

TD N°20 – Electronique de puissance

Exercice 1 : Alimentation à découpage

La structure envisagée correspond à celle des alimentations dites à découpage (figure 9). La séquence de commande des interrupteurs est la suivante :

- $0 \leq t < \alpha T$, K fermé, K' ouvert
- $\alpha T \leq t < T$, K ouvert, K' fermé.

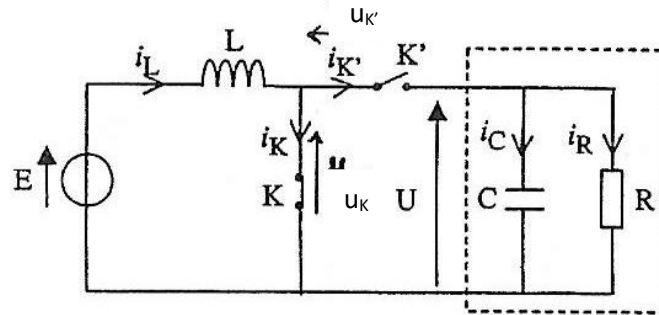


figure 9

On considère connus : - $E = 50 \text{ V}$
 - $T = 50 \mu\text{s}$

On suppose dans un premier temps que l'association R//C entourée en pointillés se comporte comme une source de tension $U = E'$.

On se place dans l'hypothèse où le courant dans la bobine d'inductance L ne s'annule jamais.

2.2.1. Déterminer les expressions de $i_L(t)$, $i_K(t)$ et $i_{K'}(t)$, intensités des courants dans la bobine L et les interrupteurs K et K', sur une période (on note I_m et I_M les valeurs minimale et maximale de i_L).

On ne cherchera pas à exprimer I_M , mais on exprimera I_m en fonction de I_M

2.2.2. Représenter $i_L(t)$, $i_K(t)$ et $i_{K'}(t)$.

2.2.3. Déterminer, en fonction de E et α , la valeur de $U = E'$.

Exprimer i_L en fonction de E, L, α , t, T et I_M .

2.2.4. On règle α à la valeur $\alpha = 0,6$. La puissance moyenne alors $P = 150 \text{ W}$.

On accepte une «ondulation» $\Delta i_L = I_M - I_m$ maximale $\Delta i_{L\max} = 0,3 \text{ A}$ pour cette valeur de $\alpha = 0,6$.

a) Déterminer la valeur minimale de l'inductance L.

b) Pour la valeur de L trouvée à la question a) précédente, déterminer les valeurs minimale I_m et maximale I_M de i_L .

2.2.5. Choix et caractéristiques des interrupteurs

- a) Tracer les portions de la caractéristique courant-tension décrites par chaque interrupteur sur les intervalles $[0, \alpha T[$ d'une part et $[\alpha T, T[$ d'autre part.
- b) En déduire les fonctions de commutation, transistor ou diode, utilisables pour K et K' (les interrupteurs sont supposés idéaux).
- c) Que vaut la valeur moyenne V_0 de la tension v_K aux bornes de K ?

2.2.6. On se place à nouveau dans les conditions du 2.2.4. : $\alpha = 0,6$ et $P = 150W$.

En réalité, la tension U aux bornes de l'association $R//C$ n'est pas constante : c'est une fonction périodique qui présente une légère ondulation. On suppose que cela ne modifie pratiquement pas i_L , i_K et $i_{K'}$ qui conservent les mêmes formes que précédemment.

Déterminer, littéralement et numériquement, les intensités moyennes I_R et I_C des courants dans la charge R et dans le condensateur C en fonction de α , P et E .

Déterminer numériquement les valeurs moyennes P_R et P_C des puissances dissipées dans R et dans C .

EXERCICE 2 : Etude d'un Onduleur (Mines-Ponts PSI – extrait)

L'onduleur est constitué d'une source de tension continue parfaite de force électromotrice E positive et de quatre interrupteurs K_n , avec $n \in \{1,2,3,4\}$, commandés électroniquement à partir d'une tension de commande U_{cm} non représentée sur le schéma. La sortie de l'onduleur est connectée à une charge se comportant comme une source parfaite de courant i_s (voir figure 6), ce courant étant une fonction continue du temps.

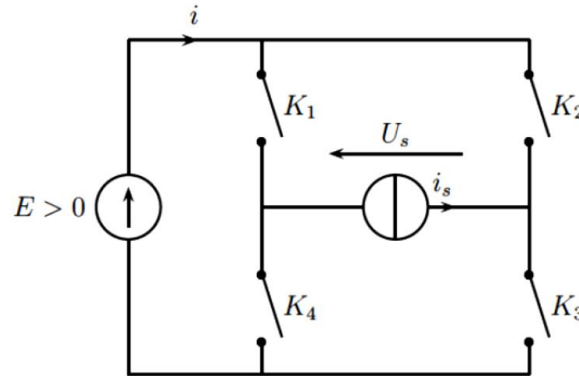


FIGURE 6 – Onduleur de tension à deux niveaux.

- ❑ 22 — Rappeler les définitions d'une source de tension parfaite et d'une source de courant parfaite.
- ❑ 23 — Compte-tenu de la nature de la source de tension E et de la nature de la charge, quelles sont les contraintes d'ouverture et de fermeture des interrupteurs K_n (on attend une justification)? Compléter le tableau suivant avec les mots « ouvert » ou « fermé ».

	K_1	K_2	K_3	K_4
$U_{cm} > 0$	fermé	ouvert		
$U_{cm} < 0$	ouvert	fermé		

- ❑ 24 — La tension de commande U_{cm} est générée par le montage de la figure 7, dans lequel l'amplificateur opérationnel est idéal. La tension U_0 est constante telle que $U_0 \in [-U_h; U_h]$, où $U_h > 0$. La tension $U_p(t)$, appelée porteuse, est T_p -périodique et en dents de scie (suite de rampes montantes). Justifier que l'amplificateur fonctionne en régime de saturation en tension (on note V_{sat} l'amplitude de la tension de sortie dans ce cas).

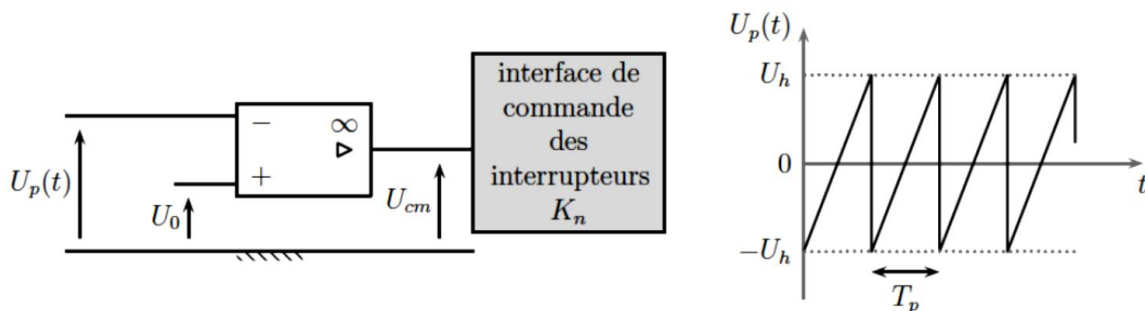


FIGURE 7 – Circuit générant la tension $U_{cm}(t)$.

- ❑ 25 — On choisit $U_0 \geq 0$. Tracer la courbe représentant la tension $U_s(t)$ aux bornes de la charge en fonction du temps et préciser la valeur de sa période T_s .

❑ 26 — Sur une période T_s de U_s , on note t_1 la durée où $U_s > 0$. Le rapport cyclique est défini par $\alpha = \frac{t_1}{T_s}$. Exprimer la valeur moyenne $\langle U_s \rangle$ de U_s en fonction de α et E , puis en fonction de U_0 , E et U_h . Quelles doivent être les valeurs de α et U_0 si on veut que U_s ait une moyenne nulle ? On se placera dans ce cas dans la suite.

❑ 27 — Le développement en série de Fourier de la tension $U_s(t)$ ainsi générée s'écrit :

$$U_s(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2E}{n\pi} [1 - (-1)^n] \sin(n\omega t) \quad \text{avec} \quad \omega = \frac{2\pi}{T_s}.$$

Représenter graphiquement le spectre en amplitude de cette tension. Ce spectre est-il satisfaisant en vue d'un raccordement de U_s au réseau de distribution électrique ? Si ce n'est pas le cas, quels en sont les défauts et quelles conséquences néfastes peut-il y avoir ?

❑ 28 — La charge est constituée d'une bobine d'inductance L en série avec une résistance R . On pose $\tau = \frac{L}{R}$. On étudie le régime T_p -périodique établi du montage. On note $-I$ la valeur de i_s à $t = 0$ et $+I$ sa valeur à $t = \frac{T_p}{2}$. Exprimer $i_s(t)$ pour $t \in [0; T_p/2]$ et pour $t \in [T_p/2; T_p]$ en fonction de t , E , R , I , T_p et τ . En déduire l'expression de I en fonction de E , R , T_p et τ .

❑ 29 — Représenter les chronogrammes de i_s et i .

❑ 30 — Dans la pratique, l'onduleur qui alimente la charge {résistance + bobine} est réalisé avec le montage de la figure 8. Les interrupteurs commandés K_n sont des transistors idéaux unidirectionnels et le circuit contient également quatre diodes idéales D_n . Expliquer le rôle des diodes dans ce circuit.

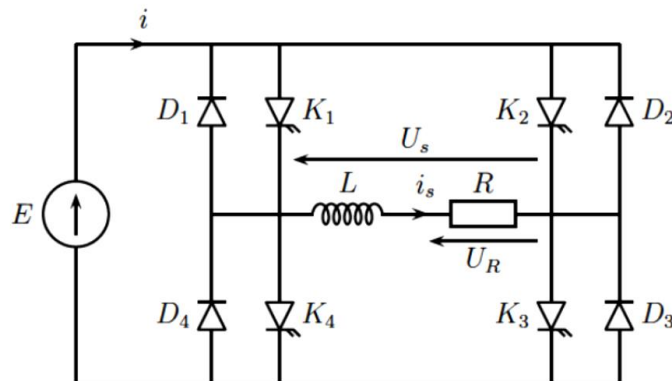


FIGURE 8 – Réalisation pratique d'un onduleur de tension à deux niveaux.

❑ 31 — Le rôle de la bobine est d'effectuer un filtrage. Les grandeurs soulignées désignent les grandeurs complexes associées aux grandeurs réelles sinusoïdales de pulsation temporelle notée ω . Déterminer la fonction de transfert complexe $\underline{H} = \frac{\underline{U_R}}{\underline{U_s}}$ de la branche {bobine + résistance} et faire apparaître dans son expression une pulsation caractéristique, notée ω_c , à exprimer en fonction de τ . Donner l'expression du gain $G(\omega)$ et du déphasage $\phi(\omega)$ associés à $\underline{H}$.

Expliquer en quoi la tension aux bornes de R est plus appropriée au raccordement au réseau que la tension U_s