est alors positive.

Le rayonnement infrarouge fourni par la diode est focalisé sur l'axe de rotation du moteur sur lequel on a peint quatre secteurs alternativement blancs et noirs. Les rayons réfléchis par les secteurs blancs de l'axe arrivent sur le phototransistor placé dans le montage (voir figure 5 page 6).

- 1/** On a relevé la tension U_{CE} représentée sur le document-réponse, figure 6 page 7. Calculer la valeur maximale de l'intensité du courant qui traverse la résistance r du montage de la figure 4 page 6. On donne $r = 1,2 \text{ k}\Omega$.
- 2/** L'amplificateur opérationnel est alimenté en 0V - 12V (mono tension).
On considérera qu'il est parfait et que sa tension de sortie peut varier de 0 à 12V.
- 2-1/** Quel est le régime de fonctionnement de cet amplificateur opérationnel ? Pourquoi ?
Quel est le nom de ce montage ?
- 2-2/** Sachant que $R_1 = 4,7 \text{ k}\Omega$, calculer la valeur de la résistance R_2 qui permet d'obtenir $U_2 = 6,5 \text{ V}$. On conserve cette valeur pour la suite.
- 2-3/** Quelle est la valeur de l'intensité i_2 du courant qui traverse la résistance R_2 ?
- 2-4/** Déterminer la valeur de la tension de sortie U_s lorsque $U_{CE} > U_2$ puis lorsque $U_{CE} < U_2$
- 3/** Tracer la courbe $U_s = f(t)$ sur le document-réponse figure 7 page 7.
- 4/** Déterminer la fréquence du signal $U_s(t)$ et en déduire la fréquence de rotation du moteur.
On rappelle que l'arbre du moteur comporte 2 secteurs blancs.

4- ÉTUDE DU VARIATEUR DE VITESSE

4-1/ Montrer que la fréquence de rotation n' (tr/min) d'un moteur asynchrone est égale à

$$n' = \frac{60(1-g)f}{p} \quad \text{où } g \text{ désigne le glissement, } f \text{ la fréquence du réseau électrique}$$

et p le nombre de paires de pôles de ce moteur .

4-2/ Sachant que le glissement g ne peut évoluer que faiblement (de 0 à 10%), en déduire la grandeur que l'on doit faire varier pour obtenir une large variation de la fréquence de rotation n' d'un moteur asynchrone.

4-3-/ Le variateur de vitesse utilisé fait non seulement varier la fréquence électrique f du réseau alimentant le moteur mais aussi la tension efficace simple V de manière à ce que le rapport $\frac{V}{f}$ reste constant.

4-3-1/ Les zones utiles des caractéristiques mécaniques se déplacent, dans ce fonctionnement, parallèlement à elles-mêmes. Compléter la figure 1 en y faisant apparaître la caractéristique correspondant à $f = 20$ Hz.

4.3.2/ Compléter le tableau donné figure 2.

4.3.3/ La fréquence 50 Hz correspond au traitement de 2 000 bouteilles à l'heure. En supposant que le rapport entre le nombre de bouteilles sur le tapis et la fréquence de la tension d'alimentation reste constant, quelle doit être la fréquence en sortie du variateur pour traiter 1 500 bouteilles par heure ?

5- ÉTUDE D'UN MONTAGE À AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL (AO)

On considère le montage dont le schéma est donné figure 3 page 5. Ce montage a deux tensions d'entrées U_c et U_{gt} . Il est utilisé dans le système permettant de maintenir constante la vitesse de rotation du moteur asynchrone triphasé.

Pour la résolution du problème, on considérera l'amplificateur opérationnel comme parfait.

5-1/ Rappeler ce que valent les intensités d'entrée I_+ et I_- d'un AO idéal.

5-2/ Rappeler ce que vaut la tension $U_d = V^+ - V^-$ d'un AO idéal en régime linéaire. L'AO du montage étudié peut fonctionner en régime linéaire. Justifier cette affirmation.

5-3/ Exprimer V^+ en fonction de U_c , R_1 et R_2 .

5-4/ Démontrer la relation suivante
$$V^- = \frac{R_2 \cdot U_{gt} + R_1 \cdot U_s}{R_1 + R_2}$$

5-5/ En admettant un fonctionnement linéaire de l'AO, déterminer la relation donnant U_s en fonction de U_c , U_{gt} , R_1 et R_2 .

5-6/ Que devient la relation précédente avec $R_1 = 1,0 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 22 \text{ k}\Omega$?

5-7/ Quelle fonction réalise ce montage ?

DOCUMENT REPONSE 1 : à rendre avec la copie

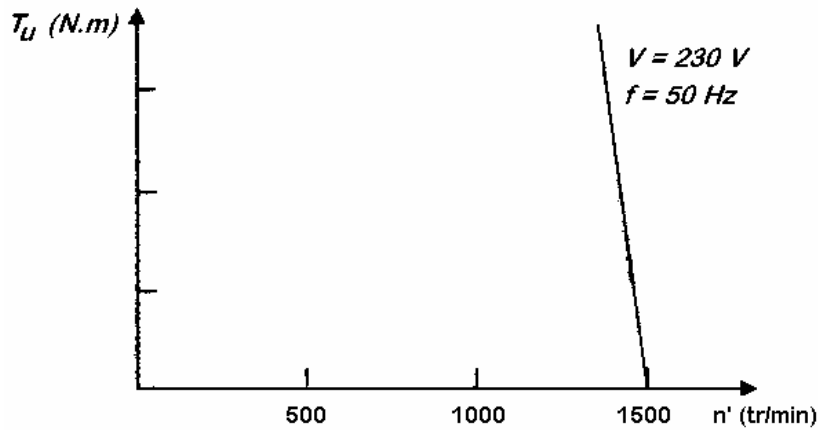


Figure 1

n'_s (tr / min)	1 500			200
f (Hz)	50	20		
V (Volts)	230		46	

Figure 2

Remarque : n'_s désigne la fréquence de synchronisme du moteur asynchrone, c'est-à-dire quasiment sa fréquence de rotation à vide.

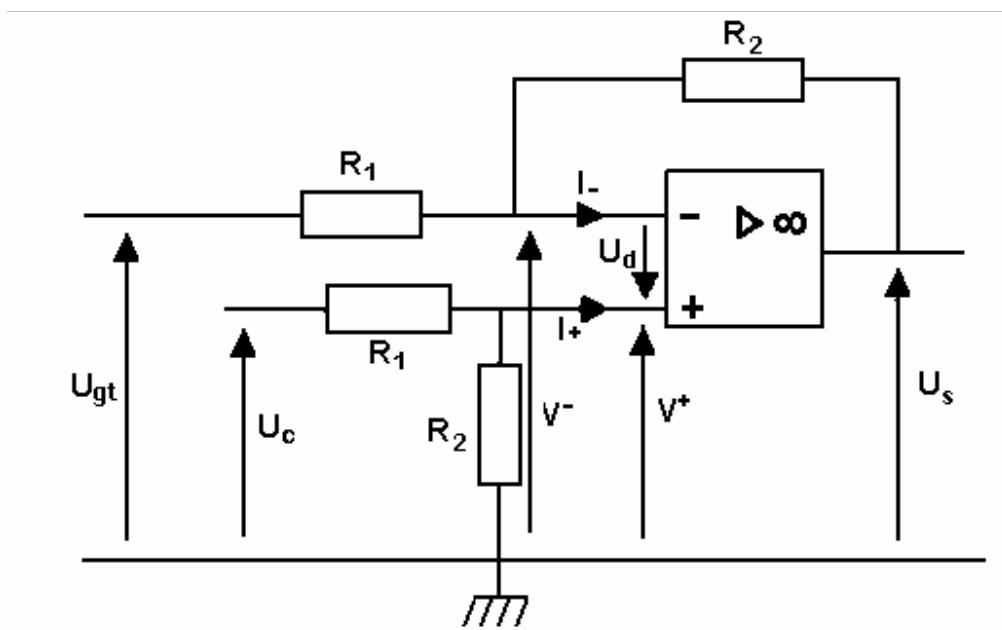


Figure 3

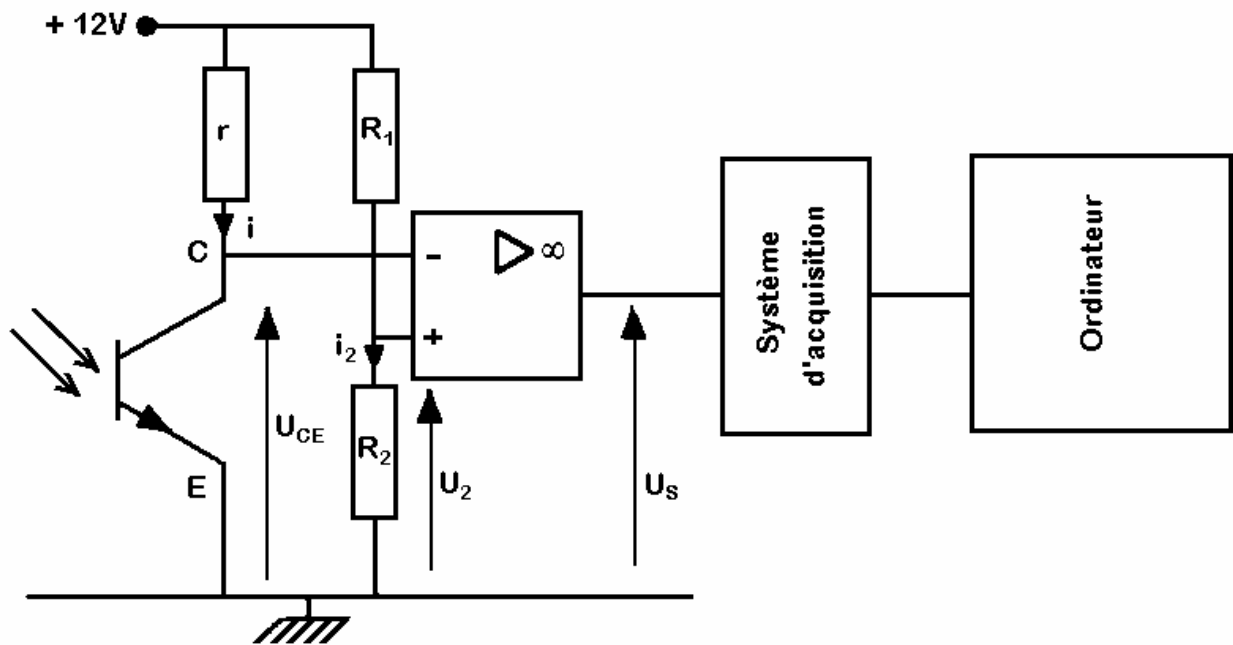


Figure 4

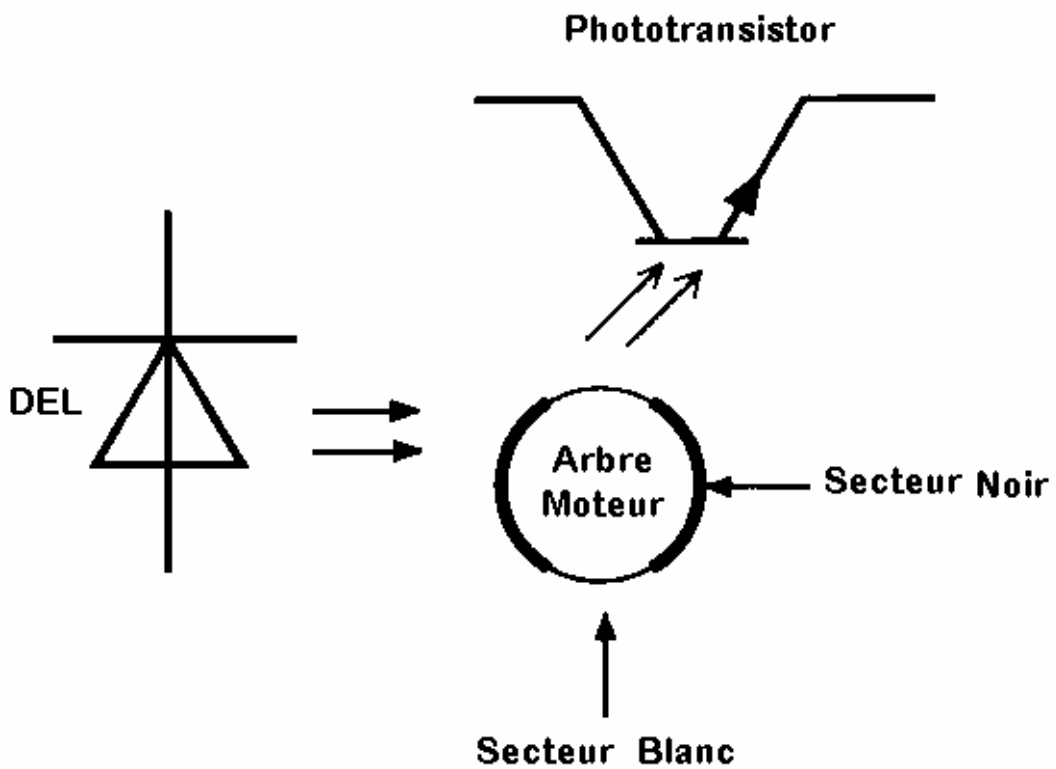


Figure 5

DOCUMENT REPONSE 2 : à rendre avec la copie

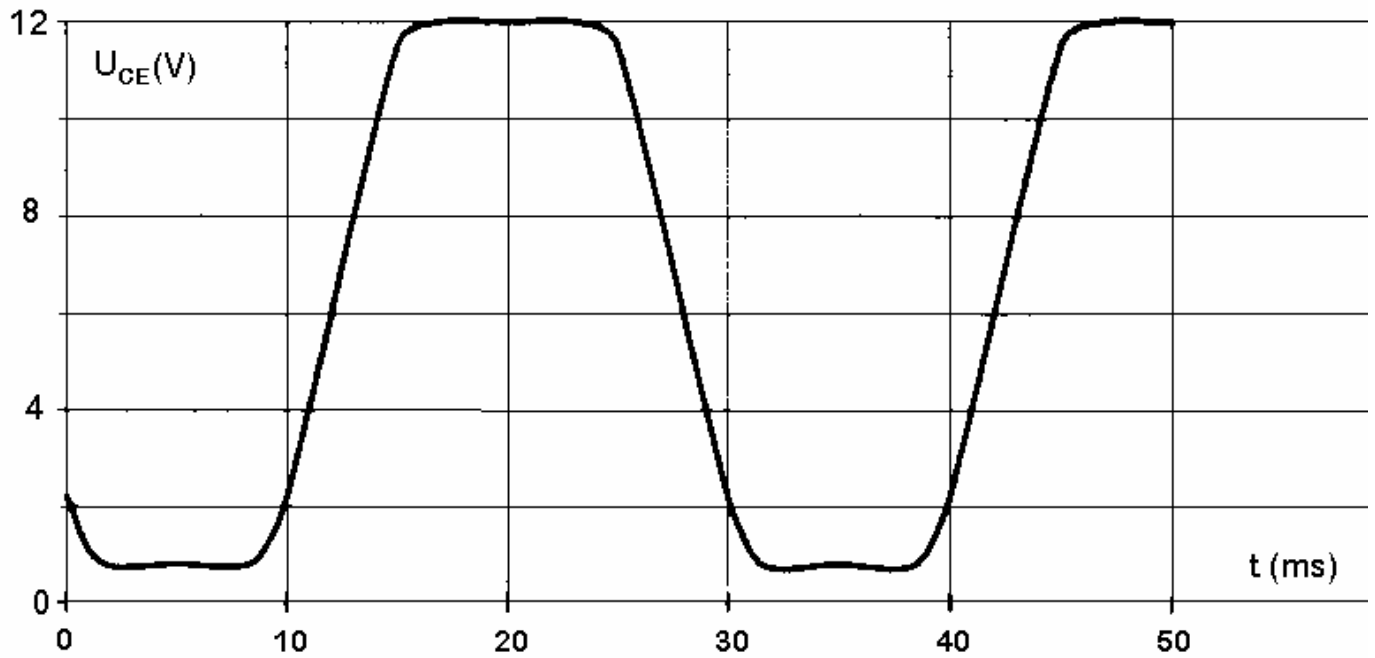


Figure 6

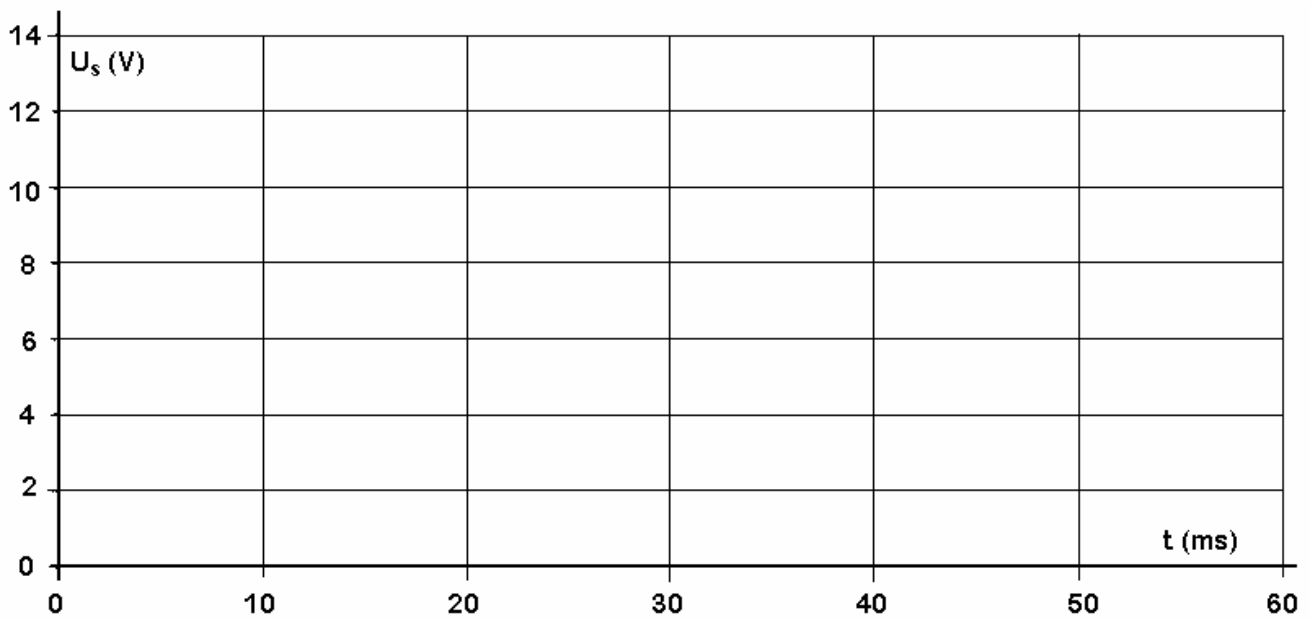


Figure 7