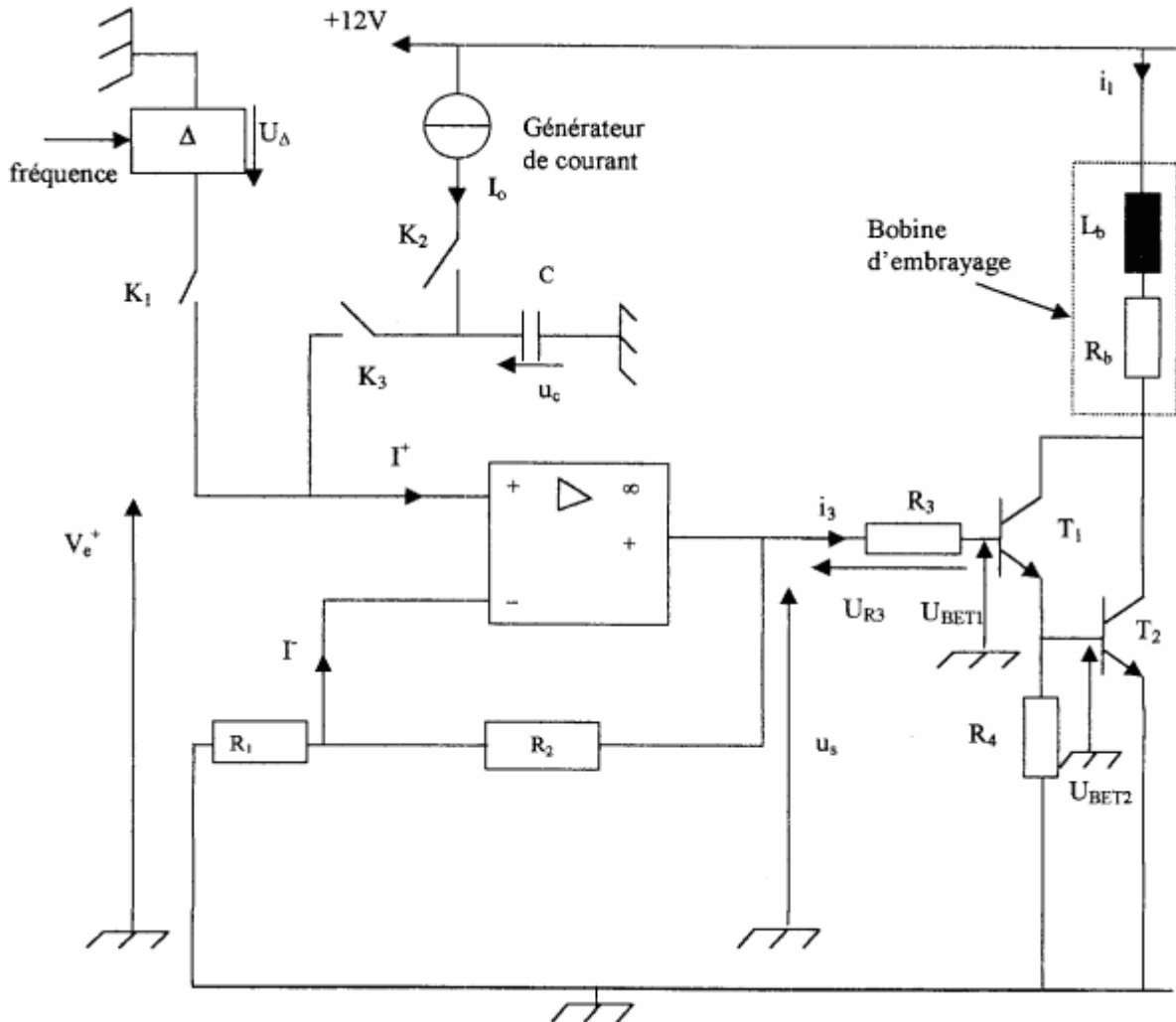


BTS MAVA électricité 2005 (13 points)

Dans cet exercice on se propose d'étudier une partie de la commande d'un embrayage électromagnétique d'un véhicule prototype de faible cylindrée.

Le schéma électrique simplifié est le suivant :

Le circuit de décharge du condensateur n'est pas représenté



La bobine de l'embrayage est équivalente à une résistance R_b montée en série avec une inductance L_b , susceptible d'être traversée par un courant i_L .

Le rapport L_b / R_b est très faible (la durée pour laquelle le courant s'établit dans la bobine est donc très faible).

L'amplificateur opérationnel est supposé parfait; les tensions de saturation sont + 12 V et 0 V.

Le générateur de courant débite un courant constant I_0 .

Le capteur Δ est un convertisseur fréquence-tension.

Le condensateur C est un condensateur électrochimique de 100 μ F.

T_1 est un transistor faible puissance, T_2 est un transistor de puissance.

Les interrupteurs K_1 , K_2 et K_3 sont actionnés en fonction de différents paramètres cinématiques du véhicule.

A - Etude durant une phase d'accélération

En position arrêtée, moteur allumé, les interrupteurs K_2 , K_3 sont fermés ; l'interrupteur K_1 est ouvert. On désire embrayer progressivement c'est à dire que le courant dans la bobine s'établit progressivement.

1. Que valent I^+ et I^- ? Justifier.
2. Quel est le régime de fonctionnement de l'amplificateur opérationnel dans ce montage ? (justifier)
3. En supposant qu'au moment de la fermeture de K_2 et K_3 le condensateur est déchargé, montrer que

$I_0 = \frac{u_c C}{t}$ où u_c est la tension aux bornes du condensateur en volt, t la durée en seconde et C la capacité du condensateur en farad.

4. A partir du graphe n°1, établir la relation entre u_c et t .

En vous aidant du résultat de la question précédente, montrer que $I_0 = 500 \mu A$.

5. Etablir la relation entre V_e^+ et u_c .

6. Montrer que la tension en sortie d'amplificateur opérationnel, u_s , peut se mettre sous la forme

$$u_s = \frac{R_1 + R_2}{R_1} u_c.$$

En déduire l'expression de u_s en fonction du temps.

7. On donne $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$. Tracer, pour t compris entre 0 et 1,2 seconde, les fonctions représentatives $u_s = f(t)$ pour $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ puis pour $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$. Quelle est l'influence de R_2 sur la tension de sortie u_s de l'amplificateur opérationnel ?

8. T_1 est un transistor de rapport d'amplification $\beta_1 = 100$.

T_2 est un transistor de rapport d'amplification $\beta_2 = 50$.

Leurs tensions U_{BE} valent respectivement 0,7 V et 0,8 V lorsque ces jonctions BE sont polarisées en sens direct.

Déterminer la relation entre u_s , u_{R_3} , u_{BET_1} et u_{BET_2} .

En déduire que i_3 peut se mettre sous la forme $i_3 = (u_s - 1,5) \times 10^{-4}$ où i_3 est exprimée en ampère et u_s en volt. On donne $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$.

9. En régime établi, la bobine se comporte comme une résistance de valeur $R_b = 4 \Omega$ et les transistors sont alors saturés.

On néglige les tensions de saturation U_{CE} de chaque transistor.

Déterminer l'intensité de saturation I_L .

10. Sur le graphe n°2, on donne l'évolution de i_L en fonction de i_3 .

Donner la relation entre i_L et i_3 dans la partie linéaire de fonctionnement.

Pouvait-on retrouver cette relation à partir des données de l'énoncé ? (justifier)

Déterminer, graphiquement, la valeur de i_3 provoquant la saturation et en déduire la valeur de u_s correspondante.

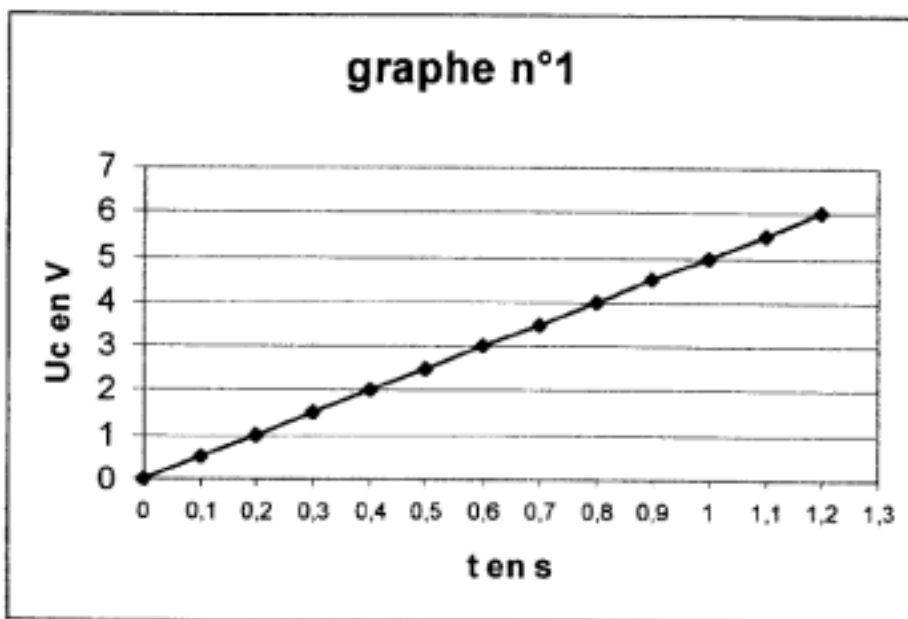
Quelle durée est nécessaire pour que l'embrayage soit total sachant que $R_2 = 1\text{ k}\Omega$? (On considère l'embrayage total quand le transistor T_2 est saturé et quand i_L est maximum)

B - Etude durant une phase de relance

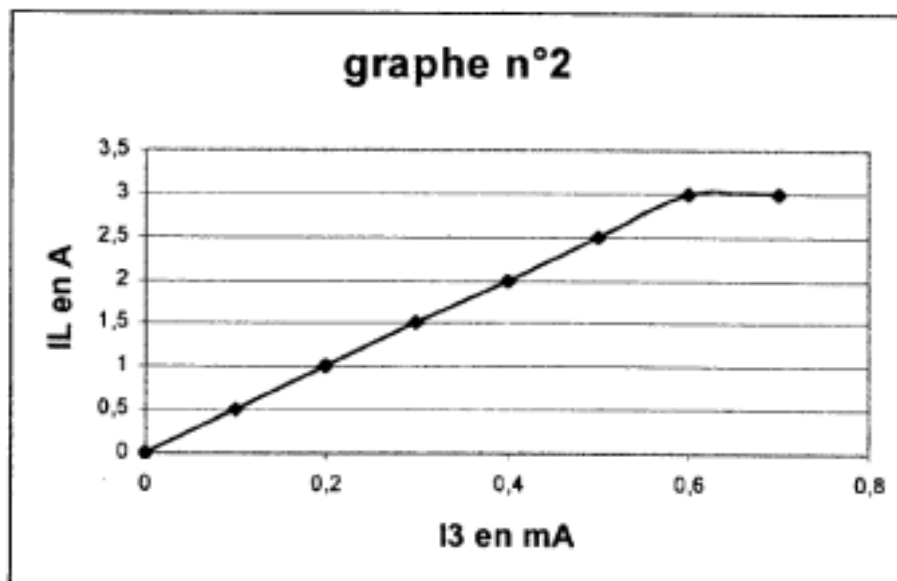
Le véhicule est en roue libre, le moteur est allumé, l'interrupteur K_1 est fermé, les interrupteurs K_3 et K_2 sont ouverts. On désire embrayer le plus rapidement possible c'est à dire établir le courant maximum dans la bobine le plus rapidement possible.

Le capteur fréquence-tension Δ délivre alors une tension constante $U_\Delta = 6\text{ V}$.

- Déterminer la tension U_s ($R_2 = 1\text{ k}\Omega$). En déduire l'intensité dans la bobine.
- Le transistor T_2 est-il saturé ? L'exigence souhaitée est-elle réalisée ?



t(s)	Uc (V)
0	0
0,1	0,5
0,2	1
0,3	1,5
0,4	2
0,5	2,5
0,6	3
0,7	3,5
0,8	4
0,9	4,5
1	5
1,1	5,5
1,2	6



Réponses :

Partie A

1. $I^+ = I^- = 0$ (l'amplificateur est parfait)
2. La boucle de rétroaction entre l'entrée inverseuse et la sortie indique que l'amplificateur peut fonctionner en régime linéaire.
4. $u_C = a \times t$ avec $a = 5 \text{ V.s}^{-1}$
5. $u_C = V_{e^+}$
6. $u_S = \frac{R_1 + R_2}{R_1} a \times t$ avec $a = 5 \text{ V.s}^{-1}$
7. $u_S = 55 \times t$ (pour $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$) et $u_S = 10 \times t$ (pour $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$)
8. $u_S = u_{R_3} + u_{\text{BET}_1}$ et $u_{\text{BET}_2} = u_S - u_{R_3} - 0,7 \text{ V}$
9. $I_L = \frac{12 \text{ V}}{R_b} = 3 \text{ A}$
10. Les transistors en cascade donnent une amplification de courant de 5000 (50×100) ; c'est ce que l'on retrouve sur le graphe : $i_L = 5000 \times i_3$.

$$i_{3\text{sat}} \cong 0,6 \text{ mA} \text{ donc } u_{\text{ssat}} \cong 7,5 \text{ V}$$

La durée d'embrayage est $t_{\text{sat}} \cong 0,75 \text{ s}$

Partie B

1. $U_S = 12 \text{ V}$ et $\varepsilon = 0$ (presque immédiat)
2. Le transistor est alors saturé et la temporisation précédente due à la charge du condensateur n'existe plus ; l'embrayage se fait très rapidement.