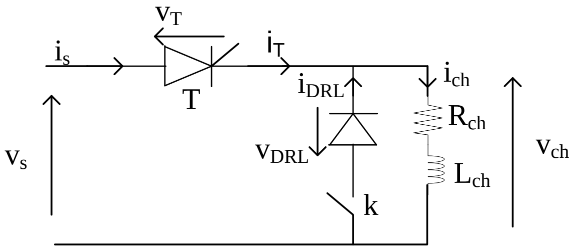
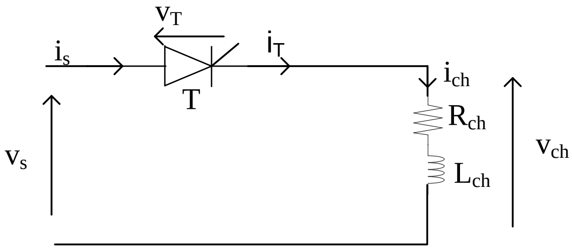
Correction de T .D.1

Montage



$v_s(t) = V_m \sin(\theta),$
$V_m = V\sqrt{2}; \quad V = 50\ Volts; \quad \theta = \omega t,$
$\omega = 2\pi f.$

Cas 1 : k=0 (sans diode de roue libre)



Modèle (Hybride) :

+ Loi de mailles (1 maille) :
  $v_s = v_{ch} + v_T$
+ Loi de Nœud : 0 nœud
+ Circuit série : $i_s = i_T = i_{ch}$
+ Loi de charge (loi d'Ohm) :
  $$v_{ch} = R_{ch} i_{ch} + L_{ch}\frac{di_{ch}}{dt}$$

Ammorçabilité :

-Alimentation et sans courant de gâchette $i_g = 0$, le thyristor (T) est ouvert, $i_T = 0 = i_{ch}$; $v_{ch} = 0$;

$\rightarrow v_T = v_s$, si $v_s \geq 0$ alors $v_T \geq 0$ **:**

Ammorçabilité de thyristor.

-Fonctionnement avec courant de gâchette $i_g \neq 0$,

Le thyristor devient conducteur

$\rightarrow v_T = 0\ et\ v_{ch} = v_s;\ i_T = i_{ch} = i_s$

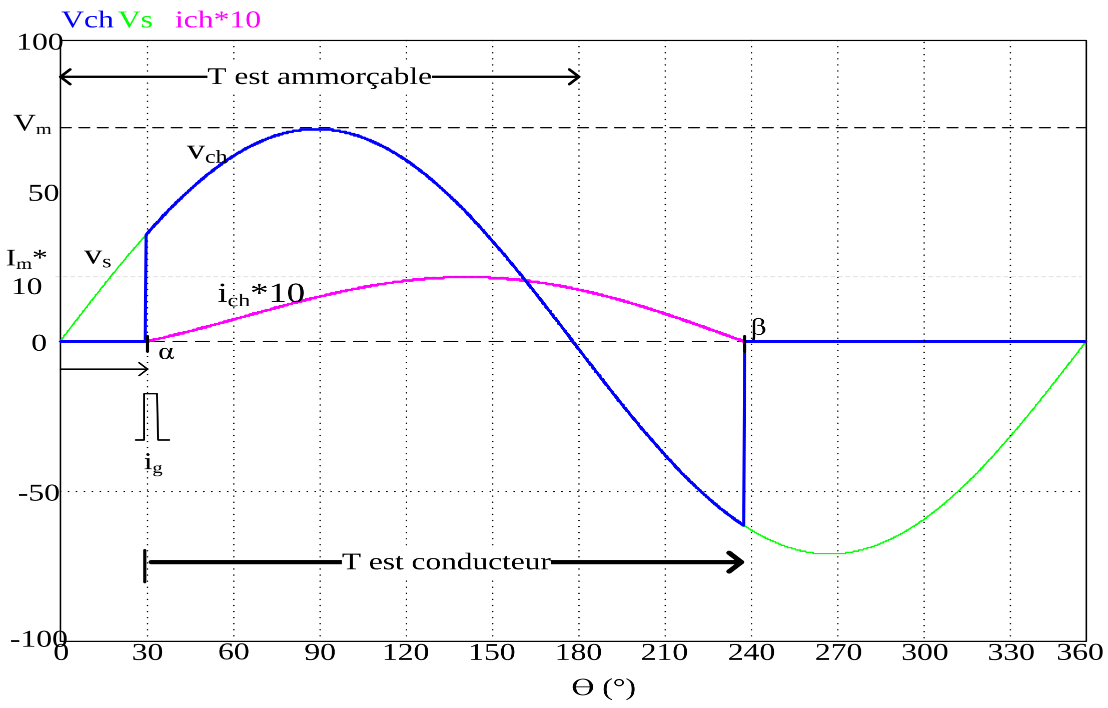
Commutations :

- [α : β] : T est conducteur

  $\rightarrow v_T = 0\ et\ v_{ch} = v_s;\ i_T = i_{ch} = i_s$

- [β : 2π+α] : T est bloqué (car le courant de charge s'annule pour θ = β) donc,

  $i_T = 0 = i_{ch}$; $v_{ch} = 0$ et $v_T = v_s$;



- Calcul de courant i_{ch} :

$$\begin{cases} v_{ch} = v_s \\ v_{ch} = R_{ch} i_{ch} + L_{ch}\dfrac{di_{ch}}{dt} \end{cases}$$

$$i_{ch}(t) = i_{chl} + i_{chf}$$

solution sans second membre:

$$R_{ch} i_{ch} + L_{ch}\frac{di_{ch}}{dt} = 0$$

$$i_{chl} = Ae^{-\frac{t}{\tau}}, avec\ \ \tau = \frac{L_{ch}}{R_{ch}}$$

solution avec second membre:

$$R_{ch} i_{ch} + L_{ch}\frac{di_{ch}}{dt} = v_m \sin(\omega t)$$

$$i_{chf} = \mathrm{I_m}\sin(\omega t - \varphi)$$

avec,

$$\mathrm{I_m} = \frac{\mathrm{v_m}}{\sqrt{\mathrm{R_{ch}^2} + (\omega \mathrm{L_{ch}})^2}} \quad et\ \ \varphi = \mathrm{arctg}\left(\frac{L_{ch}\omega}{R_{ch}}\right)$$

$$Donc\ \ i_{ch}(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}} + \mathrm{I_m}\sin(\omega t - \varphi),$$

Considérant les conditions initiales:

$$\mathrm{i_{ch}}(\alpha)=0 \rightarrow\ Ae^{-\frac{\alpha}{\omega\tau}} + \mathrm{I_m}\sin(\alpha - \varphi) = 0,$$

$$\rightarrow A = -\mathrm{I_m}\sin(\alpha - \varphi)e^{\frac{\alpha}{\omega\tau}}$$

$$i_{ch}(\theta) = \mathrm{I_m}\left(\sin(\theta - \varphi) - \sin(\alpha - \varphi)e^{\frac{\alpha-\theta}{\omega\tau}}\right)$$

Remarque : β est l’angle d’extinction , il est obtenue quand le courant ich=0, ich(β)=0

β est la solution de l'équation :

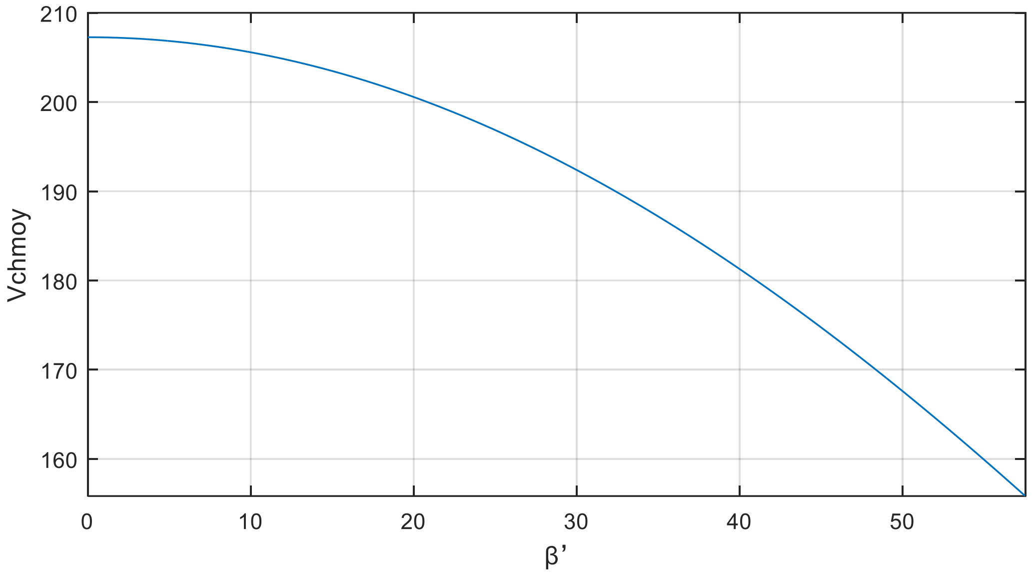
$$i_{ch}(\beta) = \mathrm{I_m}\left(\sin(\beta - \varphi) - \sin(\alpha - \varphi)e^{\frac{\alpha-\beta}{\omega\tau}}\right) = 0$$

$$\beta = \pi + \beta'$$

- Calcul de la valeur moyenne de la tension au borne de la charge V_{chmoy} :

$$V_{chmoy} = \frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\beta} V_m \sin(\theta)d\theta = \frac{Vm}{2\pi}\left[-\cos(\theta)\right]_{\alpha}^{\beta}$$

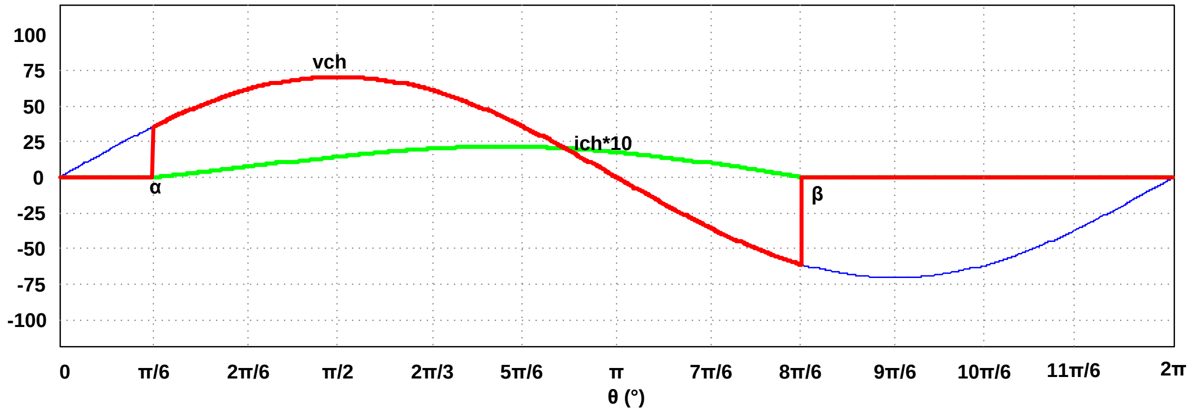
$$V_{chmoy} = \frac{Vm}{2\pi}\left(\cos(\alpha) + \cos(\beta')\right) \ avec \ \beta = \beta' + \pi$$



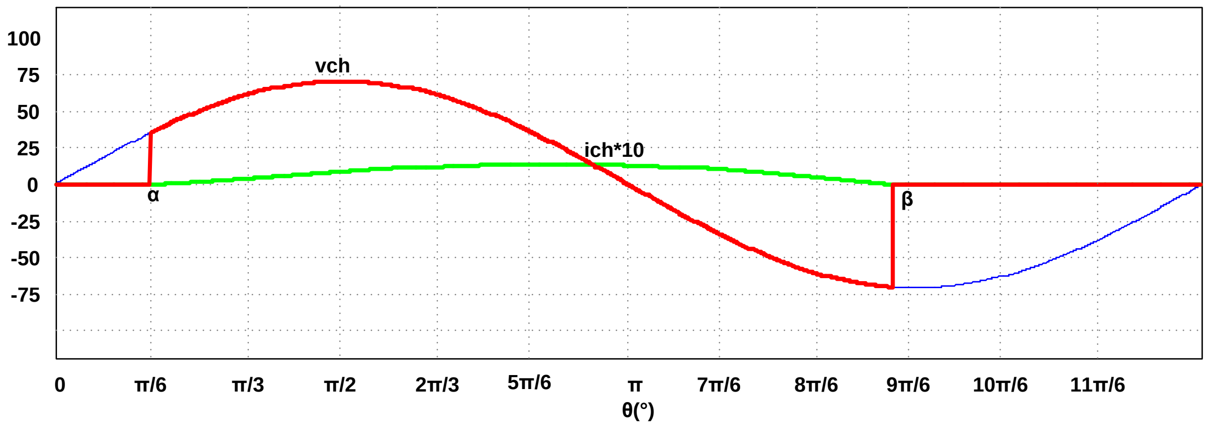
Effet de variation de l'inductance L de la charge :

L'angle β dépend de la valeur de l'inductance L, si L augmente alors β augmente.

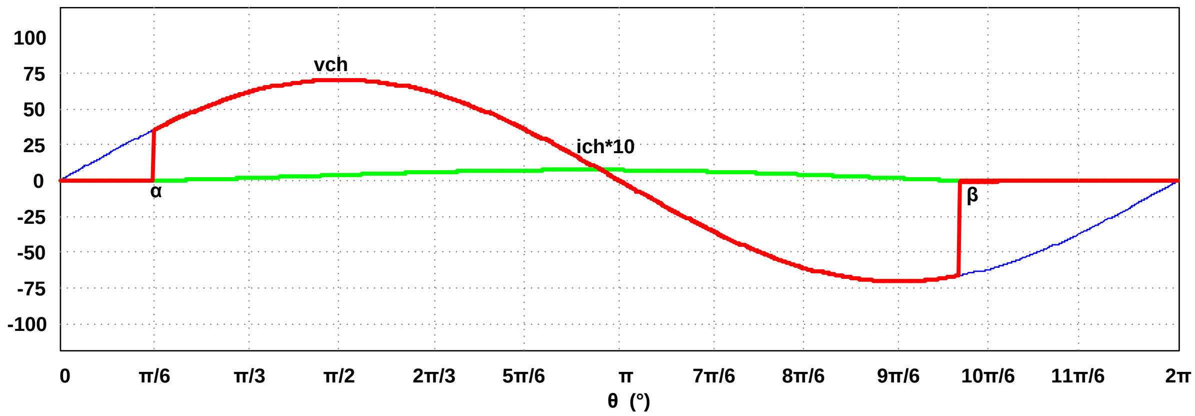
Pour L=100mh :



Pour L=200mh :



Pour L=500mh :



β=239.7600 pour L=100mh

β=261.5400 pour L=200mh

β=289.6200 pour L=500mh

- Calcul de puissance P_{ch}

$$P_{ch}=\frac{1}{T}\int_0^T v_{ch}(t)*i_{ch}(t)dt=\frac{1}{2\pi}\int_\alpha^\beta v_{ch}(\theta)*i_{ch}(\theta)d\theta$$

$$=\frac{1}{2\pi}\int_\alpha^\beta v_m\sin(\theta)*i_{ch}(\theta)d\theta=\frac{1}{2\pi}\int_\alpha^\beta v_m\,\mathrm{I_m}\sin(\theta)\left(\sin(\theta-\varphi)-\sin(\alpha-\varphi)e^{\frac{\alpha-\theta}{\omega\tau}}\right)d\theta$$

$$=\frac{1}{2\pi}\int_\alpha^\beta v_m\,\mathrm{I_m}\sin(\theta)\sin(\theta-\varphi)d\theta-\frac{1}{2\pi}\int_\alpha^\beta v_m\,\mathrm{I_m}\sin(\theta)\sin(\alpha-\varphi)e^{\frac{\alpha-\theta}{\omega\tau}}d\theta$$

$$\bullet\frac{1}{2\pi}\int_\alpha^\beta v_m\,\mathrm{I_m}\sin(\theta)\sin(\theta-\varphi)d\theta=\frac{v_m\,\mathrm{I_m}}{4\pi}\left[\cos(\varphi).\theta-\frac{1}{2}\sin(2\theta-\varphi)\right]_\alpha^\beta$$

$$=\frac{v_m\,\mathrm{I_m}}{4\pi}\left((\beta-\alpha)\cos(\varphi)-\frac{1}{2}\sin(2\beta-\varphi)+\frac{1}{2}\sin(2\alpha-\varphi)\right)$$

$$\bullet\frac{1}{2\pi}\int_\alpha^\beta\sin(\alpha-\varphi)\sin(\theta)e^{\frac{\alpha-\theta}{\omega\tau}}d\theta=\frac{\sin(\alpha-\varphi)e^{\frac{\alpha}{\omega\tau}}}{2\pi}\int_\alpha^\beta\sin(\theta)e^{\frac{-\theta}{\omega\tau}}d\theta=?$$

$$soit\ \mathrm{u}=\sin(\theta),v'=e^{\frac{-\theta}{\omega\tau}}\rightarrow \mathrm{u'}=\cos(\theta),v=-\omega\tau e^{\frac{-\theta}{\omega\tau}}$$

$$\rightarrow\int_\alpha^\beta\sin(\theta)e^{\frac{-\theta}{\omega\tau}}d\theta=\left[-\omega\tau e^{\frac{-\theta}{\omega\tau}}\sin(\theta)\right]_\alpha^\beta+\int_\alpha^\beta\omega\tau e^{\frac{-\theta}{\omega\tau}}\cos(\theta)d\theta$$

$$soit\ \mathrm{u}=\cos(\theta),v'=\omega\tau e^{\frac{-\theta}{\omega\tau}}\rightarrow \mathrm{u'}=-\sin(\theta),v=-(\omega\tau)^2e^{\frac{-\theta}{\omega\tau}}$$

$$\rightarrow\int_\alpha^\beta\omega\tau e^{\frac{-\theta}{\omega\tau}}\cos(\theta)d\theta=\left[-(\omega\tau)^2e^{\frac{-\theta}{\omega\tau}}\cos(\theta)\right]_\alpha^\beta-\int_\alpha^\beta(\omega\tau)^2e^{\frac{-\theta}{\omega\tau}}\sin(\theta)d\theta$$

$$\rightarrow\int_\alpha^\beta\sin(\theta)e^{\frac{-\theta}{\omega\tau}}d\theta=\left[-\omega\tau e^{\frac{-\theta}{\omega\tau}}\sin(\theta)\right]_\alpha^\beta+\left[-(\omega\tau)^2e^{\frac{-\theta}{\omega\tau}}\cos(\theta)\right]_\alpha^\beta-\int_\alpha^\beta(\omega\tau)^2e^{\frac{-\theta}{\omega\tau}}\sin(\theta)d\theta$$

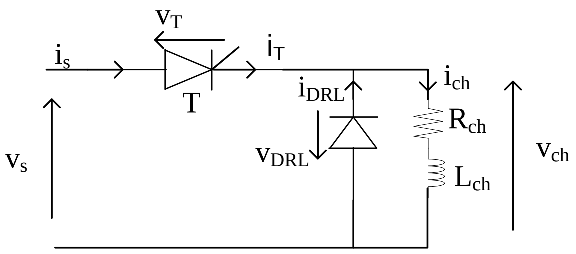
$$\rightarrow\int_\alpha^\beta\sin(\theta)e^{\frac{-\theta}{\omega\tau}}d\theta=\frac{1}{1+(\omega\tau)^2}\left(\left[-\omega\tau e^{\frac{-\theta}{\omega\tau}}\sin(\theta)\right]_\alpha^\beta+\left[-(\omega\tau)^2e^{\frac{-\theta}{\omega\tau}}\cos(\theta)\right]_\alpha^\beta\right)$$

$$\frac{v_m\,\mathrm{I_m}}{2\pi}\int_\alpha^\beta\sin(\alpha-\varphi)\sin(\theta)e^{\frac{\alpha-\theta}{\omega\tau}}d\theta=\frac{\sin(\alpha-\varphi)e^{\frac{\alpha}{\omega\tau}}}{2\pi}\frac{v_m\,\mathrm{I_m}}{1+(\omega\tau)^2}\left(\left[-\omega\tau e^{\frac{-\theta}{\omega\tau}}\sin(\theta)\right]_\alpha^\beta+\left[-(\omega\tau)^2e^{\frac{-\theta}{\omega\tau}}\cos(\theta)\right]_\alpha^\beta\right)$$

A.N.

P_{ch}= 25,565W

Cas 2 : k=1 (Avec diode de roue libre)



- **Modèle (Hybride) :**
  - \+ Loi de mailles (3 mailles) :

$$\begin{cases} v_s = v_{ch} + v_T \\ v_s = v_T - v_{DRL} \\ v_{DRL} = -v_{ch} \end{cases}$$

  - \+ Loi de Nœud : 1 nœud

$$\begin{cases} i_{ch} = i_T + i_{DRL} \\ i_s = i_T \end{cases}$$

  - \+ Loi d'Ohm (la charge) :

$$v_{ch} = R_{ch} i_{ch} + L_{ch} \frac{di_{ch}}{dt}$$

<u>Ammorçabilité :</u>

-Alimentation et sans courant de gâchette $i_g=0$,

Thyristor (T) ouvert, $i_T= 0 = i_{ch}$; $v_{ch}=0$; $v_T = v_s$,

si $v_s \geq 0$ alors $v_T \geq 0$: T est ammorçable.

-Fonctionnement avec courant de gâchette $i_g \neq 0$,

pour un angle de retard à l'ammorcage α,

Le thyristor devient conducteur,

$\rightarrow v_T = 0$ *et* $v_{ch} = v_s$; $v_{DRL} = -v_s$

$\Rightarrow$ La diode DRL est ammorçable si $v_{DRL} \geq 0$

Donc si $v_s \leq 0$

<u>**Commutations :**</u>

- [α : π] : **T** est passant (fermé), DRL est bloquée

$\rightarrow v_T = 0$ *et* $v_{ch} = v_s$; $v_{DRL} = -v_s$

$i_{ch} = i_T = i_s$

- [π :β] : **DRL** est passante (DRL commute sur T)

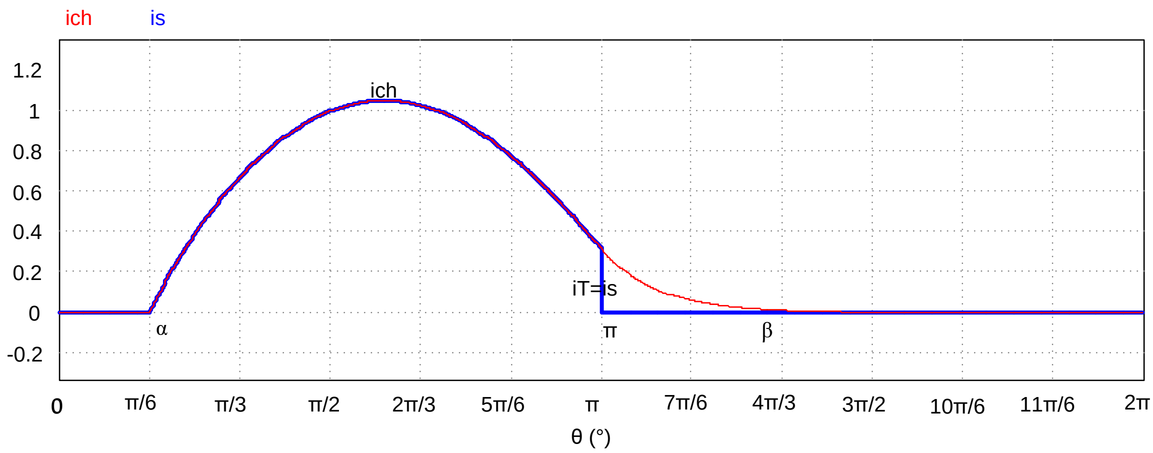
$\rightarrow v_{DRL} = 0 \rightarrow v_{ch} = 0$; $v_T = v_s$

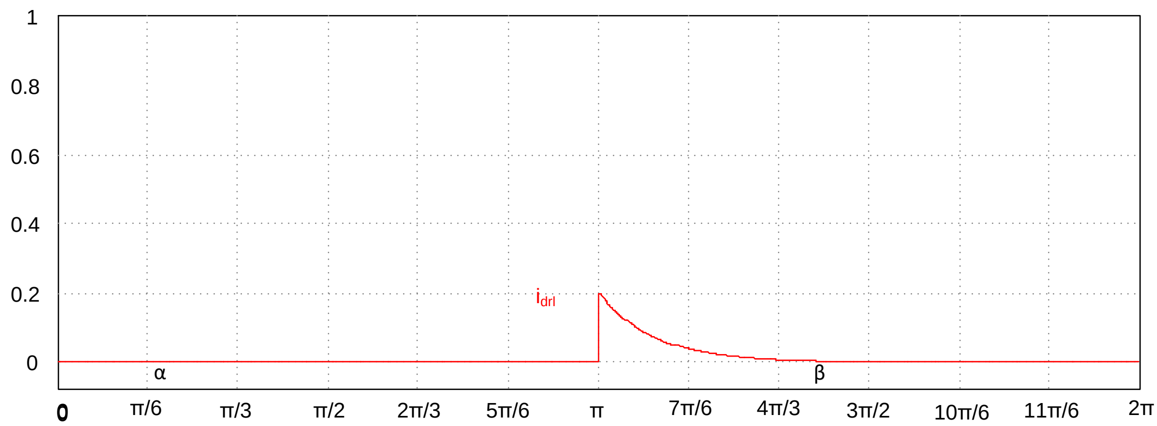
T est bloqué $\Rightarrow i_T = 0 \Rightarrow i_{ch} = i_{DRL}$

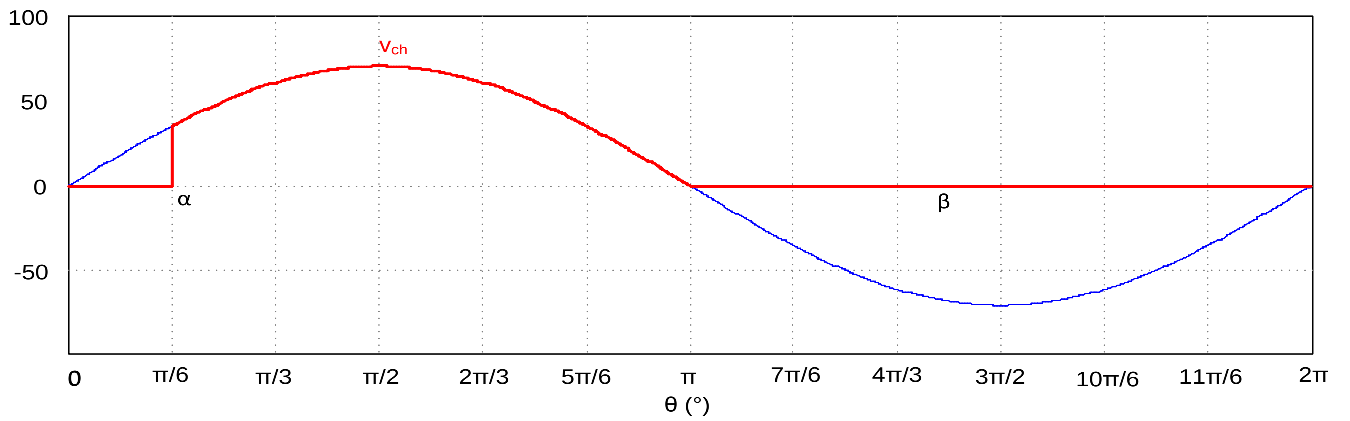
- [β : 2π+α] : T et DRL sont bloqués

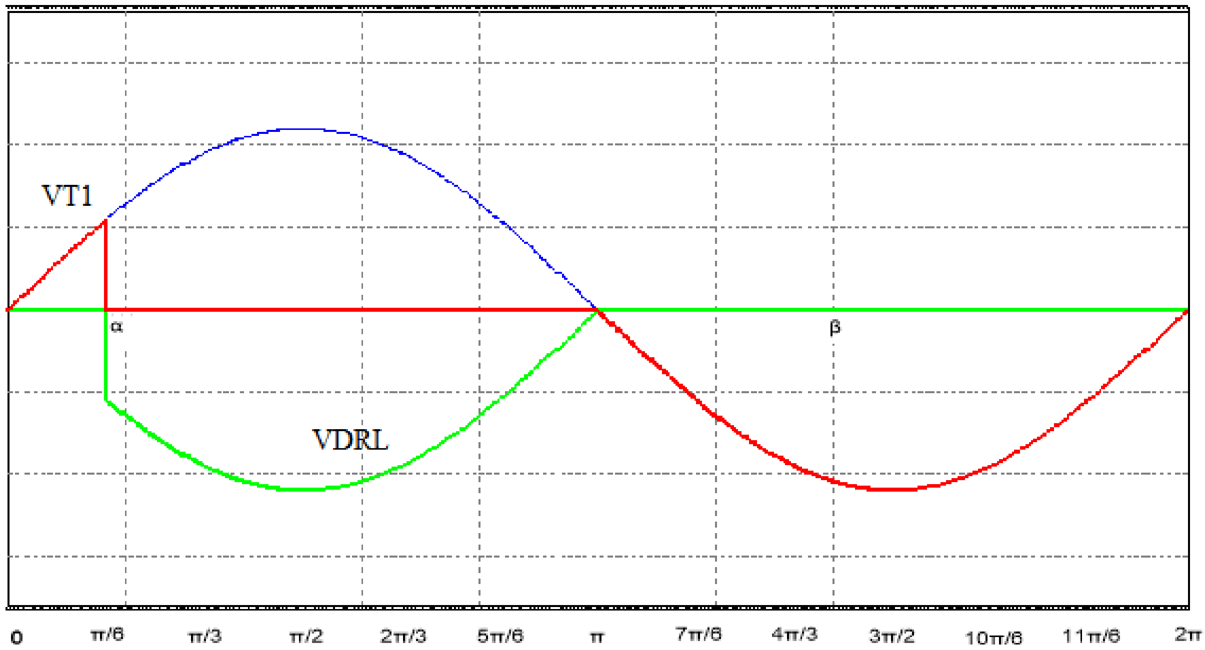
$i_{DRL} = i_T = 0; \Rightarrow i_{ch} = i_s = 0$

$\rightarrow v_{ch} = 0 \rightarrow v_{DRL} = 0$; $v_T = v_s$


ich
is
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
ich
iT=is
α
π
β
0
π/6
π/3
π/2
2π/3
5π/6
π
7π/6
4π/3
3π/2
10π/6
11π/6
2π
θ (°)


1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
i_{drl}
α
β
0
π/6
π/3
π/2
2π/3
5π/6
π
7π/6
4π/3
3π/2
10π/6
11π/6
2π

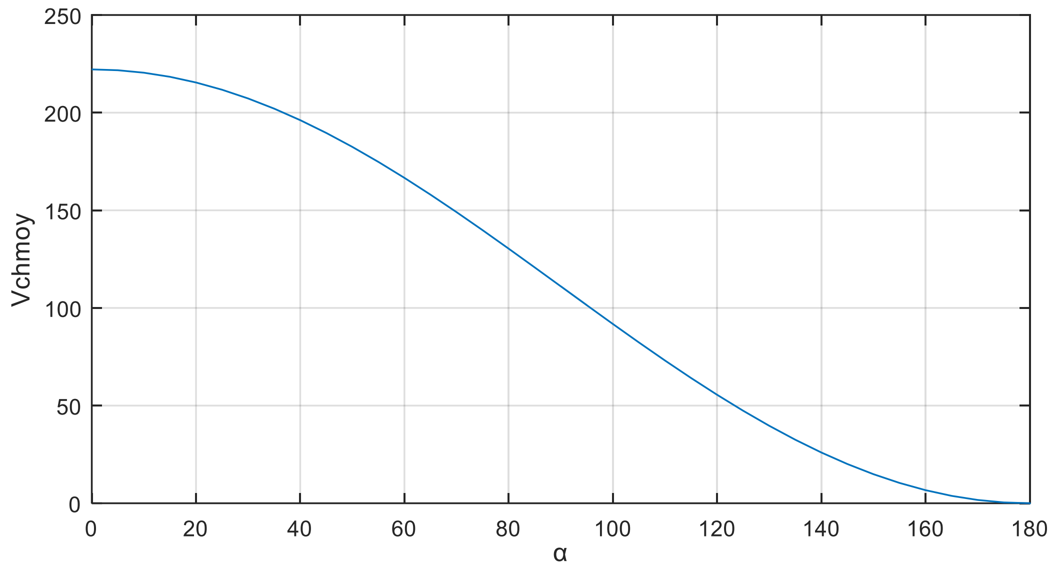




➢ Calcul de la valeur moyenne de la tension V_{chmoy}:

$$V_{chmoy} = \frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin(\theta)d\theta = \frac{Vm}{2\pi}\left[-\cos(\theta)\right]_{\alpha}^{\pi}$$

$$V_{chmoy} = \frac{Vm}{2\pi}(\cos(\alpha)+1)$$



- Calcul de puissance P_{ch}

$$P_{ch} = \frac{1}{T}\int_0^T v_{ch}(t) * i_{ch}(t)dt = \frac{1}{2\pi}\int_\alpha^\pi v_{ch}(\theta) * i_{ch}(\theta)d\theta$$

$$= \frac{1}{2\pi}\int_\alpha^\pi v_m \sin(\theta) * i_{ch}(\theta)d\theta = \frac{1}{2\pi}\int_\alpha^\pi v_m \, \mathrm{I_m} \sin(\theta)\left(\sin(\theta-\varphi)-\sin(\alpha-\varphi)e^{\frac{\alpha-\theta}{\omega\tau}}\right)d\theta$$

$A.N.$

$P_{ch} = 30.33 \ W$