

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Kasdi Merbah Ouargla



Faculté des nouvelles technologies de L'information et de la Communication

Département d'électronique et des télécommunication

Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Electronique

Spécialité : Electronique des Systèmes Embarqués

Présenté par :

Naimi Mohamed

Gamour Ahmed Taki Eddine

- theme -

Etude et simulation d'une alimentation à découpage à résonance

Soutenu le : 21 / 06 / 2023

Devant le jury :

M^r.Melhegueg NacerUKM OuarglaPrésident

M^r. Abimouloud AdelUKM OuarglaEncadreur

M^r.Larbi BechkaUKM OuarglaExamineur

AnnéeUniversitaire : 2022/2023



DÉDICACE

Nous dédions ce travail de fin d'études à nos parents, qui nous ont soutenus tout au long de notre parcours académique et ont été une source d'encouragement inébranlable dans la poursuite de nos rêves.

Nous souhaitons également exprimer notre gratitude envers nos amis, dont le soutien constant et les inspirations nous ont accompagnés tout au long de cette aventure

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous exprimons notre gratitude envers Allah tout-puissant pour nous avoir donné la santé, le courage, la volonté et la patience durant toutes ces années d'études.

Nous exprimons notre sincère gratitude à notre encadreur, **Mr. Abimouloud Adel**, pour son soutien, ses conseils, ses observations et sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous exprimons notre profonde gratitude à tous les professeurs de l'Université Kasdi Merbah Ouargla qui nous ont enseigné et à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

Enfin, nous tenons à rendre hommage aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger notre travail.

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I.....	2
I.1. Introduction :	3
I.2. Historique :	3
I.3. Définition :	4
I.4. Principe :	4
I.5. Classification dès l'alimentation :	4
I.5.1. L'alimentation linéaire :	4
I.5.2. l'alimentation à découpage :	6
I.6. Les Éléments des Alimentation Electronique :	7
I.6.1. Le transformateur :	7
I.6.2. Le Redresseur :	9
I.6.4. Stabilisation :	11
Chapitre II.....	12
II .1. Introduction :	13
II .1.1. Les alimentations à découpage :	13
II.1.2. Description du schéma Fonctionnement :	13
II.1.2.1. Description des éléments du schéma fonctionnel :	14
II.2.1.2. Fonctionnement :	15
II.3. Caractéristiques de cette alimentation :	15
II.4. Types Des Alimentations a Découpage :	16
II.4.1. Alimentations à découpage non isolé galvaniquement :.....	16
II.4.1.1. Convertisseur abaisseur « Buck » :	16
II.4.1.2. Convertisseur abaisseur « Boost » :	17
II.4.1.3. Convertisseur abaisseur « Buck- Boost » :	17
II.4.2. Alimentations à découpage isolé galvaniquement :.....	18
II.4.2.1 L'alimentation à découpage asymétrique :	18
II.4.2.2 L'alimentation à découpage symétrique :	21
II.5. Tableau de classification :	23
II.6. Conclusion :	23

Chapitre III	24
III.1. Introduction :	25
III.2. Définition :	25
III.3. Fonctionnement de l'alimentation à découpage résonante :	25
III.3.1. Générateur carré :	26
III.3.2. Circuit résonant :	26
III.3.3. Redresseur :	26
III.4. Types dealimentation à résonance :	27
III.4.1. Le convertisseur à résonance série (CRS) :	27
III.4.2. Le convertisseur à résonance parallèle (CRP) :	28
III.4.3. Le convertisseur à résonance série-parallèle (CPRS):	30
III.5. Etude théorique de l'alimentation à résonance :	31
III.5.1 Analyse du fonctionnement :	31
III.5.2. Modes de fonctionnement :	33
III.5.3. les équations mathématiques :	36
III.5.4. Les Calculs mathématiques :	38
III.6. Simulation du fonctionnement :	40
III.6.1. Schéma de simulation :	40
III.6.2. Simulation sans utilisation de circuitrésonnant :	43
III.6.3. Interprétations des résultats :	44
III.7. Conclusion :	44
Conclusion générale	45

Liste de Figure

Figure I.1 : Schéma Générale d'une alimentation.....	4
Figure I.2 : Principe d'une alimentation stabilisée ou régulée.....	5
Figure I.4 : Vue interne d'une alimentation linéaire.....	5
Figure I.5 : Principe d'une alimentation à découpage.....	6
Figure I.6 : Vue interne d'une alimentation à découpage.....	7
Figure I.7 : transformateur.....	7
Figure I.8 : transformateur élévateur.....	8
Figure I.9 : transformateur abaisseur.....	8
Figure I.10 : point milieu.....	9
Figure I.11 : Redresseur monophasé.....	9
Figure I.12 : Redressement double alternance avec un point milieu.....	10
Figure I.13 : Redresseur en pont de Graetz.....	10
Figure I.14 : effectué à l'aide des condensateurs de filtrage.....	11
Figure II.1 : Diagramme illustrant alimentation à découpage.....	13
Figure II.2 : Schéma de principe d'un montage Buck.....	16
Figure II.3 : Schéma de principe d'un montage Boost.....	17
Figure II.4 : Schéma de principe d'un montage Buck- Boost.....	18
Figure II.5 : Schéma de principe d'un montage type forward.....	19
Figure II.6 : Schéma de principe d'un montage type Flyback.....	20
Figure II.7 : l'alimentation à découpage Push-pull.....	22
Figure III.1 : la structure d'une alimentation à résonance.....	25
Figure III.2 : Schéma de Princeps du convertisseur à résonance série.....	27
Figure III.3 : Schéma électrique simplifié du convertisseur à résonance série.....	27
Figure III.4 : Schéma de Princeps du convertisseur à résonance parallèle.....	29
Figure III.5 : Schéma électrique simplifié du convertisseur à résonance parallèle.....	29
Figure III.6 : Schéma de Princeps du convertisseur à résonance série-parallèle.....	30
Figure III.7 : Schéma électrique simplifié du convertisseur à résonance série-parallèle LCC.....	30
Figure III.8 : Schéma électrique simplifié du convertisseur à résonance série-parallèle LLC.....	31
Figure III.9 : Convertisseur demi-pont LLC résonnant (half-bridge).....	32
Figure III.10 : Circuit résonnant équivalent.....	32

Figure III.11 : gain du half-bridge llc résonnant.....	33
Figure III.12 : Forme d'onde d'état En fonctionnement à fréquence de résonance.....	34
Figure III.13 : Forme d'onde d'état Fonctionnement au-dessus de la fréquence de résonance.....	35
Figure III.14 : Forme d'onde d'état En dessous du fonctionnement en fréquence de résonance.....	36
FigureIII.15 : Exemple de étude.....	38
Figure III.16 : schéma de simulation pour l'alimentation LLC résonnant.....	40
Figure III.17 : Simulation des signaux de commande.....	40
Figure III.18 : Réponse de la tension de sortie.....	41
Figure III.19 : Ondulation de la tension de sortie.....	41
FigureIII.20 : Réponse de la courant de sortie.....	41
FigureIII.21 : Formes d'ondes des courants de Mosfet.....	41
FigureIII.22 : Formes d'ondes des la tension de Mosfet	42
FigureIII.23 : Formes d'ondes des la tension des diodes	42
FigureIII.24 : Formes d'ondes des courants des diodes	42
FigureIII.25 : schéma de simulation pour l'alimentationLLCrésonnant circuit résonnant...43	
Figure III.26 : Réponse de la tension de sortie pro son circuit résonnant.....	43
Figure III.27 : Ondulation de la tension de sortie sans circuit résonnant.....	43
Figure III.28 : Réponse de la courant de sortie pro son circuit résonnant.....	44

Liste de Figure

Tableau I.1 :comparaison des différents types l'alimentation à découpage.....	24
Tableau III.1 : les valeurs utilisées et les résultats de étude.....	39
Tableau III.3 : Les résultats obtenus de circuit résonnant.....	43
TableauIII.3 :Les résultats obtenus sans circuit résonnant.....	45

Liste des Symboles

SMPS :switched-mode power supply

PWM :Pulse Width Modulation

CRS :Convertisseur à résonance série

CRP :ParallèleRésonantConvertir

SPRC : Convertisseur à résonance série - Parallèle

ZCS :Commutation à zéro courant

ZVS :Commutation à zéro tension

f_s :La fréquence dite des pôles

f_r :la fréquence de résonance propre

$K_{(Q,m,F_x)}$:Gain de tension

F_x :La fréquence normalisée

L_r :l'inductance résonante

C_r :a capacité résonante

L_m :ratio d'inductance

R_{ac} :La résistance équivalente

Q :Le facteur de qualité

m :Le ratio d'inductances du transformateur

N :Le ratio des enroulements du transformateur

M_{gmin} :Le gain minimal

M_{gmax} :Le gain maximal

V_e : tension d'entrée

V_0 : tension de sortie

Introduction générale

Les alimentations électriques jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement des nombreux appareils électroniques d'aujourd'hui. Depuis leur invention, ces dispositifs ont connu de nombreux développements afin de répondre à la demande croissante en énergie des appareils modernes.

Les premières alimentations développées étaient de type linéaire, fonctionnant à l'aide de composants électroniques en mode linéaire pour réguler la tension et/ou le courant. Toutefois, ces alimentations présentent certains inconvénients.

Afin de pallier ces inconvénients, les alimentations à découpage ont été introduites. Elles se basent sur l'utilisation de composants électroniques de puissance en commutation, tels que des transistors, pour réguler la tension et/ou le courant. Les alimentations à découpage offrent de nombreux avantages par rapport aux alimentations linéaires.

En résumé, les alimentations électriques ont connu d'importants développements afin de répondre aux besoins croissants des appareils modernes. Les alimentations à découpage représentent une avancée majeure dans ce domaine et sont largement utilisées dans divers secteurs.

Dans ce mémoire de master, nous avons entrepris une étude approfondie pour évaluer l'efficacité et l'efficience d'une alimentation à découpage de type résonance. Nous avons abordé les éléments suivants :

Le premier chapitre nous a permis de nous familiariser avec les alimentations électroniques en général.

Le deuxième chapitre s'est concentré sur les alimentations à découpage et leurs différents types.

Le troisième chapitre a examiné les alimentations à découpage de type résonance, incluant des simulations réalisées à l'aide de l'outil Simulink du logiciel MATLAB.

Enfin, nous concluons ce mémoire en récapitulant les principales conclusions et aboutissements de notre étude.

Chapitre I

Les alimentations électroniques

I.1. Introduction :

La qualité d'un montage dépend de la qualité de son alimentation. Il existe deux familles principales d'alimentations secteur : les alimentations linéaires et les alimentations à découpage. Les alimentations linéaires sont plus faciles à fabriquer et à dépanner. Cependant, elles ont l'inconvénient (surtout pour les fortes puissances) d'être plus encombrantes, d'avoir un rendement inférieur et de chauffer plus que leur homologue à découpage.

I.2. Historique :

En 1831 : Découvrez le monde de la chimie et de la physique américaines. Michael Faraday, Le phénomène d'induction mutuelle entre deux bobines distinctes sur un noyau en matériau magnétique.

En 1882 : les premiers transformateurs constitués d'un primaire et de plusieurs secondaires sont apparus. L'émergence des transformateurs à noyau magnétique en 1884 a marqué le début de l'utilisation des transformateurs pour convertir l'énergie électrique en haute tension.

En 1900 : Début de l'utilisation des réseaux à courant alternatif pour le transfert de l'énergie.

En 1958 : IBM a annoncé des brevets, où il montre une conception d'un SMPS basé sur l'oscillation de transistor.

En 1959 : aux Bell Labs, **Mohamed M. Atala** et **Dawson Kahn** ont inventé le MOSFET de puissance. Les MOSFET de puissance sont à ce jour le dispositif de commutation le plus largement utilisé dans les alimentations à découpage.

En 1976 : le brevet pour utiliser le terme « alimentation en mode commuté (SMPS) » a été

Déposé en 1976 par **Micro chip Technologie**. Ils ont sorti le premier contrôleur intégré pour les alimentations à découpage.

I.3. Définition :

L'objectif des alimentations est de fournir l'énergie électrique nécessaire à un appareillage électrique pour pouvoir fonctionner convenablement. Ainsi, l'alimentation électrique est constituée d'un ensemble d'équipements électriques qui permettent le transfert du courant électrique d'un réseau électrique pour le fournir à un ou plusieurs consommateurs sous les paramètres appropriés (puissance, tension) de manière stable et constante.



Figure I.1 : Schéma Générale d'une alimentation.

I.4. Principe :

La fonction des alimentations est de fournir à un objet technique l'énergie électrique nécessaire à son fonctionnement. Dans la plupart des cas, la fonction alimentation transforme les caractéristiques de l'énergie livrée par le réseau pour les adapter aux conditions de l'alimentations d'un objet technique (le fonctionnement des circuits électroniques d'un objet technique nécessite en général une alimentation sous Très Basse Tension Continue).

I.5. Classification dès l'alimentation :

Il existe 2 types de technologies d'alimentation électrique :

I.5.1. L'alimentation linéaire :

Ce type d'alimentation fournit une ou plusieurs tensions continues stabilisées et constantes malgré les fluctuations du réseau. Ce système est composé d'un transformateur, d'un redresseur, d'un filtre et d'un régulateur. (Figure I.2)

Le transformateur réduit la tension secteur, le redresseur convertit la tension alternative en une tension continue, le filtre stocke l'énergie pour lisser la tension de sortie du redresseur et le régulateur stabilise et régule la tension de sortie. [1]

L'alimentation linéaire permet de délivrer une puissance de quelques watts à plusieurs centaines de watts.

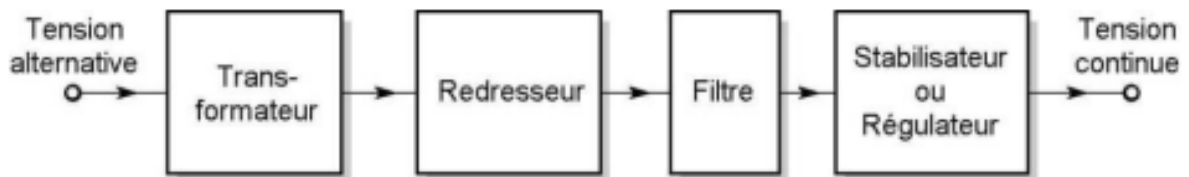


Figure I.2: Principe d'une alimentation stabilisée ou régulée.[2]

I.5.1.1. Avantages:

- Ce type d'alimentation est adapté aux appareils audio et pour les alimentations de laboratoire.
- Ce type d'alimentation est facile à mettre en place, offre une bonne stabilité et permet une bonne tenue de température.
- Technologie flexible.

I.5.1.2. Inconvénients:

- Ce type d'alimentation offre un mauvais rendement et génère des déperditions d'énergie.
- Une structure très encombrée qui fait que l'alimentation linéaire est lourde.



Figure I.3: Vue interne d'une alimentation linéaire.

I.5.2. l'alimentation à découpage :

Ce type d'alimentation utilise des éléments électroniques de puissance comme les transistors, qui commutent le courant. Contrairement à l'alimentation linéaire.

Les alimentations à découpage se sont fortement développées depuis les années 1980 pour répondre aux inconvénients des alimentations linéaires (poids élevé et faible rendement).

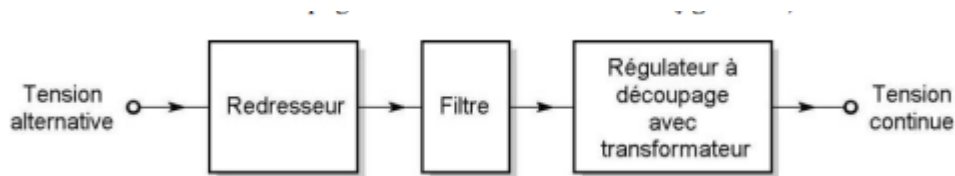


Figure I.4 : Principe d'une alimentation à découpage.

I.5.2.1. Avant ages :

- ce type d'alimentation est adapté aux appareils électroniques "grand public" tels que les ordinateurs, les téléviseurs, les chargeurs de téléphone, etc.
- ce type d'alimentation a un très bon rendement. La taille du transformateur étant faible, le poids et le volume de tout le système sont réduits.

I.5.2.2. Inconvénients :

- ce type d'alimentation génère du bruit harmonique et des ondes résiduelles demeurent.
- Génère des interférences électromagnétiques
- Conception de circuits complexes



Figure I.5 : Vue interne d'une alimentation à découpage.

I.6. Les Éléments des Alimentation Electronique :

I.6.1. Le transformateur :

Le transformateur permet de transmettre de l'énergie (sous forme alternative) d'une source à une charge, tout en changeant la valeur de la tension. La tension peut être soit élevée ou réduite selon l'usage voulu. Le passage d'un niveau de tension à un autre se fait par l'effet d'un champ magnétique. [3]

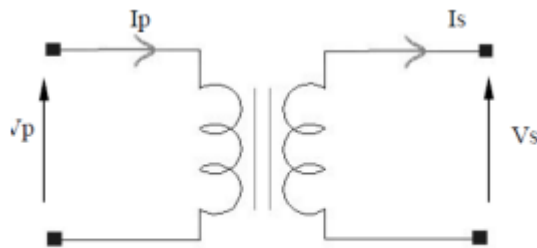


Figure I.6: d'un transformateur.

Il est constitué de deux bobines couplées par mutuelle induction. La Puissance absorbée est égale à la puissance fournie au secondaire plus les pertes

$$P_{\text{Primaire}} = P_{\text{secondaire}} + P_{\text{perdue}} \quad (\text{I.1})$$

$$P_p = P_s + P_p \quad (\text{I.2})$$

Le transformateur est caractérisé par un rapport de transformation appelé N égale :

$$N = \frac{V_p}{V_s} \text{ (I.3)}$$

I.6.1.1. Types de Transformateur :

✚ transformateur élévateur :

La tension obtenue que par le secondaire étant supérieure à celle qui a été appliquée au primaire, le transformateur est appelé élévateur de tension.[3]

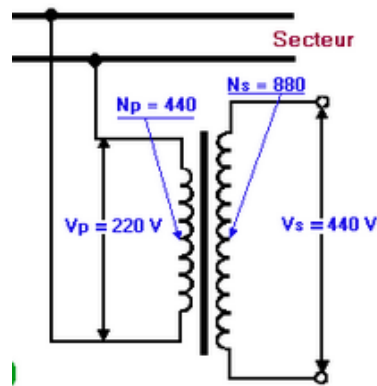


Figure I.7 : transformateur élévateur.

✚ transformateur abaisseur :

La tension obtenue par le secondaire est inférieure à celle qui a été appliquée au primaire. Le transformateur est appelé abaisseur de tension.

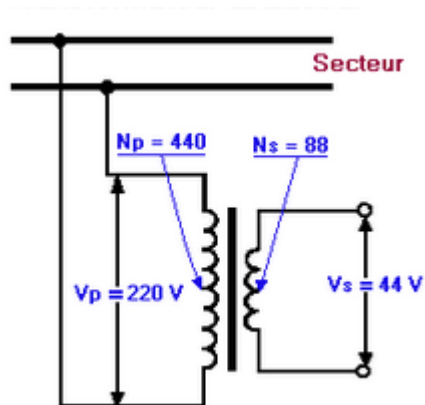


Figure I.8: transformateur abaisseur.

✚ transformateur à point milieu :

À partir d'un transformateur d'alimentation avec un point milieu, deux diodes travaillent en alternance pour créer, à la charge, un signal redressé double alternance possédant la même polarité pour chacun des demi-cycles du signal d'entrée.

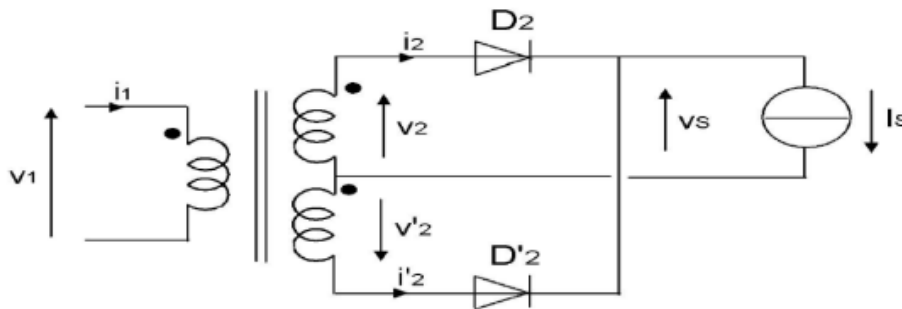


Figure I.9: transformateur à point milieu.

I.6.2. Le Redresseur :

Toute alimentation continue connectée au secteur comporte un redresseur associé à un filtre pour changer la tension alternative (valeur moyenne nulle) en tension unidirectionnelle (c'est-à-dire constamment positive ou constamment négative) peu ondulée. Le redresseur est constitué de diodes et le filtre est formé d'un condensateur. L'étude du redresseur est liée à celle du filtre car c'est la charge capacitive qui détermine les moments de mise en conduction et de blocage des diodes.[4]

I.6.2.1. types de redresseurs :

✚ Redresseur monophasé:

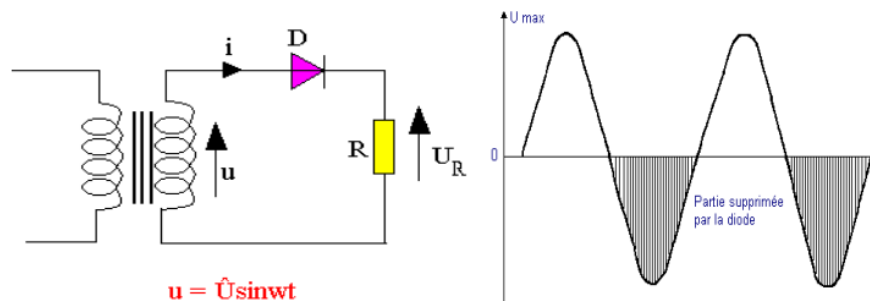


Figure I.10: Redresseur monophasé.

✚ Double alternance:

En régime permanent, la tension de sortie est continue et égale à l'amplitude de la tension d'entrée.

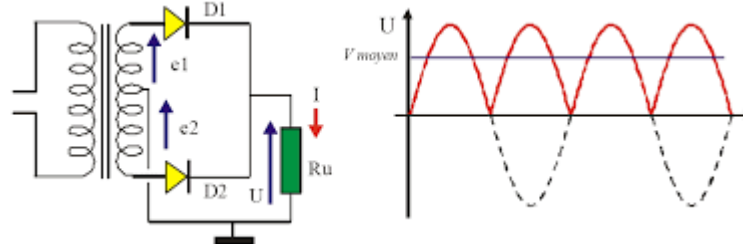


Figure I.11: Redressement double alternance avec un point milieu.

✚ Redresseur en pont de Graet :

Le pont de Graetz est un redresseur biphasé qui peut être alimenté par le réseau monophasé, de ce fait un véritable montage monophasé est une redresseuse simple alternance.[4]

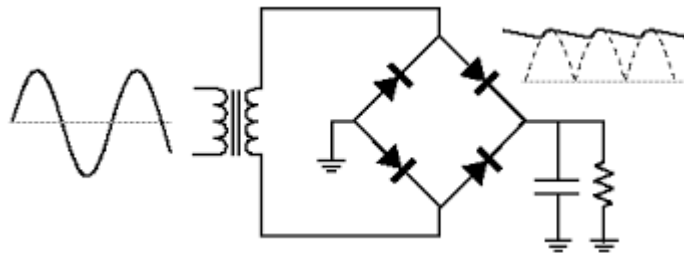


Figure I.12: Redresseur en pont de Graetz.

I.6.2.2. Redressement :

Le redressement est un processus qui permet de convertir un courant alternatif en courant continu. Le principe des redresseurs simple alternance non commandés est basé sur les propriétés des diodes. En effet, la diode se bloquant lorsque la tension à ses bornes est négative, elle supprime les alternances négatives du signal d'entrée.[4]

I.6.3. Filtrage :

Dans le circuit suivant se trouve un filtre, qui a pour fonction de lisser le courant redressé brut fourni par le redresseur sous forme de tension pulsée. Pour les équipements de faible puissance, des filtres à capacité d'entrée (condensateurs) sont utilisés pour stocker les impulsions débitées par le redresseur. Le filtrage est effectué à l'aide de capacités de filtrage.

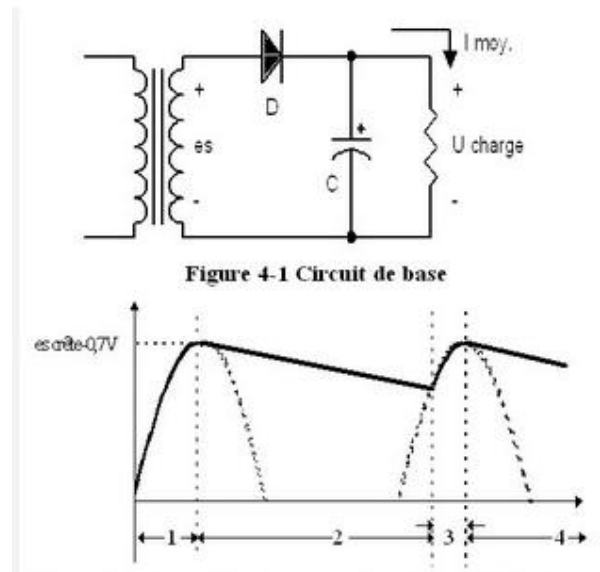


Figure I.13: effectué à l'aide des condensateurs de filtrage.

I.6.4. Stabilisation :

La fonction d'un régulateur de tension est de convertir une tension ayant une certaine ondulation en une tension particulièrement stable. Il doit maintenir ces conditions de stabilité dans une large gamme de variation du courant de charges ainsi que des fluctuations de la tension d'entrée.

On distingue deux grands principes de régulation : la régulation linéaire et la régulation à découpage. Tous les régulateurs linéaires comprennent les éléments suivants :

- ✓ un circuit de régulation .
- ✓ un élément de référence (généralement une diode Zener) .
- ✓ un circuit d'erreur, rebouclé sur la régulation.

Chapitre II

Alimentations à Découpage

II .1. Introduction :

Les alimentations à découpage sont largement utilisées dans une variété d'applications électroniques, telles que les ordinateurs, les téléviseurs, les téléphones portables, les chargeurs de batterie et les systèmes d'énergie solaire.

II .1.1. Les alimentations à découpage :

Une alimentation à découpage est un type d'alimentation électrique qui utilise des composants électroniques de puissance en mode de commutation (généralement des transistors) pour réguler la tension de sortie. Contrairement aux alimentations linéaires qui utilisent des composants électroniques en mode linéaire. Les alimentations à découpage sont plus légères et plus efficaces que les alimentations linéaires. Elles sont également plus complexes et plus coûteuses à fabriquer.

Avec l'évolution de l'électronique, les composants sont souvent intégrés dans un circuit unique et ainsi l'alimentation à découpage s'est considérablement simplifiée.

II.1.2. Description du schéma Fonctionnement :

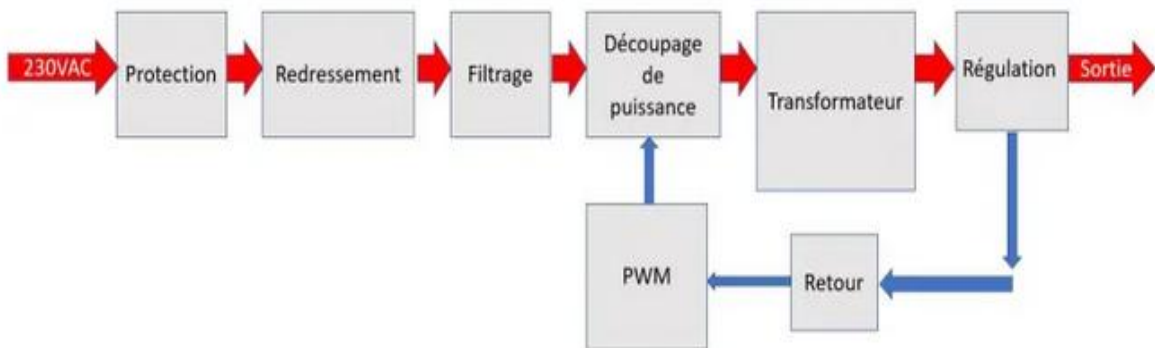


Figure II.1 : Diagramme illustrant l'alimentation à découpage.

II.1.2.1. Description des éléments du schéma fonctionnel :

Le schéma de la figure II.1 représente le principe d'une alimentation à découpage. Malgré que les détails puissent varier d'un type à un autre, toutes les alimentations à découpage connectées au secteur fonctionnent selon ce principe et contiennent ces blocs de fonctionnement. La puissance électrique circule dans le sens indiqué par les flèches rouges, tandis que les flèches bleues représentent les signaux de commande.

II.2.1.1 La protection :

La puissance circule de droite à gauche passant d'abord par le bloc de protection. On trouve généralement deux éléments dans ce bloc de protection. Des parasurtenseurs qui ressemblent à des condensateurs généralement bleus et un fusible.

Si la tension à l'entrée monte au-dessus de ce qui est prévu le parasurtenseur conduit et fait fondre le fusible qui coupe le circuit. Si elle monte trop vite et trop haut le parasurtenseur se mettra en en court-circuit et y restera. Il faudra alors le changer avec le fusible évidemment.

II.2.1.2 Le redressement :

Le redressement est toujours fait avec un pont de 4 diodes voire 6 si l'alimentation à découpage se connecte sur le réseau triphasé. Le redresseur permet de transformer une tension alternative en une tension toujours positive.

II.2.1.3 Le filtre :

Le filtre d'entrée sert à empêcher les transitoires de tension et les surtensions dommageables sur l'entrée secteur d'entrer et de causer des dommages dans l'alimentation. Le filtre facilite également l'élimination de toute interférence électromagnétique générée dans le circuit de commutation d'être conduite vers le secteur AC. Le circuit de commutation fonctionne généralement de 25 kHz à 500 kHz.

II.2.1.4 Le découpage de puissance :

Il s'agit d'un composant de puissance comme un transistor MOSFET ou BIPOLAIRE généralement monté sur un dissipateur. Son rôle est de découper la puissance à haute tension pour permettre au transformateur de transférer l'énergie. L'augmentation de la fréquence de commutation permet d'utiliser des transformateurs de taille réduite.

II.2.1.5 Le transformateur :

Généralement de taille modeste, le transformateur a pour rôle principal de transférer l'énergie à l'étage de régulation. Il permet également d'abaisser ou d'élever la tension en fonction du nombre de spires au primaire et au secondaire. Il a également pour rôle d'assurer l'isolation entre le réseau électrique et la sortie.

II.2.1.6 L'étage de régulation :

Il assure le reste du travail c'est à dire redresser. Il est généralement composé de diodes haute fréquence et capable d'encaisser pas mal de courant.

II.2.1.7 Le retour :

Il s'agit de ce que l'on appelle plus communément un feedback, c'est une prise de tension qui est faite à la sortie et renvoyé sur l'entrée via un optocoupleur. Elle permet au PWM d'ajuster la puissance injectée dans le transformateur

II.2.1.8 Le « PWM » :

Il s'agit d'un circuit intégré, il peut être dans le même composant que le transistor de puissance. I sert à ajuster les commander les transistors selon le besoin de la charge.

II.2.1.2. Fonctionnement :

La tension continue obtenue est "découpée" par un interrupteur fonctionnant en commutation. Ce découpage s'opère à haute fréquence, généralement au-delà des fréquences audibles (20kHz). L'isolement galvanique est obtenu par un transformateur haute fréquence. La tension continue désirée est générée par redressement et filtrage de la tension découpée. [6]

La régulation s'effectue par action sur le temps de conduction du transistor de commutation et ce dernier étant au primaire, il est nécessaire que la chaîne de retour soit isolée galvaniquement.[6]

II.3. Caractéristiques de cette alimentation :

- ❖ connexion de sources d'énergie électrique diverses.
- ❖ excellent rendement de conversion,
- ❖ systèmes légers et peu encombrants,
- ❖ générations de plusieurs tensions isolées et régulées.

II.4. Types Des Alimentations à Découpage :

Nous avons deux ensembles de base pour les alimentations à découpage:

- Alimentations à découpage non isolé galvaniquement.
- Alimentations à découpage isolé galvaniquement.

II.4.1. Alimentations à découpage non isolé galvaniquement :

Il existe également plusieurs topologies utilisées dans les alimentations à découpage commerciales telles que :

- ✚ la topologie Buck.
- ✚ la topologie Boost.
- ✚ topologies Buck- Boost.

II.4.1.1. Convertisseur abaisseur « Buck » :

II.4.1.1.1. Définition :

Un convertisseur Buck est une alimentation à découpage qui convertit une tension continue en une autre tension continue de plus faible valeur. Il est également appelé hacheur série. Un convertisseur Buck bien conçu possède un fort rendement (jusqu'à 95 %) et offre la possibilité de réguler la tension de sortie.

II.4.1.1.2. Principe de fonctionnement :

Dans la figure II.2 l'interrupteur T_p est fermé pendant la fraction αT de la période de découpage T . La source primaire fournit l'énergie à la charge R et à l'inductance L . Lors du blocage de T_p , la diode de roue libre D assure la continuité du courant et la décharge de L dans R pendant le temps $(1 - \alpha)T$. [6]

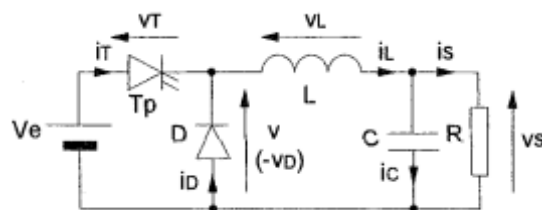


Figure II.2 : Schéma de principe d'un montage Buck.

II.4.1.2. Convertisseur abaisseur « Boost » :

II.4.1.2.1. Définition :

Ce type de convertisseur donne la possibilité d'augmenter la tension délivrée par la source de tension car la tension aux bornes de l'inductance est ajoutée à celle délivrée par la source.

II.4.1.2.2. Principe de fonctionnement :

L'interrupteur T_p est fermé pendant le temps αT . L'énergie est stockée dans L , la diode D est bloquée. Le blocage de T_p entraîne la décharge de l'inductance dans la charge R pendant le temps $(1 - \alpha)T$. [6]

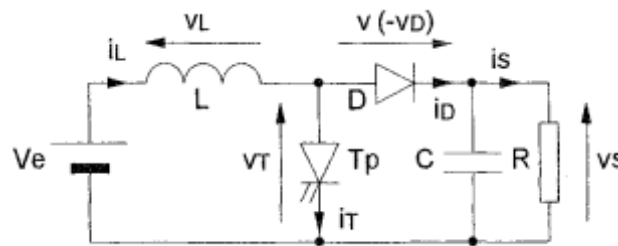


Figure II.3 :Schéma de principe d'un montage Boost.

II.4.1.3. Convertisseur abaisseur « Buck- Boost » :

II.4.1.3.1. Définition :

Un convertisseur abaisseur-élevateur de tension est un type de convertisseur DC-DC qui a une magnitude de tension de sortie qui est soit supérieure soit inférieure à la magnitude de tension d'entrée.

II.4.1.3.2. Principe de fonctionnement :

L'interrupteur T_p est fermé pendant le temps αT . L'énergie est stockée dans L et la tension de sortie est négative par rapport au point commun : la diode D est alors bloquée. Le blocage de T_p provoque la décharge de l'inductance dans la charge R . Cette décharge peut être totale ou partielle. [6]

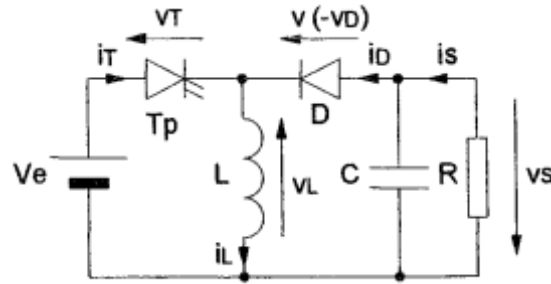


Figure II.4 : Schéma de principe d'un montage Buck- Boost.

II.4.2. Alimentations à découpage isolé galvaniquement :

Il existe deux types d'alimentations à découpage en fonction de la symétrie et de l'asymétrie du cycle du circuit magnétique :

- Le premier type est l'alimentation à découpage asymétrique.
- le deuxième type est l'alimentation à découpage symétrique.

II.4.2.1 L'alimentation à découpage asymétrique :

on trouve : Alimentations Flyback et Alimentations Forward et Alimentations Résonance.

II.4.2.1.1 Alimentation à découpage Forward :

II.4.2.1.1.1 Définition :

Une alimentation à découpage de type forward est une alimentation qui transmet instantanément la puissance, alors que celle de type flyback stocke cette énergie sous forme d'énergie magnétique dans une inductance (bobine) et libère ensuite cette énergie dans un circuit dit secondaire.[8]

II.4.2.1.1.2. Principe de fonctionnement :

C'est un convertisseur à restitutions d'énergie ou transfert direct, il est utilisé en majorité pour des applications en tensions faibles.

Le transformateur est placé en série avec l'interrupteur statique du hacheur, la diode de roue libre étant placée au secondaire du transformateur. Un troisième enroulement (tension V_3) est placé sur le noyau du transformateur. Il permet la démagnétisation du transformateur après la phase de conduction de l'interrupteur T . la diode D permet de forcer la démagnétisation par le troisième enroulement.[6]

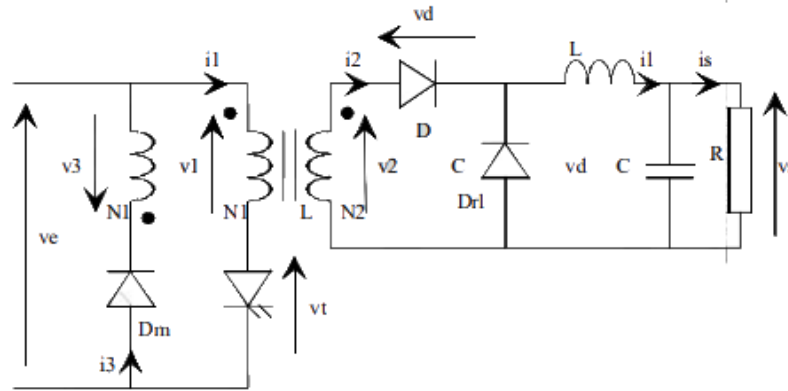


Figure II.5 : Schéma de principe d'un montage type forward.

II.4.2.1.1.3. Avantages :

- ❖ faible ondulation,
- ❖ faible bruit en sortie,
- ❖ circuit de commande simple.

II.4.2.1.1.4. Inconvénients :

- ❖ Présence de deux composants magnétiques.
- ❖ Nécessité de prévoir un système de démagnétisation du transformateur.
- ❖ Mauvaise utilisation du circuit magnétique du transformateur.

II.4.2.2.1 Alimentation à découpage Flyback :

II.4.2.2.1.1 Définition :

Un convertisseur Flyback est une alimentation à découpage, généralement avec une isolation galvanique entre l'entrée et la sortie. Son schéma de base est le même que celui d'un convertisseur Buck-Boost dans lequel on aurait remplacé l'inductance par un transformateur (en réalité deux inductances couplées).[8]

il stocker cette énergie sous forme d'énergie magnétique dans une inductance (bobine) puis libère cette énergie dans ce qu'on appelle le circuit secondaire.

II.4.2.2.1.2. Principe de fonctionnement :

La fermeture de l'interrupteur T_p entraîne le stockage d'énergie dans l'inductance primaire. La diode D est bloquée. Lors de l'ouverture de T_p , la continuité du flux magnétique ($m \text{ liM} = n_2 I_2 M$) entraîne la mise en conduction de la diode.

Les deux enroulements ne sont pas parcourus simultanément par du courant. Le transformateur est donc, en fait, une association de deux inductances couplées. Cette caractéristique nécessite un circuit magnétique avec entrefer, le courant principal étant le courant magnétisant. [6],[7]

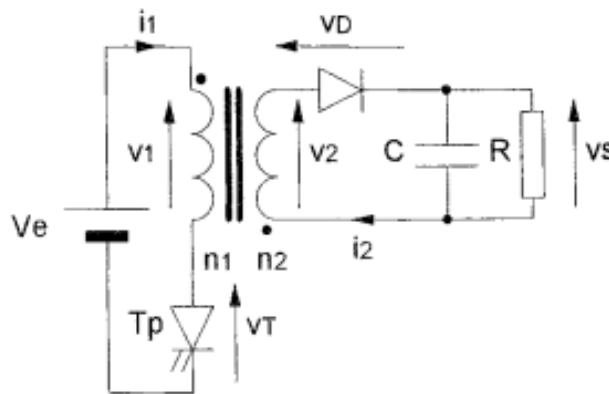


Figure II.6 : Schéma de principe d'un montage type Flyback.

II.4.2.2.1.3. Avantages :

- ❖ peu de composants.
- ❖ un seul composant bobiné.
- ❖ architecture économique pour les faibles puissances.
- ❖ pour le FLYBACK en mode de conduction continue, la capacité du condensateur de sortie est de moitié que celle du mode discontinu, les pics de courants dans le transistor et la diode de sortie sont également de moitié environ.
- ❖ pour le FLYBACK en mode de conduction discontinue, les meilleurs facteurs de forme du FLYBACK permettent d'obtenir une puissance supérieure. Pour un même dimensionnement, le temps de réponse est excellent, les sorties ne nécessitent qu'une seule diode de redressement, un filtrage inductif n'est pas nécessaire.

II.4.2.2.1.4. Inconvénients :

- ❖ L'énergie étant stockée dans l'inductance couplée et dans le condensateur de sortie, ceux-ci deviennent encombrants pour des puissances supérieures à 200 W, et l'alimentation FLYBACK devient alors moins intéressante.
- ❖ Risque de surtension lors du fonctionnement à vide : l'énergie stockée durant la phase de magnétisation est alors transmise au condensateur durant la phase de démagnétisation. Cette énergie est alors stockée par le condensateur qui voit sa tension n monter, et il y a alors risque de destruction.
- ❖ Pour le FLYBACK en mode de conduction continue, La diode de sortie doit être quatre fois plus rapide que dans le mode discontinu, le transformateur est plus volumineux.
- ❖ Pour le FLYBACK en mode de conduction discontinue, forts courants de pointe dans les diodes de sortie et le transistor de commutation. La capacité du condensateur de sortie est environ le double que celle nécessaire en mode discontinu.

II.4.2.2L'alimentation à découpage symétrique :

II.4.2.2.1 Alimentation à découpage PUSH PULL :

II.4.2.2.1.1 Définition :

Un convertisseur push-pull est un type de convertisseur DC-DC qui utilise un transformateur pour modifier la tension d'une alimentation DC. La particularité d'un convertisseur push-pull est que le primaire du transformateur est alimenté en courant depuis la ligne d'entrée par des paires de transistors dans un circuit push-pull symétrique.[5]

Les transformateurs push-pull sont souvent utilisés dans les alimentations à découpage (SMPS) pour modifier la tension continue d'une alimentation.

Ce type d'alimentation permet de transférer des puissances importantes avec un excellent rendement du fait de son cycle magnétique symétrique.[5]

- La famille des alimentations Push-Pull est divisée en trois :
- Push-Pull à double primaire avec point milieu.
- Push-Pull à demi-points (deux sources de tension continue nécessaires).
- Push-Pull à pont complet.

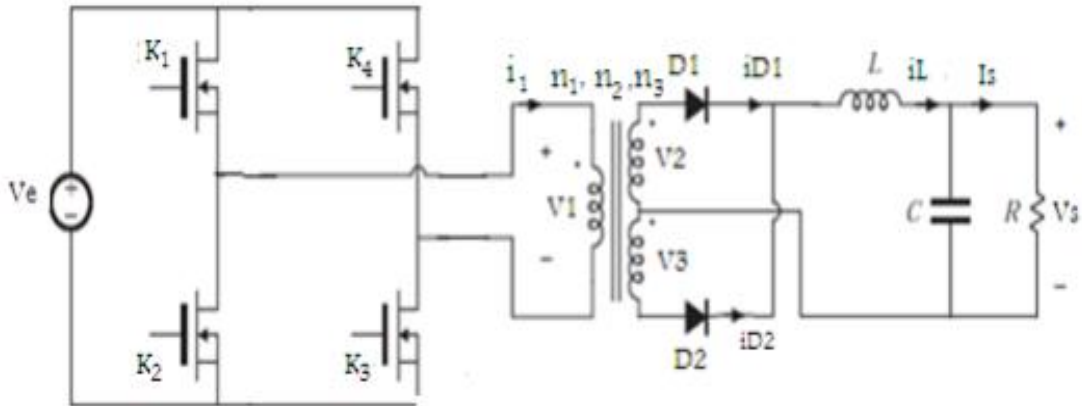


Figure II.7 : l'alimentation à découpage Push-pull.

II.4.2.2.1.2. Avantages :

- ❖ mêmes avantages que pour le demi-points.
- ❖ très fortes puissances possibles.
- ❖ la mise en parallèle de transformateurs est courante.

II.4.2.2.1.3. Inconvénients :

- ❖ nécessité d'un circuit de commande pour quatre interrupteurs.
- ❖ redressement en sortie par deux diodes et une self de filtrage, ce qui nécessite deux bobinages dans le secondaire.

II.5. Tableau de classification :

Le **Tableau II.1** suivant montre une comparaison des différents types d'alimentation à découpage

Type	Puissance (watts)	Rendement typique	Coût moyen	Tension d'entrée (Volts)	Isolation	Stockage d'énergie	Niveau de Sortie	Caractéristiques
Buck	0-1000	75 %	1,0	5-1000	Non	Simple Inductance	$V_S < V_e$	Convertit une tension continue en une autre tension continue de plus faible valeur
Boost	0-150	78%	1.0	5-600	Non	Simple Inductance	$V_s > V_e$	Augmente la tension disponible d'une source continue
Buck-boost	0-150	78%	1,0	5-600	Non	Simple Inductance	$V_s > V_e$ ou $V_S < V_e$	Tension de sortie inversée.
Flyback	0-150	78%	1,0	5-600	Oui	Transformateur	$V_s < V_e$ ou $V_S > V_e$	Sorties
Forward		78%			Oui	Transformateur + inductance		Sorties multiples
Push-pull	100-1000	72%	1,75	50-1000	Oui			

II.6. Conclusion :

Les alimentations à découpage sont très efficaces pour convertir l'énergie électrique d'une tension à une autre. Elles conviennent aux applications à haut rendement et à haute puissance et, dans de nombreux cas, sont plus adaptées que les alimentations linéaires. Cependant, la sélection d'une alimentation à découpage ou d'une alimentation linéaire doit être effectuée en tenant compte de nombreux facteurs tels qu'une ondulation acceptable dans la sortie, la régulation de la charge et de la ligne, ainsi que le coût et la complexité de l'application souhaitée.

Chapitre III

Alimentations a'
Découpage Résonance

III.1. Introduction :

Les convertisseurs résonnants sont devenus très populaires dans le domaine de l'électronique de puissance en raison de leur capacité à répondre aux exigences élevées des conceptions d'alimentation modernes. Ils font partie d'une famille plus large de topologies de convertisseurs résonnants, toutes basées sur l'utilisation de réservoirs résonnants.

Les réservoirs résonnants sont des circuits constitués d'inductances et de condensateurs qui oscillent à une fréquence spécifique, appelée fréquence de résonance.

III.2. Définition :

Les convertisseurs de puissance résonnants sont un type de convertisseur de puissance électrique qui contient un réseau d'inductances et de condensateurs appelé "réservoir résonnant", réglé pour résonner à une fréquence spécifique. Il est appliqué dans l'électronique et les circuits intégrés. Il existe plusieurs types de convertisseurs résonnants tels que le convertisseur résonnant série et le convertisseur résonnant parallèle.

Alors qu'un convertisseur résonnant présente plusieurs caractéristiques souhaitées telles qu'un rendement élevé, une faible EMI (interférence électromagnétique) et une densité de puissance élevée.

III.3. Fonctionnement de l'alimentation à découpage résonante :

La structure de puissance (Principe de base) du convertisseur à résonance montrée,

Figure III.1, peut se diviser en 3 parties :

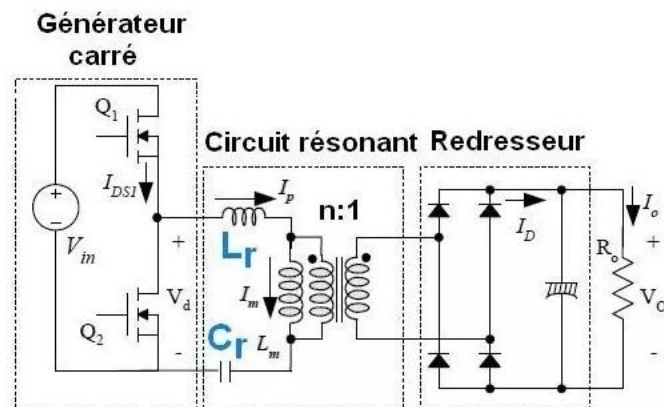


Figure III.1 : la structure d'une alimentation à résonance.

Il est nécessaire de faire une description de ces partie.

III.3.1. Générateur carré:

Le générateur carré produit un signal carré en pilotant alternativement Q1 et Q2 avec un rapport cyclique de 50% maximum pour chacun. Un petit temps mort est ménagé entre deux transitions consécutives (temps où ni Q1 ni Q2 n'est passant).

Le générateur d'onde carrée peut être de type pont complet ou demi-points. (Le générateur d'onde carrée en pont complet produit une onde carrée ayant une double amplitude par rapport à celles en demi-points).[10]

III.3.2. Circuit résonant :

Le circuit résonant (LLC) est formé d'un condensateur C_r , de l'inductance de fuite (dans le rôle de L_r) et de l'inductance magnétisante faible (due à l'entrefer). Le circuit résonant filtre les harmoniques de courant. Le courant qui circule est donc quasiment sinusoïdal, même si la tension appliquée est carrée.[10]

L'allure sinusoïdale du courant fait naturellement passer le courant I_d par zéro, puis changer de signe : c'est la phase de conduction de la diode de roue libre du transistor. Durant cette phase, le transistor est rendu passant. La tension à ses bornes est alors nulle : c'est la commutation à zéro de tension.

III.3.3. Redresseur :

Le redresseur de l'alimentation LLC crée une tension continue. On utilise soit un pont de diodes (pont de Graetz), soit 2 diodes et un secondaire à point milieu.

Les capacités de sortie au secondaire s'occupent ensuite de filtrer la tension redressée pour obtenir la tension de sortie avec le moins d'ondulation possible.[10]

III.4. Types dealimentation à résonance :

Il existe trois types de convertisseurs à résonance :

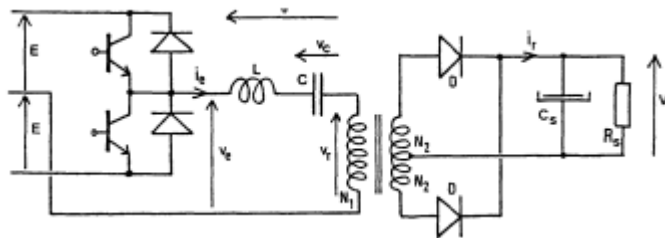
le convertisseur à résonance série, le convertisseur à résonance parallèle et le convertisseur à résonance série-parallèle.

Ces trois types de convertisseurs régulent leur tension de sortie en fonction de la fréquence. La tension d'entrée influe sur la valeur de l'impédance et fait donc varier la fréquence du convertisseur.

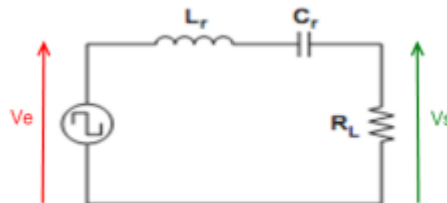
III.4.1. Le convertisseur à résonance série (CRS) :

III.4.1.1 Principe de fonctionnement du CRS :

Le circuit résonnant série est alimenté par un onduleur de tension, on prélève le courant dans le circuit LC pour le redresser à l'aide d'un redresseur de courant. La sortie sera donc filtrée par capacité.[2],[9]



FigureIII.2 : Schéma de Prineps du convertisseur à résonance série



FigureIII.3 : Schéma électrique simplifié du convertisseur à résonance série

III.4.1.2. Avantages:

- ❖ cette structure possède l'avantage de compter peu de composants de puissance ce qui est mieux du point de vue financier. De plus une forte charge en sortie du convertisseur ne pose pas de problème de régulation.
- ❖ La commutation des diodes se fait toujours à courant nul.
- ❖ Le condensateur est placé en série avec le transformateur, ce qui a pour effet d'éliminer toute composante continue dans le transformateur.
- ❖ Les courants dans les interrupteurs diminuent lorsque la charge diminue, donc un bon rendement est obtenu sur toute la plage de fréquence.
- ❖ Le CRS est auto-protégé contre les court-circuit.

III.4.1.3. Inconvénients:

- ❖ Il est impossible que le CRS fonctionne à vide, car à vide le condensateur de sortie se charge à E et toute commutation devient donc impossible.
- ❖ Le fait que la sortie soit de type source de tension rend le convertisseur inapplicable pour les applications à fort courant.
- ❖ Le CRS fonctionne en abaisseur seulement.

III.4.2. Le convertisseur à résonance parallèle (CRP) :

III.4.2.1. Principe de fonctionnement du CRP :

Le convertisseur à résonance parallèle est un type de convertisseur de puissance qui utilise la résonance parallèle pour obtenir une conversion de tension continue à tension alternative. Il est composé d'au moins deux convertisseurs résonants connectés en parallèle. Les convertisseurs résonants sont des circuits qui utilisent la résonance pour obtenir une conversion de tension continue à tension alternative. Le convertisseur à résonance parallèle est utilisé pour les applications à haute puissance et à haute fréquence.[2],[9]

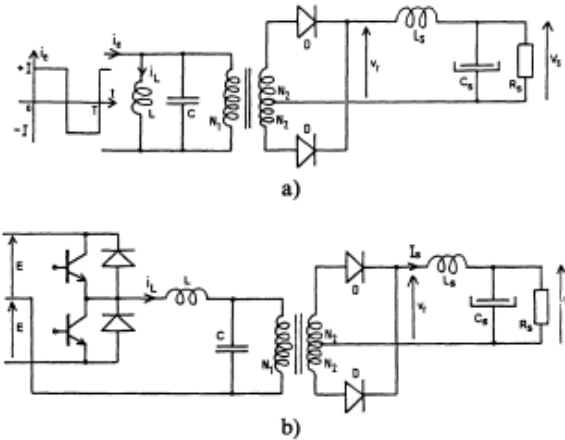


Figure III.4 : Schéma de Principe du convertisseur à résonance parallèle.

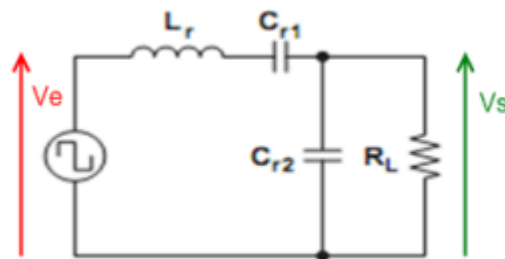


Figure III.5 : Schéma électrique simplifié du convertisseur à résonance parallèle.

III.4.2.2. Avantages :

- ❖ Le convertisseur à résonance parallèle fonctionne en abaisseur et en élévateur.
- ❖ Le convertisseur à résonance parallèle peut fonctionner à vide, dans certains modes la tension aux bornes du condensateur peut être très élevée à moins d'augmenter la fréquence de commutation.
- ❖ Le CRP peut fonctionner en court-circuit, il est naturellement protégé.

III.4.2.3. Inconvénients :

- ❖ Le courant dans les interrupteurs et dans le circuit résonant est indépendant de la charge
- ❖ Le rendement à faible charge est bas.

III.4.3. Le convertisseur à résonance série-parallèle (CPRS):

III.4.3.1. Principe de fonctionnement :

réserveur se compose de trois composants résonants : L_r , C_s et C_p .

Semblable à PRC, une inductance de filtre de sortie est ajoutée du côté secondaire pour calculer l'impédance. [2]

Pour SPRC, il combine les bonnes caractéristiques de PRC et SRC. Avec une charge en série avec un réservoir en série L_r et C_s , l'énergie de circulation est plus petite par rapport à CRP.

Avec le condensateur parallèle C_p , CPRS peut réguler la tension de sortie à vide.

Les paramètres de SPRC conçus pour l'application DC/DC frontale sont :

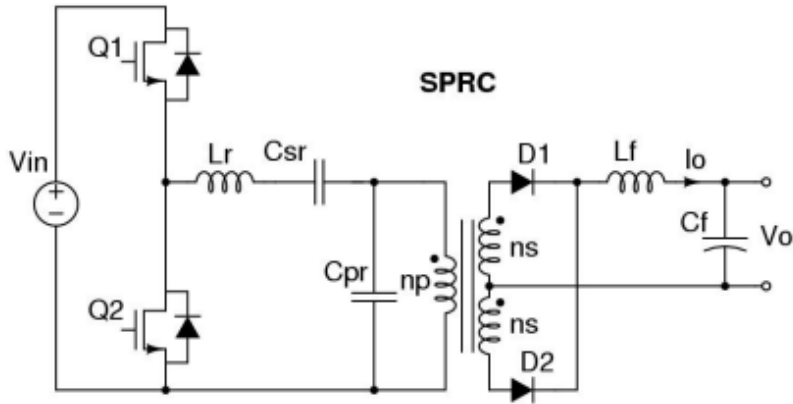


Figure III.6 : Schéma de Principe du convertisseur à résonance série-parallèle.

a) La structure LCC :

le circuit résonant de ce convertisseur comprend une inductance et deux capacités.

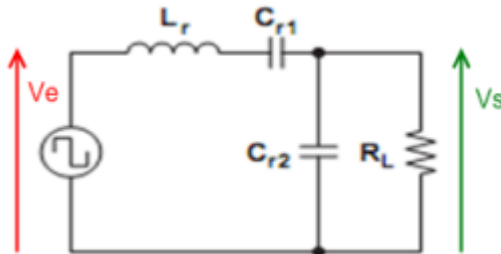


Figure III.7 : Schéma électrique simplifié du convertisseur à résonance série-parallèle LCC.

- ❖ La capacité C_{r1} a pour but de diminuer les pertes puisqu'elle supprime la composante continue de courant.
 - ❖ La capacité C_{r2} a pour but de corriger le problème de régulation à faible charge puisque l'impédance équivalente $[C_{r2} R_L]$ devient très faible même si la résistance R_L est grande.
 - ❖ Ces 2 types de condensateurs C_{r1} et C_{r2} corrigent donc certains défauts des convertisseurs à résonance série et parallèle ce qui en fait un avantage majeur de la structure LCC.
- b) La structure LLC :

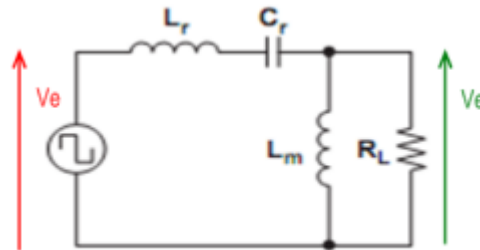


Figure III.8 : Schéma électrique simplifié du convertisseur à résonance série-parallèle.

ce convertisseur permet d'obtenir les mêmes avantages qu'évoqués précédemment pour la structure LCC.

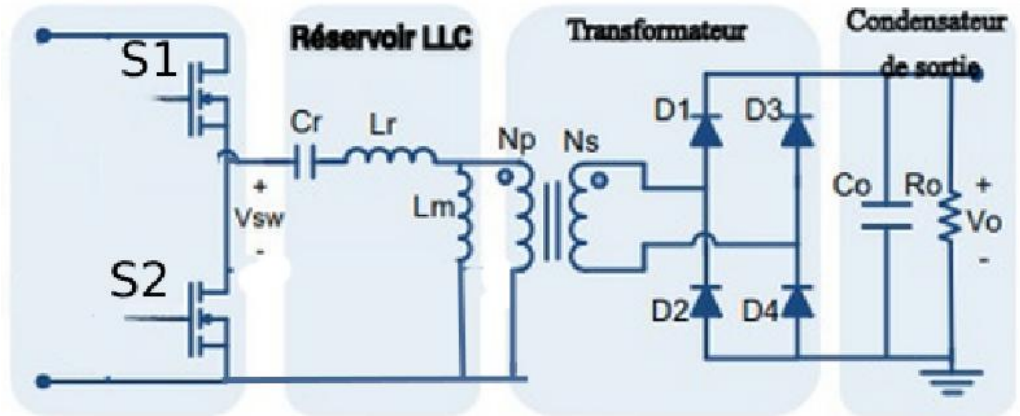
Sa structure est aussi plus avantageuse financièrement puisque d'une part il n'y a plus qu'une capacité et d'autre part l'inductance de fuite L_r est intégrée dans le transformateur.

La conception de ce convertisseur, en particulier de son transformateur peut s'avérer complexe, c'est un inconvénient minime puisque le rendement est plus efficace que pour les 3 autres structures d'alimentations à résonance étudiées précédemment.

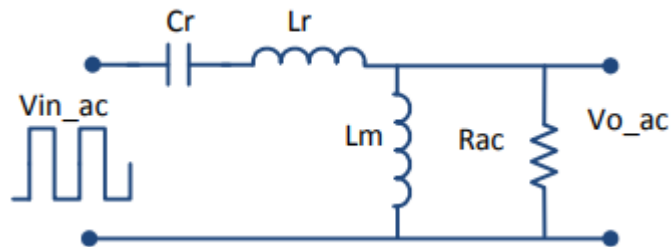
III.5. Etude théorique de l'alimentation à résonance :

III.5.1 Analyse du fonctionnement :

Dans cette étude nous allons investiguer une alimentations à résonance type LLC en demi-pont.(figure III.9).



FigureIII.9 : Convertisseur demi-pont LLCrésonnant.



FigureIII.10 : Circuit résonnant équivalent

Les caractéristiques DC du convertisseur résonant LLC pourraient être divisées en régions ZCS et ZVS. Sur le côté droit de la fréquence de résonance, le convertisseur présente les mêmes caractéristiques que le convertisseur résonnant série (CRS) tandis que sur le côté gauche du convertisseur résonant.

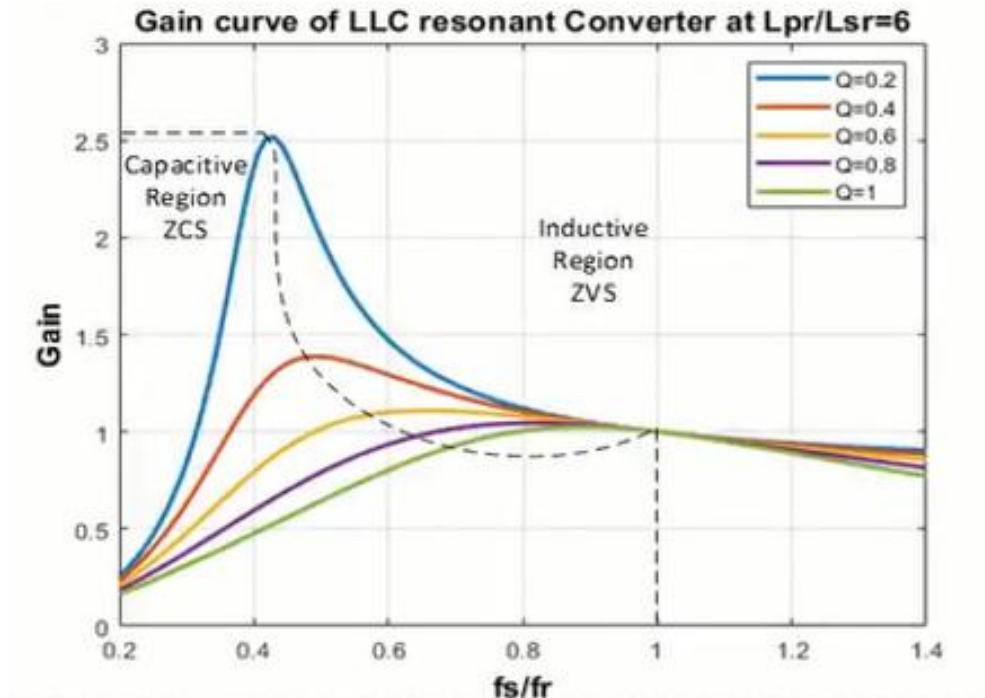


Figure III.11 : gain du half-bridge llc résonnant.

III.5.2. Modes de fonctionnement :

Le gain du réseau LLC étant modulé en fréquence, le convertisseur peut fonctionner selon trois modes en fonction des conditions de tension d'entrée et de courant de charge :

- En fonctionnement à fréquence de résonance, $f_s = f_r$.
- Fonctionnement au-dessus de la fréquence de résonance $f_s > f_r$.
- En dessous du fonctionnement en fréquence de résonance, $f_s < f_r$.

a) Modes de $f_s = f_r$:

Dans ce mode, la fréquence de découpage est égale à la fréquence de résonance série ($f_s = f_r$).

Lorsque le transistor **S1** est éteint, le courant résonant vient se superposer au courant magnétisant. On tombe alors dans ce que l'on appelle le temps mort. A cet instant, il n'y a aucun transfert de puissance au secondaire jusqu'à ce que le transistor **S2** conduise. Le temps mort doit être suffisamment long de manière à pouvoir assurer des pertes en commutations nulles. Lorsque **S1** conduit, le transfert de puissance recommence au secondaire. Le courant résonant devient inférieur au courant magnétisant.[11]

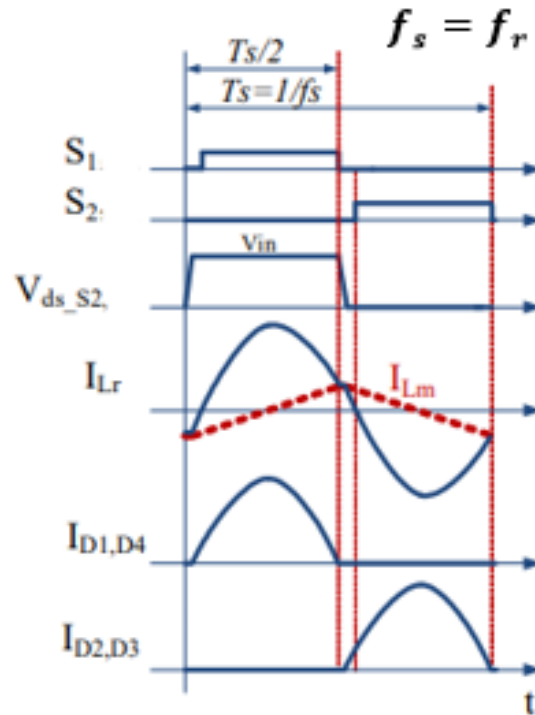


Figure III.12 : Forme d'onde d'état En fonctionnement à fréquence de résonance.

b) Modes de $f_s > f_r$:

Dans ce mode, le courant circulant dans le circuit résonant est de faible amplitude. La perte de conduction est réduite car le courant dans le circuit résonant est en mode courant continu (CCM), ce qui entraîne moins de courant RMS pour la même charge. Les diodes du secondaire ne sont pas commutées en douceur et des pertes de récupération inverse se produisent. Cependant, un fonctionnement supérieur à la fréquence de résonance peut toujours atteindre ZVS du côté primaire. Un fonctionnement à une fréquence supérieure à la fréquence de résonance peut entraîner des augmentations de fréquence significatives dans des conditions de faible charge.[11]

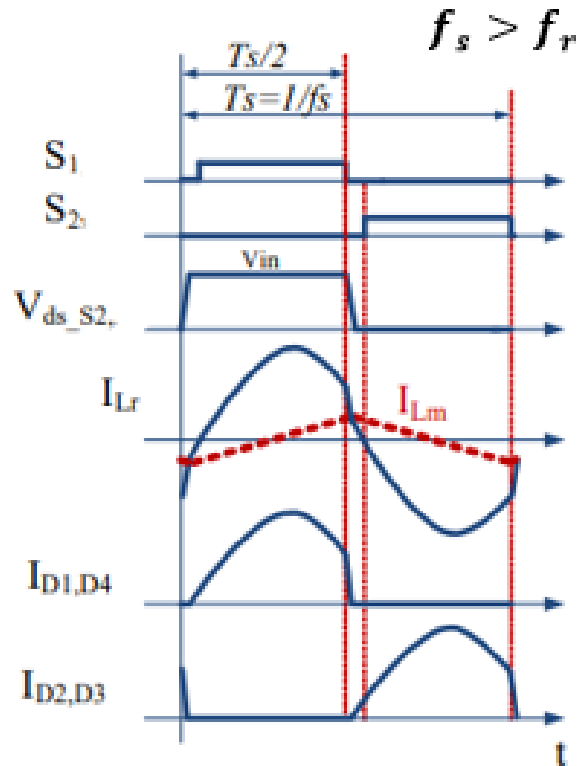


Figure III.13 : Forme d'onde d'état Fonctionnement au-dessus de la fréquence de résonance.

En conséquence, les pertes en conduction sont plus importantes au primaire et au secondaire du convertisseur. De plus, si la fréquence de commutation du convertisseur est trop faible on risque de basculer dans le mode commutation au zéro de courant.

c) Modes de $f_s < f_r$:

Dans ce cas, le courant résonant se superpose au courant magnétisant après la fin de chaque temps mort. C'est certainement le mode de fonctionnement en fréquence où la quantité de courant résonant est la plus faible. En conséquence, les pertes en conduction sont réduites car le courant circulant au secondaire du transformateur est en mode continu. Cela résulte en une quantité de courant RMS moins importante pour la même quantité de charge. De plus les pertes en commutation nulles sont toujours appliquées dans cette opération en fréquence.[11]

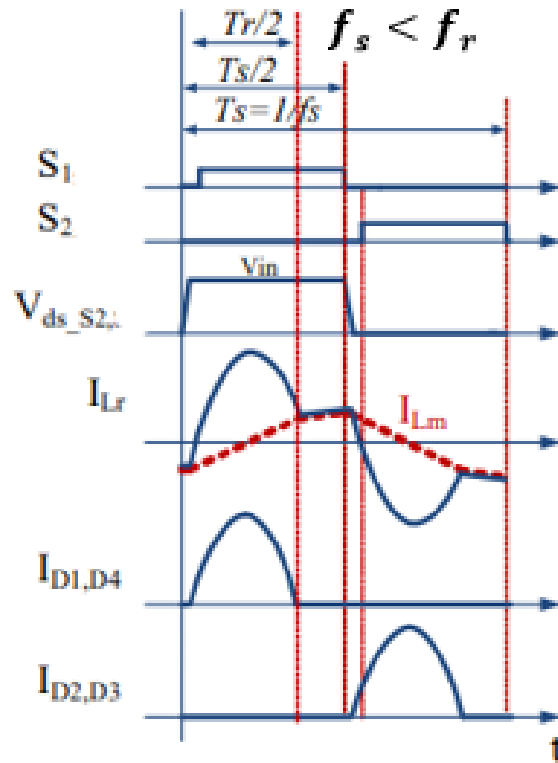


Figure III.14 : Forme d'onde d'état En dessous du fonctionnement en fréquence de résonance.

III.5.3. les équations mathématiques :

a. Gain de tension du convertisseur :

Le gain de réservoir résonant peut être dérivé en analysant le circuit résonant équivalent illustré à la **Figure III.12** . le gain de réservoir résonant est l'amplitude de sa fonction de transfert

$$K_{(Q,m,F_x)} = \left| \frac{V_o(s)}{V_{in}(s)} \right| = \frac{F_x^2(m-1)}{\sqrt{(mF_x^2-1)^2 + F_x^2(F_x^2-1)^2(m-1)^2 Q^2}} \quad (\text{III.1})$$

b. Les fréquences de résonance :

le convertisseur à résonance possède 2 fréquences de résonance en raison de l'inductance de fuite L_r rajoutée à savoir :

la fréquence de résonance propre :

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_r C_r}} \quad (\text{III.2})$$

La fréquence dite des pôles :

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_r + L_m) C_r}} \quad (\text{III.3})$$

La fréquence normalisée :

$$F_x = \frac{f_s}{f_r} \quad (\text{III.4})$$

c. Composants de résonance (L_r , C_r et L_m) :

l'inductance résonante :

$$L_r = \frac{1}{(2\pi f_r)^2 C_r} \quad (\text{III.5})$$

a capacité résonante :

$$C_r = \frac{1}{2\pi Q f_r R_{ac}} \quad (\text{III.6})$$

ratio d'inductance :

$$L_m = L_n L_r \quad (\text{III.7})$$

La résistance équivalente :

$$R_{ac} = \frac{8 N_p^2}{\pi^2 N_s^2} R_0 \quad (\text{III.8})$$

Le facteur de qualité :

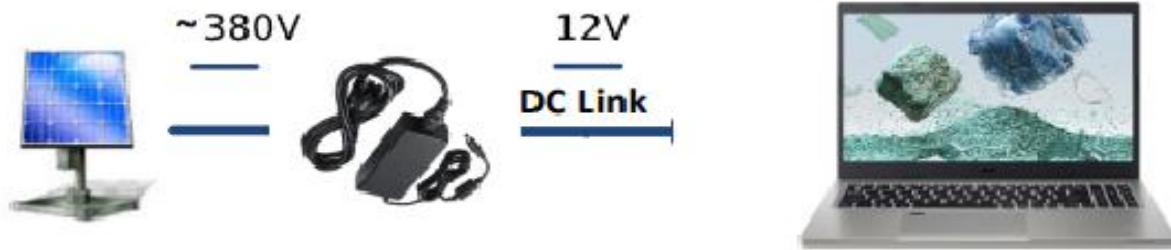
$$Q = \frac{\sqrt{\frac{L_r}{C_r}}}{R_{ac}} \quad (\text{III.9})$$

Le ratio d'inductances du transformateur :

$$m = \frac{L_r + L_m}{L_r} \quad (\text{III.10})$$

III.5.4. Les Calculs mathématiques :

Notre exemple de conception est applicable à l'étage dc-dc d'un micro-onduleur solaire, comme illustré à la **FigureIII.15** , avec spécifications indiquées dans le tableau.



FigureIII.15 : Exemple de étude

Le **Tableau III.1** suivant montre les valeurs utilisées et les résultats que nous voulons obtenir dans cette étude :

Paramètres	Dénomination	Valeur
Tension d'Entrée	$V_{\min} - V_{\max}$	375V-405V
Tension d'Entrée	V_{in}	380V
Tension de Sortie	V_0	12V
Courant de Sortie	I_0	2.37A
Puissance de Sortie	P_0	45w
Fréquence	f_r	100kHz

calcul de du Transformateur:

$$N = \frac{V_{in\ nom}}{2V_{0\ nom}} = \frac{380}{2 \times 12} = 15.83$$

Calcul de M_{gmin} et M_{gmax} :

$$M_{gmin} = \frac{2n(v_0)}{V_{in\ max}} = \frac{2 \times 15.83(12)}{405} = 0.93$$

$$M_{gmax} = \frac{2n(v_0)}{V_{in\ min}} = \frac{2 \times 15.83(12)}{375} = 1.01$$

Calcul de R_{ac} :

$$\frac{8n^2}{\pi^2} \times \frac{v_0}{I_0} = \frac{8 \times 15.83^2}{\pi^2} \times \frac{12}{2.37} = 128.5 \Omega$$

Sélection de M et Q :

$$Q = \frac{\sqrt{L_r / C_r}}{R_{ac}} =$$

$$Q = 0.4$$

$$m = 4.5$$

calcul de $L_r C_r$:

$$C_r = \frac{1}{2\pi Q f_r R_{ac}} = \frac{1}{2\pi \times 0.4 \times 100 \times 10^3 \times 128.5} = 112 \text{ nF}$$

$$L_r = \frac{1}{(2\pi f_r)^2 C_r} = \frac{1}{(2\pi \times 100 \times 10^3)^2 \times 112 \times 10^{-9}} = 22.6 \mu\text{H}$$

$$L_m = (m - 1) \times L_r = (4.5 - 1) \times 22.6 = 79.1 \mu\text{H}$$

III.6. Simulation du fonctionnement :

III.6.1. Schéma de simulation :

La **Figure III.16** présente le schéma de simulation pour l'alimentation **demi-points résonnant LLC** (half-bridge LLC)

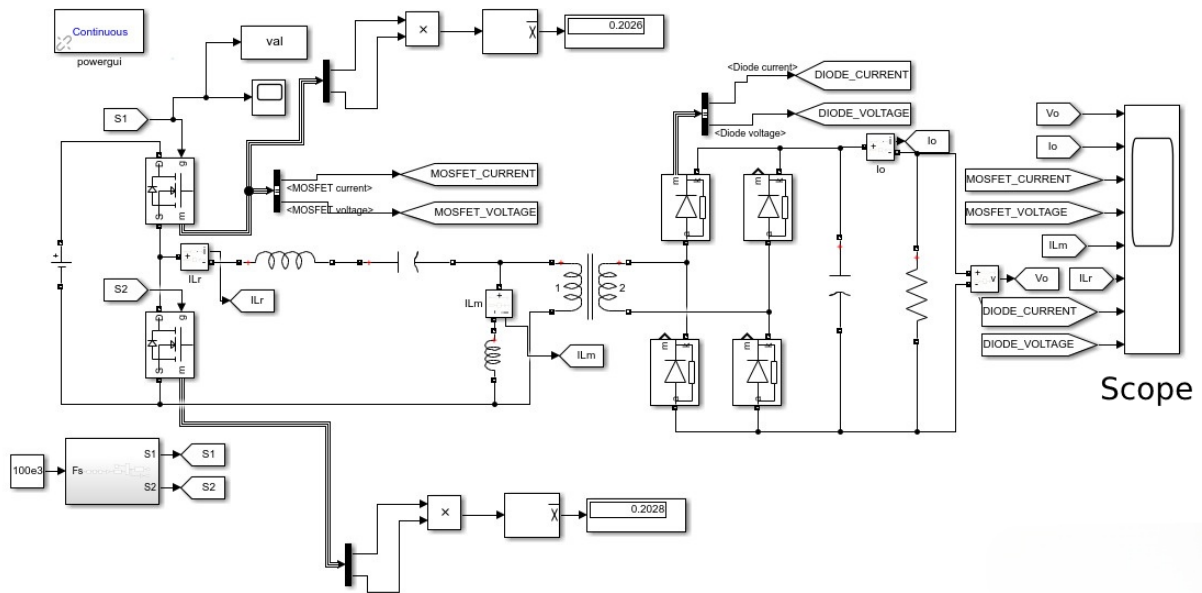


Figure III.16 : schéma de simulation pour l'alimentation résonnant

III.6.1.1. Résultats de simulation :

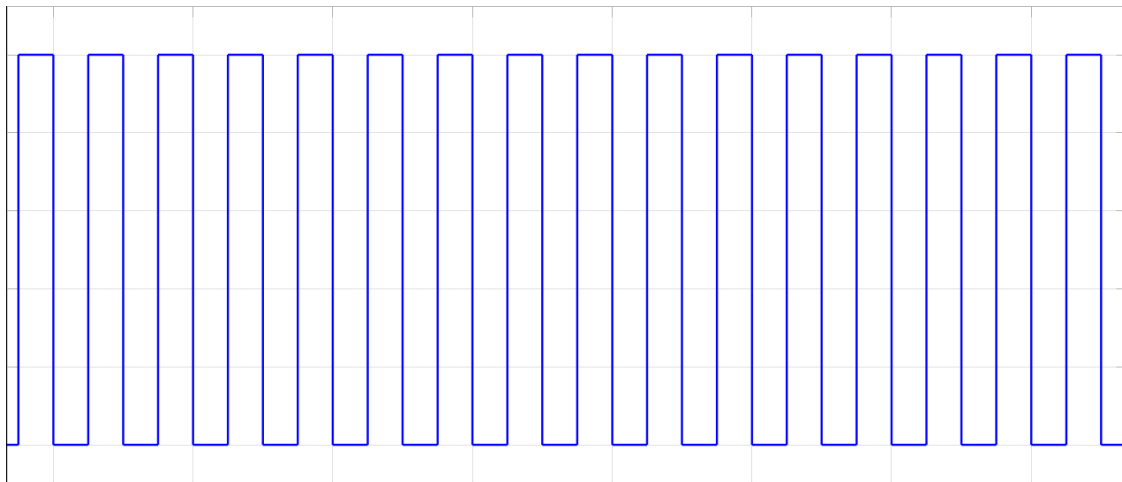
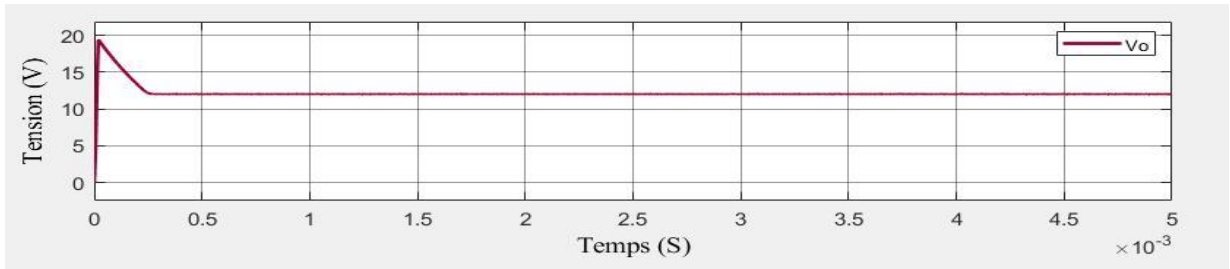
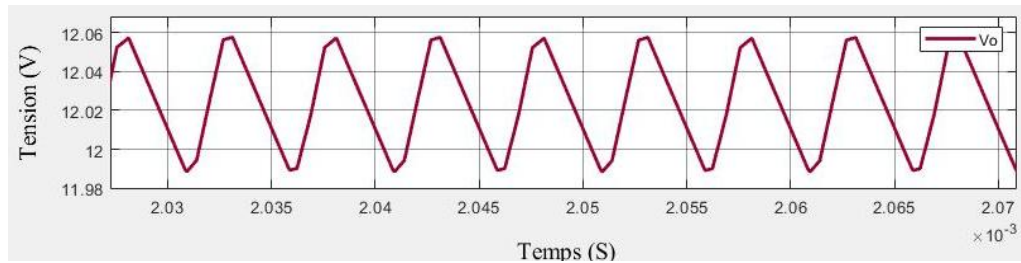


Figure III.17 : Simulation des signaux de commande.

La tension de sortie V_s de l'alimentation résonnant est représentée par (Figure III.18) :

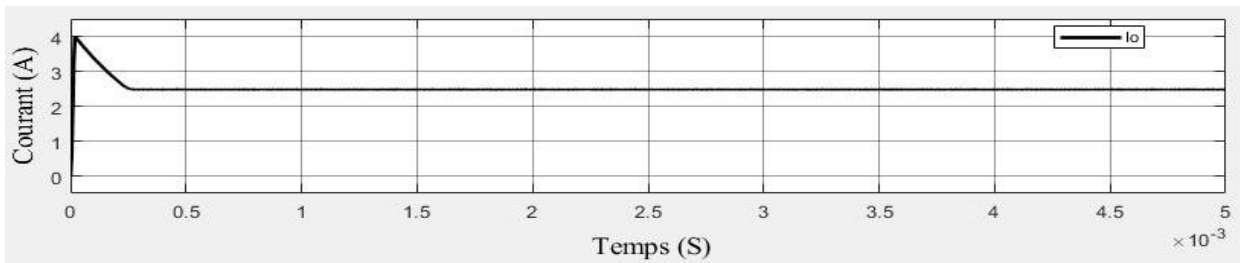


FigureIII.18 : Réponse de la tension de sortie.

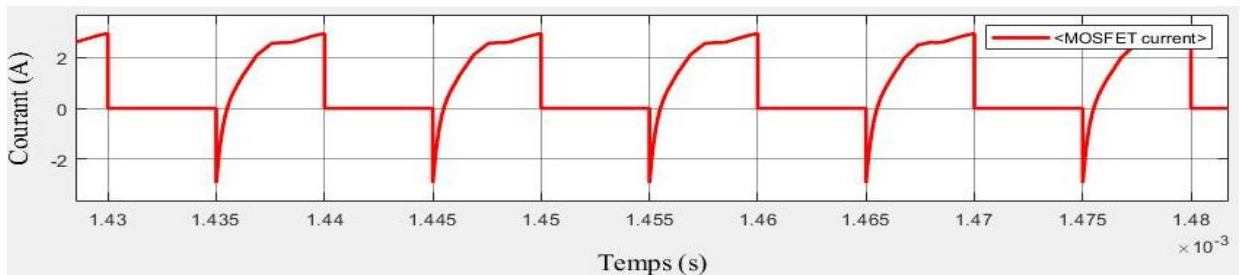


FigureIII.19 : Ondulation de la tension de sortie.

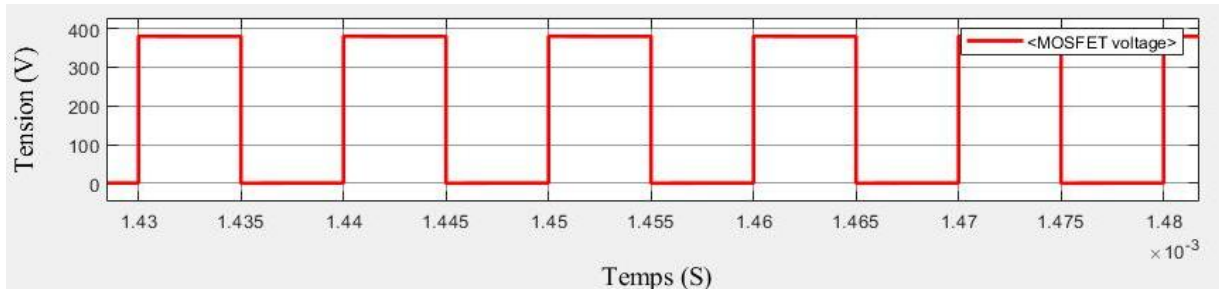
La courant de sortie V_s de l'alimentation résonnant est représentée par (Figure III.20) :



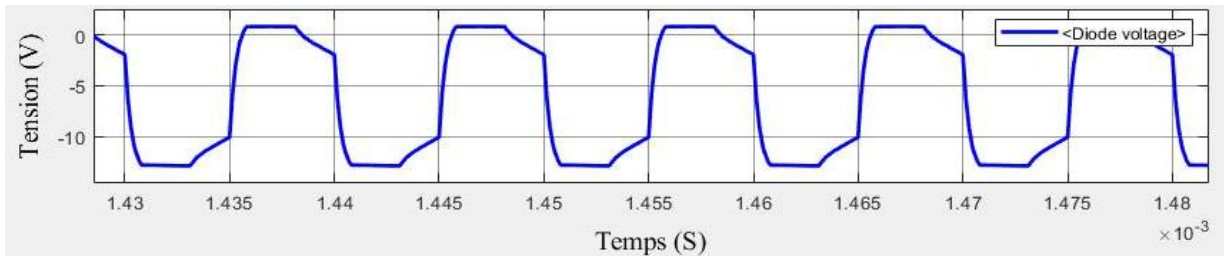
FigureIII.20 : Réponse de courant de sortie.



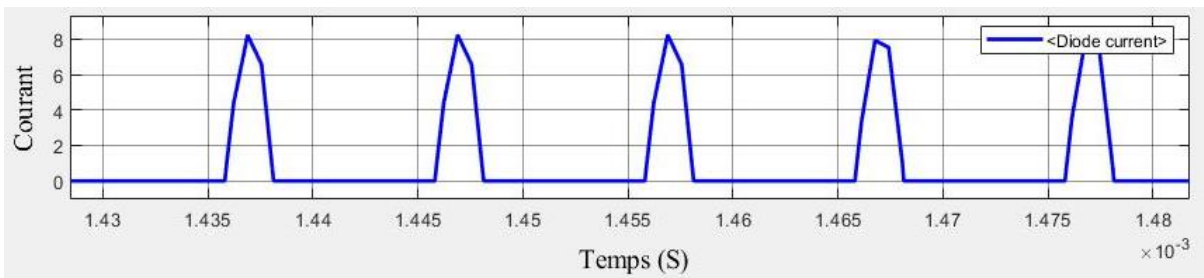
FigureIII.21 : Formes d'ondes des courants de MOSFET



FigureIII.22 : Formes d'ondes de la tension de MOSFET



FigureIII.23 : Formes d'ondes de la tension des diodes



FigureIII.24 : Formes d'ondes des courants des diodes

Le **TableauIII.2** suivant présente les résultats obtenus à partir des courbes précédentes :

TableauIII.2 Les résultats obtenus de circuit résonnant :

PARAMETRES	VALEUR
V_0	12.07V
I_0	2.37A
<i>La perte</i>	0.405W

III.6.2. Simulation sans utilisation de circuit résonnant:

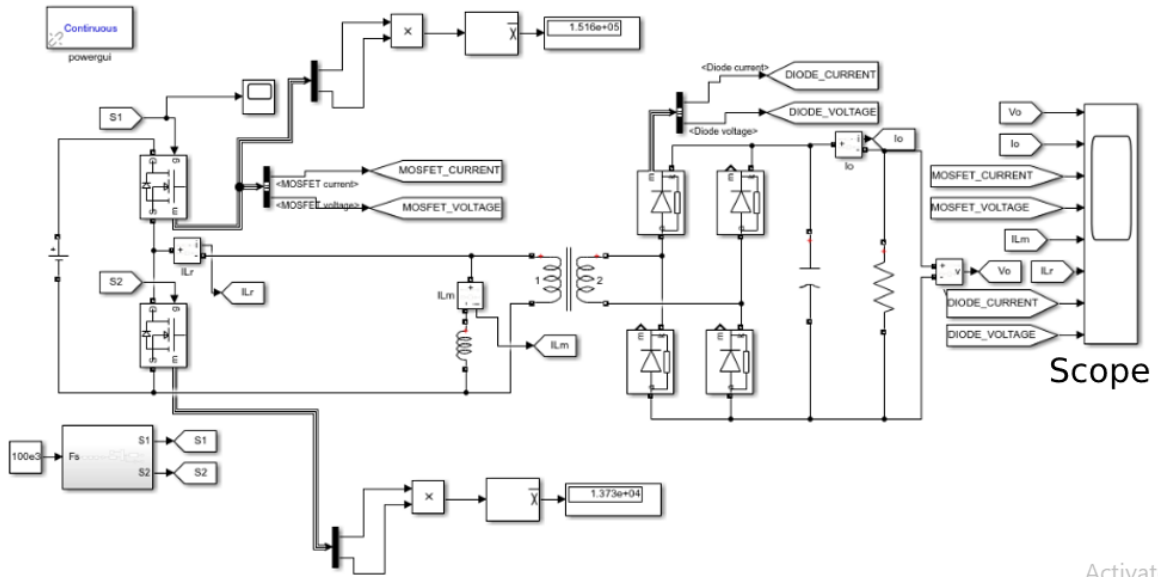


Figure III.25 : schéma de simulation pour l'alimentation résonnant circuit résonnant.

III.6.2.1. Résultats de simulation :

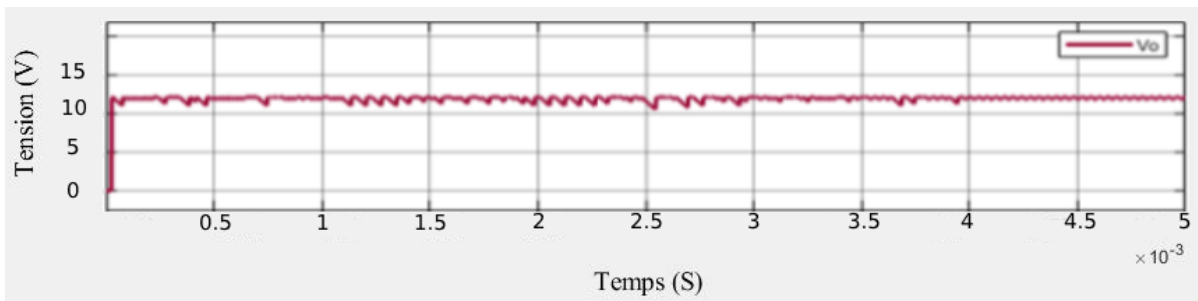


Figure III.26 : Réponse de la tension de sortie sans circuit résonnant.

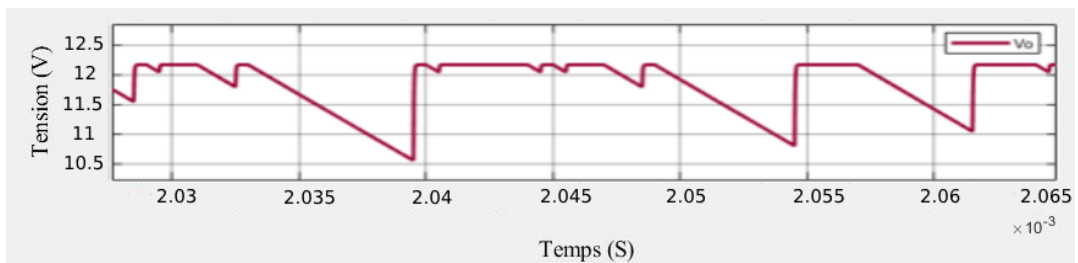


Figure III.27 : Ondulation de la tension de sortie sans circuit résonnant.

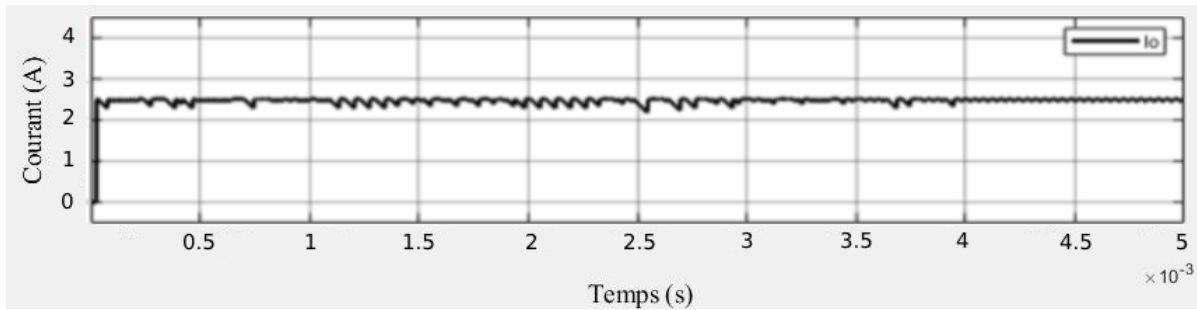


Figure III.28 : Réponse de la courant de sortiesans circuit résonnant.

Le **Tableau III.3** suivant récapitule les résultats obtenus à partir des courbes précédentes :

Tableau III.3 Les résultats obtenus sans circuit résonnant .

PARAMETRES	VALEUR
V_0	11.93V
I_0	2.3A
<i>La perte</i>	0.88 w

III.6.3. Interprétations des résultats :

D'après les résultats de simulation du montage avec les paramètres du circuit résonant calculés, nous constatons que le montage étudié présente une tension de sortie très stable d'une valeur de 12.07V. Le taux d'ondulation est aussi très réduit et ne dépasse pas 0.66%. Entre autres, Le rendement obtenu est égal à 98.6% qui est une valeur assez satisfaisante.

Par contre, les résultats de simulation du montage sans circuit résonnant présente une tension de sortie fortement ondulé avec un taux d'ondulation de 6.88%. Le rendement dans est cas et plus faible avec une valeur égale à 96.6%

III.7. Conclusion :

Le montage de circuit d'alimentation à découpage type résonant avec les paramètres calculées permet de produire une tension de sortie très stable et un rendement meilleur.

Conclusion générale

Les alimentations à découpage sont des dispositifs électroniques largement utilisés dans de nombreux domaines pour réguler la tension et/ou le courant fournis aux appareils électroniques. Elles se distinguent des alimentations linéaires par leur approche de conversion d'énergie plus efficace. Les alimentations à découpage fonctionnent en utilisant des composants électroniques de puissance en commutation, tels que des transistors, pour découper l'énergie d'entrée en cycles rapides. Cela permet d'obtenir des tensions et des courants régulés de manière précise. Ces alimentations présentent de nombreux avantages par rapport aux alimentations linéaires, notamment une efficacité énergétique supérieure, une taille réduite, une meilleure gestion de la chaleur et une plus grande adaptabilité à une large gamme d'applications. Le développement des alimentations à découpage a ouvert la voie à des avancées significatives dans le domaine de l'électronique de puissance, permettant ainsi de répondre aux besoins croissants en énergie des appareils modernes de manière plus efficace et fiable.

Dans cette étude, nous avons utilisé des simulations pour évaluer les performances d'une alimentation à découpage de type résonant. Notre objectif était de concevoir un chargeur pour ordinateur portable en utilisant cette alimentation, et de vérifier si elle serait capable de fournir une tension de sortie de 12V à partir d'une source d'énergie solaire de 380V.

Après avoir effectué les simulations à l'aide de l'outil Simulink du logiciel MATLAB, nous avons obtenu des résultats concluants. La tension de sortie mesurée était de 12,07V avec un courant d'intensité de 2,37A, des valeurs proches de nos objectifs initiaux.

Il est important de noter que les simulations nous ont permis de modéliser le comportement du circuit de résonance de manière précise et de prédire son fonctionnement dans des conditions spécifiques. Les résultats obtenus fournissent des informations utiles sur les performances attendues d'une alimentation à découpage de type résonant.

En conclusion, bien que notre étude se soit basée sur des simulations, les résultats obtenus fournissent des indications prometteuses quant à l'utilisation d'une alimentation à découpage de type résonant pour concevoir un chargeur efficace pour ordinateur portable. Des

Conclusion générale

recherches supplémentaires, incluant des expérimentations réelles, pourraient être envisagées pour confirmer et affiner les résultats obtenus par les simulations.

Bibliographie

- [1] : **Guillaume Bolbenes, Guillaume Chefi, Matthieu Tardivon** : Introduction aux alimentations linéaires et aux alimentations à découpage, ParisTech (École nationale supérieure des télécommunications), 2012 .
- [2] : **Pierre Mays** : Les Alimentation Electroniques, Alimentation linéaires et découpage, Piles et Accumulateurs, Récolte D'énergie, édition 3, « Dunod, 2018 ».
- [3] : **Sid Mohand Farida, Belharet Rahim** : étude des alimentations électroniques, cas d'une alimentation á découpage, Mémoire de Fin d'études « Université de Tizi-Ouzou », Master Professionnel Électronique industriel, 2018.
- [4] : **Philippe Letenneur** : Les Alimentations Electriques, STS Granville 2003-2004.
- [5] : **Jean-Yves Le Chenadec**: Alimentation à Découpage - Etude, choix et dimensionnement des alimentations à découpage usuelles, 2001.
- [6]: **Jean-Paul Ferrieux & François Forest** : alimentations À découpage convertisseurs à résonance, Principes, composants, modélisation 3e édition « Dunod, Paris, 1999 ».
- [7] : **Université de Savoie**: chapitre 6 alimentations à découpage issues du secteur licence eau module u6 Énergie et convertisseurs d'énergie.
- [8] : **Jean Schutz**: méthodologie de conception d'une alimentation a découpage, these de doctoral, « HAL open science, 1992 ».
- [9]: **Marian K. Kazimierczuk , Darrius Czarkowski** : Resonant Power Converters , Second Edition, « IEEE, 2011 ».
- [10] : **Hong Huang** : Designing an LLC Resonant Half-Bridge Power Converter, 2010 Texas Instruments Power Supply Design Seminar SEM1900, Topic 3
- [11] : **Barre Pierre-Olivier** : Etude et réalisation d'une alimentation à découpage à résonance utilisant la structure LLC, « SOCOMEC UPS, 2

Résume :

Le but de ce travail est l'étude et la simulation d'une alimentation à découpage de type résonant. Au début, nous avons expliqué le principe de fonctionnement des alimentations linéaires et à découpage. Ensuite, nous avons présenté les avantages et les inconvénients de chaque type d'alimentation. Ensuite, nous avons proposé et dimensionné une alimentation à découpage de type résonant destinée à alimenter un ordinateur portable. Ensuite, nous avons proposé et dimensionné une alimentation à découpage de type résonant destinée à alimenter un ordinateur portable. Les simulations nous ont permis de modéliser le comportement du circuit de résonance de manière précise et de prédire son fonctionnement dans des conditions spécifiques. Les résultats obtenus fournissent des informations utiles sur les performances attendues d'une alimentation à découpage de type résonant.

Mots clés : Alimentation à découpage, Alimentation linéaire, Alimentation Résonant

ملخص :

الغرض من هذا العمل هو دراسة ومحاكاة مصدر طاقة تحويل الرنين. في البداية ، شرحنا مبدأ تشغيل إمدادات الطاقة الخطية وتبديلها. بعد ذلك ، قدمنا مزايا وعيوب كل نوع من أنواع إمدادات الطاقة. بعد ذلك ، قمنا باقتراح وتحديد أبعاد مصدر طاقة بتبديل نوع الرنين الذي يهدف إلى تزويد جهاز كمبيوتر محمول. بعد ذلك ، قمنا باقتراح وتحديد أبعاد مصدر طاقة بتبديل نوع الرنين الذي يهدف إلى تزويد جهاز كمبيوتر محمول. سمحت لنا عمليات المحاكاة بنمذجة سلوك دائرة الرنين بدقة والتنبؤ بتشغيلها في ظل ظروف محددة. توفر النتائج التي تم الحصول عليها معلومات مفيدة حول الأداء المتوقع لمزود طاقة التبديل من النوع الرنان.

كلمات مفتاحية: مزود طاقة مقطعة , مزود طاقة , مزود طاقة الرنين

Summary :

The purpose of this work is the study and simulation of a resonant switching power supply. At the beginning, we explained the principle of operation of linear and switching power supplies. Next, we presented the advantages and disadvantages of each type of power supply. Then, we proposed and dimensioned a resonant type switching power supply intended to supply a laptop computer. Then, we proposed and dimensioned a resonant type switching power supply intended to supply a laptop computer. the simulations allowed us to model the behavior of the resonance circuit precisely and to predict its operation under specific conditions. The results obtained provide useful information on the expected performance of a resonant type switching power supply.

Keywords: Switching power supply, Linear power supply, Resonant power supply