



**Ministère de l'Enseignement Supérieur**

**Et de la Recherche Scientifique**

**Université 8 Mai 1945 GUELMA**

**Faculté des Sciences et Technologie**

**TRAVAUX PRATIQUES  
D'ELECTRONIQUE DE PUISSANCE**

**Troisième année Licence**

PAR

**Dr. Chams-Eddine FERAGA**

**Département de Génie Électrotechnique et Automatique**

**GUELMA 2014**

## Sommaire

Introduction.....	3
Conseils relatifs à la conduite des manipulations.....	5
Généralités sur les convertisseurs de courant commutés par le réseau.....	6
TPN°1 : Redresseurs mono alternance non commandés.....	8
TPN°2 : Redressement monophasé simple alternance commandé.....	15
TPN°3 : Redressement monophasé double alternance non commandé.....	21
TPN°4 : Redressement monophasé double alternance commandé.....	26
TPN°5 : Redressement triphasé non commandé.....	31
TPN°6 : Redressement triphasé commandé.....	37
Annexe .....	42
Bibliographie.....	43

## Introduction

Ce manuel de travaux pratiques est destiné aux étudiants de troisième année du système LMD sciences et technologie, option Génie Electrique. Son objectif est de mettre à leur disposition un document de travail, qui apporte aux étudiants les données nécessaires pour la compréhension et l'exploitation des équipements de puissance.

Dans l'enseignement du Génie Electrique, les activités expérimentales, donc les mesures occupent une place importante. Aussi, est-il essentiel, non seulement d'acquérir le savoir faire indispensable à une bonne utilisation du matériel et des différents appareils de mesures employés, mais également d'aboutir à une bonne compréhension des méthodes mises en œuvre. C'est la raison pour laquelle la préparation des travaux pratiques doit être considérée avec sérieux et attention par les étudiants, afin d'en tirer le maximum de profit sans détériorer le matériel mis à leur disposition.

Le développement de l'électronique de puissance est du à la conjonction de deux phénomènes: l'évolution des besoins pour la réalisation d'équipements sophistiqués (productique, robotiques...etc.), et les progrès réalisés dans les semi-conducteurs (transistors de puissance, microprocesseurs). En effet, notre principal objectif est de définir les différents principes utilisés, de façon que nos étudiants soient capables, sur des équipements industriels, d'effectuer des tests et d'interpréter les résultats des observations afin d'opérer des mises en service, des réglages de paramètres ou des dépannages d'équipements relevant de ces techniques.

Ce présent manuel est organisé de la manière suivante :

Au début, des recommandations générales relatives à la rédaction des comptes rendus sont données, ainsi que des informations concernant les étapes à respecter lors de l'élaboration d'un montage électrique.

Ensuite, six activités expérimentales sont proposées, chacune d'elles comportant :

-Un complément théorique de travaux pratiques ayant pour but d'exposer les aspects essentiels et suffisants nécessaires au bon déroulement des manipulations proposées. En effet, l'étudiant doit obligatoirement, en prendre connaissance, pour bien comprendre sa tâche. Une manipulation doit être faite mentalement avant d'être exécutée matériellement.

-Avant de s'en servir des appareils requis, il faut connaître leur principe, leur fonctionnement et leur maniement.

-Les manipulations proposées, complétées d'un schéma de montage et d'un mode opératoire détaillé. En effet, l'étudiant doit traiter des questions liées au travail expérimental, toutes tributaires des phénomènes variés mise en jeu dans le redressement.

-Notons toutefois qu'un travail de préparation à effectuer avant la séance programmée au laboratoire comportant ; les schémas de montages à réaliser, les tableaux nécessaires aux différents relevés, doit être obligatoirement montré en début de séance à l'enseignant, qui en tiendra compte dans son évaluation.

En fin, nous espérons avoir contribué utilement à la formation des futurs professionnels en mettant à la disposition des étudiants des outils qui n'ont pour seule ambition que d'apporter les contenus les mieux adaptés à leurs besoins.

## Conseils relatifs à la conduite des manipulations

### I. Avant la séance de mesures ou d'essais

- 1- Etudiez ce que vous aurez à faire. C'est pour vous aider dans ce travail que ce manuel a été écrit. Reportez-vous à votre cours, s'il ya lieu, pour bien comprendre votre tâche.
- 2- Préparez un cahier de manipulations : dessinez les schémas des montages à réaliser et tracez les tableaux où seront notés les résultats de mesures.

### II. Au laboratoire ou à la salle d'essais

- 1- Examinez avec attention, les appareils qui vous sont confiés, avant de les utiliser.
- 2- Signalez immédiatement à l'enseignant les instruments qui vous paraissent détériorés ou en mauvais état.
- 3- Effectuez le montage de la manipulation avec soin et, si possible, avec élégance. Montez chaque instrument complètement avant d'en ajouter un autre à l'ensemble. Disposez les conducteurs pour qu'ils se croisent le moins possible.
- 4- En vous aidant du schéma, vérifiez votre montage quand il est terminé. Ne le mettez sous tension qu'après contrôle par l'enseignant.
- 5- Effectuez chaque mesure avec toute la précision possible. Appréciez dans toute lecture le cinquième de la plus petite des divisions de la graduation.
- 6- Inscrivez immédiatement toutes les mesures à leur place sur le tableau des résultats, comme vous les avez lues, sans entreprendre de conversion, ni tenter de correction.
- 7- N'effectuez de calculs que si leurs résultats sont indispensables pour continuer la manipulation.
- 8- Si le résultat final vous paraît faux, cherchez d'abord si vous n'avez pas fait d'erreurs de calcul.
- 9- Si vous avez détérioré un instrument par maladresse ou accident, signalez-le immédiatement à votre enseignant.

### III. Après avoir quitté le laboratoire

- 1- Vous devrez rédiger un compte rendu de votre manipulation. La qualité essentielle d'un tel travail est la clarté. Exprimez-vous par dessins, schémas et graphiques. Utilisez du papier millimétrique et choisissez des échelles simples.
- 2- Ne truquez pas vos résultats d'expériences pour obtenir un nombre final qui vous paraît préférable à celui honnêtement trouvé.

## Généralités sur les convertisseurs statiques commutés par le réseau

Les convertisseurs statiques commutés par réseau sont largement utilisés dans tous les domaines industriels, ainsi que dans le secteur domestique ; à savoir : le chauffage électrique, les systèmes d'éclairages, les entraînements électriques à vitesses variables, etc. Selon la puissance et la tension requise, ces convertisseurs statiques sont dotés d'une connexion monophasée ou triphasée. Il est en outre essentiel de savoir si la valeur de la tension du réseau alternatif doit être modifiée ou si une tension continue variable doit être générée par le réseau d'alimentation à courant triphasé. Les deux ont en commun que l'énergie électrique est transformée et modifiée dans sa forme selon les exigences. En effet, les possibilités de transformation suivantes existent (Fig.1) :



Fig.1-Types de convertisseurs de courant

La désignation «convertisseurs de courant commutés par réseau» décrit le type de commutation, c'est à dire la transmission de courant d'un semi-conducteur de puissance passant (diode ou thyristor) au suivant, ce qui se fait, selon la courbe de tension de l'alimentation. Pour réaliser en pratique les montages de convertisseurs statiques, les éléments de construction suivants sont utilisés :

- Diodes (élément non contrôlable)
- Thyristors (élément contrôlable)

D'autres semi-conducteurs de puissance sont les éléments de construction désactivables comme :

- Transistors de puissance (BJT)

- IGBT (insulated gate bipolar transistor).
- GTO (Thyristor désactivables, Gate Turn Off).

Les montages de convertisseurs statiques suivants sont significatifs et leurs propriétés peuvent être analysées avantageusement avec diodes et thyristors :

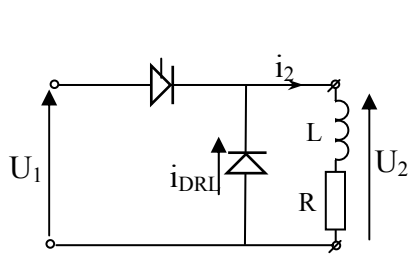


Fig.2-Redresseur à impulsion.  
 (Mono alternance)

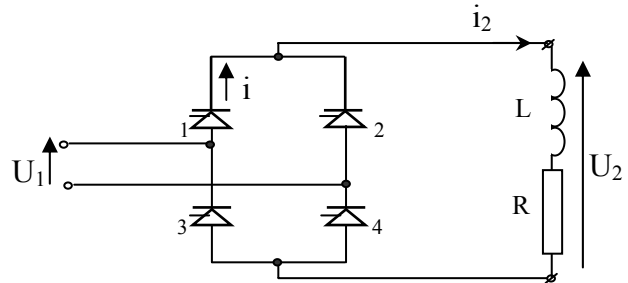


Fig.3-Redresseur à deux impulsions.  
 (Double alternance)

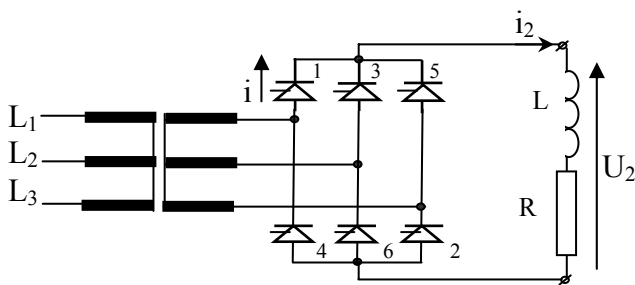


Fig.4-Redresseur à six impulsions.  
 (Triphasé en pont de graëtz)

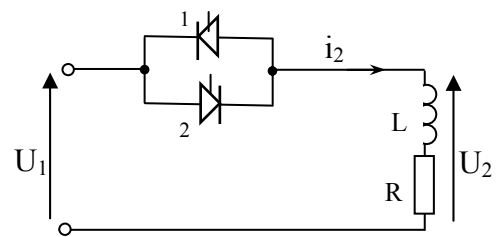


Fig.5-Gradateur de courant alternatif.  
 (Variateur de courant alternatif)

## **TPN°1 : Redresseurs mono alternances non commandé**

### **I. Introduction**

Les redresseurs mono alternances ne sont généralement utilisés que pour les applications de faible puissance, comme par exemple les appareils électroménagers, ainsi que les simples appareils de chargement et d'alimentation en courant. L'exécution du circuit de convertisseur s'effectue ce faisant comme redresseur mono alternance non commandé ou commandé. Les convertisseurs de courant sont alors fréquemment utilisés directement sur le réseau.

### **II. Objectifs de l'essai**

- Apprendre à connaître la propriété rectificative des redresseurs mono alternance non commandé.
- Reconnaître qu'une bobine de lissage augmente la durée de conductibilité du courant entraînant des surfaces tension-temps négatives.
- Analyser l'évolution de la tension et du courant à la sortie du convertisseur avec charges résistive et inductive.
- Analyser l'évolution des courants et tensions des semi-conducteurs dans les deux cas de charges résistive et inductive.
- Déterminer le facteur de forme et le taux d'ondulation.

### **III. Explications théoriques**

Dans le redresseur mono-alternance de la figure 1 l'anode de la diode est connectée avec l'extrémité de l'enroulement secondaire d'un transformateur monophasé. Sa cathode est reliée à la charge ; cette diode laisse passer un courant continu dans le récepteur pendant une demi-période.



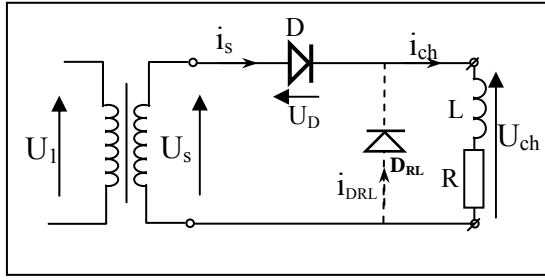


Fig.1-Schéma de montage d'un redresseur à impulsion unique.

Le fonctionnement du schéma est illustré par des diagrammes de tension alternative d'entrée, de tension continue de sortie et de courant à charge ohmique, donnés sur les figures 2,3 et 4.

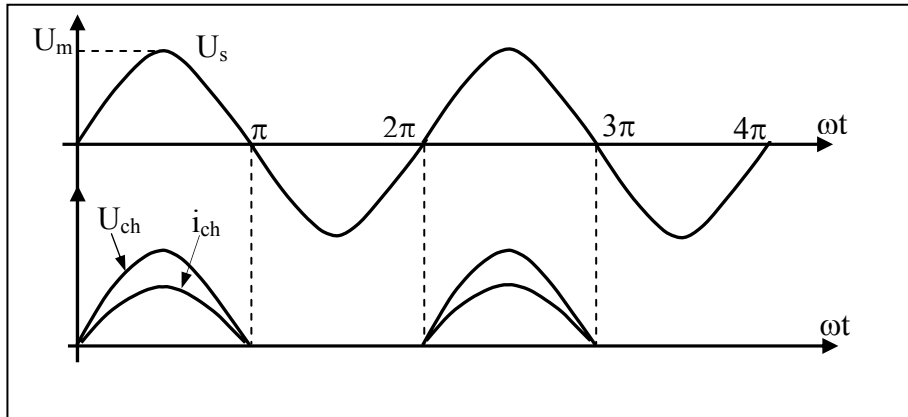


Fig.2-Courbes courant et tension du redresseur à impulsion unique non commandé à charge ohmique.

**La valeur moyenne de la tension de sortie est :**

On pose  $\omega t = \theta$

$$U_{ch_{moy}} = \frac{U_{sm}}{2\pi} \int_0^{\pi} \sin \theta d\theta = \frac{U_{sm}}{2\pi} [-\cos \theta]_0^{\pi} ;$$

$$U_{ch_{moy}} = \frac{U_{sm}}{\pi} \quad (1)$$

**La valeur efficace de la tension de sortie est :**

$$U_{ch_{eff}} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} U_m^2 \sin^2 \theta d\theta} = \left[ \frac{U_m^2}{4\pi} \int_0^{\pi} (1 - \cos 2\theta) d\theta \right]^{1/2}$$

$$U_{ch_{eff}} = \frac{U_{sm}}{2} \quad (2)$$

L'onde de la tension de sortie est unidirectionnelle, mais pas continue, on considère qu'elle est équivalente à la superposition d'une composante continue de valeur égale à la valeur moyenne de la tension redressée et d'une composante alternative représentant son ondulation. Pour caractériser l'importance de cette ondulation par rapport à la tension moyenne, on définit :

**-Le facteur de forme :**

$$F_F = \frac{U_{ch_{eff}}}{U_{ch_{moy}}}$$

**-Le facteur d'ondulation :**

$$F_{ond} = \frac{U_{ch_{ond}}}{U_{ch_{moy}}}$$

Le facteur de forme  $F_F$  est d'autant plus voisin de l'unité que l'allure de la tension redressée est proche d'une tension continue pure. Alors que l'on observe que plus la valeur du facteur d'ondulation  $F_{ond}$  se rapproche de zéro, moins la tension redressée ondule autour de sa valeur moyenne.

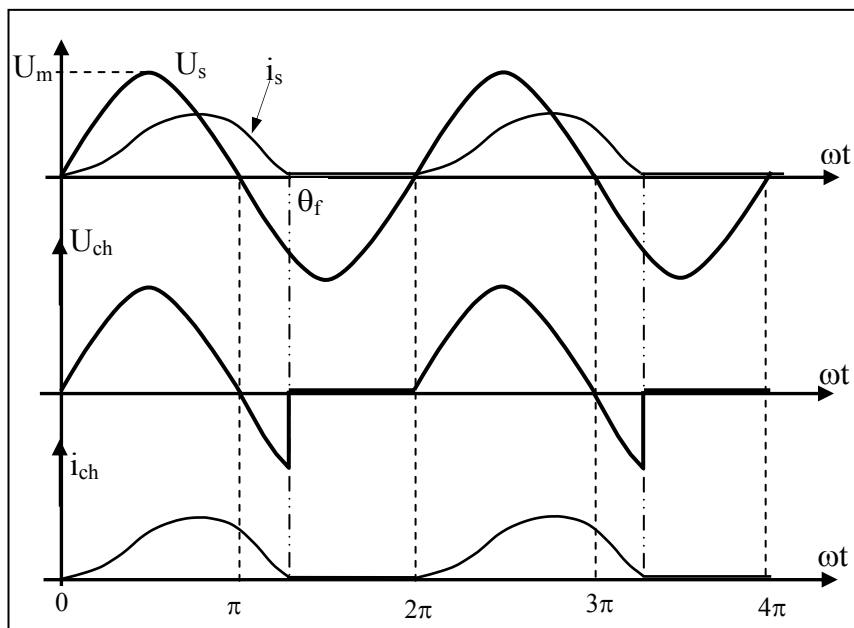


Fig.3-Courbes courant et tension du redresseur à impulsion unique non commandé à charge ohmique-inductive

**La valeur moyenne de la tension de sortie est :**

$$Uch_{moy} = \frac{U_{sm}}{2\pi} \int_0^{\theta_f} \sin \theta d\theta = \frac{U_{sm}}{2\pi} [-\cos \theta]_0^{\theta_f} ;$$

$$Uch_{moy} = \frac{U_{sm}}{2\pi} [1 - \cos \theta_f] \quad (3)$$

**La valeur efficace de la tension de sortie est :**

$$Uch_{eff} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{\theta_f} U_m^2 \sin^2 \theta d\theta} = \left[ \frac{U_m^2}{4\pi} \int_0^{\theta_f} (1 - \cos 2\theta) d\theta \right]^{1/2}$$

$$Uch_{eff} = \left[ \frac{U_m^2}{4\pi} \left( \theta_f - \frac{\sin 2\theta_f}{2} \right) \right]^{1/2} \quad (4)$$

Il convient de noter à partir de l'équation (2) que la tension moyenne  $Uch_{moy}$  (courant moyen) peut être augmentée en faisant  $\theta_f = \pi$ , ce qui est possible grâce à l'ajout d'une diode de roue libre  $D_{RL}$  comme représenté (illustré) sur la figure (1) par des lignes en pointillés. L'effet de cette diode est d'empêcher une tension négative apparaissant aux bornes de la charge. A  $\omega t = \pi$  le courant est transféré de  $D$  à  $D_{RL}$  ce procédé est appelé **commutation** de diodes. Les formes d'onde sont représentées sur la figure (4). En fonction de la constante de temps de charge, le courant de charge peut être discontinu. Le courant de charge  $i_{ch}$  sera discontinu avec une charge résistive et continu avec une charge inductive très élevée. La continuité du courant de charge dépend de sa constante de temps  $\tau = L\omega/R$ .

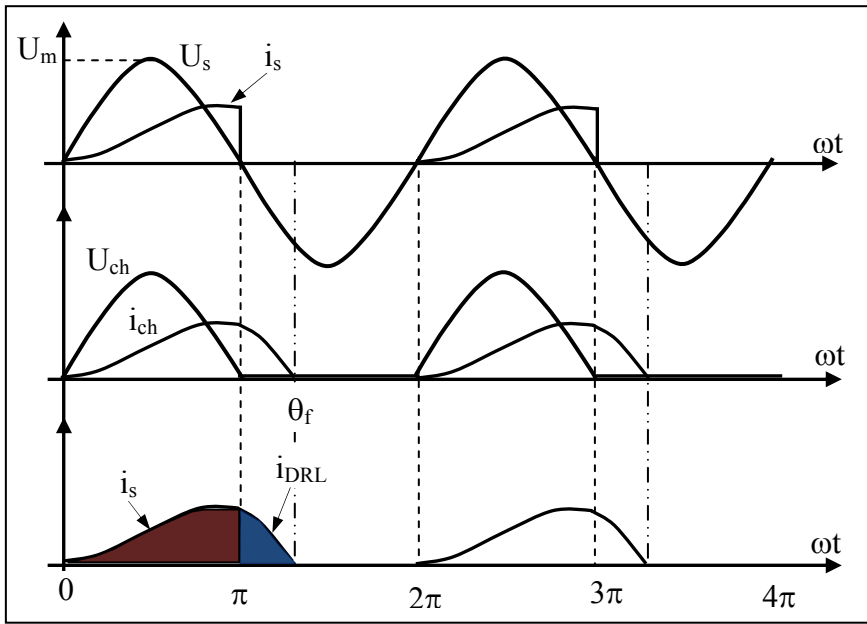


Fig.4-Courbes courant et tension du redresseur à impulsion unique commandé à charge ohmique-inductive avec diode de roue libre.

## VI. Etude pratique

Réaliser le circuit suivant le schéma donné de connexions (fig.5) et connecter les appareils. Activer le transformateur séparateur. Pour le redresseur mono alternance commandé, sélectionner le mode PHASE CONTROL avec le sélecteur de modes de fonctionnement.

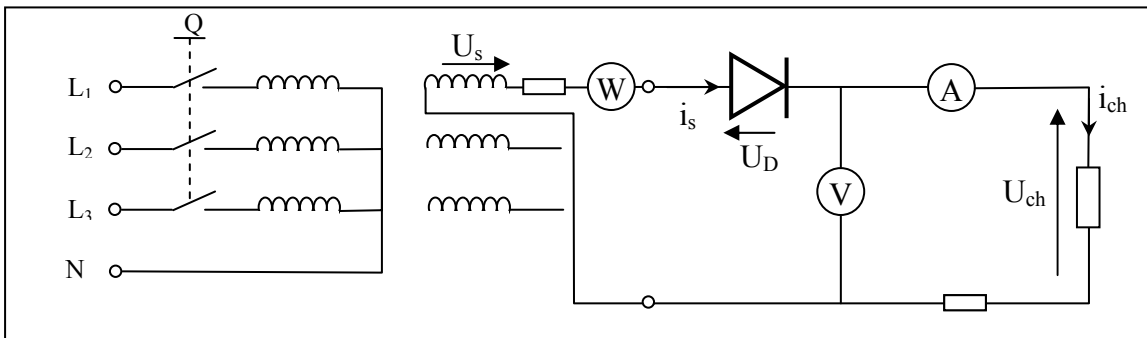


Fig.5. Redressement monophasé simple alternance non commandé

-Pour afficher les courbes temps sur l'oscilloscope, effectuez les réglages suivants sur l'oscilloscope : CH1 : 1V/DIV, CH2 :1V/DIV, Temps: 5ms/Div, Trigger : réseau.

-Sur l'amplificateur de mesure différentielle, sélectionner les grandeurs de mesure respectives avec l'interrupteur à bascule :

Position commutateur	Grandeur de mesure	Plage de mesure
A	Tension de sortie	150v
B	Tension d'entrée	150v
C	Courant d'entrée	2,5v
D	Courant de sortie	2,5v

### VI.1. Charge résistive

- 1- Représentation des courbes de tension alternative d'entrée ( $U_s$ ), de tension continue de sortie ( $U_{ch}$ ) et de courant à charge ohmique ( $i_{ch}$ ), pour une résistance de charge  $R=270\Omega$  et une tension de source  $U_s=94v$   $f= 50Hz$ .
- 2- Afficher les fonctions suivantes pendant une période T: tension d'entrée ( $U_s$ ), tension de sortie continue ( $U_{ch}$ ), courant d'entrée ( $i_s$ ) et courant de sortie ( $i_{ch}$ ).
- 3- Décrire le comportement de la diode dans ce circuit.
- 4- Calcul de la valeur moyenne ( $U_{chmoy}$ ) et de la valeur efficace ( $U_{cheff}$ ) de la tension redressée continue et comparaison du résultat avec la mesure.
- 5- En déduire les valeurs des facteurs de forme et d'ondulation pour la tension.
- 6- Calcul de la puissance effective. Comparer le résultat avec la mesure.

### VI.2. Charge résistive inductive

- 1- Représentation des courbes de tension alternative d'entrée, de tension continue de sortie et de courant à charge ohmique-inductive, pour une tension de source  $U_s=94v$ , une résistance de charge  $R=270\Omega$  et une inductance  $L=0.3mH$  et  $L=1.2mH$

- 2- Afficher les fonctions suivantes pour une résistance de charge  $R=270\ \Omega$  et une tension de source  $U_s=94\text{V}$   $f= 50\text{Hz}$ , pendant une période  $T$ : tension d'entrée ( $U_s$ ), tension de sortie continue ( $U_{ch}$ ), courant d'entrée ( $i_s$ ) et courant de sortie ( $i_{ch}$ ).
- 3- Comparer les résultats obtenus pour les deux valeurs de l'inductance à savoir :  $L=0.3\text{mH}$  et  $L=1.2\text{mH}$ .
- 4- Déterminer la valeur moyenne de tension continue  $U_{ch_{moy}}$  et expliquer pourquoi cette valeur avec charge ohmique-inductive est inférieure à la valeur avec charge uniquement ohmique.
- 5- Expliquer l'effet de l'inductance sur le montage redresseur.

### **VI.3.Fonctionnement d'une diode de roue libre**

- 1- Analyse du mode de fonctionnement d'une diode de roue libre  $D_{RL}$
- 2- Enregistrement des courbes de tension alternative d'entrée ( $U_s$ ), de tension continue de sortie redressée ( $U_{ch}$ ) et de courant ( $i_s$ ,  $i_{ch}$ ) selon les paramètres suivants de la charge :
  - Résistance  $R=270\ \Omega$  et une inductance  $L=0.3\text{mH}$
  - Résistance  $R=270\ \Omega$  et une inductance  $L=1.2\text{mH}$
- 3- Déterminer la durée de conduction du semi-conducteur et comparer le résultat avec les mesures suivant le cas sans diode de roue libre.
- 4- Quelle est le rôle de la diode de roue libre.
- 5- **Conclure le TP**

## TPN°2 : Redressement monophasé simple alternance commandé

### I. Introduction

Les redresseurs à diode délivrent une tension de sortie fixe. Afin d'obtenir une tension de charge variable, la diode est remplacée par un thyristor dans le montage du redresseur mono-alternance. La tension de sortie d'un redresseur à thyristor est variable par la commande de l'angle d'amorçage

### II. Objectifs de l'essai

- Apprendre à connaître la propriété rectificative des redresseurs mono-alternance commandés.
- Reconnaître qu'une bobine de lissage augmente la durée de conductibilité du courant en entraînant des surfaces tension-temps négatives.
- Reconnaître que la valeur moyenne de tension continue et donc l'enregistrement de puissance effective peuvent être réglés en continu.
- reconnaître la nécessité de protection de circuit de protection des thyristors.

### III. Explications théoriques

La figure 1 représente un redresseur mono-alternance (impulsion unique) commandé. L'anode du thyristor est connectée avec l'extrémité de l'enroulement secondaire d'un transformateur monophasé. Sa cathode est reliée à la charge. Le thyristor ne conduit que si sa tension  $V_T$  à ses bornes est positive et si la gâchette a reçu une impulsion d'amorçage  $i_g$  à cet instant l'impulsion correspond un angle d'amorçage  $\alpha$ .

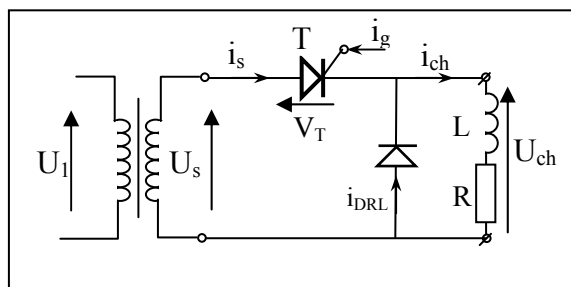


Fig1.Schéma de montage d'un redresseur à impulsion unique commandé

Le fonctionnement du schéma est illustré par des diagrammes de tension alternative d'entrée, de tension continue de sortie et de courant à charge ohmique, donnés sur les figures 1,2,3 et 4 pour un angle d'amorçage  $\alpha=60^\circ$  degrés.

Considérons le circuit sur la figure 5 avec une charge résistive. Pendant le demi-cycle positif de la tension d'entrée, l'anode du thyristor est positive par rapport à sa cathode ; il est dit être *polarisé en direct*. Lorsque le thyristor  $T$  est amorcé à  $\omega t = \alpha$ ; le thyristor conduit et la tension d'entrée apparaît à travers la charge. Lorsque la tension d'entrée commence à être négative à  $\omega t = \pi$ , l'anode du thyristor est négative par rapport à sa cathode et le thyristor  $T$ , dit alors être *polarisé en inverse*, est bloqué. Le temps après que la tension d'entrée commence à devenir positif jusqu'à ce que le thyristor soit amorcé à  $\omega t = \alpha$  est appelé *retard* ou *angle d'amorçage  $\alpha$* . Ce convertisseur n'est normalement pas utilisé dans les applications industrielles car sa sortie a un contenu d'ondulation élevée et une faible fréquence d'ondulation. La Figure5 montre les formes d'onde de tension d'entrée, la tension de sortie, le courant de charge, et la tension aux bornes de T.

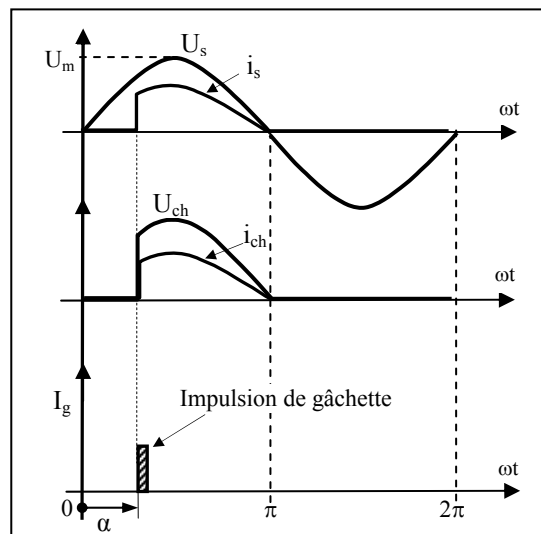


Fig.2 -Courbes courant et tension du redresseur à impulsion unique commandé à charge ohmique.



**La valeur moyenne de la tension de sortie est :**

$$U_{ch_{moy}} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} U_m \sin \theta d\theta = \frac{U_{sm}}{2\pi} [-\cos \theta]_{\alpha}^{\pi} ;$$

$$U_{ch_{moy}} = \frac{U_{sm}}{2\pi} [1 + \cos \alpha] \quad (1)$$

La tension de charge redressée peut varier de  $U_m/\pi$  à zéro (0) en variant l'angle d'amorçage  $\alpha$  de zéro (0) à  $\pi$

**La valeur efficace de la tension de sortie est :**

$$U_{ch_{eff}} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} U_m^2 \sin^2 \theta d\theta} = \left[ \frac{U_m^2}{4\pi} \int_{\alpha}^{\pi} (1 - \cos 2\theta) d\theta \right]^{1/2}$$

$$U_{ch_{eff}} = \frac{U_m}{2} \left[ \frac{1}{\pi} \left( \pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right) \right]^{1/2} \quad (2)$$

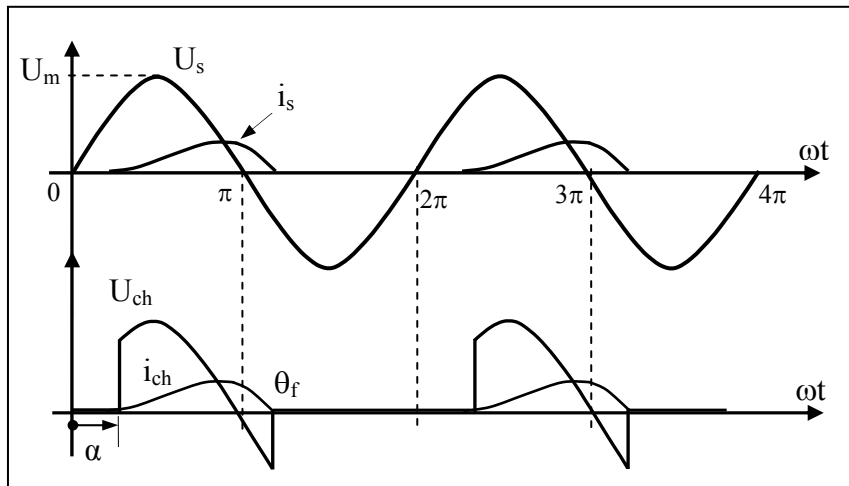


Fig.3 -Courbes courant et tension du redresseur à impulsion unique commandé à charge ohmique-inductive

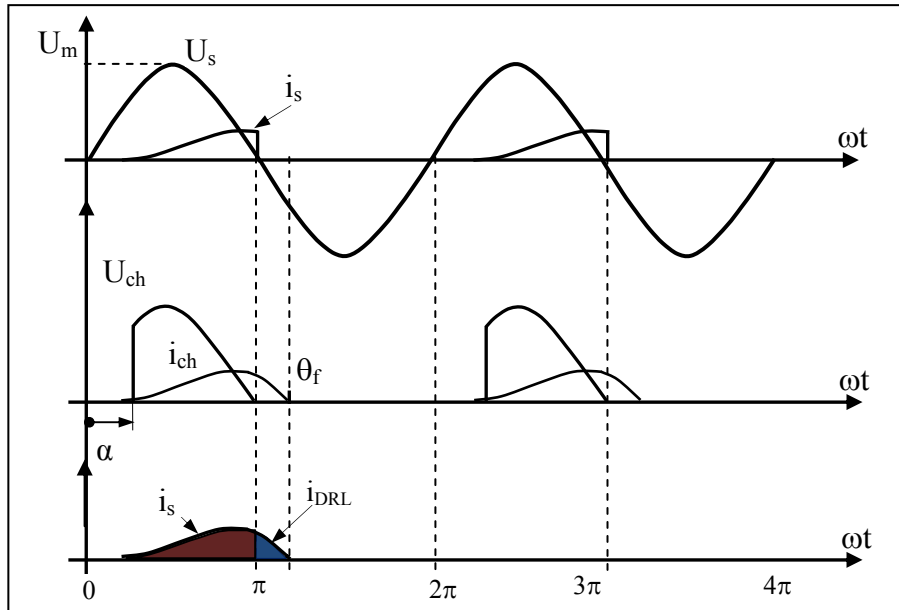


Fig.4 -Courbes courant et tension du redresseur à impulsion unique commandé à charge ohmique-inductive avec diode de roue libre.

## VI. Etude pratique

Réaliser le circuit suivant le présent schéma de connexions de la figure 5 et connecter les appareils. Activer le transformateur séparateur. Pour le redresseur mono alternance commandé, sélectionner le mode PHASE CONTROL avec le sélecteur de modes de fonctionnement.

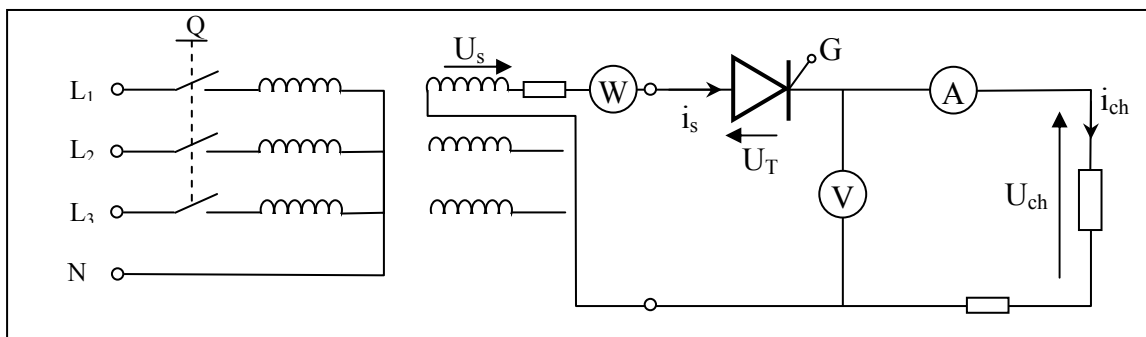


Fig.5. Redressement monophasé simple alternance commandé

-Pour afficher les courbes temps sur l'oscilloscope, effectuez les réglages suivants sur l'oscilloscope : CH1 : 1V/DIV, CH2 :1V/DIV, Temps: 5ms/Div, Trigger : réseau.

-Sur l'amplificateur de mesure différentiel, sélectionner les grandeurs de mesure respectives avec l'interrupteur à bascule :

Position commutateur	Grandeur de mesure	Plage de mesure
A	Tension de sortie	150v
B	Tension d'entrée	150v
C	Courant d'entrée	2,5v
D	Courant de sortie	2,5v

### VI.1. Charge résistive

- 1- Représentation des courbes de tension alternative d'entrée, de tension continue de sortie et de courant à charge ohmique  $R=270 \text{ ohm}$   $U_s=94\text{v}$ .
- 2- Afficher les fonctions suivantes selon l'angle de commande  $\alpha$ , pour une période : tension d'entrée, tension de sortie continue, courant d'entrée et courant de sortie.
- 3- Relever les variations de  $U_{\text{chmoy}}$ ,  $U_{\text{cheff}}$ ,  $I_{\text{chmoy}}$ ,  $I_{\text{cheff}}$ ,  $P_{\text{ch}}$ ,  $Q_{\text{ch}}$  en fonction de  $\alpha$ .
- 4- Calcul de la valeur moyenne de tension continue selon un angle de commande et comparaison du résultat avec la mesure.
- 5- Représentation de la courbe caractéristique de commande  $U_{\text{chmoy}}$ ,  $U_{\text{cheff}}$ ,  $I_{\text{chmoy}}$ ,  $I_{\text{cheff}}$ ,  $P_{\text{ch}}$ ,  $Q_{\text{ch}}$  en fonction de  $\alpha$ .
- 6- Que peut-on dire à propos de la plage de réglage  $0 < \alpha < 180$  degrés.
- 7- Calcul de la puissance effective selon un angle de commande. Comparer le résultat avec la mesure.

### VI.2. Charge résistive inductive

- 1- Représentation des courbes de tension alternative d'entrée, de tension continue de sortie et de courant à charge ohmique-inductive  $R=270 \text{ ohm}$   $L=1,2 \text{ mH}$ .

- 2- Afficher les fonctions suivantes selon l'angle de commande  $\alpha$ , pour une période T : tension d'entrée, tension de sortie continue, courant d'entrée et courant de sortie.
- 3- Relever les variations de  $U_{chmoy}$ ,  $U_{cheff}$ ,  $I_{chmoy}$ ,  $I_{cheff}$ ,  $P_{ch}$ ,  $Q_{ch}$  en fonction de  $\alpha$ .
- 4- Calcul de la valeur moyenne de tension continue  $U_{chmoy}$  selon un angle de commande et comparaison du résultat avec la mesure.
- 5- Expliquer pourquoi cette valeur avec charge ohmique-inductive est inférieure à la valeur avec charge uniquement ohmique.
- 6- Représentation de la courbe caractéristique de commande  $U_{chmoy}$ ,  $U_{cheff}$ ,  $I_{chmoy}$ ,  $I_{cheff}$ ,  $P_{ch}$ ,  $Q_{ch}$  en fonction de  $\alpha$ .
- 7- Que peut-on dire à propos de la plage de réglage  $0 < \alpha < 180$  degrés.
- 8- Que peut-on dire à propos de la caractéristique  $Q_{ch} = f(\alpha)$

### VI.3. Fonctionnement d'une diode de roue libre

- 1- Analyse du mode de fonctionnement d'une diode de roue libre  $D_{RL}$
- 2- Enregistrement des courbes de tension alternative d'entrée ( $U_s$ ), de tension continue de sortie ( $U_{ch}$ ) et de courant ( $i_{ch}$ ) et ( $i_s$ ) selon les paramètres de la charge suivants :
  - Résistance  $R=270 \Omega$  et une inductance  $L=0.3mH$
  - Résistance  $R=270 \Omega$  et une inductance  $L=1.2mH$
- 3- Déterminer la durée de conduction du semi-conducteur et comparer le résultat avec les mesures suivant le cas sans diode de roue libre.
- 4- **Conclure le TP.**

**Tableau de mesures**

$\alpha$ (degrés)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
$U_{chmoy}$ (V)							
$U_{cheff}$ (V)							
$I_{chmoy}$ (A)							
$I_{cheff}$ (A)							
$P_{ch}$ (W)							
$Q_{ch}$ (Var)							

## TPN°3 : Redressement monophasé double alternance non commandé

### I. Introduction

Les redresseurs double alternances sont fréquemment utilisés comme circuit non commandés, entièrement commandés ou demi-commandés, fonctionnant en monophasé sur le réseau de courant alternatif.

### II. Objectifs de l'essai

- Apprendre à connaître l'effet de redressement d'un pont double alternance non commandé.
- Reconnaître qu'une bobine de lissage a pour effet que le courant continu ne se déroule plus de manière sinusoïdale.
- Reconnaître que le courant du secteur est déformé de manière rectangulaire en cas de fort lissage.
- Reconnaître que la puissance de commande déwattée est nulle.

### III. Explications théoriques

C'est un montage symétrique dans le quel deux diodes conduisent en même temps chaque demi période. Le fonctionnement du schéma est illustré par des diagrammes de tension alternative d'entrée, de tension continue de sortie et de courant à charge ohmique, donnés sur les figures 2,3 et 4.

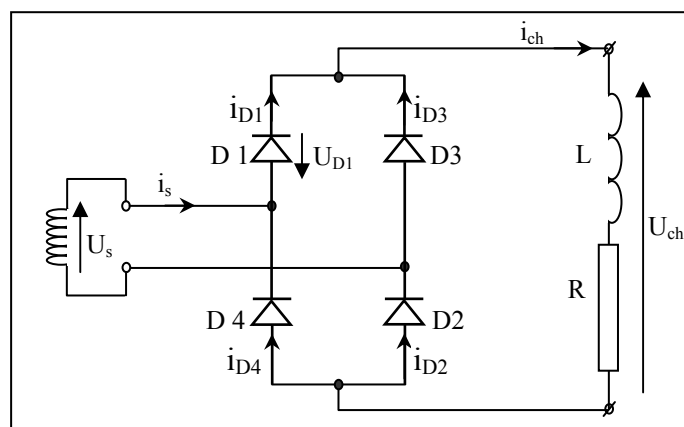


Fig.2-Schéma de montage d'un redresseur à deux impulsions non commandé.

Le montage du redresseur en pont monophasé, représenté à la figure 2, comporte quatre diodes ; qui fonctionnent par paire,  $D_1, D_2$  et  $D_3, D_4$ . Durant la demi alternance positive ( $0 < \omega t < \pi$ ) de la tension d'entrée  $U_1$  les diodes  $D_1-D_2$  conduisent. Réciproquement, l'autre paire  $D_3-D_4$  est conductrice durant la demi alternance négative ( $\pi < \omega t < 2\pi$ ). Les formes d'ondes des paramètres décrivant le fonctionnement du montage avec une charge purement résistive sont représentées à la figure 3, la tension de sortie  $U_{ch}$  recopie la tension d'entrée.

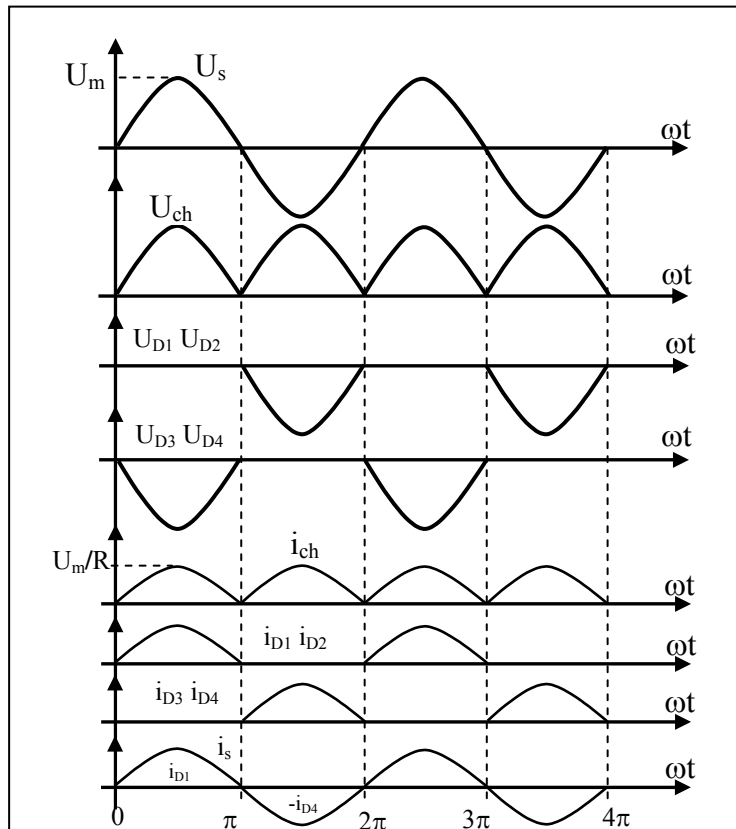


Fig.3 -Courbes courant et tension du redresseur à deux impulsions non commandé à charge ohmique.

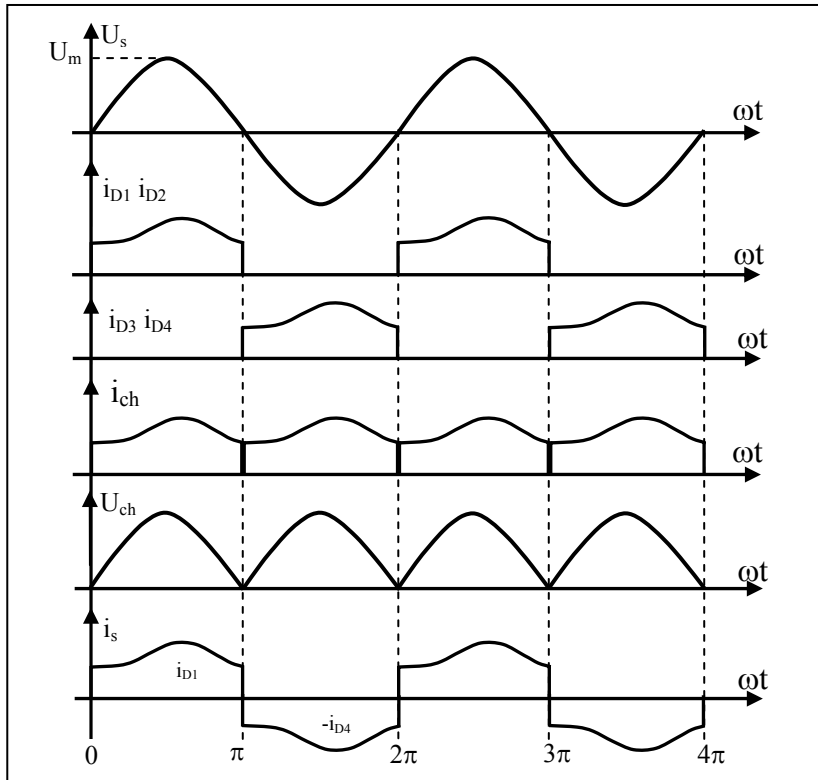


Fig.4 -Courbes courant et tension du redresseur à deux impulsions non commandé à charge ohmique-inductive

Lorsque la valeur de l'inductance augmente, l'effet du lissage s'intensifie et le courant de sortie devient quasiment constant, comme le montre la figure 4.

**La valeur moyenne de la tension de sortie est :**

$$U_{ch_{moy}} = \frac{U_{sm}}{\pi} \int_0^{\pi} \sin \theta d\theta = \frac{U_{sm}}{\pi} [-\cos \theta]_0^{\pi} ;$$

$$U_{ch_{moy}} = \frac{2 U_{sm}}{\pi} \quad (1)$$

**La valeur efficace de la tension de sortie est :**

$$U_{ch_{eff}} = \sqrt{\frac{2}{2\pi} \int_0^{\pi} U_m^2 \sin^2 \theta d\theta} = \left[ \frac{U_m^2}{\pi} \int_0^{\pi} (1 - \cos 2\theta) d\theta \right]^{1/2}$$

$$U_{ch_{eff}} = \frac{U_{sm}}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

## VI. Etude pratique

Réaliser le circuit suivant le présent schéma de connexions (fig5) et connecter les appareils. Activer le transformateur séparateur. Pour le redresseur double alternance commandé, sélectionner le mode 1 PHASE CONTROL avec le sélecteur de modes de fonctionnement.

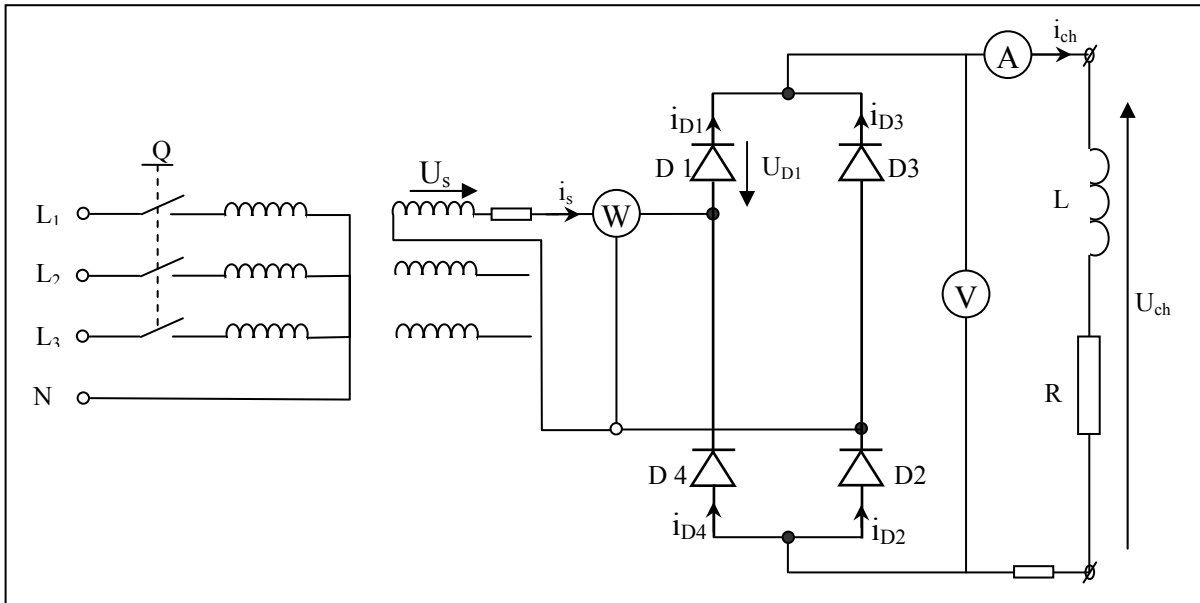


Fig.5. Redressement monophasé double alternance non commandé

### VI.1. Charge résistive

- 1- Représentation des courbes de tension alternative d'entrée ( $U_s$ ), de tension continue de sortie ( $U_{ch}$ ) et de courant à charge ohmique ( $i_{ch}$ ), pour une résistance de charge  $R=270\Omega$  et une tension de source  $U_s=94v$   $f= 50Hz$ .
- 2- Afficher les fonctions suivantes pendant une période  $T$ : tension d'entrée ( $U_s$ ), tension de sortie continue ( $U_{ch}$ ), courant d'entrée ( $i_s$ ) et courant de sortie ( $i_{ch}$ ).
- 3- Décrire le comportement des diodes ( $D_1, D_2, D_3, D_4$ ) dans ce circuit.
- 4- Calcul de la valeur moyenne ( $U_{chmoy}$ ) et de la valeur efficace ( $U_{cheff}$ ) de la tension redressée continue et comparaison du résultat avec la mesure.
- 5- En déduire les valeurs des facteurs de forme et d'ondulation pour la tension.
- 6- Calcul de la puissance effective. Comparer le résultat avec la mesure.
- 7- Expliquer pourquoi la puissance déwattée  $Q_{ch}$  est nulle à charge ohmique.



## VI.2. Charge résistive inductive

- 1- Représentation des courbes de tension alternative d'entrée, de tension continue de sortie et de courant à charge ohmique-inductive, pour une tension de source  $U_s=94\text{v}$  , une résistance de charge  $R=270\ \Omega$  et une inductance  $L=0.3\text{mH}$  et  $L=1.2\text{mH}$
- 2- Afficher les fonctions suivantes pour ( $R=270\ \text{ohm}$   $L=0.3\text{mH}$ ) , ( $R=270\ \text{ohm}$ ,  $L=1,2\text{H}$ ) et une tension de source alternative  $U_s=94\text{v}$   $f= 50\text{Hz}$ , pendant une période  $T$ : tension d'entrée ( $U_s$ ), tension de sortie continue( $U_{ch}$ ), courant d'entrée ( $i_s$ ) et courant de sortie ( $i_{ch}$ ).
- 3- Comparer les résultats obtenus pour les deux valeurs de l'inductance à savoir :  $L=0.3\text{mH}$  et  $L=1.2\text{mH}$ .
- 4- Calcul de la valeur moyenne de tension continue et comparaison du résultat avec la mesure.
- 5- Calcul de la puissance effective. Comparer le résultat avec la mesure. Puis comparer le résultat avec les mesures du redresseur mono alternance non commandé.
- 6- Expliquer l'effet de l'inductance sur le montage redresseur.
- 7- Que peut-on dire à propos de la puissance déwattée  $Q_{ch}$ .
- 8- Conclure le TP.**

## **TPN°4 : Redressement monophasé double alternance commandé**

### **I. Introduction**

Ce convertisseur est largement utilisé dans les applications industrielles jusqu'à 15 KW, en particulier dans les entraînements à vitesse variable. Selon la valeur de l'angle d'amorçage  $\alpha$ , la tension de sortie moyenne peut être soit positive ou négative, et il fournit un fonctionnement à deux quadrants.

### **II. Objet de l'essai**

- Apprendre à connaître la propriété rectificative des redresseurs double alternance entièrement commandé.
- Reconnaître que des surfaces tension-temps négatives apparaissent en cas de charge ohmique inductive
- Reconnaître que la possibilité de commande de la tension dépend de la charge.
- Reconnaître que le courant du secteur est rectangulaire en cas de fort lissage.
- Reconnaître que la puissance déwattée est liée à la commande des thyristors.

### **III. Explications théoriques**

C'est un montage symétrique dans lequel deux thyristors conduisent en même temps chaque demi période ( $T_1, T_2$ ) et ( $T_3, T_4$ ). Lorsque la charge devient suffisamment selfique, son courant est continu et les thyristors ne peuvent plus s'éteindre spontanément ; c'est alors, l'amorçage de la paire opposée qui les bloquera. Le fonctionnement du schéma est illustré par des diagrammes de tension alternative d'entrée, de tension continue de sortie et de courant à charge ohmique, donnés sur les figures 2 et 3.

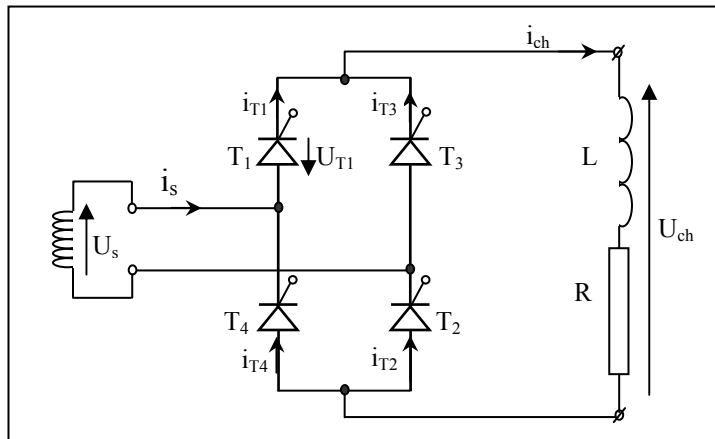


Fig.1-Schéma de montage d'un redresseur à deux impulsions non commandé.

Le fonctionnement en conduction discontinu se caractérise par l'extinction spontanée du courant dans la charge, avant que la paire de thyristors suivante ne devienne conductrice. Il s'ensuit un passage par zéro du courant à partir d'un instant  $\theta_f$ , qui dépend de la charge.

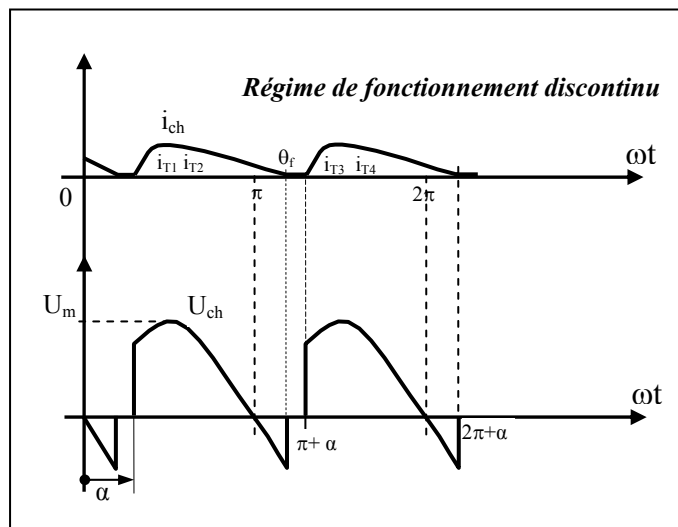


Fig.2-Courbes courant et tension à charge ohmique-inductive régime discontinu

Durant le demi cycle positif, les thyristors  $T_1$  et  $T_2$  sont polarisés en direct ils sont amorcés simultanément à  $\omega t = \alpha$  et la tension d'entrée apparait aux bornes de la charge. A cause de l'inductance de la charge, les thyristors  $T_1$  et  $T_2$  continuent à conduire au delà de l'instant  $\omega t = \pi$ . Durant le demi-cycle négatif de la tension d'entrée, les thyristors  $T_3$  et  $T_4$  sont polarisés en direct. A l'amorçage de  $T_3$  et  $T_4$  à  $\omega t = \pi + \alpha$ , les tensions directes des thyristors  $T_1$

et  $T_2$  s'inversent.  $T_1$  et  $T_2$  se bloquent et le courant de charge  $i_{ch}$  est transféré de  $T_1$  et  $T_2$  à  $T_3$  et  $T_4$ .

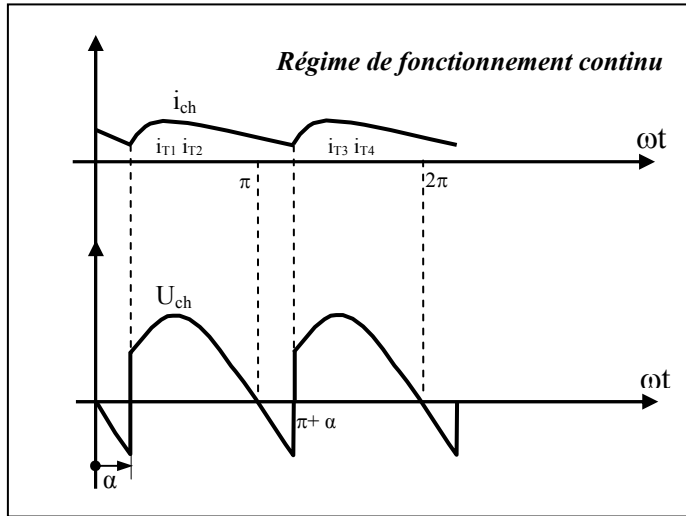


Fig.3-Courbes courant et tension à charge ohmique-inductive régime continu

**-Pour un régime de fonctionnement continu**

**La valeur moyenne de la tension de sortie est :**

$$U_{ch_{moy}} = \frac{2U_{sm}}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} \sin \theta d\theta = \frac{U_{sm}}{\pi} [-\cos \theta]_{\alpha}^{\pi+\alpha} ;$$

$$U_{ch_{moy}} = \frac{2U_{sm}}{\pi} \cos \alpha \quad (1)$$

La tension de charge redressée peut varier de  $2U_m/\pi$  à zéro (0) en variant l'angle d'amorçage  $\alpha$  de zéro (0) à  $\pi$

**La valeur efficace de la tension de sortie est :**

$$U_{ch_{eff}} = \sqrt{\frac{2}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} U_m^2 \sin^2 \theta d\theta} = \left[ \frac{U_m^2}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} (1 - \cos 2\theta) d\theta \right]^{1/2}$$

$$U_{ch_{eff}} = \frac{U_{sm}}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

## VI. Etude pratique

Réaliser le circuit suivant le présent schéma de connexions (fig4) et connecter les appareils. Activer le transformateur séparateur. Pour le redresseur double alternance commandé, sélectionner le mode 1PHASE CONTROL avec le sélecteur de modes de fonctionnement.

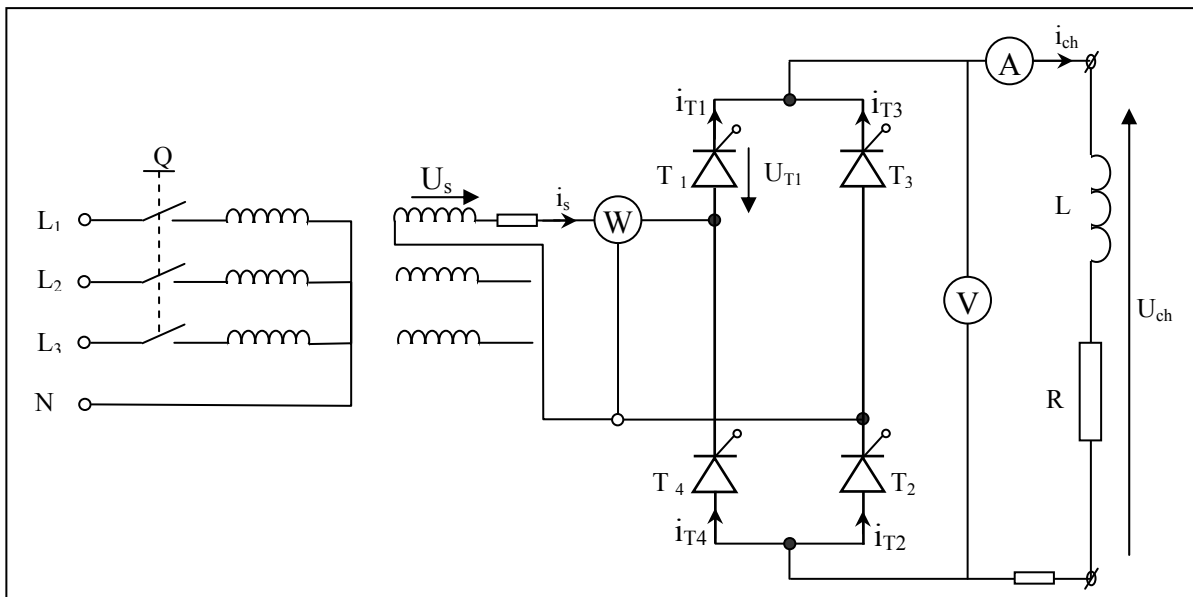


Fig.4. Redressement monophasé double alternance commandé

## VI. Charge résistive

- 1- Représentation des courbes de tension alternative d'entrée ( $U_s$ ), de tension continue de sortie ( $U_{ch}$ ) et de courant à charge ohmique ( $i_{ch}$ ), pour une résistance de charge  $R=270\Omega$  et une tension de source  $U_s=94v$   $f=50Hz$ .
- 2- Afficher les fonctions suivantes selon l'angle de commande  $\alpha$  pendant une période  $T$ : tension d'entrée ( $U_s$ ), tension de sortie continue ( $U_{ch}$ ), courant d'entrée ( $i_s$ ) et courant de sortie ( $i_{ch}$ ).
- 3- Décrire le comportement des Thyristors ( $T_1, T_2, T_3, T_4$ ) dans ce circuit.
- 4- Relever les variations de  $U_{chmoy}$ ,  $U_{cheff}$ ,  $I_{chmoy}$ ,  $I_{cheff}$ ,  $P_{ch}$ ,  $Q_{ch}$  en fonction de  $\alpha$ .
- 5- Représentation de la courbe caractéristique de commande  $U_{chmoy}$ ,  $U_{cheff}$ ,  $I_{chmoy}$ ,  $I_{cheff}$ ,  $P_{ch}$ ,  $Q_{ch}$  en fonction de  $\alpha$ .

- 6- Calcul de la valeur moyenne de tension continue  $U_{ch_{moy}}$  pour un angle de commande et comparaison du résultat avec la mesure.
- 7- Calcul de la puissance effective pour un angle de commande. Comparer le résultat avec la mesure.
- 8- Expliquer pourquoi la puissance déwattée  $Q_{ch}$  est nulle à charge ohmique.

## VI.2. Charge résistive inductive

- 1- Représentation des courbes de tension alternative d'entrée, de tension continue de sortie et de courant.
- 2- Afficher les fonctions suivantes selon l'angle de commande alpha, pour une période : tension d'entrée, tension de sortie continue, courant d'entré et courant de sortie. Pour ( $R=270\text{ ohm}$   $L=0.3\text{mH}$ ), ( $R=270\text{ ohm}$ ,  $L=1,2\text{H}$ ).
- 3- Déterminer l'angle  $\theta$  limite de conduction en régime continu.
- 4- Relever les variations de  $U_{ch_{moy}}$ ,  $U_{cheff}$ ,  $I_{ch_{moy}}$ ,  $I_{cheff}$ ,  $P_{ch}$ ,  $Q_{ch}$  en fonction de alpha.
- 5- Représentation de la courbe caractéristique de commande  $U_{ch_{moy}}$ ,  $U_{cheff}$ ,  $I_{ch_{moy}}$ ,  $I_{cheff}$ ,  $P_{ch}$ ,  $Q_{ch}$  en fonction de alpha.
- 6- Comparer l'effet de redressement dans les deux cas de charge pour ce qui est de la durée de conduction et de la courbe de  $U_{ch}$ .
- 7- Expliquer pourquoi une puissance de commande déwattée apparaît en cas de charge ohmique et charge ohmique inductive.
- 8- Expliquer l'effet de la bobine sur le régime de fonctionnement du montage.
- 9- **Conclure le TP.**

**Tableau de mesures**

$\alpha$ (degrés)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
$U_{ch_{moy}}$ (V)							
$U_{cheff}$ (V)							
$I_{ch_{moy}}$ (A)							
$I_{cheff}$ (A)							
$P_{ch}$ (W)							
$Q_{ch}$ (Var)							

## TPN°5 : Redressement triphasé non commandé

### I. Introduction

Les redresseurs triphasés sont fréquemment utilisés comme circuit non commandés, entièrement commandés ou demi-commandés, fonctionnant en triphasé sur le réseau de courant alternatif.

### II. Objectifs de l'essai

- Apprendre à connaître l'effet de redressement d'un pont triphasé non commandé.
- Reconnaître la présence d'un extrême lissage à charge ohmique inductive.
- Reconnaître que le courant du secteur est déformé de manière rectangulaire en cas de fort lissage.
- Reconnaître que la puissance de commande déwattée est nulle.

### III. Explications théoriques

C'est un montage symétrique dans lequel deux diodes seulement laissent passer le courant dans un seul sens, pendant chaque sixième de période. Le fonctionnement du schéma (fig.1) est illustré par des diagrammes de tension alternative d'entrée, de tension continue de sortie et de courant à charge ohmique, donnés sur la figure 2.

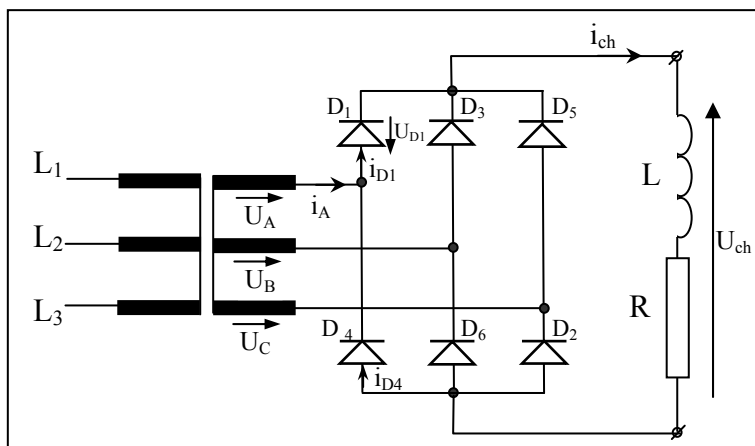


Fig.1. -Schéma de montage d'un redresseur à six impulsions non commandé.

Les diodes sont numérotées dans l'ordre des séquences de conduction et chacune conduit pendant une durée de  $120^\circ$ . La séquence de conduction de diodes est  $12, 23, 34, 45, 56$  et  $61$ . Les formes d'ondes et la durée de conduction des diodes sont représentées à la figure 2.

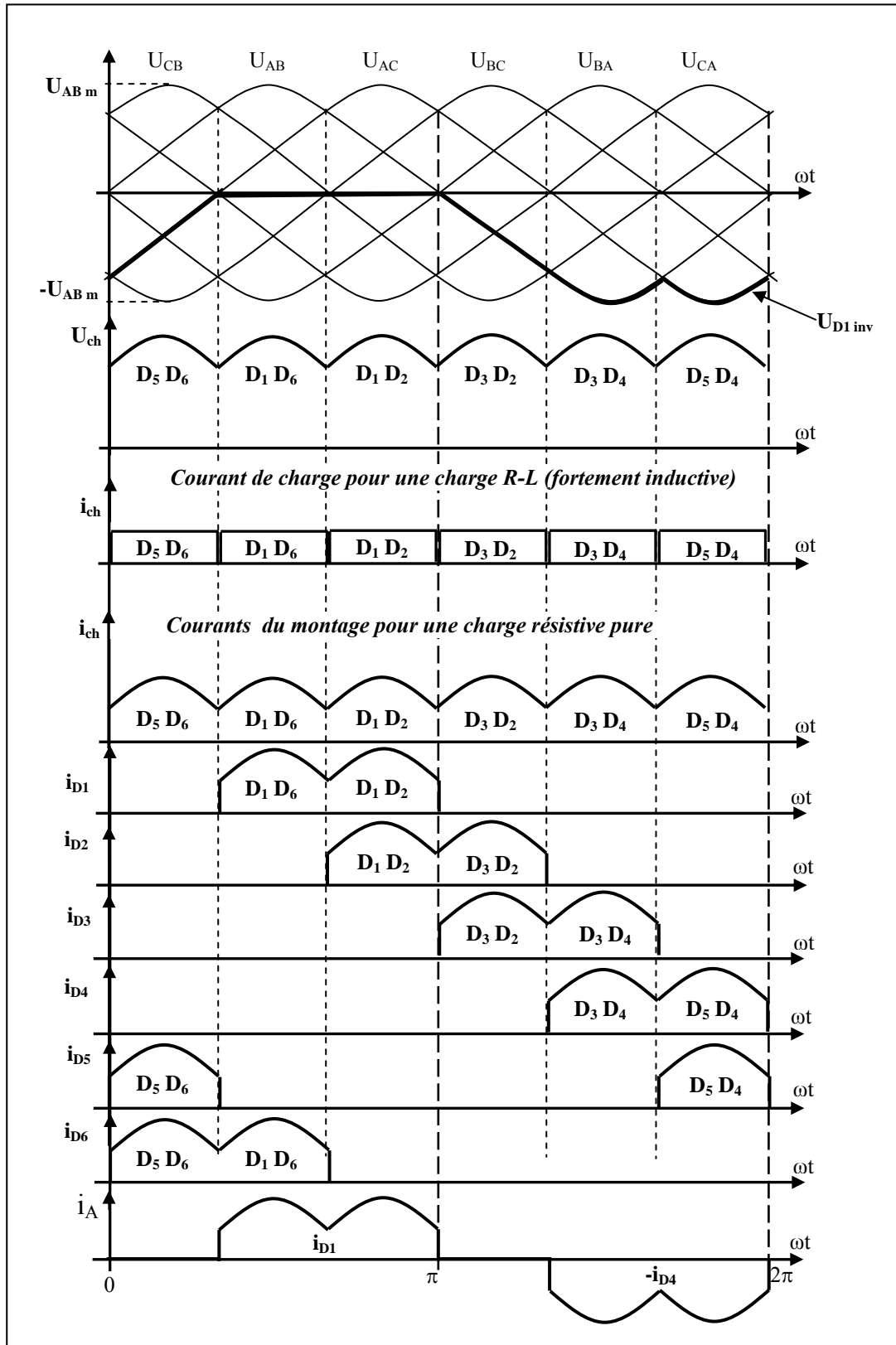


Fig.2 -Courbes tensions et courants du redresseur à six impulsions non commandé.



**-Diagramme vectoriel des tensions d'alimentation:**

Le système de tensions triphasées simples équilibrées est décrit par les équations suivantes:

$$U_{Am} = \sqrt{2} U_{A\text{eff}}$$

$$U_A = U_{Am} \sin(\omega t)$$

$$U_B = U_{Bm} \sin(\omega t - 2\pi/3)$$

$$U_C = U_{Cm} \sin(\omega t - 4\pi/3)$$

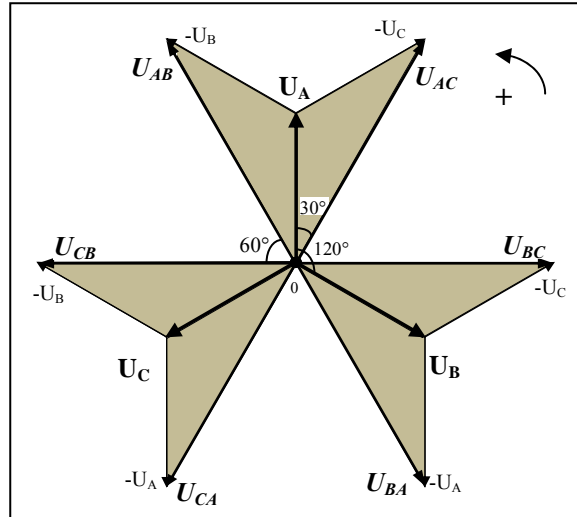


Fig.3. Construction graphique des tensions d'alimentation  
 du redresseur en pont de Graëtz triphasé

Traçons (fig.3) le diagramme vectoriel des tensions simples ; nous voyons que l'on peut aboutir à la construction graphique de l'étoile des tensions composées d'alimentation du redresseur en pont de Graëtz triphasé.

Notons, en outre, qu'après rotation de  $30^\circ$  (dans le sens contraire du sens trigonométrique positive) du diagramme vectoriel des tensions illustré ci-dessus on aboutit à la représentation graphique des tensions composées selon les équations du système de tensions composées équilibrées représentées ci-dessous.

$$U_{ABm} = \sqrt{3} U_{Am}$$

$$U_{AB} = U_{ABm} \sin(\omega t)$$

$$U_{BC} = U_{BCm} \sin(\omega t - 2\pi/3)$$

$$U_{CA} = U_{CAm} \sin(\omega t - 4\pi/3)$$

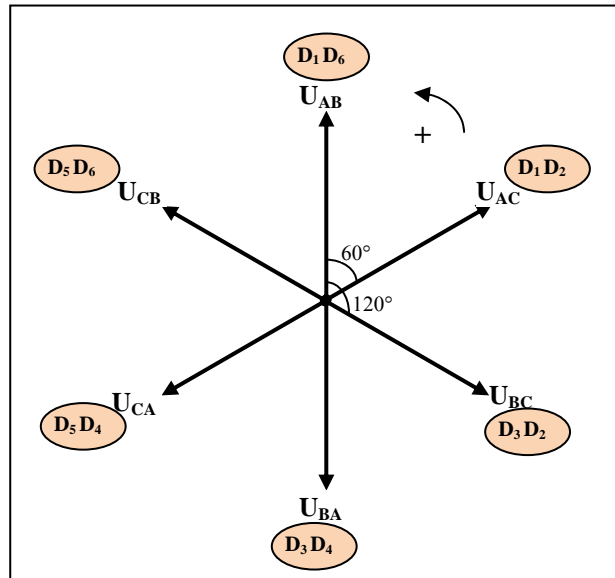


Fig.4. Diagramme vectoriel des tensions d'alimentation composées et séquences de fonctionnement

**La valeur moyenne de la tension de sortie est :**

$$U_{ch_{moy}} = \frac{6}{2\pi} \int_{\pi/3}^{2\pi/3} U_{ABm} \sin \theta d\theta = \frac{6U_{ABm}}{2\pi} [-\cos \theta]_{\pi/3}^{2\pi/3} ;$$

$$U_{ch_{moy}} = \frac{3U_{ABm}}{\pi} = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} U_{Am} = 1.654U_{Am} \quad (1)$$

**La valeur efficace de la tension de sortie est :**

$$U_{ch_{eff}} = \sqrt{\frac{6}{2\pi} \int_{\pi/3}^{2\pi/3} U_{ABm}^2 \sin^2 \theta d\theta} = U_{Am} \left[ \frac{3}{2\pi} + \frac{9\sqrt{3}}{4\pi} \right]^{1/2}$$

$$U_{ch_{eff}} = 1,6554U_{Am} \quad (2)$$

## VI. Etude pratique

Réaliser le circuit suivant le présent schéma de connexions (fig5) et connecter les appareils. Activer le transformateur séparateur. Pour le redresseur triphasé, sélectionner le mode 3PHASE CONTROL avec le sélecteur de modes de fonctionnement.

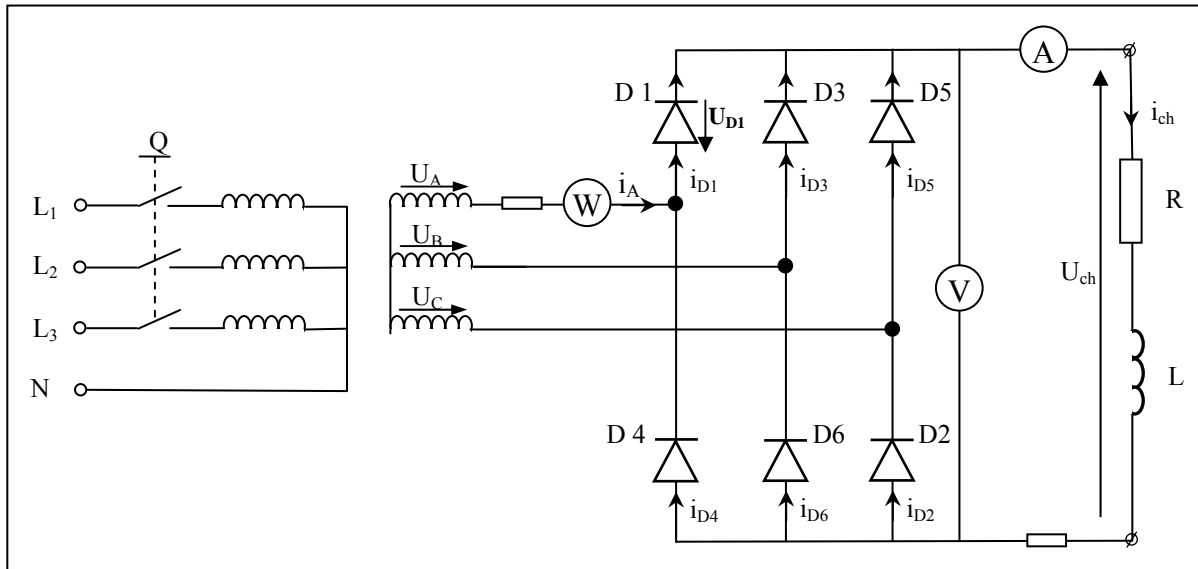


Fig.5. Redressement triphasé non commandé

### VI.1. Charge résistive

- 1- Représentation des courbes de tension alternative d'entrée ( $U_s$ ), de tension continue de sortie ( $U_{ch}$ ) et de courant à charge ohmique ( $i_{ch}$ ), pour une résistance de charge  $R=270\Omega$  et une tension de source  $U_s=94v$   $f= 50Hz$ .
- 2- Afficher les fonctions suivantes pendant une période  $T$ : tension d'entrée ( $U_s$ ), tension de sortie continue ( $U_{ch}$ ), courant d'entrée ( $i_s$ ) et courant de sortie ( $i_{ch}$ ).
- 3- Décrire le comportement des diodes ( $D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6$ ) dans ce circuit.
- 4- Déterminer la durée de conduction d'un semi-conducteur
- 5- Calcul de la valeur moyenne ( $U_{chmoy}$ ) et de la valeur efficace ( $U_{cheff}$ ) de la tension redressée continue et comparaison du résultat avec la mesure.
- 6- En déduire les valeurs des facteurs de forme et d'ondulation pour la tension.
- 7- Calcul de la puissance effective. Comparer le résultat avec la mesure.
- 8- Que peut-on dire de la puissance déwattée  $Q_{ch}$ .

## VI.2. Charge résistive inductive

- 1- Représentation des courbes de tension alternative d'entrée, de tension continue de sortie et de courant à charge ohmique-inductive, pour une tension de source  $U_s=94\text{v}$ , une résistance de charge  $R=270\ \Omega$  et une inductance  $L=0.3\text{mH}$  et  $L=1.2\text{mH}$
- 2- Afficher les fonctions suivantes pour ( $R=270\ \text{ohm}$ ,  $L=0.3\text{mH}$ ), ( $R=270\ \text{ohm}$ ,  $L=1,2\text{H}$ ) et une tension de source alternative  $U_s=94\text{v}$   $f= 50\text{Hz}$ , pendant une période  $T$ : tension d'entrée ( $U_s$ ), tension de sortie continue( $U_{\text{ch}}$ ), courant d'entrée ( $i_s$ ) et courant de sortie ( $i_{\text{ch}}$ ).
- 3- Comparer les résultats obtenus pour les deux valeurs de l'inductance à savoir:  $L=0.3\text{mH}$  et  $L=1.2\text{mH}$ .
- 4- Calcul de la valeur moyenne de tension continue et comparaison du résultat avec la mesure. Puis comparer le résultat avec les mesures du redresseur en pont monophasé non commandé.
- 5- Calcul de la puissance effective. Comparer le résultat avec la mesure. Quelles conséquences peut-on tirer de la position du courant d'entrée  $i_A$  par rapport à la tension d'entrée de phase  $U_A$ .
- 6- Expliquer l'effet de l'inductance sur le montage redresseur.
- 7- Comparer la durée de conduction du semi-conducteur à charge ohmique et charge ohmique inductive.
- 8- Que peut-on dire à propos de la puissance déwattée  $Q_{\text{ch}}$ .
- 9- **Conclure le TP.**

## TPN°6 : Redressement triphasé commandé

### I. Introduction

La construction du montage en pont triphasé commandé est la même que celui à diodes, en y échangeant les diodes par des thyristors. Afin de commander les thyristors on doit rajouter un circuit de commande, ainsi nous obtenons avec cela une tension de sortie réglable.

### II. Objectifs de l'essai

- Apprendre à connaître la commande de coupe de phase d'un redresseur à six pulsations entièrement commandé.
- Reconnaître que des surfaces tension-temps négatives apparaissent en cas de charge ohmique inductive
- Reconnaître que la capacité de commande du circuit dépend de la charge.
- Reconnaître qu'une puissance déwattée de commande apparaît.

### III. Explications théoriques

C'est un montage symétrique dans le quel deux thyristors seulement laissent passer le courant dans un seul sens, pendant chaque sixième de période. On doit obtenir l'amorçage simultané d'un thyristor de chaque demi-pont pour redresser les deux alternances. En réalité, chaque thyristor conduit pendant  $120^\circ$  en conduction continue. Le fonctionnement du schéma (fig.1) est illustré par des diagrammes de tension alternative d'entrée, de tension continue de sortie et de courant à charge ohmique, donnés sur la figure 2.

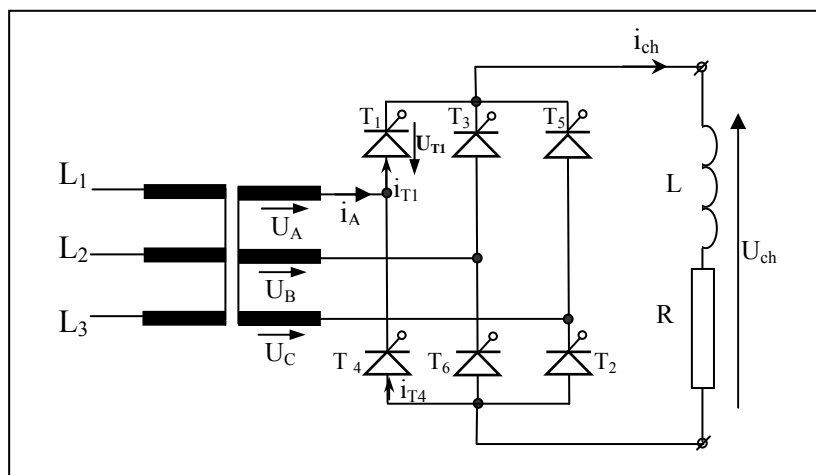


Fig.1. -Schéma de montage d'un redresseur à six impulsions commandé.

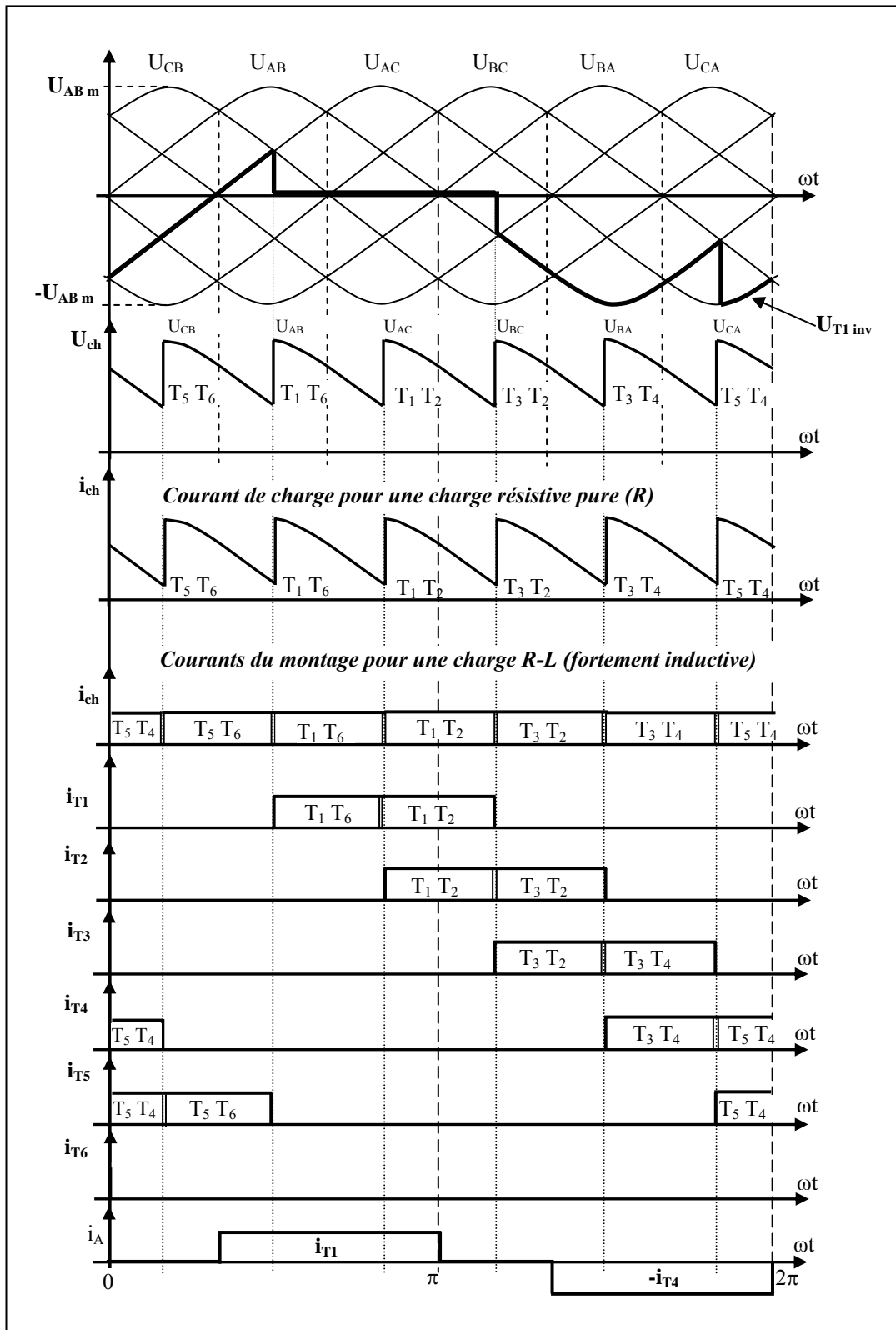


Fig.2.-Courbes tensions et courants du redresseur à six impulsions non commandé

**-Diagramme vectoriel des tensions d'alimentation composées :**

$$U_{ABm} = \sqrt{3} U_{Am}$$

$$U_{AB} = U_{ABm} \sin(\omega t)$$

$$U_{BC} = U_{BCm} \sin(\omega t - 2\pi/3)$$

$$U_{CA} = U_{CAm} \sin(\omega t - 4\pi/3)$$

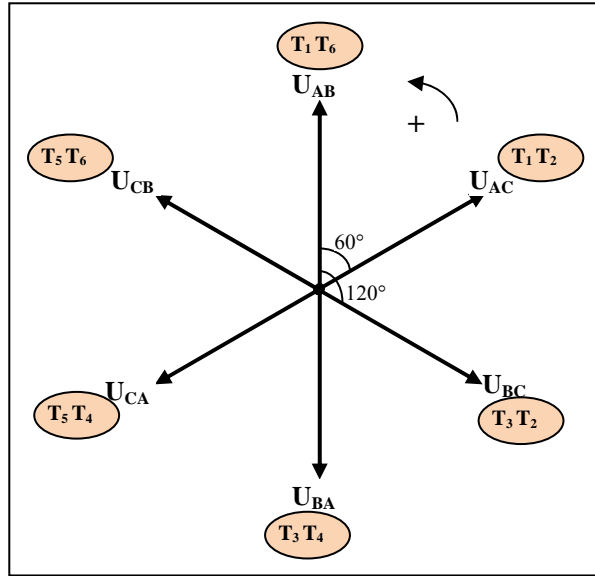


Fig.3. Diagramme vectoriel des tensions d'alimentation composées et séquences de fonctionnement

**-Pour un régime de fonctionnement continu avec charge R-L fortement inductive :**

**La valeur moyenne de la tension de sortie est :**

$$U_{ch_{moy}} = \frac{6}{2\pi} \int_{(\pi/3)+\alpha}^{(2\pi/3)+\alpha} U_{ABm} \sin \theta d\theta = \frac{6 U_{ABm}}{2\pi} [-\cos \theta]_{(\pi/3)+\alpha}^{(2\pi/3)+\alpha} ;$$

$$U_{ch_{moy}} = \frac{3 U_{ABm}}{\pi} \cos \alpha = \frac{3\sqrt{3} U_{Am}}{\pi} \cos \alpha \quad (1)$$

**La valeur efficace de la tension de sortie est :**

$$U_{ch_{eff}} = \sqrt{\frac{6}{2\pi} \int_{(\pi/3)+\alpha}^{(2\pi/3)+\alpha} U_{ABm}^2 \sin^2 \theta d\theta} = \sqrt{3} U_{Am} \left[ \frac{1}{2} + \frac{3\sqrt{3}}{4\pi} \cos 2\alpha \right]^{1/2}$$

**VI. Etude pratique**

Réaliser le circuit suivant le présent schéma de connexions (fig.4) et connecter les appareils. Activer le transformateur séparateur. Pour le redresseur triphasé en pont commandé, sélectionner le mode 3PHASE CONTROL avec le sélecteur de modes de fonctionnement.

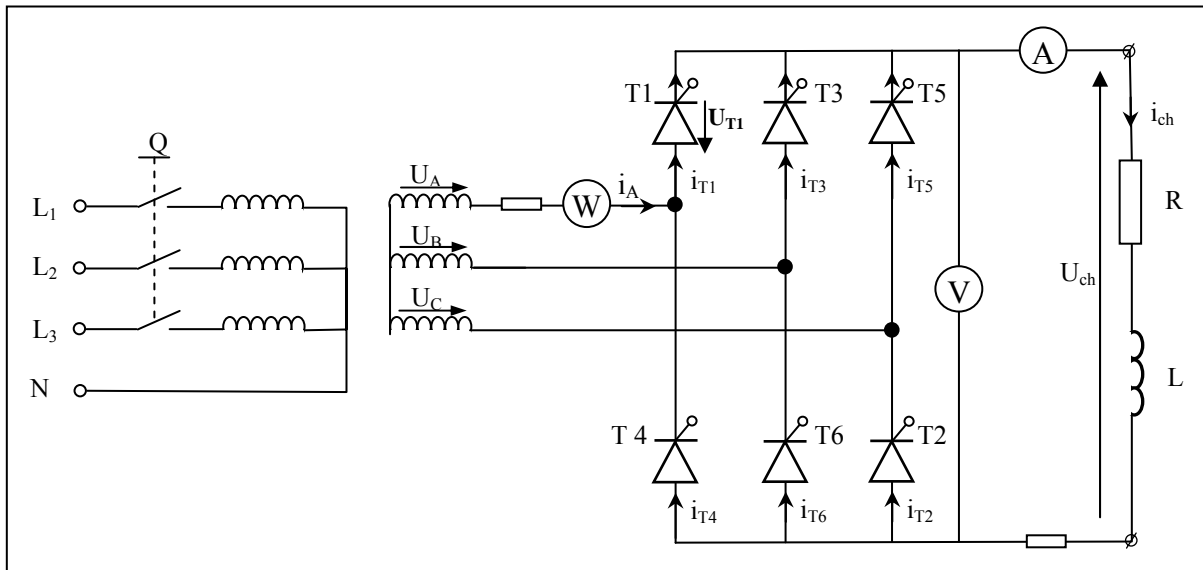


Fig.4. Redressement triphasé commandé

### VI.1. Charge résistive

- 1- Représentation des courbes de tension alternative d'entrée ( $U_s$ ), de tension continue de sortie ( $U_{ch}$ ) et de courant à charge ohmique ( $i_{ch}$ ), pour une résistance de charge  $R=270\Omega$  et une tension de source  $U_s=94v$   $f= 50Hz$ .
- 2- Afficher les fonctions suivantes selon l'angle de commande  $\alpha$  ( $\alpha=30^\circ$  et  $\alpha=60^\circ$ ), pendant une période  $T$ : tension d'entrée ( $U_s$ ), tension de sortie continue ( $U_{ch}$ ), courant d'entrée ( $i_s$ ) et courant de sortie ( $i_{ch}$ ).
- 3- Décrire le comportement des Thyristors ( $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6$ ) dans ce circuit.
- 4- Comparez les résultats au vu des interruptions de courant et de tension.
- 5- Comparez la position du courant d'entrée par rapport à la tension de phase d'entrée, quand les angles de commande sont différents.
- 6- Relever les variations de  $U_{chmoy}, U_{cheff}, I_{chmoy}, I_{cheff}, P_{ch}, Q_{ch}$  en fonction de  $\alpha$ .
- 7- Représentation de la courbe caractéristique de commande  $U_{chmoy}, U_{cheff}, I_{chmoy}, I_{cheff}, P_{ch}, Q_{ch}$  en fonction de  $\alpha$ .
- 8- Calcul de la valeur moyenne de tension continue  $U_{chmoy}$  pour un angle de commande et comparaison du résultat avec la mesure.
- 9- Calcul de la puissance effective pour un angle de commande. Comparer le résultat avec la mesure.



10- Que peut-on dire de la puissance déwattée  $Q_{ch}$  à charge ohmique.

### VI.2. Charge résistive inductive

- 1- Représentation des courbes de tension alternative d'entrée, de tension continue de sortie et de courant.
- 2- Afficher les fonctions suivantes selon l'angle de commande  $\alpha$  ( $\alpha=30^\circ$  et  $\alpha=60^\circ$ ), pour une période : tension d'entrée, tension de sortie continue, courant d'entrée et courant de sortie. Pour ( $R=270 \text{ ohm}$   $L=0.3\text{mH}$ ), ( $R=270 \text{ ohm}$ ,  $L=1,2\text{H}$ ).
- 3- Déterminer l'angle  $\theta$  limite de conduction en régime continu.
- 4- Relever les variations de  $U_{chmoy}$ ,  $U_{cheff}$ ,  $I_{chmoy}$ ,  $I_{cheff}$ ,  $P_{ch}$ ,  $Q_{ch}$  en fonction de  $\alpha$  ( $\alpha$ ).
- 5- Représentation de la courbe caractéristique de commande  $U_{chmoy}$ ,  $U_{cheff}$ ,  $I_{chmoy}$ ,  $I_{cheff}$ ,  $P_{ch}$ ,  $Q_{ch}$  en fonction de  $\alpha$  ( $\alpha$ ).
- 6- Comparer l'effet de redressement dans les deux cas de charge pour ce qui est de la durée de conduction et de la courbe de  $U_{ch}$ .
- 7- Comparez la position du courant d'entrée par rapport à la tension de phase d'entrée, quand les charges sont différentes et les angles de commande identiques
- 8- Expliquer pourquoi une puissance de commande déwattée apparaît en cas de charge ohmique et charge ohmique inductive.
- 9- Expliquer l'effet de la bobine sur le régime de fonctionnement du montage.
- 10- **Conclure le TP.**

#### Tableau de mesures

$\alpha$ (degrés)	$0^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$120^\circ$	$150^\circ$	$180^\circ$
$U_{chmoy}$ (V)							
$U_{cheff}$ (V)							
$I_{chmoy}$ (A)							
$I_{cheff}$ (A)							
$P_{ch}$ (W)							
$Q_{ch}$ (Var)							

## Annexe

### Matériels techniques utilisés dans les manipulations

N° ord	Désignation	Référence
1	Phase isolating transformer	SO3636-2G
2	Convertisseur de courant (8Thyristor, 6 Diodes, 1Triac(EP10))	SO3636-1F
3	Charge RLC avec ligne thermique et 3 lampes de contrôle	SO3636-2A
4	Unité de contrôle universel numérique	SO3636-1A
5	Bloc d'alimentation CC15V/12A	SO3538-8D
6	KeyPad, unité de contrôle multifonctionnel avec LCD-écran	LM8920
7	Amplificateur différentiel	SO3636-2V
8	Appareil/ mesureur de valeur efficace (RMS-METER)	SO5127-1L
9	Wattmètre électronique	LM1010
10	Phasemètre/ mesureur du facteur de puissance	LM1020
11	Oscilloscope Goldstar 20MHz	26367/93

## Bibliographie

**C. W. Lander.** Power Electronics. *McGraw-Hill, 1981.*

**F. F. Mazda.** Power Electronics Handbook, components, circuits and application. *3<sup>rd</sup> Edition, Newnes, 1997.*

**H.Ney.** Equipements de Puissance. *Editions Fernand Nathan, 1988.*

**L-Nülle.** Convertisseurs de courant commutés par réseau SO5164-8D. *Lucas-Nülle GmbH,1997.*

**L. Pastouriaux.** Mesures et Essais Electriques. *Librairie Delagrave, Paris 1974.*

**M. Mounic.** Electronique, Redressement première partie. *Les Editions Foucher, Paris 1969.*

**M. Mounic.** Electronique, Redressement deuxième partie. *Les Editions Foucher, Paris 1969.*

**N. Mohan.** Power Electronics: Converters, applications and design. *John Wiley and Sons, New York, 2003.*