

Etude d'un pont redresseur monophasé

I - Introduction

L'objectif de ce TP est de mettre en évidence le principe de fonctionnement d'un convertisseur alternatif/continu (redresseur) monophasé entièrement commandé. Les principaux points étudiés sont : condition d'amorçage et d'extinction des diodes et des thyristors, principe du redressement monophasé double alternance, influence de l'inductance de charge sur le courant.

À l'issue de la séance, vous restituerez le travail réalisé et vos analyses à travers un compte-rendu en deux parties : la préparation et le travail pratique réalisé en séance, à rédiger de préférence sous format numérique. Votre analyse doit faire apparaître une comparaison entre les résultats de simulation issus de la préparation et les signaux observés.

Le compte-rendu de séance intègre les chronogrammes relevés à l'oscilloscope¹. Ces chronogrammes doivent être commentés et illustrer votre propos. Vous pouvez éventuellement inclure 1 ou 2 photos du montage, mais attention à la taille du fichier ! *Pas de photo de l'écran de l'oscillo, utiliser exclusivement la sauvegarde sur clé USB.*

II - Préparation : à faire avant la séance

Le travail de préparation doit être présenté à l'enseignant en début de séance. Il constitue la première partie du compte-rendu.

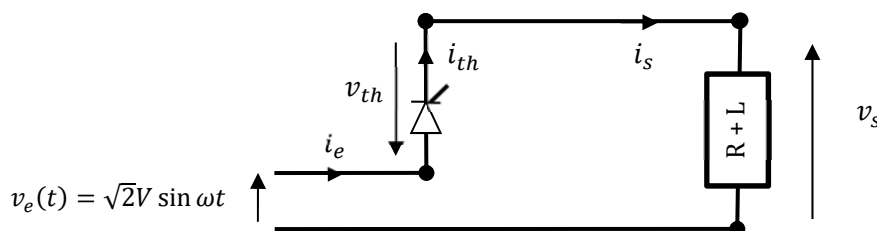


Figure 1 : Redresseur simple alternance

On considère le circuit d'un redresseur simple alternance (Figure 1), alimenté par la tension $v_e(\theta) = \sqrt{2}V \sin \theta$, avec $\theta = \omega t$. Le thyristor est commandé avec un angle de retard à l'amorçage α .

On rappelle qu'un thyristor est une diode commandée en fermeture par l'impulsion de gachette : le thyristor devient passant si la tension à ses bornes est positive ET qu'il reçoit une impulsion de courant sur sa gachette. Le thyristor se bloque dès que le courant qui le traverse s'annule.

¹ Pour enregistrer les chronogrammes sur clé USB, activer le menu « File » (bouton en haut à droite sur la face avant de l'oscillo), puis utiliser les commandes dans le bandeau en bas à gauche pour choisir le format, le nom de fichier et enregistrer le chronogramme à l'affichage. Il est judicieux d'utiliser des noms de fichiers « parlants », c'est-à-dire portant de l'information sur le chronogramme – exemple : `vs_is_alfa45` pour un chronogramme avec `vs` et `is` pour un angle de retard du thyristor de 45° .

1. Ecrire un programme qui permet de tracer $v_e(\theta)$, $v_s(\theta)$, $v_{th}(\theta)$ et $i_s(\theta)$ pour des valeurs de V , R , L et α données. Les expressions de ces différentes grandeurs sont données ci-dessous.

Sur la période $[0, 2\pi[$:

→ Tension v_e : $v_e(\theta) = V_e \sqrt{2} \sin \theta$

→ Courant i_s : $i_s(\theta) = \max \left(\frac{R}{R^2 + L^2 \omega^2} V \sqrt{2} \sin \theta - \frac{L \omega}{R^2 + L^2 \omega^2} V \sqrt{2} \cos \theta + K e^{-\frac{R}{L} \frac{\theta}{\omega}}, 0 \right),$

avec $\omega = 2\pi f$

et $K = \sqrt{2} V \left[\frac{L \omega}{R^2 + L^2 \omega^2} \cos \alpha - \frac{R}{R^2 + L^2 \omega^2} \sin \alpha \right] \cdot e^{\frac{R}{L} \frac{\alpha}{\omega}}$

→ Tension v_s : $v_s(\theta) = \begin{cases} v_e(\theta) & \text{pour } \theta \text{ tel que } i_s(\theta) > 0 \\ 0 & \text{pour } \theta \text{ tel que } i_s(\theta) = 0 \end{cases}$

→ Tension v_{th} : $v_{th}(\theta) = v_e(\theta) - v_s(\theta)$

2. Tracer v_e , v_s , i_s et v_{th} sur l'intervalle $[0, 2\pi[$ pour $V_e = 15 \text{ V}$, $R = 10 \Omega$, $f = 50 \text{ Hz}$, $L = 30 \text{ mH}$ et différentes valeurs de α . La Figure 2 montre le genre d'affichage que le programme doit faire.

Chronogrammes pour alfa = 45 °

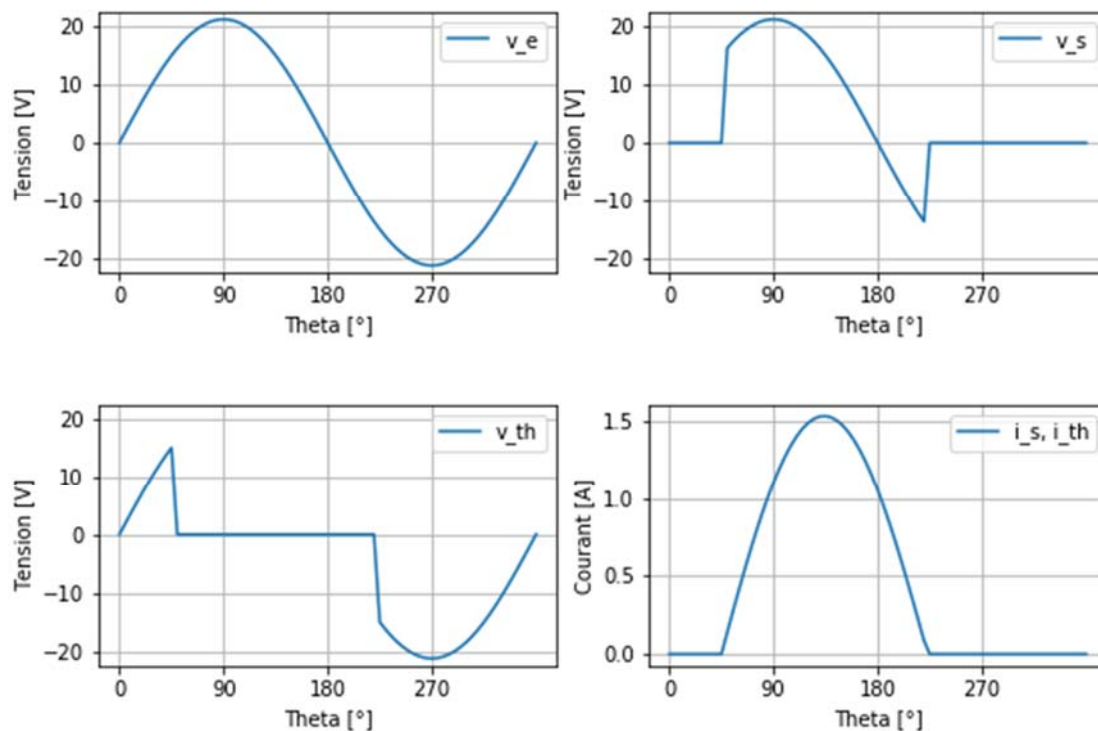


Figure 2 : Chronogrammes de v_e , v_s , i_s et v_{th} à angle de retard à l'amorçage α donné

Le programme peut être écrit sous matlab, excel, ou tout autre langage de programmation. Il a vocation à être utilisé et complété pour l'analyse des signaux observés et mesurés sur la maquette.

III – Travail en séance :

Liste du matériel à disposition :

- une maquette de redresseur monophasé, dont le schéma est donné sur la Figure 3
- un bandeau d'alimentation avec disjoncteur et coupe-circuit. La maquette est branchée sur ce bandeau, qui est lui-même branché sur le secteur.
- un rhéostat de charge
- des inductances de différentes valeurs
- deux sondes de tension différentielles,
- oscilloscope numérique, multimètre numérique, ...

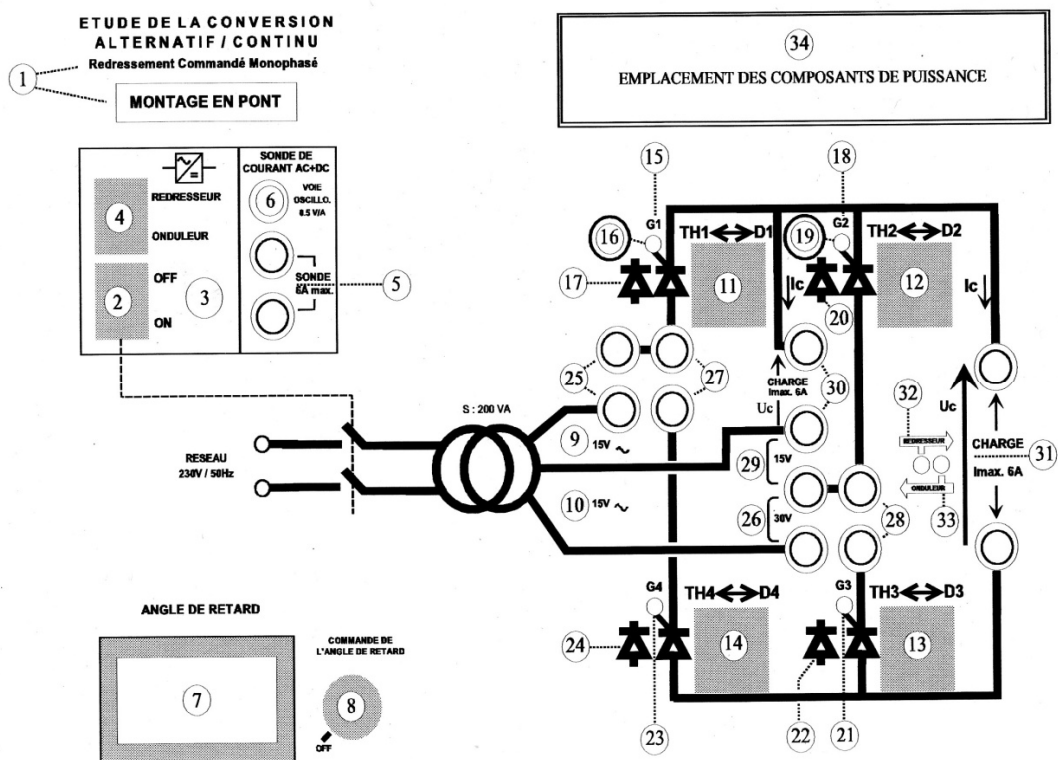


Figure 3 : Schéma de la face avant de la maquette

Travail pratique

Attention : vous ne devez pas mettre la maquette sous tension tant que votre montage n'a pas été validé par l'enseignant !

A – Redressement simple alternance et mise en évidence des conditions d'amorçage et de blocage d'un thyristor :

Dans un premier temps, vous allez utiliser la maquette pour réaliser un redresseur simple alternance, suivant le schéma de principe de la Figure 1. Le but de cette partie (et donc du compte-rendu) est de mettre en évidence les conditions d'amorçage et de blocage du thyristor. Cela correspond au montage c l'exercice 1 du TD 5.

3. Repérer les différents éléments qui constituent la maquette et faire le câblage pour réaliser le montage de la Figure 1, avec $V_e = 15\text{ V}$ et une charge résistive de $10\ \Omega$. Cette charge assure-t-elle de ne pas dépasser la valeur maximale du courant admissible par la maquette ?
4. Faire le *schéma de principe* du montage en y faisant figurer les éléments nécessaires pour visualiser à l'oscilloscope les grandeurs suivantes :
 - signal de commande du thyristor Th
 - tension v_e au secondaire du transformateur
 - tension v_s aux bornes de la charge
 - tension v_{th} aux bornes du thyristor
 - courant i_s dans la charge et le thyristor

NB : avec un seul oscilloscope 2 voies, il n'est pas possible de tout visualiser simultanément. Par la suite, le câblage des appareils de mesure devra donc être modifié en fonction des grandeurs que l'on souhaite relever.

Faire valider le montage par l'enseignant, puis mettre sous tension.

5. Pour différentes valeurs de l'angle de retard α (0° à 180° par pas de 45°), relever les séries de chronogrammes « tension v_e & tension v_s », puis « commande de Th & tension v_s ». Utiliser le mode de synchronisation « LINE », spécifique au 50 Hz.

Quelle est la forme du signal de commande du thyristor ?

La tension de sortie est-elle conforme à ce qui est attendu ?

6. Pour quelques valeurs de l'angle de retard α (0° , 45° et 90° , par exemple), relever les séries de chronogrammes « tension v_s & courant i_s » pour une charge R, puis pour une charge RL.

Expliquer l'évolution temporelle de ces grandeurs. Comment l'inductance L modifie-t-elle la forme du courant et de la tension ?

7. Pour les mêmes valeurs de l'angle de retard α que précédemment, relever les séries de chronogrammes « tension v_{Th} & courant i_{Th} » pour une charge R, puis pour une charge RL.

Préciser l'état du thyristor sur les intervalles de temps que vous estimerez pertinents. Rappeler les conditions d'amorçage et de blocage du thyristor et montrer que ces conditions expliquent l'évolution temporelle de v_{Th} et i_{Th} .

B – Redressement double alternance par pont de Graetz :

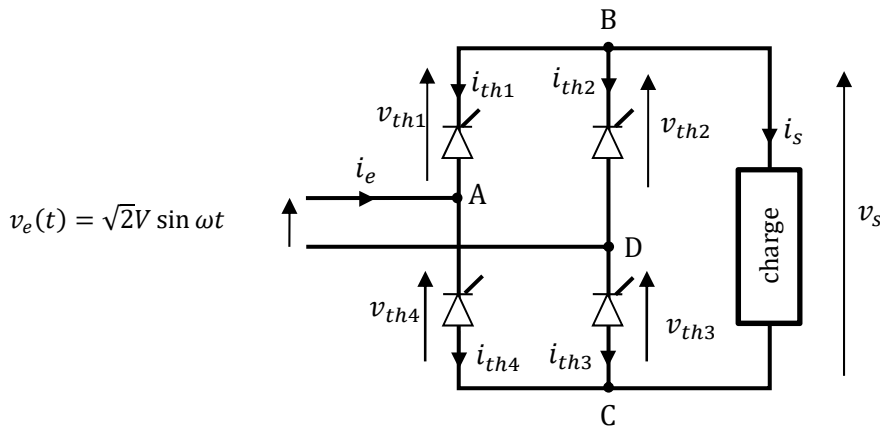


Figure 4 : Redresseur monophasé commandé tout thyristor (pont de Gräetz)

On s'intéresse maintenant à un redresseur double alternance. La Figure 4 montre le schéma électrique du dispositif étudié. Le convertisseur est alimenté par une source de tension sinusoïdale et les thyristors sont commandés par des signaux adaptés de façon à produire une tension redressée de valeur moyenne réglable. Le but de cette partie est de comprendre comment fonctionne ce pont redresseur.

8. Faire le câblage pour réaliser le montage de la Figure 4 avec $V = 15\text{ V}$ et une charge $R = 10\ \Omega$.
9. Faire le *schéma de principe* du montage en y faisant figurer les éléments nécessaires pour visualiser à l'oscilloscope les grandeurs suivantes :
 - signal de commande des thyristors Th1 et Th2
 - tension v_e au secondaire du transformateur
 - tension v_s aux bornes de la charge
 - courant i_s dans la charge

NB : avec un seul oscilloscope 2 voies, il n'est pas possible de tout visualiser simultanément. Par la suite, le câblage des appareils de mesure devra donc être modifié en fonction des grandeurs que l'on souhaite relever.

Faire valider le montage par l'enseignant, puis mettre sous tension.

10. Relever les chronogrammes des signaux de commande de Th1 et Th2 pour différentes valeurs de l'angle de retard à l'amorçage α .

En déduire les signaux de commande des thyristors Th3 et Th4.

11. Pour quelques valeurs de l'angle de retard α (0° , 45° et 90° , par exemple), relever les séries de chronogrammes « commande de Th1 v_s & tension v_s » pour une charge R, puis pour une charge RL.

Expliquer l'évolution temporelle de ces grandeurs. En particulier, indiquer l'état des différents thyristors sur les différents intervalles de temps. L'inductance a-t-elle une influence sur les instants de commutation des thyristors ?

12. Pour quelques valeurs de l'angle de retard α (0° , 45° et 90° , par exemple), relever les séries de chronogrammes « tension v_s & courant i_s » pour une charge R, puis pour une charge RL.

Expliquer l'évolution temporelle de ces grandeurs.

Comment l'inductance L modifie-t-elle la forme du courant et de la tension ?

13. Relever la valeur moyenne de la tension v_s et du courant i_s en fonction de α pour une charge R, puis pour une charge RL. Justifier l'appellation de « redresseur commandé ».