

SESSION 1995

D B T P . 1

S U J E T

PHYSIQUE ET PHYSIQUE APPLIQUEE

COEFFICIENT : 2

DUREE : 2 HEURES

REGULATION DE VITESSE D'UN MOTEUR A COURANT CONTINU.

On se propose d'étudier le fonctionnement de certains sous-ensembles d'un système de régulation d'un moteur à courant continu à excitation indépendante.

Le schéma fonctionnel est représenté par la figure 1.

Les parties I, II, IV du problème sont indépendantes.

Les 2 dernières parties étudient le fonctionnement de l'ensemble du dispositif, d'abord en boucle ouverte puis en boucle fermée.

Tous les amplificateurs opérationnels sont idéaux. Lorsqu'ils sont saturés leur tension de sortie vaut $+15V$ ou $-15V$.

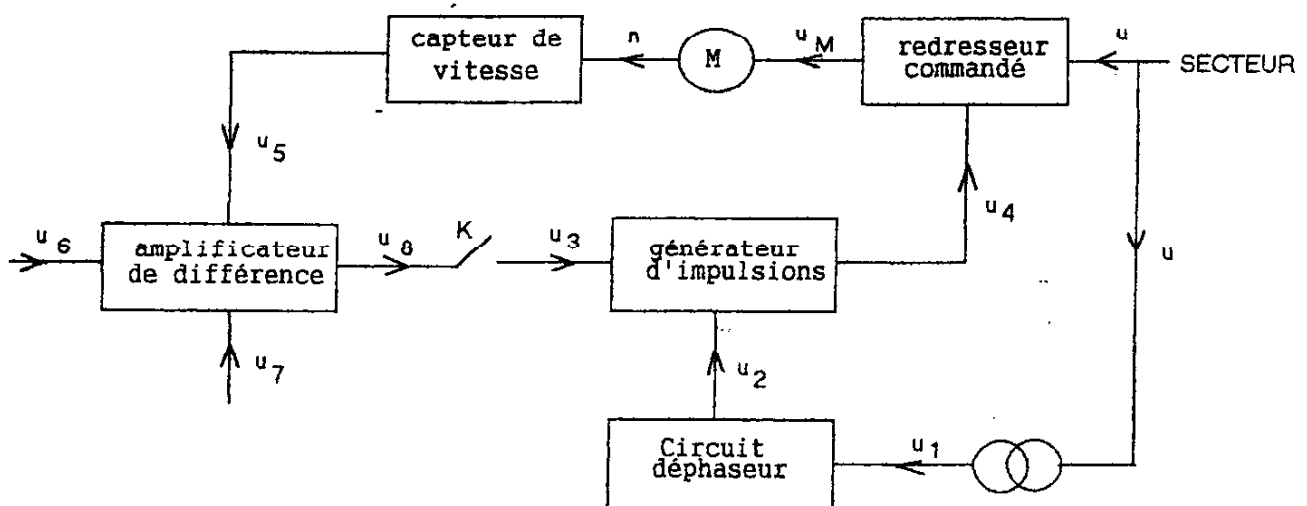


FIGURE 1

I. ETUDE DU DEPHASEUR, (figure 2/ page 7)

La tension u_1 est une tension sinusoïdale de pulsation ω

I. 1. Exprimer, en notation complexe, les tensions d'entrée de l'A.O. :

$\underline{V}^-$ en fonction de $\underline{U}_1$ et $\underline{U}_2$

$\underline{V}^+$ en fonction de $\underline{U}_1$

L' A.O étant en régime linéaire, en déduire que la transmittance complexe $\underline{T}$ a pour expression :

$$\underline{T} = \frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1} = - \frac{1 - jRC\omega}{1 + jRC\omega}$$

I. 2. Calculer le module de $\underline{T}$

I. 3.a) Exprimer le déphasage ϕ de la tension de sortie u_2 par rapport à la tension d'entrée u_1 .

I. 3. b) Calculer ϕ pour les valeurs suivantes de la pulsation :

$$\omega = 0$$

$$\omega = \omega_0 = 1/RC$$

$$\omega \gg \omega_0$$

I.4. Application numérique :

On donne $R = 10 \text{ k}\Omega$

Déterminer la valeur de la capacité C pour qu'à la fréquence de 50 Hz le déphasage soit $\phi = +\pi/2$.

II. ETUDE DU GENERATEUR D'IMPULSIONS (figure 3/ page7)

U_3 est une tension continue de commande.

u_2 est une tension sinusoïdale de fréquence 50 Hz et d'amplitude 15V.

$$u_2 = \hat{U}_2 \cos \omega t$$

II.1. Pour $U_3 = +5,0$ V, représenter U_3 avec les mêmes axes que u_1 et u_2 puis représenter la tension $u_s(t)$, sur la feuille de réponse p 8.

II.2. La constante de temps du circuit est $t_1 = R_1 C_1 = 0,1$ ms. Indiquer sans calculs la fonction réalisée par le circuit $R_1 C_1$. Quel est le rôle de la diode D ?

Donner sur la feuille de réponse l'allure de la tension $u_4(t)$.

II.3. On appelle t_1 le temps séparant les impulsions du passage de u_2 à son maximum. t_1 représente donc le retard des impulsions par rapport au passage à 0 de u_1 dans le sens croissant.

Montrer que :

$$\cos \theta_1 = \frac{U_3}{\hat{U}_2} \text{ en posant : } \theta_1 = \omega t_1$$

(Un dispositif analogue fournit d'autres impulsions décalées de $T/2$).

III. REDRESSEUR COMMANDE (non étudié)

Réalisé à l'aide d'un pont mixte.

On admet que la valeur moyenne $\langle u_M \rangle$ de la tension u_M aux bornes du moteur peut s'écrire :

$$\langle u_M \rangle = (1 + \cos \theta_1) \frac{U\sqrt{2}}{\pi} \text{ avec } \theta_1 = \omega t_1$$

IV. ETUDE DU MOTEUR (figure 4 / page 7)

On a représenté le schéma équivalent de l'induit du moteur auquel on adjoint une bobine de lissage. Le moteur fonctionne à flux constant. La tension u_M à ses bornes est unidirectionnelle, de valeur moyenne $\langle u_M \rangle$ et réglable.

La force-électromotrice E du moteur est proportionnelle à la fréquence de rotation n .

$$E = k.n \text{ avec } k = 8,0 \text{ V.tr}^{-1}.\text{s.}$$

La résistance équivalente de l'induit et de la bobine a pour valeur

$$R_M = 1\Omega$$

IV.1. Exprimer $u_M(t)$ en fonction de i , $\frac{di}{dt}$, R_M , L et E

On admet que la valeur moyenne $\langle u_M \rangle$ peut s'écrire :

$$\langle u_M \rangle = E + R_M \langle i \rangle$$

IV.2. En déduire une relation entre n , $\langle u_M \rangle$, R_M , et $\langle i \rangle$.

IV.3. On considère un fonctionnement où l'intensité du courant ne dépend pas de $\langle u_M \rangle$ (fonctionnement à couple constant);

On donne $\langle i \rangle = I = 10 \text{ A}$

Préciser pour quelle valeur minimale de u_M le moteur démarre

Tracer $n = f(\langle u_M \rangle)$ jusqu'à $\langle u_M \rangle = 200 \text{ V}$ (sur la feuille réponse p.8)

V. CAPTEUR DE VITESSE (non étudié)

Constitué par une dynamo tachymétrique associée à un filtre, le capteur fournit une tension continue U_5 (voir figure 1) de valeur proportionnelle à la fréquence de rotation n du moteur :

$$U_5 = 0,50 n \quad n \text{ en tr.s}^{-1}. \quad \text{et } U_5 \text{ en V}$$

VI. AMPLIFICATEUR DE DIFFERENCE . (non étudié)

Les deux tensions U_5 et U_6 , (voir figure 1) sont continues.
On admettra :

$$U_8 = 100(U_6 - U_5) - 15,0 \text{ avec } U_5, U_6, U_8 \text{ en V}$$

VII. ETUDE DU SYSTEME COMPLET, NON BOUCLE (figure 1 ; K ouvert)

VII.1. En utilisant les résultats de la partie II et de la partie III établir l'expression de $\langle u_M \rangle$ en fonction de U_3 , $\hat{U}_2$ et U , valeur efficace de la tension du secteur.

VII.2. En déduire que si $U = 220V$:

$$\langle u_M \rangle = 99 \left(1 + \frac{U_3}{15} \right) \text{ avec } \langle u_M \rangle \text{ et } U_3 \text{ en V}$$

VII.3. On considère un fonctionnement pour lequel $U_3 = 3,0V$ et $\langle i \rangle = I = 10A$.
Calculer la fréquence de rotation du moteur.

VII.4. Par suite de l'augmentation du couple résistant, l'intensité du courant devient $I' = 16A$.
Calculer la nouvelle valeur n' de la fréquence de rotation.

VIII. ETUDE DU SYSTEME BOUCLE. (figure 1 : K fermé)

La tension de sortie de l'amplificateur de différence constitue maintenant la commande du générateur d'impulsions :

On a donc $U_8 = U_3$ et la tension de commande de vitesse du dispositif complet est U_6

On rappelle que :

$$U_5 = 0,50 n \text{ avec } n \text{ en tr.s}^{-1}. \text{ et } U_8 = 100(U_6 - U_5) - 15 \text{ avec } U_5, U_6, U_8 \text{ en V.}$$

VIII.1 On considère le même fonctionnement que précédemment :

$$U_3 = 3,0V \text{ et } \langle i \rangle = I = 10A.$$

Calculer la tension de commande U_6 permettant d'obtenir ce fonctionnement.

VIII.2 La tension U_6 gardant la même valeur, l'augmentation du couple résistant de la charge du moteur fait croître l'intensité du courant dans l'induit jusqu'à la valeur : $I' = 16A$.

a) Etablir la relation donnant la fréquence de rotation n du moteur en fonction de U_6 et de $\langle i \rangle$.

b) Application numérique : calculer la nouvelle valeur n' de la fréquence de rotation pour $\langle i \rangle = I' = 16A$.

Conclusion.

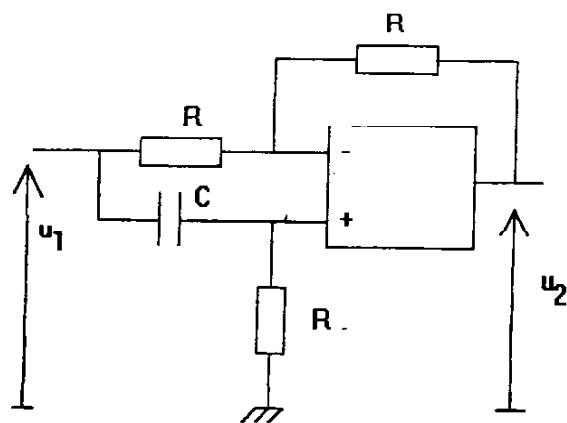


FIGURE 2.

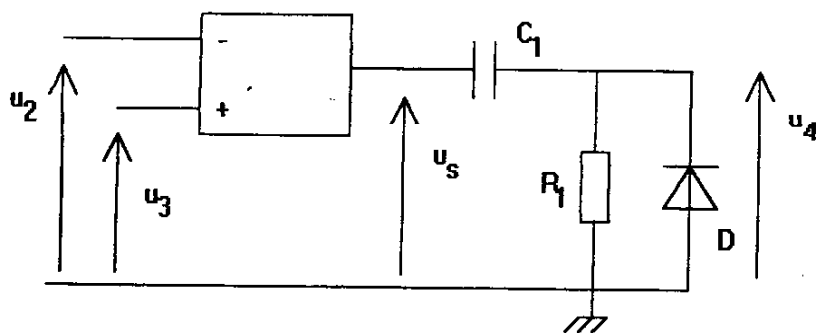


FIGURE 3.

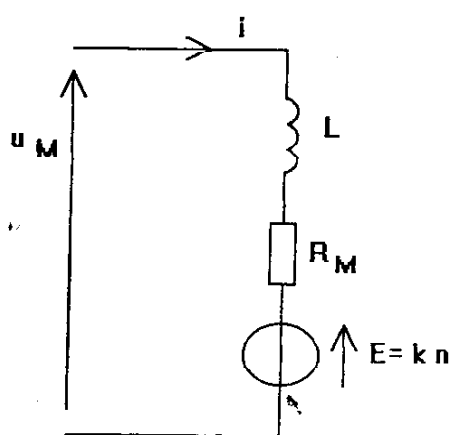
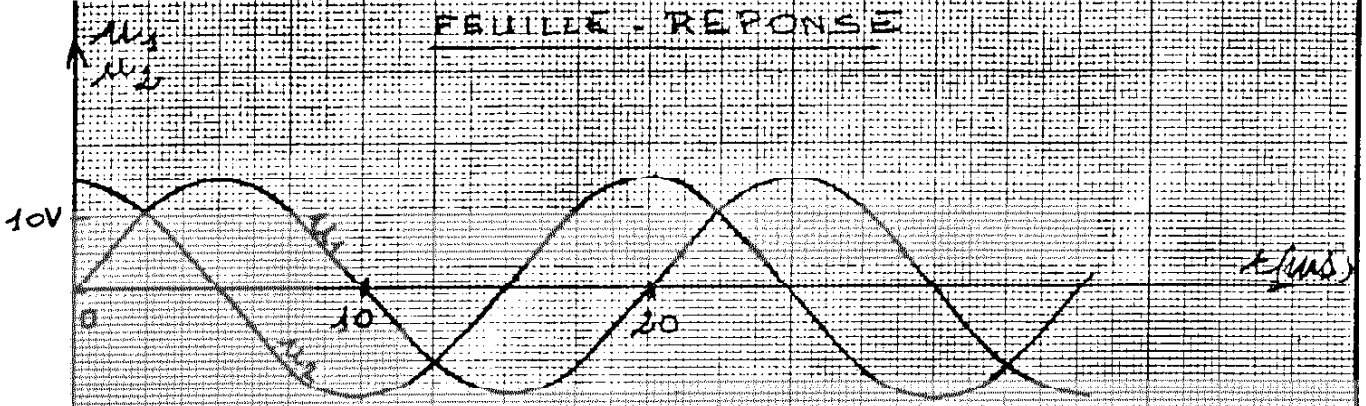


FIGURE 4.

FEUILLE - REPONSE



$i(\mu A)$

$t(\mu A)$

$i(\mu A)$

$t(\mu A)$

$m (t/s^{-1})$

$\langle u_m \rangle$
(V)