Chapitre 8
LES CONVERTISSEURS DC/AC : LES ONDULEURS AUTONOMES

8-1 objectifs

Étudier le fonctionnement et les caractéristiques d'un montage onduleur DC/AC sur des charges résistives et inductives.

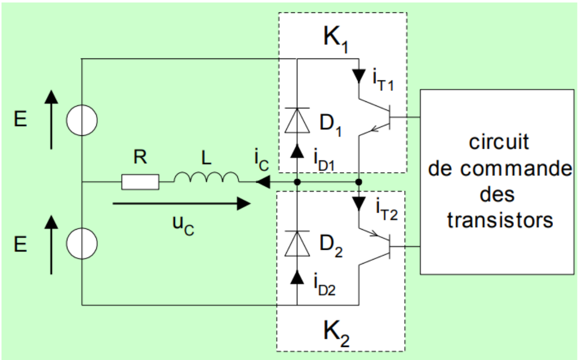
8-2-Introduction

Les onduleurs sont les convertisseurs statiques continu-alternatif permettant de fabriquer une source de tension alternative à partir d'une source de tension continue.

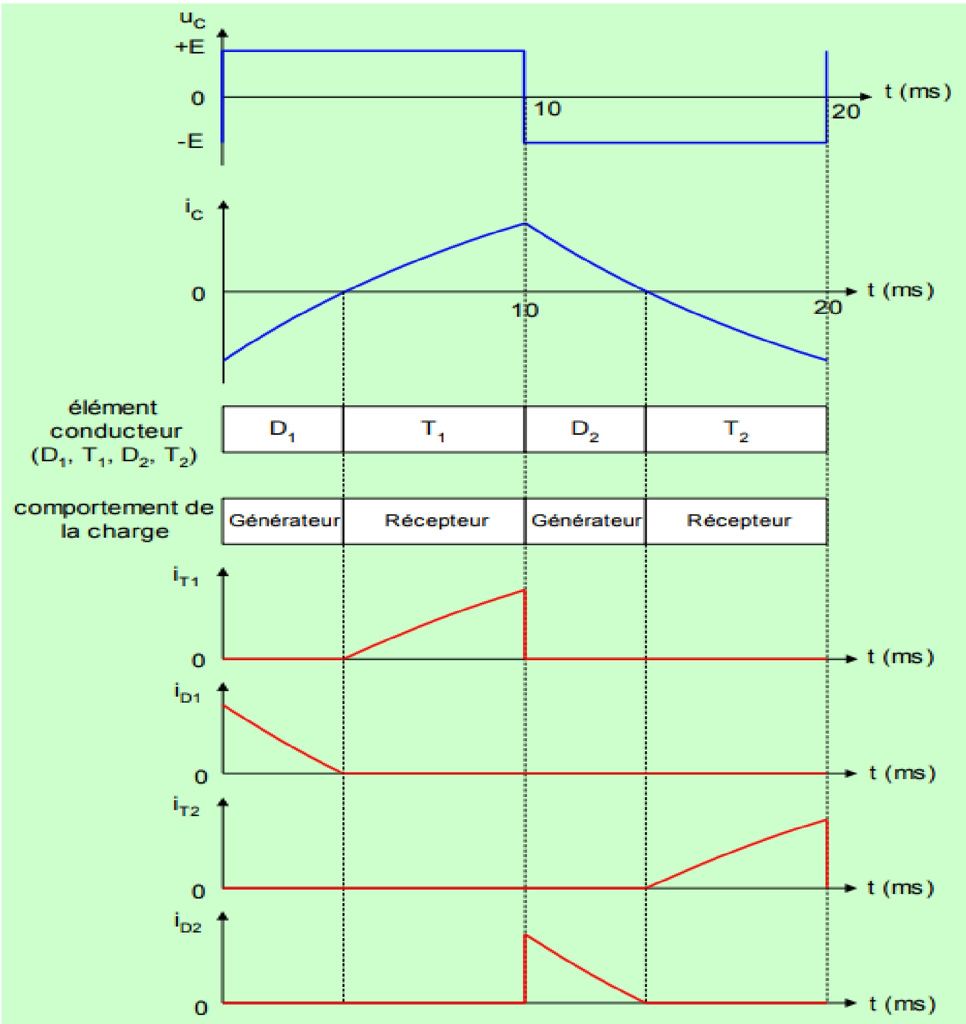
8-3 Onduleur monophasé à commande symétrique

A) Onduleur avec source à point milieu

Chaque interrupteur est formé d'un transistor et une diode en antiparallèle.



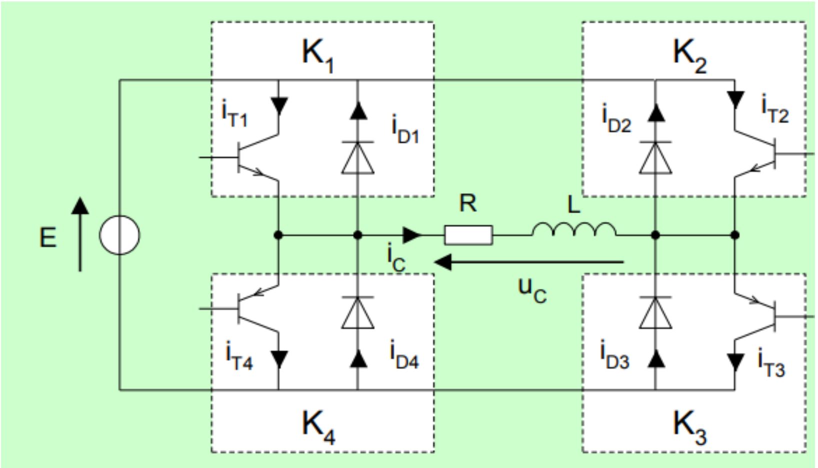
Onduleur monophasé à point milieu sur une Charge ***RL***.



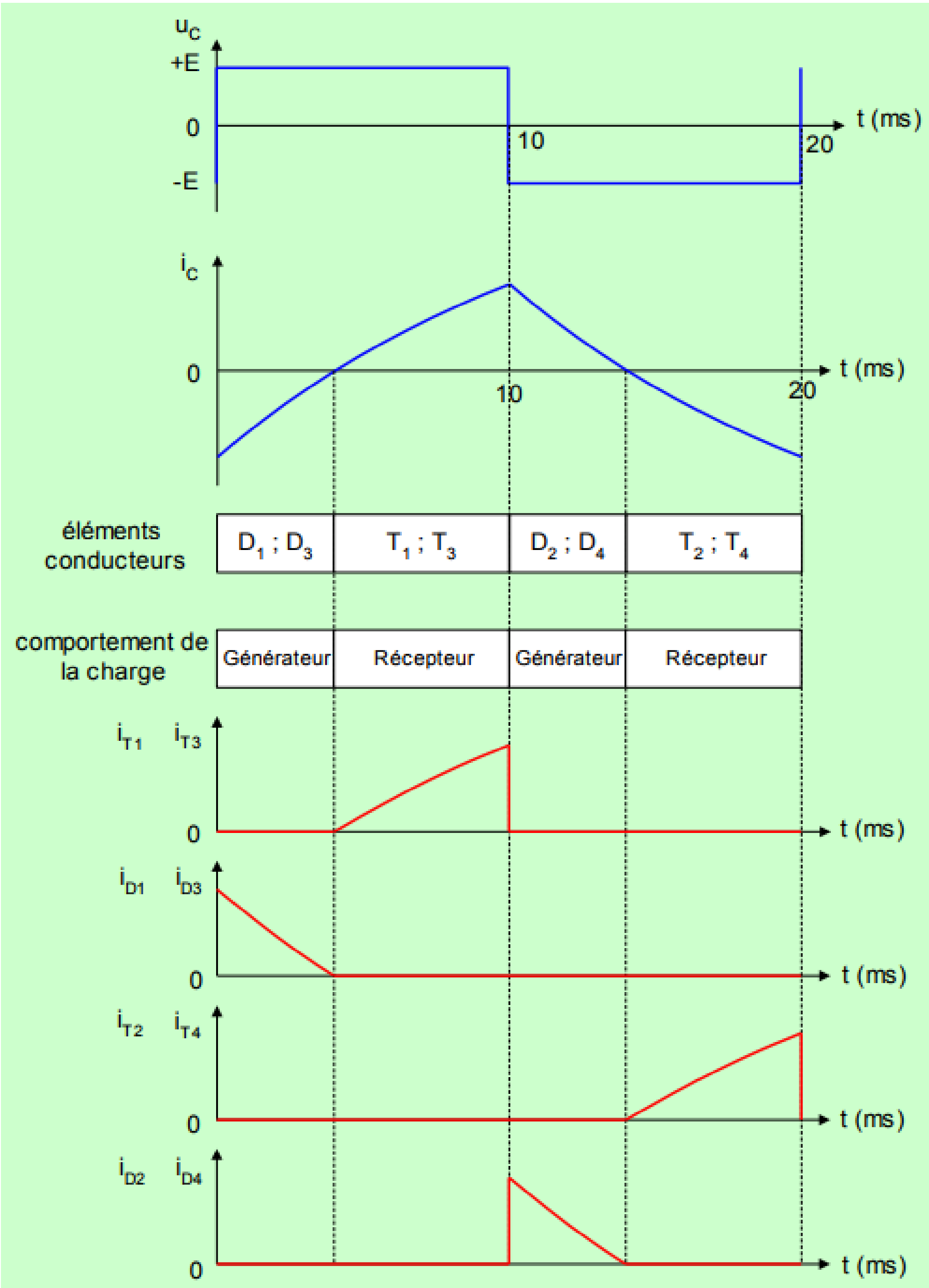
Allure de la tension u_c et du courant de charge i_c

B) Onduleur monophasé Onduleur en pont

L'onduleur en pont est formé de quatre interrupteurs montés en pont de Grëatz. Les commandes des interrupteurs K_1 et K_4 sont complémentaires : $K_1 = \overline{K_4}$ et $K_2 = \overline{K_3}$. Chaque interrupteur est formé d'un composant commandable et une diode en antiparallèle.



Onduleur monophasé Onduleur en pont



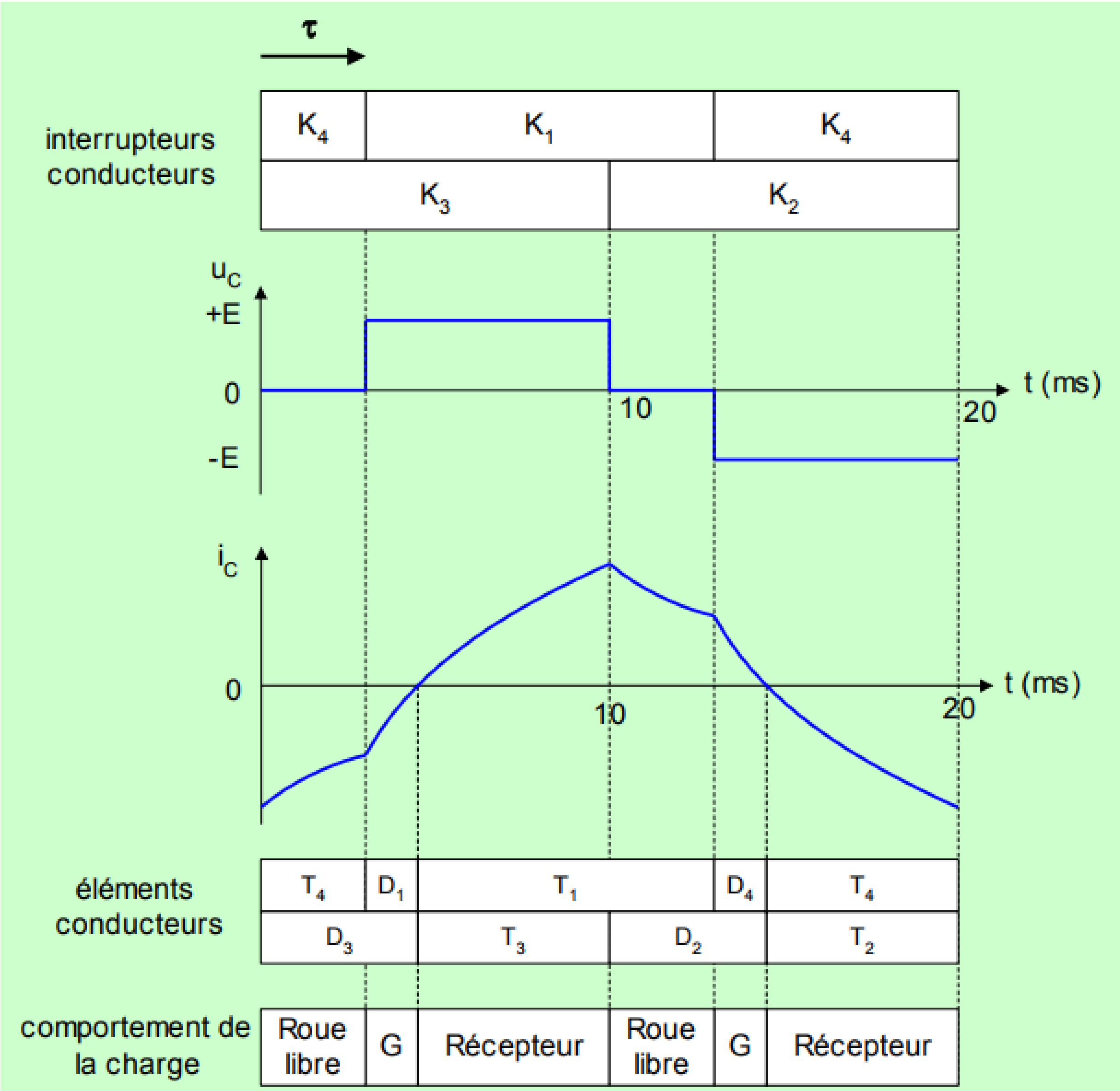
Calcul de la valeur efficace de la tension de sortie

$$U_c = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T u_c^2\,dt} = E$$

la valeur efficace de la tension de sortie est fixée par la tension continue d'alimentation.

8-4 Onduleur monophasé à commande décalée

Dans la commande symétrique, les interrupteurs K_1 et K_3 sont commandés ensemble. De même les interrupteurs K_2 et K_4sont aussi commandés ensemble. En commande décalée les interrupteurs K_1 et K_4 sont commandés avec un angle de décalage β . La figure illustre la forme d'onde de la tension et les intervalles de conduction des interrupteurs.



Forme d'onde de la tension u_c, i_c et intervalle de conduction.

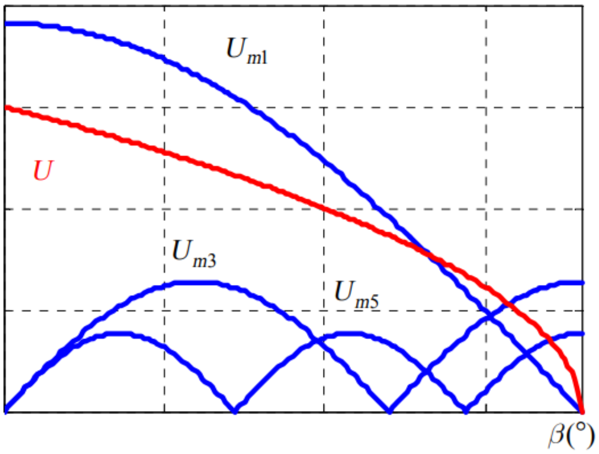
Etude de la tension de charge

$$U_c = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T u_c^2\,dt} = \sqrt{\frac{2}{T}\int_\beta^{\frac{T}{2}} u_c^2\,dt} = \sqrt{\frac{2}{T}E^2\left(\frac{T}{2}-\beta\right)} = E\sqrt{\left(\frac{\pi-\beta}{\pi}\right)}$$

Si on prend comme origine le milieu de l'alternance positive, le développement en série de Fourier donne :

$$u_c = \frac{4}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n} sinn\left(\frac{\pi-\beta}{2}\right) cosn\omega t$$

La figure fournit l'évolution de la tension efficace et des amplitudes du fondamental, de l'harmonique trois et de l'harmonique cinq.



Evolution du fondamental est des harmoniques trois et cinq en fonction de l'angle de décalage

Etude du courant

La charge est supposée inductive de résistance R et d'inductance L .

Pour $\theta = \omega\, t \;\; = \;\; 0$, le courant $i_c = I_o < 0$

- $\boldsymbol{\theta} \in [\mathbf{0}; \boldsymbol{\beta}]$

$$L\cdot\frac{di_c}{dt} + R\cdot i_c = 0$$

$$i_c = I_o e^{-\frac{\theta}{Q}}$$

Avec

$$Q = \frac{L\omega}{R}$$

Pour $\theta = \omega\, t \;\; = \;\; \beta \Rightarrow \boldsymbol{i_c(\beta) = I_\beta = I_o e^{-\frac{\beta}{Q}}}$

- $\boldsymbol{\theta} \in [\boldsymbol{\beta}; \boldsymbol{\pi}]$

$$L\cdot\frac{di_c}{dt} + R\cdot i_c = u_c = E$$

$$i_c = \frac{E}{R} + \left(I_\beta - \frac{E}{R}\right)e^{-\frac{\theta-\beta}{Q}}$$

Pour $\theta = \omega\, t \;\; = \;\; \pi \Rightarrow \boldsymbol{i_c(\pi) = i_{max} = \frac{E}{R} + \left(I_\beta - \frac{E}{R}\right)e^{-\frac{\pi-\beta}{Q}}}$

- $\theta \in [\pi; \pi + \beta]$

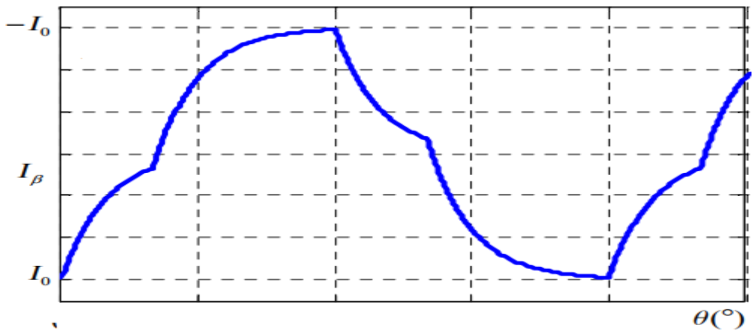
$$L\cdot\frac{di_c}{dt} + R\cdot i_c = 0$$

$$i_c = -I_o e^{-\frac{\theta-\pi}{Q}}$$

- $\theta \in [\pi + \beta; 2\pi]$

$$L\cdot\frac{di_o}{dt} + R\cdot i_c = u_c = -E$$

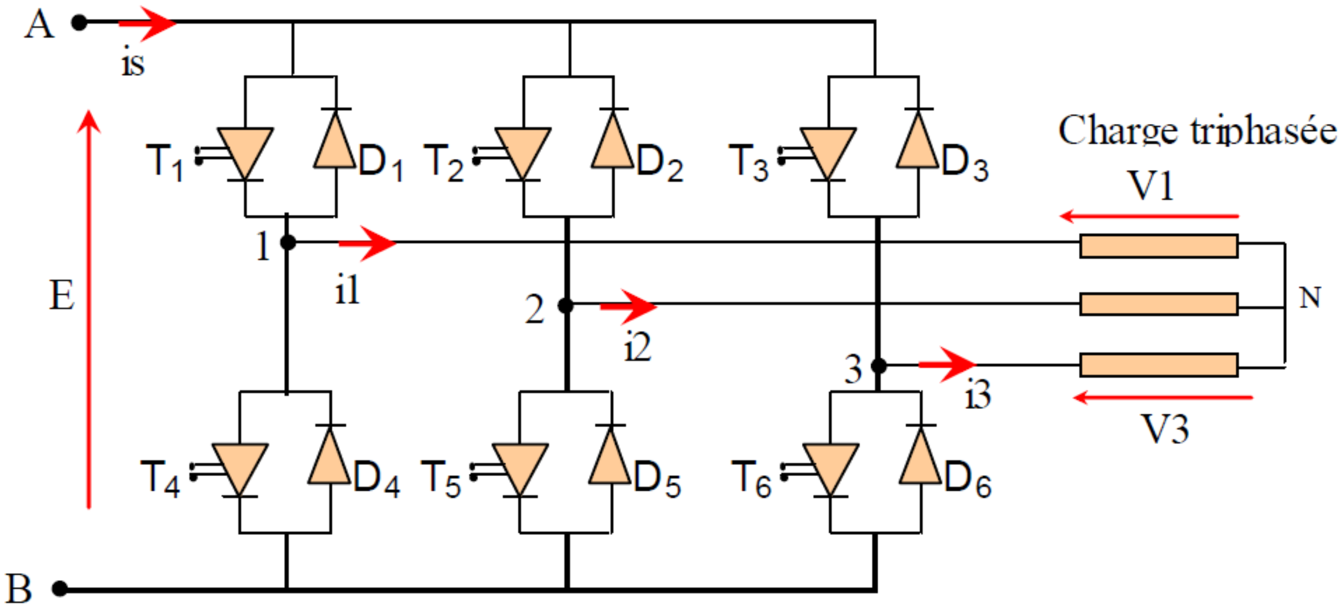
$$i_c = -\frac{E}{R} - \left(I_\beta - \frac{E}{R}\right)e^{-\frac{\theta-\pi-\beta}{Q}}$$



Allure du courant de charge

8-5 Onduleur triphasé

Un onduleur triphasé se comporte de trois phases dont les ondes de tensions sont déphasés respectivement de $2\pi/3$ et $4\pi/3$ par rapport à l'une d'elles. Nous nous intéresserons uniquement à la structure de l'onduleur à trois bras et à interrupteurs en série. Considérons le schéma ci-dessous (trois onduleurs monophasés en pont).



On suppose que la charge est supposée équilibrée

Nous avons immédiatement les relations suivantes au niveau de la charge :

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$
$$v_1 + v_2 + v_3 = 0$$

et

$$u_{12} = v_1 - v_2 \qquad (1)$$
$$u_{23} = v_2 - v_3 \qquad (2)$$
$$u_{31} = v_3 - v_1 \qquad (3)$$

En effectuant membre à membre la différence entre les équations (1) et (3), on obtient :

$$v_1 = -v_2 - v_3$$
$$u_{12} - u_{31} = v_1 - v_2 - v_3 + v_1$$
$$u_{12} - u_{31} = 3v_1$$

On arrive ainsi à l'expression de la tension simple :

$$v_1 = \frac{u_{12} - u_{31}}{3}$$

Et par permutation circulaire des indices 1,2,3, on peut établir les expressions des deux autres tensions simples:

$$v_2 = \frac{u_{23} - u_{12}}{3}$$

$$v_3 = \frac{u_{31} - u_{23}}{3}$$

Représentons les différentes allures des graphes des tensions simples v_1 et v_2 que nous allons construire à partir des tensions composées.