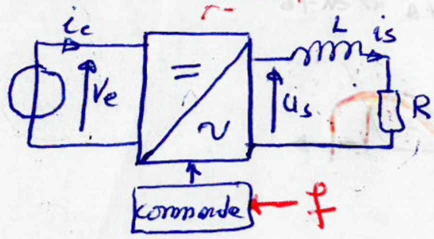
Onduleur de tensions monophasé

Def :

un onduleur est un convertisseur statique continu – alternatif

EX : Variateur de vitesse pour MAS, MS

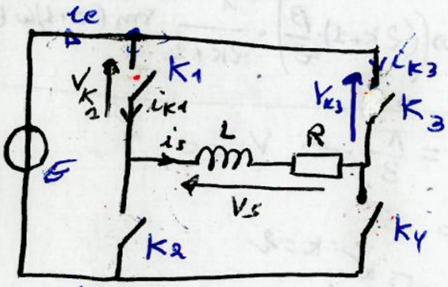
I- onduleur monophasé



Source de sortie ↳ courant "L"

Hypothèses :
- ⊕ cut de sortie i_s est sinusoïdale
- ⊕ pas de pertes au convertisseur
- ⊕ source d'entrée idéale ⇒ $V_e = E$

Structure

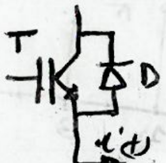


Commandes des interrupteurs

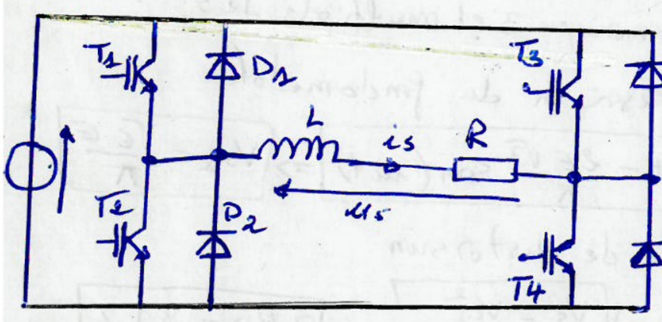
$$\begin{cases} K_1 = \overline{K_2} \\ K_3 = \overline{K_4} \end{cases}$$

bras

↳ K_1 ⇒



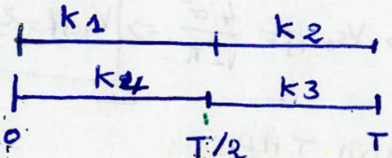
⇓



pour avoir l'évolut de sortie u_s il y a trois commande :
- plein onde
- commande décalée (Δ hm)
- commande MLI ⇒ le plus utilisé

* Commande plein onde

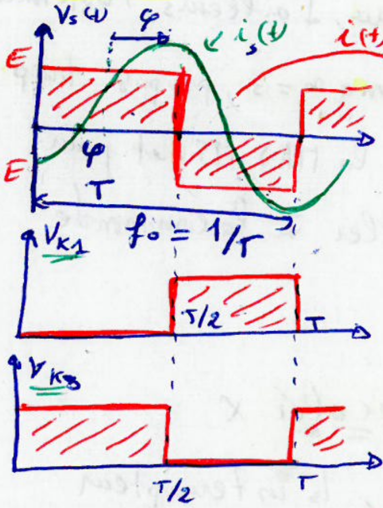
les interrupteurs sont commandés de façon suivante :

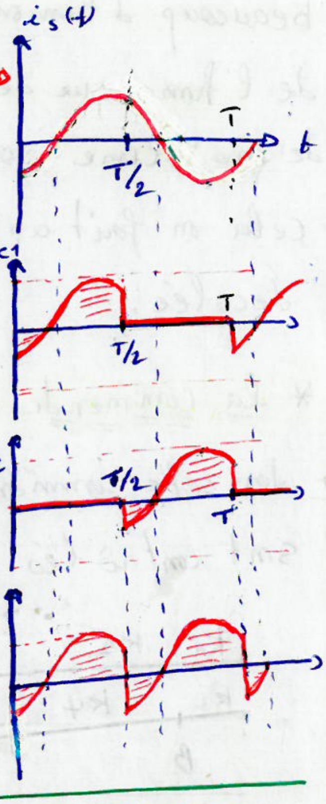


0 → T/2	T/2 → T
$\boxed{V_s(t) = E}$	$\boxed{V_s(t) = -E}$
$V_{K_2} = 0$	$V_{K_1} = E$
$i_{K_1} = i_s$	$i_{K1} = 0$
$V_{K3} = E$	$V_{K3} = 0$
$i_{K3} = 0$	$i_{K3} = -i_s$
$\boxed{i_e = i_{K_1} = i_s}$	$\boxed{i_e = i_{K_3} = -i_s}$

Expression
- $E = V_{K_1} + V_{K_2}$
- $E = V_{K_3} + V_{K3}$
- $i_e = i_{K1} + i_{K_3}$

* Allures





* la valeur efficace de $V_s(t)$

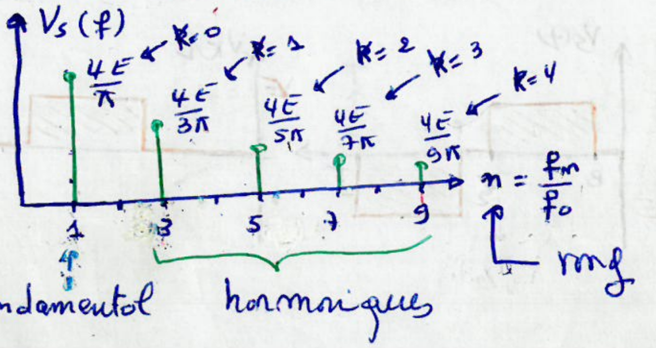
$$V_s = \sqrt{\langle (V_s(t))^2 \rangle}$$

↳ $\boxed{V_s = E}$

* l'expression de $V_s(t)$ ⇒ Série de Fourier

$$\boxed{V_s(t) = \frac{4E}{\pi} \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{1}{2k+1} \sin((2k+1)\omega t)} \quad \omega = 2\pi f_0$$

$\boxed{n = 2k+1}$



* **Expression du fondamental**

$$V_{s1}(t) = \frac{4E}{\pi}\sin(\omega t) \Leftarrow k=0, n=1$$

* **valeur efficace du fondamentale**

$$V_{s1eff} = \frac{V_{1max}}{\sqrt{2}} \Rightarrow V_{s1eff} = \frac{4E}{\sqrt{2}\pi} \Rightarrow \boxed{V_{s1eff} = \frac{2\sqrt{2}E}{\pi}}$$

* **taux de distorsion THD**

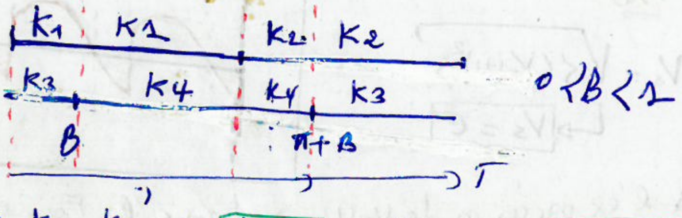
$$THD = \sqrt{\frac{V_{seff}^2 - V_{s1eff}^2}{V_{s1eff}^2}} = \sqrt{\frac{E^2 - \left(\frac{2\sqrt{2}}{\pi}E\right)^2}{\left(\frac{2\sqrt{2}}{\pi}E\right)^2}}$$

$$\boxed{THD = 48\%}$$

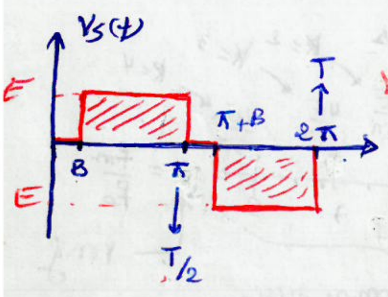
C/C : Ce type de commande présente beaucoup d'harmonique, d'ailleurs, l'existence de l'harmonique de rang n=3, propose trop de problème pour la MAS, MS. et pour cela on fait appeller à la commande décalée.

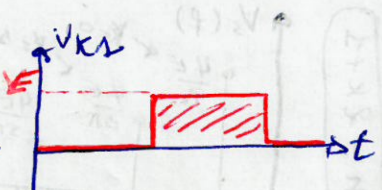
* **la commande decalée**

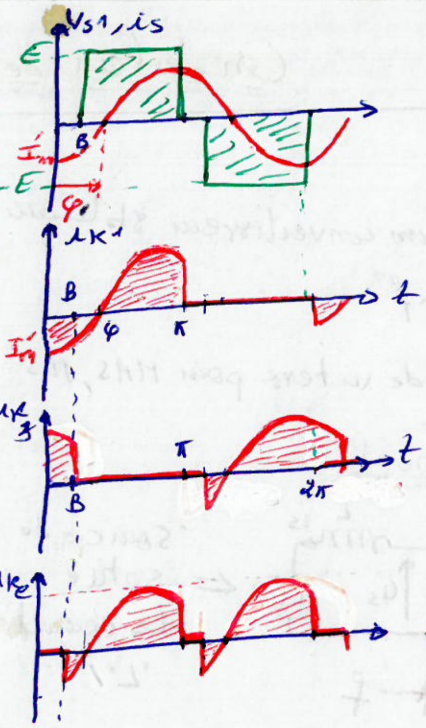
dans cette commande, les interrupteurs sont contrôlés par la façon suivante :



• $K_1, K_3 \Rightarrow \boxed{V_s = 0}$ • $K_1 K_4 \Rightarrow \boxed{V_s = E}$
• $K_2 . K_4 \Rightarrow \boxed{V_s = 0}$ • $K_2, K_3 \Rightarrow \boxed{V_s = -E}$







$i_{K1} = i_s \Rightarrow K_1 = 1$
$i_s = 0 \Rightarrow K_1 = 0$

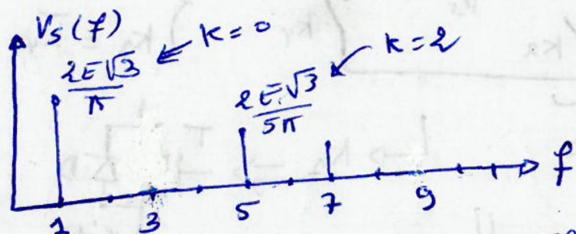
* la valeur efficace de $V_s(t)$

$$V_s = \sqrt{\langle V_s^2(t)\rangle} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\cdot 2 \cdot E^2(\pi - B)} = \boxed{E\sqrt{1-\frac{B}{\pi}}}$$

* la série de Fourier de $V_s(t)$

$$\boxed{V_s(t) = \frac{4E}{\pi}\sum_{k=0}^{\infty}\cos\left((2k+1)\cdot\frac{B}{2}\right)\cdot\frac{1}{2k+1}\sin(2k+1)\omega t}$$

* spectre $\Rightarrow B = \frac{\pi}{3} \Rightarrow V_3 = 0$



pour cette commande on a bien supprimer l'harmonique 3 et multiples de 3.

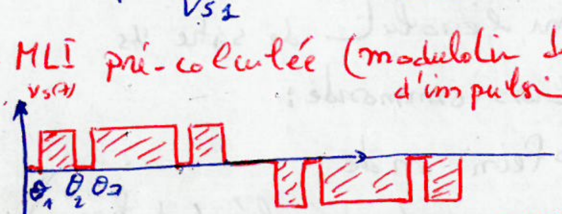
* expression du fondamental

$$\boxed{V_{s1}(t) = \frac{2E\sqrt{3}}{\pi}\sin(\omega t)} \Rightarrow \boxed{V_{s1} = \frac{\sqrt{6}E}{\pi}}$$

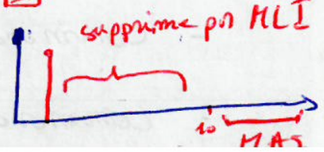
* taux de distorsion

$$THD = \sqrt{\frac{V_s^2 - V_{s1}^2}{V_{s1}^2}} \Rightarrow \boxed{THD = 31\%}$$

* **MLI pré-calculée (modulation de largeur d'impulsion**

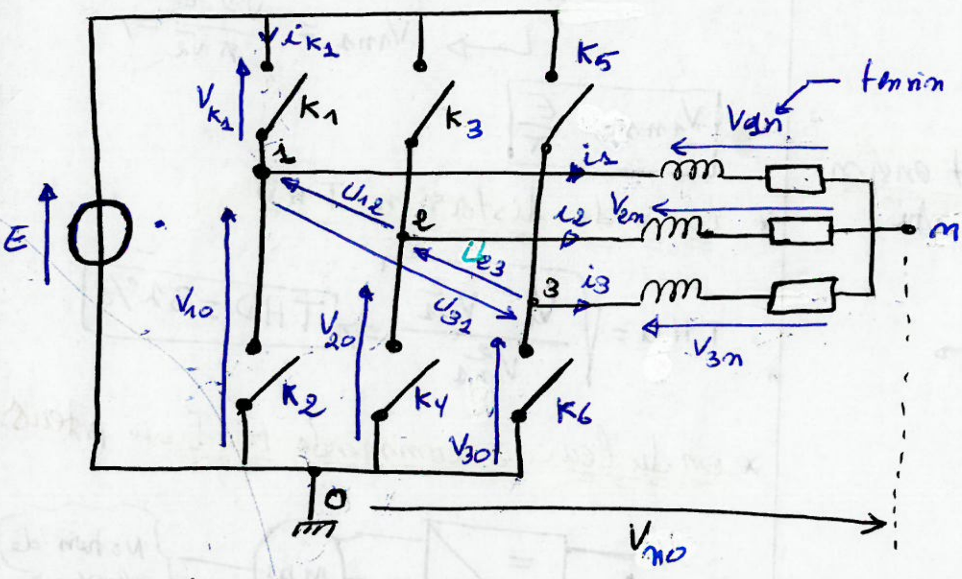


$\theta_1 \longrightarrow V_3 = 0$
$\theta_2 \longrightarrow V_5 = 0$

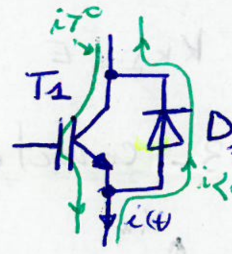


Onduleur triphasé

* structure



$\Rightarrow K_1 \Rightarrow$



Hypothèse :

⊕ courant de la charge sinusoïdal

⊕ pas de pertes dans l'onduleur

⊕ l'entrée statique $= E$

$\Rightarrow$ commande des interrupteurs : $\boxed{K_1 = \overline{K_2}}$, $\boxed{K_3 = \overline{K_4}}$, $\boxed{K_5 = \overline{K_6}}$

* la charge RL (MAS)

les tension V_{1n}, V_{2n}, V_{3n} forment un système triphasé équilibré.

$$\boxed{V_{1n} + V_{2n} + V_{3n} = 0}$$

* tension V_{1n}, V_{2n}, V_{3n} en fonction de U_{12}, U_{23}, U_{31}.

$$\boxed{V_{1n} = V_1 - V_n} \quad ①$$

$$\Rightarrow V_{1n} = -V_{2n} - V_{3n}$$

$$\Rightarrow 2V_{1n} + V_{1n} = 2V_{1n} - V_{2n} - V_{3n}$$

$$\Rightarrow 3V_{1n} = 2V_1 - V_2 - V_3$$

$$= \underbrace{V_1 - V_2}_{U_{12}} + \underbrace{V_1 - V_3}_{-U_{31}}$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{1n} = \frac{1}{3}\left(U_{12} - U_{31}\right)} \quad ①$$

même méthode pour V_{2n} et V_{3n}

$$\boxed{V_{2n} = \frac{1}{3}\left(U_{23} - U_{12}\right)}, \quad \boxed{V_{3n} = \frac{1}{3}\left(U_{31} - U_{23}\right)}$$

* les tension V_{1n}, V_{2n}, V_{3n} en fonct V_{10}, V_{20}, V_{30}

à partir des équat précédente

$$V_{1n} = \frac{1}{3}\left(U_{12} - U_{31}\right)$$

avec
- $U_{12} = V_{10} - V_{20}$
- $U_{23} = V_{20} - V_{30}$
- $U_{31} = V_{30} - V_{10}$

$$\Rightarrow \boxed{V_{1n} = \frac{2}{3}V_{10} - \frac{1}{3}V_{20} - \frac{1}{3}V_{30}}$$

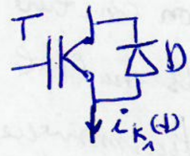
$$\Rightarrow \boxed{V_{2n} = -\frac{1}{3}V_{10} + \frac{2}{3}V_{20} - \frac{1}{3}V_{30}}$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{3n} = -\frac{1}{3}V_{10} - \frac{1}{3}V_{20} + \frac{2}{3}V_{30}}$$

* le courant i_{K_1}

si K_1 bloqué $\Rightarrow \boxed{i_{K_1} = 0}$

si K_1 passant $\Rightarrow \boxed{i_{K_1} = i_1}$



si $\boxed{i_{K_1} > 0} \Rightarrow \boxed{T \text{ passant}}$

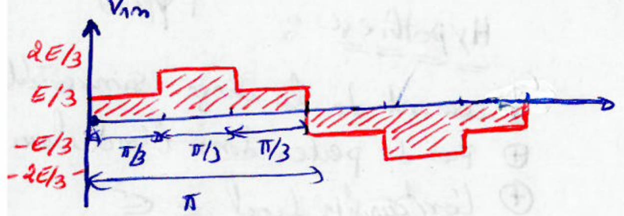
si $\boxed{i_{K_1} < 0} \Rightarrow \boxed{D \text{ passante}}$

* V_{K1} . la tension aux bornes de l'interrupteur K_1

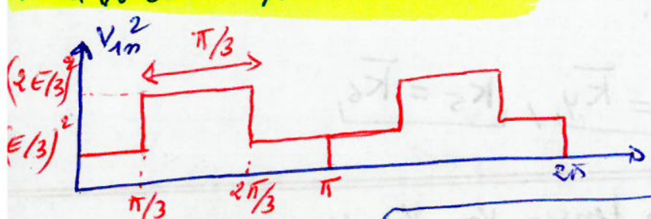
$V_{K1} = 0$ si K_1 passant

$V_{K1} = E$ si K_1 bloqué

caractéristique des tension de sortie



* la valeur efficace V_{eff}



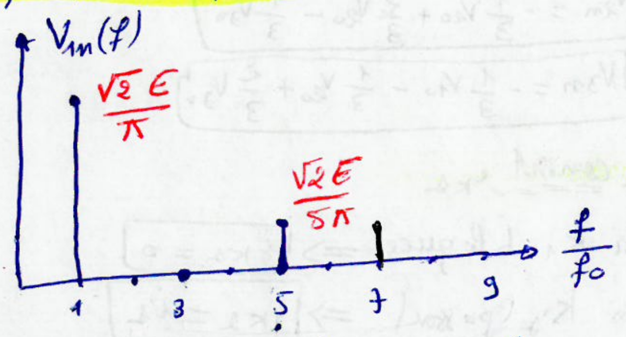
$$V_{1eff} = \sqrt{\langle V_{1n}^2 \rangle} = \sqrt{2\left(\frac{2 \times \frac{E^2}{9} \times \pi/3}{2\pi} + \frac{\frac{4E^2}{9} \times \pi/3}{2\pi}\right)}$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{1eff} = \frac{\sqrt{2}}{3} E}$$

* la serie de Fourier pour V_{1n}

$$\boxed{V_{1n}(t) = \frac{2\sqrt{2}E}{3\pi} \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{1}{2k+1}\left(1 + \cos\frac{(2k+1)\pi}{3}\right) \sin((2k+1)\omega t)}$$

Spectre de $V_{1n}(t)$



a partir du spectre, on conclure que les harmonique 3 et les multiple de 3 sont nuls, le seul harmonique le plus gênant est l'harmonique de rang 5.

PB

$\Rightarrow$ le sig $V_{1n}(t)$ est proche d'un sinusoide

* expression de $V_{1n1}(t)$

$$V_{1n1}(t) = \frac{\sqrt{2}E}{\pi} \sin(\omega t)$$

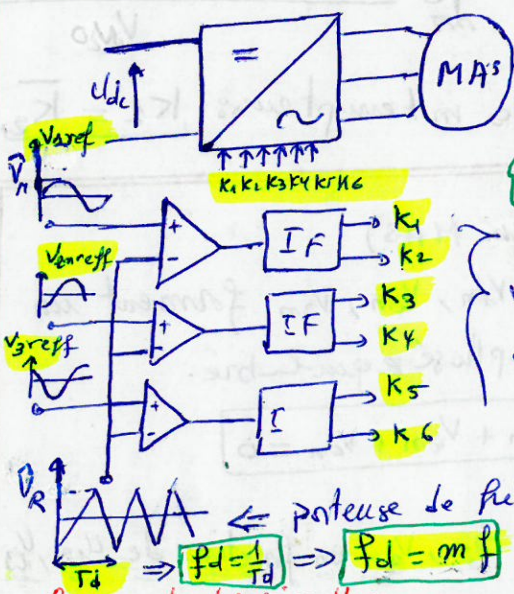
$$\hookrightarrow V_{1n1} = \frac{\sqrt{2}E}{\pi\sqrt{2}} \Rightarrow$$

$$\boxed{V_{1n1} = \frac{E}{\pi}}$$

* taux de distorsion THD

$$THD = \sqrt{\frac{V_1^2 - V_{1n1}^2}{V_{1n1}^2}} \Rightarrow \boxed{THD = 31\%}$$

* onduleur à commande MLI avec porteuse



Notion de reglage,
$r = \frac{\hat{V}_R}{\hat{V}_M} < 1$
$f_d = m.f$

vers la commande des interrupteurs

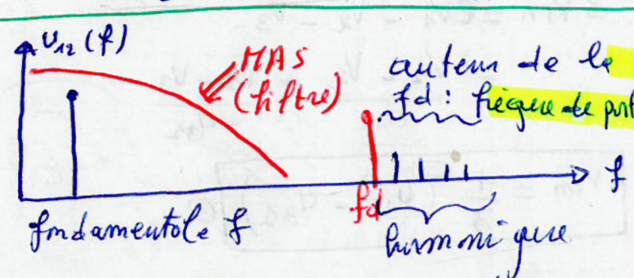
$\Leftarrow$ porteuse de fréquence élevée

$\Rightarrow \boxed{f_d = \frac{1}{T_d}} \Rightarrow \boxed{f_d = m f}$ avec m indice de modulation

* forme de tension U_{12}

cette tension est très proche de sinusoidale

$$\boxed{u_{12}(t) = \frac{E}{2}\frac{r\sqrt{3}}{2} \sin(2\pi f t) + \sum_{n=2}^{+\infty} K_n \cos n(2\pi f_d t)}$$



autour de la fréquence fd: fréquence de porteuse.

donc l'utilité de cette commande est de rejeter les harmonique f vers les haut fréquence, et la machine présente elle même un filtre ses harmoniques sont alors bien filtrés

$\Rightarrow$ le signal est sinusoidale -