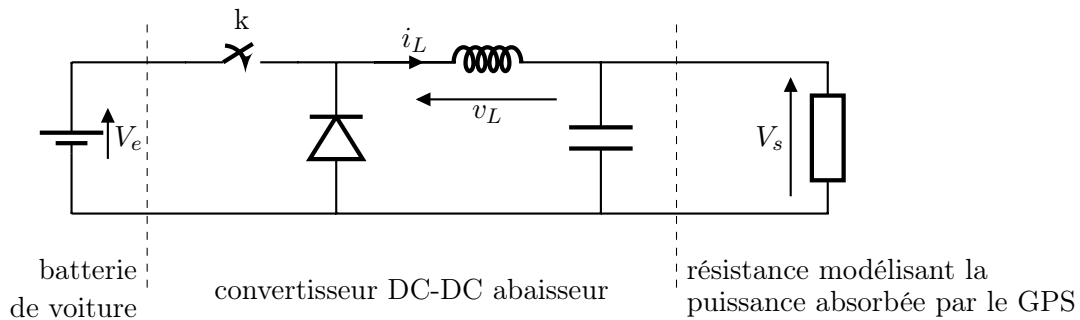


Examen de Systèmes Électroniques Embarqués
Université Paris-Sud
Vendredi 10 mai 2019 - durée : 2 heures

Exercice 1 : Sur l'allume-cigare

Jean-Michel Cepairtouletan s'achète un GPS. Malheureusement, la seule prise pour le recharger est une prise micro-usb 5 V, et il souhaite le brancher sur l'allume-cigare de sa voiture qui délivre du 12 V. Pour il cela, il réalise un convertisseur DC-DC abaisseur, dont le schéma de principe est le suivant :



Relation Entrée-Sortie

Dans cette partie, on suppose que V_e et V_s sont des tensions constantes. On appelle α le rapport cyclique. La période de découpage est $f_d = 100$ kHz.

- Q1 :** Indiquer quel est le matériau de base pour fabriquer les transistors.
- Q2 :** $\forall t \in [0, \alpha T]$, on ferme l'interrupteur. Déterminer la tension aux bornes de la diode et indiquer si elle est passante ou bloquée.
- Q3 :** Déterminer la tension v_L en fonction de V_e et de V_s .
- Q4 :** En déduire si le courant i_L est croissant ou décroissant.
- Q5 :** $\forall t \in [\alpha T, T]$, on ouvre l'interrupteur. Expliquer pourquoi la diode devient passante.
- Q6 :** En déduire la tension v_L en fonction de V_s .
- Q7 :** Sachant que la valeur moyenne de la tension aux bornes d'une inductance est nulle, calculer cette valeur moyenne et en déduire V_s en fonction de α et de V_e .
- Q8 :** Donner la valeur numérique de α pour obtenir $V_s = 5$ V.
- Q9 :** Déterminer la valeur de la résistance modélisant le transfert d'énergie sachant que la puissance de recharge est de 10 W.

Calcul de L et C

Dans cette partie, on cherche à dimensionner L et C , c'est-à-dire donner une valeur à ces composants. Pour cela, on fait apparaître l'ondulation de tension de sortie ainsi que l'ondulation de courant, car ce sont ces ondulations qui vont permettre de déterminer L et C . On peut exprimer tension et courant comme étant une valeur moyenne et une ondulation :

$$\begin{aligned}i_L &= I_L + \Delta i_L \\v_s &= V_s + \Delta v_s\end{aligned}$$

Q10 : Pour calculer L , on s'impose d'avoir une ondulation de courant de 10 %, ce qui revient à écrire :

$$\frac{\Delta i_L}{I_L} = 0,1.$$

On fait l'approximation que l'ondulation de courant va dans la capacité et que la valeur moyenne du courant va dans la résistance. Sachant que la puissance transmise est 10 W, donner la valeur de I_L .

Q11 : En déduire la valeur de Δi_L .

Q12 : Sachant que $\Delta i_L = \frac{\alpha(1-\alpha)V_e}{L.f_d}$, en déduire la valeur de L .

Q13 : Pour calculer C , on s'impose d'avoir une ondulation de courant de 10 %, ce qui revient à écrire :

$$\frac{\Delta v_s}{V_S} = 0,1.$$

Sachant que la valeur moyenne V_S correspond bien à la valeur de 5 V désirée, en déduire la valeur de Δv_s .

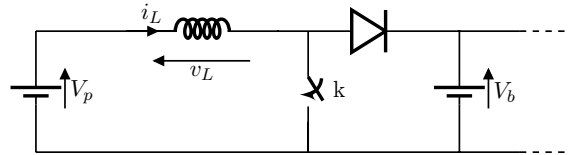
Q14 : Sachant que $\Delta v_s = \frac{\alpha(1-\alpha)V_e}{8.L.C.f_d^2}$, en déduire la valeur de C .

Exercice 2 : Comme sur des roulettes

En 2008 sortait le film d'animation WALL-E. Le protagoniste Jean-Michel WALL-E (Waste Allocation Load Lifter-Earthclass) est un robot qui fonctionne à l'énergie solaire et qui se déplace grâce à des chenilles, dont on supposera ici qu'elles sont actionnées par un moteur à courant continu.

Charge de la batterie

Lorsqu'il les déploie, WALL-E recharge sa batterie grâce à des petits panneaux photovoltaïques. On fait ici l'approximation que la tension V_p issue des panneaux est constante et de valeur $V_p = 4$ V. Il faut recharger une batterie de tension $V_b = 20$ V. Le convertisseur DC-DC élévateur est le suivant :

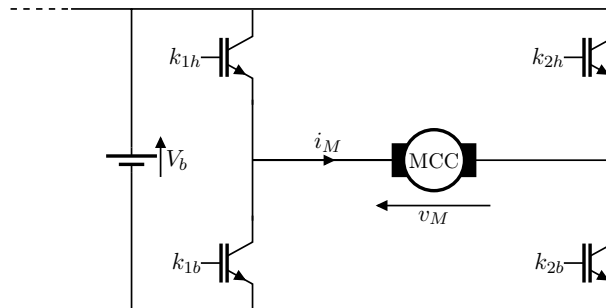


Q1 : En suivant la même méthodologie ($\forall t \in [0, \alpha T]$, on ferme l'interrupteur et $\forall t \in [\alpha T, T]$ on ouvre l'interrupteur), déterminer V_b en fonction de V_p et de α .

Q2 : Donner la valeur de α correspondant aux données de l'énoncé.

Association Hacheur-MCC

Pour alimenter les moteurs des chenilles, on place entre la batterie et le moteur un hacheur 4 quadrants, appelé aussi un pont en H, appelé aussi un onduleur.



Q3 : Expliquer en une phrase pourquoi met-on un hacheur entre la batterie et la MCC.

Q4 : Dessiner le schéma équivalent électrique de l'induit d'une MCC. Nommer chacun des éléments et indiquer lequel correspond à la conversion d'énergie électromécanique.

Q5 : Les quatre équations de la MCC sont classiquement :

$$\begin{cases} c = k.i \\ e = k.\Omega \\ J \frac{d\Omega}{dt} = c - c_r \\ u = R.i + L \frac{di}{dt} + e \end{cases}$$

Indiquer quelles sont les équations électriques, électromécaniques et mécaniques.

Q6 : On cherche à déterminer la vitesse de rotation Ω de la MCC lors du fonctionnement. Pour cela, $\forall t \in [0, \alpha T]$, on ferme k_{1h} et k_{2b} ; k_{2h} et k_{1b} restant ouvert. Déterminer l'équation électrique reliant V_b , R , L , i , et e .

Q7 : $\forall t \in [\alpha T, T]$, on ferme k_{2h} et k_{1b} ; k_{1h} et k_{2b} restant ouvert. Déterminer l'équation électrique reliant V_b , R , L , i , et e .

Q8 : Calculer la valeur moyenne pour faire apparaître Ω en fonction de α et d'autres grandeurs dont on justifiera les éventuelles approximations.

Q9 : Durant son périple, Jean-Michel WALL-E rencontre Marie-Christine EVE (Extraterrestrial Vegetation Evaluator), dont il tombe quelque peu amoureux. Lorsque EVE lui passe devant, il alimente ses moteurs pour lui courir après. Quelle doit être la valeur de α pour alimenter ses moteurs avec le maximum de tension ?

Q10 : Sachant que pour un tel rapport cyclique, on mesure un courant moyen $\langle i_M \rangle = 1$ A, et que la résistance de l'induit est de 2Ω , et que la constante électromécanique est de $0,2$; déterminer la vitesse de rotation de la machine.

Partie mécanique

Q11 : La roue qui fait tourner les chenilles est reliée à la MCC. Cette roue a un diamètre de 20 cm. Sachant que la vitesse périphérique de la roue est reliée à la vitesse de rotation par l'équation

$$vitesse\ peripherique = rayon \times vitesse\ angulaire$$

, déterminer si WALL-E est en mesure de rattraper EVE qui avance à la vitesse de 10 m/s ? (résultat à démontrer, une simple réponse "OUI" ou "NON" ne sera pas comptabilisée...).



Q bonus : Donner l'unité SI de la constante électromécanique, c'est-à-dire l'unité qui ne peut dépendre que des sept unités de base du Système international :

- mètre : m
- kilogramme : kg
- seconde : s
- Ampère : A
- Kelvin : K
- mole : mol
- candela : cd