

HACHEUR – EXERCICES

1. Hacheur série sur charge RL :

On considère le circuit ci-contre où la source alimente une charge modélisée par un résistor R en série avec une bobine d'inductance L .

L'interrupteur T est fermé de $t = 0$ à $t = \alpha.T$ et ouvert de $t = \alpha.T$ à $t = T$, ceci se reproduisant avec une période T .

On suppose le régime périodique établi. On note I_{\max} et I_{\min} les valeurs maximale et minimale de $i(t)$ au cours d'une période.

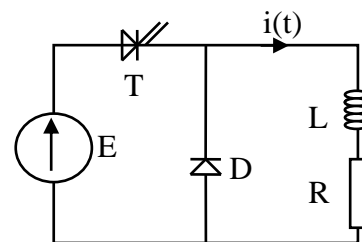
a) Ecrire l'équation différentielle vérifiée par $i(t)$ à tout instant (inclure la tension aux bornes de D). En prenant la valeur moyenne de l'EDiff, déterminer la valeur moyenne I du courant $i(t)$

b) Résoudre les équations vérifiées par $i(t)$ pour $0 \leq t \leq \alpha.T$ puis pour $\alpha.T \leq t \leq T$ en utilisant I_{\min} .

c) Déterminer les expressions de I_{\max} et I_{\min} .

d) Déterminer une expression approchée de l'ondulation de courant (définie par $\Delta i = I_{\max} - I_{\min}$), dans le cas où $\tau = L/R \gg T$. Pour quelle valeur de α cette ondulation est-elle max ? Quelle est alors sa valeur ?

Réponses : a) $I = \alpha E/R$; d) $\Delta i = \frac{\alpha(1-\alpha)ET}{L}$.



2. Commande d'un m.c.c. par un hacheur (E3A PSI 08) :

Le moteur à courant continu d'un modèle réduit d'avion est alimenté par un hacheur.

L'hélice tourne à vitesse constante. L'induit du M.C.C. représenté ci-contre est alimenté par l'intermédiaire d'un hacheur série connecté à une source de tension idéale de valeur $U_0 = 12V$. $R = 0,24 \Omega$ et $\Phi = 3,6 \cdot 10^{-2} Wb$.

L'interrupteur électronique H_1 est commandé de manière périodique à la période T_{H1} par un signal rectangulaire ou créneau de rapport cyclique α et de fréquence de hachage $f = 2 \text{ kHz}$ généré par un circuit non représenté :

l'interrupteur H_1 est fermé entre les instants 0 et αT_{H1} ,

l'interrupteur H_1 est ouvert entre les instants αT_{H1} et T_{H1} ,

à l'état passant, la diode D_1 est assimilée à un interrupteur fermé,

à l'état bloqué, elle est assimilée à un interrupteur ouvert.

Le rapport cyclique est réglé à $\alpha = 0,6$.

Montrer qu'un interrupteur idéal ne consomme pas de puissance et que les interrupteurs H_1 et D_1 ne peuvent être ni fermés, ni ouverts simultanément.

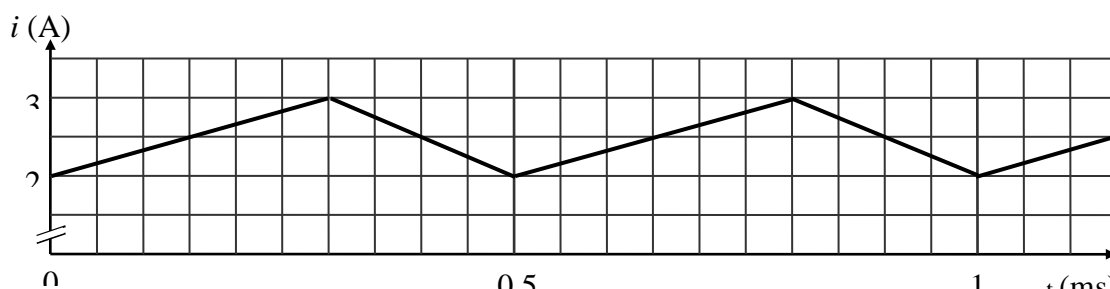
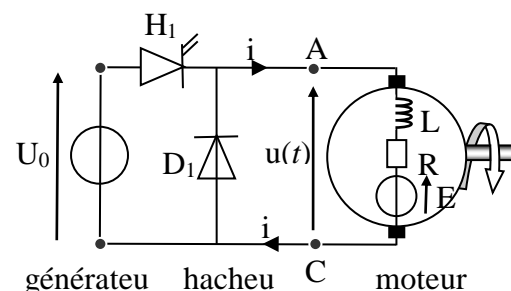
Quel est le rôle de la diode D_1 dite "de roue libre" ?

Représenter sur deux périodes le chronogramme de la tension $u(t)$, c'est-à-dire son évolution au cours du temps. Préciser sur le graphe l'amplitude de $u(t)$ et les instants αT_{H1} et T_{H1} .

La différence de potentiel aux bornes de la résistance de l'induit est négligée dans toute la suite. Calculer la valeur moyenne $\langle u(t) \rangle$ de la tension $u(t)$. En déduire la force électromotrice E et la vitesse de rotation Ω de l'induit en tr.min^{-1} . Montrer que la vitesse de rotation Ω du moteur est proportionnelle au rapport cyclique α . Calculer la valeur de Ω pour $\alpha = 0,6$.

Justifier l'évolution au cours du temps de l'intensité du courant $i(t)$ représentée sur le graphe ci-dessous.

Etablir l'expression de l'ondulation du courant $\Delta i = I_{\max} - I_{\min}$ en fonction de U_0 , L , α et T_{H1} .



Pourquoi est-il intéressant de diminuer l'ondulation du courant ?

Préciser le rôle d'une bobine supplémentaire de lissage qui peut être placée en série avec le moteur. A partir du graphe, calculer l'inductance L de l'induit.

Déterminer la valeur moyenne $\langle i(t) \rangle$ de l'intensité du courant. Vérifier que la chute de tension aux bornes de R est négligeable. Expliquer l'intérêt du courant moyen (et de la tension moyenne) pour un moteur à courant continu.

3. Hacheur série (CCP PSI 2010 = idem cours) :

Un véhicule, motorisé par un moteur à courant continu modélisé par l'association série d'une fém $E = \phi \Omega$ et d'une inductance L , est alimenté par une source de tension constante $U = 400$ V, par l'intermédiaire d'un hacheur série, de rapport cyclique α et de période T , représenté ci-contre.

On a $E = 276$ V pour $\Omega = 3000$ tr/min.

La commande du transistor K est la suivante :

K est passant sur l'intervalle $[0, \alpha T]$

K est bloqué sur l'intervalle $[\alpha T, T]$.

Dans les mêmes conditions de frottement, on a relevé les deux chronogrammes de la figure ci-contre. L'un des deux est obtenu lorsque le véhicule roule sur du plat, l'autre lorsqu'il aborde une montée.

1°) Quel chronogramme correspond au fonctionnement du véhicule en montée ?

Parmi les courants i_K , i_D et i , lequel est celui relevé sur les chronogrammes ?

Quelle est la fréquence de hachage ? Que vaut approximativement le rapport cyclique α ?

2°) Ecrire l'équation différentielle reliant i , U et E sur l'intervalle de temps $[0, \alpha T]$. En déduire l'ondulation du courant $\Delta I = I_{max} - I_{min}$ en fonction de L , U , E , α et T .

3°) Ecrire l'équation différentielle reliant i et E sur l'intervalle de temps $[\alpha T, T]$. En déduire une autre expression de l'ondulation du courant $\Delta I = I_{max} - I_{min}$ en fonction de L , E , α et T .

4°) D'après les deux relations précédentes, déterminer la relation entre E , α et U . Quelle est approximativement la vitesse de rotation de la MCC au cours des deux essais correspondant aux deux chronogrammes ? Quelle est la vitesse de rotation maximale du dispositif étudié ici ?

5°) Exprimer Δi en fonction de L , α , T et U . Retrouver à l'aide des chronogrammes précédents la valeur de l'inductance L .

Réponses : 1°) $f = 200$ Hz 2°) $\Delta I = (U-E)\alpha T/L$ 3°) $\Delta I = E(1-\alpha)T/L$ 4°) $\Omega_{max} = 4348$ tr/min 5°) $L = 29,1$ mH.

4. Principe du hacheur :

On considère un générateur de tension de fém E alimentant une résistance R . Le circuit comporte un interrupteur en série fonctionnant à fréquence fixe $f = 1/T$ avec une durée de conduction αT .

Calculer les valeurs moyennes de :

la tension aux bornes de R ;

l'intensité dans R ;

la puissance dissipée par R ;

la puissance fournie par le générateur.

Comment modifier le montage si l'on ne dispose que d'une source de courant idéal ?

