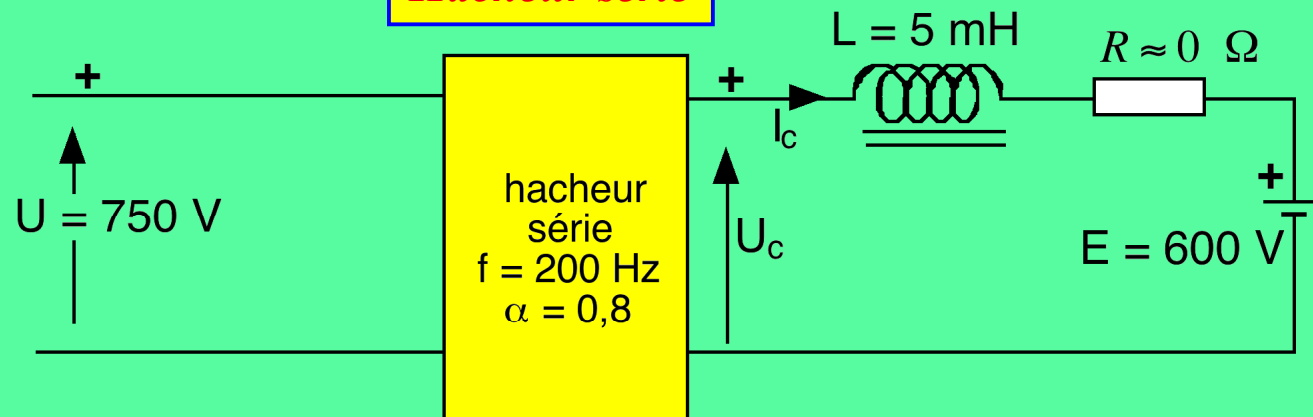


Exercice 18

Hacheur série



Soit le montage ci-dessus pour lequel le courant moyen $\bar{I}_c = 500 \text{ A}$ et I_c varie linéairement entre un minimum I_m et un maximum I_M .

- 1° - Compte tenu de l'approximation ($R \approx 0$), déterminer les expressions de $i_c(t)$, $i_{c1}(t)$ pour $0 \leq t \leq T$ (interrupteur fermé), et $i_{c2}(t)$ pour $\alpha T \leq t \leq T$ (interrupteur ouvert). Tracer les oscillogrammes des 3 courants dans l'interrupteur, la diode de roue libre et la charge
- 2° - Calculer l'ondulation $\Delta I = I_M - I_m$ ainsi que I_M et I_m . Donner les courants moyens dans l'interrupteur et dans la diode de roue libre.
- 3° - Quelle valeur de L annulerait le courant I_c ?
- 4° - U décroît subitement jusqu'à la valeur de 675 V .
 - Pour la même fréquence, donner la valeur de α assurant le fonctionnement avec $\bar{U}_c = E$
 - Pour la même durée T_{on} de fermeture de l'interrupteur, donner la nouvelle fréquence.

Exercice 18

Hacheur série

1° Si les évolutions du courant sont linéaires, on a les équations :

$$0 \leq t \leq \alpha T$$

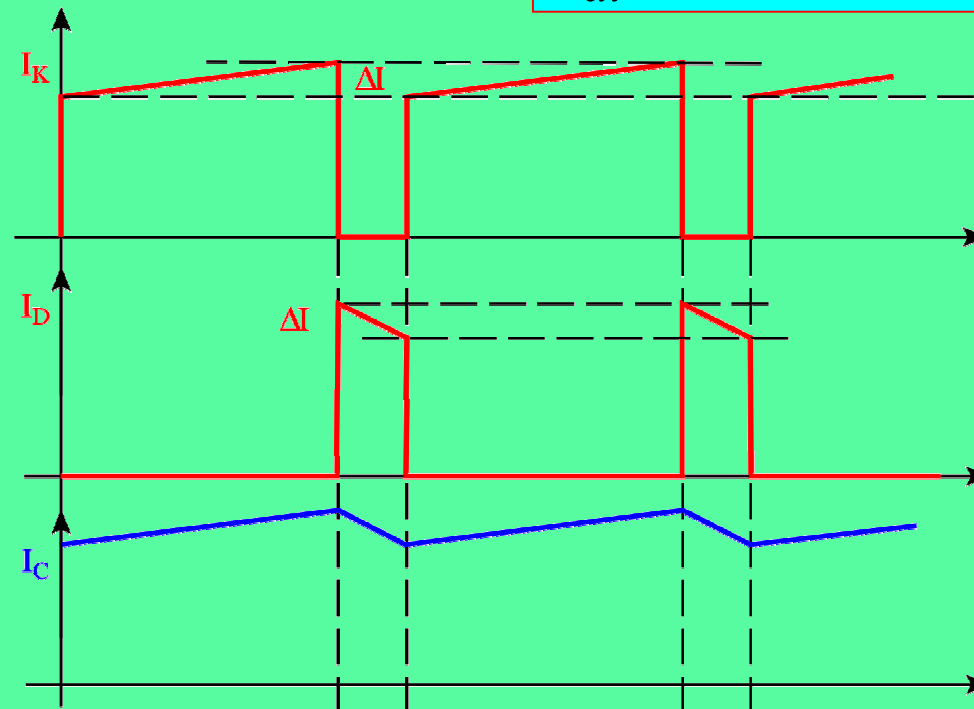
Phase de croissance

$$L \frac{di}{dt} = U - E \Rightarrow i_{C1}(t) = \frac{U - E}{L} t + I_m$$

$$\alpha T \leq t \leq T$$

Phase de décroissance

$$L \frac{di}{dt} = -E \Rightarrow i_{C2}(t) = \frac{-E}{L} (t - \alpha T) + I_M$$



Exercice 18

Hacheur série

2° Valeurs limites :

$$t = \alpha T$$

Maximum

$$i_{C1}(\alpha T) = I_M = \frac{U - E}{L} \alpha T + I_m$$

$$t = T$$

minimum

$$i_{C2}(T) = I_m = \frac{-E}{L} (T - \alpha T) + I_M$$

Soit numériquement $\Delta I = I_M - I_m = 120 \text{ A}$

De plus :

$$\bar{I}_C = \frac{I_M + I_m}{2} = 500 \text{ A}$$

Il vient :

$$\left. \begin{array}{l} I_M + I_m = 1000 \\ I_M - I_m = 120 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} I_M = 560 \text{ A} \\ I_m = 440 \text{ A} \end{array} \right.$$

Avec :

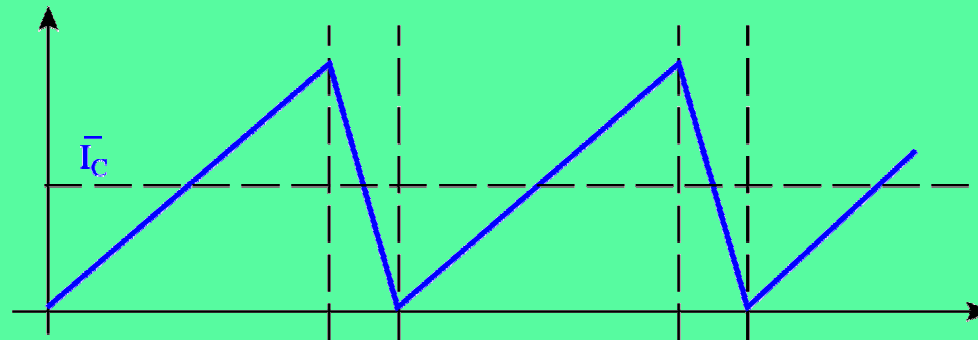
$$\begin{aligned} \bar{I}_K &= 0,8 \times 500 = 400 \text{ A} \\ \bar{I}_D &= 0,2 \times 500 = 100 \text{ A} \end{aligned}$$

Exercice 18

Hacheur série

3° Si I_C atteint 0, alors $I_m = 0$ donc:

$$\Delta I = 2 \bar{I}_C = 1000 = \frac{150 \times 0,8}{200 L} \Rightarrow L = 0,6 \text{ mH}$$



Exercice 18

Hacheur série

3° Si I_C atteint 0, alors $I_m = 0$ donc:

$$\Delta I = 2 \bar{I}_C = 1000 = \frac{150 \times 0,8}{200 L} \Rightarrow L = 0,6 \text{ mH}$$

4° - Avec la même fréquence, Il faut :

$$\alpha' U' = E \Rightarrow \alpha' = \frac{600}{675} = 0,889$$

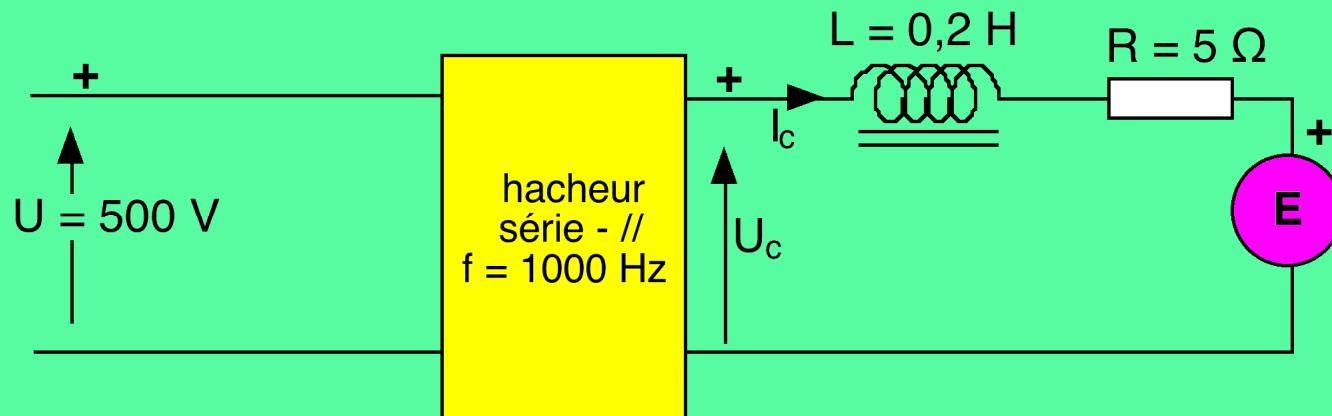
- Avec le même T_{on} , il faut :

$$T_{on} = \alpha T = \frac{0,8}{200} = \alpha' T' \Rightarrow T' = \frac{T_{on}}{\alpha'} \Rightarrow f' = 222,2 \text{ Hz}$$

Exercice 19

Hacheur série-parallèle

Soit le montage ci-dessous où la charge est une machine à courant continu, parfaitement compensée, à excitation indépendante et constante.



Exercice 19

Hacheur série-parallèle

A - Moteur à vide :

1° - Pour $\alpha = 0,8$, le courant moyen $\bar{I}_c$ est nul et le moteur tourne à 1500 tr/mn. Quelle est la valeur de la f.e.m. E ?

2° - On règle alors $\alpha = 0,7$; Que vaut alors le courant moyen $\bar{I}_c$? Quelle vitesse la machine atteint-elle, si α reste constant ?

3° - On règle alors $\alpha = 0,6$ puis on le fait évoluer avec la vitesse de sorte que $\bar{I}_c$ reste constant. On souhaite stabiliser la vitesse à 300 tr/mn, quelle valeur de α doit-on afficher dès que cette vitesse est atteinte et quelle était sa valeur juste avant ?

Exercice 19

Hacheur série-parallèle

1° $\text{Si } \bar{I}_C = 0 \text{ alors } \bar{U}_C = \alpha U = 400 \text{ V} = E$

Exercice 19

Hacheur série-parallèle

1° $\text{Si } \bar{I}_C = 0 \text{ alors } \bar{U}_C = \alpha U = 400 \text{ V} = E$

2° $\alpha = 0,7$: $\bar{U}_C = 350 \text{ V} \Rightarrow R\bar{I}_C = 350 - 400 \Rightarrow \bar{I}_C = -10 \text{ A}$

Si α reste à 0,7, il y aura donc ralentissement jusqu'à ce que $E = 350 \text{ V}$, avec à nouveau un courant moyen nul. La nouvelle vitesse stable sera donc :

$$N = 1500 \times \frac{350}{400} = 1312,5 \text{ tr/mn}$$

Exercice 19

Hacheur série-parallèle

1° $\text{Si } \bar{I}_C = 0 \text{ alors } \bar{U}_C = \alpha U = 400 \text{ V} = E$

2° $\alpha = 0,7$: $\bar{U}_C = 350 \text{ V} \Rightarrow R\bar{I}_C = 350 - 400 \Rightarrow \bar{I}_C = -10 \text{ A}$

Si α reste à 0,7, il y aura donc ralentissement jusqu'à ce que $E = 350 \text{ V}$, avec à nouveau un courant moyen nul. La nouvelle vitesse stable sera donc :

$$N = 1500 \times \frac{350}{400} = 1312,5 \text{ tr/mn}$$

3° $\alpha = 0,6$: $\bar{U}_C = 300 \text{ V} \Rightarrow R\bar{I}_C = 300 - 350 \Rightarrow \bar{I}_C = -10 \text{ A}$

Pour $N = 300 \text{ tr/mn}$, on a : $E = 400 \times \frac{300}{1500} = 80 \text{ V}$

Pour stabiliser cette vitesse, il faut avoir

$$\bar{I}_C = 0 \text{ donc } \bar{U}_C = \alpha U = E = 80 \text{ V} \Rightarrow \alpha = 0,16$$

Juste avant : $\bar{I}_C = -10 \text{ donc } \bar{U}_C = 80 - 50 = 30 \text{ V} \Rightarrow \alpha = 0,06$

Exercice 19

Hacheur série-parallèle

B - Moteur en charge : On suppose dans toute la suite que la charge oppose un couple constant tel que $\bar{I}_c = 6$ A en régime stabilisé.

- 1° - On applique la charge sur l'arbre alors que $E = 400$ V et $\bar{I}_c = 0$. Quelle valeur α doit-il prendre pour garder la même vitesse ?
- 2° - On règle $\alpha = 0,65$. Quelle valeur $\bar{I}_c$ atteint-il (E supposée stable) ?
- 3° - α évolue maintenant avec la vitesse de sorte que $\bar{I}_c$ reste constant. On souhaite stabiliser la vitesse à 600 tr/mn, quelle valeur de α doit-on afficher dès que cette vitesse est atteinte et quelle était sa valeur juste avant ?
- 4° - On souhaite à présent accélérer jusqu'à 1500 tr/mn, avec un courant moyen maximal de 15 A. Donner la valeur de α à afficher. Donner ensuite la valeur de α à afficher pour la stabilisation et celle juste avant.
- 5° - Tracer, pour l'ensemble du B, l'évolution de $\bar{I}_c$ et de α en fonction du temps.

Exercice 19

Hacheur série-parallèle

1° Si $\bar{I}_C = 6$ alors $\bar{U}_C = \alpha U = E + R\bar{I}_C = 400 + 30 = 430 \text{ V} \Rightarrow \alpha = 0,86$

Exercice 19

Hacheur série-parallèle

1° Si $\bar{I}_C = 6$ alors $\bar{U}_C = \alpha U = E + R\bar{I}_C = 400 + 30 = 430 \text{ V} \Rightarrow \alpha = 0,86$

2° $\alpha = 0,65$:

$$\bar{I}_C = \frac{\alpha U - E}{R} = -15 \text{ A}$$

Exercice 19

Hacheur série-parallèle

1° Si $\bar{I}_C = 6$ alors $\bar{U}_C = \alpha U = E + R\bar{I}_C = 400 + 30 = 430 \text{ V} \Rightarrow \alpha = 0,86$

2° $\alpha = 0,65$:

$$\bar{I}_C = \frac{\alpha U - E}{R} = -15 \text{ A}$$

3° $\bar{I}_C = -15 \text{ A} = \text{Cte}$ Pour $N = 600 \text{ tr/mn}$, on a : $E = 400 \times \frac{600}{1500} = 160 \text{ V}$

Pour stabiliser cette vitesse,
avec un courant moyen de 6 A

$$\bar{U}_C = \alpha U = E + R\bar{I}_C = 190 \text{ V} \Rightarrow \alpha = 0,38$$

Juste avant : $\bar{I}_C = -15$ donc $\bar{U}_C = 160 - 5 \times 15 = 85 \text{ V} \Rightarrow \alpha = 0,17$

Exercice 19

Hacheur série-parallèle

1° Si $\bar{I}_C = 6$ alors $\bar{U}_C = \alpha U = E + R\bar{I}_C = 400 + 30 = 430 \text{ V} \Rightarrow \alpha = 0,86$

2° $\alpha = 0,65$:

$$\bar{I}_C = \frac{\alpha U - E}{R} = -15 \text{ A}$$

3° $\bar{I}_C = -15 \text{ A} = \text{Cte}$ Pour $N = 600 \text{ tr/mn}$, on a : $E = 400 \times \frac{600}{1500} = 160 \text{ V}$

Pour stabiliser cette vitesse,
avec un courant moyen de 6 A

$$\bar{U}_C = \alpha U = E + R\bar{I}_C = 190 \text{ V} \Rightarrow \alpha = 0,38$$

Juste avant : $\bar{I}_C = -15$ donc $\bar{U}_C = 160 - 5 \times 15 = 85 \text{ V} \Rightarrow \alpha = 0,17$

4° On est à 600 tr/mn
avec $E = 160 \text{ V}$.

$$\bar{I}_C = 15 \text{ donc } \alpha U = 160 + 5 \times 15 = 235 \text{ V} \Rightarrow \alpha = 0,47$$

Pour se stabiliser à 1500 tr/mn,
avec un courant moyen de 6 A

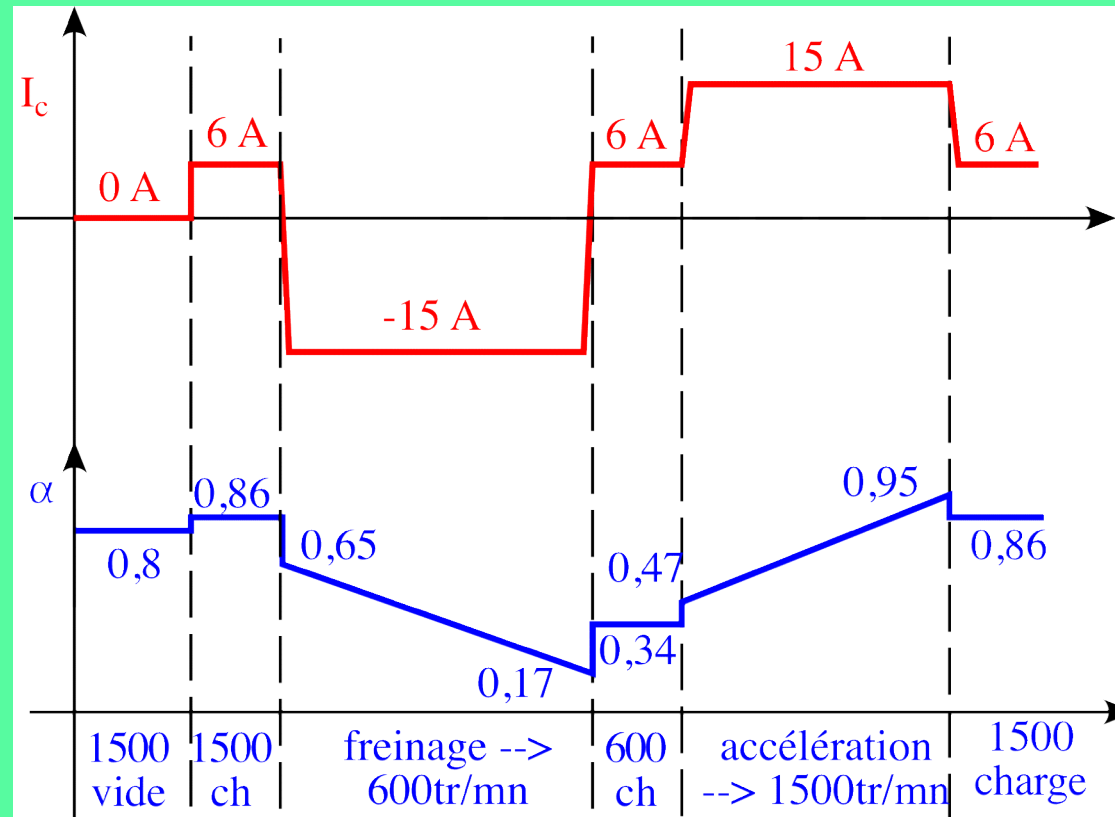
$$\alpha U = E + R\bar{I}_C = 430 \text{ V} \Rightarrow \alpha = 0,86$$

Juste avant : $\bar{I}_C = 15$ donc $\bar{U}_C = 400 + 5 \times 15 = 475 \text{ V} \Rightarrow \alpha = 0,95$

Exercice 19

Hacheur série-parallèle

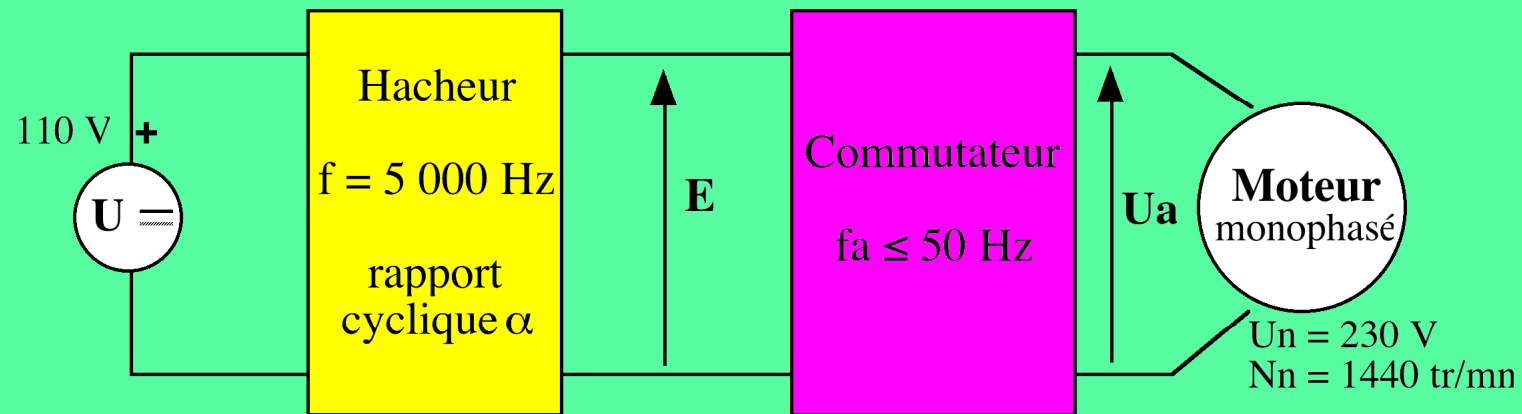
5°



Exercice 20

Ensemble Hacheur - Commutateur

On considère le schéma d'onduleur suivant :

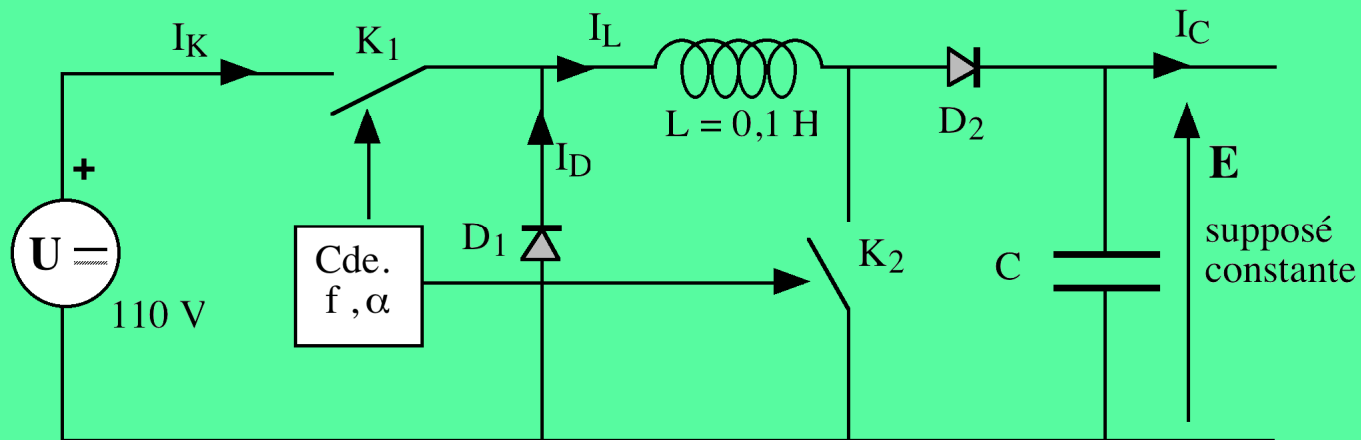


Exercice 20

Ensemble Hacheur - Commutateur

A - Le hacheur :

Les interrupteurs K_1 et K_2 sont fermés pour $0 \leq t \leq \alpha T$ et ouverts le reste de la période. Les composants électroniques sont supposés parfaits et on négligera l'influence de la résistance de la bobine. Le courant I_L varie donc linéairement d'un minimum I_2 à un maximum I_1 .



Exercice 20

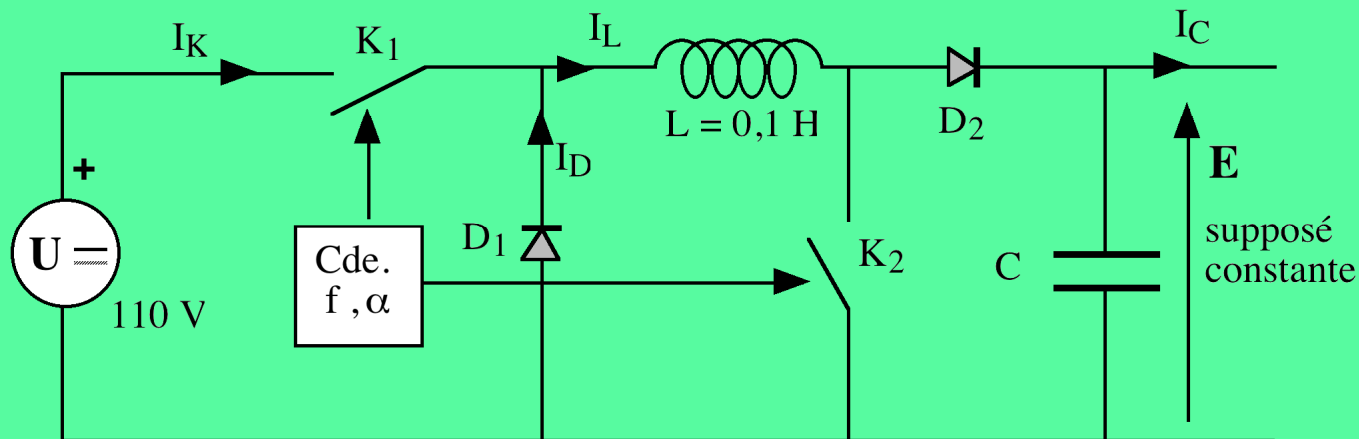
Ensemble Hacheur - Commutateur

A - Le hacheur :

Etablir l'expression de la tension en sortie $E = f(\alpha, U)$ et tracer E en fonction de α pour $0 \leq \alpha \leq 1$.
En égalisant les charges reçues et perdues par le condensateur, donner la relation entre le courant moyen $\bar{I}_L$ et I_c supposé continu pur. Vérifier l'égalité des puissances moyennes fournies par la source et reçues par la charge.

Pour $\bar{I}_L = 50 \text{ A}$ et si on souhaite $E = 230 \text{ V}$, calculer le α nécessaire, le I_c obtenu, la variation $\Delta I_L = I_1 - I_2$ ainsi que les courants moyens et efficaces dans les interrupteurs et les diodes.

Quelles sont les tensions inverses maximales subies par les diodes D_1 et D_2 ?



Exercice 20

Ensemble Hacheur - Commutateur

1° Si les évolutions du courant sont linéaires, on a les équations :

Phase de croissance $0 \leq t \leq \alpha T$

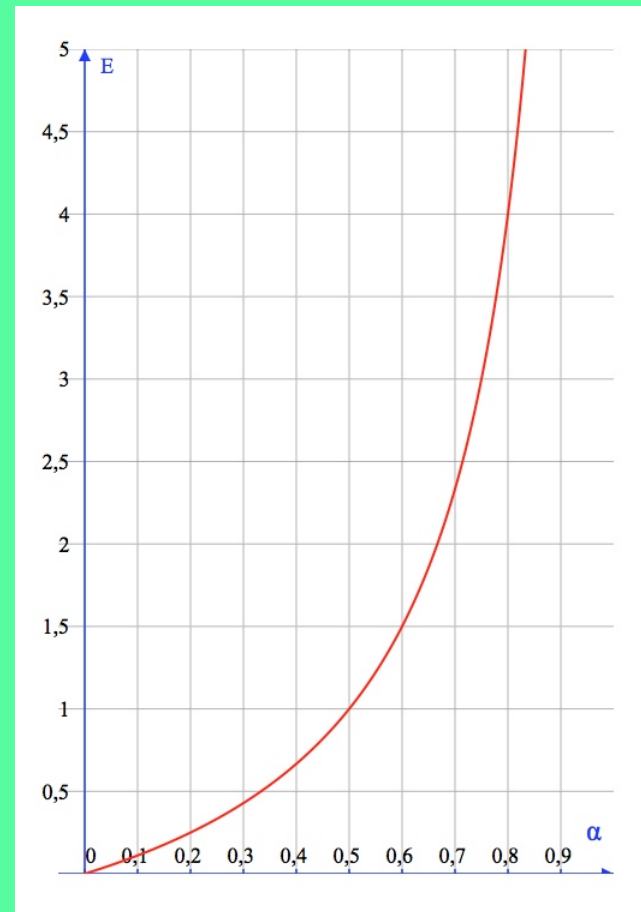
$$L \frac{\Delta I}{\Delta t} = L \frac{\Delta I}{\alpha T} = U \Rightarrow \Delta I = \frac{\alpha U}{L f}$$

Phase de décroissance $\alpha T \leq t \leq T$

$$L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -E \Rightarrow \Delta I = \frac{(1 - \alpha) E}{L f}$$

Il vient :

$$\alpha U = (1 - \alpha) E \Rightarrow E = \frac{\alpha}{1 - \alpha} U$$



Exercice 20

Ensemble Hacheur - Commutateur

Durant la phase de décroissance, le condensateur reçoit : $Q = \bar{I}_L (1 - \alpha) T$

Durant toute la période, le condensateur perd : $Q = I_C T$

D'où : $I_C = (1 - \alpha) \bar{I}_L$

Durant chaque période, la source fournit : $W = U \bar{I}_L \alpha T$

Durant chaque période, la charge reçoit : $W = E I_C T = E (1 - \alpha) \bar{I}_L T$

On retrouve : $\alpha U = E (1 - \alpha)$

Exercice 20

Ensemble Hacheur - Commutateur

AN :

$$\left. \begin{array}{l} E = 230 \text{ V} \\ U = 110 \text{ V} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{230}{110} \Rightarrow \alpha = 0,6765$$

$$I_C = \bar{I}_L (1-\alpha) = 16,2 \text{ A}$$

$$\Delta I_L = I_1 - I_2 = \frac{\alpha U}{L f} = 149 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned} \bar{I}_K &= \alpha \bar{I}_L = 33,8 \text{ A} ; I_{Keff} = \sqrt{\alpha} \bar{I}_L = 41,1 \text{ A} \\ \bar{I}_D &= (1-\alpha) \bar{I}_L = 16,2 \text{ A} ; I_{Deff} = \sqrt{(1-\alpha)} \bar{I}_L = 28,4 \text{ A} \end{aligned}$$

Pour D₁, tension inverse = U = 110 V

Pour D₂, tension inverse = E = 230 V

Exercice 20

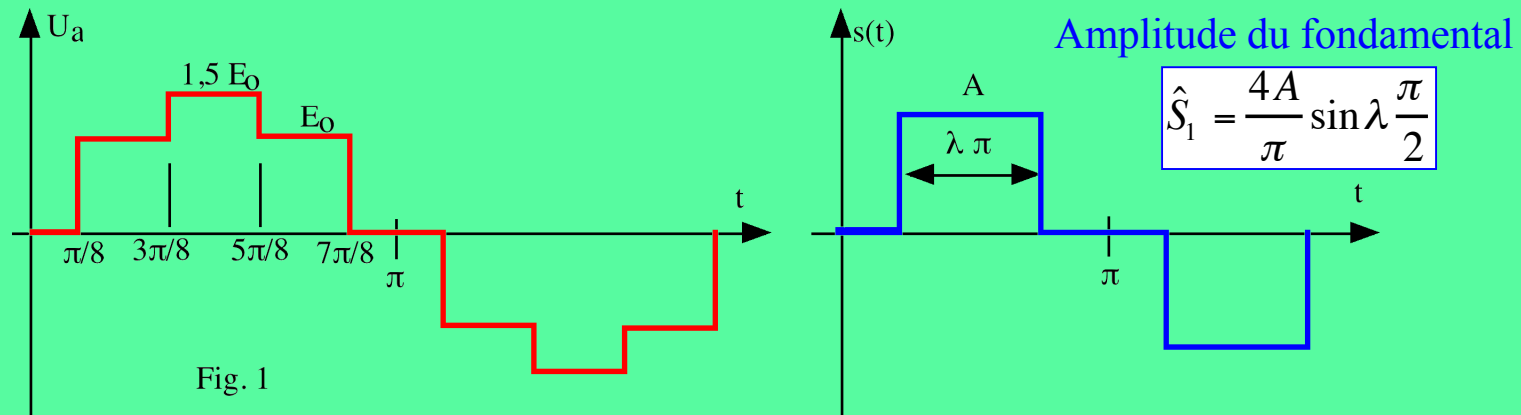
Ensemble Hacheur - Commutateur

B - Le commutateur : C'est un schéma en "H" à 4 ensembles "diode + inter".

1° - Dessiner ce schéma dans son principe.

2° - Par une commande appropriée du hacheur, on obtient en sortie une tension alternative U_a de fréquence f_a dont la forme d'onde est donnée fig. 1. En déduire que la valeur efficace du fondamental de U_a est très voisin de E_0 .

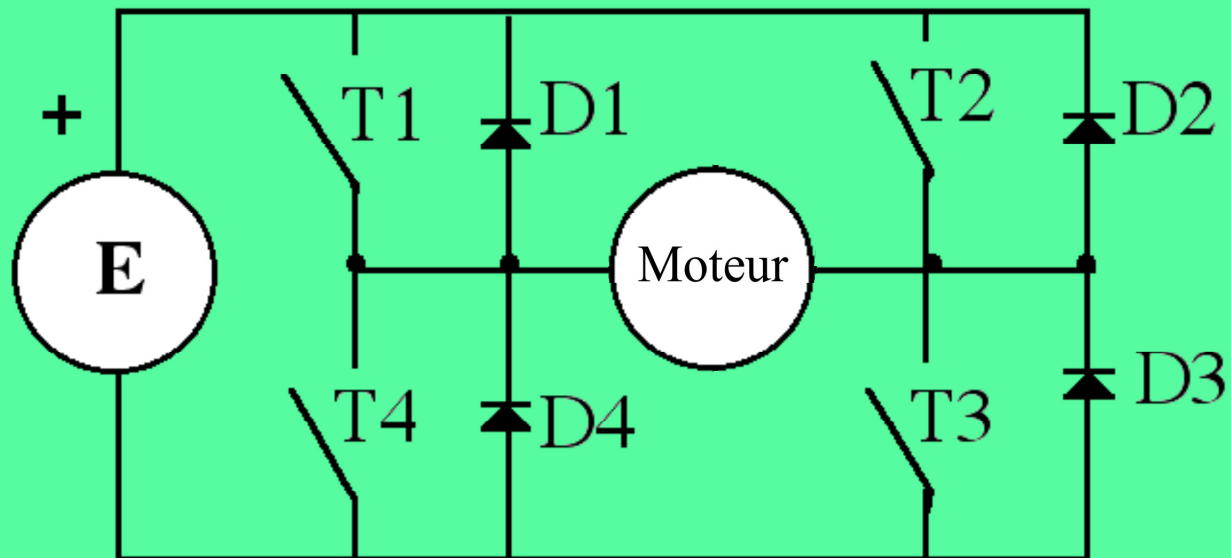
3° - Les commandes du hacheur et du commutateur sont liées de sorte que le rapport $U_{a\text{eff}}/f_a$ soit constant. Donner la valeur de f_a et de $U_{a\text{eff}}$ lorsque le moteur tourne à 360 tr/mn en fournissant son couple nominal. Donner les deux valeurs de α correspondantes pour le hacheur et préciser le nombre de périodes hacheur durant lesquelles il faut maintenir α constant.



Exercice 20

Ensemble Hacheur - Commutateur

1° Le schéma en « H » se présente sous la forme ci-dessous :



Exercice 20

Ensemble Hacheur - Commutateur

2° La forme d'onde de U_a peut se décomposer en :

- un signal s_1 avec $\lambda = 0,75$ et $A = E_0$;
- un signal s_2 avec $\lambda = 0,25$ et $A = 0,5 E_0$

L'amplitude de son fondamental sera donc :

$$\hat{U}_{a1} = \frac{4 E_0}{\pi} \left(\sin \frac{3\pi}{8} + 0,5 \sin \frac{\pi}{8} \right) = 1,42 E_0$$

Et par suite :

$$U_{a1\text{eff}} = \frac{\hat{U}_{a1}}{\sqrt{2}} \simeq E_0$$

Exercice 20

Ensemble Hacheur - Commutateur

3° Les écarts de vitesse $\Delta N = N_s - N$ se conservent avec une commande en V/f constant.

Pour le couple nominal, nous avons $\Delta N_n = 60 \text{ tr/mn}$.

La vitesse de synchronisme sera donc : $N_s = 360 + 60 = 420 \text{ tr/mn}$

Le moteur ayant 4 pôles ($p = 2$), la fréquence sera donc :

$$f_a = \frac{420}{60} \times 2 = 14 \text{ Hz}$$

Et donc la tension : $U_{a1eff} = 230 \times \frac{14}{50} = 64,4 \text{ V}$

Au niveau du hacheur, pour avoir une tension de 64,4 V, il faut le réglage :

$$\alpha = \frac{E}{U + E} = \frac{64,4}{110 + 64,4} = 0,369$$

et pour 1,5 fois 64,4 = 96,6 V, il faut :

$$\alpha = \frac{E}{U + E} = \frac{96,6}{110 + 96,6} = 0,4676$$

Ces valeurs sont à maintenir sur une largeur angulaire de $\pi/4$ soit une durée $T/8$. Donc, pour $f_a = 14 \text{ Hz}$, une durée de **8,93 ms** qui correspond à **45 périodes** du hacheur ($T = 0,2 \text{ ms}$).