Université de Batna

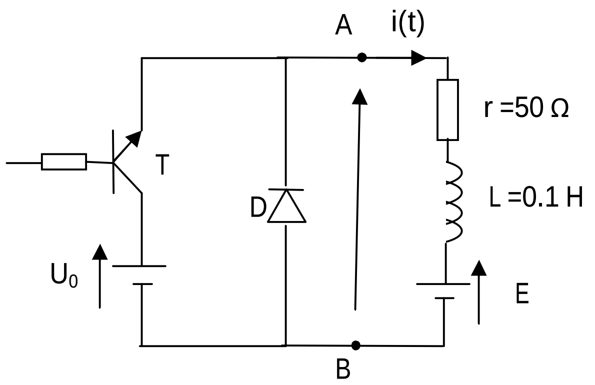
Faculté de technologie

Département d'Electrotechnique

TD N°5 ELT 611.Dispositifs d'alimentation.MCC. Licence troisième Année

EXERCICE N°1

Une machine à courant continu est alimentée par un hacheur abaisseur



Les caractéristiques de la machine sont résistance de l'induit R=50 , inductance d'induit L=0.1.

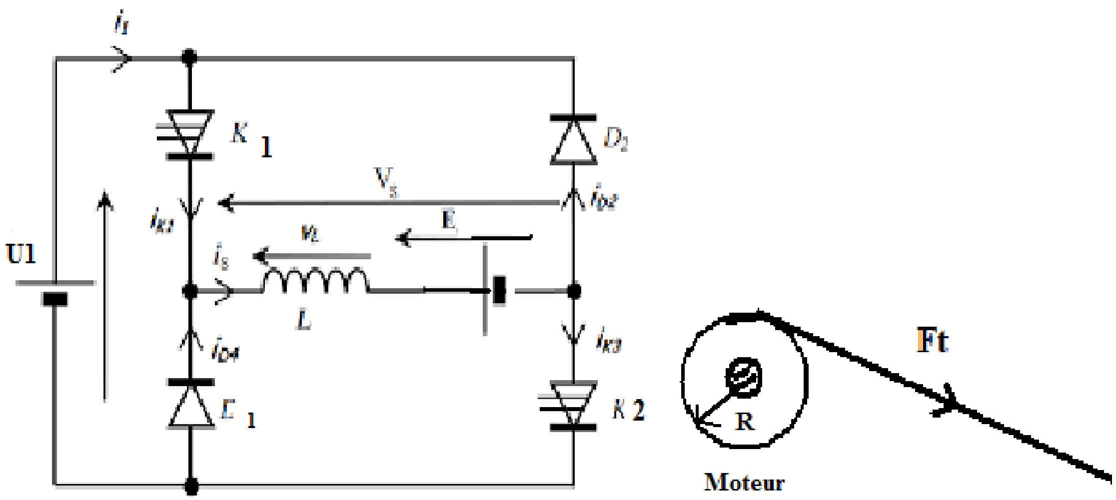
Les conditions de fonctionnement du montage imposent un courant i(t) ininterrompu et positif. L'interrupteur commandé et la diode sont parfaits.

1. Montrer que lorsque le transistor T est saturé la diode est bloquée et Inversement
2. Représentation graphique de la tension aux bornes de la machine pour le cas suivant : U_0=150V f=10kHz $\alpha = 2/3$
3. Calculer la valeur moyenne U_{moy} de u(t) en fonction de $\propto$ et U_0
4. Exprimer en fonction du temps la tension aux bornes de la machine.

5. Montrer que si l'on ne s'intéresse qu'aux valeurs moyennes des différentes grandeurs, le schéma du montage est équivalent à une maille ne comprenant que trois éléments.
6. Calculer littéralement et numériquement la valeur de E sachant que la valeur moyenne de i(t) est I_{moy}=0.2 A, R=50Ω.
7. En déduire la constante de temps électrique de cette machine. Comparer la constante de temps de la machine à la période de découpage. Quelle conclusion vous tirez sur l'évolution du courant $i(t)$
8. Etablir la valeur moyenne du courant $i(t)$ en fonction de R, E, et U_{moy}
9. Exprimer la valeur maximale de l'ondulation pour $\propto = 0.5$.
10. Quel élément il faut rajouter au circuit pour garantir une ondulation maximale de 5%. Quelle est sa valeur.

Exercice N°2:

Le hacheur représenté par la figure suivante permet l'alimentation d'un moteur à courant continu a aimant permanent servant à la motorisation d'u n enrouleur dérouleur.



K1 et k2 sont des interrupteurs commandés à l'ouverture et à la fermeture tels que :

Pour $0 < t < \alpha T$ K1 et K2 sont commandés à la fermeture et pout $\alpha T < t < T$ K1 et k2 sont commandés à l'ouverture.

La fréquence de commutation est 4KHz et la tension U1=120V.

La machine à courant continu est modélisée par une self de valeur L=10mH en série avec une FEM E dont la constante Ke=0.8Nm/A. Sa résistance et ses pertes constantes sont négligeables.

L'enrouleur Dérouleur est commandé en traction telle que la force appliquée par la bande sur le rouleau est constante et égale à F=50N

1. Représenter la tension appliquée au moteur selon les ordres de commandes des interrupteurs cités ci-dessus.
2. Déterminer sa valeur moyenne en fonction de U1 et α .
3. En déduire L'expression de E. Etudier le signe en fonction de α .
4. Tracer l'allure du courant absorbé par le moteur. En déduire son ondulation

Sachant que le rayon du rouleau est R=15cm ,

5. Calculer le couple appliqué à l'arbre du moteur.
6. Déterminer dès lors la valeur moyenne du courant absorbé par le moteur.

On suppose que $\alpha = 0.6$

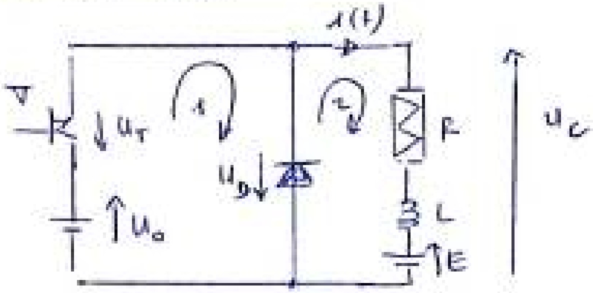
7. calculer Imax et Imin.
8. Tracer pour ce rapport cyclique I1(t).
9. Calculer la valeur moyenne du courant fournie par la source I1(t).
10. Calculer la vitesse de rotation et la puissance électromagnétique développée par le moteur.

On suppose que le rapport cyclique $\alpha = 0.45$.

11. Calculer l'ondulation du courant, Imax et Imin.
12. Calculer la vitesse de rotation et la puissance Electromagnétique.
13. Quels commentaires vous pouvez faire.
14. Déterminer la valeur moyenne du courant fourni par la source.

Solution

Hacheur Série



1° Sur la maille 1 : $u_0 + u_D - u_T = 0$

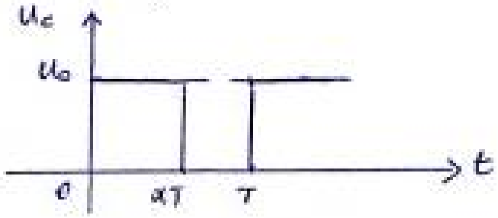
lorsque T est Saturé $u_T = 0 \Rightarrow u_D = -u_0$, la Diode est polarisée en Inverse $\Rightarrow$ Ne Conduit pas.

2° lorsque T est Saturé, la Self est traversé par Un Courant et se charge (emmagasine de l'Energie).

Pour $0 < t < \alpha T$; $u_c = u_0$

lorsque T est Bloqué, la diode doit Conduire pour permettre à la Self de se decharger (Diode de Roue libre)

Pour $\alpha T < t < T$; $u_c = 0$



3° $\langle u_c \rangle = \dfrac{1}{T}\displaystyle\int_0^{\alpha T} u_0\,dt = \alpha u_0$

AN $\langle u_c \rangle = \dfrac{2}{3} \cdot 150 = 100V$

4° $u_c = u_R + u_L + E$

$\Rightarrow \langle u_c \rangle = \langle u_R \rangle + \langle u_L \rangle + E$; $\langle u \rangle_L = 0$

$\Rightarrow \langle u_c \rangle = \langle u_R \rangle + E$: le circuit ne Comprend que 3 elements R L E.

5° $E = \alpha U_0 - R\langle i\rangle$

$E = \frac{2}{3} \cdot 150 - 50 \times 0{,}2 = 90V$

6°. Mode 1 pour $0 < t < \alpha T$

$U_0 = U_c = E + Ri + L\frac{di}{dt}$

$\frac{di}{dt} = \frac{U_0 - E}{L} - \frac{R}{L}i \Rightarrow \frac{di}{dt} + \frac{1}{\tau}i = \frac{U_0 - E}{L}$

avec $\tau = \frac{L}{R}$: la constante de temps de la machine

$i(t) = Ae^{-t/\tau} + \frac{U_0 - E}{R}$; A est déterminé par les conditions initiales

à $t = 0$ $i(0) = I_{min} \Rightarrow A = -\frac{U_0 - E}{R} + I_{min}$

$\Rightarrow i(t) = \left(I_{min} - \frac{U_0 - E}{R}\right)e^{-t/\tau} + \frac{U_0 - E}{R}$

Mode 2 pour t / $\alpha T < t < T$

$0 = E + Ri + L\frac{di}{dt}$

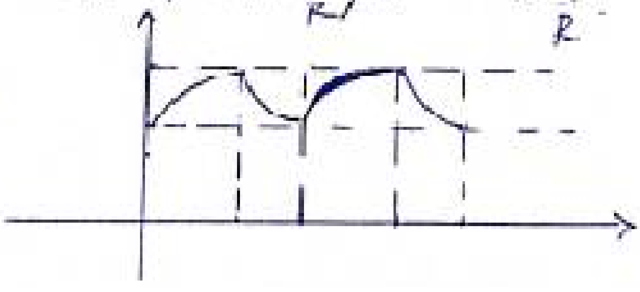
$\Rightarrow \frac{di}{dt} + \frac{1}{\tau}i = -\frac{E}{L}$

$\Rightarrow i(t) = Be^{-\frac{(t-\alpha T)}{\tau}} - \frac{E}{R}$; B déterminé par les conditions initiales

à $t = \alpha T$ $i(t) = I_{max}$

$\Rightarrow i(t) = \left(I_{max} + \frac{E}{R}\right)e^{-\frac{(t-\alpha T)}{\tau}} - \frac{E}{R}$

Représentation du courant



Forme exponentielle

c) Comparaison

$f_c = 10\,kHz \Rightarrow T_c = \frac{1}{f_c} = 10^{-4}\,s$

$\tau = \frac{L}{R} = \frac{0{,}1}{50} = 2\times 10^{-3}$

$\Rightarrow \tau \gg T_c \Rightarrow \frac{t}{\tau}$ très faible

On peut approximer le courant sachant que

$e^{-x} = 1 - x$

Mode 1 :

$$i(t) = \left(I_{min} - \frac{U_0 - E}{R}\right) e^{-t/\tau} + \frac{U_0 - E}{R}$$

$$\simeq \left(I_{min} - \frac{U_0 - E}{R}\right)\left(1 - \frac{t}{\tau}\right) + \frac{U_0 - E}{R}$$

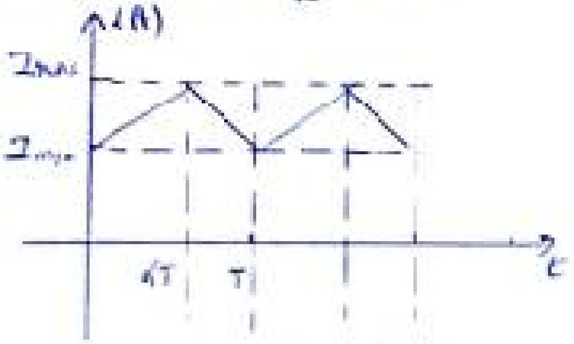
$$\Rightarrow i(t) = \frac{U_0 - E}{L} t + I_{min}$$

Mode 2

$$i(t) = \left(I_{max} + \frac{E}{R}\right) e^{-\frac{(t-\alpha T)}{\tau}} - \frac{E}{R}$$

$$i(t) \approx \left(I_{max} + \frac{E}{R}\right)\left(1 - \frac{t - \alpha T}{\tau}\right) - \frac{E}{R}$$

$$\Rightarrow i(t) = -\frac{E}{L}(t - \alpha T) + I_{max}$$



Forme triangulaire du courant (c.à.d droite sur la courbe)

Valeur moyenne du courant i(t)

7) $\langle u_c \rangle = \alpha U_0 = E + R \langle i \rangle$

$$\langle i \rangle = \frac{\alpha U_0 - E}{R}$$

8) $\Delta I = I_{max} - I_{min} = \frac{U_0 - E}{L} \alpha T$; Ondulation du courant

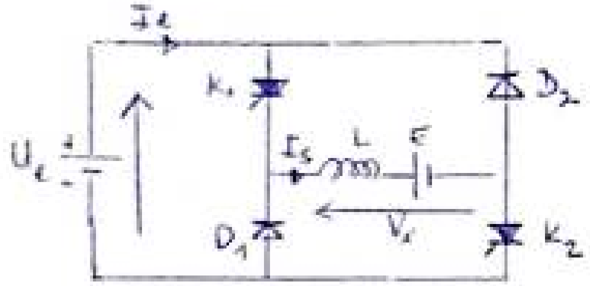
$$\Delta I = \frac{U_0 - \alpha U_0}{Lf} \cdot \alpha = \frac{U_0}{Lf} (1-\alpha) \alpha$$

Pour $\alpha = 0,5 \Rightarrow \Delta I = \frac{150}{0,1 \cdot 10^4} (1-0,5) \cdot 0,5 = 0,1375$ A

9). Pour garantir une ondulation maximal de 5%
l'inductance devrait être de

$$L = \frac{150 \times 0,25}{0,05 \times 10^4} = 0,075 \text{ H}$$

solution de l'exercice

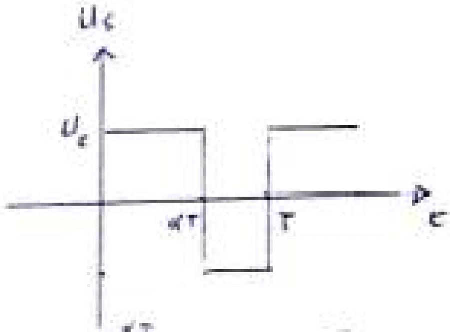


Pour $0 < t < \alpha T$ K_1 et K_2 fermé

$U_e - U_s = 0 \Rightarrow U_s = U_e$.

Pour $\alpha T < t < T$ K_1 et K_2 Ouvert

$U_e + U_s = 0 \Rightarrow U_s = -U_e$



$$\langle u_s \rangle = \frac{1}{T}\int_0^{\alpha T} U_e\,dt - \frac{1}{T}\int_{\alpha T}^{T} U_e\,dt$$

$$\langle u_s \rangle = U_e\alpha - U_e(1-\alpha) = (2\alpha-1)U_e$$

2) Allure du courant absorbé par le moteur

Pour $0 < t < \alpha T$

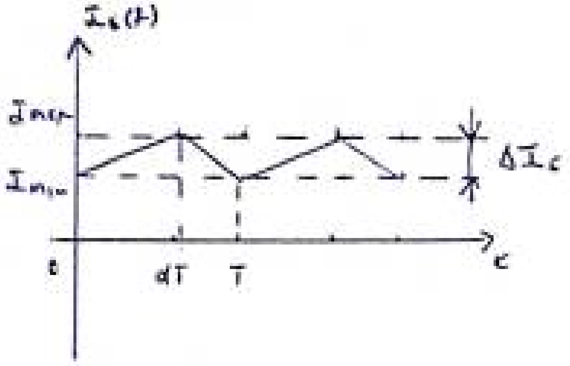
$$U_s = U_e = L\frac{dI_s}{dt} + E \Rightarrow \frac{dI_s}{dt} = \frac{-E+U_e}{L} = \frac{U_e-E}{L}$$

En Régime Permanent $I_s(t) = \frac{U_e-E}{L}t + I_{min}$

Pour $\alpha T < t < T$: $U_s = -U_e = E + L\frac{dI_s}{dt}$

$\Rightarrow \frac{dI_s}{dt} = -\frac{U_e+E}{L}$ $\Rightarrow$ En Régime Permanent

$I_s(t) = -\frac{U_e+E}{L}(t-\alpha T) + I_{max}$



Alors $\Delta I_s(t)$ est tel que

$$I_{max} = \frac{U_c - E}{L}\alpha T + I_{min}$$

$$\Rightarrow \Delta I_s(t) = \frac{U_c - E}{L}\alpha T$$

Or $E = U_c(2\alpha - 1)$

$$\Delta I_s(t) = \frac{2U_c}{Lf}(1-\alpha)\alpha .$$

3. $C_{app} = F.R = 50 \times 0,15 = 7,5\ Nm$

$$\Rightarrow \langle I \rangle = \frac{C_{app}}{K_T} = \frac{7,5}{0,8} = 9,37\ A$$

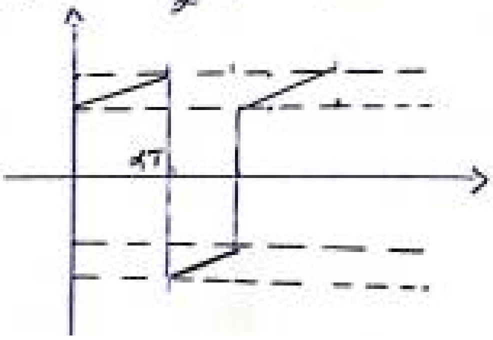
4. $\alpha = 0,6.$

$$\Delta I = \frac{2 \times 120}{10 \times 10^{-3} . 4 \times 10^{3}} . (1 - 0,6).0,6 = 1,44.A$$

$$I_{max} = \frac{\Delta I}{2} + \langle I_s \rangle = \frac{1,44}{2} + 9,37 = 10,09$$

$$I_{min} = -\frac{\Delta I}{2} + \langle I \rangle = 9,37 - \frac{1,44}{2} = 8,65\ A$$

5)



Pour $0 < t < \alpha T$; $I_1 = I_s(t)$

Pour $\alpha T < t < T$ $I_1 = -I_s(t)$

Calcul de la Valeur Moyenne de $I_1(t)$

On passe par la puissance puisque l'application de la définition est relativement difficile

On suppose que les composants sont parfaits et sans Pertes

Alors

Puissance d'entrée ⇔ Puissance de Sortie

$$P_e = U_1 \langle I_1 \rangle = \langle U_c \rangle \langle I_c \rangle$$

$$\langle I_1 \rangle = \frac{\langle U_c \rangle \langle I_c \rangle}{U_1} = \frac{(2\alpha - 1) U_1 \langle I_c \rangle}{U_1}$$

$$\langle I_1 \rangle = (2\alpha - 1) \langle I_c \rangle = (2 \times 0,6 - 1)\, 9,37 = 1,912\,A > 0$$

6) Calcul de la Vitesse de Rotation du Moteur

$$E = K_e \omega = (2\alpha - 1) U_1$$

$$\omega = \frac{(2\alpha - 1) U_1}{K_e} = (2 \times 0,6 - 1) \cdot \frac{120}{0,8} = 30\ rad/s$$

$$P_c = C_e \omega = 7,5 \cdot 30 = 225\,W$$

7) $\alpha = 0,45$

$$\Delta I = \frac{2 U_1}{L f}(1 - \alpha)\alpha = \frac{2 \times 120}{10 \times 10^{-3} \times 4 \times 10^{3}}(1 - 0,45)\,0,45 = 1,485$$

$$I_{max} = \langle I_c \rangle + \frac{\Delta I}{2} = 9,37 + \frac{1,47}{2} = 10,112\,A$$

$$I_{min} = \langle I_c \rangle - \frac{\Delta I}{2} = 9,37 - \frac{1,47}{2} = 8,627\,A$$

$$\omega = \frac{(2\alpha - 1) U_1}{K_e} = \frac{(2 \times 0,45 - 1)}{0,8} \cdot 120 = -15\ rad/s$$

La machine Tourne dans le sens Inverse pour ce cas puisque $\langle U_c \rangle = (2\alpha - 1) U_1 < 0$

$P_c = C_e \omega = 7,5 \times (-15) = -112,5$. Fonctionnement Générateur freinage