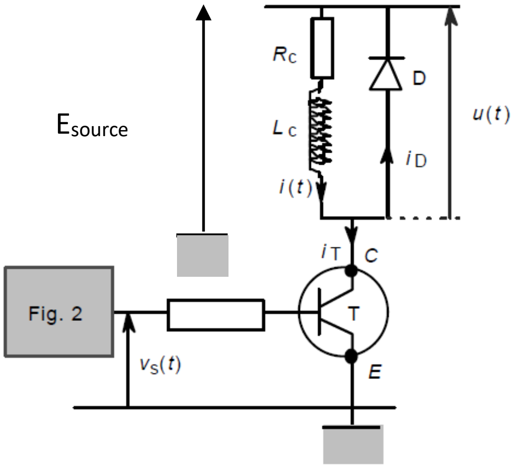
TD N°22 – Electronique de puissance

EXERCICE 2 : Etude d'un hacheur (Mines-Ponts PSI)



$E_{source} = 15$ V ; $R_C = 10\ \Omega$; $L_C = 1$ H.

Le transistor de la figure 3 se comporte comme un interrupteur K :

si $v_s = +V_{sat}$, $V_C - V_E = 0$ K fermé

si $v_s = -V_{sat}$, $i_T = 0$ K ouvert

Le signal v_s est fourni par la tension de sortie du montage étudié à la première partie. Le système hacheur, constitué par le transistor, la diode D et l'alimentation continue E_{source} alimente une charge équivalente à une résistance R_c en série avec une inductance L_c.

❑ **6** – Représenter $u(t)$ et exprimer sa valeur moyenne $\langle u(t)\rangle$ en fonction de α.

❑ **7** – À partir de l'équation différentielle reliant $u(t)$ à $i(t)$, exprimer $\langle i(t)\rangle$, en supposant que le régime permanent a été établi.

❑ **8** – Admettant que, après un bref régime transitoire, un régime périodique s'établit, déterminer les valeurs extrémales, I_{min} et I_{max} entre lesquelles le courant $i(t)$ varie.

❑ **9** – Établir l'expression simplifiée de respectivement I_{min} et I_{max} lorsque la constante de temps du circuit de charge est très supérieur à la période T. En déduire l'expression de *l'ondulation* $\Delta I = I_{max} - I_{min}$.

❑ **10** – Représenter l'allure des grandeurs $i(t)$, $i_D(t)$ $i_T(t)$. Calculer numériquement $\langle i(t)\rangle$, I_{min} et I_{max} pour $\alpha = 0{,}5$.

Le hacheur alimente un moteur à courant continu, convenablement représenté par le circuit de charge ci-dessus. Ce moteur fonctionne d'autant mieux, pour l'application considérée, que l'ondulation est petite. La tension $u(t)$ est représentée, pour $\alpha = 0{,}5$ par son développement de Fourier :

$$u(t) = \frac{1}{T}\int_0^T u(t)\,\mathrm{d}t + \frac{2E}{\pi}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{1}{2n+1}\sin\left[(2n+1)\omega t\right]$$

❑ **11** – Commenter la forme de ce développement.

❑ **12** – Établir, pour $\alpha = 0{,}5$, l'expression générale des composantes de Fourier du courant qui alimente le moteur. Commenter le résultat (on pourra poser $\omega_0 = R_c/L_c$).

❑ **13** – Calculer, pour $f = 1$ kHz , l'amplitude de la composante continue du courant, ainsi que celle des deux composantes suivantes du développement de Fourier.

❑ **14** – Établir que l'ondulation du courant est essentiellement proportionnelle à la période du signal de commande. Vérifier éventuellement le résultat donné à la question 9.

❑ **15** – On néglige l'ondulation ; exprimer alors la puissance moyenne reçue par le moteur et la puissance moyenne délivrée par l'alimentation.

EXERCICE 2 - Aide à la résolution

6 – Etudier qualitativement le circuit suivant que K est fermé ou ouvert : quels sont les états de la diode, est-ce que la bobine emmagasine ou restitue de l'énergie ? que vaut u(t) pour chaque intervalle de temps ?

7 – Montrer que <i> = $\frac{\alpha E}{R_C}$.

8 – Déterminer les lois d'évolution de i(t) pour les deux régimes et se demander quand i(t) est maximum et quand i(t) est minimum.

9 – Il faut faire un DL à l'ordre 2 pour différencier I_{max} et I_{min} et ne pas avoir $\Delta I = 0$. On obtient $\Delta I = \frac{\alpha(\alpha-1)E}{Lf}$.

11 – A quoi correspond le premier terme ? Pouvez-vous tracer la fonction correspondant au deuxième terme (se reporter éventuellement au polycopié de début d'année sur les séries de Fourier : https://lycee-champollion.fr/IMG/pdf/analyse_de_fourier.pdf) ?

12 – Passer en complexe pour étudier composante par composante le passage de $\underline{U_n}$ à $\underline{I_n}$.

Que penser de la décroissance des coefficients de i(t) par rapport à ceux de u(t) ? Pour aller plus loin en utilisant les valeurs numériques fournies, on peut montrer que i(t) est pratiquement triangulaire.

14 – A partir des AN précédentes, conclure sur le rapport $I_{n>2}/I_1$.

15 – $P_{reçue} = P_{fournie} = \frac{E^2}{4R_C}$; le rendement est de 100 % ; est-ce logique ?