

CHAPITRE 2

LES CONVERTISSEURS ALTERNATIFS/CONTINUS

LES MONTAGES REDRESSEURS COMMANDÉS

LES CONVERTISSEURS ALTERNATIFS/CONTINUS

LES MONTAGES REDRESSEURS COMMANDÉ

1-INTRODUCTION

On effectue une modification importante dans le commutateur :le remplacement des diodes par des thyristors (remplacement d'interrupteurs 2 segments par des interrupteurs 3 segments à fermeture commandée) permet de moduler le transfert d'énergie de la source alternative vers le récepteur continu. Cette modification de commande du système apporte non seulement une souplesse complémentaire, mais elle permet aussi, sous certaines conditions un transfert d'énergie en sens inverse.

2-REDRESSEMENT MONOPHASÉ SIMPLE ALTERNANCE

L'angle d'amorçage utilisé pour cette étude est $\alpha = \frac{\pi}{6}$

2-1- Charge résistive

Soit le montage de la figure (1) alimentant une charge résistive. Lthyristor est supposée idéale. La tension délivrée par le transformateur est supposée sinusoïdale de pulsation ω

et d'amplitude maximale V_{2m} . Elle s'exprime par : $V_{2m} \sin(\omega t)$

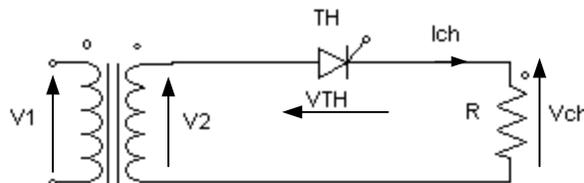


Figure 29 : montage redressement commandé mono-alternance charge résistive

a)-Analyse de fonctionnement

Le thyristor est passant qu'à partir du moment où l'on envoie le signal de gâchette et à la condition que la tension V_{AK} soit positive

- ✓ L'amorçage s'effectue avec un retard t_0 après chaque début de période T
- ✓ Le signal de gâchette doit être synchronisé avec celui de la tension V
- ✓ L'angle $\alpha = \omega t_0$ s'appelle l'angle de retard à l'amorçage.

pour $0 < \theta < \alpha$

on a $V > 0$ pas d'impulsion sur la gâchette donc TH est bloqué, alors $i_{ch} = 0, u_{ch} = 0$ et $V_{th} = V$
 pour $\alpha < \theta < \pi$

on a $V > 0$, envoie une impulsion de commande (courant d'amorçage) donc TH devient conducteur, alors $u_{ch} = V = Ri_{ch}$, et $V_{th} = 0$

b)-Forme d'onde des différentes grandeurs

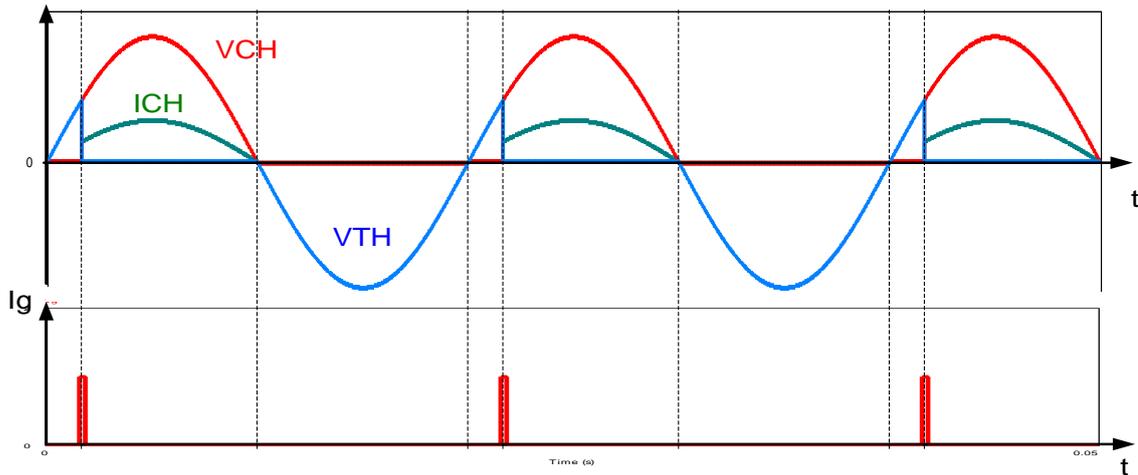


Figure 30 : Forme d'ondes simple alternance charge résistive

c)-Grandeurs caractéristiques Tension et courant

Valeur moyenne

$$u_{chmoy} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin(\theta) d\theta = \frac{V_m}{2\pi} (1 + \cos \alpha)$$

Valeur efficace

$$u_{cheff} = \frac{V_m}{2} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$$

Tension inverse aux bornes du thyristor TH₁ $V_{TH1} = -V_m$

d)-Conclusion

L'Intérêt d'un tel dispositif, c'est d'obtenir une tension et un courant de charge et par conséquent une puissance réglable.

2-2- Charge inductive

La charge résistive est remplacée par une charge à caractère inductif composée d'une résistance

R et d'une inductance L

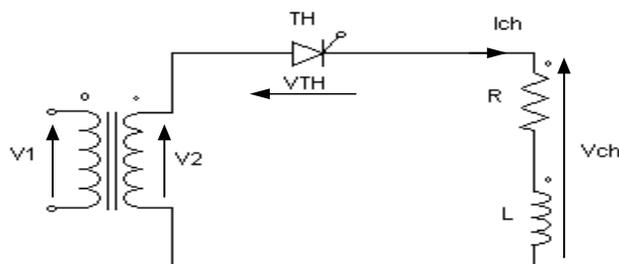


Figure 31 : Montage simple alternance charge inductive

a)-Analyse de fonctionnement

on a $i_{ch} = 0, u_{ch} = 0$ et $V_{th} = V$

pour $\alpha < \theta < \pi$

amorçage de TH on a $V_{th} = 0$ et $u_{ch} = Ri_{ch} + L \frac{di_{ch}}{dt}$

dont la solution est

$$i_{ch} = \frac{V_m}{Z} \left[\sin(\theta - \varphi) + \sin(\varphi - \alpha) e^{-\frac{\theta - \alpha}{Q}} \right]$$

$$Q = \frac{L\omega}{R}; Z = \sqrt{R^2 + L\omega^2}$$

On vérifie bien que $i_{ch}(\pi) > 0$, donc le courant de charge continue à circuler à travers le thyristor TH malgré que le potentiel de l'anode devient négatif (pas de discontinuité de courant dans une charge inductive).

Pour $\theta'_c < \theta < 2\pi$

pour $\theta = \theta'_c$, on a donc TH se bloque et $i_{ch} = 0, u_{ch} = 0$ et $V_{th} = V$

b)-Forme d'onde des différentes grandeurs

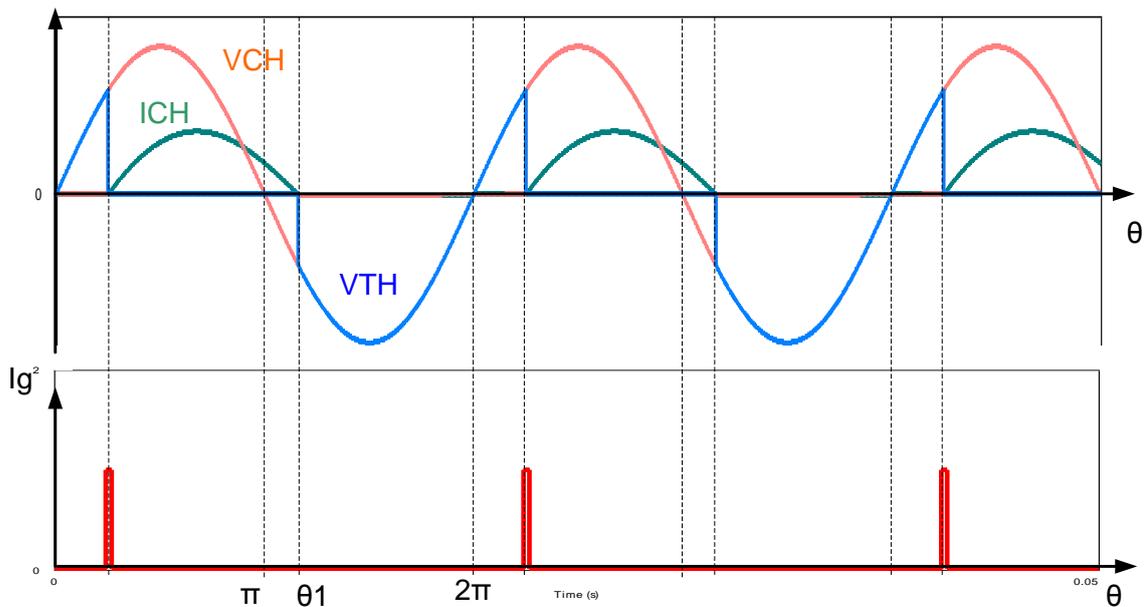


Figure 32 : Forme d'ondes simple alternance charge inductive

c)-Grandeurs caractéristiques Tension et courant

Valeur moyenne

$$u_{chmoy} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} V_m \sin(\theta) d\theta = \frac{V_m}{2\pi} (\cos \alpha - \cos \beta)$$

Valeur efficace

$$u_{cheff} = \frac{V_m}{2} \sqrt{\frac{\beta - \alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} - \frac{\sin 2\beta}{2\pi}}$$

Tension inverse aux bornes du thyristor TH₁ $V_{TH1} = -V_m$

3- REDRESSEMENT MONOPHASÉ DOUBLE ALTERNANCE

3-1. Redresseur avec un transformateur à point milieu

3-1-1- Charge résistive

Le point milieu du secondaire du transformateur permet de disposer de deux tensions en

opposition de phase $V_1 = V_m \sin(\theta)$ $V_2 = V_m \sin(\theta + \pi) = -V_1$.

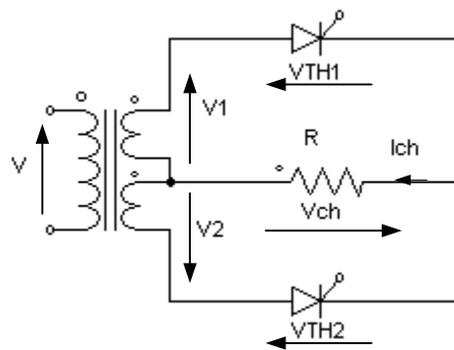


Figure 33: Montage double alternance charge résistive

a)-Analyse de fonctionnement

$0 < \theta < \pi$

$V > 0$

Si T1 est bloqué alors $V_{T1} = V_1$ et $i_1 = 0$

C'est T1 qui est susceptible d'être amorcé à $\theta = \alpha$ (l'angle d'amorçage)

T1 est amorcé.

$V_{T1} = 0$

$U = V_1$

$i = i_1 = V_1 / R$

à $\theta = \pi$

i passe par 0 pour devenir négatif.

T1 se bloque.

Pour $\pi < \theta < 2\pi$

$V_2 > 0$

C'est T2 est susceptible d'être amorcé à $\theta = \pi + \alpha$

T2 est amorcé

b)-forme d'onde des différentes grandeurs

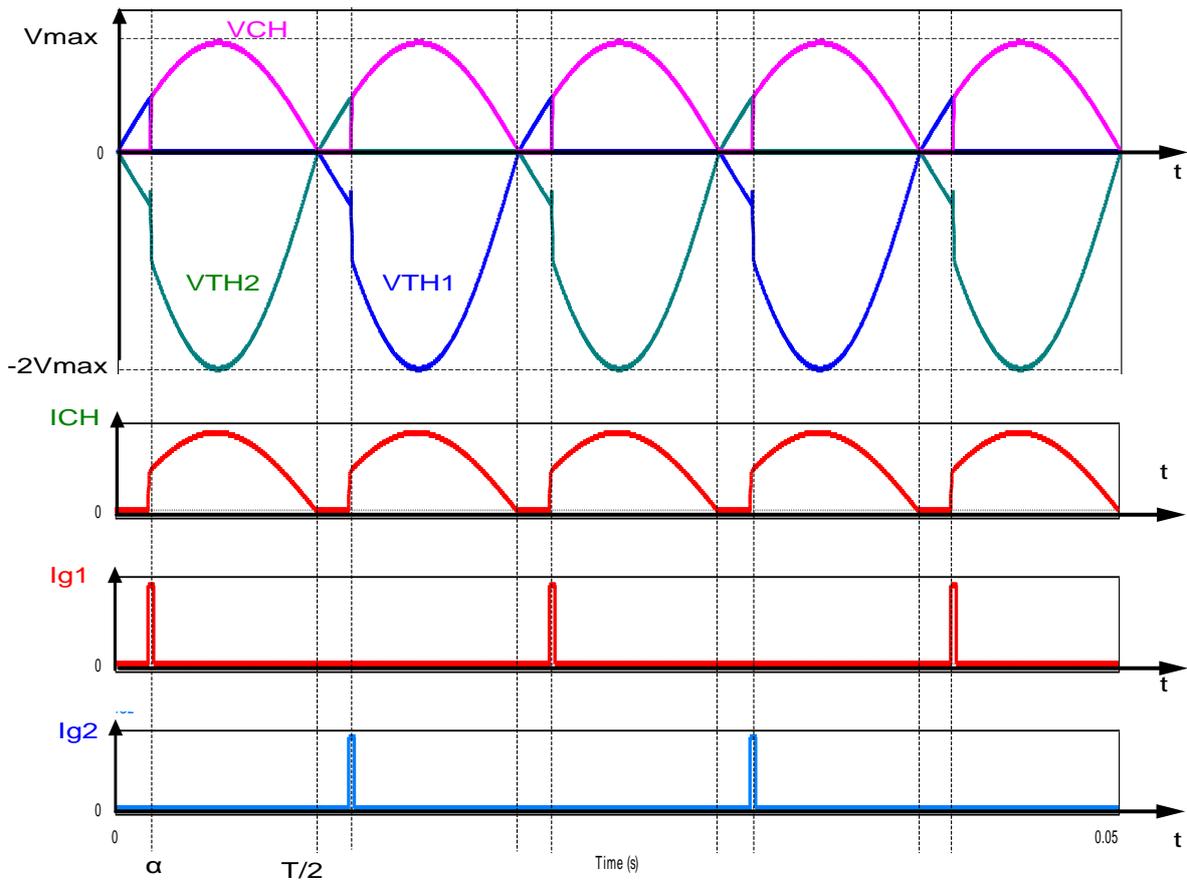


Figure 34 : Forme d'ondes doubles alternance charge résistive

c)-Grandeurs caractéristiques Tension et courant

Valeur moyenne

$$u_{chmoy} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin(\theta) d\theta = \frac{V_m}{\pi} (1 + \cos \alpha)$$

Valeur efficace

$$u_{cheff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$$

Tension inverse aux bornes du thyristor TH₁ $V_{TH1} = -V_m$

3-1-2- Charge inductive R,L

On suppose que la conduction est continue (débit ininterrompu) c'est-à-dire que le courant dans la charge ne s'annule jamais

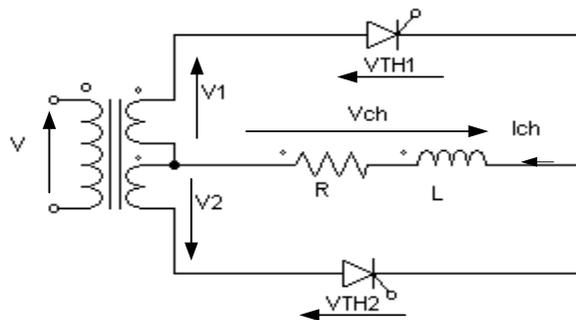


Figure 35 : Montage double alternance charge inductive

a)-Analyse de fonctionnement

pour $\alpha \leq \theta \leq \pi + \alpha$ TH1 amorçé TH2 bloqué d'ou :

$$V_{ch}(\theta) = V_m \sin(\theta)$$

$$V_{TH1}(\theta) = 0 \quad \text{et} \quad i_{ch}(\theta) = I_c$$

pour $\pi + \alpha \leq \theta \leq 2\pi + \alpha$ TH2 amorçé TH1 bloqué d'ou :

$$V_{ch}(\theta) = -V_m \sin(\theta)$$

$$V_{TH1}(\theta) = -2V_m \sin(\theta) \quad \text{et} \quad i_{ch}(\theta) = I_c$$

b)-Forme d'onde des différentes grandeurs

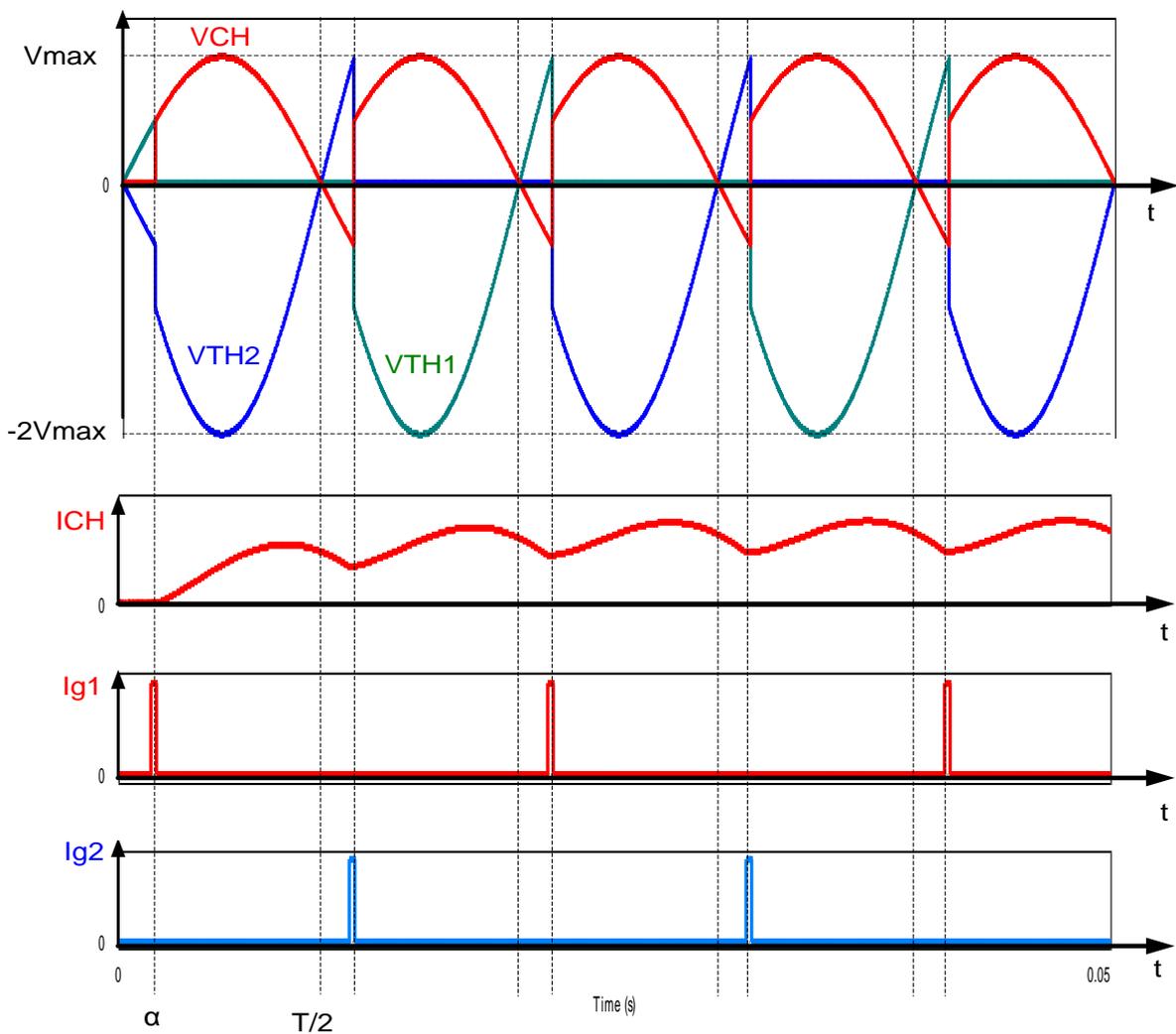


Figure 36 : Forme d'ondes double alternance charge inductive

c)-Grandeurs caractéristiques Tension et courant

Valeur moyenne

$$u_{chmoy} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} V_m \sin(\theta) d\theta = \frac{2V_m}{\pi} (\cos \alpha)$$

Valeur efficace

$$u_{cheff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

3-2-Redresseur avec pont de Graetz tout thyristor

3-2-1-Charge inductive R,L

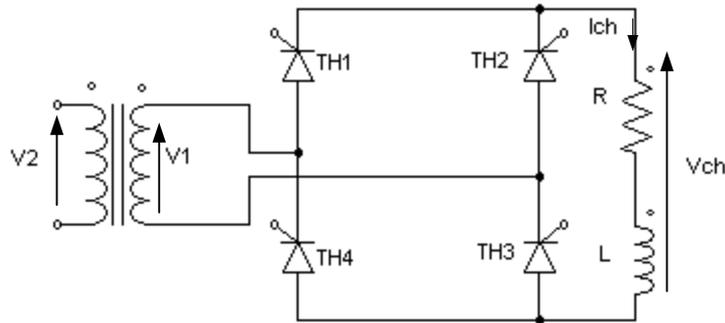


Figure 37 : Montage pont de greitz charge inductive

a)-forme d'onde des différentes grandeurs

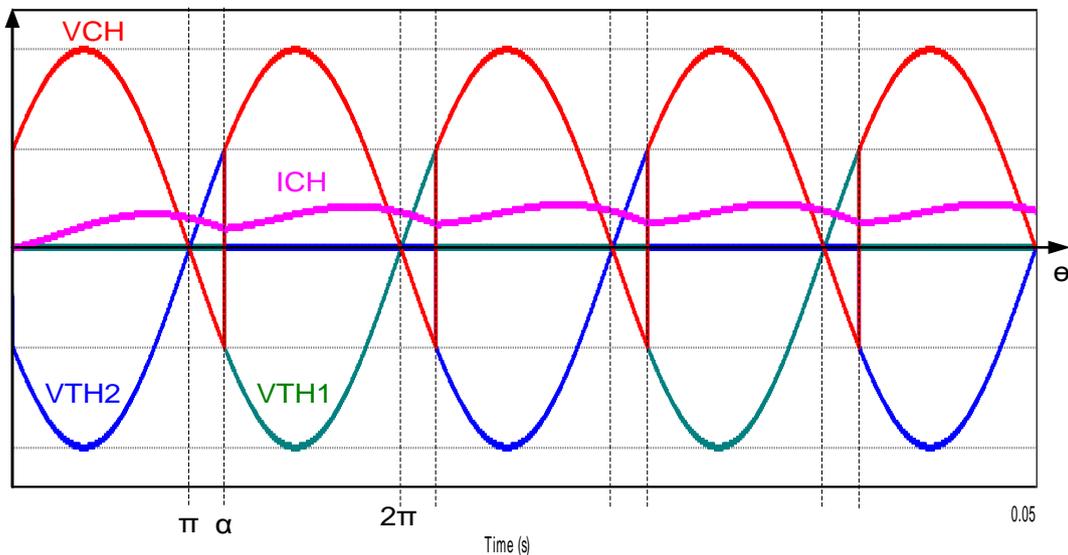


Figure 38 : Forme d'ondes pont de greitz charge inductive

3-3-Redresseur avec pont de Graetz mixte

Il existe deux types de pont mixte :le pont mixte symétrique et le pont mixte asymétrique

3-3-1-Pont mixte symétrique

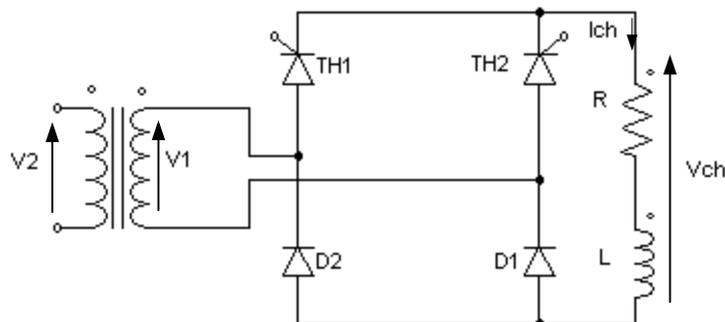


Figure 39 : Schéma global d'un pont mixte monophasé charge R-L.

a)-Analyse de fonctionnement

$\alpha < \theta < \pi$

T1 est amorcé, D2 passante $V_{ch} = V$

$\pi < \theta < \pi + \alpha$

Phase de roue libre

T1 reste amorcé, D2 bloquée, D1 devient passante

$\pi + \alpha < \theta < 2\pi$

T2 est amorcé, D1 passante $V_{ch} = V$

$0 < \theta < \alpha$

Phase de roue libre

T2 reste amorcé, D1 bloquée, D2 devient passante

b)-forme d'onde des différentes grandeurs

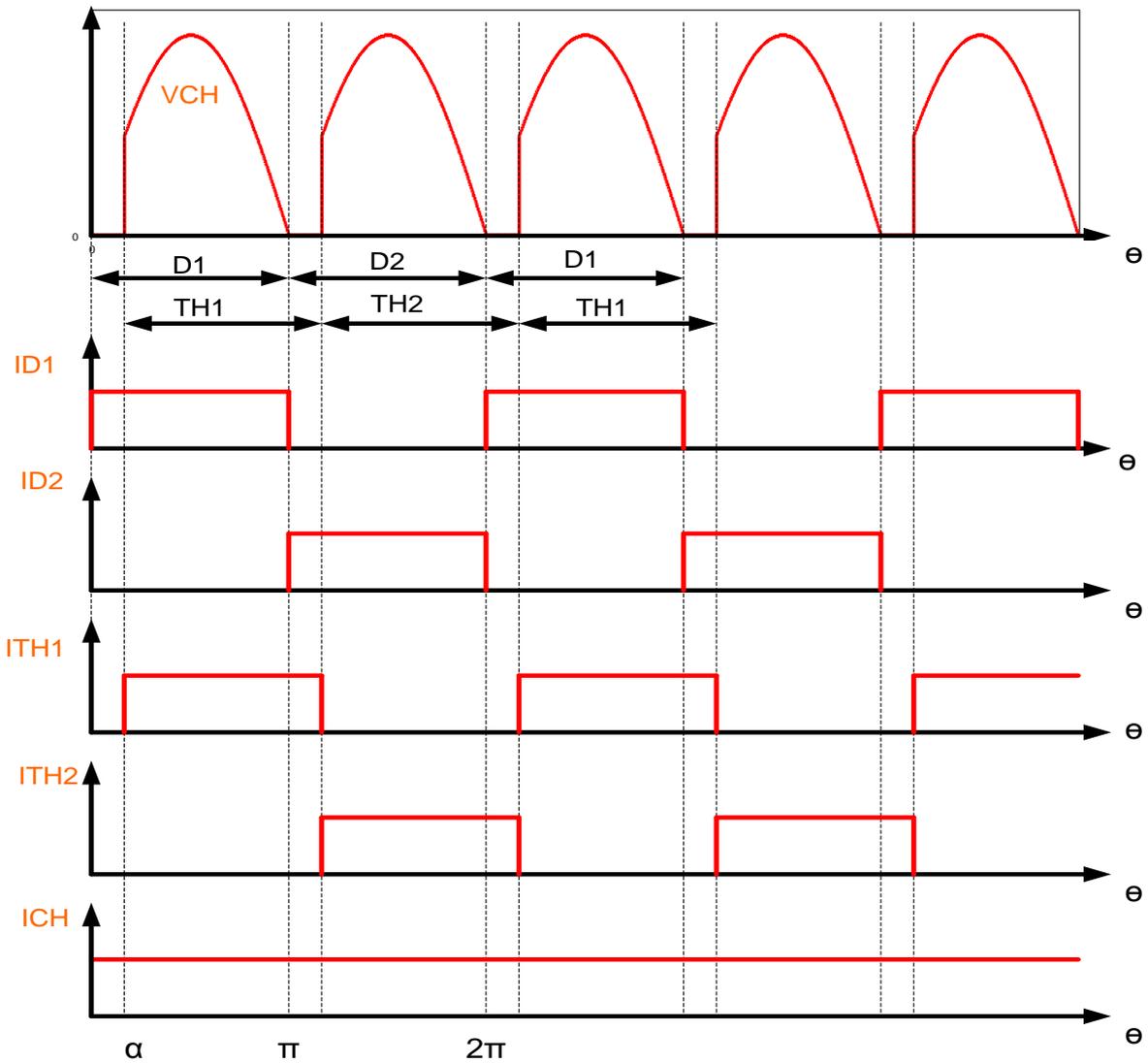


Figure 40 : Forme d'ondes doubles alternance charge résistive

3-3-2-Pont mixte asymétrique

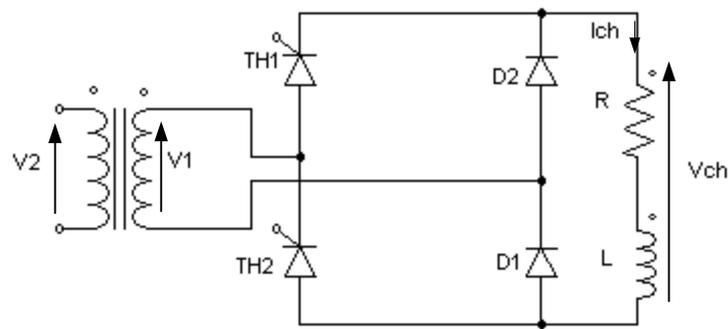


Figure 41 : Schéma global d'un pont mixte monophasé charge R-L.

a)-Analyse de fonctionnement

$$\alpha < \theta < \pi$$

T2 n'est pas amorcé

D1 bloqué, car $V < 0$

T1 est amorcé, D2 passante donc $V_{ch} = V$

$$\pi < \theta < \pi + \alpha$$

Phase de roue libre

T2 est encore bloqué

D2 passante

T1 devient bloqué, car D1 devient passante

$$\pi + \alpha < \theta < 2\pi$$

T1 n'est pas amorcé

D2 bloqué, car $V < 0$

T2 est amorcé, D1 passante $V_{ch} = V$

$$0 < \theta < \alpha$$

Phase de roue libre

T1 est encore bloqué

D1 passante

T2 devient bloqué, car D2 devient passante

b)-Forme d'onde des différentes grandeurs

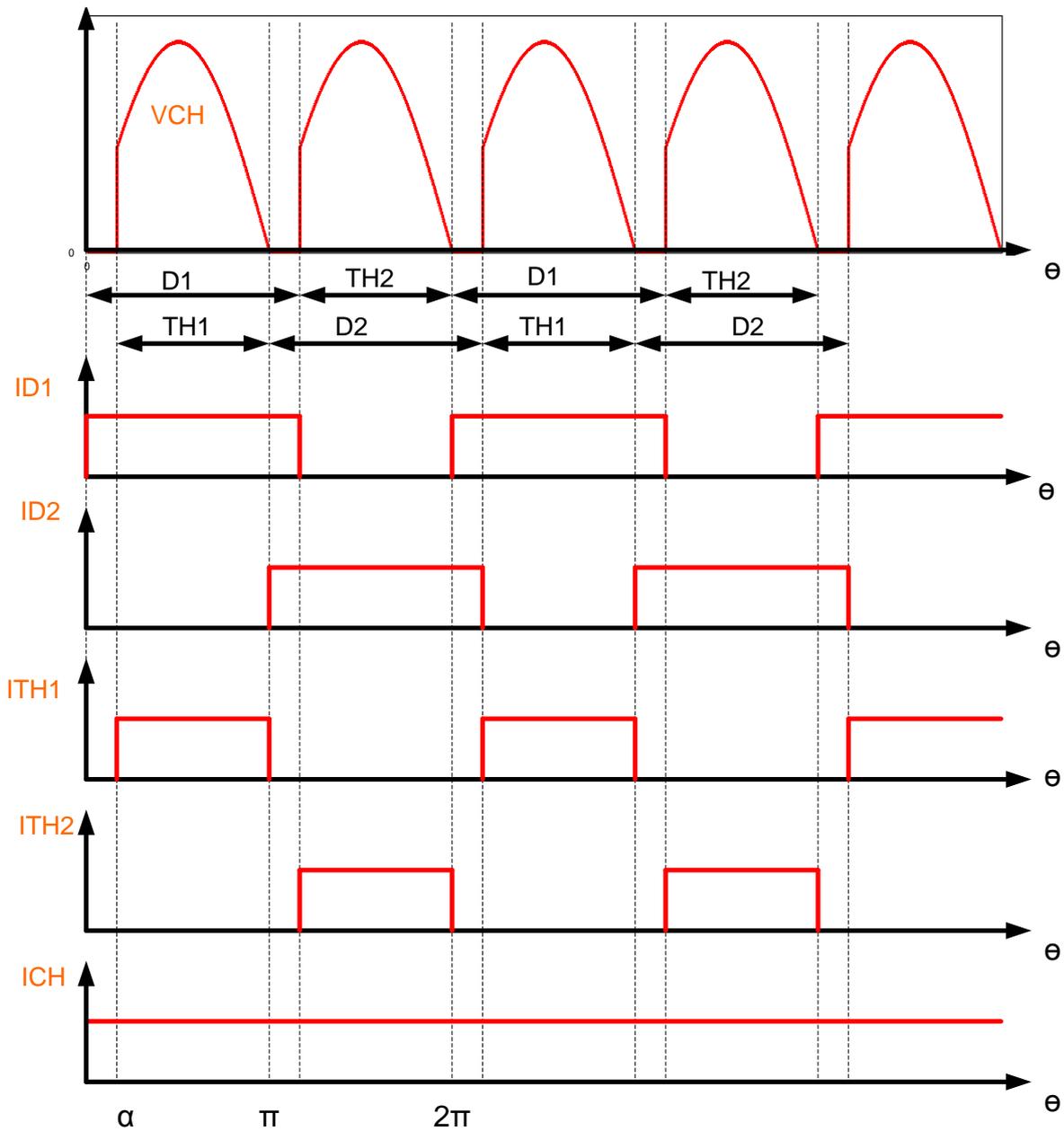


Figure 42: Forme d'ondes doubles alternance charge résistive

c)-Grandeurs caractéristiques Tension et courant

Valeur moyenne

$$u_{chmoy} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin(\theta) d\theta = \frac{V_m}{\pi} (1 + \cos \alpha)$$

Valeur efficace

$$u_{cheff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$$

4- REDRESSEMENT TRIPHASÉ SIMPLE ALTERNANCE

Rappel d'hypothèses :

on suppose que la charge est fortement inductive $\frac{L}{R} \gg T$ pour qu'on puisse considérer le courant de charge instantanée comme étant égale à sa valeur moyenne $i_{ch} = I = \text{constante}$
 on néglige les imperfections du réseau amont, du transformateur et celle des redresseurs(thyristors)

4-1- Montage P3 à cathode commune

Considérons le montage de la figure suivante

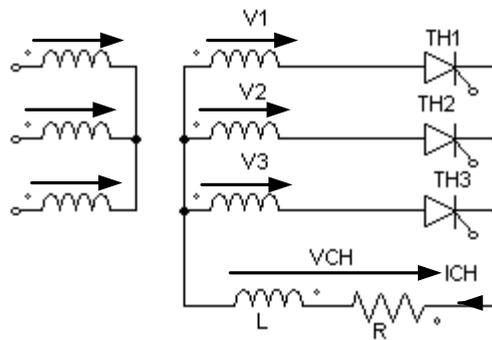


Figure 43: Montage P3 cathode commune charge inductive

a)- Analyse élémentaire de fonctionnement

Intervalles	thyristor en conduction	Thyristors bloqués	Tension de charge	Tension de VTH1
$\left[\frac{\pi}{6} + \alpha; \frac{5\pi}{6} + \alpha \right]$	TH1	TH2 ; TH3	$U_{ch}=V1$	$V_{TH1}=0$
$\left[\frac{5\pi}{6} + \alpha; \frac{3\pi}{2} + \alpha \right]$	TH2	TH1 ; TH3	$U_{ch}=V2$	$V_{TH1}=U12$
$\left[\frac{3\pi}{2} + \alpha; \frac{13\pi}{6} + \alpha \right]$	TH3	TH2 ; TH1	$U_{ch}=V3$	$V_{TH1}=U13$

b)-Forme d'onde des différentes grandeurs pour un angle d'amorçage $\alpha=\pi/6$

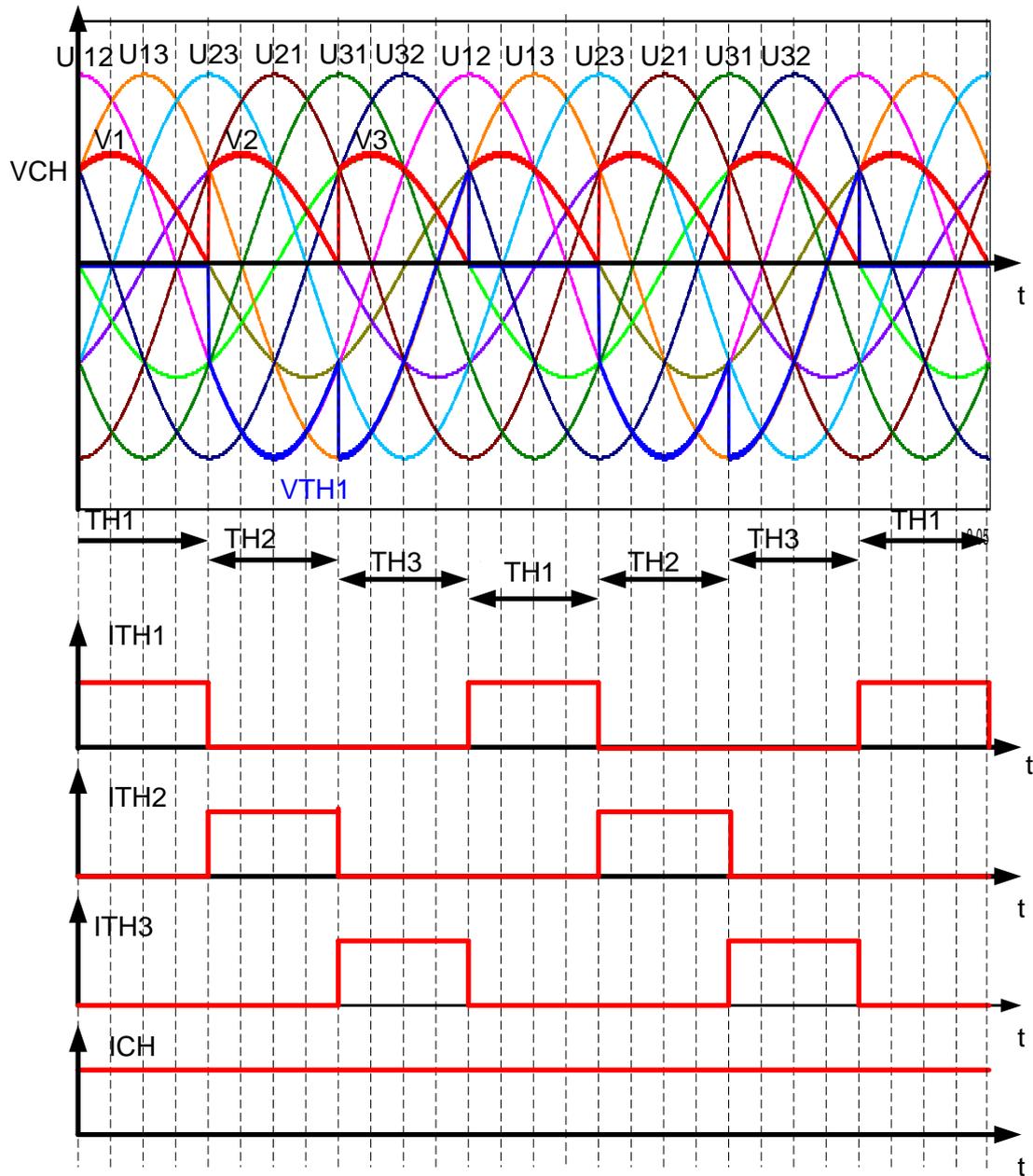


Figure 44: Forme d'ondes P3 cathode commune charge inductive

c)-Grandeurs caractéristiques Tension et courant

Valeur moyenne de la tension de charge redressée

On remarque que la tension de charge est périodique de période $\frac{2\pi}{3}$

$$u_{chmoy} = \frac{3}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6}+\alpha}^{\frac{5\pi}{6}+\alpha} V_m \sin(\theta) d\theta = 3\sqrt{3} \frac{V_m}{2\pi} \cos(\alpha)$$

Tension inverse aux bornes de la diode D₁

Valeurs des courants

$$V_{D1\max} = -V_m \sqrt{3}$$

$$i_{1\text{moy}} = \frac{I}{3}, i_{1\text{eff}} = \frac{I}{\sqrt{3}}$$

4-2- Montage P3 à anodes communes

Considérons le montage de la figure suivante

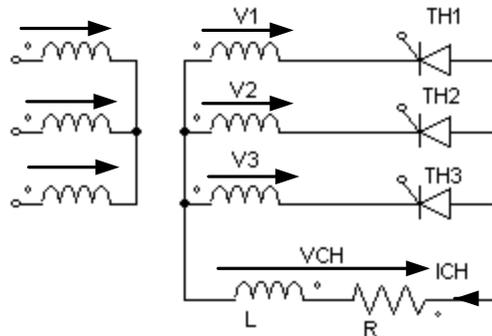


Figure 45 : Montage P3 cathode commune charge inductive

a)- Analyse élémentaire de fonctionnement

Intervalles	thyristor en conduction	Thyristors bloqués	Tension de charge	Tension de VTH1
$\left[0; \frac{\pi}{2} + \alpha\right]$	TH3	TH1 ; TH2	Uch=V3	VTH1=U13
$\left[\frac{\pi}{2} + \alpha; \frac{7\pi}{6} + \alpha\right]$	TH1	TH2 ; TH3	Uch=V1	VTH1=0
$\left[\frac{7\pi}{6} + \alpha; \frac{11\pi}{6} + \alpha\right]$	TH2	TH1 ; TH3	Uch=V2	VTH1=U12

b)-Forme d'onde des différentes grandeurs

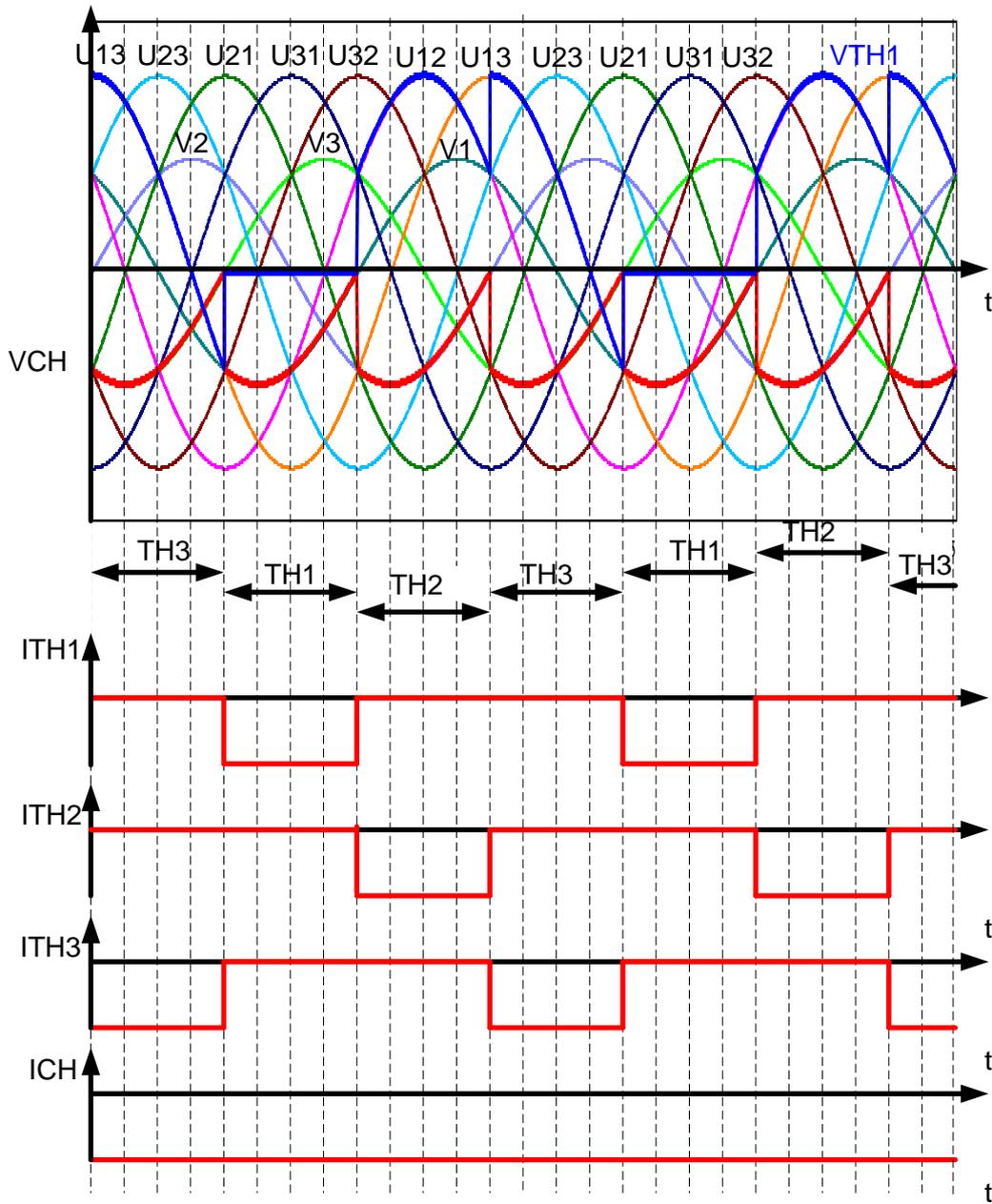


Figure 46 : Forme d'ondes P3 anode commune charge inductive

c)-Grandeurs caractéristiques Tension et courant

Valeur moyenne de la tension de charge redressée

On remarque que la tension de charge est périodique de périodes $\frac{2\pi}{3}$

$$u_{chmoy} = -3\sqrt{3} \frac{V_m}{2\pi} \cos(\alpha)$$

La tension maximale inverse aux bornes de la diode D₁ est donnée par $V_{D1max} = -V_m\sqrt{3}$

Valeurs des courants

$$i_{1moy} = -\frac{I}{3}, i_{1eff} = \frac{I}{\sqrt{3}}$$

4-3- Montage PD3

Ce montage peut être considéré comme résultant de l'association d'un montage à anodes communes et d'un montage à cathodes communes

On gardera les mêmes hypothèses que précédemment c'est-à-dire que le redresseur ainsi que le transformateur sont parfaits et que la charge est fortement inductive.

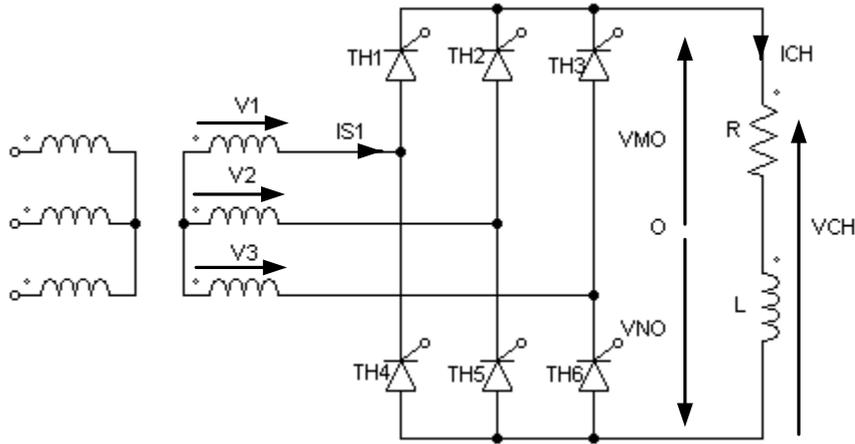


Figure 47 : Montage PD3 charge inductive

a)- Analyse élémentaire de fonctionnement

$$u_{ch}(\theta) = u_{MO}(\theta) - u_{NO}(\theta)$$

Intervalles	VMO	VNO	UCH
$\left[0; \frac{\pi}{6} + \alpha\right]$	V3	V2	U32
$\left[\frac{\pi}{6} + \alpha; \frac{\pi}{2} + \alpha\right]$	V1	V2	U12
$\left[\frac{\pi}{2} + \alpha; \frac{5\pi}{6} + \alpha\right]$	V1	V3	U13
$\left[\frac{5\pi}{6} + \alpha; \frac{7\pi}{6} + \alpha\right]$	V2	V3	U23
$\left[\frac{7\pi}{6} + \alpha; \frac{3\pi}{2} + \alpha\right]$	V2	V1	U21
$\left[\frac{3\pi}{2} + \alpha; \frac{11\pi}{6} + \alpha\right]$	V3	V1	U31
$\left[\frac{11\pi}{6} + \alpha; 2\pi + \alpha\right]$	V3	V2	U32

b)-Forme d'onde des différentes grandeurs

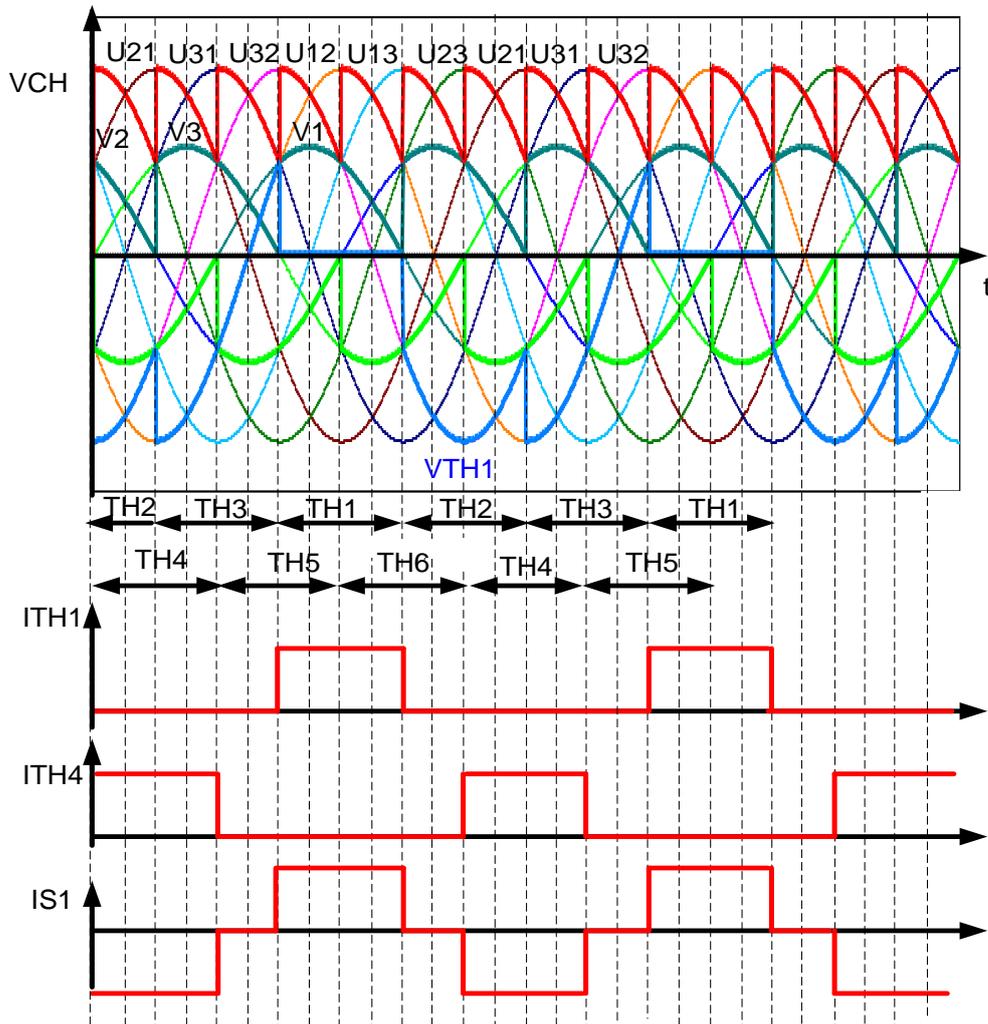


Figure 48 : Forme d'ondes Montage PD3 charge inductive

c)-Grandeurs caractéristiques Tension et courant

La tension de charge est formée par des portions de sinusoïdes et périodique de périodes $\frac{\pi}{3}$

Valeur caractéristique

Valeur moyenne de la tension de charge redressée

$$u_{chmoy} = 3\sqrt{3} \frac{V_m}{\pi} \cos(\alpha)$$

Valeurs des courants

Courant moyen

$$i_{s1moy} = 0$$

Tension inverse aux bornes de la diode D1

$$V_{D1max} = -V_m \sqrt{3}$$

Courant efficace

$$i_{s1eff} = I \sqrt{\frac{2}{3}}$$