

BTS CONTROLE INDUSTRIEL ET REGULATION AUTOMATIQUE

SCIENCES PHYSIQUES

Durée totale : 4 heures

Coefficient : 5

La calculatrice est autorisée.

Il est conseillé aux candidats de consacrer :

- 2 h à la Physique Appliquée.

- 1 h 15 min à la Physique.

- 45 min à la Chimie.

Physique Appliquée Coefficient : 2,5.

Physique Coefficient : 1,5.

Chimie Coefficient : 1.

Les compositions seront faites sur des feuilles séparées.

Ce sujet comporte 14 pages :

- Page de garde 1 page.
- Physique 6 pages dont deux à rendre avec la copie.
- Chimie 2 pages.
- Physique Appliquée 5 pages.

Les feuilles à rendre seront agrafées à la copie par le surveillant sans aucune identité du candidat.

PHYSIQUE APPLIQUEE

L'épreuve de Physique Appliquée comprend trois parties : A, B et C, que l'on peut traiter dans un ordre quelconque, aucun résultat de l'une des parties n'étant utile dans une autre.

A - Electronique de puissance.

Un moteur à courant continu est alimenté par l'intermédiaire d'un pont de transistors (figure A 1). Les tensions d'alimentation du pont (par rapport à la tension de référence notée 0 V), sont : + 50 V et - 50 V.

Le dispositif de commande des 4 transistors, non représenté, provoque la saturation de 2 transistors simultanément (la tension collecteur-émetteur est alors considérée comme nulle), les autres étant bloqués. Les diodes sont supposées parfaites.

Ainsi le pont n'a que deux états de conduction :

ou bien T_1, T_3 sont saturés et T_2, T_4 bloqués

ou bien T_2, T_4 sont saturés et T_1, T_3 bloqués.

1 - Pour un certain mode de fonctionnement la période des états de conduction du pont est de 2 millisecondes et la durée de l'état " T_2, T_4 saturés" est de 1,5 milliseconde.

On suppose que le courant I dans le moteur est toujours positif.

1 - 1 - Tracer la courbe représentant les variations de la tension U_M en fonction du temps (pour 2 périodes par exemple).

1 - 2 - Tracer la courbe représentant les variations de la tension U_N en fonction du temps.

1 - 3 - Tracer la courbe représentant les variations de la tension de sortie du pont $U_S = U_M - U_N$.

1 - 4 - Calculer la valeur moyenne de la tension de sortie du pont U_S .

1 - 5 - Dans quels composants passe le courant I (toujours positif) pendant les instants où T_2 et T_4 sont bloqués ?

2 - Afin de modifier la vitesse du moteur on change les intervalles de conduction du pont. La tension U_S à partir de cet instant, noté $t = 0$, est représentée sur la figure A 2.

On admet que, de façon transitoire, la vitesse du moteur varie peu. La f.c.e.m. reste donc constante : $E' = 50$ V.

Pour calculer les variations du courant I , on choisit un schéma équivalent très simplifié du circuit : on ne retient que la f.c.e.m. E' du moteur et l'inductance L . On néglige toutes les chutes de tension dues aux résistances (voir figure A 3).

On donne aussi : $L = 0,06$ H ; $I = 2$ A (à $t = 0$ s).

2 - 1 - Ecrire l'équation différentielle reliant U_S , I , E' , L et le temps.

2 - 2 - Etude pour l'intervalle de temps : $0 < t < 1$ ms.

Intégrer l'équation différentielle et exprimer $I(t)$.

Calculer I pour $t = 1$ ms.

2 - 3 - Etude pour l'intervalle de temps : $1 < t < 2$ ms.

Exprimer $I(t)$.

Calculer I pour $t = 2$ ms.

2 - 4 - Tracer la courbe $I(t)$ pour l'intervalle $0 < t < 2$ ms.

B - Mesure analogique.

On désire mesurer l'intensité I du courant dans le moteur.

A cet effet une résistance R_s de faible valeur est placée en série avec le moteur (figure B).

L'amplificateur représenté de façon simplifiée traite la différence de potentiel ($U_A - U_B$) pour élaborer la tension U_2 qui sera appliquée à l'entrée du régulateur de courant. Les amplificateurs opérationnels A_1 et A_2 sont supposés parfaits.

1 - Exprimer U_1 puis U_2 en fonction de $U_A, U_B, R_A, R_B, R_1, R'_1$ et R_2 .

2 - Montrer que si $R'_1 = R_1$ et $R_A = R_B$, U_2 est proportionnelle à $(U_A - U_B)$.

3 - Réglage de l'échelle : calculer la valeur R_2 qui permet d'obtenir $U_2 = -10$ volts lorsque l'intensité du courant dans le moteur est 20 A.

$$R_s = 0,01 \Omega,$$

$$R_1 = R'_1 = 10 \text{ k}\Omega,$$

$$R_A = R_B = 100 \text{ k}\Omega.$$

4 - On admet que l'amplificateur A_1 est parfait si sa tension de sortie U_1 reste dans l'intervalle $[-12 \text{ V}, +12 \text{ V}]$. Quelle est alors la plage correspondante de tension d'entrée admissible pour U_B ?

C - Traitement numérique du signal.

1 - La tension de mesure analogique est filtrée puis transformée en valeur numérique à l'aide d'un convertisseur analogique numérique donnant un nombre M correspondant à la mesure, comprise entre -10 V et $+10 \text{ V}$. On désire une résolution correspondant à $1/1000$ de l'échelle $[-10 \text{ V}, +10 \text{ V}]$.

1 - 1 - Combien de bits au minimum doit avoir le convertisseur ?

1 - 2 - Dans ce cas quelle est la plus petite variation de tension que l'on peut déceler ?

2 - Le nombre M est traité par un système numérique qui élabore un nombre S calculé de la façon suivante :

* calcul de l'écart

$$e_n = C - M \quad (C \text{ étant la consigne})$$

* calcul de la partie proportionnelle

$$P_n = K_p \cdot e_n$$

* calcul de la partie intégrale

$$I_n = I_n \cdot 1 + K_i \cdot e_n$$

* calcul de la sortie

$$S_n = P_n + I_n$$

On donne $K_p = 1$ et $K_i = 0,1$. La fréquence d'échantillonnage et de calcul est de 1 kHz.

2 - 1 - Réponse indicielle en boucle ouverte :

Dans les conditions de l'expérience, M reste constant : $M = 250$.

La consigne C passe de 250 à 270.

I est nul avant la prise en compte du changement : $I_0 = 0$.

Dans un tableau, consigner les valeurs successives de e , P , I et S pendant les 5 premières scrutations du convertisseur analogique-numérique à partir de la prise en compte du changement.

2 - 2 - Représenter S en fonction du temps pour mettre en évidence la réponse à l'échelon.

2 - 3 - Au bout de combien de temps la sortie S vaut-elle deux fois l'écart $(C-M)$?

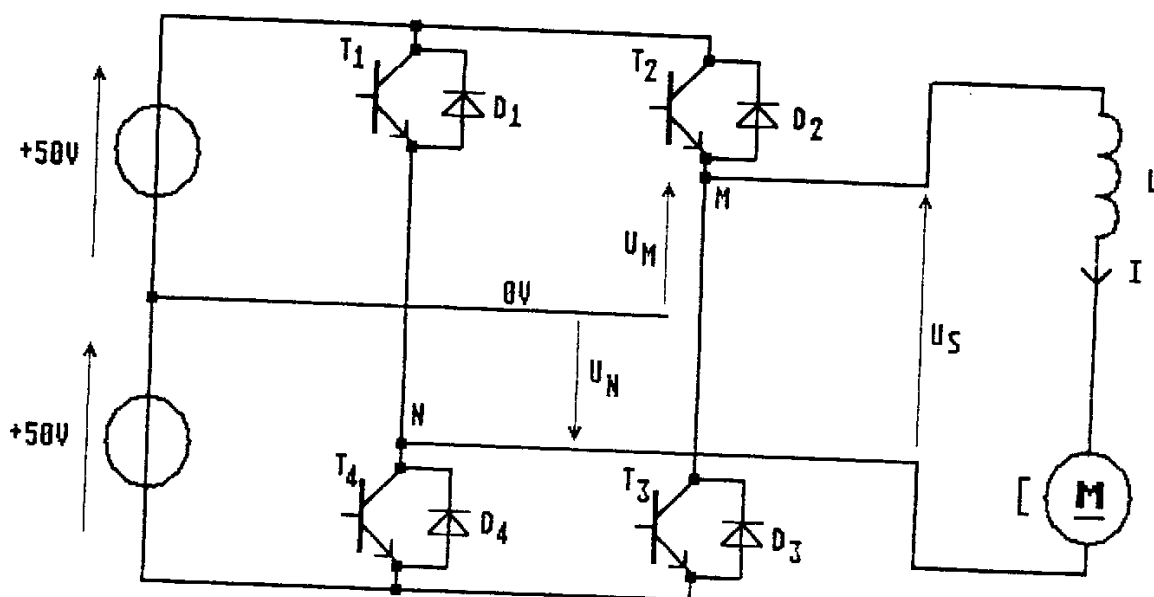


Figure A 1

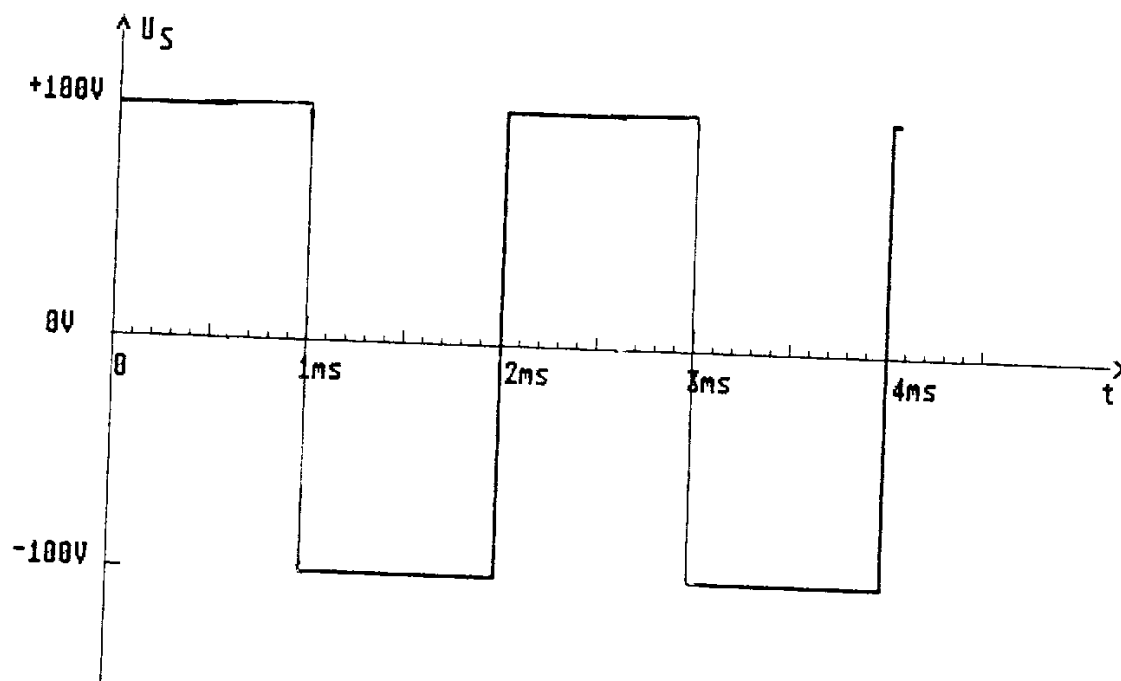


Figure A 2

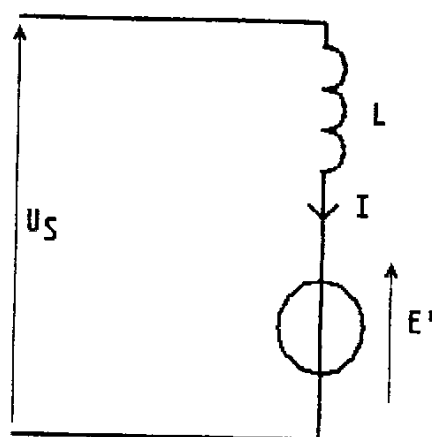


Figure A3

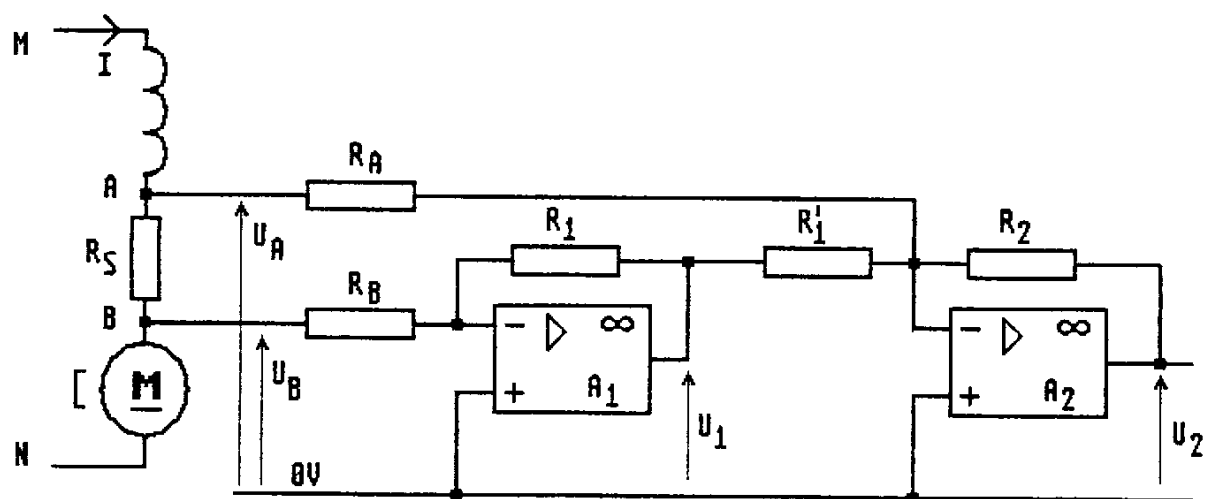


Figure B