



République **A**lgérienne **D**émocratique et **P**opulaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abderrahmane MIRA- BEJAIA

Faculté De Technologie

Département de Génie Electrique

Filière : Electrotechnique

En vue de l'obtention de diplôme master en électrotechnique

Option : Commande des Systèmes Electriques

Thème

Commande d'un Hacheur Boost a deux entrees

Réalisé par:

M^r. BENDIAB Saddek

M^r. ATMAOUI Nassim

Encadré par:

M^r T.Rekioua (promoteur)

M^r N .Mebarki (co-promoteur)

Devant le jury :

M^r H. BEKKA

M^r L. MADI

Promotion 2017/2018

Remerciement

REMERCIEMENT

Nous tenons tous d'abord à remercier dieu le tout puissant pour nous avoir donné la patience et la force et guides pour mener à terme ce travail.

On tient à remercier vivement notre promoteur, Professeur T.REKIOUA pour avoir accepté de nous encadre, notre profonde reconnaissance pour l'aide et les conseils qu'il nous a prodigué.

Nos chaleureux remerciements vont également à *M^r* MEBARKI NASRO doctorant à l'université de Bejaïa, d'avoir co-dirigé notre modeste travail, nous tenons à le remercier sincèrement pour sa gentillesse, sa disponibilité et ces idée qui nous a pousser de donner le fond de nos savoir.

Nous voudrions aussi remercier Mme D. REKIOUA, pour sa gentillesse, sa disponibilité ces idées précieuses et pour ces conseils.

REMERCIEMENT

Nous remercions également les enseignants qui ont assuré notre formation et aussi toute l'équipe du laboratoire de recherche LTII, Université A/Mira de Bejaïa.

Décédasse

Je dédie ce modeste travail :

A mes parents ;

A mes frères et sœur ;

A tous mes amis.

Nassim

Je dédie ce modeste travail :

A mes parents ;

A mes frères et sœur ;

A tous mes amis.

SADDEK

Sommaire

Sommaire

Sommaire

Chapitre I : *L'état de l'art sur les convertisseurs statiques*

I. Introduction.....	3
II. généralités sur les convertisseurs.....	4
II.1. définition des convertisseurs statiques.....	4
II.2. type du convertisseur statique.....	4
II.2.1. Convertisseur (AC-DC) ou (le Redresseur).....	5
A. Redresseur commandé.....	5
B. Redresseur non commandé.....	6
C. Domaine d'utilisation et d'application.....	Erreur ! Signet non défini.
II.2.2. Convertisseur Alternatif/Alternatif (le gradateur).....	6
A. Gradateur à angle de phase	8
A.1. Domaine d'utilisation.....	9
B. Gradateur a train d'onde.....	10
B.1. Domaine d'utilisation.....	11
II.2.3. Convertisseur Continu/Alternatif (onduleur).....	11
A. les onduleurs autonome (ou bien oscillateurs).....	12
B. les onduleurs non autonomes.....	13
C. Domaine d'utilisation et d'application.....	13
II.2.4. Convertisseur Continu/ Continu (hacheur).....	14
A. Convertisseur Buck.....	14
B. Convertisseur survolteur (Boost).....	15
C. Convertisseur Buck-Boost.....	16
Synthèse générale.....	17
III-conclusion.....	18

Sommaire

Chapitre II : Modélisation et simulation de l'hacheur à deux entrées

I. Introduction.....	19
II. Modélisation du convertisseur élévateur à double entrées DC/DC (hacheur Boost double entrées).....	19
II.1. Principe de fonctionnement.....	20
II.1.1. Mode 1.....	21
II.1.2. Mode 2.....	22
II.1.3. Mode 3.....	24
II.1.4. Mode4.....	25
III. Dimensionnement des composants.....	26
III.1. Choix de condensateur de sortie C.....	26
III.2. Choix de l'inductance Lm.....	27
III.2.1. Calcul de l'inductance.....	27
III.2.2. Calcul du nombre de spire.....	27
III.2.3. Relation entre intensité et tension.....	28
IV. Intérêt de ce montage.....	29
V. Présentation du logiciel de simulation PSIM.....	29
VI. Résultats de simulation sous le logiciel PSIM.....	29
A. premier cas.....	29
B. deuxième cas.....	31
C. Le troisième cas.....	33
Essai N°1.....	33
Essai N°2.....	35
Essai N° 3.....	36
Remarque.....	37
VII. Conclusion.....	37

Sommaire

Chapitre III : étude et conception de l'hacheur à deux entrées

I. Introduction :	38
II. Réalisation du hacheur Boost a deux entrées.	38
II.1. Partie puissance.	38
II.1.1. L'inductance L_m .	39
II.1.2. Condensateurs.	39
II.1.3. Choix des semi-conducteurs.	39
La diode	39
Le transistor MOS.	40
II.2. Partie commande	42
II.2.1. Circuit d'alimentation.	42
1. Transformateur	42
2. Pont de diode.	42
3. Condensateurs.	43
3.1. Le condensateur polarisé.	43
3.2. Le condensateur céramique non polarisé.	43
4. Régulateur de tension.	43
II.2.2. Circuit de commande.	43
II.2.2.1. Optocoupleur (circuit d'isolation).	43
L'isolation galvanique.	44
L'adaptation de tensions.	44
II.2.2.2. Driver IR2112 (circuit d'attaque).	45
II.2.2.3 Forme générale du circuit de commande du hacheur.	45
III. Présentation de la DS PACE 1104.	46
Composition de la carte DS 1104	48
Domaine d'application de la carte DS1104.	49

Sommaire

IV. Conclusion.....	49
---------------------	----

Chapitre IV : Résultats expérimentaux et discussion

I. Introduction	50
II. Description du banc d'essais.....	50
III. Résultats des différent tests pratiques.....	51
Le test 1.....	51
Deuxième teste.....	52
Le troisième teste:.....	54
IV. Discussion des résultats	58
V. Comparaison des résultats pratique avec la simulation	59
VI. Conclusion	59

Liste des figures

CHAPITRE I

Figure I.1 : les sources et les récepteurs alimentés par les différents convertisseurs statiques	04
Figure I.2 : schéma et Principe de base du redresseur	05
Figure I.3 : redresseur commandé triphasé	05
Figure I.4 : redresseur non commandé monophasé	06
Figure I.5 : Principe de base du gradateur.	07
Figure I.6 : schéma d'un triac.....	07
Figure I.7: schéma d'un gradateur simple.....	08
Figure I.8: gradateur a angle de phase.....	08
Figure I.9 : la tension au borne de la charge du gradateur à angle de phase.....	09
Figure I.10 : Gradateur a train d'onde.....	10
Figure I.11 : la tension à la borne de la charge du gradateur a train d'onde.....	10
Figure I.12:Principe de base de l'onduleur.....	11
Figure I-13: onduleur autonome.....	12
Figure I.14: onduleur à commutation naturelle.....	13
Figure I.15: Principe de base d'un hacheur.....	14
Figure I.16: Schéma d'un hacheur BUCK	15
Figure I.17: Schéma principe d'un convertisseur survolteur.....	16
Figure I.18: Schéma principe d'un hacheur Buck-Boost.....	17

CHAPITRE II

Figure II.1 : Schéma synoptique d'un système photovoltaïque avec un hacheur.....	19
Figure II.2 : schéma d'un hacheur Boost a deux entrées	20
Figure II-3 : schéma des différentes zones de conduction des deux MOSFET	20
Figure II-4 : Circuit équivalent du hacheur, le mode 1	21
FigureII-5 : Circuit équivalent du hacheur, le mode 2.	23
Figure II-6 : Circuit équivalent du hacheur, le mode 3... ..	24
Figure II-7 : Circuit équivalent du hacheur, le mode 4.	25
Figure II-8 : le schéma globale de circuit de puissance de l'hacheur sous PSIM	29
Figure II-9 : L'allure de courant de charge pour $\alpha_1=0,5$	30
Figure II-10 : l'allure de tension de charge pour $\alpha_1=0,5$	31
Figure II-11 : l'allure du courant a la charge pour $\alpha_2=0.3$	31
Figure II-12 : l'allure de tension de sortie pour $\alpha_2=0.3$	32
Figure II-13 : l'allure courant de sortie pour que α_1 et α_2 sont complémentaires	33
Figure II-14 : l'allure de tension de sortie pour que α_1 et α_2 sont complémentaires	33
Figure II-15 : l'allure de tension de sortie pour α_1 et α_2 fonctionne au même temps	34

Figure II-16 : l'allure du courant de sortie pour α_1 et α_2 fonctionne au même temps	34
---	----

Figure II-17 : l'allure de tension de sortie pour $\alpha_1=0,3$ et $\alpha_2=0,4$	35
--	----

Figure II-18 : l'allure du courant de sortie pour $\alpha_1=0,3$ et $\alpha_2=0,4$	35
--	----

CHAPITRE III

Figure III.1 : Partie puissance du hacheur survolteur réalisé	43
---	----

Figure III.2: La diode BYT 30PI-1000.....	44
---	----

Tableau III. 3 : Caractéristiques des diodes rapides BYT 30PI-1000.....	45
---	----

Figure III.4 : Le semi-conducteur IRFP460.. ..	46
--	----

Tableau III.5: Caractéristiques des intercepteurs des commandes, les MOS	46
--	----

Figure III.6: Circuit électrique d'une alimentation 15Vdc	47
---	----

Figure III.7: Circuit de commande sous le logiciel proteus	48
--	----

Figure III.8:Schéma interne de l'optocoupleur HCPL-3120.....	49
--	----

Figure III.9:Schéma circuit interne du driver IR2112	50
--	----

Figure II.10: Circuit de commande du hacheur	50
--	----

Figure II .11: Carte d'acquisition de la carte dSPACE 1104	51
--	----

Figure II.12: Panneau de connexion de la dSPACE 1104	52
--	----

Figure II.13: Les différentes entrées/sorties de la dSPACE 1104	53
--	----

CHAPITRE IV

Figure IV-1 : Banc d'essais expérimentaux (circuits de commande et de puissance).	47
Figure IV-2 : le signal d'attaque pour MOSFET 1 et le courant d'entrée pour $\alpha_1=0.5$	48
Figure IV-3 : L'allure de la tension et le courant à la sortie du hacheur pour $\alpha_1=0.5$	49
Figure IV-4: le signal d'attaque pour le MOSFET 2 et le courant d'entrée pour $\alpha_2=0.3$	49
Figure IV-5: Les allures de la tension et le courant de la charge pour $\alpha_2=0.3$	50
Figure IV-6: le signal d'attaque pour le deuxième MOSFET et le courant d'entrée pour $\alpha_2=0.5$	50
Figure IV-7: Les allures de la tension et courant à la sortie de la charge pour $\alpha=0.5$	51
Figure IV-8: le signal d'attaque pour MOSFET 1 et 2 et les courants d'entrées pour $\alpha_1=\alpha_2=0.5$	51
Figure IV-9: L'allure de la tension et du courant à la sortie (la charge) pour $\alpha_1=\alpha_2=0.5$..	52
Figure IV-10: le signal d'attaque des MOSFET 1 et 2 et les courants d'entres pour $\alpha_1=0.75$ et $\alpha_2=0.25$	52
Figure IV-11: Les allures de tension et courant de charge pour $\alpha_1=0.75$ et $\alpha_2=0.25$	53
Figure IV-12: le signal d'attaque pour MOSFET 1 et 2 et les courants d'entrée avec $\alpha_1=$ $\alpha_2=0.5$	53

Figure IV-13: L'allure de la tension et courant de charge avec $\alpha_1 = \alpha_2 = 0.5$ 54

Figure IV-14: le signal d'attaque pour MOSFET 1 et 2 et les courants d'entrés pour $\alpha_1 = 0.4$ et $\alpha_2 = 0.3$54

Figure IV-15: L'allure de la tension et courant de charge pour $\alpha_1 = 0.4$ et $\alpha_2 = 0.3$ 55

Nomenclature

Nomenclature

AC : Alternating Current.

DC : Direct Current.

V_e : Tension d'entrée alternative (V).

V_s : Tension continue redressée de valeur moyenne réglable (V).

$V_{(1,2,3)}$: Tension simple de redresseur commandé (V).

V_a : Tension alternative de valeur efficace réglable à la sortie de gradateur (V).

TOR : Tout ou rien.

Th : Thyristor.

T : Une période de la tension source.

T_{on} : Durée du train d'onde.

T_c : Période de modulation.

V_c : Tension continue fixe (V).

V_s' : Tension alternative de fréquence réglable (V).

E : Tension continue (V).

L : Inductance de lissage (H).

C : Condensateur de commutation (F).

R : Charge résistive (Ω).

$G_{1,2}$: Gâchettes.

$T_{1,2}$: Primaire du transformateur.

T_3 : Secondaire du transformateur.

P : Puissance active (W).

Q : Puissance réactive (Var).

D : Diode.

K : interrupteur.

$S_{1,2}$: Deux sources d'entrée continue.

MOS(1,2) : MOSFET.

U_c : Tension aux bornes du condensateur (V).

I_l : Courant traversant l'inductance (A).

L_m : Inductance

α : Rapport cyclique

q : La charge du condensateur exprimée (C).

W : Energie stockée (joules).

N : nombre de tours.

AL : inductance du tore par tours carrés (nH/tr).

V_{DS} : Tension de sortie

V_{DG} :Tension de gâchette

I_D : Courant d'entrée

V_{CC} : Tension d'alimentation

V_0 : Tension de sortie

V_{EE} : La masse

RTI : Real-Time Interface.

E/S : Entrée/Sortie.

PC : Power computer.

MOSFET: Metal-Oxide-Semiconductor Filed-Effect-Transistor.

MLI : Modulation de la Largeur d'Impulsion.

RS (232, 422,485) : Porte séries.

MPC8240 : Un processeur maitre Motorola.

SDRAM : Une mémoire.

RAM : un port-dual.

ADC: Analog to Digital Converter.

DAC: Digital to Analog Converter.

Introduction générale

Le développement des semi-conducteurs ces dernières années issu des progrès de la physique a permis l'avènement d'une nouvelle discipline de l'Électrotechnique. Sous le nom d'Électronique de Puissance. L'électronique de puissance est une partie de génie électrique qui traite la conversion statique de l'énergie électrique d'une forme en une autre, adaptée au besoin de l'utilisateur. Les systèmes chargés de manipuler l'énergie électrique sont les convertisseurs statiques qui permettent d'adapter la source d'énergie électrique à un récepteur donné en la convertissant entre le réseau et la charge. Ces transformations apparaissent sous quatre formes pour lesquelles sont associés quatre types de convertisseurs : redresseur, onduleur, gradateur, hacheur.[1]

Un convertisseur de puissance peut être caractérisé comme un système périodique, non-linéaire et variant au cours du temps en raison du changement de la topologie de leur circuit selon les états passants et bloqués des interrupteurs et diodes.

Les convertisseurs continu-continu (dc/dc) occupent de plus en plus une place très importante dans le domaine du génie électrique leur présence est indispensable grâce à leurs rendements, leurs faibles encombrements ainsi que leurs poids et coûts réduits, ils ont occupé une place importante dans les sources d'alimentation des ordinateurs portables, les téléphones mobiles, les appareils électroménagers etc..., même pour de faibles niveaux de puissance.[2]

Les convertisseurs continu-continu (dc/dc) les plus répandus sont de plusieurs types, parmi lesquels Buck-boost, Buck, et le Boost.

L'objectif principal de notre mémoire se base sur l'étude et la réalisation d'un convertisseur statique continu-continu (dc/dc) hacheur Boost ou élévateur de tension à deux entrées.

La commande de convertisseur continue-continue (hacheur Boost à deux entrées) est assurée par la carte dSPACE 1104, pour utiliser les entrées sorties analogiques numériques de cette dernière.

Dans le premier chapitre nous présentons les généralités sur les convertisseurs statiques. En commençant par l'identification des différents types (redresseur, gradateur, onduleur et hacheur), Dans le deuxième temps nous avons donné le principe de fonctionnement et domaines d'applications et l'utilisation de chaque type. Après on fait une Synthèse générale sur ces types.

Nous allons présenter, au deuxième chapitre, la modélisation du hacheur boost à deux entrées. Pour se faire, il faut d'abord étudier le principe de fonctionnement qui a divisé sur quatre modes de fonctionnement, et nous allons extraire les équations d'états pour chaque mode. Ensuite, nous présentons les modèles en espace d'état moyennes de convertisseur boost. Et on présentera aussi les différents schémas de simulations sous le logiciel PSIM.

Le troisième chapitre est consacré à l'étude, la conception et la réalisation d'hacheur Boost à deux entrées, et on parlera sur les différents composants qu'on a utilisé et leur utilités.

Le chapitre IV est pour but de présenter les résultats de la partie pratique pour les différents rapport cyclique de hacheur Boost, et les comparés avec les résultats de simulation (sous le logiciel PSIM).

Chapitre I :
Généralité sur les
convertisseurs

I-introduction

L'énergie électrique est fournie soit sous la forme d'une alternative (changement de signe de la grandeur) à travers un réseau de distribution industriel ou un générateur, ou sous une forme continue (grandeur unidirectionnelle) grâce aux batteries d'accumulateurs ou des génératrices à courant continu. Lors de la charge, selon leur nature, elle nécessite une énergie sous forme alternative ou continue.

Et pour ce la on distingue plusieurs familles de convertisseurs transformant directement l'énergie électrique:

Continu -----> Continu (Hacheur)

Continu -----> Alternatif (Onduleur)

Alternatif -----> Alternatif (Gradateur)

Alternatif -----> Continu (Redresseur)

Ce sont les « fonctions de base » des convertisseurs statiques. Le plus souvent ces fonctions sont remplies par des convertisseurs dont la structure est simple, ce sont des convertisseurs mono-étages. [3]

Ces convertisseurs statiques peuvent se trouver aussi bien devant une charge consommant quelques watts, que quelques centaines de mégawatts. Cette technologie est appelée Électronique de Puissance. Elle permet :

- ✓ système moins lourd et moins encombrant;
- ✓ excellent rendement;
- ✓ facilité de mise œuvre grâce à l'automatisation;
- ✓ protections de plus en plus efficaces;
- ✓ coût relatif en baisse, grâce aux progrès dans la fabrication et le montage des composants. [4]

Un convertisseur statique est un dispositif, à base de semi-conducteurs, qui transforme de l'énergie électrique disponible, en une forme appropriée pour alimenter une charge.

Dans ce chapitre, nous allons donner des généralités et le domaine d'application des différents types de convertisseurs de puissance (Gradateur, redresseur, onduleur et hacheur).

II- généralités sur les convertisseurs

II-1-définition des convertisseurs statiques [5]

Un convertisseur statique est un système permettant d'adapter la source d'énergie électrique à un récepteur donné en la convertissant.

Les premiers convertisseurs de puissance électrique ont été réalisés avec des machines électriques couplées mécaniquement. Avec l'apparition des semi-conducteurs et de l'électronique de puissance, avec les diodes, les transistors, thyristors etc.

Les systèmes de conversion deviennent de plus en plus élaborés et ne nécessitent plus de machines tournantes. C'est l'ère des convertisseurs statiques.

II-2-type du convertisseur statique : [6]

Les différents réseaux électriques industriels alimentent de nombreux actionneurs. Cette énergie apparaît sous deux formes : alternative (tensions ou courants sinusoïdaux à valeur moyenne nulle) ou continue.

Suivant le type d'actionneur, il est nécessaire d'adapter la forme de l'énergie fournie par le réseau. Les différentes possibilités apparaissent à la Figure I. 1.

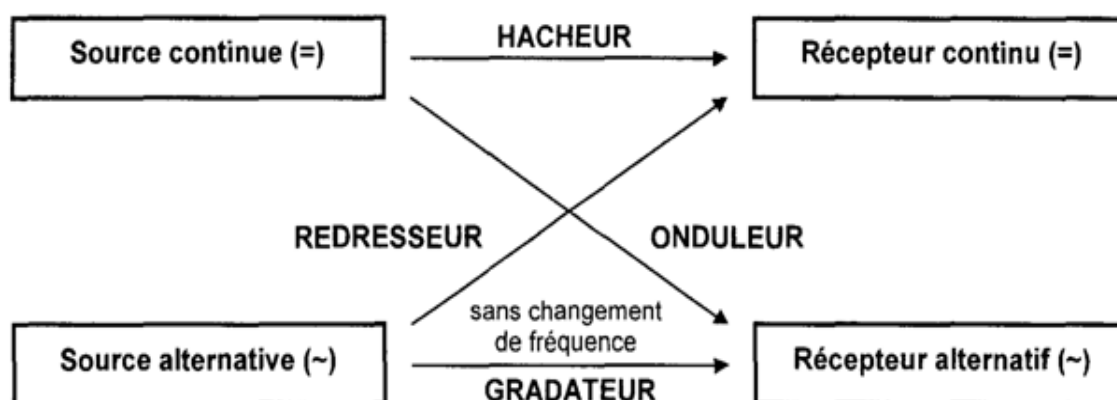


Fig. I.1 : les sources et les récepteurs alimentés par les différents convertisseurs statiques.

II-2-1. Convertisseur (AC-DC) ou (le Redresseur) : [7]

Un redresseur, également appelé convertisseur alternatif/continu, La fonction « redresseur » consiste à transformer une tension ou un courant alternatif en son équivalent continu. Elle est essentiellement utilisée sur le réseau de distribution à 50 Hz pour réaliser des sources continues variables ou non (à un ou deux quadrants). L'alimentation est, la plupart du temps, un générateur de tension.

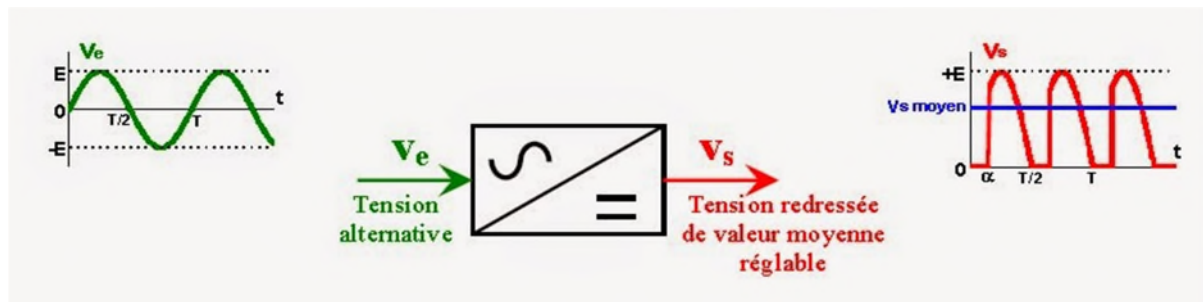


Fig. I.2 : schéma et Principe de base du redresseur.

Dans ce modèle de convertisseur, on peut les classer en deux classes : les redresseurs non contrôlé et le redresseur contrôlé. Nous allons présenter les redresseurs monophasé et triphasé commandés et non commandés.

A. Redresseur commandé :

Le redresseur commandé est composé de thyristors montés en pont (monophasé ou triphasé).

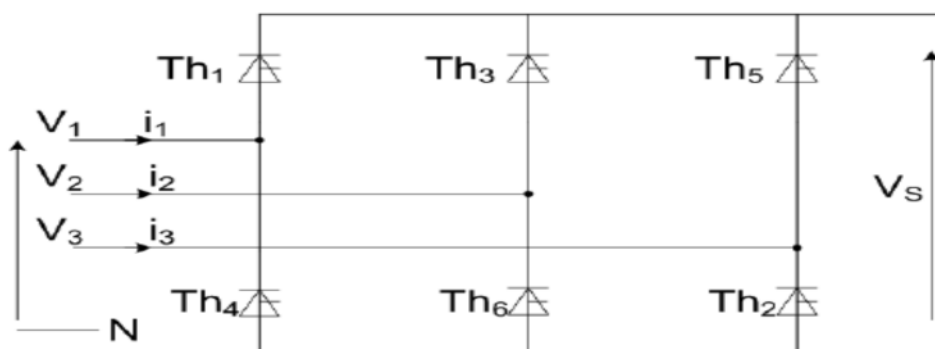


Fig. I.3 : redresseur commandé triphasé

B. Redresseur non commandé :

Le redresseur non commandé est composé de diodes montées en pont. Ici en pont monophasé (appelé pont de GRAETZ).

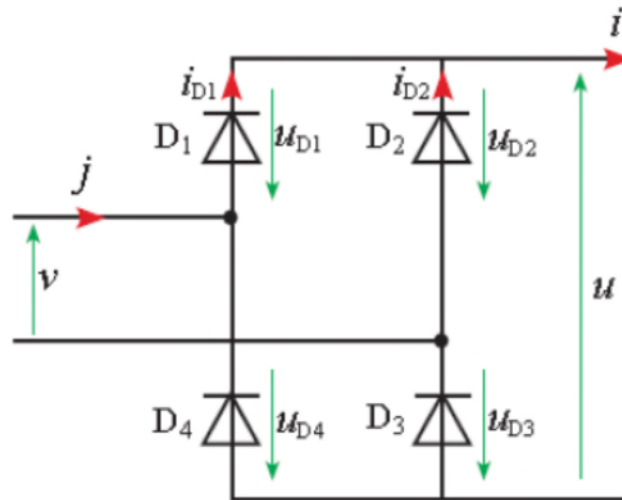


Fig. I.4 : redresseur non commandé monophasé

C. Domaine d'utilisation et d'application [7]

- Un redresseur-chargeur, alimenté par le réseau, constitué soit d'un pont à diodes suivi d'un hacheur, soit d'un pont commandé.
- Les chargeurs de batterie qui varient de 1 jusqu'à 24V. (téléphone portable, batterie de véhicule,.....etc.).
- Pour alimentation des systèmes de commande des différents convertisseurs ou de machines tournantes
- Les redresseurs sont utilisés comme étage intermédiaire dans les cartes électroniques, les fours, les éoliennes, le transport à courant continu.

II.2.2. Convertisseur Alternatif/Alternatif (le gradateur) :

Un gradateur, également appelé convertisseur alternatif/alternatif, est un appareil qui permet de convertir une tension alternative sinusoïdale à fréquence fixe et de valeur efficace constante en une tension alternative de valeur efficace réglable.

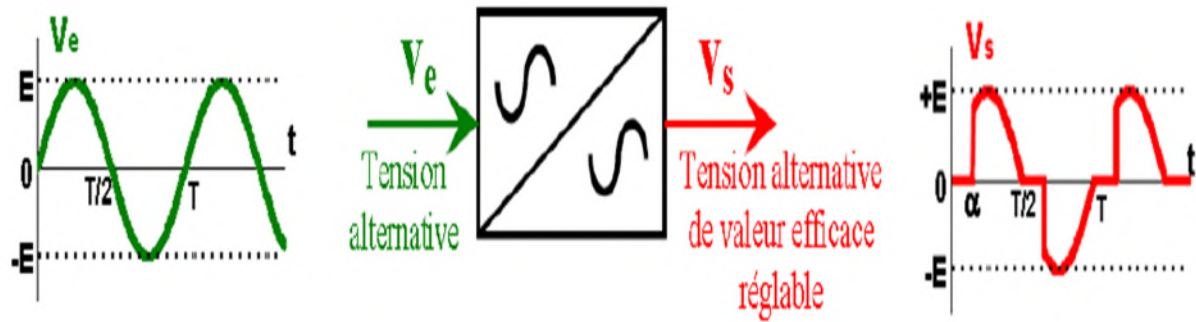


Fig. I.5 : Principe de base du gradateur.

La structure fondamentale repose sur un interrupteur électronique capable de conduire dans les deux sens à l'état passant et de supporter une tension également dans les deux sens à l'état bloqué. [8]

Cet interrupteur peut être alors réalisé :

- ✓ Soit en assemblant deux thyristors tête-bêche
- ✓ Soit avec un seul composant : le triac

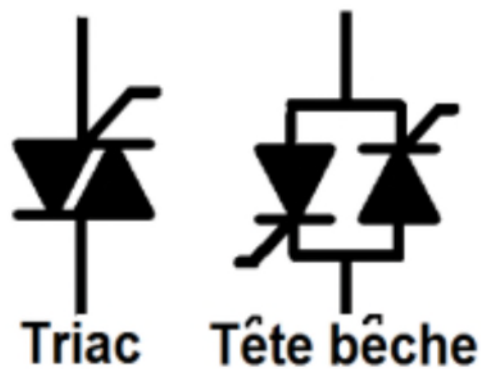


Fig. I.6 : schéma d'un triac.

Pour constituer un gradateur triphasé. En groupant trois montages élémentaires monophasés,

La tension aux bornes de la charge évolue suivant la séquence de commande, dans ce type de convertisseur on distingue deux types de commande :

- ✓ Gradateur à angle de phase.
- ✓ Gradateur à train d'onde.

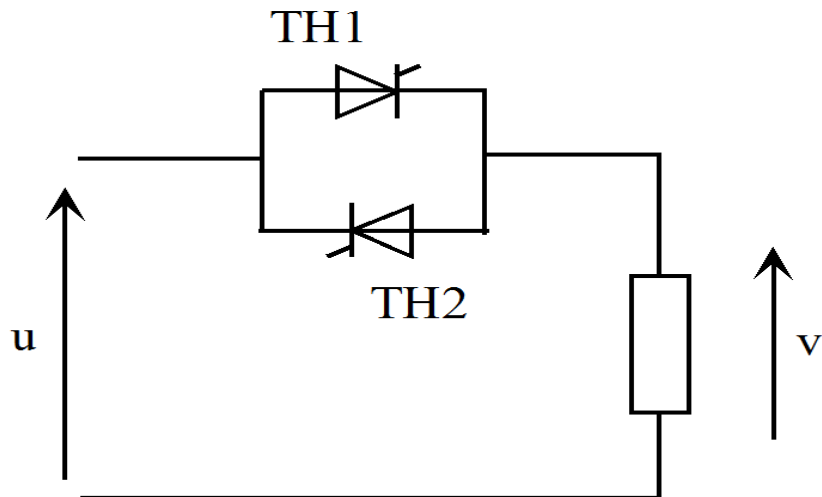


Fig. I.7 : schéma d'un gradateur simple

A. Gradateur à angle de phase :

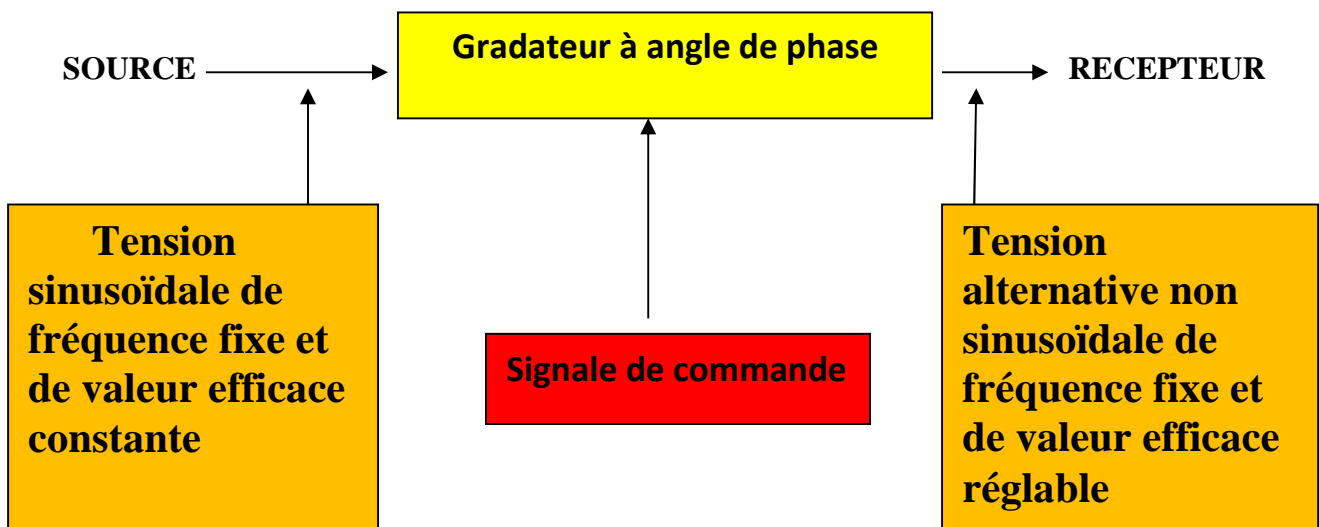


Fig. I.8 : gradateur a angle de phase.

Dans ce modèle de gradateur, le signal envoyé sur l'entrée de commande du gradateur est analogique.

Le thyristor Th1 est amorcé durant l'alternance positive avec un angle de retard α par rapport au passage par zéro de la tension secteur. Le thyristor Th2 est amorcé durant l'alternance négative avec le même angle de retard. [8]

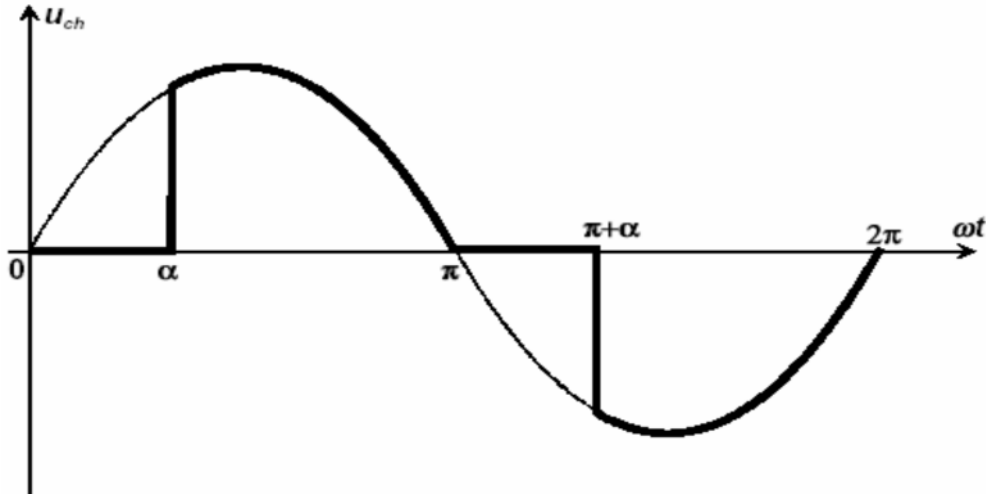


Fig. I.9 : la tension au borne de la charge du gradateur à angle de phase.

Domaine d'utilisation :

- ✓ En règle générale, ils sont utilisés sur des systèmes ne présentant pas ou peu d'inertie thermique ou mécanique
- ✓ éclairage
- ✓ Chauffage
- ✓ variation de vitesse des moteurs alternatifs de faible puissance (perceuse, aspirateurs de quelques centaines de W et les démarrages progressifs)

B. Gradateur a train d'onde :

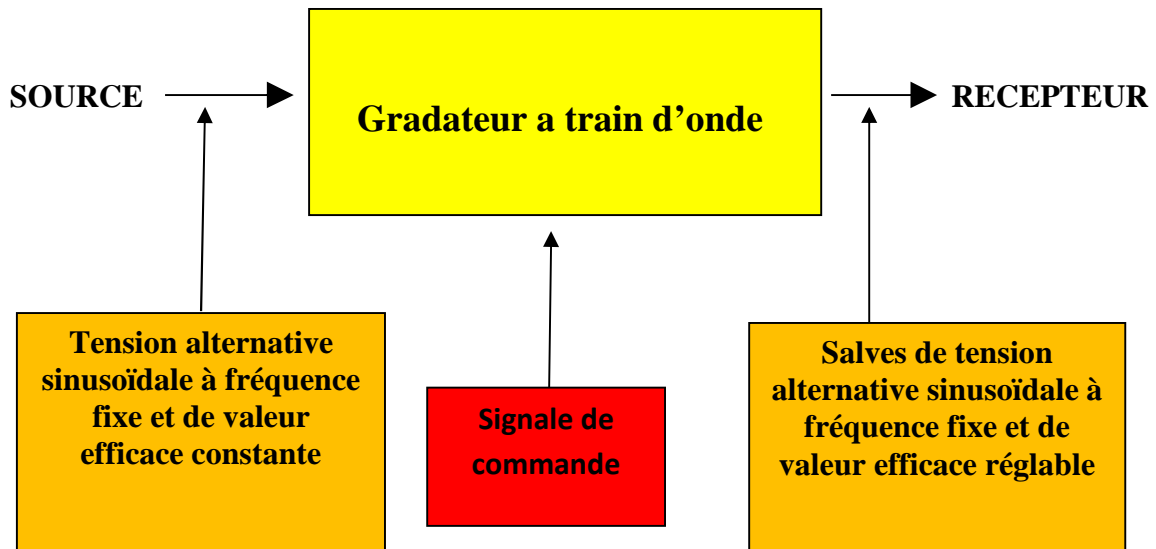


Fig. I.10 : Gradateur a train d'onde.

Dans ce type de gradateur, le signal envoyé sur l'entrée de commande du gradateur est de type TOR (tout ou rien).

Le thyristor Th1 et le thyristor Th2 sont amorcés de manière continue pendant le temps T_{ON} (période de conduction) et ils sont ensuite bloqués jusqu'à la fin de la période de modulation. [8]

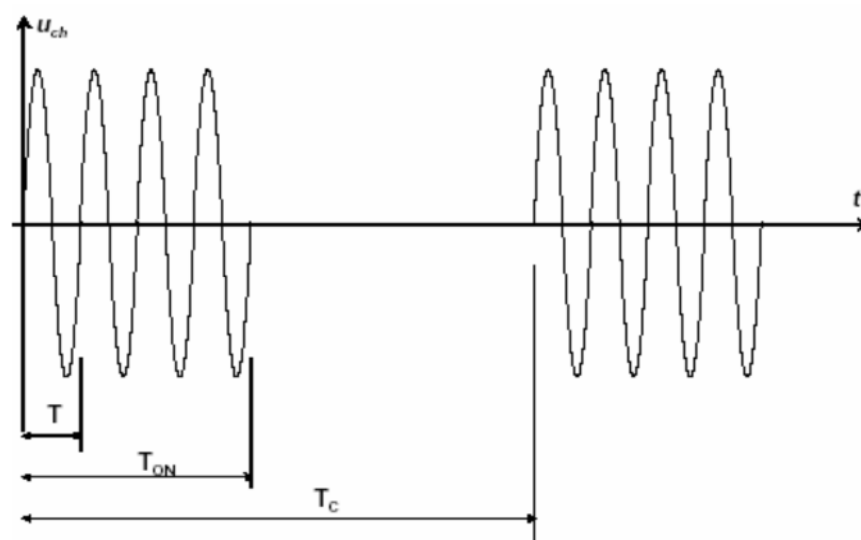


Fig. I.11 : la tension au borne de la charge du gradateur a train d'onde.

T : période de la tension source (secteur)

Ton : durée du train d'onde (salve)

Tc : période de modulation

Domaine d'utilisation : [8]

- Chauffage
- Utilisés sur des systèmes présentant une inertie thermique importante.

II.2.3. Convertisseur Continu/Alternatif (onduleur) :

Un onduleur, également appelé convertisseur continu/alternatif, est un appareil qui permet de convertir une tension continue à une tension alternative sinusoïdale. Un onduleur est donc un convertisseur statique Continu/Alternatif.

Un onduleur est assisté si la fréquence et la tension sont imposées par le réseau, dans le cas présent nous pourrions régler la fréquence et la tension, l'onduleur sera donc autonome. Son emploi est varié, il peut être utilisé pour alimenter un moteur asynchrone, la fréquence est alors de quelques dizaines de Hertz .

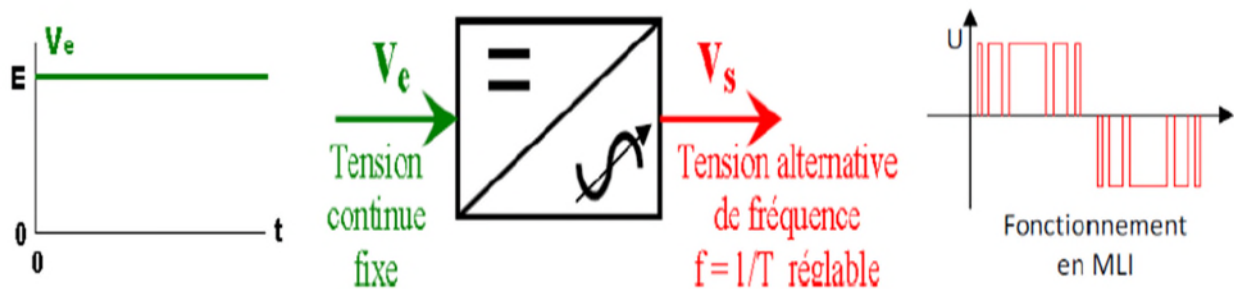


Fig. I.12 : Principe de base de l'onduleur.

Ce type de convertisseur sert à convertir une puissance continue en puissance alternatif. il existe deux grand classe d'onduleurs :

A. les onduleurs autonome (ou bien oscillateurs) :

Est un onduleur qui génèrent leur propre fréquence et leur propre tension alternative, Dans ces onduleurs la commutation est forcée. On distingue deux types d'onduleurs autonomes :

- ✓ Les onduleurs de tension alimentée par une source de tension continue.
- ✓ Les onduleurs de courant alimentés par une source de courant continue.

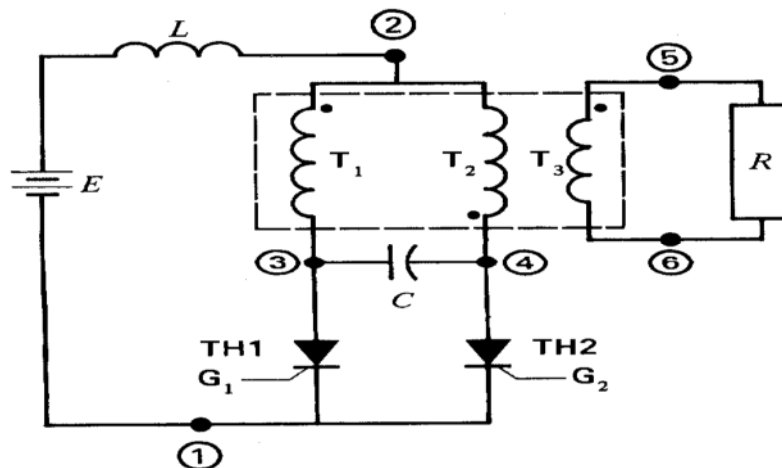


Fig. I.13 : onduleur autonome.

L'onduleur autonome à thyristors transforme une puissance a.c.c. pour alimenter a.c.a. une charge individuelle comme un moteur ou un four à induction. Il existe une grande variété d'onduleurs autonomes à thyristores, mais ils utilisent tous le principe de la commutation forcée. Cette méthode de commutation consiste à provoquer le blocage des thyristores par la décharge d'un condensateur ou par tout autre moyen convenable.

L'onduleur autonome simple contient les composants suivants :

1. Source de tension continue E
2. Thyristores TH1 et TH2
3. Inductance de lissage L
4. Condensateur de commutation C
5. Transformateur possédant deux primaires T_1 et T_2 et un secondaire T_3
6. Charge R
7. Système de commande extérieure venant exciter les gâchettes G1 et G2 à tour de rôle

B. les onduleurs non autonomes :

Est les onduleurs dont la fréquence et la tension alternative sont imposées par le réseau qu'ils alimentent, Dans ces onduleurs la commutation est naturelle. Elle est naturelle en ce sens que ce sont les tensions alternatives du réseau qui effectuant le transfert du courant d'un thyristor a l'autre. [9]

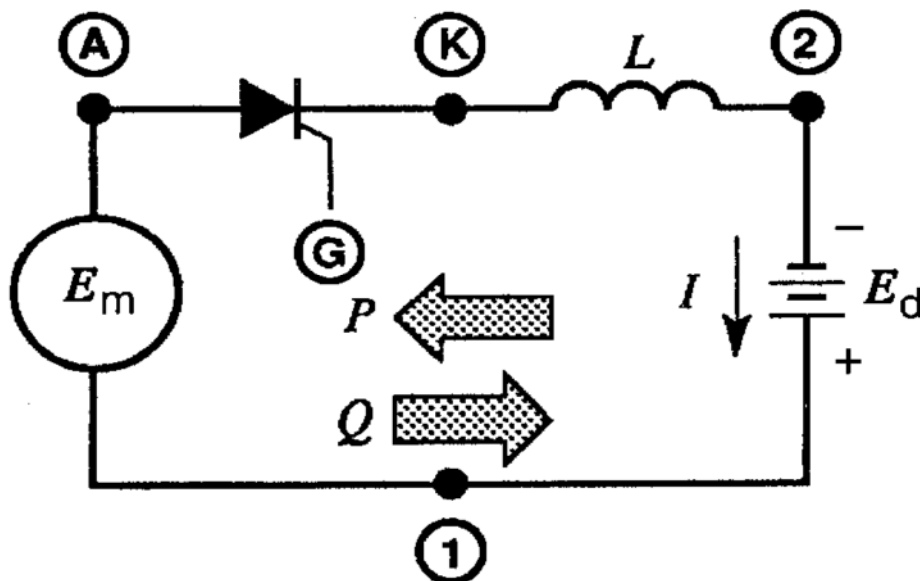


Fig. I.14 : onduleur a commutation naturelle.

Le circuit de cet onduleur est identique a celui de redresseur sauf que la polarité du l'accumulateur est inversée, le courant I peut seulement circuler dans le sens indiqué, il s'ensuit que la source a courant continu débite de l'énergie lorsque le thyristor conduit. D'autre part, cette énergie doit être absorbée par le réseau à c.a., car la bobine de lissage et le thyristor ne consomment pas l'énergie.il en résulte une convection de puissance continue en puissance alternative. [9]

Domaine d'utilisation et d'application [4]

En ce qui concerne les applications industrielles, nous rencontrerons l'onduleur en sortie des variateurs de fréquence pour alimenter les moteurs asynchrones.

- Production de tension sinusoïdale de fréquences moyennes (de quelques kHz à environ 10Khz): soudage, chauffage par induction ;

- Alimentations alternatives de secours fonctionnant sur batteries d'accumulateurs ;
- Alimentation des moteurs à courant alternatif à fréquence variable.

II-2-4. Convertisseur Continu/ Continu (hacheur) :

Un hacheur, également appelé convertisseur continu/continu permet d'alimenter une charge sous une tension continue réglable à partir d'une source continue fixe.

On obtient une tension de valeur moyenne variable en établissant et interrompant périodiquement l'alimentation de la charge par la source grâce à des interrupteurs.

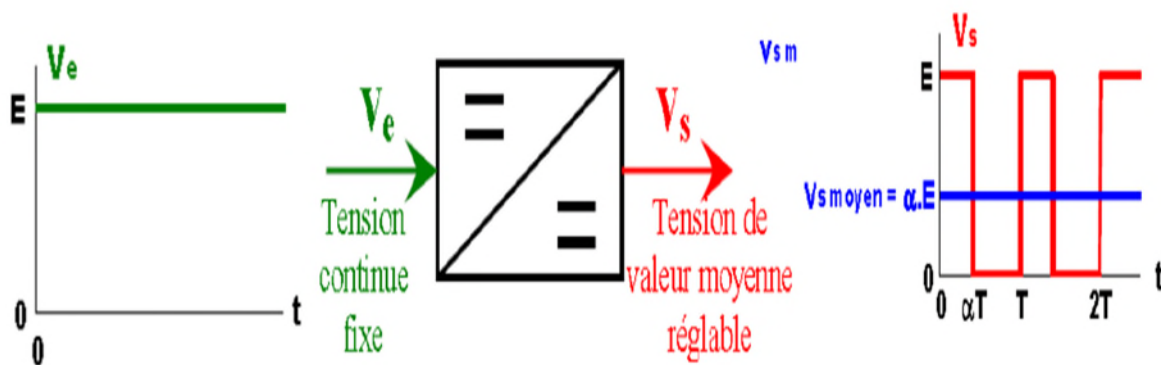


Fig. I.15 : Principe de base d'un hacheur.

On peut diviser les convertisseurs de tension en trois types selon la position du commutateur et du hacheur :

- ✓ Abaisseur de tension « Buck »
- ✓ Élévateur de tension « Boost »
- ✓ Abaisseur élévateur de tension « Buck-Boost »

A. Convertisseur Buck :

Hacheur abaisseur ou dévolteur, série, et de type Buck.

L'hacheur série est un convertisseur continu/continu. La source d'entrée est de type tension continue et la charge de sortie continue de type source de courant. On peut remplacer l'interrupteur K par un transistor puisque le courant est toujours positif et que les commutations doivent être commandées (au blocage et à l'amorçage).

C'est le montage le plus simple et le plus ancien, On dit qu'il s'agit d'un hacheur à un bras.

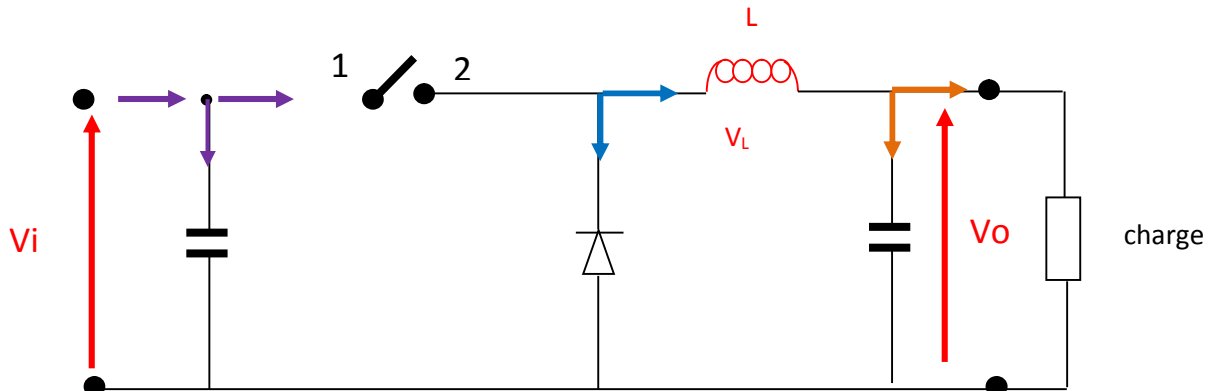


Fig. I.16 : Schéma d'un hacheur BUCK.

Lorsque l'interrupteur k est fermé pendant la fraction de la période de découpage T . La source d'entrée fournit l'énergie à la charge R à travers l'inductance L . Lors du blocage du transistor, la diode D assure la continuité du courant dans l'inductance. L'énergie emmagasinée dans cette inductance est alors déchargée dans le condensateur et la résistance de charge.

B. Convertisseur survolteur (Boost) :

Lorsque l'on désire augmenter la tension d'une source continue, on peut utiliser le hacheur parallèle de type BOOST, appelé également hacheur survolteur.

Ce dispositif de l'électronique de puissance est un convertisseur continu-continu mettant en œuvre un ou plusieurs interrupteurs commandés et qui permet de modifier la valeur de la tension d'une source de tension continue avec un rendement élevé. Le découpage se fait à une fréquence très élevée ce qui a pour conséquence de créer une tension moyenne.

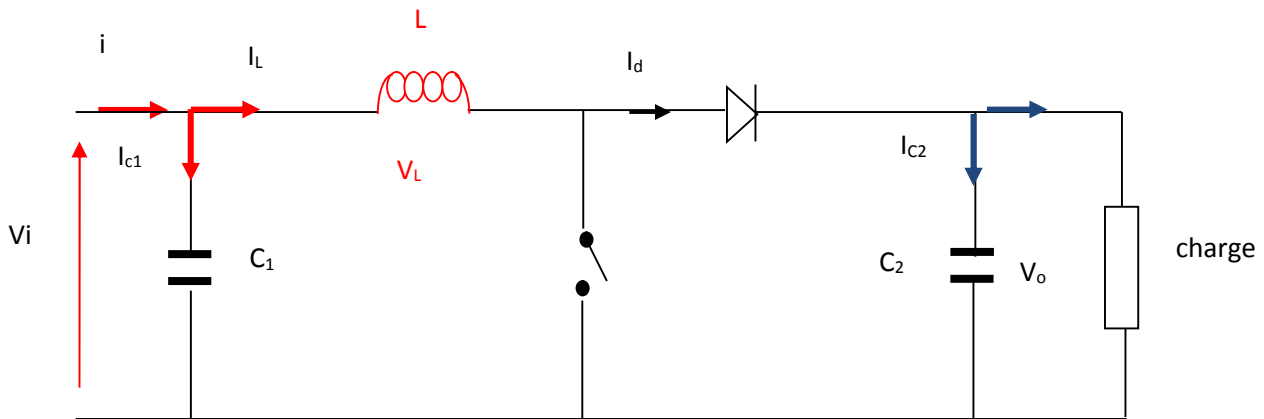


Fig. I.17 : Schéma principe d'un convertisseur survolteur.

L'exploitation d'un convertisseur boost classiques isolés, comme montré dans Figure I.17, peut être décrite comme suit. Lorsque l'interrupteur (S) est activée, la diode (D) est un parti pris inverse et isole le côté de sortie du convertisseur, de l'énergie est ensuite stockée dans l'inductance (L). Lorsque l'interrupteur est éteint, la charge sur le côté de sortie reçoit l'énergie de l'inducteur, ainsi qu'à partir de la source d'entrée. En conséquence, la tension de sortie est plus élevée que la tension d'entrée. De plus, le condensateur est supposé très grand pour maintenir la tension de sortie constante. [10]

C. Convertisseur Buck-Boost :

Est le dernier convertisseur de la famille des convertisseurs DC/DC, le convertisseur buck-boost est également appelé abaisseur-élevateur par son aptitude à fournir une tension plus faible, ou plus élevée que celle appliquée en son entrée. Ceci dépend de la valeur du rapport cyclique.

La source d'entrée est de type tension continue (filtrage capacitif en parallèle avec une source de tension) et la charge de sortie continue de type source de tension (condensateur en parallèle avec la charge résistive).

Il est utilisé comme un transformateur idéal de n'importe quelle tension d'entrée pour n'importe quelle tension de sortie désirée; son schéma de base est illustré sur la figure suivante. [11]

Et on peu remplacé l'interrupteur KI par un transistor puisque le courant est toujours positif et que les commutations doivent être commandées (au blocage et à l'amorçage).

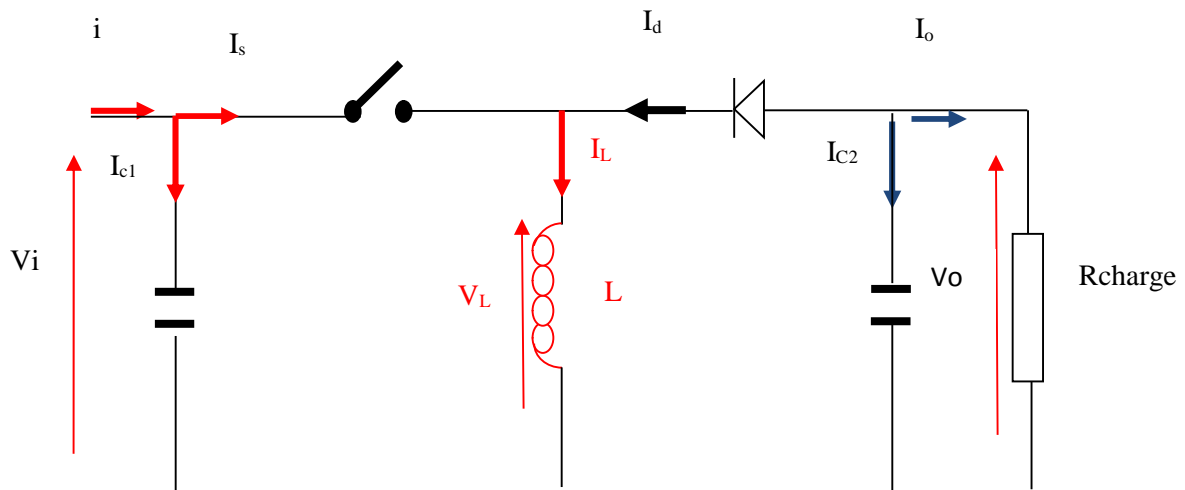


Fig. I.18 : Schéma principe d'un hacheur Buck-Boost.

L'interrupteur k (transistor) est fermé pendant la fraction de la période de découpage T . La source d'entrée fournit l'énergie à l'inductance L . La charge est déconnectée du montage (diode D bloquée). Lors du blocage du transistor, la diode D assure la continuité du courant dans l'inductance. L'énergie emmagasinée dans cette inductance est alors déchargée dans le condensateur et la résistance de charge.

En régime permanent, la valeur moyenne de la tension aux bornes de l'inductance est nulle

Comme pour les convertisseurs précédemment définis, le convertisseur buck-boost est caractérisé par trois régimes de fonctionnement distincts :

- Conduction continue : le courant I_L ne s'annule jamais. Toutes les relations que nous venons d'établir se réfèrent à ce régime de fonctionnement,
- Conduction critique : le courant s'annule ponctuellement lorsque, compte tenu de ses ondulations, sa valeur moyenne est telle que sa valeur minimale vaut zéro.
- Conduction discontinue : le courant I_L prend une valeur nulle, pendant une durée non nulle. [8]

Synthèse générale :

L'ensemble des convertisseurs DC/DC que nous venons de présenter constitue une famille complète de convertisseurs, dans le sens où, selon la topologie mise en œuvre, l'on est capable :

- D'abaisser des niveaux de tension ou de courant continu,
- D'élever des niveaux de tension ou de courant continu,
- D'élever ou d'abaisser à choix des niveaux de tension ou de courant continu, selon la valeur du rapport cyclique choisi,
- D'assurer une réversibilité en courant,
- D'assurer une réversibilité en courant et en tension. [12]

III-conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné l'état de l'art des quatre types de convertisseurs (gradateur, redresseur, onduleur et hacheur), est on a consacré le deuxième chapitre pour la modélisation et la simulation d'un hacheur Boost à deux entrées.

Chapitre II :
Modélisation et
simulation du hacheur à
deux entrées

I. Introduction

Après avoir présenté les généralités sur les convertisseurs statique où nous avons étudié le principe de fonctionnement et les caractéristiques ainsi que domaine d'utilisation et d'application de chaque type. Dans ce chapitre, on s'intéresse à la modélisation et la simulation d'un convertisseur continu-continu à entrées multiples (hacheurs Boost à deux entrées).

Le schéma synoptique du système étudié est représenté sur la figure suivante, il est composé de deux sources continues à savoir la batterie, un panneau photovoltaïque, la pile à combustibleetc, un convertisseur élévateur (DC-DC) et d'une charge résistive.

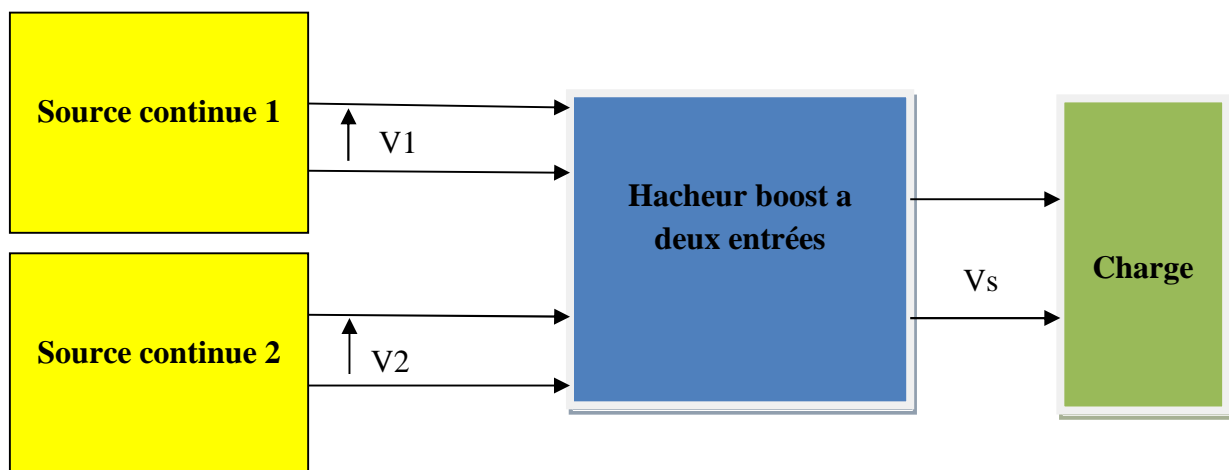


Fig. II.1 : Schéma synoptique d'un système de deux sources continue avec un hacheur

On utilise le logiciel PSIM pour le but de simuler le système pour les différents cas du rapport cyclique alpha.

II. Modélisation du convertisseur élévateur à double entrées DC/DC (hacheur Boost double entrées) :

Le convertisseur DC-DC parallèle, ou hacheur Boost à entrées multiples, c'est un élévateur de tension se compose de deux entrée S1, S2 (deux générateurs de tension continue), Et cinq diodes (D1, D2, D3, D4, D5) pour le but de protection des composant, trois condensateurs pour le filtrage, et deux inductances pour emmagasiner l'énergie et deux MOSFET comme interrupteurs, un pour chaque source. Ces deux MOSFET pour déterminent laquelle des deux sources S1 ou S2 est appelée à débiter sur la charge.

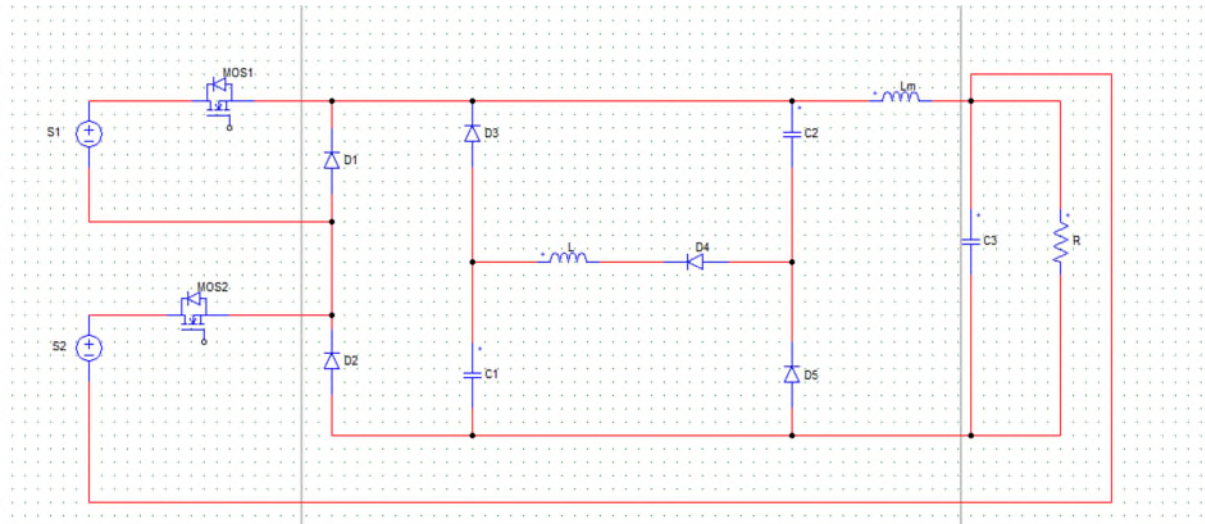


Fig. II.2 : schéma d'un hacheur Boost a deux entrées.

II.1. Principe de fonctionnement :

Ce convertisseur peut fonctionner suivant quatre modes de fonctionnements dépendant de ces interrupteurs MOS1 et MOS2, Ces modes sont en quelque sorte des circuits équivalents du hacheur pour ces étapes distinctes de fonctionnement sur une période. La figure suivante représente les zones de conduction des deux MOSFET avec deux signaux de commande dans une période.

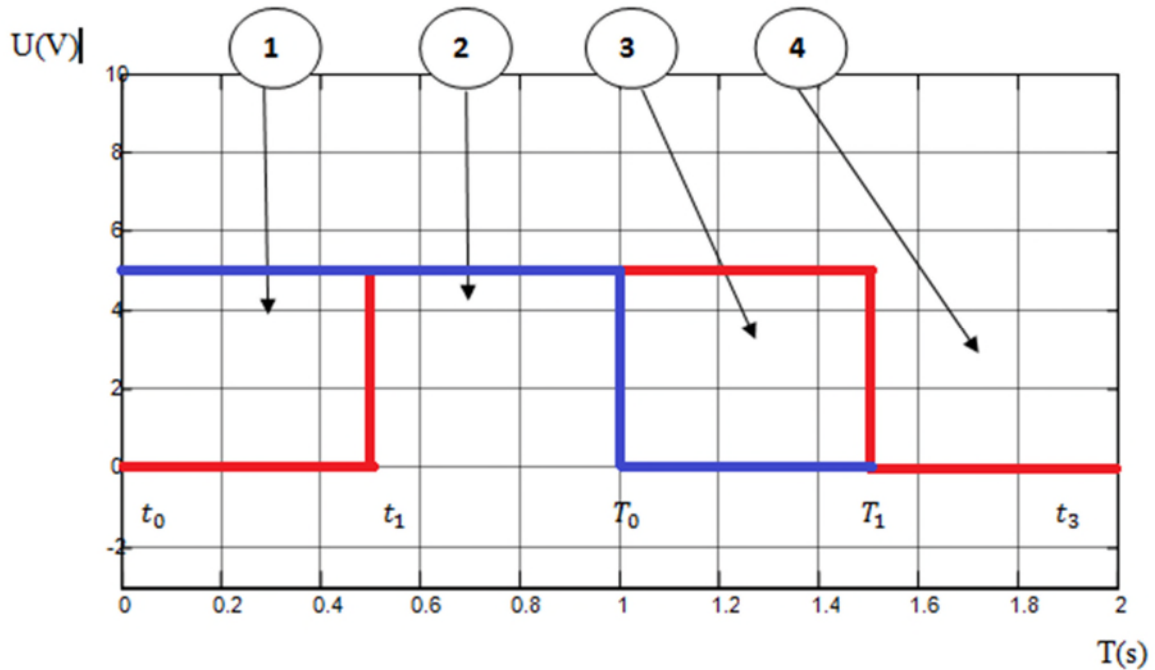


Fig. II.3 : schéma des différentes zones de conduction des deux MOSFET.

1. $t \in [t_0 ; t_1]$: le MOS1 est passant et MOS2 est bloqué donc S1 qui débite sur la charge.
2. $t \in [t_1 ; T_0]$: les deux MOSFET (MOS1 et MOS2) sont passants donc les deux sources fonctionne (comme deux sources en série).
3. $t \in [T_0 ; T_1]$: le MOS2 est passant et le MOS1 est bloqué, cette fois S1 qui débite sur la charge.
4. $t \in [T_1 ; t_3]$: les deux MOSFET (MOS1 et MOS2) sont bloqués donc les deux sources S1 et S2 n'est pas connecter au charge.

Donc d'après ce résonnement on peut déterminer le fonctionnement de chaque zone :

- La zone 1 : le circuit équivalent est mode 1
- La zone 2 : le circuit équivalent est celle de mode 3
- La zone 3 : le circuit équivalent est mode 2.
- La zone 4 : le circuit équivalent du hacheur est celle de mode 4.

Ces quatre modes de fonctionnement sont :

II.1.1. Mode 1 :

Si l'un des deux MOSFET est passant, par exemple MOS1 (MOS1on), le circuit équivalent pour le hacheur est celui de la **Figure II.4**, donc c'est S1 qui débite sur la charge.

Dans ce cas la source S2 est isolée de la charge, l'inductance L_m et le condensateur C se chargent sur cette source (S1) donc ce mode fonctionne comme un hacheur dévolteur.

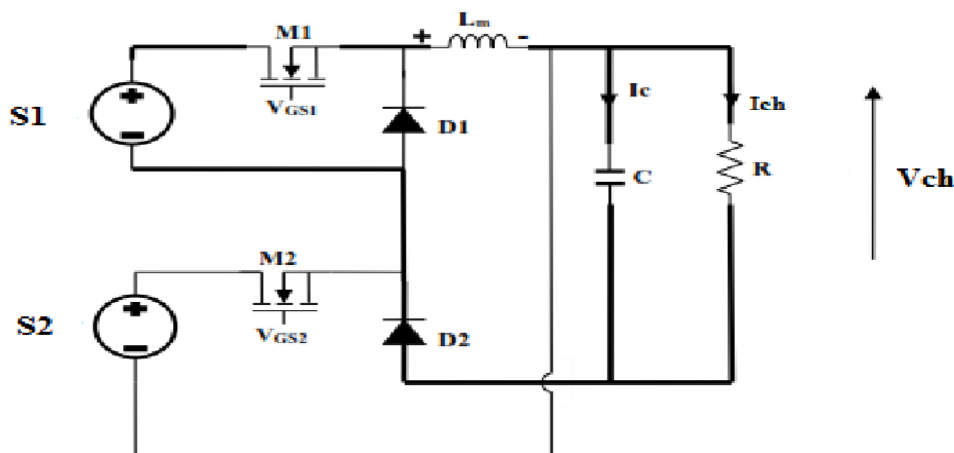


Fig. II.4 : Circuit équivalent du hacheur, le mode 1.

L'équation d'état résultante s'écrit :

$$\begin{cases} \frac{dI_L}{dt} = \frac{1}{L} (U_1 - U_C) \dots\dots\dots \text{II.1} \\ \frac{dU_C}{dt} = \frac{1}{C} \left(I_L - \frac{U_C}{R} \right) \dots\dots\dots \text{II.2} \end{cases}$$

Sa formule matricielle avec $I_L=X_1$ et $U_C=X_2$ est :

$$\begin{bmatrix} X_1^* \\ X_2^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & \frac{1}{RC} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} U_1 \dots\dots\dots \text{II.3}$$

Le model moyen du convertisseur Boost sous forme d'espace d'état s'écrit :

$$\begin{bmatrix} X_1^* \\ X_2^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & \frac{1}{RC} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \alpha \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} U_1 \dots\dots\dots \text{II.4}$$

II.1.2. Mode 2 :

Si l'autre MOSFET est passant, MOS2 (MOS2on), le circuit équivalent pour le hacheur est celui de la **Figure II.5**, donc c'est S2 qui débite sur la charge. Dans ce cas la source S1 est isolée de la charge, l'inductance Lm et le condensateur Cbus se chargent sur cette source (S2) ce mode fonctionne comme un hacheur survolteur a cause de retour joue un rôle d'une diode de roue libre.

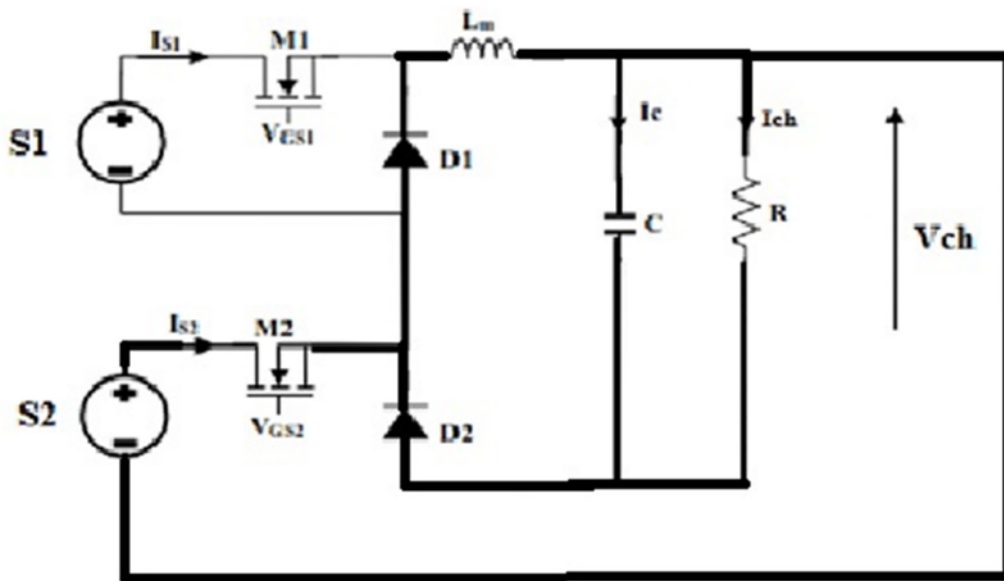


Fig. II.5 : Circuit équivalent du hacheur, le mode 2.

L'équation d'état résultante s'écrit :

$$\begin{cases} \frac{dI_L}{dt} = \frac{1}{L} (U_2 - U_C) \dots\dots\dots \text{II.5} \\ \frac{dU_C}{dt} = \frac{1}{C} \left(I_L - \frac{U_C}{R} \right) \dots\dots\dots \text{II.6} \end{cases}$$

Sa formule matricielle avec $I_L=X_1$ et $U_C=X_2$ est :

$$\begin{bmatrix} \dot{X}_1^* \\ \dot{X}_2^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{1}{C} & \frac{1}{RC} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} U_2 \dots\dots\dots \text{II.7}$$

Le model moyen du convertisseur Boost sous forme d'espace d'état s'écrit :

$$\begin{bmatrix} \dot{X}_1^* \\ \dot{X}_2^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -(1-\alpha)\frac{1}{L} \\ (1-\alpha)\frac{1}{C} & \frac{1}{RC} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} U_2 \dots\dots\dots \text{II.8}$$

II.1.3. Mode 3 :

Si les deux MOSFETs sont passants, (MOS1on et MOS2on), les deux sources sont en marche, Dans ce cas la charge R se voit déconnectée des deux sources. Elle est en série avec le condensateur Cbus qui débite sur R.

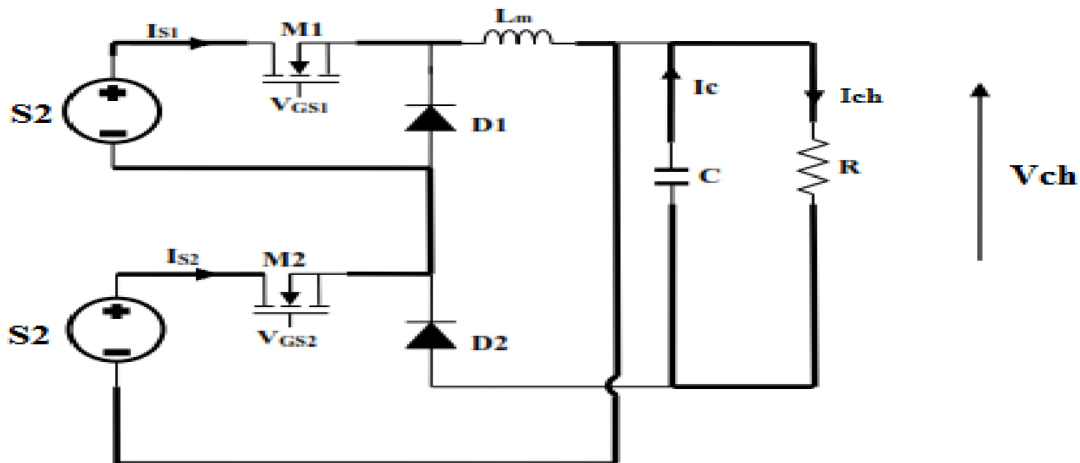


Fig. II.6 Circuit équivalent du hacheur, le mode 3.

L'équation d'état résultante s'écrit :

$$\begin{cases} \frac{dI_L}{dt} = \frac{1}{L} (U_1 + U_2) \dots\dots\dots \text{II. 9} \\ \frac{dU_C}{dt} = \frac{1}{C} \left(\frac{U_C}{R} - I_L \right) \dots\dots\dots \text{II. 10} \end{cases}$$

Sa formule matricielle avec $I_L=X_1$ et $U_C=X_2$ est :

$$\begin{bmatrix} X_1^* \\ X_2^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -\frac{1}{C} & \frac{1}{RC} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} U_1 + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} U_2 \dots\dots\dots \text{II.11}$$

Le model moyen du convertisseur Boost sous forme d'espace d'état s'écrit

$$\begin{bmatrix} X_1^* \\ X_2^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -(\mathbf{1} - \alpha) \frac{1}{C} & \frac{1}{RC} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} U_1 + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} U_2 \dots\dots\dots \text{II.12}$$

II.1.4 Mode4 :

Si les deux MOSFETs sont bloquées, (MOS1of et MOS2of), les deux sources sont bloquées, Dans ce cas l'inductance L_m qui est déchargera sur la charge R . Elle Jouer le rôle d'une source.

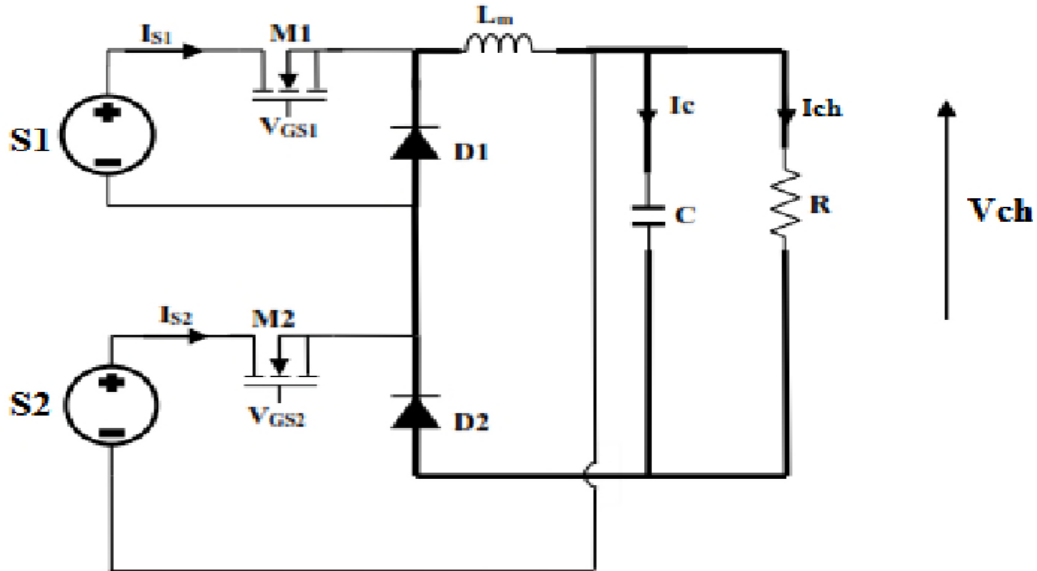


Fig. II.7 : Circuit équivalent du hacheur, le mode 4.

L'équation d'état résultante s'écrit :

$$\begin{cases} \frac{dU_C}{dt} = \frac{1}{C} I_L + \frac{R}{C} U_C \dots\dots\dots \text{II. 13} \\ \frac{dI_L}{dt} = \frac{U_C}{L} \dots\dots\dots \text{II. 14} \end{cases}$$

Sa formule matricielle avec $I_L=X_1$ et $U_C=X_2$ est :

$$\begin{bmatrix} X_1^* \\ X_2^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & \frac{R}{C} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots \text{II.15}$$

Le model moyen du convertisseur Boost sous forme d'espace d'état s'écrit

$$\begin{bmatrix} X_1^* \\ X_2^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & (1 - \alpha) \frac{1}{L} \\ (1 - \alpha) \frac{1}{C} & \frac{R}{C} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots \text{II.16}$$

En considérant que le régime permanent est atteint, l'énergie stocké dans l'inductance est donner par :

$$E = \frac{1}{2} * L * I_L^2 \dots \dots \dots \text{II.17}$$

Le condensateur est supposé suffisamment grand pour lisser la tension de la charge et la garder constante, la tension de cette dernière est donnée par :

$$V_S = \frac{1}{1-\alpha} * V_e \dots \dots \dots \text{II.18}$$

En déduit la relation du courant suivante :

$$I_S = (1-\alpha) I_e \dots \dots \dots \text{II.19}$$

III. Dimensionnement des composants

Dans cette partie, nous allons voir comment choisir les éléments qui permettent de constituer et d'assurer le fonctionnement du système.

III.1. Choix de condensateur de sortie C :

On a

$$Q = C * U_C \dots \dots \dots \text{II.20}$$

Avec :

Q : c'est la charge du condensateur exprimée en Coulomb.

U_C : La tension en volts aux bornes du condensateur.

De l'équation II.13, on peut déduire l'énergie stockée en joules :

$$W = \frac{1}{2} C * U_C^2 \dots \dots \dots \text{II.21}$$

Et on sait que

$$U_C = \frac{1}{C} \int i_C dt. \dots\dots\dots \text{II.22}$$

Donc :

$$i_C = C \frac{dU_C}{dt} \dots\dots\dots \text{II.23}$$

Et

$$\frac{i_C}{C} = \frac{dU_C}{dt} \dots\dots\dots \text{II.24}$$

Cela dit que si on augmente la valeur de **C**, la variation de la tension par rapport à la variation du temps dans le condensateur diminue. Donc on aura une tension moins ondulée.

III.2. Choix de l'inductance L_m :

Pour dimensionner le choix de l'inductance il faut d'abord commencer par le calcul du courant d'entrée maximal, On impose la fréquence de découpage en haute fréquence et on vérifié si l'ondulation de courant est correcte en basse fréquence. Après calculs, l'inductance peut se trouver dans le marché ou bien être fabriquée.

III.2.1. Calcul de l'inductance :

On dimensionne L ainsi :

$$I_{e\max} = \frac{V_e}{L} * \alpha T = \frac{V_e}{L f} \alpha_{\max} \dots\dots\dots \text{II.25}$$

D'après l'équation II.21 on a :

$$L = \frac{V_e}{I_{e\max} f} \dots\dots\dots \text{II.26}$$

III.2.2. Calcul du nombre de spire :

L'expression qui nous permet de calculer le nombre de spire de la bobine est :

$$N = \sqrt{\frac{L}{AL}} \dots \dots \dots \text{II.27}$$

Avec :

$$L = N^2 AL \dots \dots \dots \text{II.28}$$

Avec :

L : inductance en mH.

N : nombre de tours.

AL : inductance du tore par tours carrés en nH/tr².

III.2.3. Relation entre intensité et tension :

Lorsque le courant dans les spires de la bobine varie, celle-ci devient siège d'une f.e.m. d'auto-induction. Il existe une relation entre la tension et le courant, qui traduit les propriétés électrocinétiques du composant bobine.

Par convention, la f.e.m. est de même sens que le courant.

Le courant étant variable à la sortie des MOSFETs, du fait qu'il est hachuré, donc la bobine L_m est siège d'une f.e.m. [15]

Cela nous conduit à écrire :

$$V_L = L \frac{dI_L}{dt} \dots \dots \dots \text{II.29}$$

De cette équation on tire :

$$I_L = \frac{1}{L} \int V_L dt \dots \dots \dots \text{II.30}$$

D'après l'équation (II.26), nous renseigne que si L augmente le courant I va diminuer. L'inductance L_m joue un grand rôle dans notre montage, c'est elle qui booste la tension a la sortie.

Dans le cas où les deux sources sont déconnectées de la charge. Les diodes $D1$ et $D2$ jouent dans ce cas le rôle de roues libres pour le courant induit de la bobine.

IV. Intérêt de ce montage :

Le but de ce travail est l'utilisation parfaite de deux sources différentes connectées à un convertisseur parallèle. On constate par exemple que si une des deux sources vient de tomber en panne, l'autre source continue à délivrer de la tension et alimenter la charge.

V. Présentation du logiciel de simulation PSIM : [16]

Il existe de nombreux logiciels de simulation électrique. Certains sont conçus tout particulièrement pour les circuits d'électronique de puissance. Le logiciel mis à votre disposition, PSIM, fait partie de cette dernière catégorie.

Il s'agit d'un ensemble logiciel formé de trois modules liés :

- ✓ Un éditeur de schéma, SIMCAD, servant à décrire l'ensemble du système à simuler.
- ✓ Le simulateur électrique proprement dit, PSIM.
- ✓ Un programme d'affichage graphique des résultats de simulation, SIMVIEW.

VI. Résultats de simulation sous le logiciel PSIM

Dans cette partie nous avons proposé trois cas à étudier, le premier lorsque la source une fonctionne, le deuxième cas la deuxième source conduit, et le troisième cas les deux sources conduisent.

A. premier cas:

Nous avons fixé la tension S_1 à 5V et $S_2=0V$, $\alpha_1=0,5$ ou $[0\ 180^\circ]$ et $\alpha_2=0$, La charge résistive $R=54\ \text{ohm}$.

Les figures suivantes représentent les allures de la tension et du courant de charge.

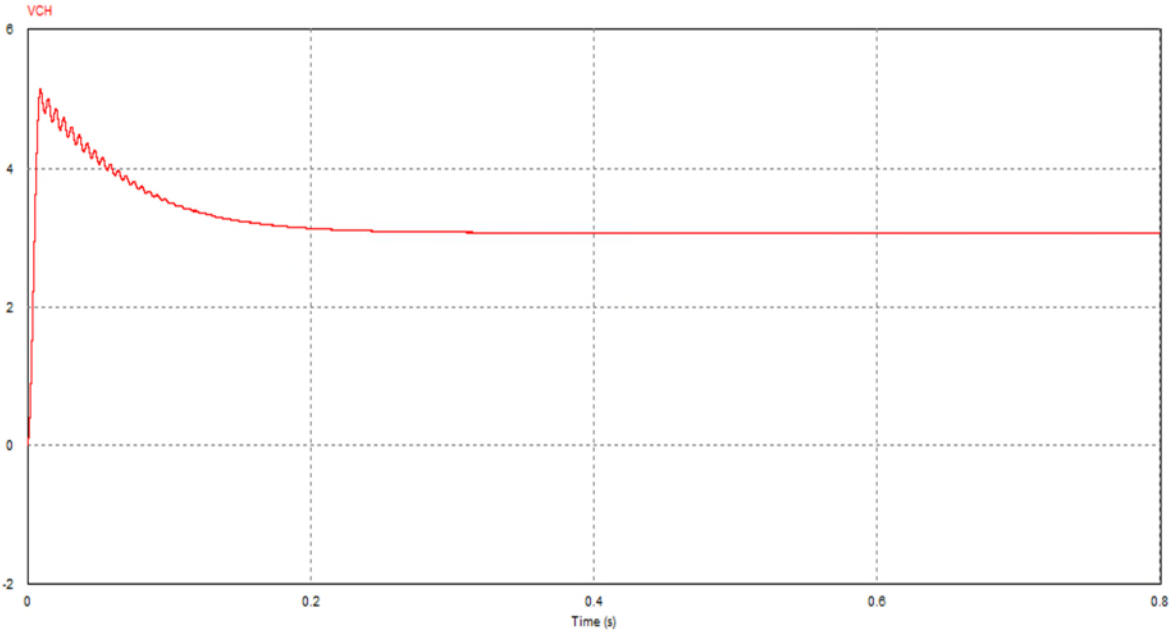


Fig. II.8 : l'allure de tension de charge pour $\alpha=0,5$

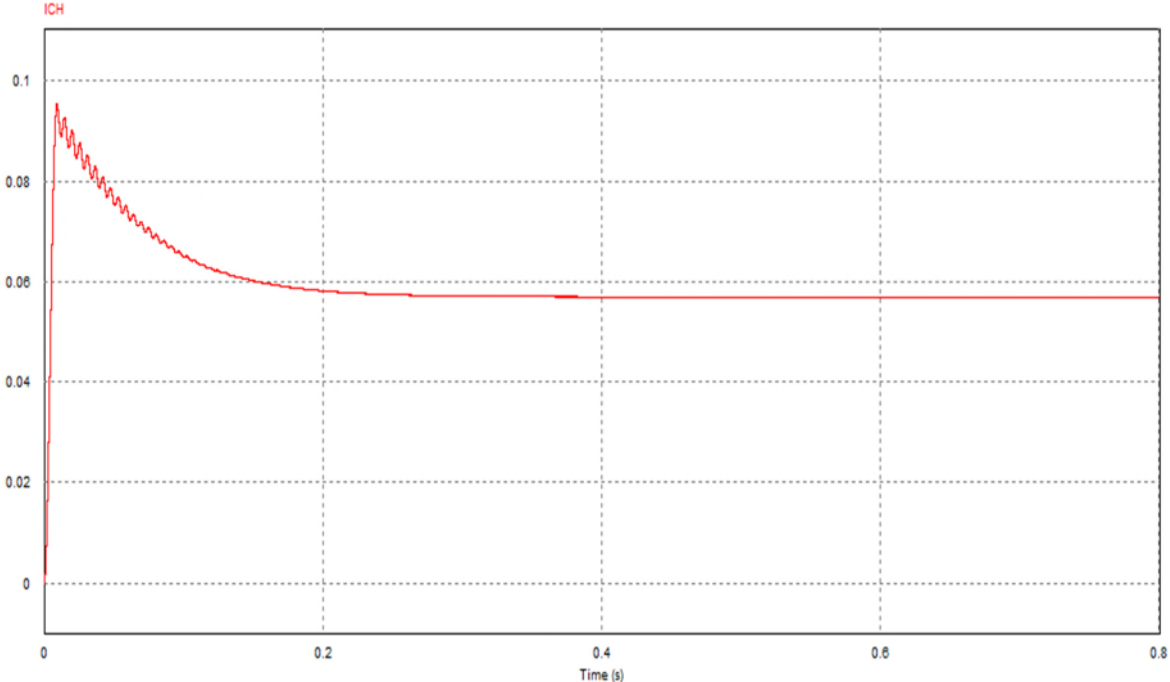


Fig. II.9 L'allure de courant de charge pour $\alpha=0,5$

B. deuxième cas:

$S1=0V$ et $S2=5V$, $\alpha1=0$ et $\alpha2=0,3$ [0 108], $R=54$ ohm.

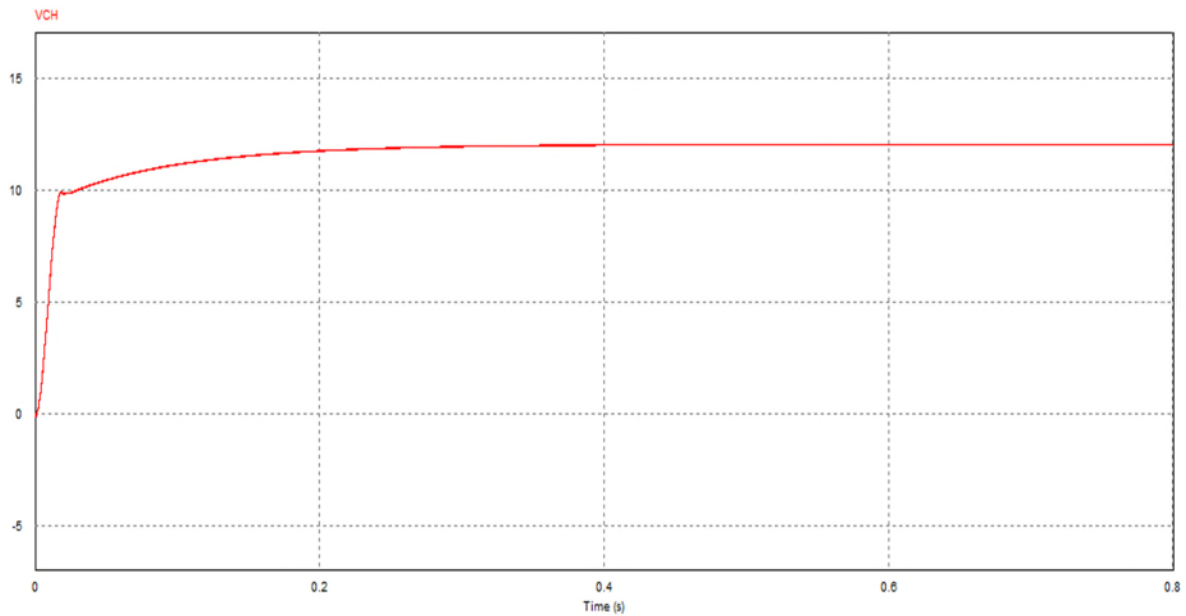


Fig. II.10 : l'allure de tension de sortie pour $\alpha2=0,3$.

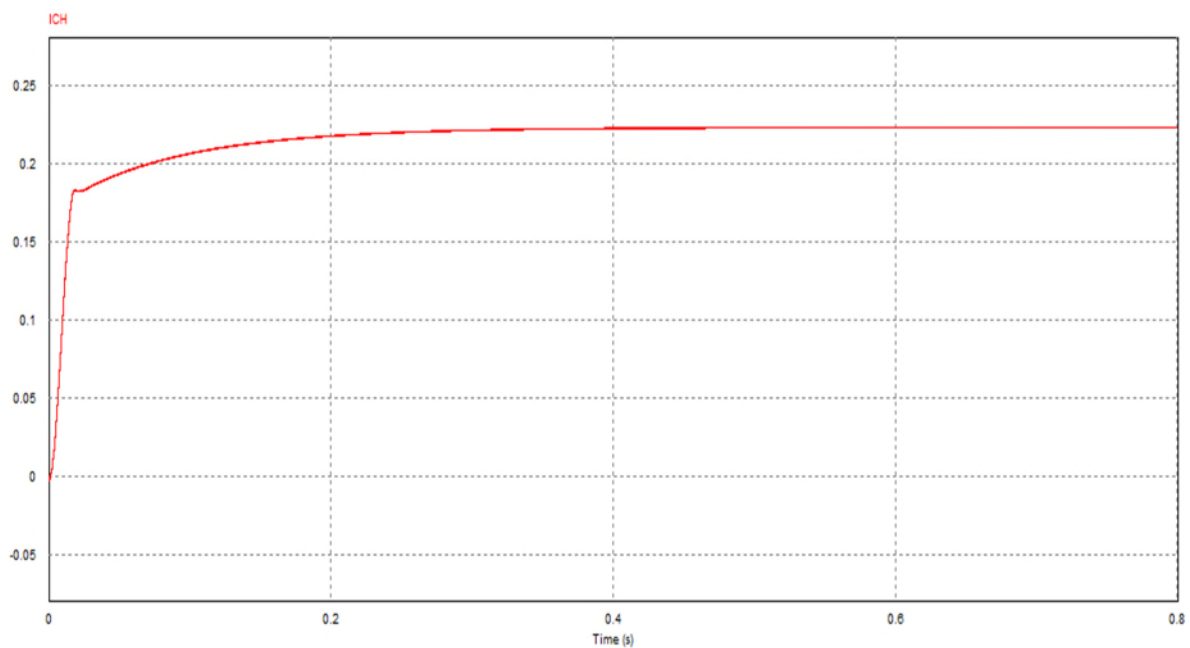


Fig. II.11 : l'allure du courant de charge pour $\alpha2=0,3$.

Pour les même paramètres précédentes juste le rapport cyclique $\alpha_2=0,5$.

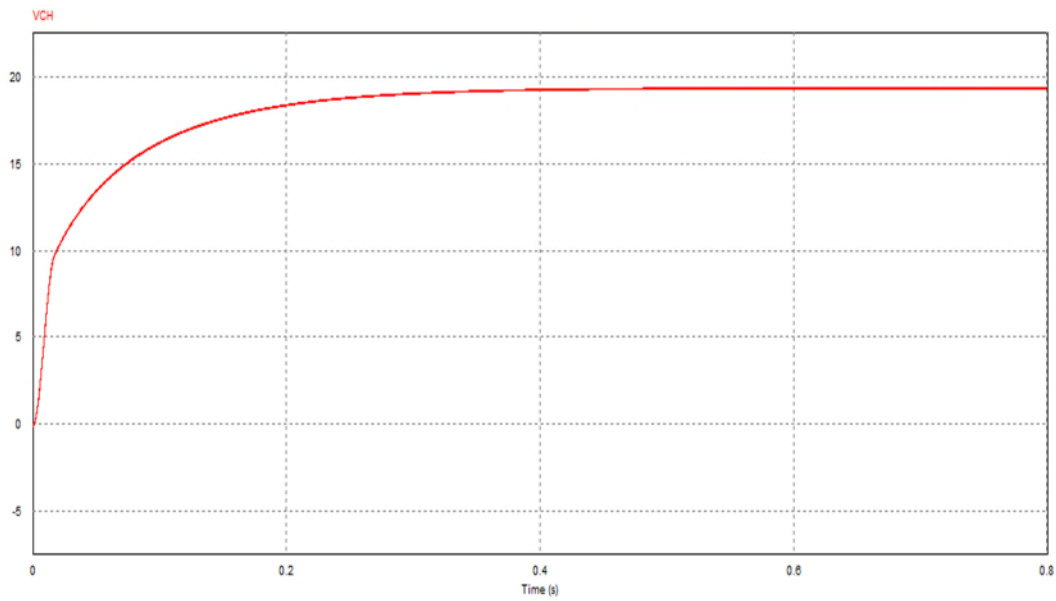


Fig. II.13 : l'allure de tension de sortie (la charge) pour $\alpha_2=0,5$.

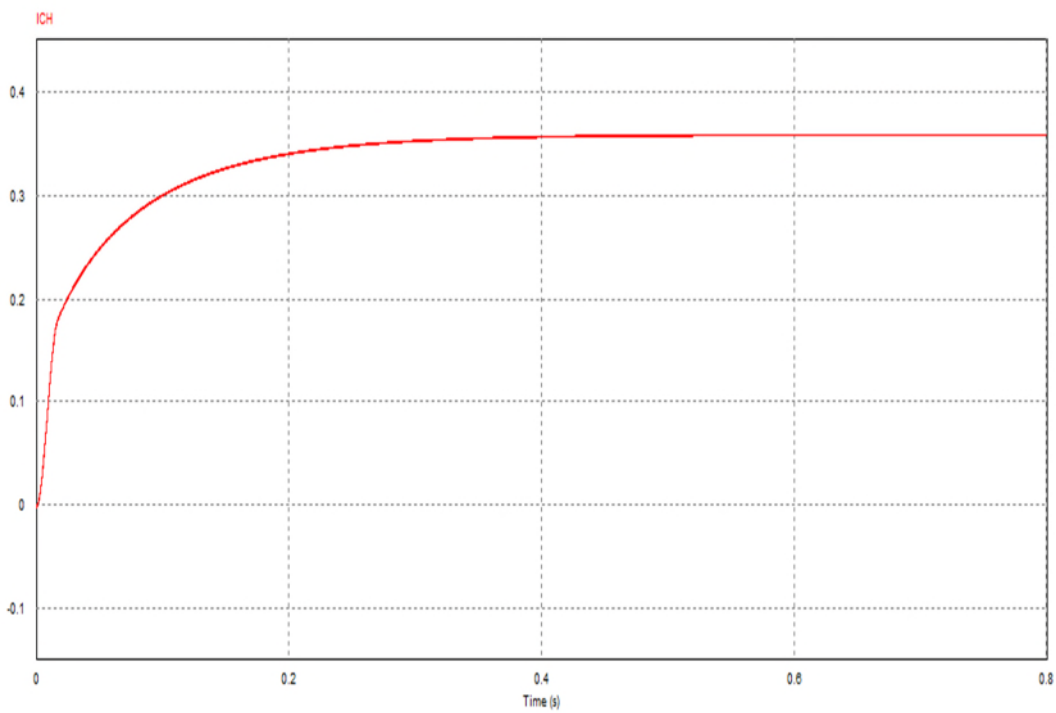


Fig. II.14 : l'allure de courant de sortie (la charge) pour $\alpha_2=0,5$.

Le troisième cas

Dans le troisième cas, nous avons fixé la tension de S1 et S2 à 5V et de varier les deux rapports cycliques, l'essai n 1 lorsque α_1 et α_2 sont complémentaires et le deuxième essai α_1 et α_2 fonctionnent dans le même intervalle et le troisième essai les deux rapports cycliques sont différent mais il y a un chevauchement dans une partie de l'intervalle.

Essai N°1 :

$\alpha_1=\alpha_2=0,5$ ou le premier MOSFET conduit de 0 a 180°, et le deuxième de 180° jusqu'a 360° avec R=54 ohm.

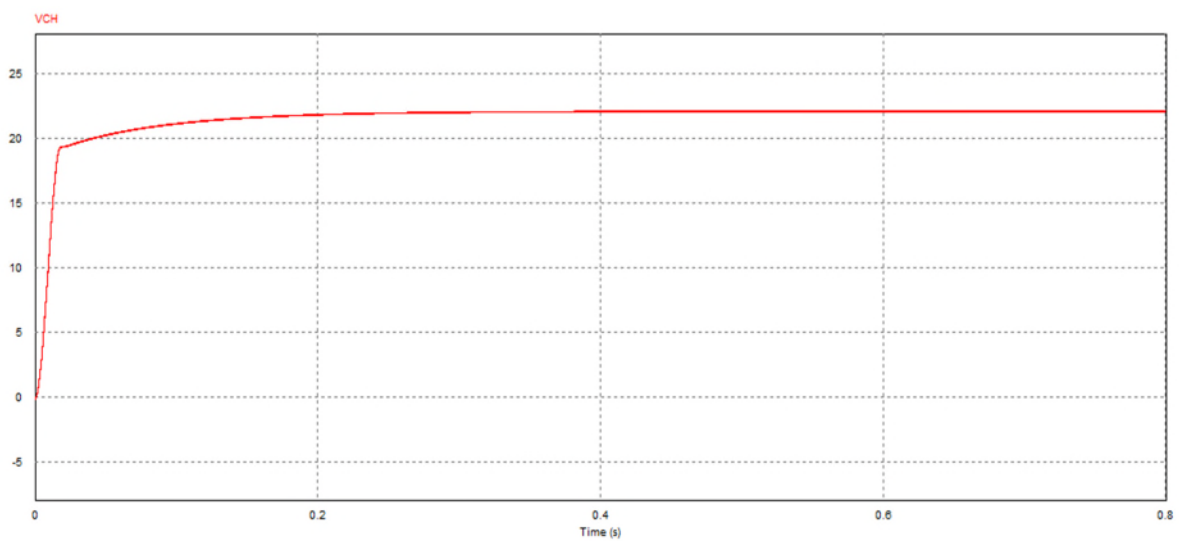


Fig. II.15 : l'allure de tension de sortie (la charge) pour $\alpha_1=\alpha_2=0,5$.

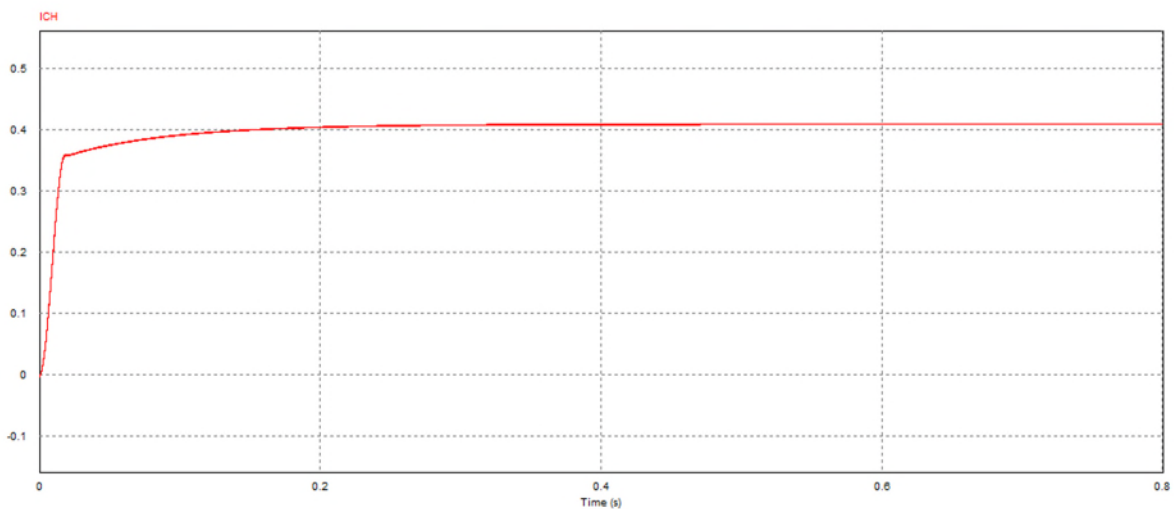


Fig. II.16 : l'allure de courant de sortie (la charge) pour $\alpha_1=\alpha_2=0,5$.

Pour les même paramètres de S1, S2 et R, $\alpha_1=0,75$ et $\alpha_2=0,25$.

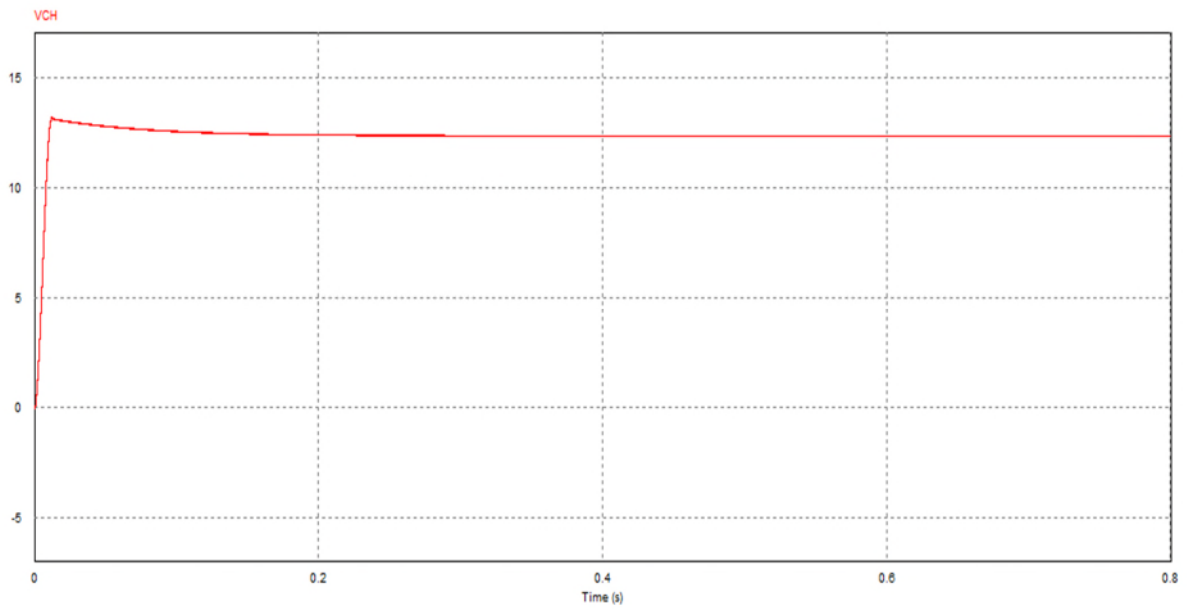


Fig.17 : l'allure de tension de charge pour $\alpha_1=0,75$ et $\alpha_2=0,25$.

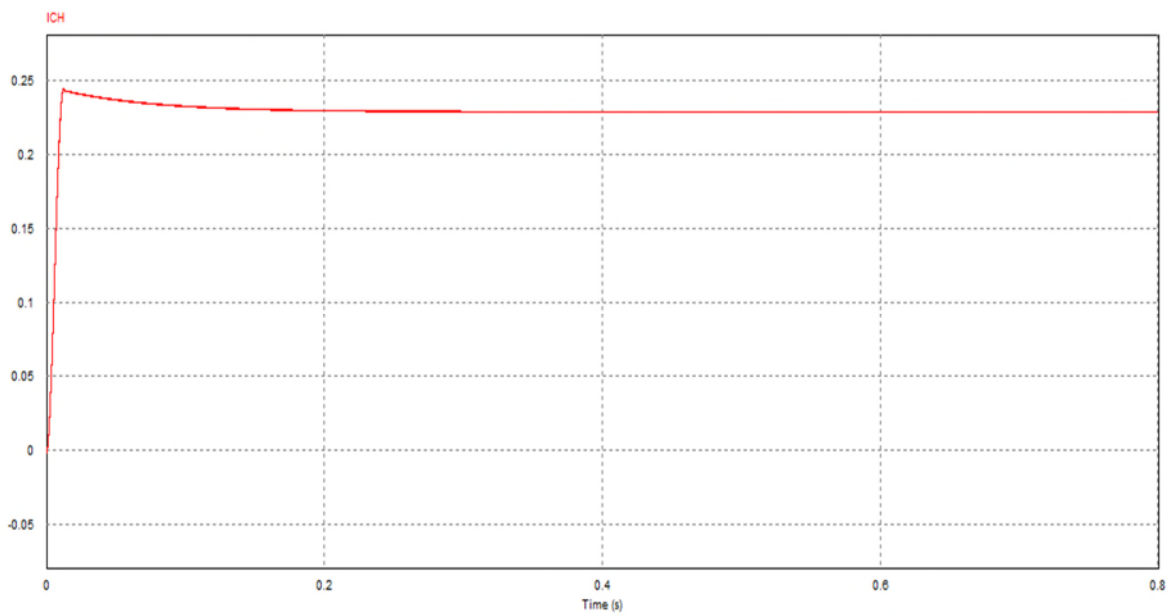


Fig.18 : l'allure de courant de charge pour $\alpha_1=0,75$ et $\alpha_2=0,25$.

Essai N°2

$\alpha_1=\alpha_2=0,5$ les deux MOSFET conduisent de 0 a 180°, avec $R=54$ ohm.

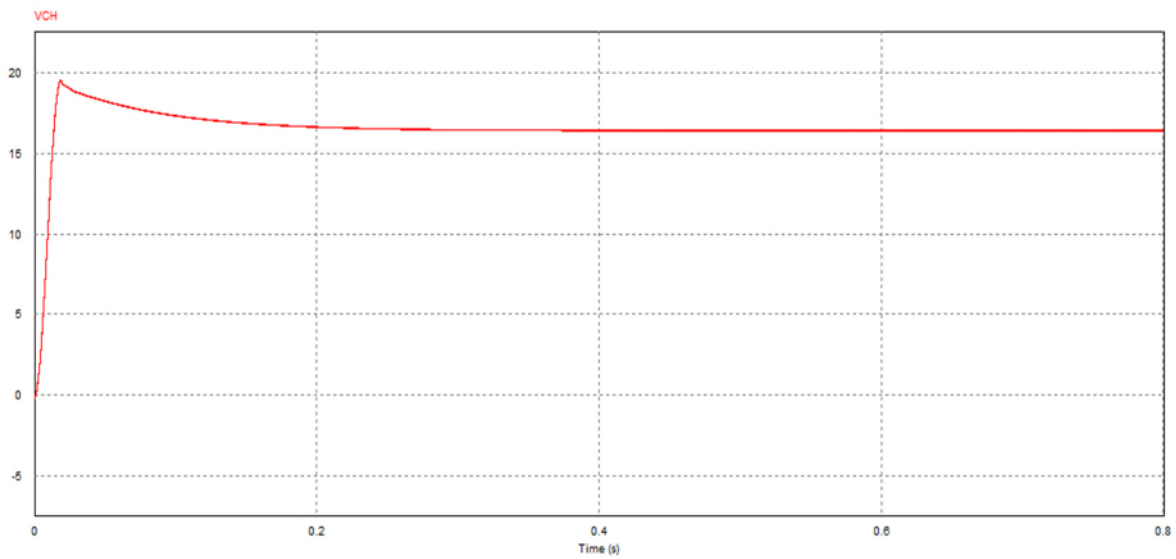


Fig. II.19 : l'allure de tension de charge pour $\alpha_1=\alpha_2=0,5$ en même période.

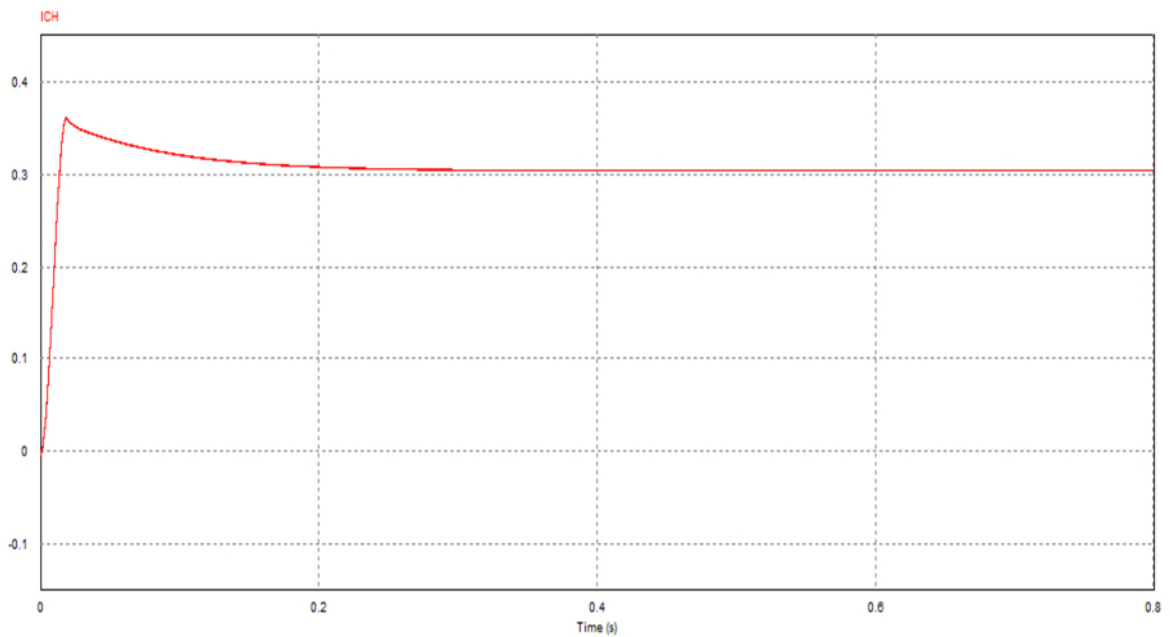


Fig. II.20 : l'allure de courant de charge pour $\alpha_1=\alpha_2=0,5$ en même période.

Essai N° 3

$\alpha_1=0,4$ et $\alpha_2=0,3$, le premier MOSFET conduit de 0 à 144° , et le deuxième de 100° jusqu'à 208° avec $R=54$ ohm.

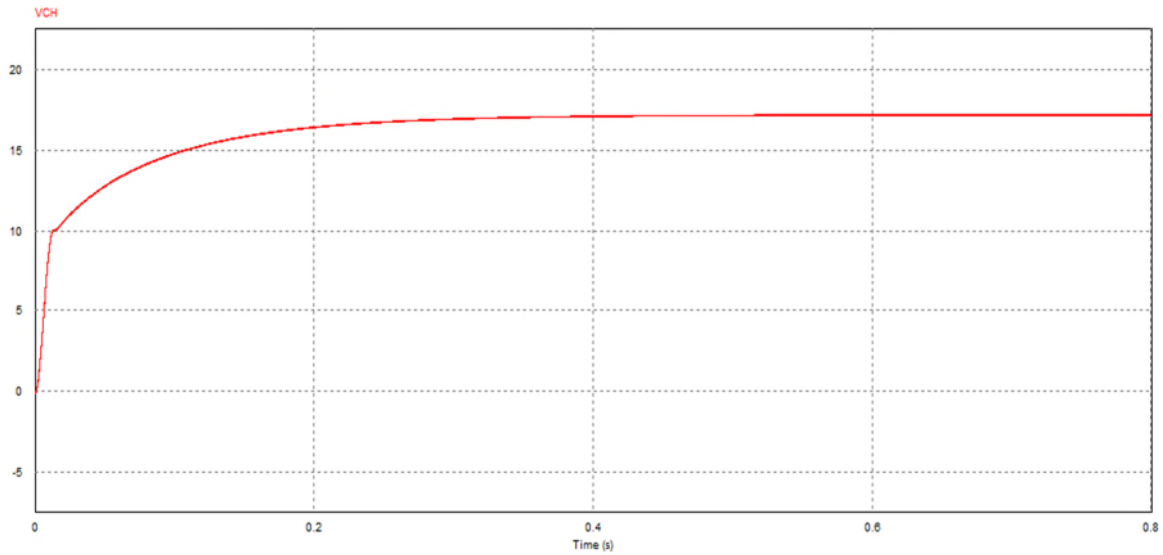


Fig. II.21 : l'allure de tension de charge pour $\alpha_1=0,4$ et $\alpha_2=0,3$.

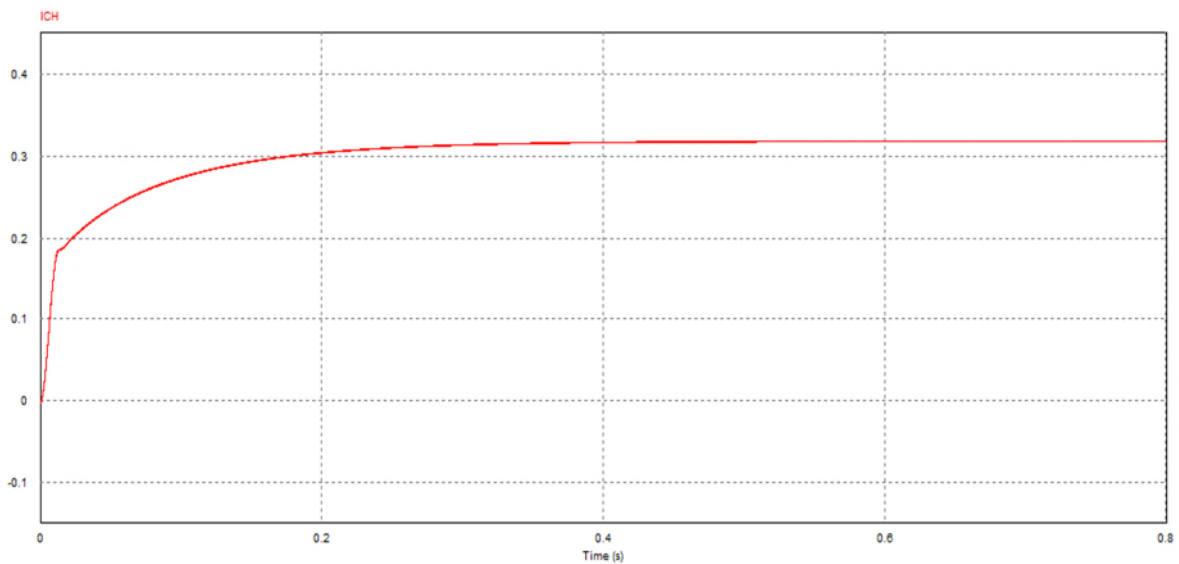


Fig. II.22 : l'allure de courant de sortie pour $\alpha_1=0,4$ et $\alpha_2=0,3$.

Remarque :

On remarque bien pour chaque cas de fonctionnement du hacheur est différent, donc les résultats n'ont pas les même où Dans le premier cas nous avons obtenue pour les tensions d'entrée $S1=5V$ et $S2=0V$ et le rapport cyclique $\alpha1=0.5$, la tension de la sortie est $3 V$ c'est le fonctionnement d'un hacheur abaisseur, et pour le deuxième cas c'est le fonctionnement d'un hacheur élévateur (Boost, et pour le troisième cas, pour tous les essais c'est le fonctionnent d'un hacheur Boost a deux entrées, a savoir le mode de fonctionnement.

D'après les résultats de simulation en remarque que ces modes (mode1 mode2, mode3 et mode4) sont en quelque sorte des circuits équivalents du hacheur mais chaque mode donne ces propre résultats.

VII. Conclusion :

Ce chapitre a été consacré pour la modélisation et la simulation d'un convertisseur boost à deux entrées. Nous avons commencé par la modélisation qui débutera de la représentation du schéma globale d'un hacheur boost puis étudier le principe de fonctionnement qui a divisé sur quatre modes de fonctionnement et leurs équations d'état approprié de chaque mode, la simulation a été faite sous le logiciel PSIM.

Dans ce qui suit nous allons présenter les différentes parties de hacheur Boost a deux entrées, et les différents composants de chaque partie avec son fonction.

Chapitre III :
Etude et conception du
hacheur à deux entrées

I. Introduction :

L'essor de notre réalisation pratique est basé sur une connaissance théorique préalable qui permet de composer les différents circuits à partir d'une expérimentation de test. D'après les deux chapitres précédents on a pu avoir une idée sur le principe de fonctionnement de hacheur boost à deux entrées.

Dans ce chapitre on va présenter les différentes parties du hacheur à deux entrées (la partie de puissance et la partie de commande), et leurs importances.

II. Réalisation du hacheur Boost a deux entrées

Après avoir défini le type de circuit à réaliser (hacheur survolteur a entré multiple), nous avons déterminé les composants à utiliser. Puis nous avons développé le circuit imprimé du convertisseur (partie de puissance et partie de commande) du convertisseur survolteur, à l'aide du logiciel (PROTEUS / ARES).

II.1. Partie puissance

Cette réalisation consiste à déterminer l'architecture et les éléments (composants) à utiliser dans la partie puissance. Certes, tout composant inadapté peut empêcher le fonctionnement optimal de cette carte de puissance, mais surtout risque d'occasionner des pertes bien plus importantes que les économies réalisées.

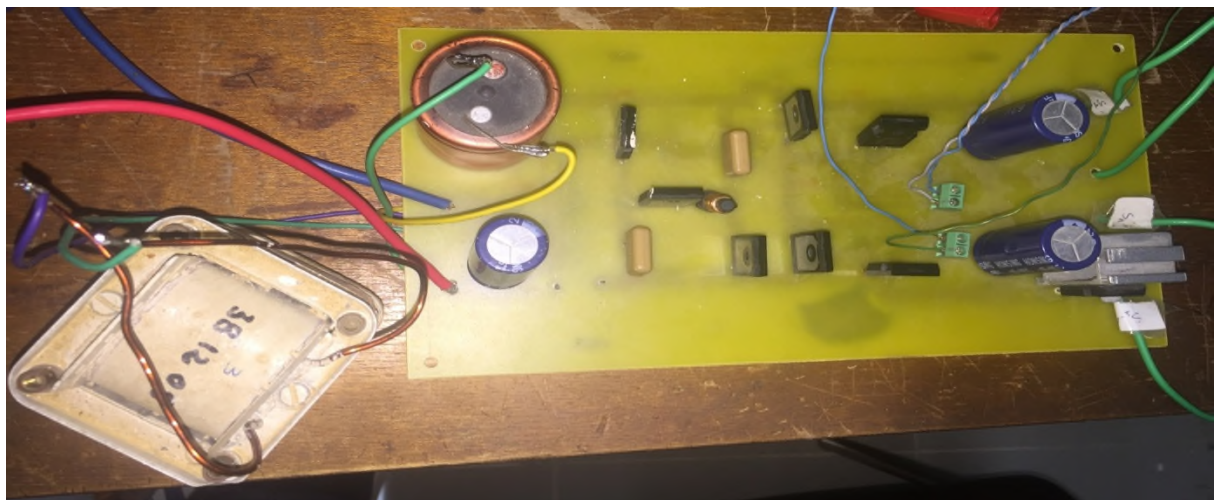


Fig. III.1 : Partie puissance du hacheur survolteur réalisé.

II.1.1. L'inductance L_m :

Le choix de la bobine L_m est très judicieux, c'est elle qui emmagasine l'énergie lorsque l'un des deux MOSFET conduit. Donc elle doit être une inductance assez élevée. On a opté pour une bobine de 3mH.

II.1.2. Condensateurs :

Il était nécessaire de placer trois condensateurs (C_1 , C_2 , C_3). Les deux condensateurs, C_1 et C_2 sont des condensateurs non polarisés. Ils ont pour valeur 110 nF à l'entrée et le troisième à la sortie, de grande capacité (condensateur chimique) afin de filtrer les fortes et les faibles fréquences.

Le but du condensateur à la sortie est de filtrer les variations de tension et de maintenir la tension fournie constante, et les deux condensateurs d'entrée pour filtrer la tension à la sortie des sources.

II.1.3. Choix des semi-conducteurs :

La diode :

Toutes les diodes utilisées pour la conception du hacheur sont de type BYT 30PI-1000. et sont dites diodes rapides pour leur faible temps de recouvrement.



Fig. III.2 : La diode BYT 30PI-1000.

Nous avons placé les diodes rapides pour assurer la circulation de courant ou pour éviter le court-circuit avec la charge (et le condensateur de filtrage) en cas où l'interrupteur principal est fermé. Le tableau suivant est représenté les caractéristiques de ces diodes :

Tableau III. 1 : Caractéristiques des diodes rapides BYT 30PI-1000

La grandeur	La valeur
$I_{max}(A)$	70
$V_{max}(V)$	1000
Puissance de dissipation (W)	60
Temps de recouvrement(ns)	70-165

Le choix de la diode est basé sur la fréquence de commutation et ainsi que ses autres caractéristiques (tension et courant...).

Le transistor MOS

Le choix de l'interrupteur de puissance se fait selon des différents facteurs (la puissance, la fréquence et le courant de conduction) si cela nous a poussé à choisir d'utiliser le module MOSFET IRFPN260, et pour sa commutation rapide, facilité de la mise en parallèle et conditions simples d'entraînement.



Fig. III.3 : Le semi-conducteur IRFP460.[18]

Les caractéristiques de ce MOSFET à une température de $20C^{\circ}$ sont :

Tableau III. 2 : Caractéristiques des interrupteurs de commandes, les MOS

La grandeur	La valeur
$V_{DS}(V)$	600
$V_{DG}(V)$	600
$I_D(A)$	27
$V_{GS}(V)$	± 30

II.2. Partie commande

Pour réaliser le circuit de commande et assurer l'isolation de la commande à la sortie, nous avons besoin des sources continues qui assurent l'alimentation des différents composants de la partie commande.

II.2.1. Circuit d'alimentation

Ce circuit sert à convertir la tension alternative du réseau (220 V) de telle sorte à avoir une tension continue de 15V à la sortie.

Cette alimentation est utilisée pour alimenter la carte de commande. Le schéma bloc d'alimentation est représenté sur la figure III.7. est constitué d'un transformateur (220V/15V) et pont de diodes, condensateurs et en fin un régulateur.

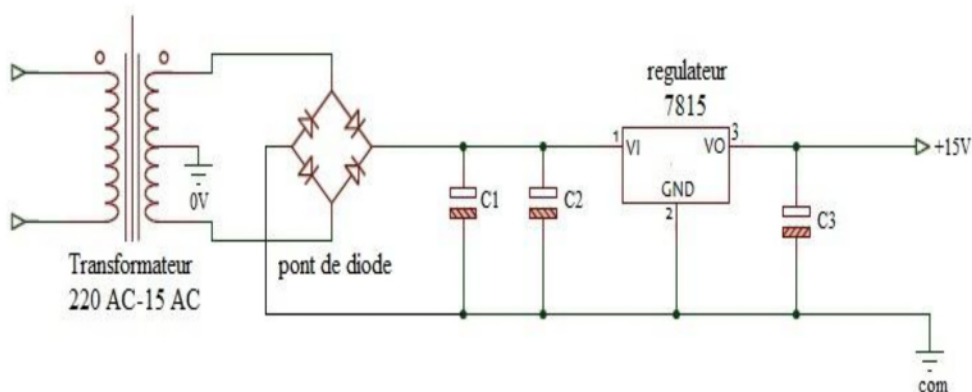


Fig. III.4 : Circuit électrique d'une alimentation 15Vdc.

Le principe de cette alimentation est très simple. La tension alternative de 15V recueilli au secondaire du transformateur est redressée par un pont redresseur, connue pour convertir une tension alternatif à l'entrée à une tension continu à la sortie. Les différents composants de ce circuit et leur fonctions est :

- 1. Transformateur :** On a choisi un transformateur (220V~/15V~) pour le but de transformer une tension 220V alternatif a 15V alternatif.
- 2. Pont de diode :** est un ensemble de quatre diodes dans une configuration de circuit de pont qui fournit la même polarité de sortie pour chaque polarité de l'entrée.

3. Condensateurs: Dans cette partie on a choisi deux type de condensateur généralement pour le but de filtrer la tension:

3.1.Le condensateur polarisé : accumule les charges électriques, plus la capacité du condensateur est grande plus la réserve du courant sera importante, sa permet de mieux supporter les brusques demandes de courant provenant du circuit utilisateur. Il faudra choisir un condensateur pouvant supporter la tension maximale du système.

3.2.Le condensateur céramique non polarisé : (ce qui signifie qu'il peut être placé dans n'importe quel sens). Sa capacité est faible mais il réagit très vite à la demande de courant. Dans le cas où il y a un retour de courant, ce composant permet du consommé afin de protégé le circuit.

4. Régulateur de tension: c'est un circuit intégré à 3 pattes. Sa caractéristique est de fournir en sortie une tension fixe de 15V. La sortie du LM7815.

II.2.2. Circuit de commande

la figure suivante représente le circuit de commande avec les différents composants sous le logiciel Proteus.

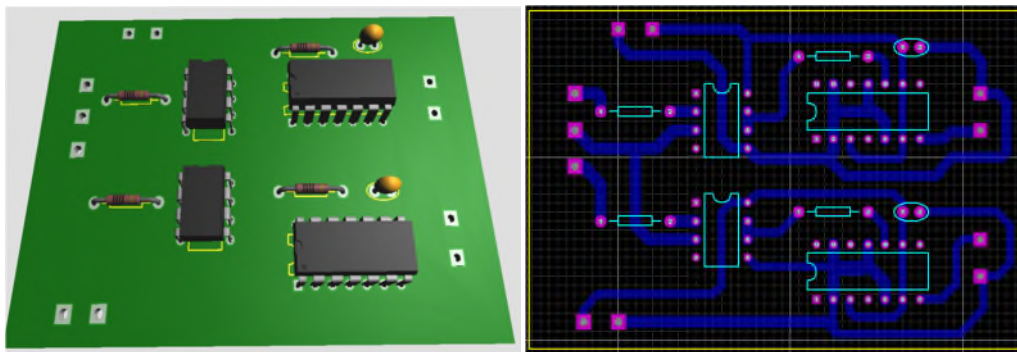


Fig. III.5 Circuit de commande sous le logiciel proteus.

II.2.2.1. Optocoupleur (circuit d'isolation)

Un optocoupleur est un composant ou un ensemble de composants qui permet le transfert d'informations entre deux parties électroniques isolées l'une de l'autre d'un point de vue électrique. La première partie est un émetteur et la seconde partie est un récepteur. On peut l'assimiler à un composant qui a une entrée (émetteur) et une sortie (récepteur).

On utilise dans notre cas l'Optocoupleur Driver HCPL 3120, sous une tension d'alimentation de 15 à 30V et un courant de sortie (peak output current) qui peut atteindre 2A. La figure suivante montre le circuit interne utilisé.[17]

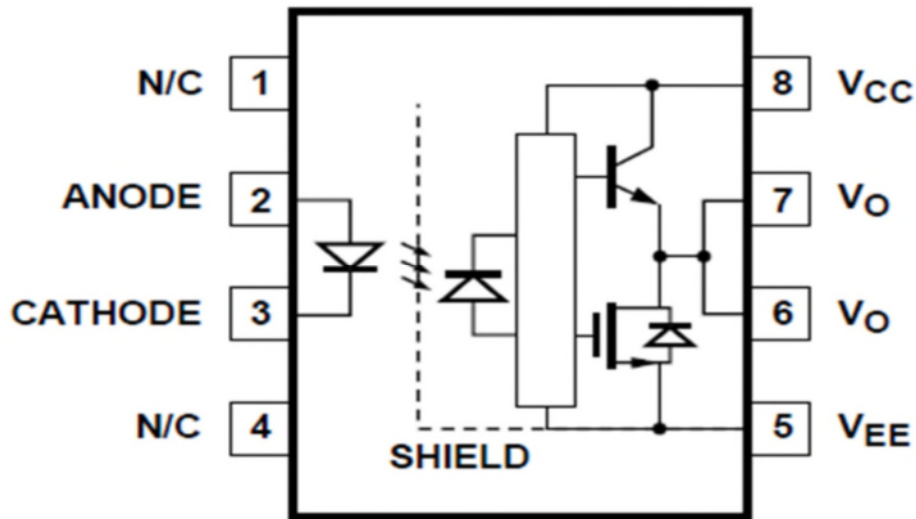


Fig. III.6 : Schéma interne de l'optocoupleur HCPL-3120.

Les deux fonctions de notre optocoupleur est :

L'isolation galvanique :

Le principe est de déconnecter une partie d'un montage d'une autre partie "sensible", les deux parties peuvent alors communiquer sans aucune liaison électrique mais simplement à l'aide d'une liaison optique. De cette façon, aucun risque d'endommager la première partie ou la deuxième. Cette liaison est réalisée avec l'aide d'une diode émettrice d'un côté et d'un photorécepteur de l'autre. Le tout est assemblé dans un petit boîtier hermétique à la lumière.

L'adaptation de tensions

En effet, comme la seule chose que fait l'optocoupleur c'est de transmettre une information tout ou rien ("1" ou "0") de façon lumineuse. Tu peux très bien le commander en 5V en entrée et avoir une sortie 15V. [19]

III.2.2.2. Driver IR2112 (circuit d'attaque)

Le signal à la sortie des optocoupleurs est faible, c'est pourquoi le plus souvent on les couple à des drivers. Dans notre maquette, nous avons opté pour le driver IR2112, une référence pour les interrupteurs de puissance.

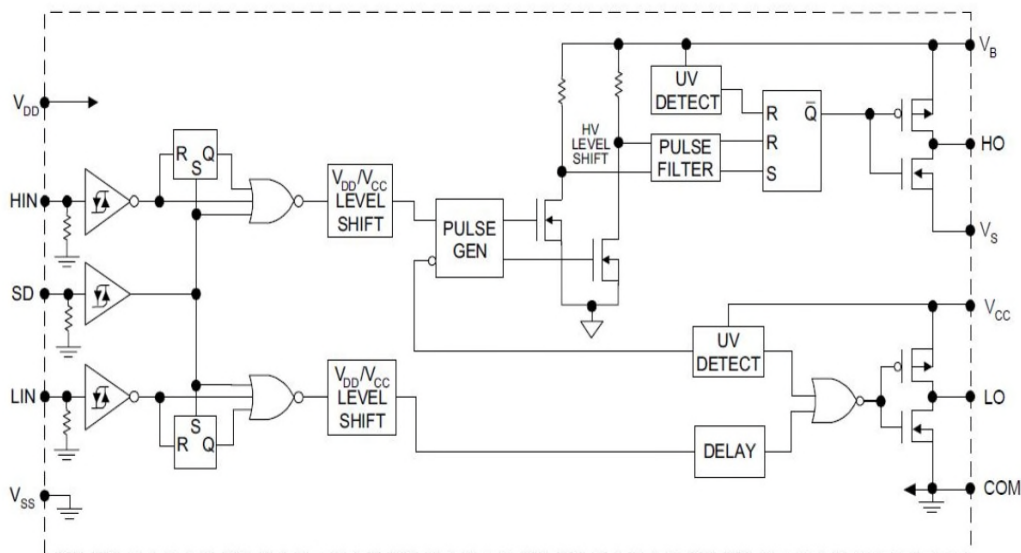


Fig. III.7 : Schéma circuit interne du driver IR2112.

II.2.2.3. Forme générale du circuit de commande du hacheur

Le circuit de commande du hacheur se présente comme le montre la figure suivante :

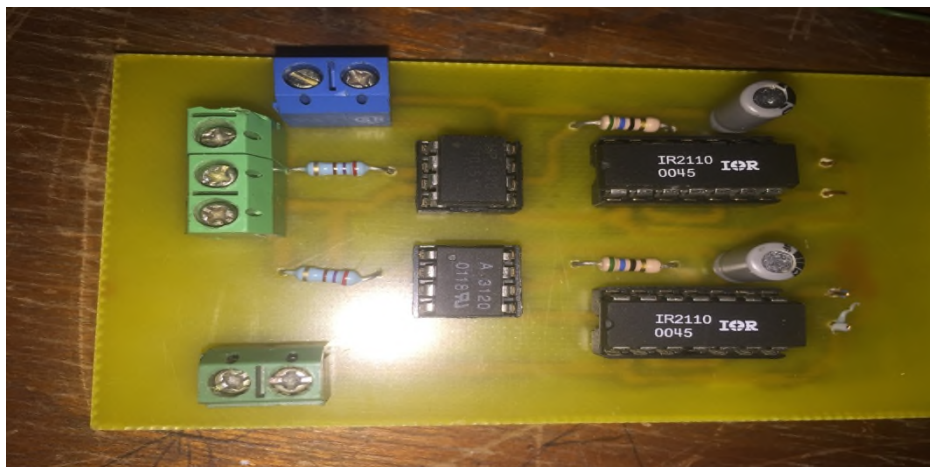


Fig. III.8 Circuit de commande du hacheur

On voit bien sur cette figure que chaque MOSFET comporte son propre driver. Et chaque driver comporte aussi son propre optocoupleur et source d'alimentation.

Le générateur d'impulsion (la carte dspace) génère 2 signaux à travers des résistances de protection de 270 Ω vont attaquer les optocoupleurs, ce dernier envoie les signaux aux drivers IR2112 afin d'attaquer les MOSFET.

III. Présentation de la DS PACE 1104 : [20][21][22]

Développée par la société allemande DS PACE, c'est une carte de prototypage rapide de loi de commande, sa puissance de calcul et ses E/S sont primordiales pour les applications. Utilisée avec le Real-Time Interface (RTI), cette carte est entièrement programmable à partir de l'environnement de Matlab/Simulink. On peut configurer toutes les E/S graphiquement en utilisant la RTI. C'est une façon simple et rapide d'implémenter les fonctions de commande.



Fig. III.9 : Carte d'acquisition de la carte dSPACE 1104.

La carte est dotée d'un panneau de connexion qui comporte les périphériques des E/S qui permettent la communication avec le système physique « figure III.14 »

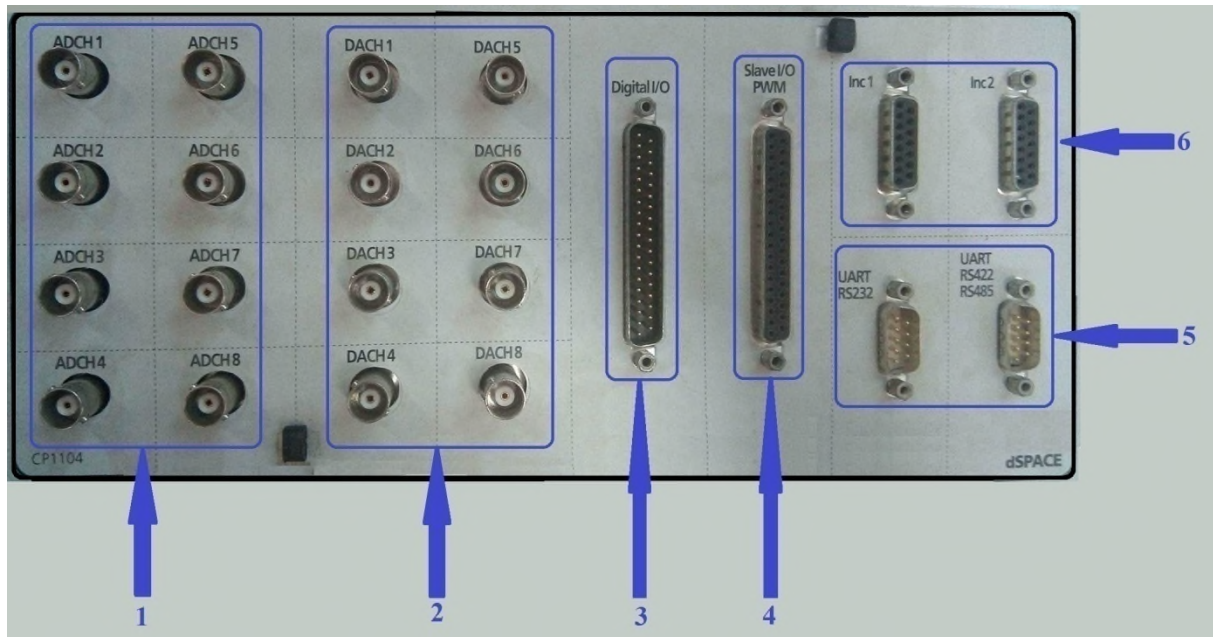


Fig. III.10 : Panneau de connexion de la dSPACE 1104.

- (1) 8 convertisseurs analogiques numériques (CAN), 4 en 16 bits, 4 en 12 bits : utilisés pour la récupération de données analogiques à partir d'un système puis leur conversion au numérique et leur affichage sur PC.
- (2) 8 convertisseurs numériques-analogiques (CNA) de 16 bits pouvant délivrer une tension $\pm 10V$, utilisés pour la conversion de données numérique introduites à partir du PC en données analogiques, puis leur injection à un système externe.
- (3) Entré/sortie numérique utilisée lorsque nous avons affaire à un langage de programmation.
- (4) Entré/sortie du DSP esclave chargé de générer les signaux MLI pour la commande de l'onduleur.
- (5) Les ports séries (RS 232, RS 422 et RS 485) : utilisés pour avoir une communication série entre la dSPACE 1104 et les différents appareils électroniques (automate, appareil de mesure, etc.). Ils assurent également la communication entre deux cartes dSPACE.
- (6) 2 codeurs incrémentaux pour la récupération de données à partir de capteurs (capteurs de position).

Elle se compose également de 20 entrées/sorties numériques (de 3 timers (32 bits)) pouvant fonctionner de manière indépendante comme la montre la figure ci-après :

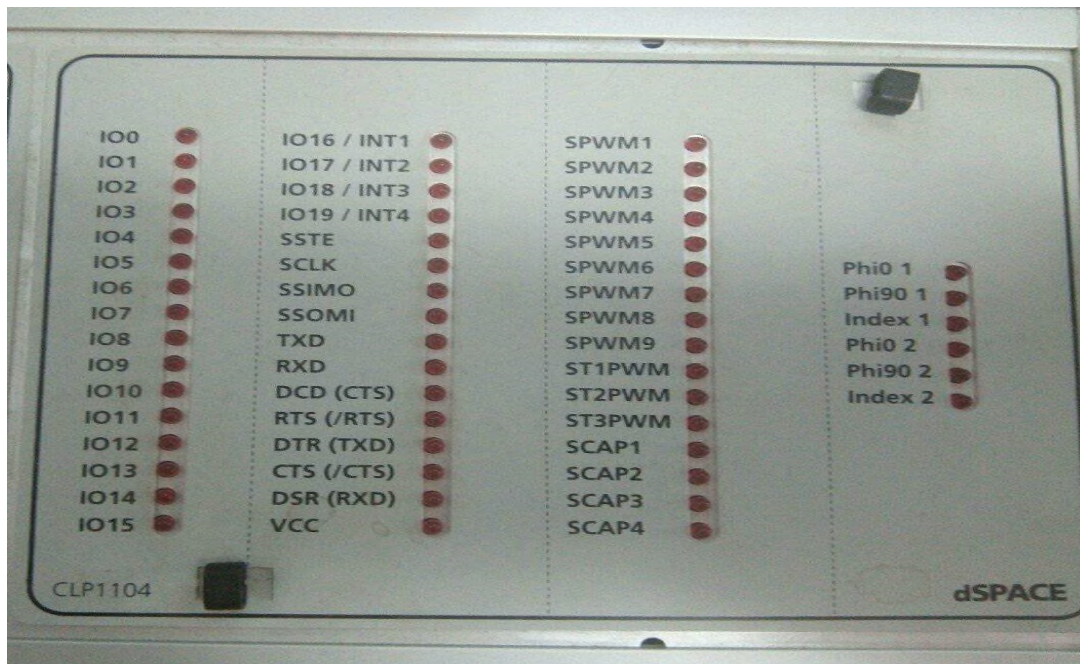


Fig. III.11 : Les différentes entrées/sorties de la dSPACE 1104.

La carte dSPACE1104 nommée également DS1104, peut être installée pratiquement sur tous les PC, possédant une prise PCI libre.

Composition de la carte DS 1104 :

La carte DS 1104 est composée :

- Un processeur maître Motorola MPC8240.
- Un sous ensemble du processeur DSP esclave TMS320F240 de Texas Instruments.
- Une mémoire SDRAM de 32 Mo, une mémoire Flash de 8Mo et un port-dual RAM.
- Une interface série.
- Un bus PCI, qui permet la connexion entre la carte et le connecteur d E/S.
- Un générateur MLI fonctionnant en monophasé et en triphasé.
- 20 E/S numérique.
- Interface d'encodeurs incrémentaux.
- Huit ADC et huit DAC.

Domaine d'application de la carte DS1104: [22]

Cette carte contrôleur est conçue pour répondre aux exigences du prototypage rapide et moderne de lois de commande et elle est particulièrement appropriée pour les applications telles, que :

- Contrôle des moteurs électriques.
- Robotique.
- Contrôleurs automobiles.

IV. Conclusion :

Ce chapitre a été consacré à la réalisation du hacheur Boost à deux entrées, nous avons commencé par la structure générale. Ensuite, nous avons détaillé les différentes étapes de réalisations (partie commande et partie puissance), et le choix des différents composants qui le constituent.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter le schéma globale de notre système étudié, et valider les résultats de simulation.

Chapitre IV :
Résultats expérimentaux
et discussion

I. Introduction

Ce chapitre est consacré à la validation expérimentale de notre étude et réalisation présentées dans le chapitre précédent. Il s'agit de la présentation de hacheur réalisée au sein du laboratoire LTII. Et de comparer les résultats pratiques qu'on a obtenus dans ce chapitre et les résultats de simulation.

II. Description du banc d'essais :

Le banc d'essai élaboré lors de notre projet de fin de cycle comprend deux circuits électriques : commande et puissance. La photo du banc d'essais est présentée dans la Figure ci-dessous.

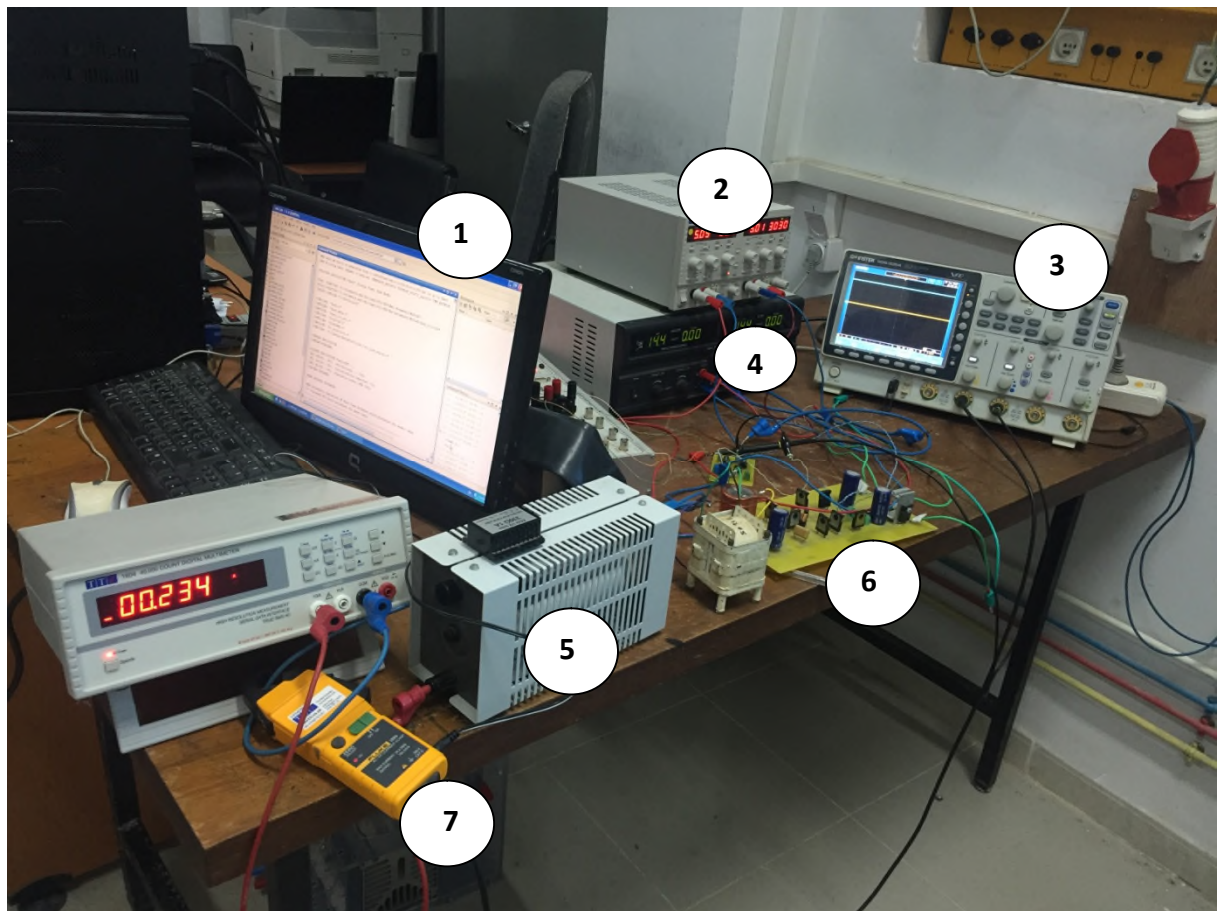


Fig. VI.1 : Banc d'essais expérimentaux (circuits de commande et de puissance).

1 : la carte dSPACE.

2 : Sources continues 1 et 2.

3 : Oscilloscope.

4 : Source d'alimentation de la carte de commande.

5 : la charge.

6 : le hacheur réalisé.

7 : capteurs du courants.

III. Résultats des différents tests pratiques

Dans ce chapitre on va présenter les essais expérimentaux pour déterminer les zones de conduction des MOSFETs dans une période. Nous avons basé sur trois tests, quand la source 1 uniquement en marche, le deuxième test pour l'autre source, et le troisième teste pour les deux au même temps, en fonction de la variation du rapport cyclique α de chaque test.

Le test 1: $S1=5V$, $S2=0$

$\alpha_1=0.5$ et $\alpha_2=0$.

Le signal de commande de MOSFET 1 et le courant d'entrée sont représentés sur la figure suivante.

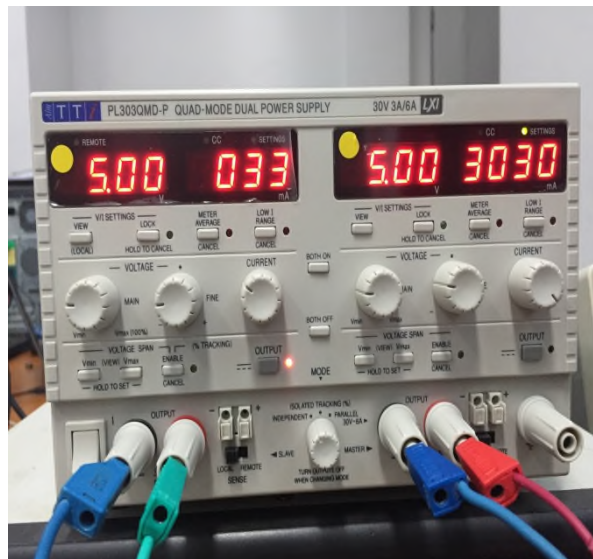
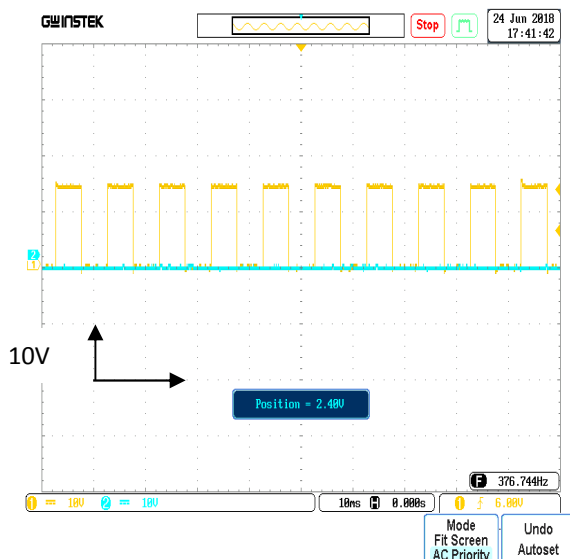


Fig. VI.2 : le signal d'attaque pour MOSFET 1et le courant d'entrée pour $\alpha_1=0.5$

La figure suivante représente L'allure de la tension et du courant de charge :

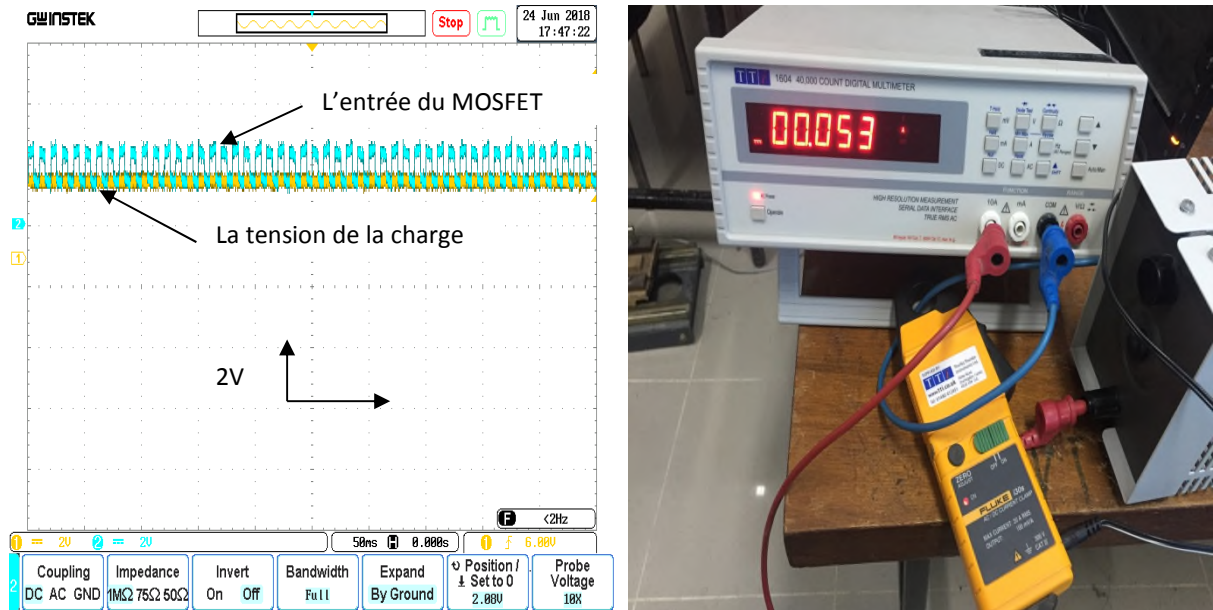


Fig. VI.3 : L'allure de la tension et le courant à la sortie du hacheur pour $\alpha_1=0.5$

Deuxième teste

$S_1=0$, $S_2=5V$ et $\alpha_2=0.3$

Les allures de commande de MOSFET 2 et le courant de la source sont présentés dans la figure suivante.

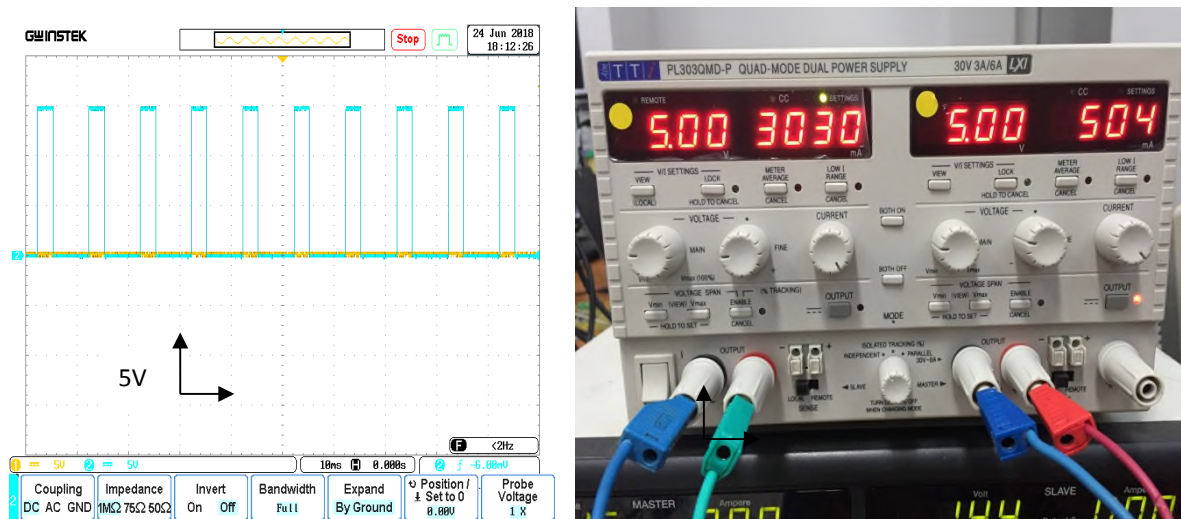


Fig. VI.4: le signal d'attaque pour le MOSFET 2 et le courant d'entrée pour $\alpha_2=0.3$

La figure suivante représente les allures du courant et de tension de charge

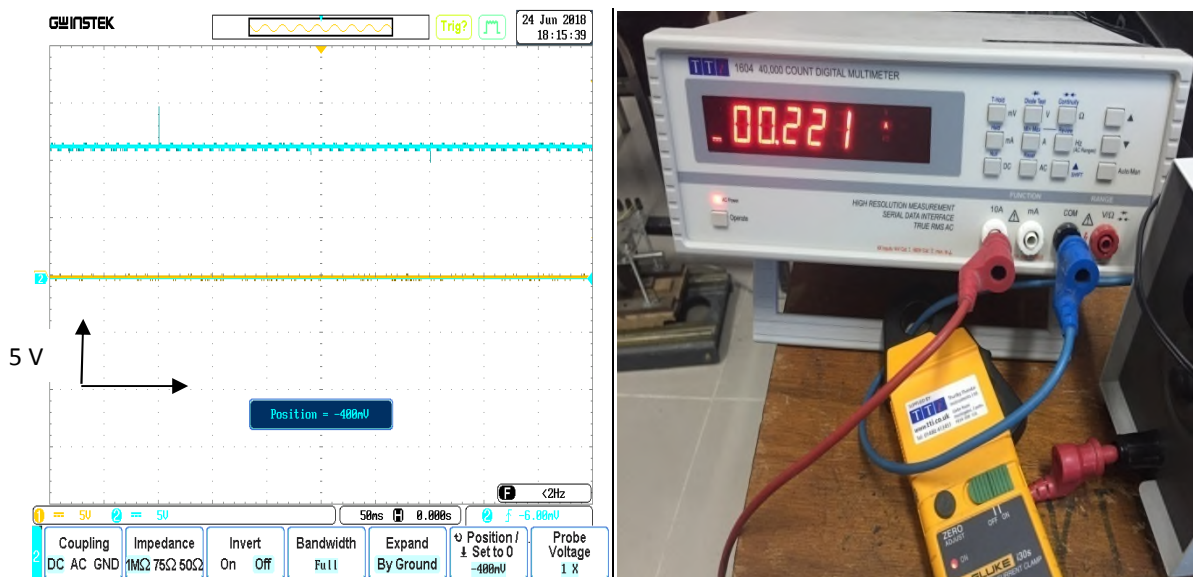


Fig. VI.5 : Les allures de la tension et le courant du la charge pour $\alpha_2=0.3$

Pour $\alpha_2=0.5$

Les allures de commande de MOSFET 2 et le courant de la source sont présentés dans la figure suivante.

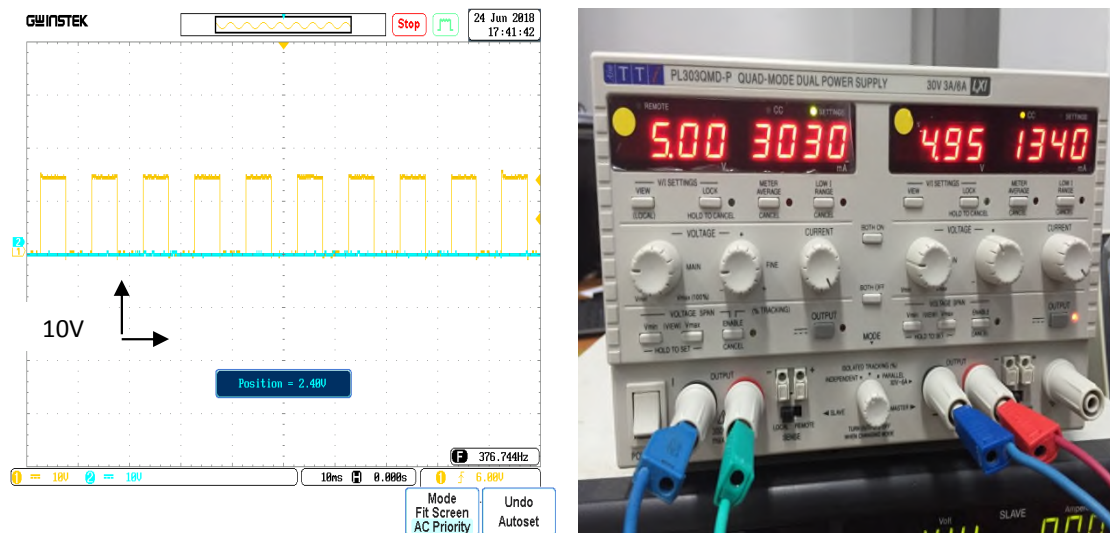


Fig. VI.6: le signal d'attaque pour le deuxième MOSFET et le courant d'entrée pour $\alpha_2=0.5$

Les allures de tension et du courant de charge sont présentés dans la figure ci-dessous.

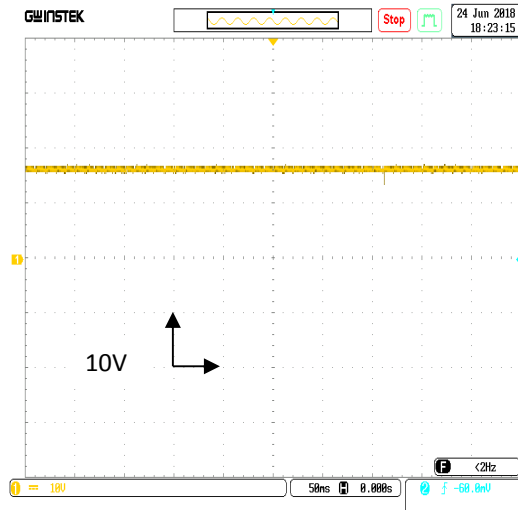


Fig. VI.7: Les allures de la tension et courant à la sortie de la charge pour $\alpha=0.5$

Le troisième teste:

Les deux sources fonctionnes $S1=5V$, $S2=5V$ et les rapports cycliques $\alpha1=\alpha2=0.5$, le premier conduit de 0 à 180° , le deuxième MOSFET conduit de 180° à 360° comme la montre la figure ci-dessous avec le signal d'attaque pour MOSFET 1 et 2 et les courant d'entrés.

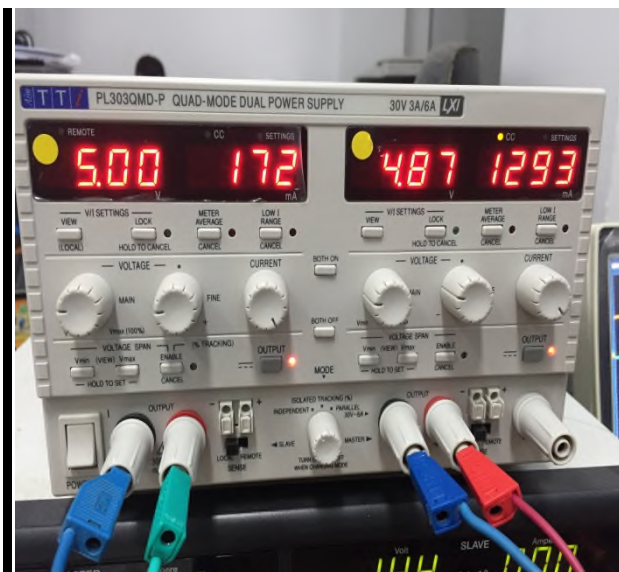
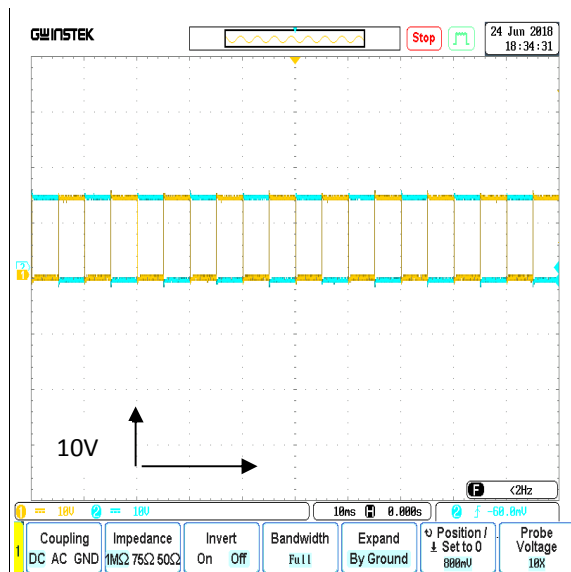


Fig. VI.8 : le signal d'attaque pour MOSFET 1 et 2 et les courants d'entrés pour $\alpha1=\alpha2=0.5$

Les allures de tension et du courant de charge sont présentés dans la figure ci-dessous.

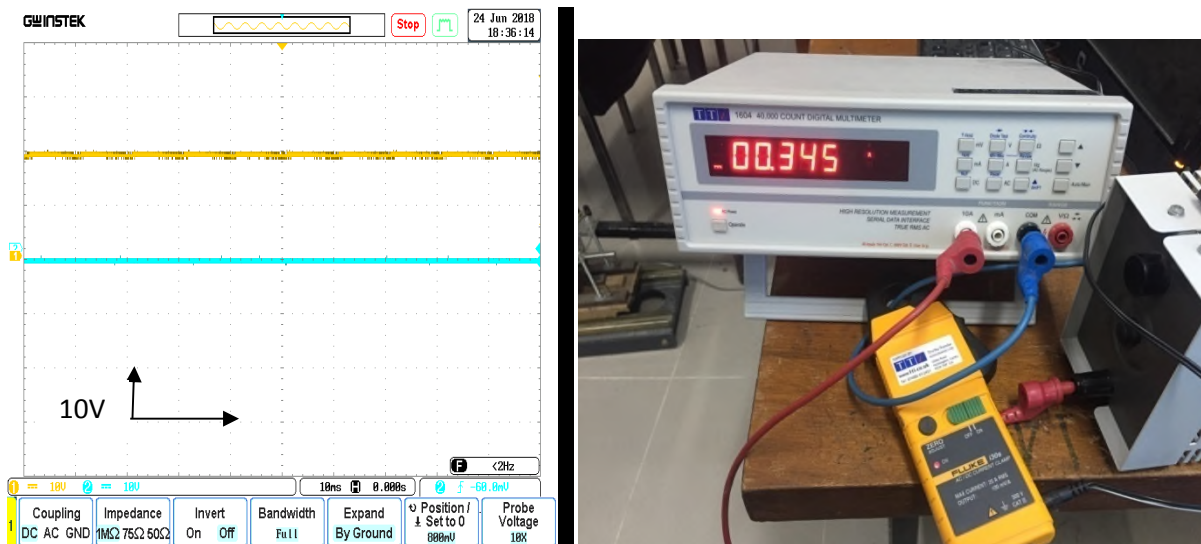


Fig. VI.9: L'allure de la tension et du courant à la sortie (la charge) pour $\alpha_1=\alpha_2=0.5$

Pour: $\alpha_1=0.75$ et $\alpha_2=0.25$

Les figures suivantes représentent respectivement la commande des MOSFET 1 et MOSFET 2 et les courants d'entrés.

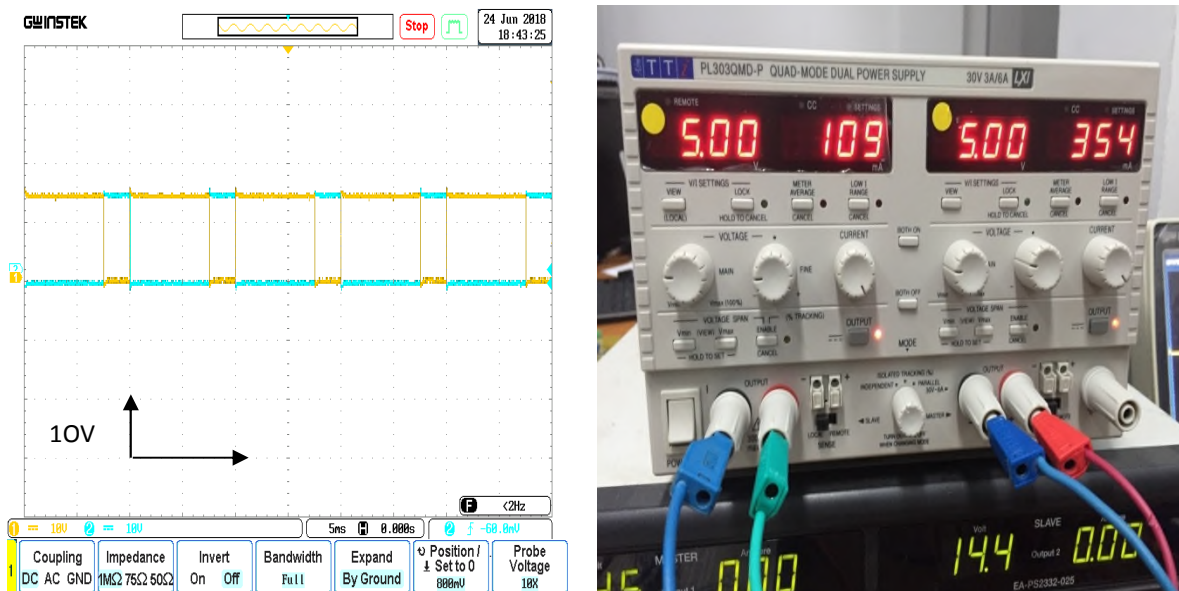


Fig. VI.10 : le signal d'attaque des MOSFET 1 et 2 et les courants d'entrés pour $\alpha_1=0.75$ et $\alpha_2=0.25$

Les allures de tension et du courant de charge sont présentés dans la figure ci-dessous

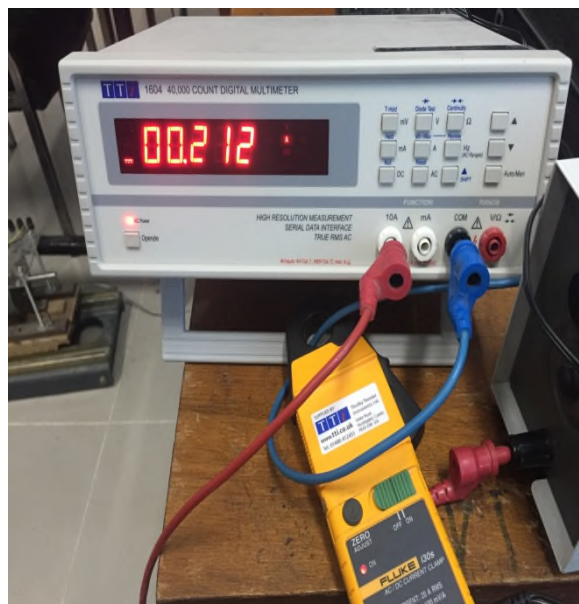
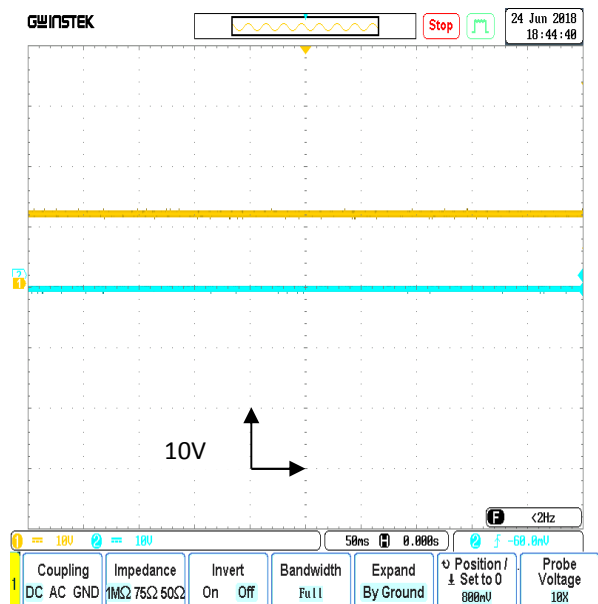


Fig. VI.11: Les allures de tension et courant de charge pour $\alpha_1=0.75$ et $\alpha_2=0.25$

Pour: $\alpha_1=0.5$ et $\alpha_2=0.5$ (les deux MOSFET conduisent dans la même période)

Les figures suivantes représentent respectivement la commande des MOSFET 1 et MOSFET 2 et le courant d'entrée.

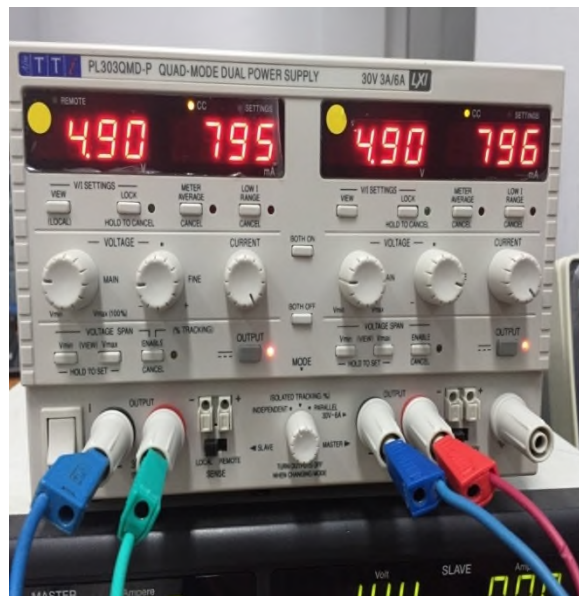
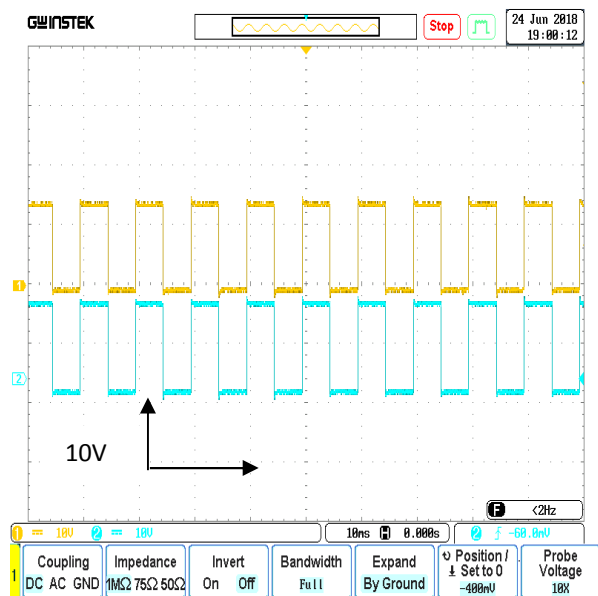


Fig. VI.12: le signal d'attaque pour MOSFET 1 et 2 et les courants d'entrée avec $\alpha_1= \alpha_2=0.5$

Les allures de tension et du courant de charge sont présentés dans la figure ci-dessous

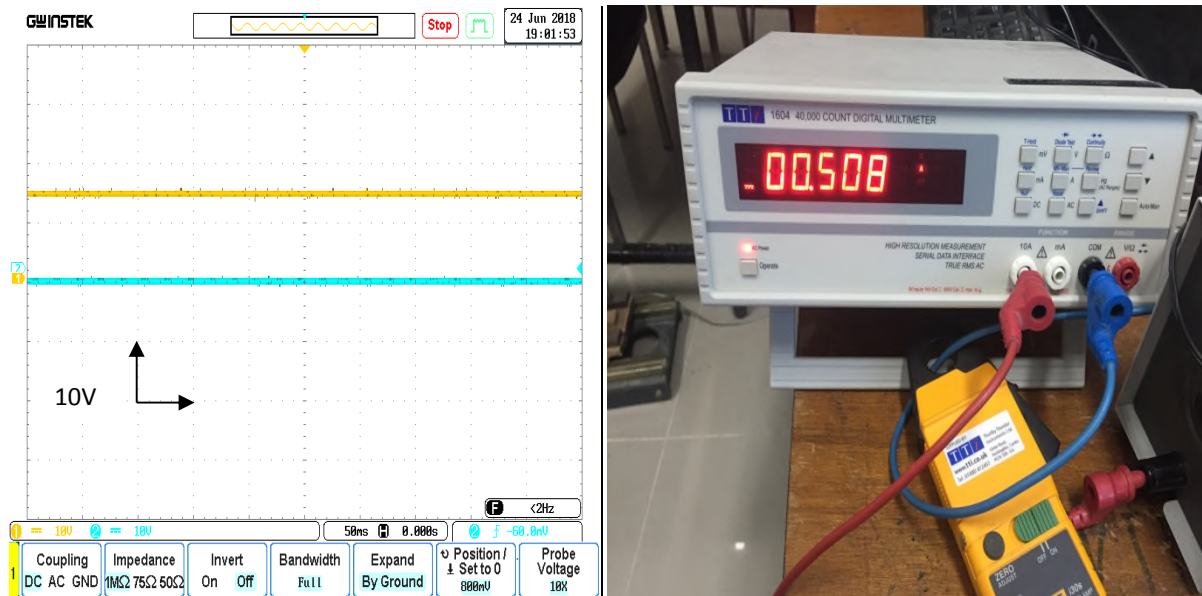


Fig. VI.13: L'allure de la tension et courant de charge avec $\alpha_1 = \alpha_2 = 0.5$

Pour: $\alpha_1 = 0.4$ et $\alpha_2 = 0.3$

Les figures suivantes représentent respectivement la commande des MOSFET 1 et MOSFET 2, et les courants d'entrés.

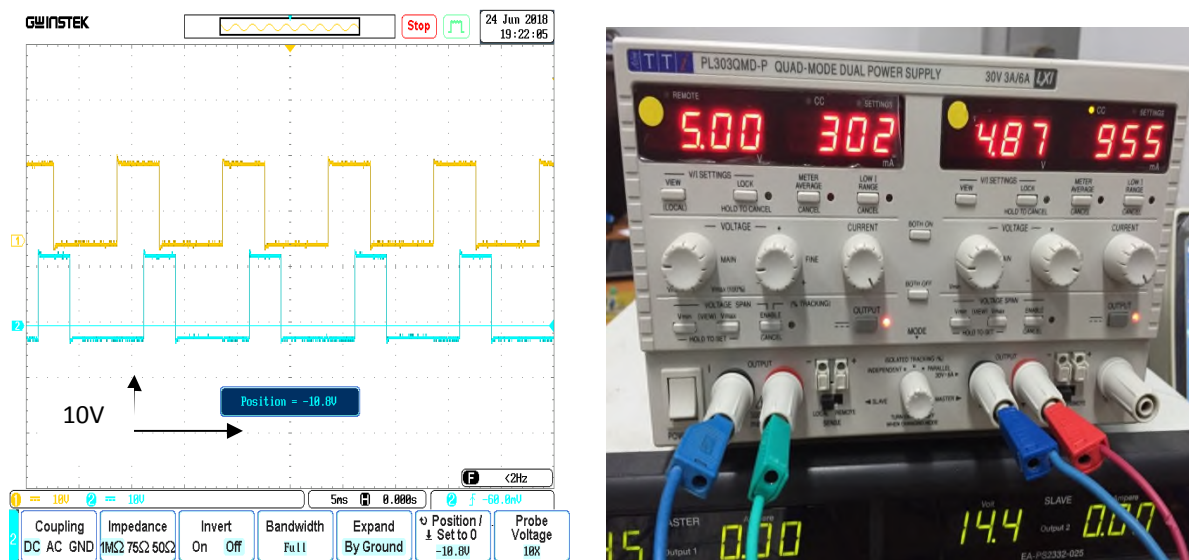


Fig. VI.15: le signal d'attaque pour MOSFET 1 et 2 et les courants d'entrés pour $\alpha_1 = 0.4$ et $\alpha_2 = 0.3$

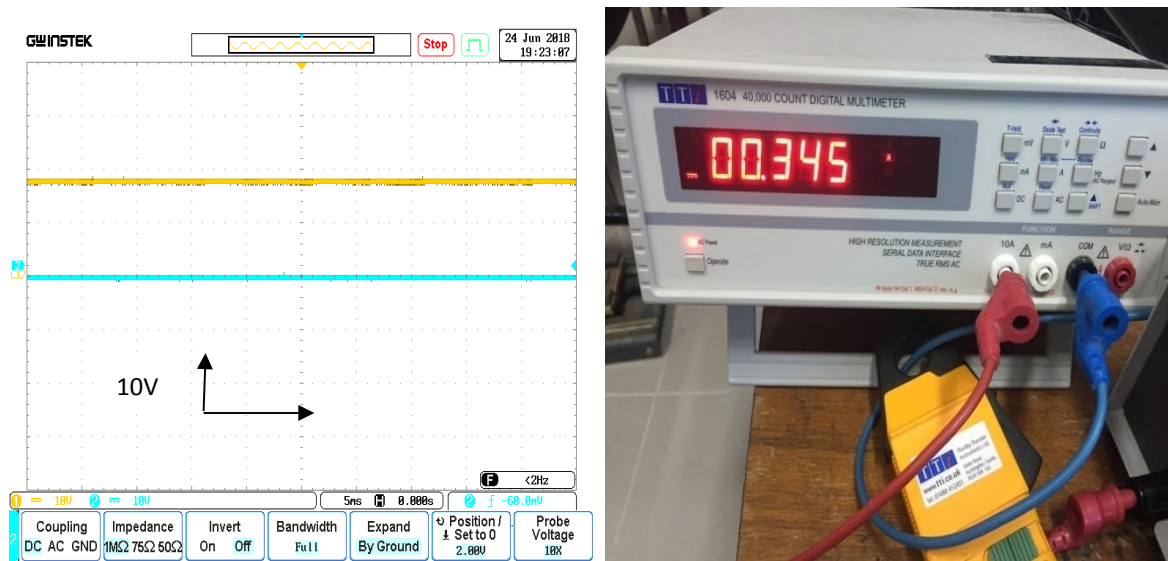


Fig. VI.16 : L'allure de la tension et courant de charge pour $\alpha_1=0.4$ et $\alpha_2=0.3$

IV. Discussion des résultats

Lorsqu'on alimente uniquement la source S1, pour les différentes valeurs du rapport cyclique α , la valeur de la tension de sortie est inférieure à celle d'entrée, dans ce cas notre circuit fonctionne comme un dévolteur (hacheur série).

Lorsque uniquement la source S2 est fonctionnelle, cette fois, cela fonctionne comme un boost et à chaque fois on augmente la valeur de rapport cyclique α , la tension de sortie augmente.

Lorsque les deux sources fonctionnent, on obtient le fonctionnement d'un boost avec différentes valeurs, cela dépend de α (la valeur du rapport cyclique des deux MOSFETs):

1. Pour α_1 et α_2 sont complémentaires, dans ce cas l'hacheur fonctionne comme un Boost, lorsque la source S2 fonctionne assure l'alimentation de la charge et en même temps charge la bobine L_m , et lorsque la source S1 mis en marche, cette dernière et la bobine L_m alimentent la charge.
2. Lorsque $\alpha_1=\alpha_2=0.5$ (α_1 et α_2 fonctionnent au même temps), nous avons obtenue les mêmes allures du courant pour les deux sources S1 et S2, et un fonctionnement d'un hacheur Boost, les deux sources chargent la bobine L_m et assurent l'alimentation de la charge de 0 à αT , et de αT à T la bobine L_m décharge sur la charge.

3. Lorsque $\alpha_1=0.4$ $\alpha_2=0.3$ (il y a un chevauchement), nous avons toujours un fonctionnement d'un hacheur élévateur.

V. Comparaison des résultats pratique avec la simulation :

D'après les résultats que nous avons obtenus dans les deux parties (théorique et pratique), on remarque une légère différence qui due aux erreurs de mesure (incertitude, lecture, précision) par les appareils de mesure (capteurs de courant et de tension, et l'oscilloscope).

VI. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats expérimentaux obtenus par notre réalisation du hacheur, ou on varie le rapport cyclique α ainsi que les deux sources de tension S1 et S2.

D'après les résultats que nous avons obtenus, on conclue:

- ✓ Faire fonctionner l'hacheur avec seulement la première source comme un abaisseur
- ✓ En mode élévateur avec seulement la deuxième source ou les deux sources fonctionnent en même temps.
- ✓ Pour un meilleur fonctionnement d'un hacheur Boost a deux entrées, la plage de conduction des deux MOSFET c'est dans la même période.

Conclusion générale

Conclusion général

Le travail présenté dans ce mémoire qui a été réalisé au sein de laboratoire L.T.I.I équipe EPC (Electronique de Puissance et Commande) de L'université de Bejaia porte sur l'étude, la modélisation et la réalisation d'un convertisseur continu-continu hacheur Boost a deux entrées, que nous avons organisé en quatre chapitre.

Au premier nous avons présenté une description générale sur les convertisseurs d'électronique de puissance, leurs principes de fonctionnements et les domaines d'utilisation.

Le second chapitre a été consacré a la modélisation et la simulation sous le logiciel PSIM, de l'hacheur Boost a deux entrées, et ces différents modes de fonctionnement avec leur équation d'état.

Le troisième chapitre présente une description général sur les deux circuits constituent l'hacheur Boost a deux entrées (la partie commande et puissance), ainsi que le dimensionnement des différents composants nécessaires pour ce dernier.

Le dernier chapitre est basé sur la présentation des résultats pratiques obtenue pour les même paramètres de la partie de simulation et de les comparées.

Finalement, on peut envisager à la lumière de ce travail les perspectives suivantes :

- Commander l'hacheur Boost a deux entrées avec une boucle de retour avec les capteurs de tension et du courant.
- La gestion pour les systèmes hybride.

Référence

- [1] NETTARI Yakoub, «*Commandes robustes et intelligentes des convertisseurs DC-DC*», mémoire de master, Université FERHAT ABBAS -Setif1.
- [2] HAZIL Omar, «Modélisation et commande prédictive flou robuste des convertisseurs DC-DC en utilisant le formalisme LMI», mémoire de master, Université Constantine 1,2013.
- [3] <file:///C:/Users/W%20I%20S/Downloads/533ec5b06ae6f.pdf>
- [4] Michel Pinard « Convertisseurs et électronique de puissance : commande, description et mise en œuvre » Edition Dunod, Paris, 2007.
- [5] «cours les convertisseurs statiques», [automationsense](http://www.automation-sense.com/blog/electronique/les-convertisseurs-statiques-definition-et-exemples.html).
<https://www.automation-sense.com/blog/electronique/les-convertisseurs-statiques-definition-et-exemples.html>
- [6] «Introduction au redressement monophasé non commandé»,
<http://educyclopedia.karadimov.info/library/enpu1.pdf>
- [7] ZEMOURI AZEDDINE, « ETUDE EXPERIMENTALE D'UN CONVERTISSEUR DC/DC CONTROLER PAR UNE COMMANDE ROBUSTE», mémoire d'ingénieur, Université de Batna, 2014.
- [8] SOLAZ Philippe, « GRADATEUR », cours d'Electronique de Puissance.
http://pedagogie.ac-toulouse.fr/BTS_electrotechnique-tarbes/download/GRADATEUR.pdf.
- [9] Théodore wildi «électrotechnique»,3^e Edition, Ingénieur, Institut de recherche d'hydro-Québec.2000
- [10] SALHI YOUNES, «Conception et Réalisation d'un Hacheur Boost MPPT à Base d'une Carte ARDUINO Application PV», Diplôme de Master Professionnel, UNIVERSITE KASDI MERBAH –OUARGLA, 2017
- [11] BENSACI Wafa, « Modélisation et simulation d'un système photovoltaïque adapté par une commande MPPT », mémoire de master, Université de Ouargla, 2012.
- [12] A. Rufer, P. Barrade, « Cours d'électronique de puissance Conversion DC/DC », octobre 2001, EPFL, 90 pages. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- [13] Christian Glaize, « Introduction à l'électrotechnique et à l'électronique de puissance », Université de Montpellier 2, 2002.
- [14] Cyril LAHORE «Optimisation de commandes MPPT», DIPLOME D'INGÉNIEUR CNAM, novembre 2012.
- [15] YAHIAOUI Salah «Etude et conception d'un onduleur à entrées multiples», mémoire de master, Université de Bejaia, 2010.
- [16] M. BOUZIDI. / KH .CHAIBAINOU/N.BENBOUZA «Redresseur monophasé non contrôlé (à diode) », cours, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2013.

[17] A. Meflah, « Modélisation et commande d'une chine de pompage photovoltaïque », Mémoire de Magistère, Université de Tlemcen, Algérie, 2011.

[18] R.TAHI, « Etude d'un hacheur boost appliqué aux systèmes photovoltaïques », Mémoire de Magistère, Université de Bejaia, 2016.

[19] BENAOUICHA Mounir, « Réalisation d'un onduleur de tension commandé par la carte Dspace 1104 », Mémoire de Magistère, Université de Bejaia, 2015.

[20] H. Razik, L. Baghli, A. Rezzoug, “ Neuro-fuzzy speed control of an induction motor ”, In proc. IMACS-CESA'98, Nabeul-Hammamet Tunisie, vol. 1, page, 1026-1030, 1998.

[21] L. Baghli, “ Description des cartes DS1102 et DS1104 ”, 2014.

[22] J.C. BEKALE and F. TARTARIN, “ Etudier et Réaliser des Applications Temps Réel pour une Carte DSP DS1104 ”, Projet Technique, 2004.