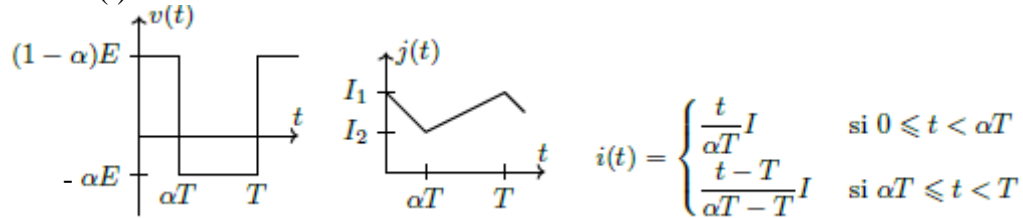


APPLICATIONS DIRECTES

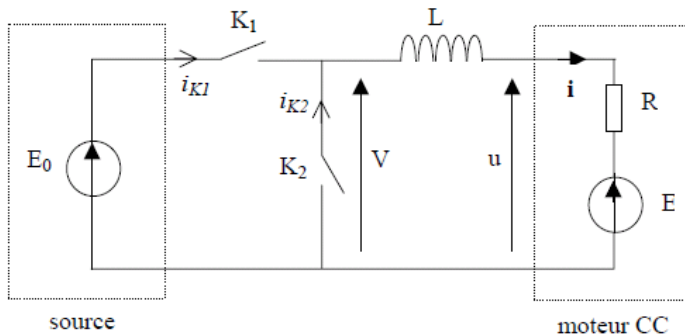
1. Valeurs moyennes

Déterminer graphiquement la valeur moyenne des signaux T-périodiques, après avoir tracé le chronogramme de $i(t)$:



2. Modélisation d'un moteur à courant continu et d'un hacheur

Pour alimenter un moteur à courant continu à partir d'une source délivrant une tension continue fixe E_0 , on réalise le montage à deux interrupteurs ci-dessous :



Une bobine d'inductance L est placée en série avec le moteur. La résistance de la bobine est négligée.

Les interrupteurs K_1 et K_2 sont supposés idéaux.

1. Qu'est-ce qu'un « interrupteur idéal »?

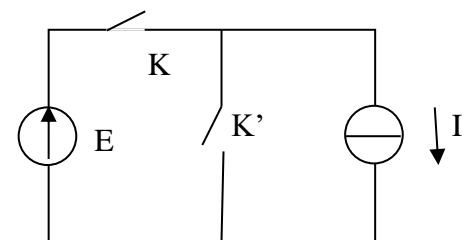
2. Quel est le rôle de la bobine d'inductance L dans ce montage ? Par quel dipôle équivalent pourrait-on

remplacer la source de sortie ?

3. Préciser les états de fonctionnement autorisés pour les interrupteurs K_1 et K_2 compte tenu de la nature de la source et de la charge du hacheur (on justifiera en rappelant les règles d'association des sources auxquelles il faut faire référence).

3. Hacheur réversible en courant :

On considère le circuit ci-contre destiné à relier une source de tension à une charge modélisée par une source de courant. Cette source de courant peut délivrer un courant I positif ou négatif ; le fonctionnement impose donc aux deux sources d'être réversibles en courant.



- Représenter la caractéristique $i(u)$ d'une diode, d'un transistor.
- Déterminer, pour I positif, la nature des fonctions (T ou D) à mettre en œuvre.
- Même question si I est négatif.
- En déduire le schéma correspondant.

4. Moteur alimenté par un hacheur série :

Un générateur de tension constante $E_G = 150$ V alimente un moteur à courant continu via un hacheur série de rapport cyclique $\alpha = 0,6$.

1. Représenter le chronogramme de la tension $u(t)$ aux bornes du moteur. Calculer la tension moyenne aux bornes du moteur.

Le moteur à courant continu est modélisé par une inductance L , une résistance $R = 1,5 \Omega$ et de fcém $E = 80$ V (fcém signifie que i et E sont en convention récepteur),

2. Représenter le schéma du montage.

3. Exprimer la tension $u(t)$ aux bornes du moteur en fonction de R , L et E , en déduire l'expression de sa valeur moyenne.
4. Calculer l'intensité moyenne dans le moteur alimenté.

5. Structure à quatre interrupteurs :

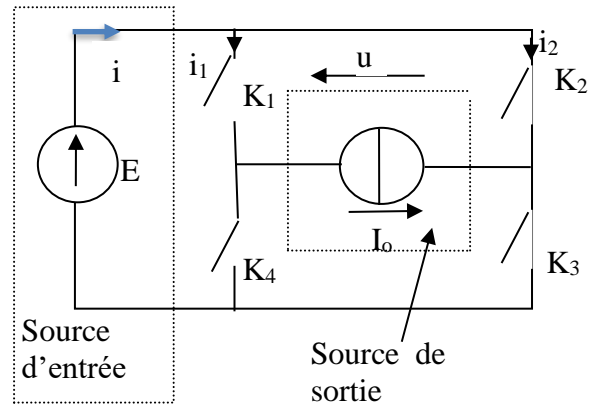
a) Rappeler l'objectif d'un onduleur.

On envisage la structure ci-contre :

- b) Quels sont les modes de fonctionnement possibles des interrupteurs ? Que vaut pour chacun de ces modes la tension aux bornes de la source de courant ?
- c) On envisage la séquence de commande suivante :
 - de $t = 0$ à $t = \alpha.T$: K_1 et K_3 sont fermés ; K_2 et K_4 sont ouverts ;
 - de $t = \alpha.T$ à $t = T$: K_1 et K_3 sont ouverts ; K_2 et K_4 sont fermés.

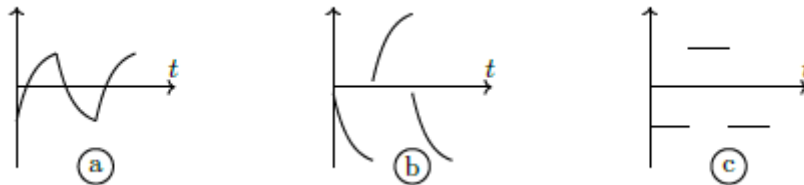
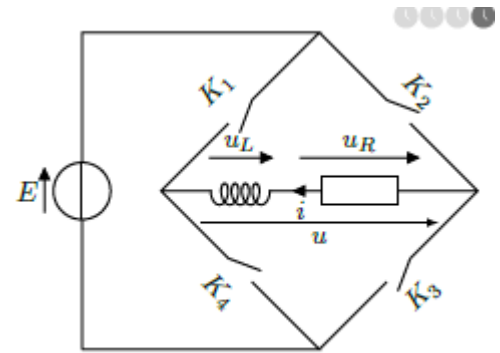
Représenter pour $\alpha = 0,3$ les évolutions temporelles de u , i , i_1 et i_2 sur une période.

- d) Pour une valeur quelconque de α , exprimer la valeur moyenne de u et de l'intensité i . A quelle condition sur α obtient-on un onduleur ?
- e) En déduire la puissance moyenne échangée par ces sources et tracer le graphe de son évolution en fonction de α .



6. Onduleur sur charge R, L

On s'intéresse au circuit ci-contre. Les interrupteurs K_1 et K_3 (respectivement K_2 et K_4) sont fermés (respectivement ouverts) entre 0 et $T/2$ et ouverts (respectivement fermés) entre $T/2$ et T . La tension E est continue positive. Associer les tensions u_R , u et u_L aux courbes ci-dessous.



EXERCICES

I. Hacheur dévolteur

On souhaite alimenter un moteur à courant continu dont les caractéristiques sont les suivantes : Résistance d'induit négligeable, f.c.ém induite $E' = \Phi\omega$, (Φ , constante du moteur, ω vitesse de rotation du moteur), intensité d'induit i , moment du couple moteur du moteur $C = \Phi i$, inductance de l'induit L_i . On dispose d'un générateur de f.ém $E = 100$ V.

1. Représenter le schéma électrocinétique de ce moteur. Déterminer sa puissance moyenne électrique reçue en régime permanent. La comparer avec la puissance mécanique. Conclure.
2. Quand l'induit est alimenté sous $E' = 100$ V en régime permanent stationnaire, la vitesse de rotation est de 1500 tr.min^{-1} . Calculer la constante Φ du moteur. En déduire la valeur du couple quand l'intensité d'induit est de 10 A.
3. On souhaite conserver le même couple moteur mais à une vitesse de rotation moitié. Quelle serait la valeur de la résistance à placer en série avec le moteur et la puissance dissipée par cette résistance pour obtenir ce résultat avec l'alimentation de 100 V ? Comparer la puissance reçue par le moteur et la puissance fournie par le générateur.

4. Pour obtenir cette vitesse de rotation, on utilise un « hacheur dévolteur » ou « hacheur série »
 - a. Quel est l'avantage du hacheur par rapport à la solution envisagée à la question 3 ?
 - b. A combien faut-il ajuster le rapport cyclique pour satisfaire aux conditions du 3 ?
 - c. Donner le schéma du montage ainsi que les chronogrammes de l'intensité traversant le moteur et celle traversant le générateur pour obtenir les conditions de fonctionnement de la question 3. On négligera toutes les résistances et on supposera que tous les dipôles sont idéaux et que l'intensité ne s'annule jamais dans le moteur.
5. Exprimer la relation entre l'ondulation en courant dans la charge $\Delta i = i_{\max} - i_{\min}$, l'inductance totale du circuit L (somme de l'inductance de l'induit et d'une éventuelle inductance additionnelle) E, E', et la période T du hacheur. Calculer la valeur de l'inductance L nécessaire pour avoir une ondulation de 0,5 A pour T = 1 ms dans les conditions de fonctionnement de la question 3. L'inductance de l'induit est de 10 mH. Conclure.

II. Commande d'un moteur à courant continu par un hacheur

Un moteur est alimenté par un hacheur série connecté à une source de tension idéale de valeur $U_0 = 12\text{ V}$. La tension et le courant d'induit $u(t) = v_A(t) - v_C(t)$ et $i(t)$ sont des fonctions périodiques du temps. Leurs valeurs moyennes respectives sont notées $\langle u(t) \rangle$ et $\langle i(t) \rangle$. Le rotor tourne à vitesse constante. La résistance de l'induit vaut $R = 0,24\Omega$.

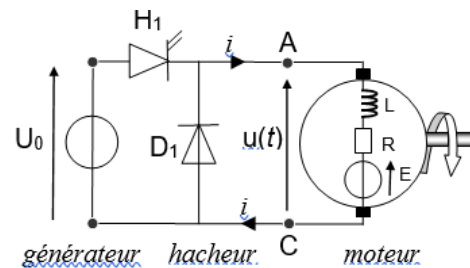
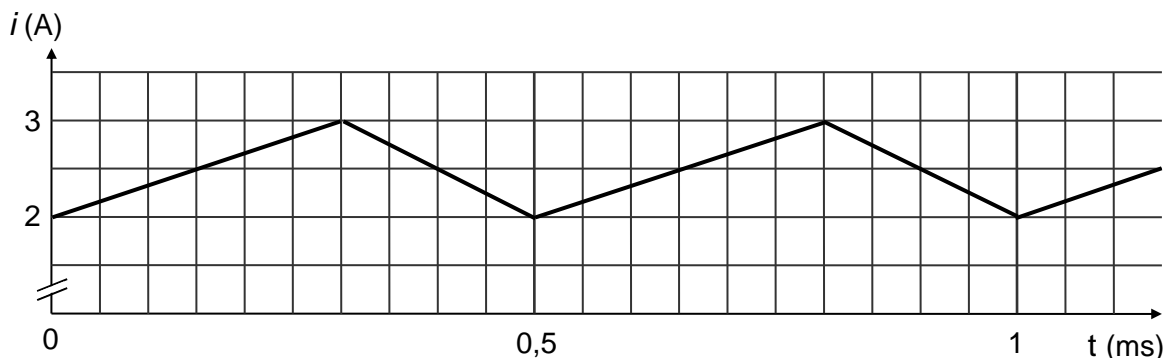


Figure p4

L'interrupteur électronique H_1 est commandé de manière périodique à la période T_{H1} par un signal rectangulaire ou créneau de rapport cyclique $\alpha = 0,6$ et de fréquence de hachage $N_{H1} = 2\text{ kHz}$ généré par un circuit non représenté.

1. 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.
2. Quel est le rôle de la diode D_1 dite "de roue libre" ?
3. Représenter sur deux périodes le chronogramme de la tension $u(t)$. Préciser sur le graphe l'amplitude de $u(t)$ et les instants αT_{H1} et T_{H1} .
4. La différence de potentiel aux bornes de la résistance de l'induit est négligée. 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} sachant que la constante du moteur vaut $36,3 \cdot 10^{-3}\text{ SI}$. Montrer que la vitesse de rotation Ω du moteur est proportionnelle au rapport cyclique α . Calculer la valeur de Ω pour $\alpha = 0,6$.
5. 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.

6. 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.

III. Conversion continu-alternatif HF

Une tension continue générée peut être convertie en un signal alternatif de haute fréquence à l'aide d'un onduleur. La structure la plus simple est celle d'un onduleur de tension monophasé « pleine onde »

Les commutateurs commandés K_1 à K_4 sont considérés idéaux et fonctionnent de manière périodique à la fréquence $f_0 = 1/T_0$.

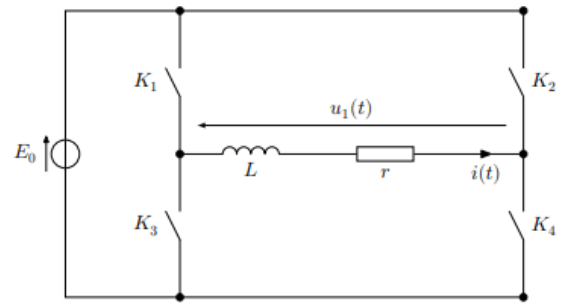


Figure D Onduleur pleine onde

1. Remplir le tableau ci-dessous avec l'état de fonctionnement de chaque commutateur et écrire la valeur de $u_1(t)$ sur chaque demi-période.

	K_1	K_2	K_3	K_4	$u_1(t)$
$0 < t < T_0/2$	fermé				
$T_0/2 < t < T_0$					

2. Écrire l'équation différentielle vérifiée par $i(t)$ sur chaque demi-période.
3. Déterminer la valeur maximale i_{\max} de $i(t)$ en fonction de E , r et du paramètre $\alpha = \exp(-rT_0/2L)$.
4. Sur un même graphique, tracer les chronogrammes de la tension $u_1(t)$ et du courant $i(t)$ traversant la charge inductive dans le cas où $L/r = T_0/4$.
5. Comment, en ordre de grandeur, doit-on choisir le rapport r/L afin d'avoir un courant $i(t)$ le plus proche possible d'un courant sinusoïdal sans trop perdre en amplitude ?

IV. Alimentation d'une installation électrique

Soit une batterie qui fournit une tension U_0 constante. Le récepteur est une installation électrique qui fonctionne avec une tension sinusoïdale de fréquence $f = 50$ Hz et de valeur efficace de 220 V. La conversion se fait à l'aide d'un onduleur dont le schéma de principe est décrit en figure 17. Le circuit récepteur, représentant l'installation, est de type inductif et sera modélisé dans ce qui suit par un dipôle de charge (R_c, L_c) en série.

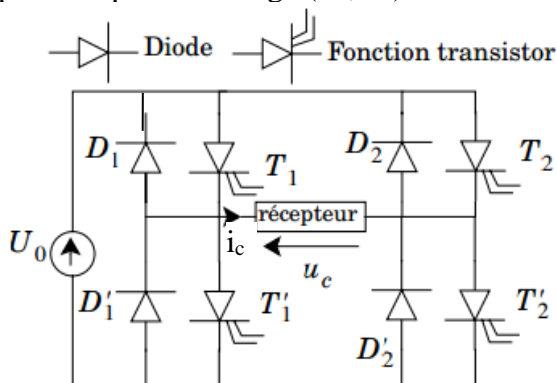


Figure 17

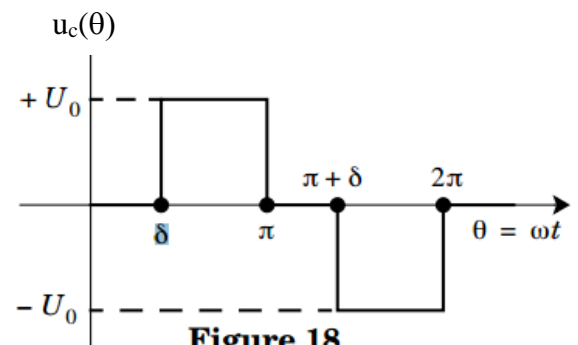


Figure 18

- 1- Déterminer en régime sinusoïdal à la pulsation ω , la fonction de transfert i_c / u_c en fonction de R_c , L_c et ω . Quelle est la nature du filtre obtenu ?

La commande des interrupteurs est périodique, de période $T = 2\pi/\omega$.

La tension $u_c(\theta=\omega t)$, obtenue aux bornes du récepteur, est représentée sur la figure 18. L'angle δ est lié à la commande des interrupteurs.

- 2- Justifier que la valeur moyenne de $u_c(t)$ est nulle. En déduire que la valeur moyenne de $i_c(t)$ est également nulle. Que peut-on en déduire quant aux signes de I_{Cmin} , valeur minimale de $i_c(t)$ et de I_{Cmax} , valeur maximale de $i_c(t)$? Quelle relation lie I_{Cmin} et I_{Cmax} ? Est-ce que $i_c(t)$ est une fonction continue ?
- 3- Proposer des séquences de commutation des transistors qui permettent d'obtenir le graphe $u_c(\theta=\omega t)$. On présentera le résultat sous forme d'un tableau pour chaque intervalle de θ avec F lorsque le transistor est fermé et O lorsqu'il est ouvert.
- 4- On suppose que $i_c(\theta = 0) = I_{Cmin}$. Tracer l'allure de $i_c(\theta)$ sans calcul. Justifier le rôle des diodes.

On cherche un développement en série de Fourier de la tension $u_c(\theta)$ tel que $u_c(\theta) = \sum_n a_n \cdot \cos(n\theta)$.

- 5- Justifier qu'un tel développement nécessite que la fonction $u_c(\theta)$ soit paire. Proposer un changement d'origine qui réalise cette situation.

Le calcul des coefficients a_n donne alors $a_{n=2p+1} = \frac{4U_o}{\pi(2p+1)} \cdot \sin\left((2p+1)\left(\frac{\pi-\delta}{2}\right)\right)$ où p est un

entier naturel.

- 6- On souhaite que le courant dans la charge soit sinusoïdal de fréquence $f = 1/T = 50$ Hz. Montrer en vous appuyant sur l'étude faite à la question 1 qu'il suffit d'annuler l'harmonique de rang trois de $u_c(t)$ pour y parvenir avec une très bonne approximation.
- 7- Déterminer la valeur de δ pour lequel a_3 est nul.

On suppose qu'on peut maintenant assimiler $u_c(t)$ à son fondamental.

- 8- Déterminer la valeur de U_o afin d'obtenir pour $u_c(t)$ une valeur efficace de 220 V.