

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOAND OULHADJE-BOUIRA



Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées
Département : Génie Electrique

Mémoire de fin d'étude

Présenté par :

Aouaou Hayet

Cherfi Soria

En vue de l'obtention du diplôme de **Master 02** en :

Filière : **ELECTRONIQUE**

Option : **Electronique des systèmes Embarqués**

Thème :

Etude des défauts dans les convertisseurs statiques

Devant le jury composé de :

Ouali	Kahina	MAA	UAMOB	Président
Yassa	Nacera	MCB	UAMOB	Encadreur
Kirreche	Nora	MAA	UAMOB	Examineur
Ouadfel	Ghania	Magister	UAMOB	Examineur

Année Universitaire 2018/2019

Remerciements

Au terme de ce mémoire nous tenons à remercier tout naturellement en premier lieu Allah le tout puissant qui nous a donné la force, le courage et la patience de bien mener ce travail.

Ce travail a été réalisé sous la direction de madame **Yassa Nacera**, notre promotrice, enseignante à l'université Akli MOHAND OULHADJ de Bouira, qu'il trouve ainsi l'expression de notre profonde reconnaissance pour sa compétence, ses encouragements et ses conseils durant le déroulement de ce travail.

Nos vifs et sincères remerciements vont au **Madame, Ouali . Kahina** le président des jures.

Nos respects et notre gratitude vont également aux membres du jury : **Madame Kireche. Nora** et **Madame Ouadfel . Ghania** qui nous a fait l'honneur de juger ce travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les enseignants de Génie Electrique option Electronique.

Nos sentiments vont également à tous les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail



Hayet Et Soria

Dédicaces

Du profond cœur je remercie notre grand seigneur Allah de m'avoir donné la force, la santé, la persévérance et d'avoir illuminé mon chemin malgré toutes les difficultés rencontrées.

Je dédie ensuite mon travail :

A ma mère qui la lumière de mes yeux et qui me comble d'amour.

A mon père qui m'a toujours épaulé, soutenu financièrement et moralement et donné son amour et son respect.

A toutes mes chères sœurs, leurs maries, et leurs enfants pour leur amour et leurs attentions, leurs aides et leurs soutiens qu'ils m'ont apportés.

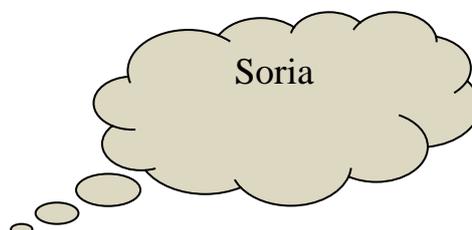
Une spéciale dédicace au petit Mohammed et la petite Ritadj (que j'adore).

A toute la famille « Cherfi » et « Lazouzi ».

A mes meilleurs ami(e)s : Kenza, et Hayat.

A toutes mes amis sans oublier tous les étudiants de la promotion 2018 /2019 de M2 ESE.

A tous ceux que j'aime, et a tous ceux qui m'aime.



Dédicaces

Du profond cœur je remercie notre grand seigneur Allah de m'avoir donné la force, la santé, la persévérance et d'avoir illuminé mon chemin malgré toutes les difficultés rencontrées.

Je dédie ensuite mon travail :

A ma mère qui la lumière de mes yeux et qui me comble d'amour, le symbole de la bonté et la source de tendresse.

A mon père qui m'a toujours épaulé, soutenu financièrement et moralement et donné son amour et son respect.

A tous mes chers frères, leurs familles, et leurs enfants pour leur amour et leurs attentions, leurs aides et leurs soutiens qu'ils m'ont apportés.

A ma chère sœur, son mari et ses petites enfants, Je te remercie infiniment d'être là aux moments les plus délicats de cette vie mystérieuse.

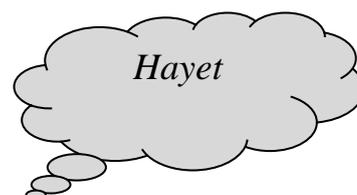
A toutes nos petits anges de familles (Nihed, Hana, Asma, Yesmine, Nadjet, Rined et Ouissem).

A toute ma famille et mes proches.

A ma chère binôme (Soria).

A toutes mes amis sans oublier tous les étudiants de la promotion 2018 /2019 de M2 ESE.

A tous ceux que j'aime, et à tous ceux qui m'aime.



Résumé

Notre travail consiste à étudier les différents types des défauts dans les convertisseurs statiques basant sur les redresseurs et les onduleurs.

Le 1^{er} chapitre nous permis de mettre en évidence les notions fondamentales des convertisseurs statiques et ces différents types, ainsi que les notions d'interrupteurs, de commutation, et le nouveau concept qu'est la défaillance sa définition et ces causes.

Dans le 2^{ème} chapitre on a vue la conversion AC/DC et on a consacré l'étude sur les redresseurs triphasés non commandée simple alternance et double alternance, et les redresseurs commandée simple alternance et double alternance .Dans la suite de chapitre on a appliquée deux types de défauts qui sont le circuit fermé et le circuit ouvert.

Et le 3^{ème} chapitre consiste a appliquée les défauts précédentes sur les onduleurs avec ces deux types monophasé et triphasée qui provoquent un changement de fonctionnement, Ce qui introduit des pertes électriques.

Abstract

Our job is to study the different types of faults in static converters based on rectifiers and inverters.

The 1st chapter allowed us to highlight the fundamental concepts of static converters and these different types, as well as the concepts of switches, switching, and the new concept of failure, its definition and its causes.

In the 2nd chapter we saw the AC / DC conversion and we devoted the study on the three-phase rectifier's non-controlled single alternation and double alternation, and the rectifiers controlled single alternation and double alternation. In the following chapter we applied two types of faults which are closed circuit and open circuit.

And the 3rd chapter consists in applying the previous faults on inverters with these two single-phase and three-phase types which cause a change in operation, which introduces electrical losses.

Notre travail consiste à étudier les différents types des défauts dans les convertisseurs statiques basant sur les redresseurs et les onduleurs.

Abréviations et Acronymes

AC : Conversion alternative.

DC : Conversion continue.

INT : Interrupteur.

GTO : Type de Thyristor.

MSFT : Mosfet.

PD3 : Pont de diode a trois.

HIFT : High intensity functionat trainig.

MOS : Transistor.

AFNOR : Association française de normalisation.

CEI : Commission électrotechnique internationale.

MSAP : Machine synchrone à aimants permanents.

P3 : Redresseur à pont de Graetz a 3 (diodes ou thyristor).

PD2 : Redresseur a pont de Graetz a 6 (diodes ou thyristor).

MLI :(ou PWM) : Modulation en Largeur d'Impulsions (Pulse Width Modulation).

MOS : Transistor.

IGBT : Insulated Gate Bipolar Transistor.

MLIS : Modulation sinusoïdale

SVM : Modulation vectorielle.

Notations et symboles

AC : Conversion alternative.

DC : Conversion continue.

V_{aN}, V_{bN}, V_{cN} : La tension simple a l'entrée de redresseur.

I_D : Le courant redressé.

V_0 : La tension aux bornes de la charge.

I_0 : Courant dans la charge.

R : Résistance de la ligne réseau -redresseur.

L : Inductance totale de la ligne réseau-redresseur.

C : Condensateur.

E : La tension d'alimentation.

D : Diode.

I_{Th} : Le courant aux bornes de Thyristor.

Th : Thyristor.

A, B, C : Charge triphasé.

K : Coefficient de Boltzmann.

I_i : Le courant d'entrée.

I_c : Le courant qui traverse le condensateur.

I_L : Le courant qui traverse la bobine.

V_L : La tension aux bornes de la bobine.

I_0 : Le courant qui traverse le C2.

V_0 : La tension de sortie.

V_i : La tension d'entrée.

T_s : La période de commutation.

D : Le rapport cyclique du commutateur ($d \in [0, 1]$).

V_A, V_B, V_C : Des interrupteurs.

V_a, V_b, V_c : Tension aux bornes de bobine.

$M3\sim$: Moteur a cage d'écureuil.

R_i, R_s : Facteur de forme.

Δv_S : Tension instantané.

ΔI_s : Courant instantané.

T_v : Taux d'ondulation de la tension.

T_i : Taux d'ondulation de courant.

ω : Pulsation électrique.

$+V_{cc}$: Tension d'alimentation de thyristor

I_{th} : Le courant aux bornes de thyristor.

T_i : Train d'impulsion.

θ_0 : L'angle d'amorçage.

K_b : interrupteur inverseur.

V_{S1}, V_{S2} : Tensions élémentaires .

I_a, I_b, I_c : Courants.

V_{an}, V_{bn}, V_{cn} : Tensions simples.

V_{ab}, V_{bc}, V_{ca} : Tensions composées.

M_r : Le coefficient de réglage.

M_i : L'indice de modulation.

U_r : Tension référence.

U_p : Tension porteuse.

$S(t)$: Le signal MLI résultant.

LISTE DE FIGURES

Chapitre I

Figure I.1. Diagramme des divers types de convertisseurs statiques en électronique de Puissance.....	2
Figure I.2. Caractéristique statique d'un interrupteur	3
Figure I.3. Commutation commandé d'une int : a Blocage, b amorçage commandé.....	4
Figure I.4. Commutation spontanée d'un interrupteur.....	5
Figure I.5. Caractéristique statique et dynamique d'un thyristor.....	5
Figure I.6. Caractéristique statique et dynamique d'un IGBT.....	6
Figure I.7. Schéma fonctionnel d'un redresseur.....	6
Figure I.8. Redresseur monophasé simple alternance.....	7
Figure I.9. Redresseur triphasé commandé.....	8
Figure I.10. Redresseur de courant DC/découpage	9
Figure I.11. Schéma de principe de l'onduleur.....	10
Figure I.12. Choix des composants selon la puissance et la fréquence.....	11
Figure I.13. Convertisseur avec onduleur de courant.....	12
Figure I.14. Représentation Schématique d'un onduleur de tension	13
Figure I.15. Onduleur de tension en pont triphasé a thyristor.....	14
Figure I.16. Onduleur (ASI) industriel - Installation (rail DIN.....	15
Figure I.17. Schéma de principe d'un type d'alimentation a découpage	16
Figure I.18. Schéma d'un quadripôle électrique	16
Figure I.19. Périodes fermetures et ouvertures d'un commutateur.....	17
Figure I.20. Schéma de principe d'un convertisseur dévolteur.....	17
Figure I.21. Schéma équivalents du hacheur dévolteur, (a) : K fermé, (b) ouvert.....	18
Figure I.22. Schéma de principe d'un convertisseur survolteurs	18

Figure I.23. Convertisseurs dévolteur-survolteur.....	19
Figure I.24. Schéma équivalent du hacheur dévolteur-survolteur (a) : K fermé, (b) : K ouvert.....	19
Figure I. 25. Structure du hacheur réversible en tension.....	20
Figure I.26. Structure du hacheur quatre quadrants.....	20
Figure I.27. Quadrant de fonctionnement	20
Figure I.28. Gradateurs triphasé.....	22
Figure I.29. Statistiques des défaillances dans les chaines de conversion d'énergie.....	27
Figure I.30. Convertisseurs avec premier bras court-circuit	27
Figure I.31. Convertisseurs avec premier bras court-ouvert	28
Chapitre II	
Figure II.1. Différents types de redresseurs.....	30
Figure II.2. Conversion AC/DC et grandeurs de sortie.....	31
Figure II.3. Conversion AC/DC et grandeurs de sortie	32
Figure II.4. Redresseur P3 non commandé.....	33
Figure II.5. Redresseur PD3 non command.....	34
Figure II.6. Schéma de la commande d'un thyristor.....	35
Figure II.7. Commande de la gâchette d'un thyristor par train d'impulsions.....	35
Figure II.8. Redresseur P3 commandé.....	36
Figure II.9. Redresseur PD3 commandé.....	37
Figure II.10. Schéma bloc d'un redresseur triphasé non commandé simple alternance.	38
Figure II.11. Forme d'onde des tensions d'entrée.....	38
Figure II.12. Forme d'onde de la tension de sortie aux bornes de la charge R.....	38
Figure II.13. Forme d'onde de courant de charge I_c	39

Figure II.14. Schéma block d'un redresseur triphasé non commandé cas d'un circuit fermé.....	39
Figure II.15. Forme d'onde des tensions d'entrée.....	40
Figure II.16. Forme d'onde de la tension de sortie V_c	40
Figure II.17. Forme d'onde de courant de charge I_c	40
Figure II.18. Schéma bloc d'un redresseur triphasé non commandé simple alternance cas de circuit ouvert.....	41
Figure(II.19). Forme d'onde des tensions d'entrées V_s	41
Figure II.20. Forme d'onde de tension de sortie V_c	41
Figure II.21. Forme d'onde de courant de charge I_c	42
Figure II.22. Schéma bloc d'un redresseur triphasé non commandé double alternance....	42
Figure II.23. Forme d'onde des tensions d'entrée.....	43
Figure II.24. Forme d'onde de la tension de sortie et de courant de charge.	43
Figure II.25. Schéma block d'un redresseur triphasé non commandé en cas de circuit fermé.....	44
Figure II.26. Forme d'onde des tensions d'entrée.....	44
Figure II.27. Forme d'onde de la tension de sortie et de courant de charge.....	45
Figure II.28. Schéma block d'un redresseur triphasé non commandé double alternance En cas de circuit ouvert	45
Figure II.29. Forme d'onde des tensions d'entrée.....	46
Figure II.30. Forme d'onde de la tension de sortie et de courant de charge.....	46
Figure II.31. Forme d'onde de la tension U_{ab}	47
Figure II.32. Forme d'onde de la tension U_{ac}	47
Figure II.33. Forme d'onde de la tension U_{bc}	47

Figure II.34. Schéma block d'un redresseur triphasé non commandé double alternance Cas d'une charge RL.....	48
Figure II.35. Forme d'onde des tensions d'entrée.....	48
Figure II.36. Forme d'onde de la tension de sortie et de courant de charge.....	49
Figure II.37. Schéma block d'un redresseur triphasé non commandé double alternance Cas de cathode commun.....	49
Figure II.38. Forme d'onde des tensions d'alimentation en cas de défaut dans deux bra. .	50
Figure II.39. Forme d'onde de tension de sortie et de courant de charge en cas de Défaut dans deux bras	50
Figure II.40. Schéma block d'un redresseur triphasé commandé simple alternance...	51
Figure II.41. Forme d'onde de la tension d'entrée $V_a(v)$, la tension de sortie $V_s(v)$, le courant de charge $I_b(A)$	51
Figure II.42. Schéma block d'un redresseur triphasé commandé simple alternance cas d'un circuit fermé.....	52
Figure II.43. Forme d'onde de la tension d'entrée $V_a(v)$, la tension de sortie $V_s(v)$, le courant de charge $I_b(A)$ cas d'un circuit fermé.....	52
Figure II.44. Schéma block d'un redresseur triphasé commandé simple alternance cas d'un circuit ouvert.....	53
Figure II.45. Forme d'onde de la tension d'entrée $V_a(v)$, la tension de sortie $V_s(v)$, le courant de charge $I_b(A)$ cas d'un circuit ouvert.....	53
Figure II.46. Schéma block d'un redresseur triphasé commandé double alternance...	54
Figure II.47. Forme d'onde des tensions d'entrés.....	55
Figure II.48. Forme d'onde de tension de sortie $U_b(V)$, courant de charge $I_b(A)$	55

Figure II.49. Schéma block d'un redresseur triphasé commandé double alternance cas d'un circuit fermé.....	56
Figure II.50. Forme d'onde des tensions d'entrés.....	56
Figure II.51. Forme d'onde de la tension de sortie $U_b(v)$, le courant de charge $I_b(A)$..	57
Figure II.52. Schéma block d'un redresseur triphasé commandé double alternance cas d'un circuit ouvert.....	57
Figure II.53. Forme d'onde des tensions d'entrés en cas de défaut dans deux bras.....	58
Figure II.54. Forme d'onde de la tension de sortie $U_b(v)$, le courant de charge $I_b(A)$ en cas de défaut dans deux bras	58
 Chapitre III	
Figure III.1. Montage d'un onduleur monophasé.....	61
Figure III.2. Montage d'un onduleur en demi-pont.....	62
Figure III.3. Montage d'un onduleur en pont complet.....	62
Figure III.4. Circuit de puissance d'un onduleur triphasé.....	63
Figure III.5. Schéma synoptique de la MLI.....	68
Figure III.6. Principe de la commande sinusoïdale.....	69
Figure III.7. Résultats de la porteuse avec la référence (modulante).....	70
Figure III.8. Schéma block d'un onduleur monophasé.....	71
Figure III.9. Le schéma block de la commande MLI.....	71
Figure III.10. Tension de sortie d'un onduleur (régime sain).....	72
Figure III.11. Courant de ligne d'un onduleur (régime sain).....	72
Figure III.12. Tension de sortie d'un onduleur (avec défaut CF).....	73
Figure III.13. Courant de linge d'un onduleur (avec défaut CF).....	73

Figure III.14. Tension de sortie d'un onduleur (avec défaut CO)	74
Figure III.15. Courant de ligne d'un onduleur (avec défaut CO)	74
Figure III.16. Schéma bloc d'un onduleur de tension triphasé.....	76
Figure III.17. Schéma bloc de la commande MLI sinus triangle.....	76
Figure III.18. Tensions de lignes d'un onduleur (régime sain).....	77
Figure III.19. Courants de lignes d'un onduleur (régime sain)	77
Figure III.20. Tensions de lignes d'un onduleur (avec défaut CF).....	78
Figure III.21. Courants de lignes d'un onduleur (avec défaut CF)	78
Figure III.22. Tensions de lignes d'un onduleur (avec défaut CO).....	79
Figure III.23. Courants de lignes d'un onduleur (avec défaut CO)	79

Introduction générale**Chapitre I : Généralité sur les convertisseurs statiques et la défaillance**

I.1. Introduction.....	1
I.2.Définition des convertisseurs statique.....	1
I.3.Notation d'interrupteur.....	3
I.3.1.Caractéristique statique	3
I.3.2.Caractéristique dynamique : mode de commutation.....	4
I.3.2.1.Commutation commandé.....	4
I.3.2.2.Commutation spontané.....	5
I.3.3.Quelques exemples d'interrupteurs.....	5
I.3.3.1.Diode	5
I.3.3.2. Thyristor	5
I.3.3.3.Transistor bipolaire(IGBT)	5
I.4.Redresseur.....	6
I.4.1.Classification des redresseurs.....	6
I.4.1.1.Redresseur non commandé.....	6
I.4.1.1.1.Redresseur triphasé.....	7
I.4.1.1.2.Principe de fonctionnement.....	7
I.4.1.2.Redresseur commandé.....	7
I.4.1.2.1.Redresseur triphasé commandé.....	8
I.4.1.2.2. Principe de fonctionnement.....	8
I.4.2.Domaine d'utilisation.....	8
I.5.Onduleur.....	9

I.5.1.Types d'onduleurs et leur application.....	10
I.5.1.1.L'onduleur non autonome ou (assisté).....	10
I.5.1.2.Onduleur autonome.....	10
I.5.2.Choix des composants	11
I.5.3.Différents type d'onduleur pour l'alimentation des machines asynchrones...	12
I.5.3.1.Onduleur de courant.....	12
I.5.3.2.Onduleur de tension.....	12
I.5.4.Utilisation des onduleurs.....	14
I.6.Hacheur.....	15
I.6.1.Hacheur dévolteur.....	17
I.6.2.Hacheur survolteur.....	18
I.6.3.Hacheur dévolteur-survolteur.....	18
I.6.4.Hacheur réversible en tension.....	19
I.6.5.Hacheur quatre quadrants.....	20
I.6.2.Domaine d'application.....	21
I.7.Gradateurs.....	21
I.7.1.Domaine d'utilisation.....	22
I.7.1.1.Alimentation des machines asynchrone sous tension variable...	22
I.7.1.2.Variateurs d'éclairage ou de chauffage.....	22
I.8.Cyclo-Convertisseurs.....	22
I.8.1.Définition.....	22
I.8.2.Application des cyclo-convertisseurs.....	23
I.8.3.Avantages des cyclo-convertisseurs.....	23
I.8.4.Inconvénients des cyclo-convertisseurs.....	23
I.9.Notion sur la défaillance.....	24
I.9.1.Définition de la défaillance.....	24
I.9.2.Cause de défaillance.....	24

I.9.2.1.Dégradation.....	24
I.9.2.2.Sureté de fonctionnement.....	24
I.9.2.3.Disponibilité.....	24
I.9.2.4.Fiabilité.....	25
I.9.2.5.Maintenance.....	25
I.9.2.6.Maintenabilité.....	25
I.9.2.7.Sécurité.....	25
I.9.2.8.Diagnostic.....	25
I.10. Statistiques des d�fautes des convertisseurs.....	26
I.11.Déférents types de d�fautes des convertisseurs statique.....	27
I.11.1.Défaillance de type bas impédance.....	27
I.11.2.Défaillance de type haut impédance.....	28
I.12.Conclusion.....	29

Chapitre II : Etude des d fautes dans les redresseurs triphasés

II.1.Introduction.....	30
II.2.Types des redresseurs.....	30
II.2.1 Redresseurs non commandé.....	30
II.2.2. Redresseur commandé.....	31
II.3 Redressement non commandé.....	32
II.3.1.Redressement non commandé simple alternance.....	32
II.3.1.1 Redresseur non commandé triphasé simple alternance P3.....	33
II.3.2. Redressement non commandé double alternance.....	33
II.3.2.1. Redresseur non commandé triphasé double alternance PD3.....	34

II.4.Redressement commandé.....	34
II.4.1. Commande à l’amorçage.....	34
II.4.2 .Redressement commandé simple alternance.....	36
II.4.2.1. Redresseur commandé triphasé simple alternance P3.....	36
II.4.3. Redressement commandé double alternance.....	36
II.4.3.1 Redresseur commandé triphasé double alternance PD3.....	37
II.5. Autres types de redresseur.....	37
II.6.Simulation est discussion des résultats.....	37
II.6.1.Redresseur triphasé non commandé simple alternance.....	37
II.6.1.1.En régime sain (sans défaut).....	37
II.6.1.2.En régime de défaut.....	39
II.6.1.2.1.Cas de circuit fermé.....	39
II.6.1.2.2.Cas de Circuit ouvert.....	41
II.6. 2.Redresseur triphasé non commandé double alternance.....	42
II.6. 2.1. En régime sain.....	43
II.6.2.2.En régime de défauts.....	44
II.6.2.2.1.Cas d’un circuit fermé.....	44
II.6.2.2.2. Cas de circuit ouvert.....	45
II.6.2.2.3.Les tensions composées.....	47
II.6.2.2.4.Cas d’une charge RL.....	48
II.6.2.2.5. Cas d’un défaut dans deux bras	49
II.6. 3.Redresseur triphasé commandé simple alternance.....	51
II.6.3.1. En régime sain	51

II.6.3.2. En régime de défaut	52
II.6.3.2.1. Cas d'un circuit fermé.....	52
II.6.3.2.2. Cas d'un circuit ouvert.....	53
II.6. 4.Redresseur triphasé commandé double alternance.....	54
II.6. 4.1. En régime sain	54
II.6. 4.2. En régime de défaut	56
II.6. 4.2.1.Cas d'un circuit fermé.....	56
II.6. 4.2.2 Cas d'un circuit ouvert (deux interrupteurs de deux bras)...	57
II.7.Conclusion.....	60

Chapitre III : Modélisation d'un Onduleur en présence des défauts

III.1.Introduction	61
III.2.Types d'onduleur	61
III.2.1.Onduleur monophasé	61
III.2.1.1.Montage en demi- pont	62
III.2.1.2.Montage en pont	62
III.2.2.Onduleur triphasé	63
III.2.2.1. Le fonctionnement conventionnel	64
III.2.2.2. Les tensions simples V_{an} , V_{bn} et V_{cn}	65
III.2.2.3.Les tensions composées V_{ab} , V_{bc} et V_{ca}	65
III.3 .La commande MLI	67
III.3.1.Généralités sur les commandes MLI	67

III.3.2. Objectif de la Technique MLI	67
III.3.3.Principe de base de MLI	67
III.3.4.Caractéristiques de la modulation	68
III.3.5.Types de commande MLI	68
III.3.5.1. Modulation sinusoïdale (MLIS)	69
III.4.Simulation d'un onduleur a MLI	71
III.4.1.Onduleur monophasé	71
III.4.1.1.Le Schéma bloc d'un onduleur monophasé	71
III.4.1.2.Le schéma bloc de la commande MLI d'onduleur monophasé	71
III.4.1.3.Les résultats de simulation	72
III.4.1.3.1.En régime sain	72
III.4.1.3.2.En régime de défauts	73
III.4.1.4.Interprétation des résultats	75
III.4.2.Onduleur triphasé	76
III.4.2.1.Schéma bloc de l'onduleur triphasé	76
III.4.2.2. Schéma bloc de la commande MLI sinus-triangle	76
III.4.2.3.Les résultats de simulation	77
III.4.2.3.1.En régime sain.....	77
III.4.2.3.2.En régime de défaut	78
III.4.2.4.Interprétation des résultats	80
III.5. Conclusion	81

Introduction générale

Introduction Générale

Les convertisseurs statiques sont largement utilisés dans de nombreuses applications de puissance, telles que les alimentations sans interruption, les variateurs de vitesse pour les machines alternatives, et les systèmes éoliens de conversion de l'énergie. Pour tous ces systèmes dédiés à la production ou à la mise en forme de l'énergie électrique, leur continuité de service, leur fiabilité et leurs performances sont aujourd'hui des préoccupations majeures. On peut notamment mentionner ici que ces convertisseurs sont particulièrement sensibles aux défauts, pouvant survenir au niveau d'un de leurs composants de puissance. Une telle défaillance peut conduire à la perte partielle, voir totale, du contrôle des courants de phase : elle peut donc provoquer de grave dysfonctionnement du système, et tout défaut non détecté et non compensé peut rapidement mettre en danger l'ensemble du système de puissance. Par conséquent, afin d'empêcher la propagation d'un défaut aux autres composants et afin d'assurer la continuité de service en toutes circonstances lors d'une défaillance d'un des interrupteurs du convertisseur, des méthodes efficaces et rapides de détection et de compensation de défaut doivent être mises en œuvre [1].

L'objectif principal de ce travail est l'étude des défauts dans les convertisseurs statiques, Ce mémoire comporte trois chapitres, le premier chapitre nous présenterons des généralités sur les convertisseurs statiques et la défaillance, le deuxième chapitre nous étudierons les défauts dans les redresseurs triphasés, et en troisième chapitre nous présenterons la modélisation d'un onduleur en présence des défauts et en finissant par la discussion des résultats et la conclusion générale.

Chapitre 1

I. 1. Introduction

L'énergie électrique est surtout distribuée sous forme de tensions alternatives sinusoïdales. L'électronique de puissance permet de modifier la présentation de l'énergie électrique pour l'adapter aux différents besoins, l'électronique de puissance utilise des convertisseurs statiques. Ces derniers utilisent des interrupteurs électroniques.

Exemples:

Conversion alternative (AC) -->Continue (DC): redresseur,

Conversion Continue(DC) --> Alternative (AC) : onduleur,

Conversion Continue (DC) --> Continue (DC) : hacheur.

Conversion alternative (AC) -->Alternative (AC) : Gradateur [2].

I.2. Définition des convertisseurs statiques

Un convertisseur statique est constitué par un ensemble d'éléments électriques statiques formant un réseau maillé et constituant un organe de liaison d'adaptation ou de transformation entre un générateur et un récepteur.

Le convertisseur statique idéal permet de contrôler le transfert de l'énergie électrique du générateur vers le récepteur avec un rendement unitaire.

Il n'est théoriquement le siège d'aucune perte, les éléments qui le constituent fondamentalement sont de deux types :

- Des éléments non linéaires qui sont principalement des interrupteurs électroniques à semi-conducteurs,
- Des éléments linéaires réactifs: condensateurs, inductances (et transformateurs).

Ces éléments réactifs assurent le stockage et le transfert de l'énergie électrique mais aussi le filtrage des ondes de tension et de courant ils occupent généralement une grande partie du poids, du volume et du coût des équipements [3].

Parmi les avantages de ces convertisseurs:

- ✓ Transfert de puissance peut-être contrôlé et même régulé;

- ✓ Système moins encombrant et moins lourd;
- ✓ Un rendement excellent;
- ✓ Grâce à l'automatisation une facilité de mise œuvre;
- ✓ Protections plus efficaces;

Grâce aux progrès dans la fabrication et le montage des composants, un coût relatif en baisse, le diagramme ci-après représente les types de convertisseurs [3].

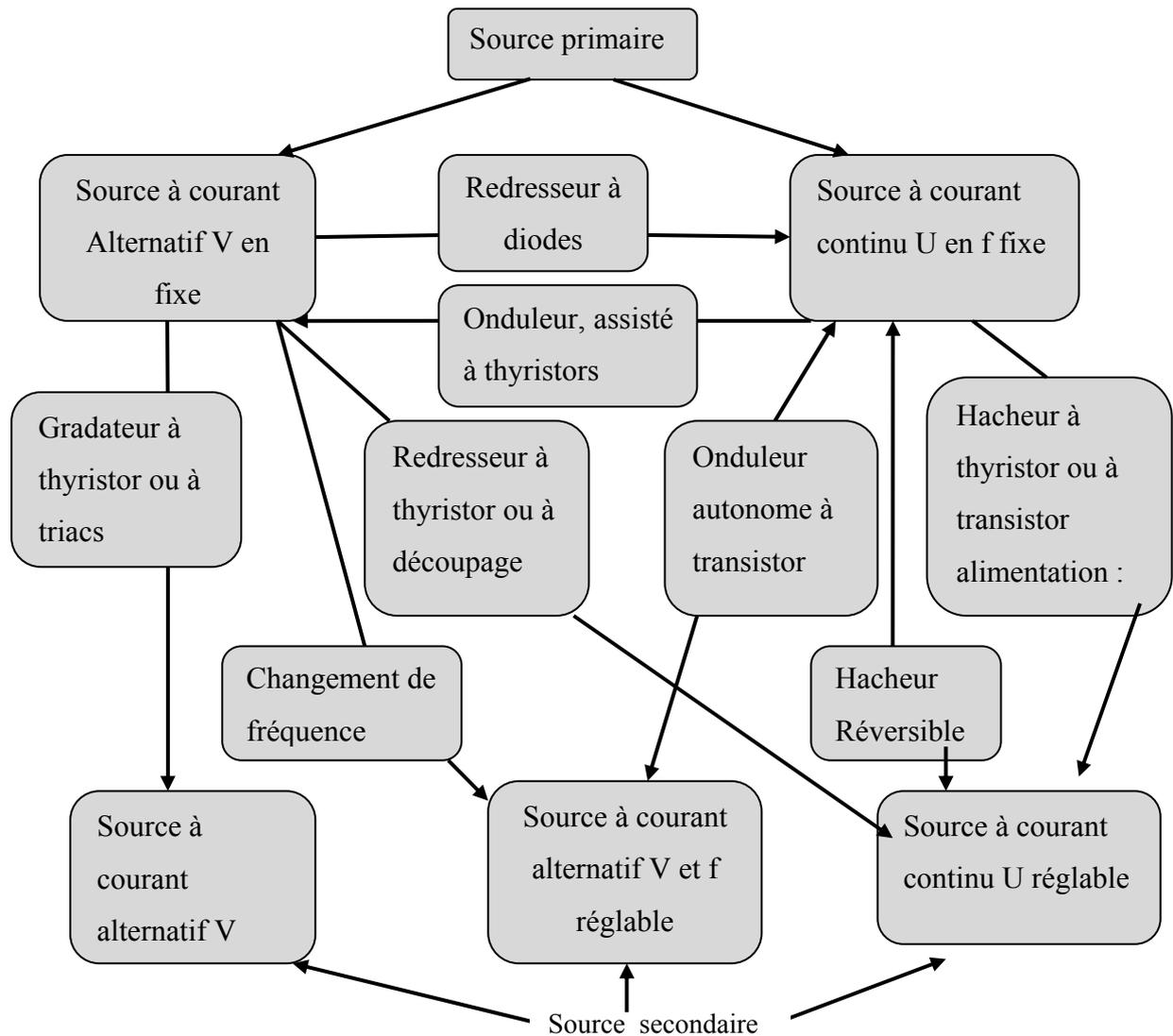


Figure I.1. Diagramme des divers types de convertisseurs statiques en électronique de Puissance [4].

Dans ce chapitre, on se propose de rappeler un certain nombre de concepts spécifiques au domaine des convertisseurs statiques tels que celui d'interrupteur. D'autres définitions concernent les caractéristiques statique, et dynamique, d'un interrupteur, les commutations commandée et spontanée de ce derniers.

I. 3. Notion d'interrupteur

Un interrupteur présente deux états stables en régime statique l'état passant (on) et l'état bloqué (off), le passage d'un état à l'autre (le basculement de l'interrupteur) implique un fonctionnement transitoire en régime dynamique, tous ces notions d'interrupteurs sont extraits des références [5], [6], [7], [8].

I.3.1. Caractéristique statique

Considéré comme récepteur avec des conventions récepteur Fig. (I.2), la caractéristique statique $I_k(V_k)$ qui représente l'ensemble des points de fonctionnement de l'interrupteur, comporte deux branches situées entièrement dans les quadrants 1 et 3 tel que $I_k \cdot V_k$ supérieur à 0 l'une très proche de l'axe des ordonnées (état passant), l'autre très proche de l'axe des abscisses (état bloqué) chacune de ces branches pouvant être unidirectionnelle.

En idéalisant cet interrupteur, on peut confondre la caractéristique statique avec les deux demi-axes dont elle est voisine la caractéristique statique qui est une propriété intrinsèque de l'interrupteur se réduit à un certain nombre de segments du plan $I_k(V_k)$.

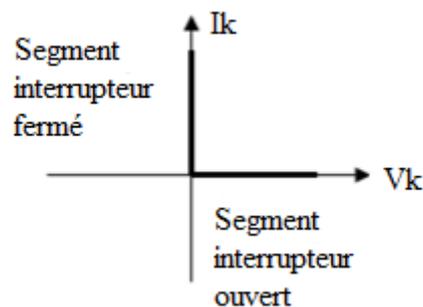


Figure I.2 . Caractéristique statique d'un interrupteur.

I.3.2. Caractéristique dynamique : mode de commutation

La caractéristique statique d'un interrupteur est insuffisante pour décrire ses propriétés dynamiques, c'est-à-dire la manière selon laquelle l'interrupteur passe de l'état bloqué à l'état passant ou inversement. La caractéristique dynamique de commutation est la trajectoire suivie par le point de fonctionnement pendant la commutation de l'interrupteur, pour passer d'un demi-axe à

un autre demi axe perpendiculaire .Ce trajet ne peut se faire que dans les quadrants tel que $I_k \cdot V_k > 0$ puisque l'interrupteur est considéré comme récepteur.

Tant à l'amorçage qu'un blocage, deux modes de changement d'état des interrupteurs, sont à distinguer la commutation commandée et la commutation spontanée.

I.3.2.1.Commutation commandée

L'interrupteur possède en plus de ses deux électrodes principales (anode et cathode),une électrode de commande (gâchette) sur laquelle il est possible d'agir pour provoquer son changement d'état de façon quasi instantanée .La caractéristique dynamique doit correspondre à une variation continue de résistance donc à un rapport $V_k \setminus I_k$ positif en régime permanent on passe d'un point de fonctionnement statique situé sur un demi -axe à un autre point de fonctionnement situé sur le demi -axe perpendiculaire de même signe que le précédent.

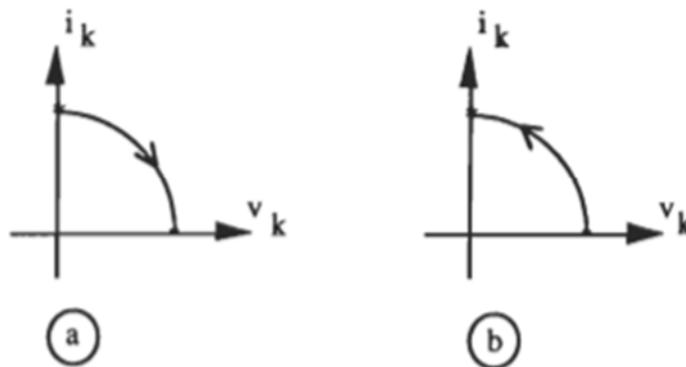


Figure I.3 .Commutation commandée d'un interrupteur : a Blocage, b amorçage Commandé.

I.3.2.2.Commutation spontanée

La caractéristique dynamique de commutation à l'ouverture et la fermeture de l'interrupteur est obligatoirement confondue avec sa caractéristique statique, l'interrupteur commute naturellement lorsque le point de fonctionnement ,se déplaçant sur la caractéristique statique ,passe par zéros la commutation de cet interrupteur à l'ouverture au passage par zéro du courant qui le traverse et à la fermeture à l'annulation de la tension à ses bornes est donc entièrement dépendante de l'évolution des grandeurs électrique du circuit extérieur .

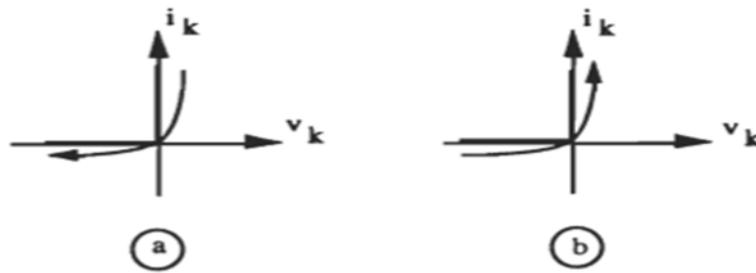


Figure I.4. Commutation spontanée d'un interrupteur.

Les interrupteurs électroniques les plus couramment utilisés actuellement dans les convertisseurs statiques sont les diodes, les thyristors, les thyristors GTO, les transistors bipolaires, MOSFET et IGBT.

I.3.3. Quelques exemples d'interrupteurs.

I.3.3.1. Diode

C'est un interrupteur à 2 segments de signe opposés. Idéalement, elle ne peut donc commuter que sans pertes. Ceci n'est technologiquement pas réalisé à cause de son mécanisme de conduction par diffusion : il en résulte une charge stockée qui doit s'évacuer et peut être à l'origine de pertes par commutation.

I.3.3.2. Thyristor

C'est un interrupteur à 3 segments et à commande d'amorçage. La trajectoire du point de fonctionnement ne peut être que celle représentée sur la figure suivante, compte tenu de la présence de 2 segments de signe opposés.

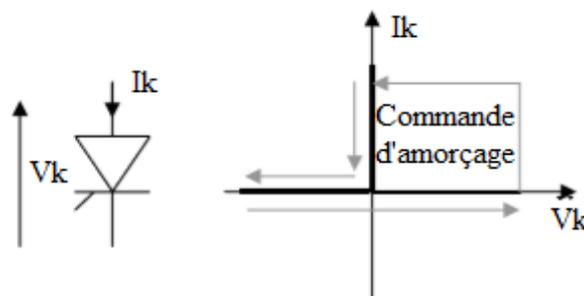


Figure I.5. Caractéristique statique et dynamique d'un thyristor

I.3.3.3. Transistors bipolaire (IGBT)

C'est un interrupteur à 2 segments commandable à l'amorçage et au blocage.

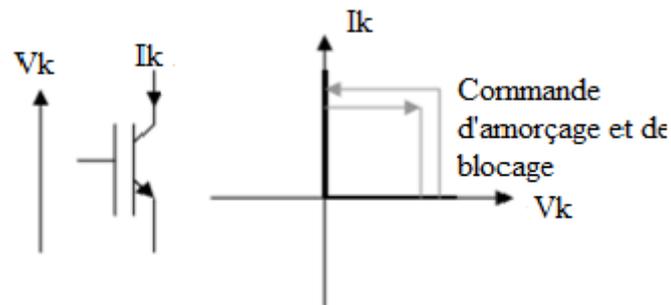


Figure I.6. Caractéristique statique et dynamique d'un transistor bipolaire IGBT.

Les convertisseurs statiques peuvent être classés de la manière suivante.

I.4. Redresseurs

Ce sont des convertisseurs Alternatif – Continu qui permettent de convertir une tension Alternative en une tension continue unidirectionnelle, s'ils sont commandés la valeur moyenne de la tension obtenue est alors réglable [9].

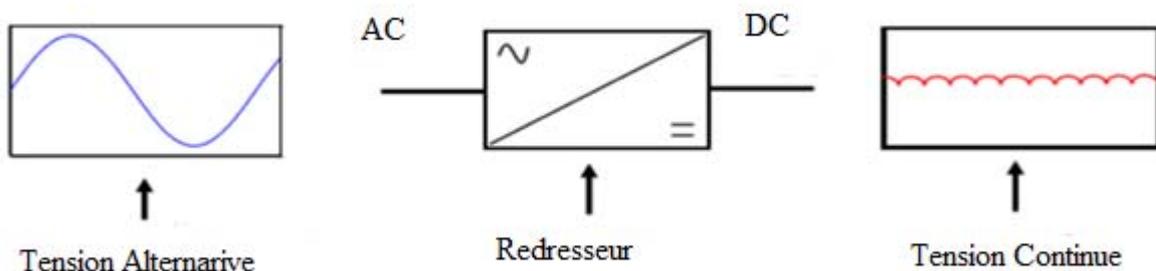


Figure I.7. Schéma fonctionnel d'un redresseur.

I.4.1. Classification des redresseurs

On distingue deux types de redresseurs qui sont :

I.4.1.1. Redresseur non commandé

Ce type de redresseur utilise uniquement des diodes, il ne permet pas de faire varier le rapport entre la tension alternative d'entrée et la tension continue de sortie (tension continue dont la valeur moyenne est fixée), de plus, ils sont irréversibles, c'est-à-dire que la puissance ne peut aller que du côté alternative vers le côté continu.

Il existe plusieurs types des redresseurs non commandé parmi eux :

- Les redresseurs monophasés simples alternances ;
- Les redresseurs monophasés doubles alternances toute diode ;
- Les redresseurs triphasés, dont on s'intéresse à ce dernier dans ce chapitre [9].

I.4.1.1.1. Redresseurs triphasé

Le circuit de principe est donné sur Fig. (I.8).

I.4.1.1.2. Principe de fonctionnement

La période de V_s est égale au tiers de la période de V_{1n} chaque phase du secondaire du transformateur triphasé est mise en série avec une diode. Les diodes sont montées en cathodes équipotentielle. C'est la diode qui voit la tension la plus positive qui conduit pendant que la tension V_1 est la plus positive, la diode D_1 conduit et $V_s = V_1(t)$. Lorsque la tension V_2 devient plus positive, la diode D_1 voit à ses bornes une tension négative et si bloque donc. Le courant de sortie I_s se trouve ainsi commuté de D_1 vers D_2 ...et ainsi de suit [9].

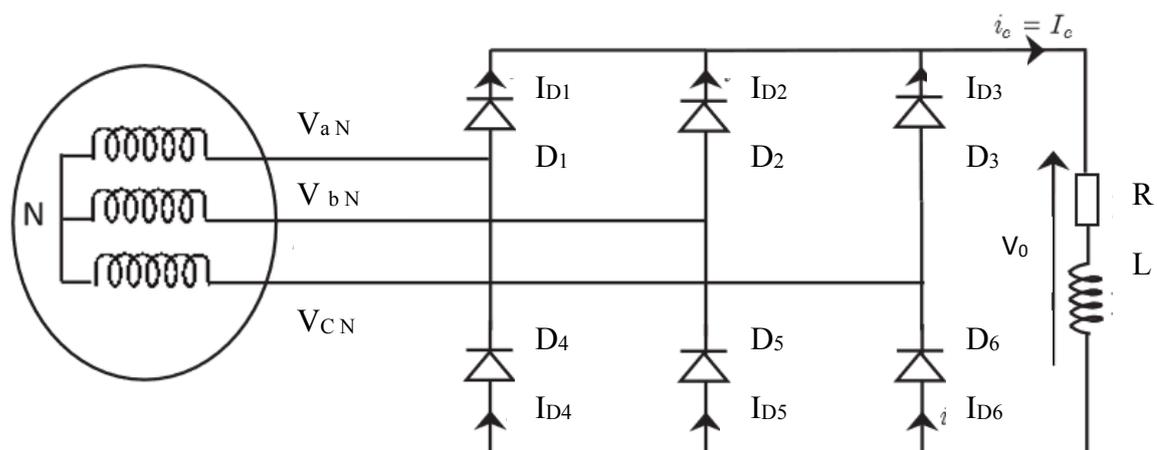


Figure I.8. Redresseur triphasé simple alternance.

I.4.1.2. Redresseur commandé

Un montage redresseur commandé permet d'obtenir une tension continue réglable à partir d'une tension alternative sinusoïdale. L'utilisation de composants tels que les thyristors permet de réaliser des redresseurs dont la tension moyenne de sortie peut varier en fonction de l'angle de retard à l'amorçage α .

Même choses dans les redresseurs commandés il existe plusieurs types parmi eux :

- Les redresseurs monophasés ;
- Les redresseuses monophasées simples alternances ;
- Les redresseuses monophasées doubles alternances tout thyristor ;
- Les redresseurs triphasés commandés dont on s'intéresse à ce dernier [9].

I.4.1.2.1. Redresseurs triphasés commandés

Le circuit de principe est donné sur Fig. (I.9).

I.4.1.2.2. Principe de fonctionnement

Le pont PD3 à 6 thyristors est alimenté par une source triphasée sinusoïdale équilibrée, les thyristors fonctionnent avec un retard à l'amorçage d'angle α il y'a en permanence et un seul thyristor conducteur parmi T_1, T_2, T_3 d'une part et un et un seul parmi T_4, T_5, T_6 [9].

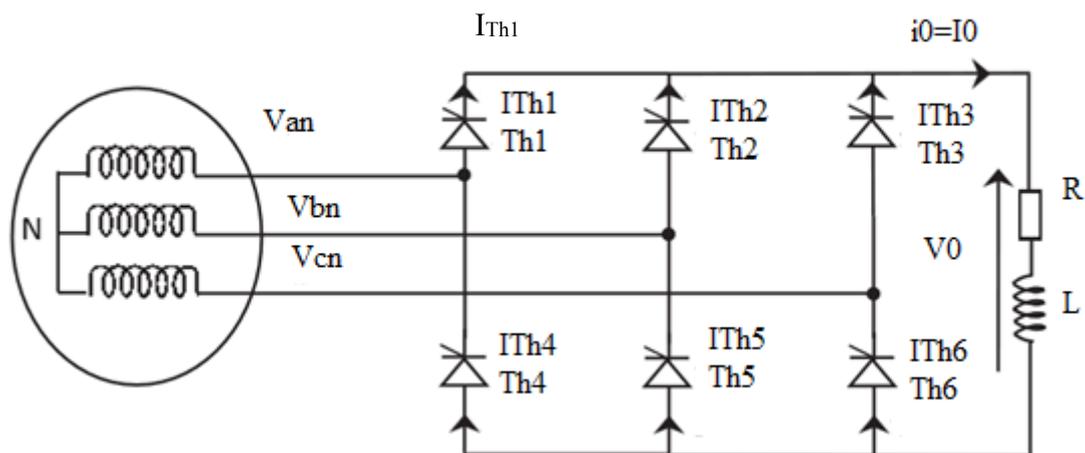


Figure I.9. Redresseur triphasé commandé.

I.4.2. Domaines d'utilisation

La conversion alternative / continue est utilisée dans une très large plage de puissance :

- De quelques mW (milliwatts) pour les alimentations de petits ensembles électroniques (chargeur de téléphone portable),
- A plusieurs GW (gigawatts) pour l'interconnexion de réseaux de distribution d'énergie électrique de phases différentes.

Quelques applications usuelles :

- Alimentation des structures électroniques sous tension continue de bas niveau (3,3 à 15V) à partir du réseau 50Hz en HIFI, télévision, électroménager,
- Recharge des accumulateurs d'appareils nomades (téléphone, ordinateur portable...),
- Entraînement de machines à courant continu à vitesse variable,
- Electrolyse en industrie électrochimique



Figure I.10. Redresseur de courant DC/découpage [10].

I.5. Onduleur

Un onduleur est un convertisseur statique assurant la conversion d'énergie électrique de la forme continue (DC) à la forme alternative (AC), en effets, cette conversion d'énergie est satisfaite au moyen d'un dispositif de commande (semi-conducteurs), Il permet d'obtenir aux bornes du récepteur une tension alternative réglable en fréquence et en valeur efficace, Fig. (I.11) représente schéma de principe de l'onduleur [11].

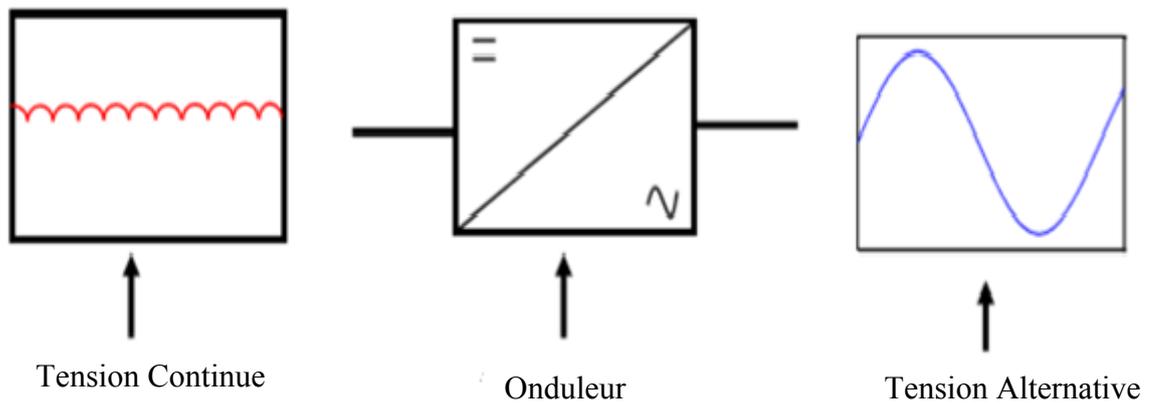


Figure I.11 .Schéma de principe de l'onduleur.

I.5.1. Types d'onduleurs et leur application

Il existe plusieurs centaines de schémas d'onduleurs, chacun correspondant à un type d'application déterminé ou permettant des performances recherchées. Les onduleurs sont en général classés selon les modes de commutation de leurs interrupteurs.

I.5.1.1. L'onduleur non autonome (ou assisté)

Un onduleur non autonome ou assisté est un système de commutation à thyristors, dont les instants de commutation sont imposés par la charge [12], dans ce cas, la fréquence et la forme d'onde de la tension de sortie sont imposées par le réseau alternatif sur lequel débite l'onduleur, ce type d'onduleur est utilisé pour :

- Le transport d'énergie en courant continu, on peut transporter de grandes puissances à très haute tension (de l'ordre du million de volts) par lignes aériennes sur des distances élevées (500-1000 Km) pour lesquelles, les lignes à courant alternatif posent des problèmes délicats (stabilité, pertes...), de plus, le transport sur des plus faibles distances par câbles souterrains dont la capacité très élevée, limite leur emploi en courant alternatif[13] .
- Le freinage par récupération : pendant le freinage de la machine à courant continu qui peut fonctionner en génératrice, l'énergie fournie dans ce cas peut être récupérée et transférée au réseau alternatif par un onduleur assisté (domaine de la traction électrique) [14].

I. 5.1.2. Onduleur autonome

Un onduleur autonome est un système de commutation à transistors ou à thyristors, dont les instants de commutation sont imposés par des circuits externes [12], la fréquence et la forme

d'onde de la tension de sortie sont imposées à la charge, c'est-à-dire elles sont propres à l'onduleur. L'onduleur autonome peut être :

A fréquence fixe : utilisé comme source de secours ou alimentation sans coupure, Il est alimenté le plus souvent à partir d'une batterie d'accumulateurs (cas de PC, salle d'informatique) [12].

Il est utilisé aussi pour l'alimentation des charges inductives (fours à induction, ...) mais dans ce cas tous les onduleurs sont monophasés.

- ✓ A fréquence variable : dans ce cas il est utilisé pour la variation de vitesse des moteurs asynchrones triphasés

I.5.2.Choix des composants

Les composants de l'électronique de puissances (interrupteurs) sont déterminés par les niveaux de la puissance et la fréquence de commutation. En règle générale, plus les composants sont rapides, plus la puissance commutée est faible et inversement. A titre indicatif, les transistors MOSFET, sont considérés comme des composants très rapides mais de puissance relativement faible.

Les transistors bipolaires sont moins rapides que les transistors MOSFET mais d'avantage plus puissants (quelques kHz à une dizaine de kW). Les transistors IGBT sont des composants de gamme standard (jusqu'à 20 kHz à une des dizaines de kW). Les thyristors GTO commutent très lentement les grandes puissances. Ces composants sus indiqués sont du type commandable à l'ouverture et à la fermeture; ce qui n'est pas le cas pour le thyristor classique [15], [16].

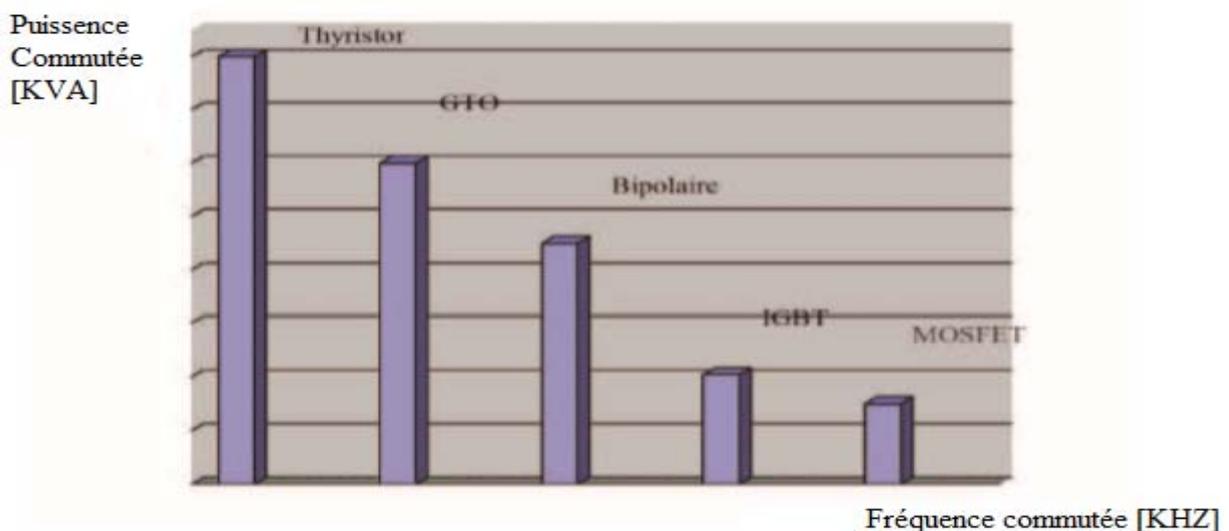


Figure I.12. Choix des composants selon la puissance et la fréquence.

Pour fonctionner, un onduleur a besoin d'une source à courant continu que l'on peut obtenir en redressant la tension du réseau triphasé, la sortie à courant continu du redresseur et l'entrée à courant continu de l'onduleur sont reliés par un circuit intermédiaire, on utilise deux types de liaisons : les liaisons à source de courant et les liaisons à source de tension.

I.5.3. Différents type d'onduleur pour l'alimentation des machines asynchrones

Un onduleur associé à un redresseur est alors appelé onduleur de courant ou de tension. L'onduleur est la dernière partie du variateur de vitesse située avant le moteur, il fournit des grandeurs électriques variables au moteur, dans tous les cas, l'onduleur est composé de semi-conducteurs disposés par paires en trois bras, les semi-conducteurs de l'onduleur commutent sur des signaux en provenance du circuit de commande [17].

I.5.3.1. Onduleurs de courant

Un onduleur de courant (souvent appelé commutateur de courant) Fig. (I.13), Lorsqu'il fonctionne en source de courant, le redresseur fournit un courant constant à l'onduleur ; une inductance de lissage L aide à maintenir le courant constant, représente un convertisseur avec un onduleur de courant. [18].

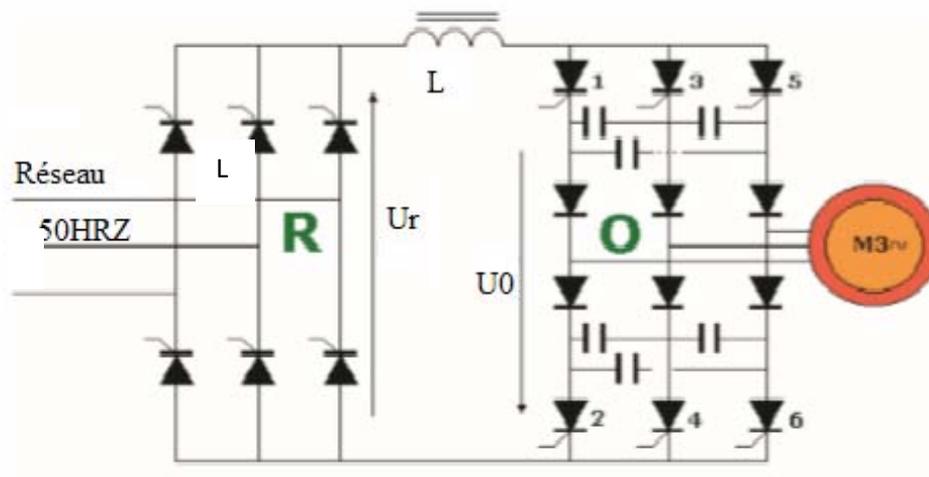


Figure I.13. Convertisseur avec onduleur de courant.

I.5.3.2. Onduleurs de tension

Lorsqu'il fonctionne en source de tension, le redresseur fournit une tension constante à l'onduleur. La présence d'un condensateur dans le circuit de liaison aide alors à maintenir une tension constante à l'entrée de l'onduleur.

Pour réaliser des onduleurs destinés à alimenter une charge ordinaire d'impédance très variable à partir d'un redresseur, on choisit des onduleurs de tension Fig. (I.14) [18].

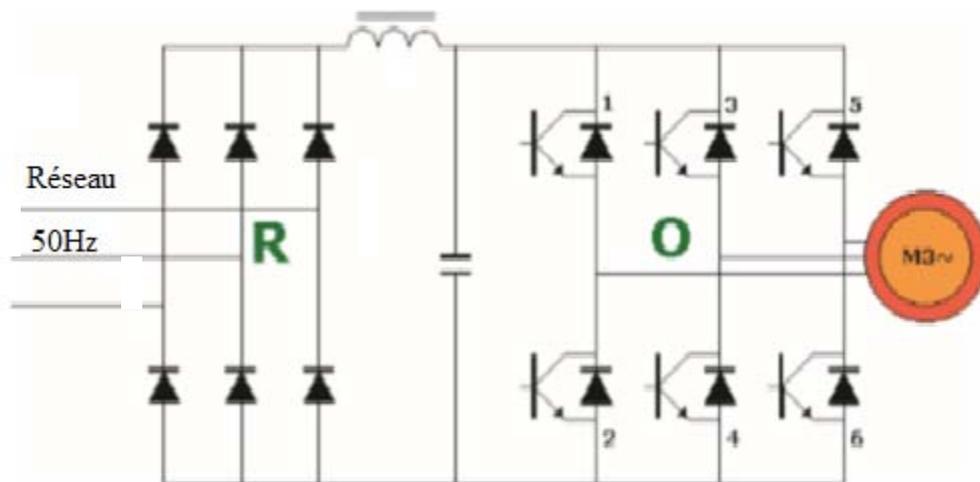


Figure I.14. Représentation schématique d'un onduleur de tension.

L'onduleur de tension est autonome si la fréquence de la tension de sortie est indépendante du réseau alternatif, il est non autonome (assisté) si la fréquence est imposée par le réseau alternatif. Selon le choix des interrupteurs commandés, les onduleurs présentent des avantages les uns par rapport aux autres, c'est pourquoi un onduleur de tension à transistors présente des avantages par rapport à celui à thyristors :

- Facilité de commande (le transistor est commandé à l'ouverture et à la fermeture),
- Élimination du circuit de commutation forcée,
- Faibles pertes de commutation,
- Possibilité de fonctionnement à des fréquences plus élevées

Circuit de puissance d'un onduleur de tension : prenons comme exemple d'un onduleur de tension, le montage d'un pont triphasé à thyristors, Fig. (I.15) :

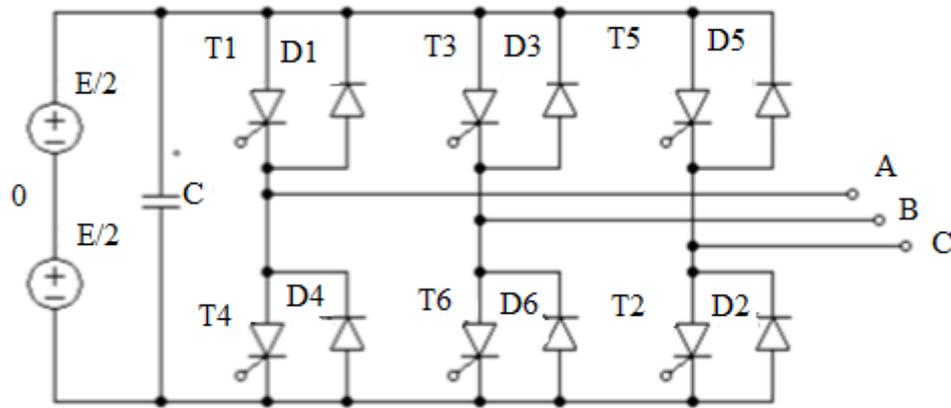


Figure I.15. Onduleur de tension en pont triphasé à thyristors.

Les diodes en tête-bêche sur l'interrupteurs commandés du circuit de puissance jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement de l'onduleur en assurant essentiellement trois fonctions :

- Faciliter l'extinction des interrupteurs commandés en les polarisant en inverse lorsqu'il s'agit de thyristors,
- Autoriser la démagnétisation de la self de la charge inductive au moment de l'ouverture des interrupteurs,
- Assurer le redressement des courants débits par la charge (cas de la machine asynchrone) lorsqu'elle fonctionne en génératrice [19].

I.5.4. Utilisation des onduleurs

Les onduleurs sont largement utilisés dans les applications industrielles par exemple : variateur de vitesse des moteurs à courant alternatif, chauffage par induction, les alimentations de secours, les alimentations non interrompues, l'entrée d'un onduleur peut être une batterie, une tension continue issue des panneaux solaires, ou d'autre source de courant continu obtenu à partir D'un redressement monophasé ou triphasé.



Figure .I.16 . Onduleur (ASI) industriel - Installation (rail DIN) [20].

I.6. Hacheur

Les hacheurs sont des convertisseurs du type continu-continu permettant de contrôler la puissance électrique dans des circuits fonctionnant en courant continu avec une très grande souplesse et un rendement élevé[21], l'hacheur se compose de condensateurs, d'inductance et de commutateurs, dans le cas idéal, tous ces dispositifs ne consomment aucune puissance active, c'est la raison pour laquelle on a de bons rendements dans les hacheurs[21] , la technique du découpage, apparue environ dans les années soixante, a apporté une solution au problème du mauvais rendement et de l'encombrement des alimentations séries, dans une alimentation à découpage Fig. (I.17), la tension d'entrée est "hachée" à une fréquence donnée par un transistor alternativement passant et bloqué.

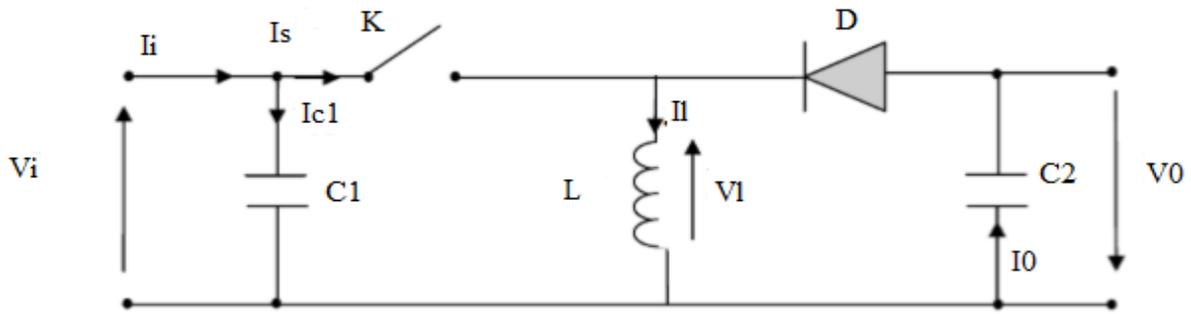


Figure I.17 .Schéma de principe d'un type d'alimentation à découpage.

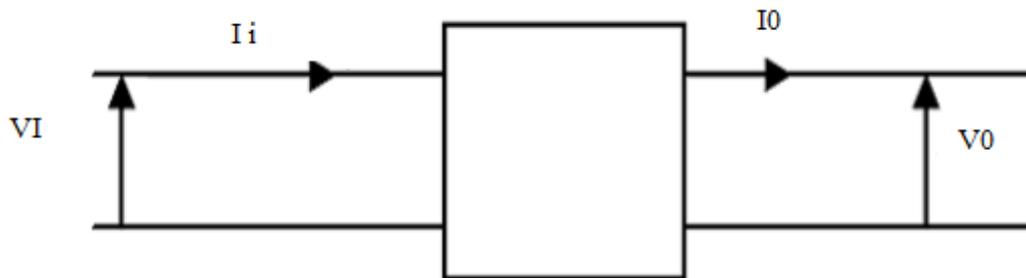


Figure I.18. Schéma d'un quadripôle électrique.

La régulation de la tension de sortie à un niveau constant est réalisée par une action sur le "rapport cyclique", défini comme la fraction de la période de découpage où l'interrupteur est passant Fig. (I.18) , l'interrupteur est un dispositif semi-conducteur en mode tout-rien (bloqué – saturé), habituellement un transistor MOSFET, si le dispositif semi-conducteur est bloqué, son courant est zéro et par conséquent sa dissipation de puissance est nulle, si le dispositif est dans l'état saturé la chute de tension à ses bornes sera presque zéro et par conséquent la puissance perdue sera très petite

Pendant le fonctionnement de l'hacheur, le transistor sera commuté à une fréquence constante f_s avec un temps de fermeture $=T_{ds}$ et un temps d'ouverture $= (1-d) T_s$ [21].

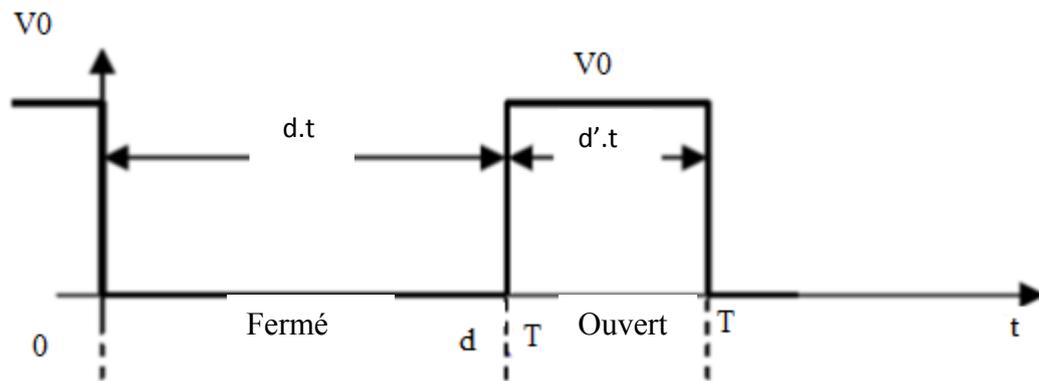


Figure I.19. Périodes fermeture et ouverture d'un commutateur.

Il existe plusieurs types des convertisseurs DC-DC, parmi les quels, on présente le principe des trois types des convertisseurs à découpage (dévolteur, survolteur et mixte), utilisés fréquemment dans les systèmes photovoltaïques pour générer les tensions et les courants souhaités ainsi que pour l'adaptation des panneaux solaires avec les différentes charges.

I.6.1. Hacheur dévolteur

Le convertisseur dévolteur peut être souvent trouvé dans la littérature sous le nom de hacheur buck ou hacheur série, Fig. (I.20) présente le schéma de principe du convertisseur dévolteur [21], son application typique est de convertir sa tension d'entrée en une tension de sortie inférieure, où le rapport de conversion $M=V_0/V_i$ change avec le rapport cyclique du commutateur.

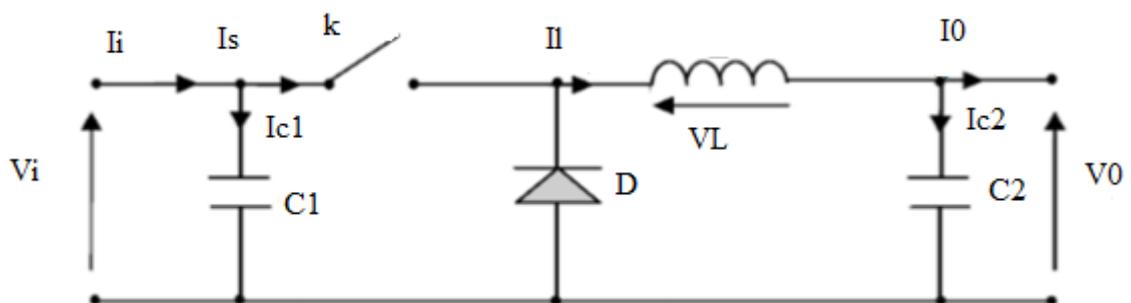


Figure I.20. Schéma de principe d'un convertisseur dévolteur.

Savoir le comportement réel de ce convertisseur, nécessite de connaître en détail son modèle mathématique, pour cela nous devons faire la représentation du circuit équivalent par les deux états du commutateur et de tirer par suite le modèle mathématique reliant les variables d'entrée/sortie, Fig.(I.21) montre les schémas des circuits équivalents d'un convertisseur

dévolteur dans les deux cas : l'interrupteur fermé pendant dT_s et l'interrupteur ouvert pendant $(1-d) T_s$ [21]

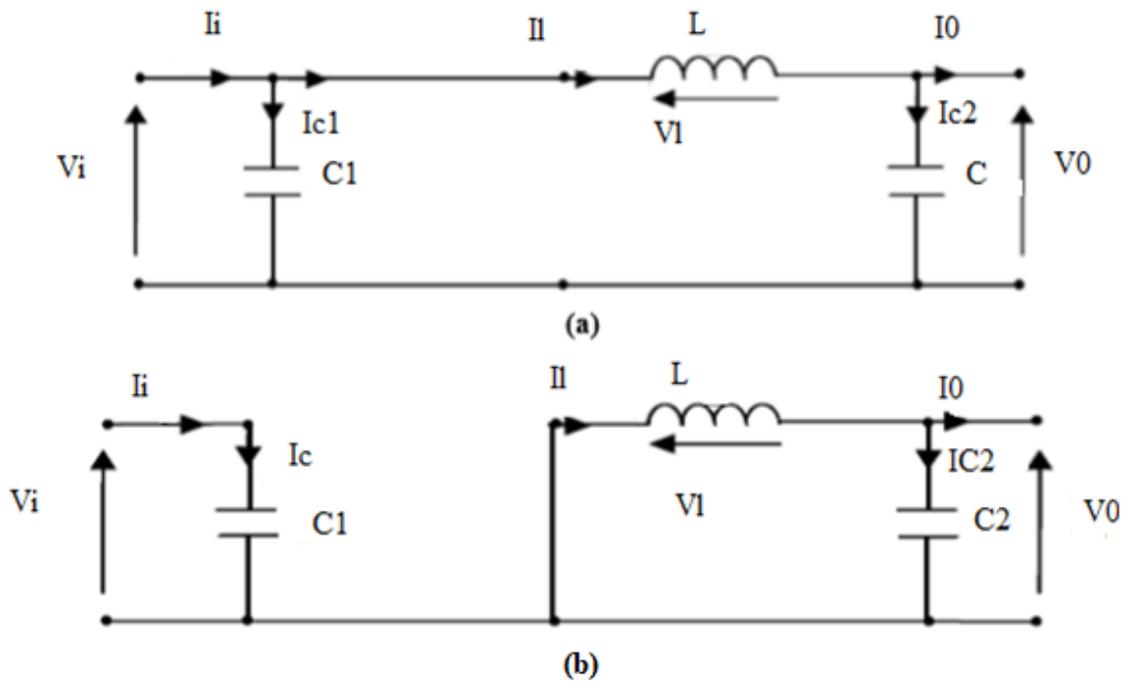


Figure I.21 .Schémas équivalents du hacheur dévolteur, (a) : K fermé, (b) ouvert.

I.6.2. Hacheur survolteur

Ce dernier est un convertisseur survolteur, connu aussi sous le nom de « booste » ou hacheur parallèle ; son schéma de principe de base est celui de Fig. (I.22). Son application typique est de convertir sa tension d'entrée en une tension de sortie supérieure [21].

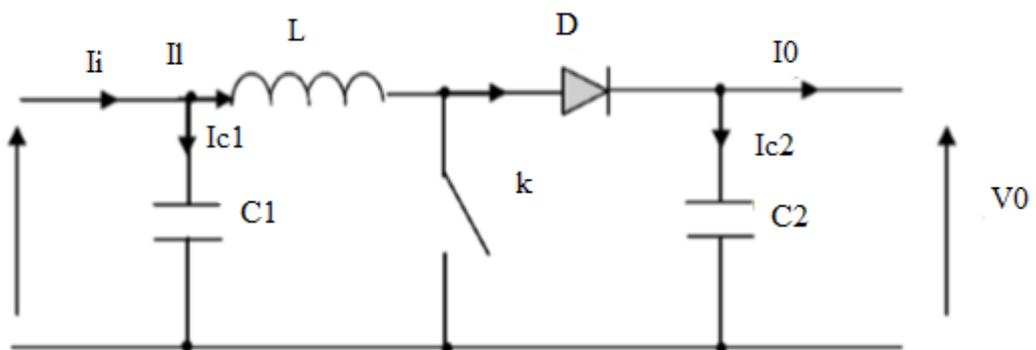


Figure I.22 .Schéma de principe d'un convertisseur survolteur.

I.6.3. Hacheur dévolteur-survolteur

Le convertisseur dévolteur-survolteur combine les propriétés des deux convertisseurs précédents, 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 par Fig. (I.23) [21].

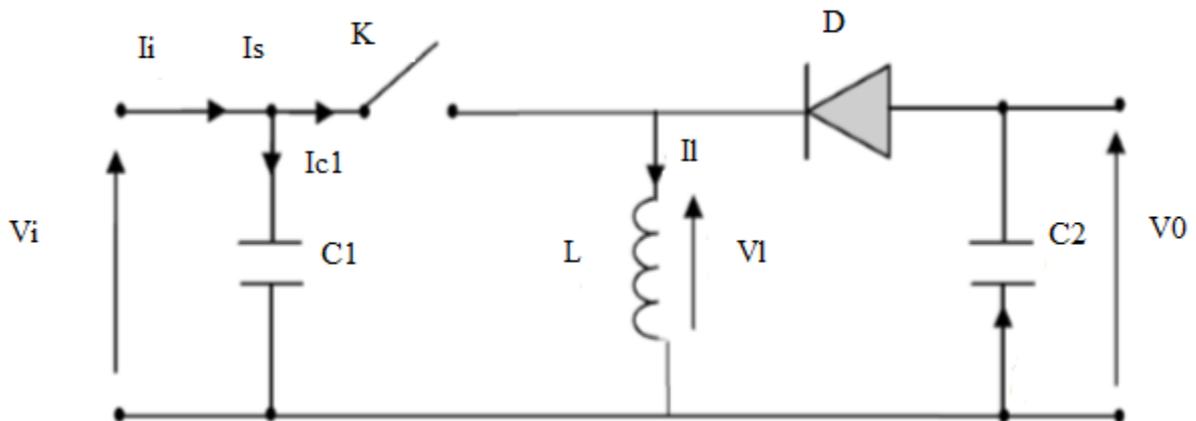


Figure I.23 .Convertisseur dévolteur-survolteur.

Fig. (I.24) montre les deux schémas équivalents du convertisseur dévolteur-survolteur pour les deux cycles deux fonctionnements [21].

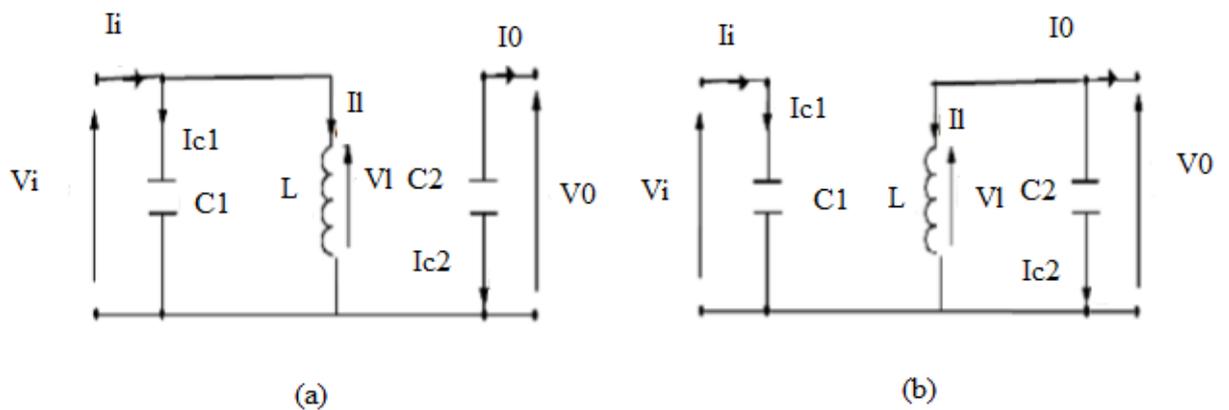


Figure I.24. Schémas équivalents du hacheur dévolteur-survolteur, (a) : K fermé, (b) : K ouvert.

I.6.4. Le hacheur réversible en tension

Ce type permet de changer le sens de parcours de l'énergie qui est lié au changement de signe de la tension, alors que le courant reste de signe constant Fig. (I.25) :

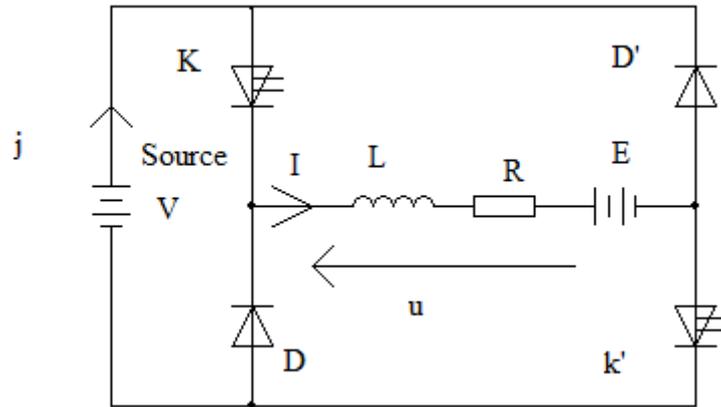
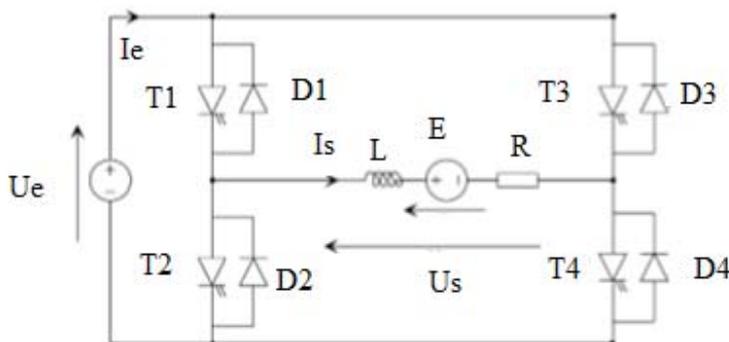


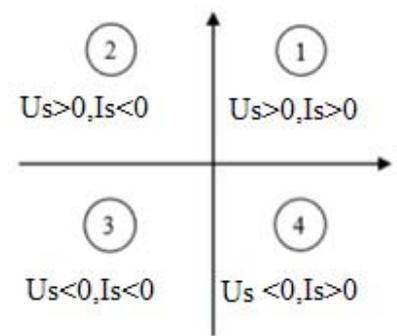
Figure I.25. Structure du hacheur réversible en tension.

I.6.5.Hacheur quatre quadrants

On parle d'un convertisseur qui assure non seulement la réversibilité en courant, mais également la réversibilité en tension, dans ce cas on trouve deux configurations possibles : $-U_s$ et I_s sont de signes identiques, le convertisseur doit donc permettre le fonctionnement dans les quadrants 1 et 3, Fig. (I.26). $-U_s$ et I_s sont de signes opposés, le convertisseur doit donc permettre le fonctionnement dans les quadrants 2 et 4, Fig. (I.27).



(A)



(B)

Figure I.26. Structure du hacheur quatre quadrants .

Figure I.27. Quadrants de

Fonctionnement.

I.6.2. Domain d'application

Ces hacheurs sont utilisés pour faire varier la vitesse de rotation des moteurs à courant continu, les interrupteurs sont réalisés par des transistors bipolaires, transistors MOS, thyristor, triac,...

Le modèle équivalent d'un moteur étant une résistance R_m , une inductance L_m et une force électromotrice E il faudra rajouter des éléments de protections (diodes de roue libre).

I.7. Gradateurs

Un gradateur est un dispositif de l'électronique de puissance destiné à modifier un signal électrique dans le but de faire varier sa tension et son intensité efficace de sortie et de modifier ainsi la puissance dans la charge et sans modifier la fréquence du signal d'entrée. Ce dispositif est utilisé pour des tensions alternatifs (souvent sinusoïdale) :c'est un convertisseur direct alternatif-alternatif.

Le gradateur utilise un triac pour faire varier la tension efficace en sortie du montage. Pour les équipements de forte puissance, les gradateurs peuvent être réalisés par des groupes de thyristors montées en antiparallèle ou bien éventuellement, par des associations thyristor diode dans le cas des réseaux polyphasés.

Les gradateurs sont utilisés pour réaliser des variateurs de la tension dans certains appareils fonctionnant sur le réseau (lampes halogènes, aspirateurs domestiques, outillage électroportatif ...), pour la régulation de chauffage électrique, ainsi que dans de nombreux processus industriel, comme le démarrage et le ralentissage des moteurs asynchrones.

L'inconvénient majeur d'un gradateur est que la tension au borne de la charge est alternative non sinusoïdale, donc le courant absorbé sera aussi alternatif non sinusoïdale, la présence d'harmonique de courant absorbé sur le réseau sera donc importante [22].

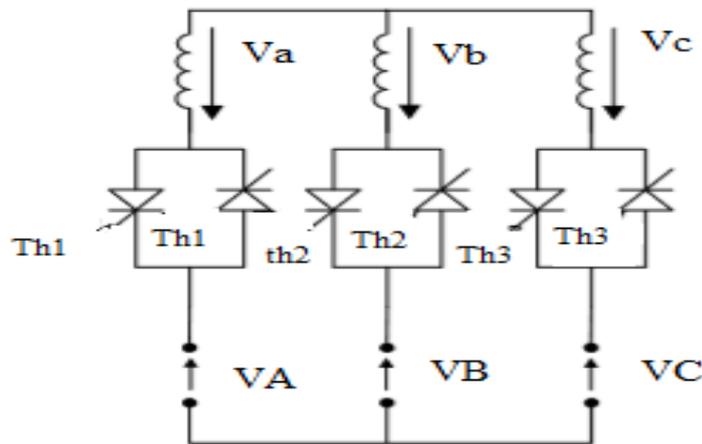


Figure I.28. Gradateur triphasé.

I.7.1. Domaine d'application

I.7.1.1. Alimentation des machines asynchrones sous tension variable

Les applications en variation de vitesse utilisent le gradateur alors nous mentionnerons ici que l'emploi en "démarreur", où le gradateur est utilisé uniquement pendant les régimes transitoires pour contrôler les phases d'accélération ou de décélération

I.7.1.2. Variateurs d'éclairage ou de chauffage

Le principe et les applications sont bien connus. Signalons simplement que, comme la charge est purement résistive, il faut limiter le taux de croissance du courant à l'aide d'inductances lorsque les puissances mises en jeu sont élevées. en effet, indépendamment du fait qu'ils risquent de détruire les semi-conducteurs, les di/dt élevés génèrent des parasites radioélectriques dont les taux maximums d'émission sont réglementés, ceci amène d'ailleurs, dans les installations de chauffage où l'inertie thermique le permet, à remplacer la commande de phase par un fonctionnement en "tout ou rien", les interrupteurs étant passants pendant $n1$ périodes du réseau et bloqués pendant les $n - n1$ périodes suivantes, si, de plus, n est constant, on obtient la commande dite en "train d'ondes", où la puissance dissipée dans la charge est proportionnelle au rapport $n1/n$

I.8. Cyclo-convertisseurs

I.8.1.Définition

C'est un convertisseur direct de forte puissance, à commutation naturel qui permet d'obtenir à partir d'un réseau de fréquence donné, une ou plusieurs tensions de fréquence plus petites, généralement inférieure à celle du réseau d'alimentation .

La tension de sortie est obtenue par la juxtaposition de fragments de sinusoïdes successives empreintes de différentes phases du réseau d'entrée.

Chaque phase de la charge (moteur) est alimentée par un redresseur-onduleur disposés en montage antiparallèle [23].

I.8.2 Applications des cyclo-convertisseurs

Les applications des cyclo-convertisseurs découlent de leurs propriétés, ils sont utilisés

Pour :

- ✓ L'alimentation aussi bien des moteurs synchrone que des moteurs asynchrone triphasé lents et de grande puissance, par exemple des moteurs d'entraînement de broyeur de ciment (fort couple et faible vitesse).
- ✓ Alimentation d'un ensemble de moteurs devant tourner lentement à des vitesses voisines : c'est le cas des moteurs de rouleaux de laminoirs [24].

I.8.3 Avantages des cyclo-convertisseurs

- ✓ Fonctionnement en commutation naturelle, il ne nécessite pas de circuit auxiliaire de blocage des thyristors.
- ✓ Etant un convertisseur direct, il a un très bon rendement car le courant pour aller de l'entrée à la sortie ne traverse qu'un ou deux semi-conducteurs ;
- ✓ La commande et la protection des semi-conducteurs ne présentent pas des difficultés [25].

I.8.4 Inconvénients des cyclo-convertisseurs

Malgré les avantages que nous procure le cyclo-convertisseur, il présente des inconvénients souvent nocifs pour le réseau d'alimentation.

- ✓ comme tout convertisseur direct, il est perméable aux harmoniques : les harmoniques des tensions de sortie entraînent l'existence d'harmoniques dans les courants d'entrée, ces

harmoniques sont la cause principale des bruits ainsi que des variations existants dans les machines entraînées par ce type de convertisseur. Une solution a été proposée pour les systèmes de propulsion maritime pour réduire les harmoniques des cyclo-convertisseurs, mais elle semble très compliquée et onéreuse ;

- ✓ Le montage nécessite beaucoup de thyristors, Pour une sortie triphasée, il en faut au moins 18, presque toujours c'est le double ;
- ✓ Surtout, de par son principe même, le cyclo-convertisseur consomme une puissance réactive importante [26].

I.9. Notion de la défaillance

I.9.1. Définition de défaillance

Une défaillance est “l’altération ou la cessation de l’aptitude d’un ensemble à accomplir sa ou ses fonctions requise(s) avec les performances définies dans les spécifications techniques”. L’ensemble est indisponible suite à la défaillance.

Un ensemble est défaillant si ses capacités fonctionnelles sont interrompues (panne ou arrêt volontaire par action d’un système interne de protection ou une procédure manuelle équivalente) [27].

I.9.2. Cause de défaillance

La norme définit la cause de défaillance par “les circonstances liées à la conception, la fabrication ou l’emploi et qui ont entraîné la défaillance” [27].

I.9.2.1. Dégradation

Une dégradation est l’état d’un ensemble qui présente : - une perte de performances d’une des fonctions assurées par l’ensemble. -Un sous-ensemble lui-même dégradé [27].

I.9.2.2. Sûreté de Fonctionnement

La sûreté de fonctionnement est également appelée “Science des défaillances”, cette discipline intervient non seulement au niveau du produit fini (système existant) mais aussi au niveau conceptuel pour la réalisation d’un système ou la connexion de plusieurs sous-systèmes (surtout s’ils sont de natures différentes), la sûreté de fonctionnement consiste à connaître, évaluer, prévoir, mesurer, et maîtriser les défaillances des systèmes [27].

I.9.2.3. Disponibilité

“Aptitude d’une entité à être en état d’accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires soit assurée”[27].

I.9.2.4. Fiabilité

Aptitude d’une entité à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné [27].

I.9.2.5. Maintenance

Toutes les activités destinées à maintenir ou à rétablir un bien dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise, ces activités sont une combinaison d’activités techniques, administratives et de management [27].

I.9.2.6. Maintenabilité

Dans les conditions données d’utilisation, aptitude d’une entité à être maintenue ou rétablie, sur un intervalle de temps donné, dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits[27].

I.9.2.7. Sécurité

“Aptitude d’une entité à éviter de faire apparaître, dans des conditions données des événements critiques ou catastrophiques”[27].

I.9.2.8. Diagnostic

L’interprétation du mot diagnostic possède de nombreuses significations suivant les interlocuteurs auxquels on s’adresse : le diagnostic financier d’une entreprise concerne la vérification de l’état financier d’une société, Le diagnostic industriel, quant à lui, a pour objet de trouver la cause d’une défaillance, nous adopterons la définition qui a été retenue par les instances nationales et internationales de normalisation (AFNOR, CEI) : “Le diagnostic est l’identification de la cause probable de la (ou des) défaillance(s) à l’aide d’un raisonnement logique fondé sur un ensemble d’informations provenant d’une inspection, d’un contrôle ou d’un test”.

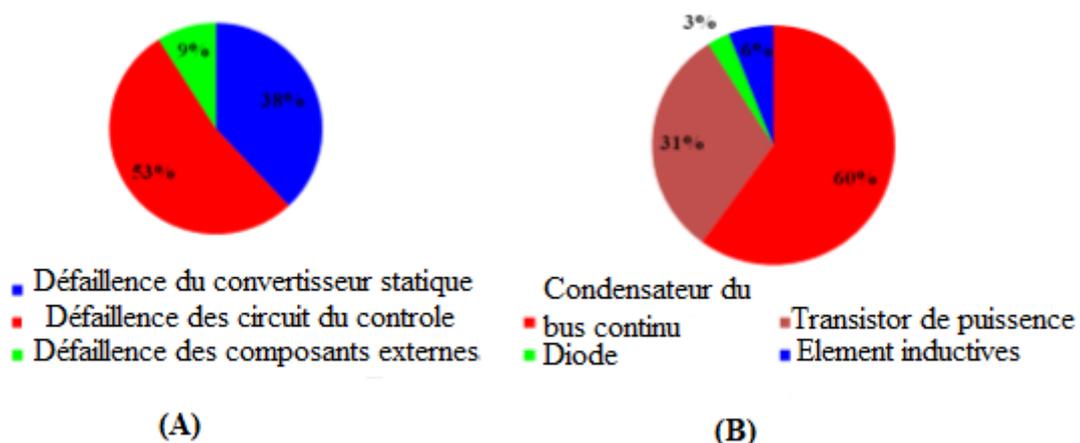
Cette définition très courte et concise résume les deux tâches essentielles en diagnostic :

- observer les symptômes de la défaillance,
- identifier la cause de la défaillance à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur des observations.

Les méthodes de diagnostic se classifient en deux grandes familles : les méthodes internes et les méthodes externes, les méthodes internes sont celles qui à partir de modèles physiques ou de comportement validés par les techniques d'identification de paramètre, il devient possible de mettre en œuvre la méthode du problème inverse, le diagnostic de défaillance est possible en suivant en temps réel l'évolution des paramètres physiques ou bien en utilisant l'inversion de modèles de type "boîte noire", tandis que les méthodes externes supposent qu'aucun modèle n'est disponible pour décrire les relations de cause à effet, la seule connaissance repose sur l'expertise humaine confortée par un solide retour d'expérience[27].

I.10. Statistiques des défauts convertisseurs

Les deux diagrammes de Fig. (I.29) montrent que plus de 90% des défaillances sont du fait du convertisseur lui-même ou des circuits de contrôle, Pour les composants du convertisseur statique, les condensateurs et les transistors sont les éléments qui subissent le plus de défaillances. La difficulté majeure rencontrée dans le diagnostic des défauts dans les composants d'électronique de puissance est la difficulté d'établir un modèle mathématique suffisamment représentatif du composant ou du convertisseur et de suffisamment d'informations ou des mesures on ligne (pendant le fonctionnement du convertisseur) [28].



(a) : Taux de défaillance dans la chaîne de conversion d'énergie.

(b) : Taux de défaillance des composants du convertisseur statique.

Figure I.29. Statistiques des défaillances dans les chaînes de conversion d'énergie.

I.11. Différents types de défauts des convertisseurs statiques

Un défaut est caractérisé par une dégradation du fonctionnement qui peut être partielle ou globale. Au sein du convertisseur, les défauts les plus communs et les plus critiques concernent majoritairement la commande des interrupteurs de puissance. Leurs origines peuvent être internes et liées au fonctionnement même, ou externe et liées à l'environnement ou à un usage hors spécifications [29], [30].

Les défaillances d'un convertisseur peuvent être classées en trois types; défaillances de type basse impédance (défauts de court-circuit), défaillances de haute impédance (défauts de circuit ouvert) et les défauts de mise en circuit intermittent.

I.11.1. Défaillances de type bas impédance

Il s'agit d'un défaut de court-circuit, dans ce cas, le courant dans les transistors croit jusqu'à la destruction de l'un d'entre eux, le même phénomène est appliqué sur le deuxième transistor et par conséquent, la cellule est définitivement court-circuitée, les courants des phases deviennent fortement déséquilibrés et leurs amplitudes peuvent atteindre plusieurs fois celle des courants en fonctionnement normal, cela n'engendre pas uniquement de très fortes ondulations du couple, mais, risque également d'endommager les autres composants du convertisseur, de plus, le courant de court-circuit peut aboutir à des amplitudes importantes, Certains transistors comme les IGBTs intègrent une autolimitation des courants, Ils peuvent, ainsi, résister quelques secondes avant leur destruction.

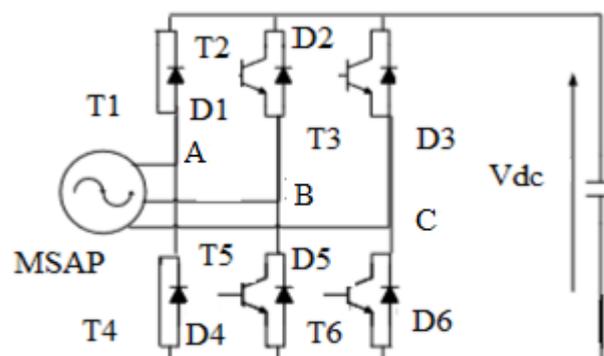


Figure I.30 .Convertisseur avec premier bras court-circuité.

Afin de réduire les conséquences d'un défaut du court-circuit, la commande rapprochée de la cellule doit pouvoir réagir assez rapidement (dans les 10 microsecondes qui suivent) lors de l'apparition du défaut pour bloquer le transistor concerné ou le transistor du même bras du convertisseur avant sa fusion. Pour cela, les circuits de commande modernes intègrent généralement une détection de désaturation des transistors par mesure de la tension collecteur émetteur. Pour assurer une continuité de fonctionnement avec ce type de défaut, des interrupteurs d'isolement sont intégrés dans le convertisseur afin de le reconfigurer pour un fonctionnement en mode dégradé, de plus, cette solution offre un isolement électrique partiel ou total du convertisseur ce qui permet de faire fonctionner le convertisseur avec un nombre variable de cellules[31].

I.11.2. Défaillances de type haut impédance

Il s'agit d'un défaut de circuit ouvert, ce défaut est dû à une défaillance de grille qui engendre une perte de réversibilité en courant du transistor (seule la diode de roue-libre subsiste), cette défaillance se présente par la perte d'une alternance du courant de phase, dans le cas où le transistor en haut d'un bras est ouvert, le courant de la phase connectée à ce bras ne peut plus être exigé lorsque sa référence est positive, dans ce cas, le courant devient négatif ou nul, lorsqu'il est nul, les valeurs instantanées des courants des deux autres phases deviennent élevées afin de maintenir le couple moyen et la vitesse, en présence de ce type de défaut, le démarrage de la machine ne peut pas être toujours évident parce qu'à certaines positions du rotor, le couple est proche de zéro quelles que soient les valeurs des courants des phases [32].

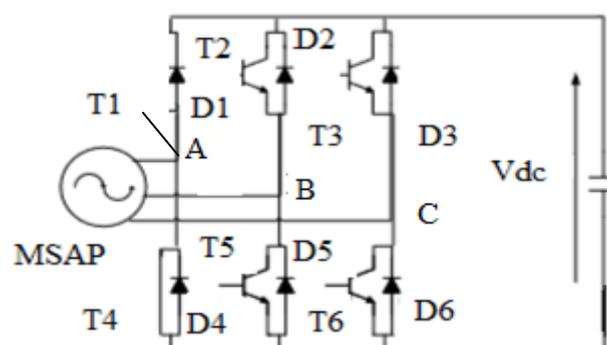


Figure. I.31. Convertisseur avec premier bras circuit-ouvert.

I.12. Conclusion

Ce chapitre nous permis de mettre en évidence les notions fondamentales des convertisseurs statiques tels que les notions d'interrupteur et celles de commutation, les différents types des convertisseurs statiques, on a vue aussi un nouveau concept qu'est la défaillance sa définition ces causes et les différentes défauts qu'on peut les trouvé dans ce type de convertisseurs .

Chapitre III

II.1.Introduction

La conversion AC/DC consiste à transformer une tension alternative, voire un système de tensions triphasé, en une tension continue utilisable par un récepteur, cette opération s'appelle couramment « redressement », pour opérer concrètement un redressement, il est le plus souvent nécessaire d'utiliser des composants passifs (diodes), on parle alors dans ce cadre précis de « redressement non commandé », comme il est possible aussi d'utiliser des composants actifs (thyristors) permettant d'opérer un redressement des tensions du réseau dont les caractéristiques dépendent d'un signal de commande réglé par l'utilisateur « redressement commandé », [33].

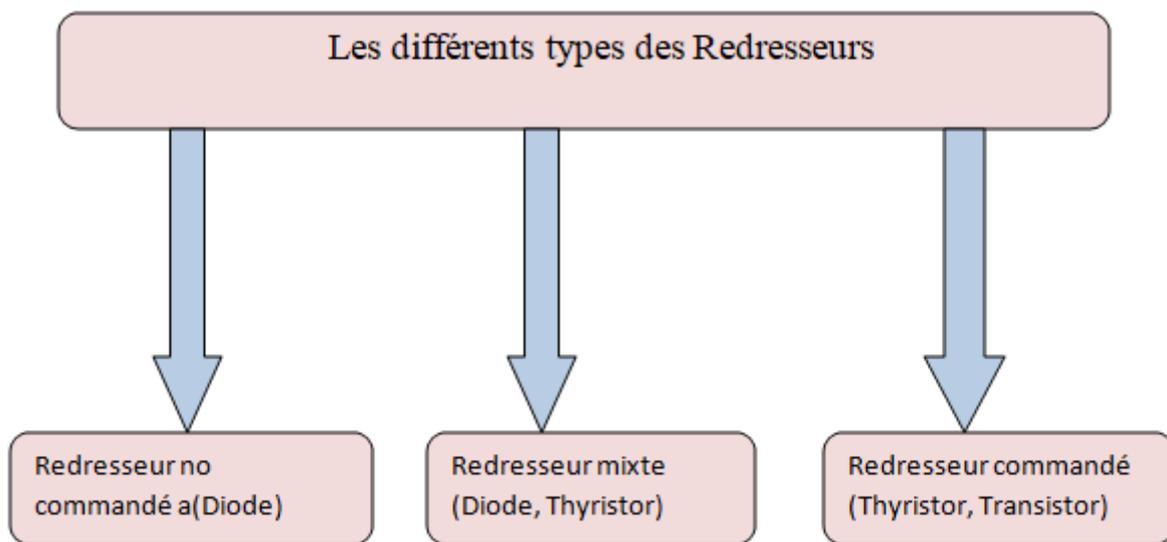


Figure .II.1.Différents types de redresseurs.

II.2. Types des redresseurs

II.2.1 Redresseurs non commandé

L'objectif de ce type de redressement, comme l'illustre la figure (II.2), est littéralement de transformer un régime de tension alternatif, qu'il soit monophasé ou triphasé, en un régime de tension continue et fixe (non réglable), en réalité, la tension de sortie sera considérée comme continue à partir du moment où ses variations (ondulations) seront petites devant sa valeur moyenne.

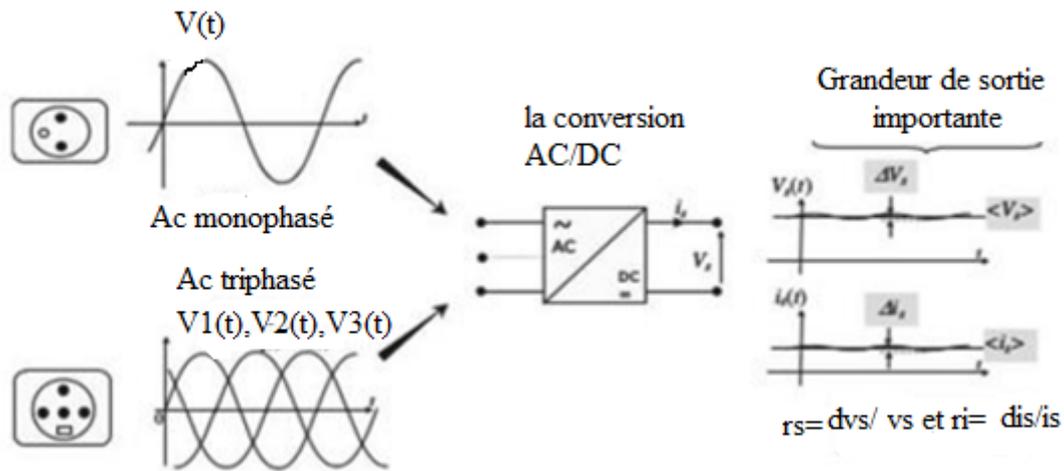


Figure .II.2 . Conversion AC/DC et grandeurs de sortie.

À partir de ce simple énoncé, des grandeurs importantes systématiquement associées s'imposent :

- la valeur moyenne de la tension de sortie V_s est la grandeur la plus importante puisqu'elle représente la valeur continue désirée ;
- la valeur moyenne du courant débité par le convertisseur, qui lui aussi doit être continue ;
- la tension instantanée en sortie, le plus souvent n'est pas rigoureusement constante. Elle présente un défaut d'ondulation quantifié par l'amplitude crête-crête des variations : ΔV_s , et il existe la même chose pour le courant : ΔI_s ;
- Pour quantifier les erreurs relatives apparaissant sur la tension ou le courant ou les deux, on écrit souvent les taux d'ondulation [33].

$$T_v = \frac{\Delta v_s}{v_s} \text{ et } T_i = \frac{\Delta I_s}{I_s}$$

II.2.2. Redresseur commandé

L'objectif de ce type de redressement, comme l'illustre la figure (II.3), est littéralement de transformer un régime de tension alternatif, qu'il soit monophasé ou triphasé, en un régime de tension continue dont la valeur de tension peut être fixée par un paramètre de commande. En réalité, comme dans le cadre du redressement non commandé, la tension de sortie sera considérée comme continue à partir du moment où ses variations (ondulations) seront petites devant sa valeur moyenne

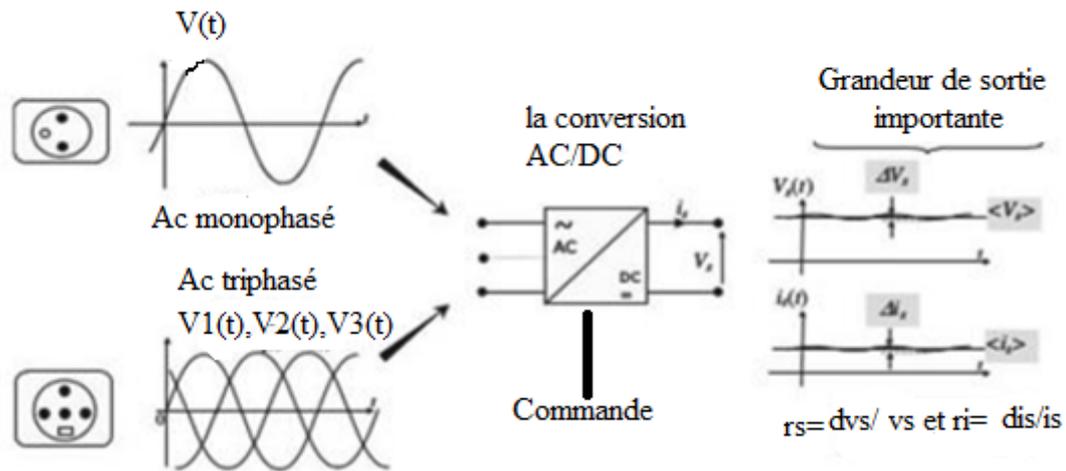


Figure II.3. Conversion AC/DC et grandeurs de sortie.

À partir de ce simple énoncé, des grandeurs importantes systématiquement associées s'imposent :

- la valeur moyenne de la tension de sortie V_s est la grandeur la plus importante puisqu'elle représente la valeur continue destinée ;
- On s'intéressera également à celle du courant débité par le convertisseur, qui lui aussi doit être continue ;
- Le plus souvent, la tension instantanée en sortie, n'est pas rigoureusement constante, elle présente un défaut d'ondulation quantifié par l'amplitude crête-crête des variations : ΔV_s , et il existe la même chose pour le courant : ΔI_s ;
- Pour quantifier les erreurs relatives apparaissant sur la tension ou le courant ou les deux, on écrit souvent les taux d'ondulation : $T_v = \Delta V_s / V_s$ et $T_i = \Delta I_s / I_s$;
- Les grandeurs de commande du système, enfin, est cruciale. C'est elle qui constituera l'élément clé de la variation des grandeurs de sortie [33].

II.3. Redressement non commandé

II.3.1. Redressement non commandé simple alternance

L'opération de redressement consiste à éliminer la partie négative ou positive (au choix) d'une tension alternative, le redressement simple ou mono alternance consiste juste en l'élimination de la partie non désirée de la tension par l'utilisation d'une diode en série avec chaque tension (en réalité le redressement consiste de façon absolue à rendre le courant de sortie

du circuit unidirectionnel), cette opération peut être menée à partir d'une tension monophasée, ou bien d'un système diphasé ou triphasé. [33].

II.3.1.1 Redresseur non commandé triphasé simple alternance P3

La version triphasée du redressement précédent est très simple à envisager, puisqu'elle consiste juste à interposer une diode en série avec chaque phase d'un système triphasé.

- Le schéma électrique correspondant est représenté sur la figure (I.4).

- Les tensions $V_1(t)$, $V_2(t)$, $V_3(t)$, sont imposées telle que [33] :

$$V_1(t) = v \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t) \quad (\text{II.1})$$

$$V_2(t) = V \cdot \sqrt{2} \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \quad (\text{II.2})$$

$$V_3(t) = V \cdot \sqrt{2} \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) \quad (\text{II.3})$$

Avec :

$$\omega = 2\pi f$$

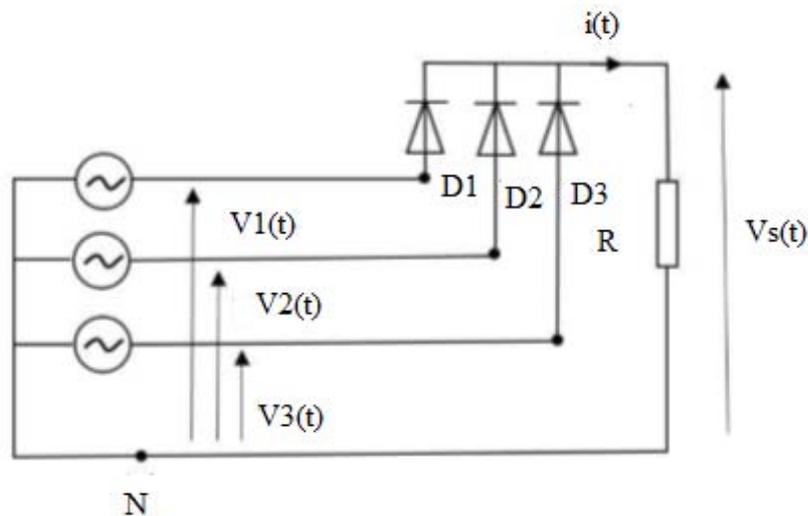


Figure .II.4 . Redresseur P3 non commandé.

II.3.2. Redressement non commandé double alternance

Dans ce cas, l'opération de redressement consiste à reporter les parties négatives ou positives (au choix) des tensions d'entrée en valeurs positives, ceci n'est possible que par des associations

de deux diodes par phase, ce qui est caractéristique des structures dites « double », on parle, ainsi, souvent de pont redresseur double ou encore PD2 en monophasé et PD3 en triphasé [33].

II.3.2.1 Redresseur non commandé triphasé double alternance PD3

Ce type de pont, également incontournable et extrêmement classique dans le redressement triphasé, est la structure la plus avantageuse, car elle présente une tension de sortie dont les ondulations naturelles sont à la fois très faible et de fréquence assez importante, ce qui est intéressant dans une option de filtrage.

- Le schéma électrique correspondant est représenté sur la figure (I.4).
- Les tensions $V_1(t)$, $V_2(t)$, $V_3(t)$, sont imposées comme (II.1), (II.2), (II.3) [34].

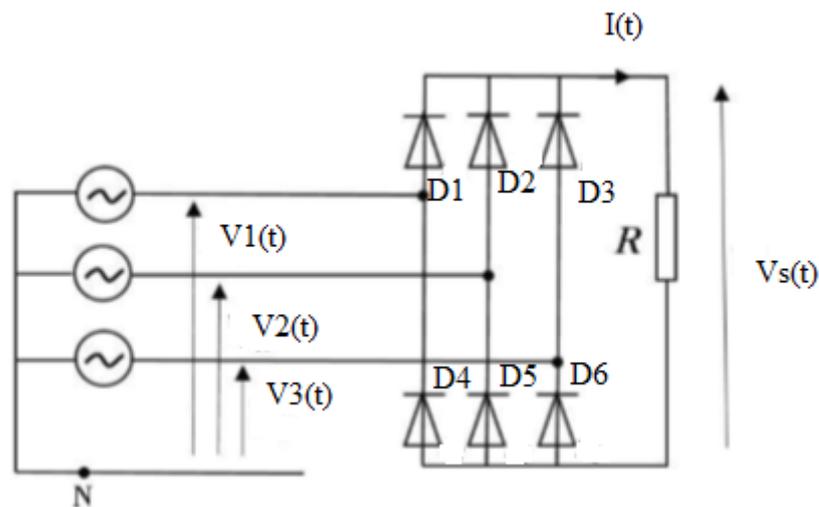


Figure. II.5. Redresseur PD3 non commandé.

II.4.Redressement commandé

II.4.1. Commande à l'amorçage

La figure (II.6) donne la représentation ainsi qu'une vue en coupe simplifiée d'un thyristor, il s'agit d'un composant muni d'une cathode et d'une anode auxquelles vient s'ajouter une gâchette permettant de commander le composant à l'amorçage et d'ainsi retarder l'entrée en conduction du composant, le but étant de retarder l'amorçage du composant par rapport à l'instant de commutation naturelle (identique à celui d'une diode), la commande de la gâchette doit être synchronisée sur l'onde de tension alternative, au moment où l'on souhaite commander le composant, un train d'impulsion est généré sur la gâchette du composant, si l'énergie amenée sur la gâchette est suffisante, le composant est alors amorcé et devient passant [34].

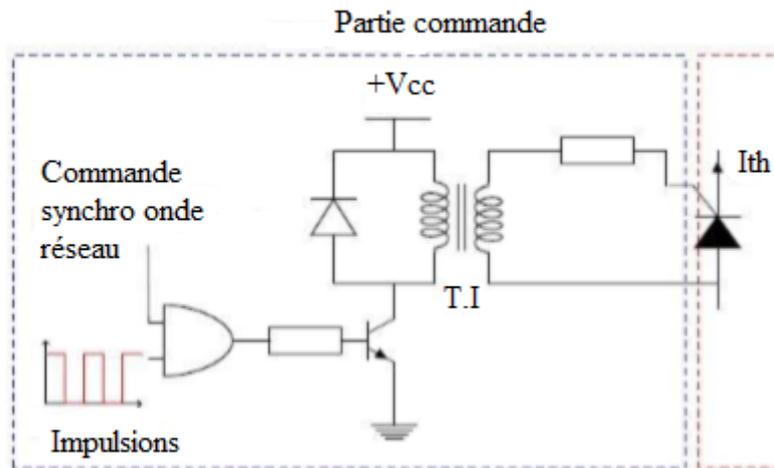


Figure. II.6. Schéma de la commande d'un thyristor.

Le thyristor, à l'inverse d'une diode, n'est pas à amorçage spontané (il ne devient pas passant à l'instant de commutation naturelle), en d'autres termes, l'amorçage du composant ne résulte pas uniquement de l'évolution des grandeurs électriques au sein du système, il faut en réalité commander le composant à l'amorçage, c'est le rôle de la gâchette, notons que le composant ne peut être amorcé qu'après l'instant de commutation naturelle (noté C.N), la figure (II.7) représente de façon simple la commande de la gâchette décalée dans le temps par rapport à la commutation naturelle, l'électronique de commande détecte l'instant de commutation naturelle et va envoyer l'ordre d'amorçage du composant avec un retard réglable par l'utilisateur appelé angle de retard à l'amorçage [34].

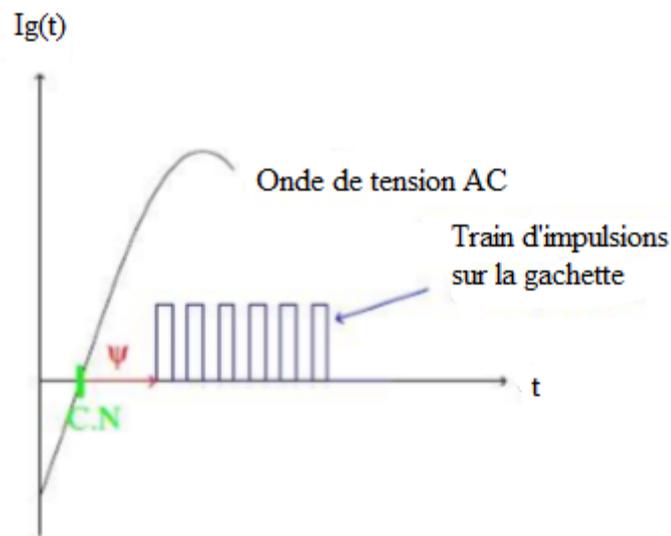


Figure .II.7 .Commande de la gâchette d'un thyristor par train d'impulsions.

II.4.2 : Redressement commandé simple alternance

Le redressement commandé simple, consiste toujours en l'élimination de la partie non désirée par l'utilisation d'un thyristor en série avec chaque source de tension, l'angle de retard à l'amorçage permet dans ce contexte d'opérer une variation de la tension moyenne en sortie. Cette opération peut être menée à partir d'une tension monophasée, ou bien d'un système diphasé ou triphasé [33].

II.4.2.1. Redresseur commandé triphasé simple alternance P3

La version commandée du redresseur P3 revient également à remplacer chaque diode par un thyristor, elle est très simple à envisager puisqu'elle consiste juste à interposer un thyristor en série avec chaque phase d'un système triphasé.

- Le schéma électrique correspondant est représenté sur la figure (I.4).
- θ_0 est l'angle de retard à l'amorçage imposé par la commande.
- Les tensions $V_1(t)$, $V_2(t)$, $V_3(t)$, sont imposées comme (II.1), (II.2), (II.3) [34].

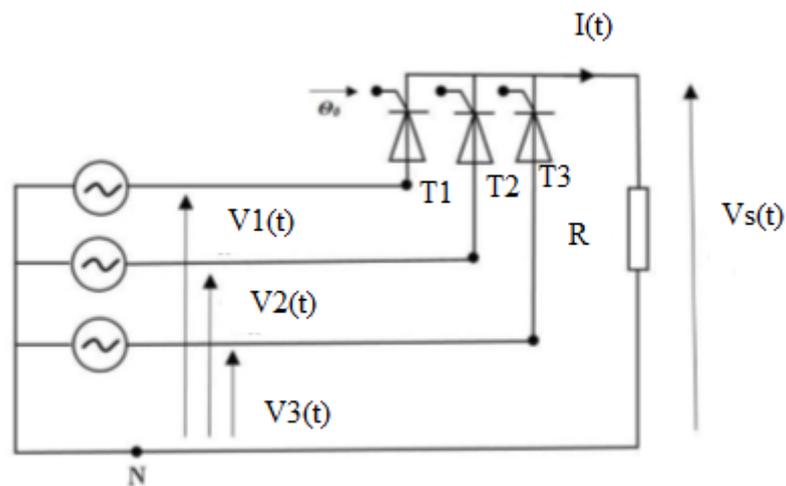


Figure .II.8 . Redresseur P3 commandé.

II.4.3. Redressement commandé double alternance

De la même manière que dans le cas des redresseurs simples, il est possible de remplacer les diodes des structures doubles par des thyristors.

II.4.3.1 Redresseur commandé triphasé double alternance PD3

La structure (tout thyristor) du pont triphasé PD3 en pont est extrêmement classique dans le redressement triphasé.

- Le schéma électrique correspondant est représenté sur la figure (II.9).
- θ_0 est l'angle de retard à l'amorçage imposé par la commande.
- Les tensions $V_1(t)$, $V_2(t)$, $V_3(t)$, sont imposées (II.1), (II.2), (II.3) [34].

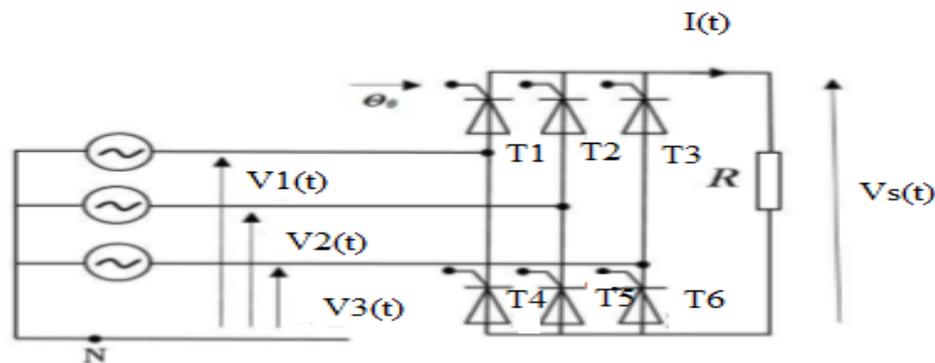


Figure. II.9. Redresseur PD3 commandé.

II.5. Autres types de redresseur

Il existe d'autres types de redresseur tels que :

- Redresseur avec diode de roue libre (monophasé ou triphasé) ;
- Redresseur mixte (monophasé ou triphasé) ;
- Redresseur triphasé série (à thyristors ou à diodes) ;
- Redresseur à MLI [34].

II.6. Simulation et discussion des résultats

II.6.1. Redresseur triphasé non commandé simple alternance

II.6.1.1. En régime sain (sans défaut)

Voici le schéma bloc correspondant au redresseur triphasé non commandé simple alternance

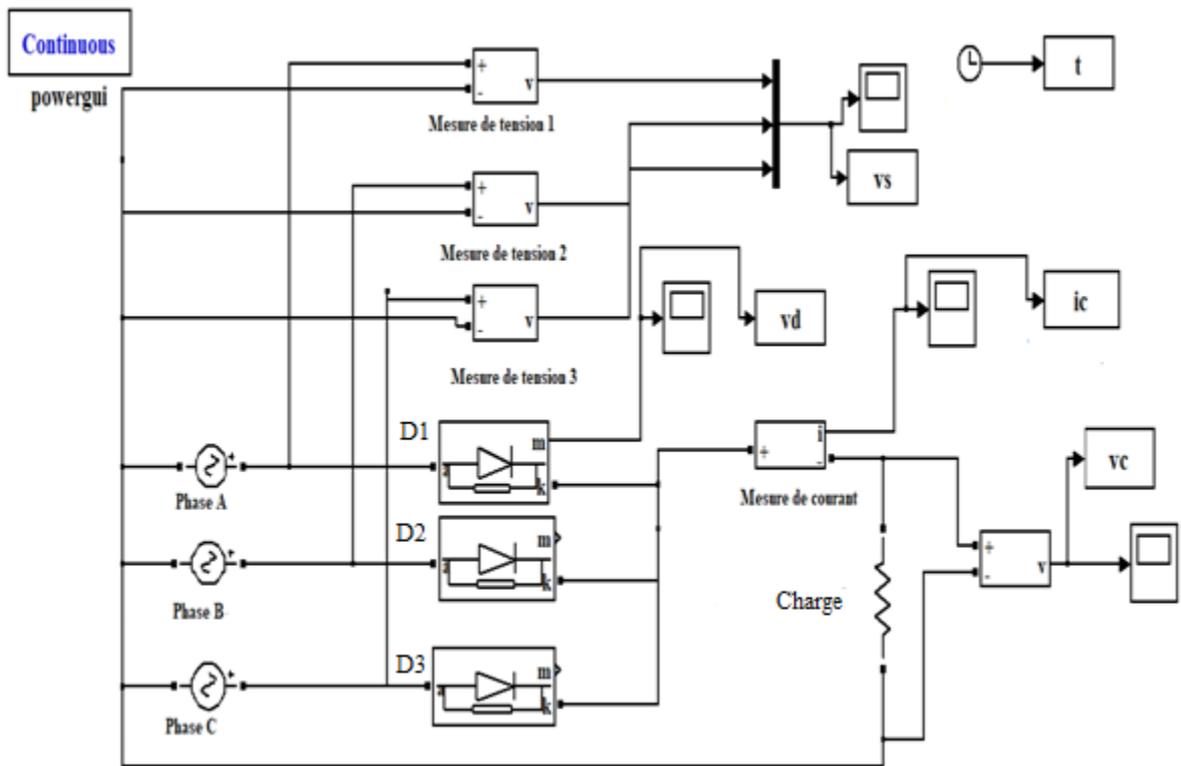


Figure .II.10 . Schéma bloc d'un redresseur triphasé non commandé simple alternance.

Voici les courbes obtenue lors de simulation

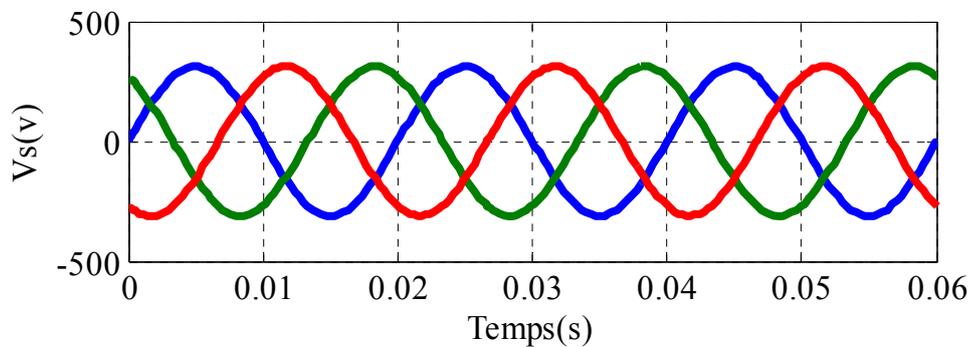


Figure .II.11 . Forme d'onde des tensions d'entrées.

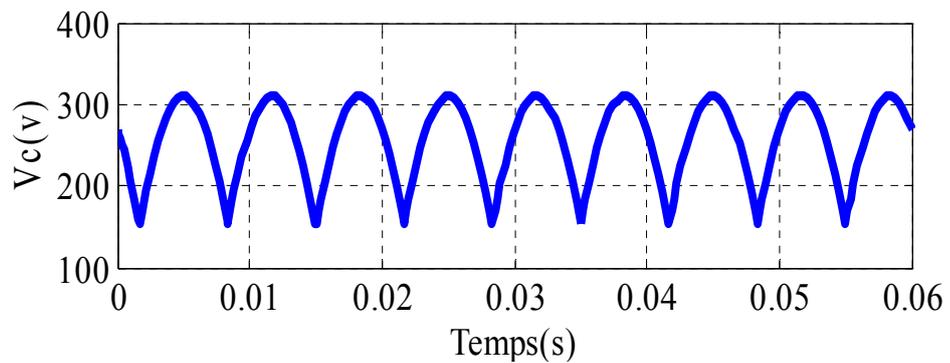


Figure .II.12 .Forme d'onde de la tension de sortie Vs aux bornes de la charge R.

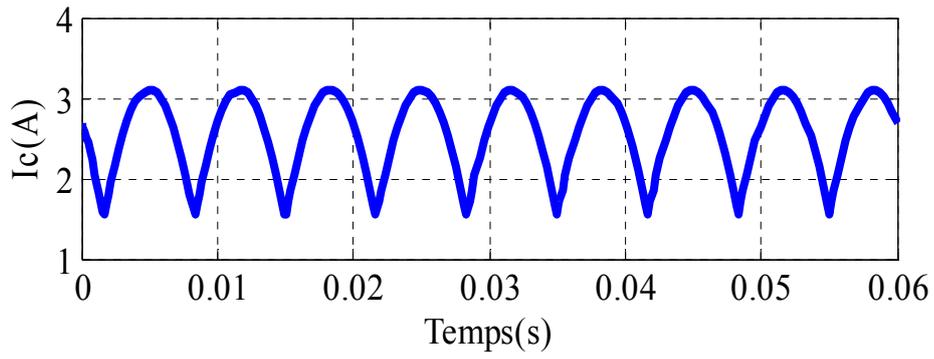


Figure. II.13. Forme d'onde de courant de charge I_c .

II.6.1.2. En régime de défaut

II.6.1.2.1. Cas de circuit fermé

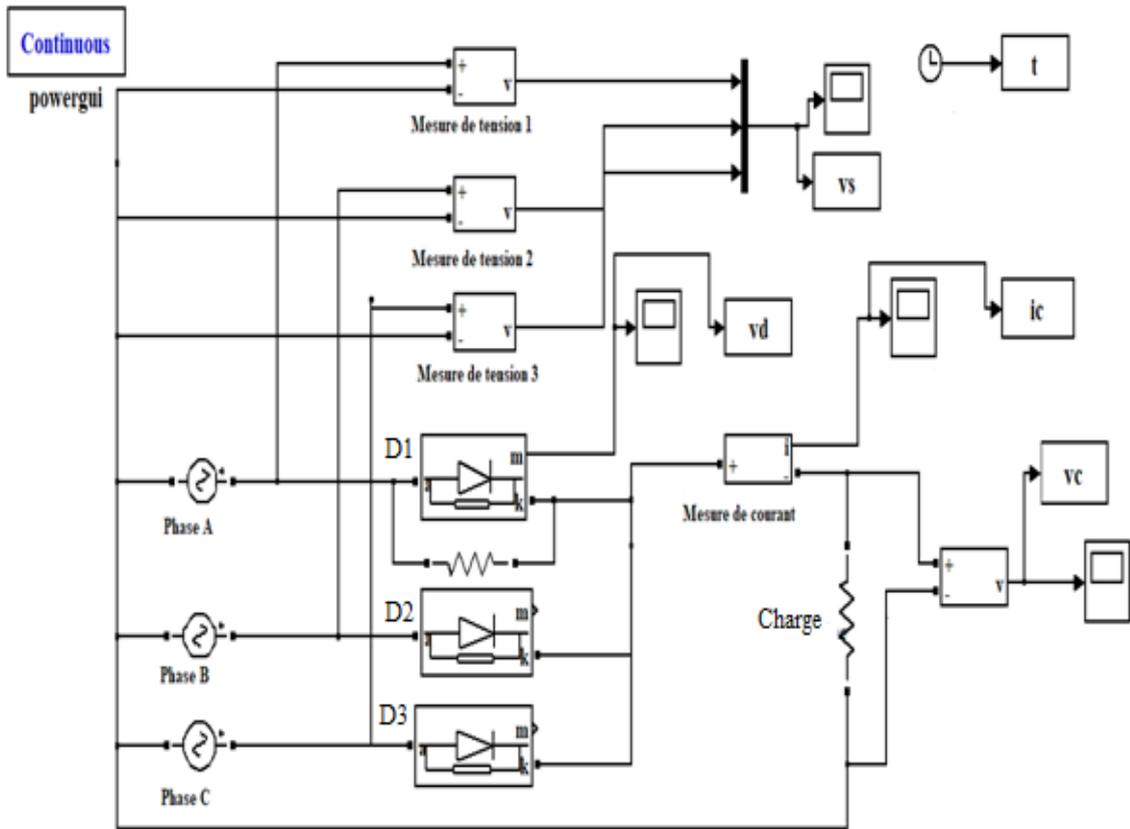


Figure. II.14. Schéma block d'un redresseur triphasé non commandé en cas d'un circuit fermé.

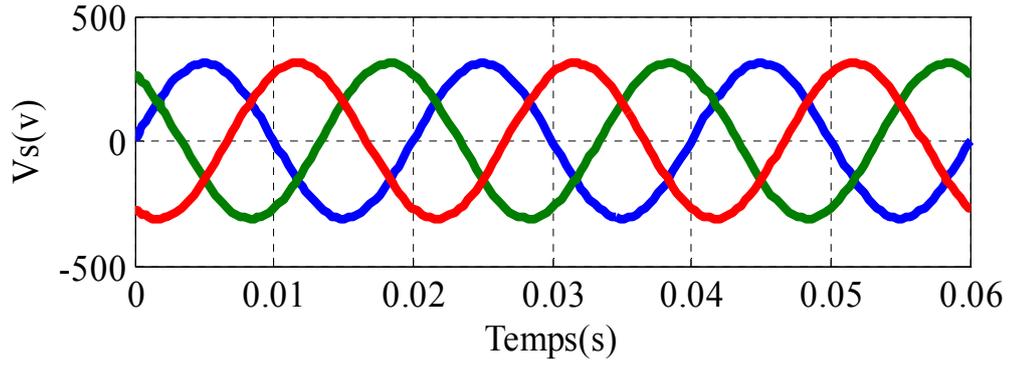


Figure. II.15. Forme d'onde des tensions d'entrée.

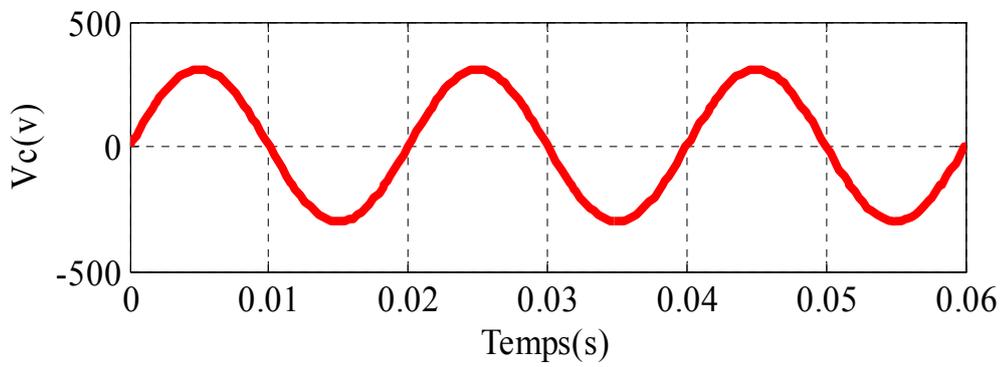


Figure. II.16. Forme d'onde de la tension de sortie V_c .

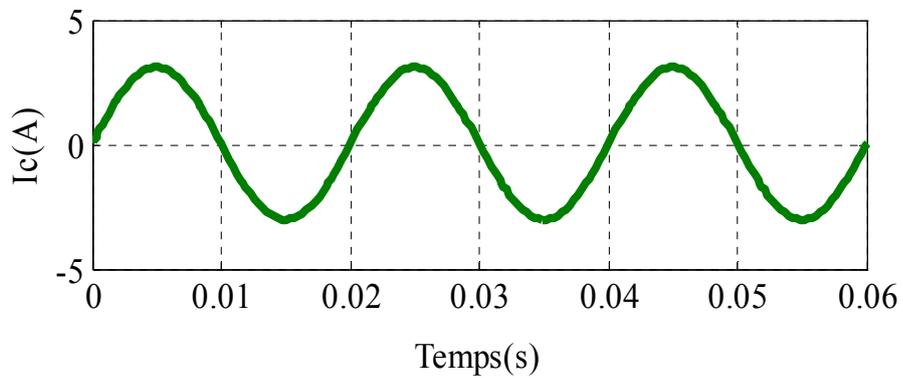


Figure. II.17. Forme d'onde de courant de charge I_c .

II.6.1.2.2.Cas de Circuit ouvert

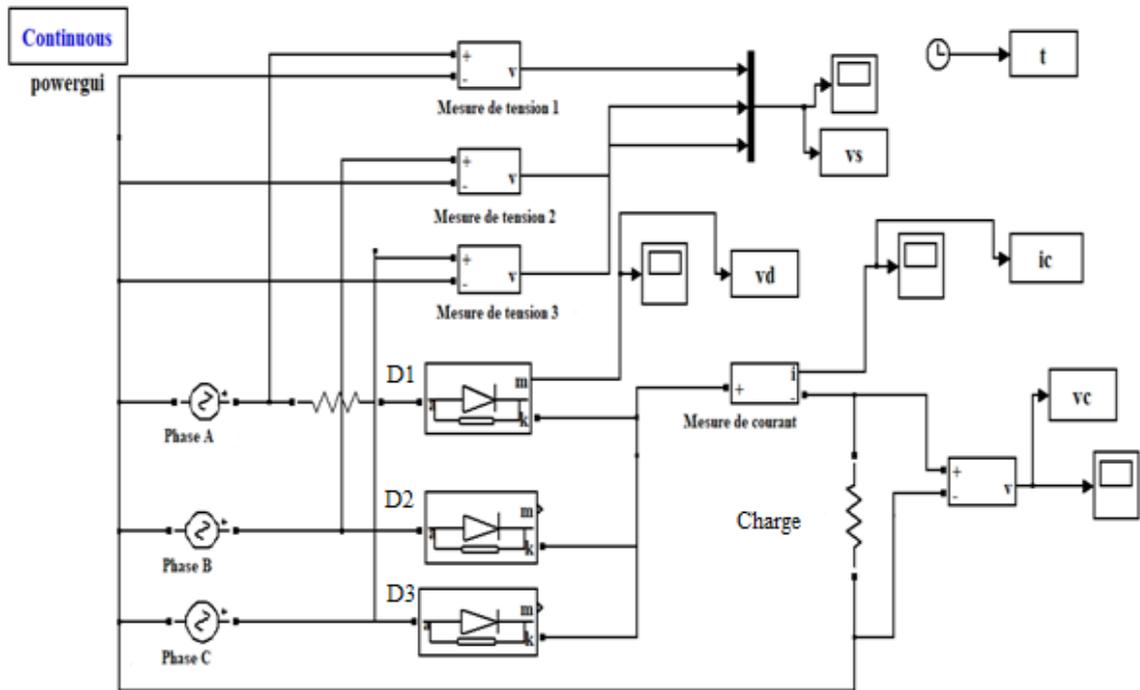


Figure. II.18.Schéma bloc d'un redresseur triphasé non commandé simple alternance en cas d'un circuit ouvert.

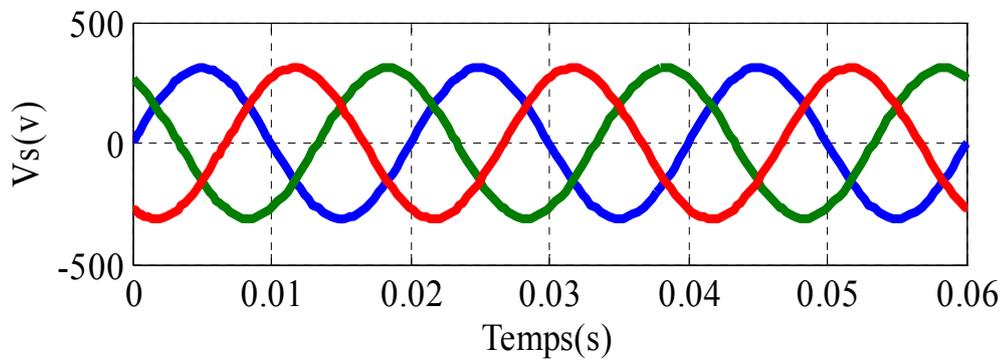


Figure. II.19. Forme d'onde des tensions d'entrées V_s .

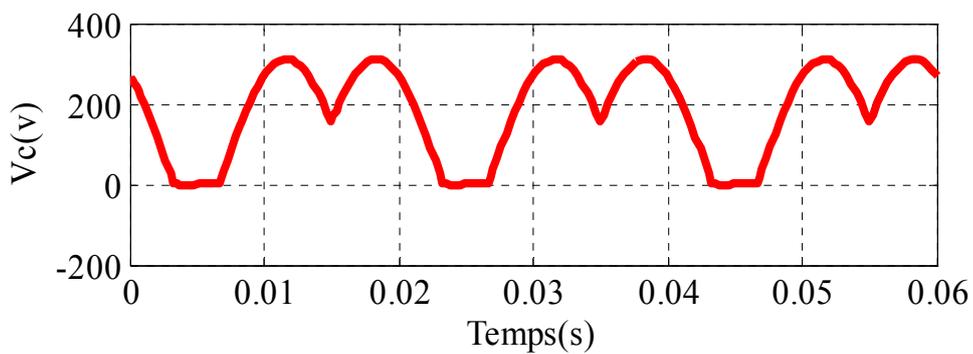
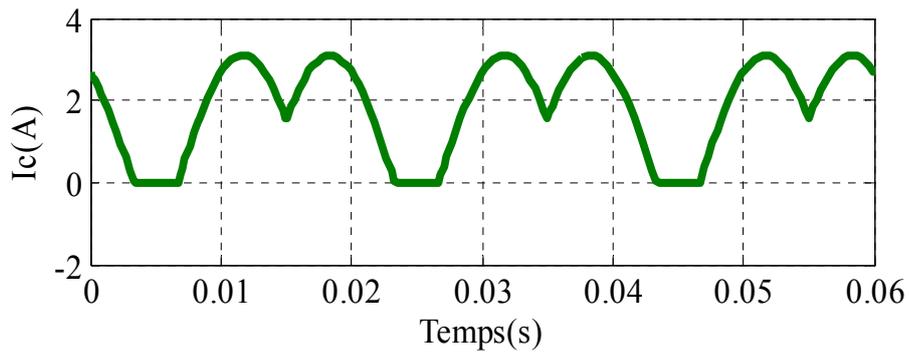


Figure. II.20. Forme d'onde de tension de sortie V_c .

Figure. II.21. Forme d'onde de courant de charge I_c .

D'après les simulations on constate que dans le cas d'un circuit fermé on obtient la tension et le courant de sorties sinusoïdales car la diode (D1) devient infectieuse donc c'est la phase A qui s'impose sur la charge. Dans le cas de circuit ouvert ce type de défaut consiste à la mise en ouverture d'un interrupteur de bras A (D1), cela conduit à éliminer l'alternance positive du courant et de tension de la phase relié à la diode défectueuse.

II.6. 2.Redresseur triphasé non commandé double alternance

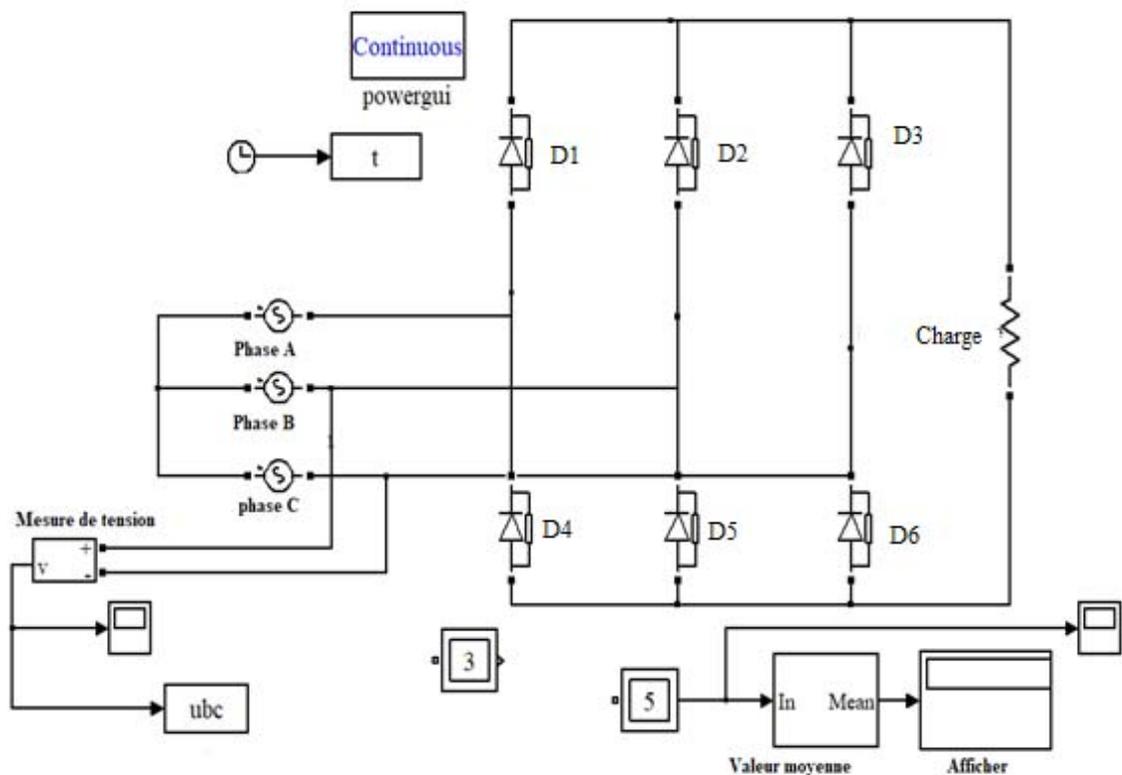


Figure. II.22. Schéma bloc d'un redresseur triphasé non commandé double alternance.

II.6. 2.1. En régime sain.

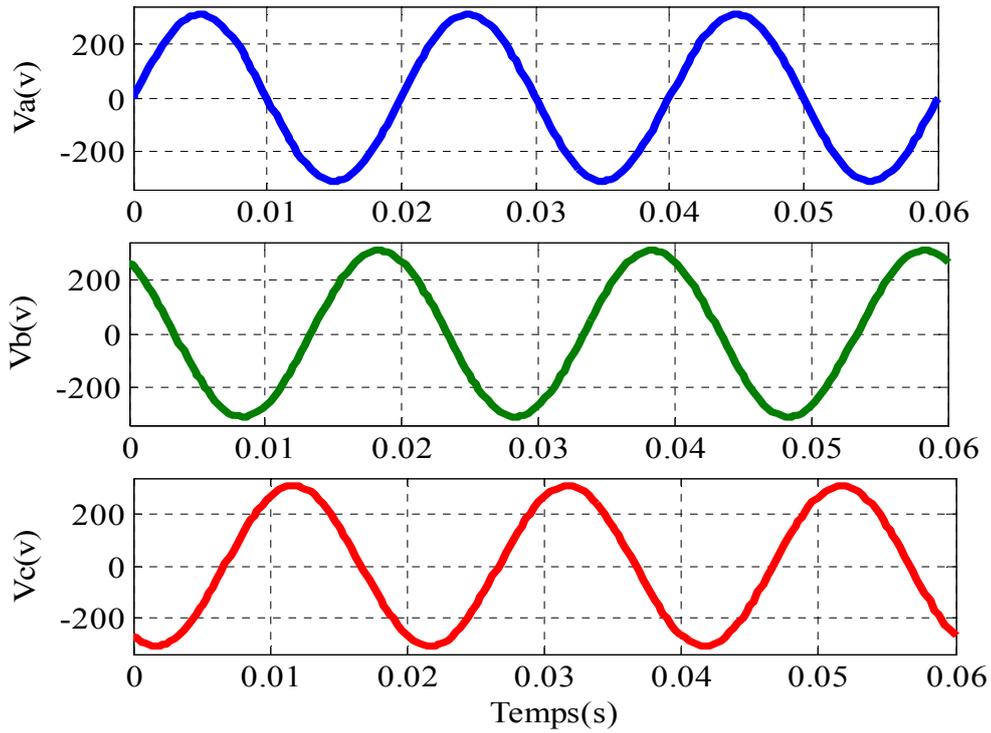


Figure. II.23. Forme d'onde des tensions d'entrée.

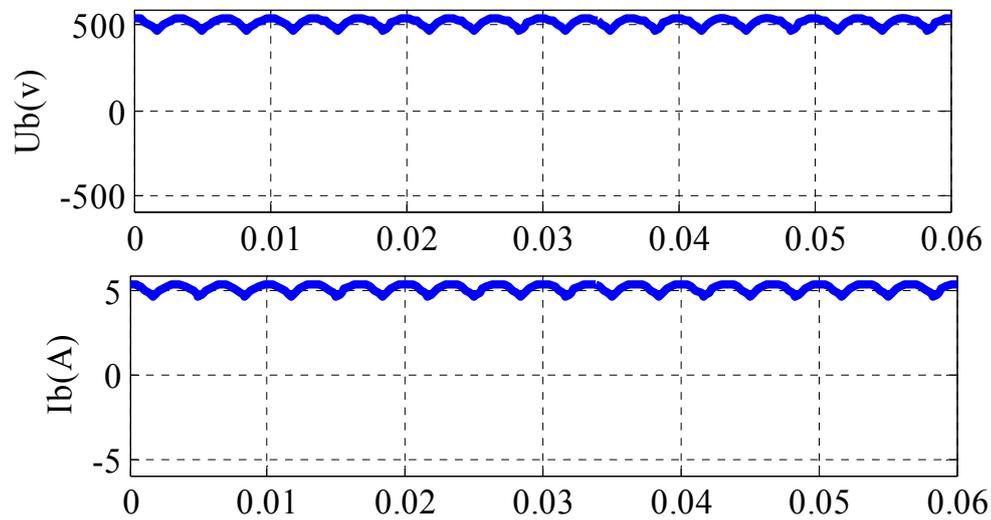


Figure. II.24. Forme d'onde de la tension de sortie et de courant de charge.

II.6.2.2.En régime de défauts

II.6.2.2.1.Cas d'un circuit fermé

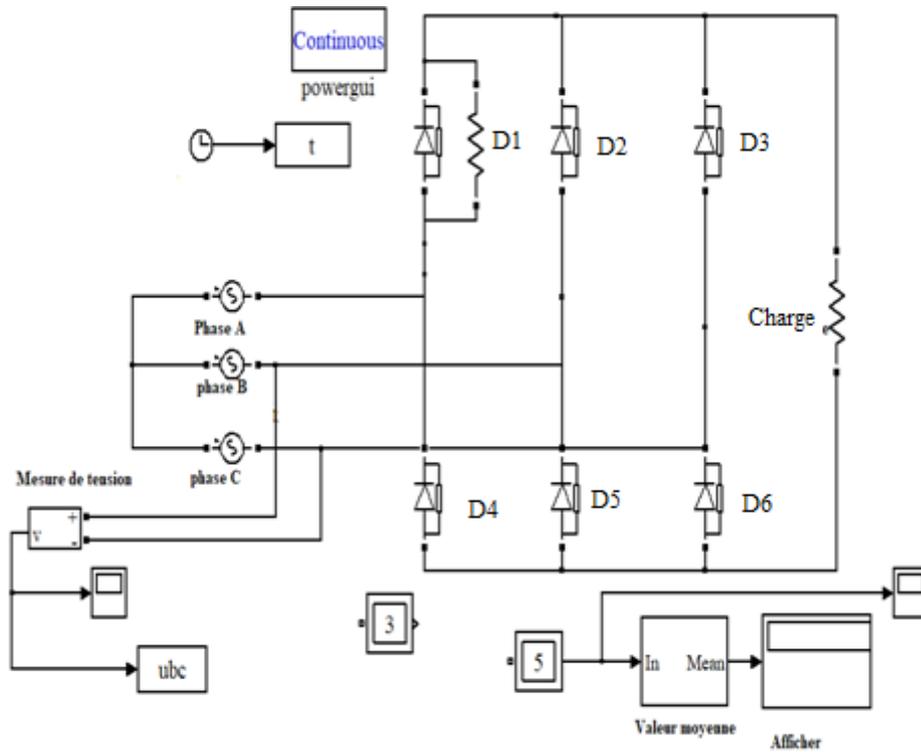


Figure. II.25.Schéma block d'un redresseur triphasé non commandé double alternance en cas d'un circuit fermé.

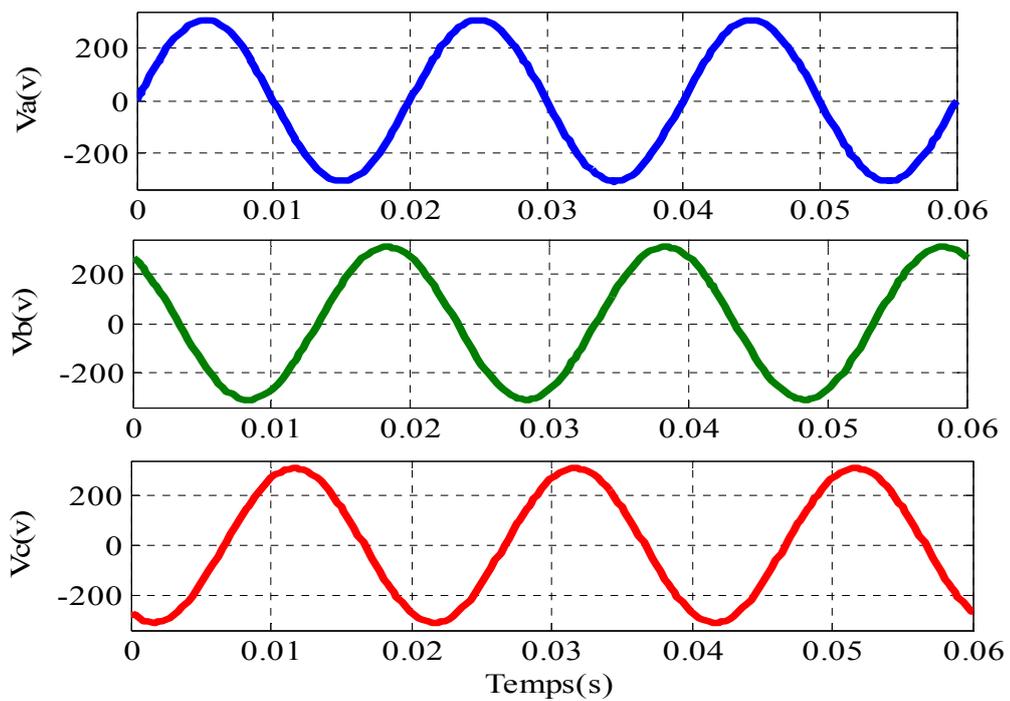


Figure. II.26. Forme d'onde des tensions d'entrée.

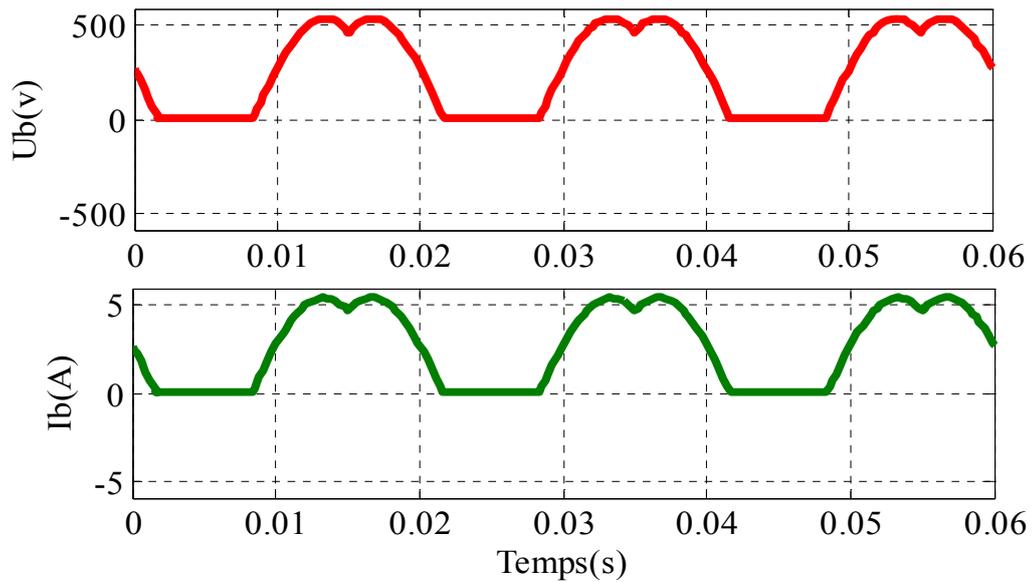


Figure. II.27. Forme d'onde de la tension de sortie et de courant de charge.

II.6.2.2.2. Cas de circuit ouvert

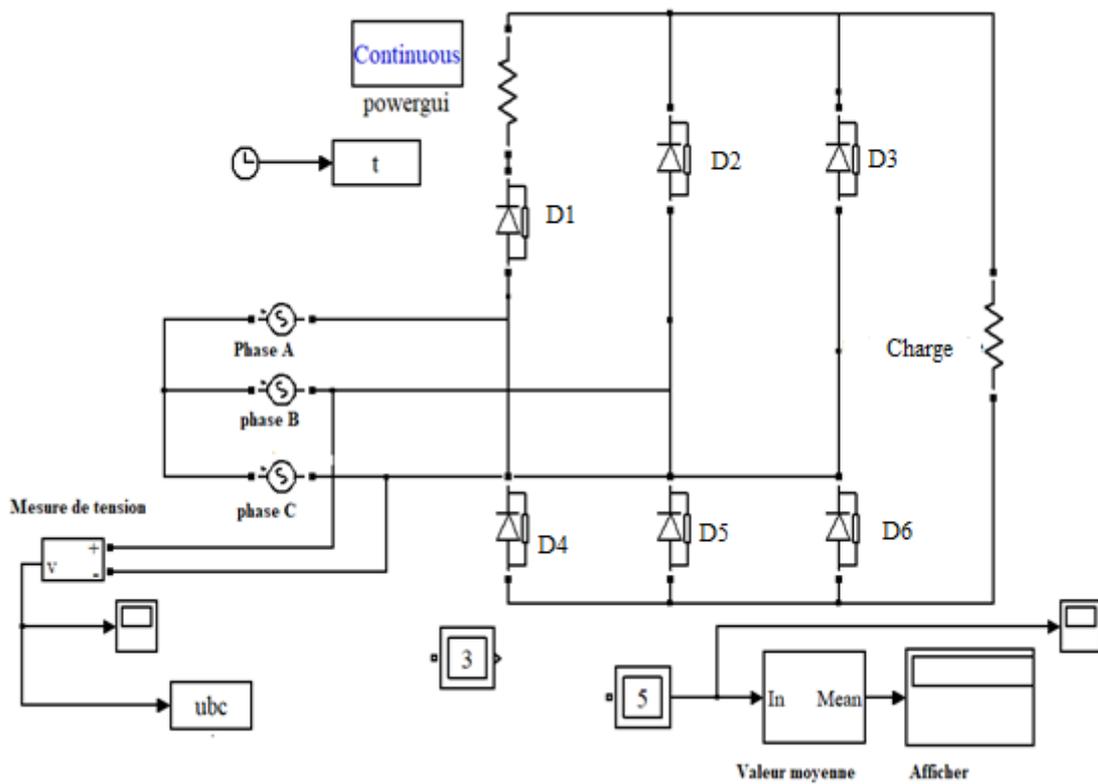


Figure. II.28. Schéma block d'un redresseur triphasé non commandé double alternance en cas d'un circuit ouvert

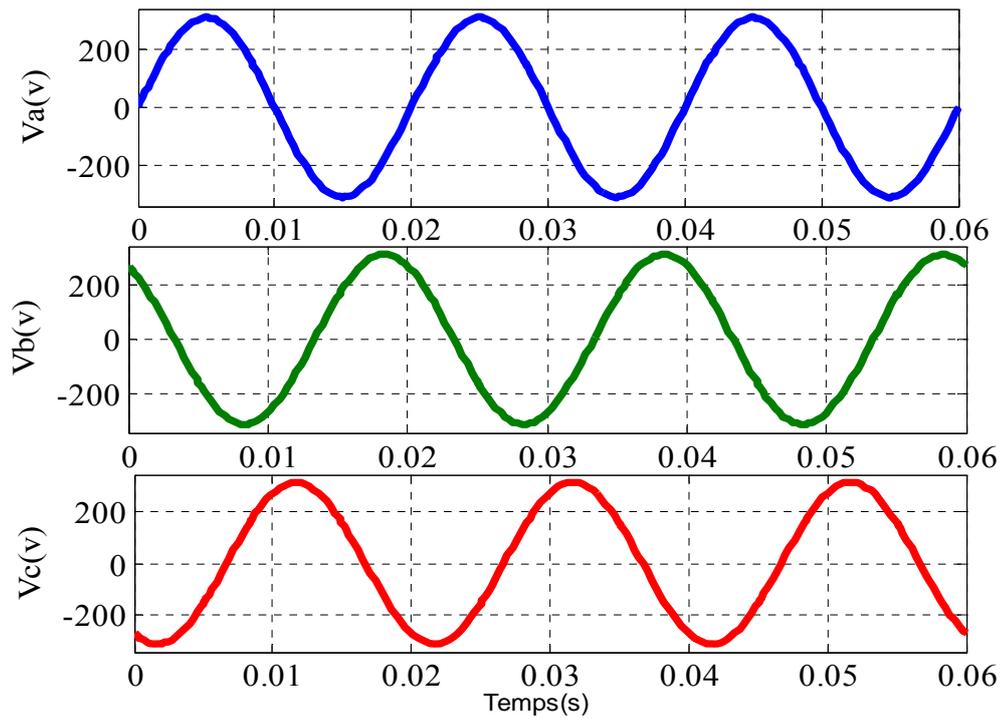


Figure. II.29. Forme d'onde des tensions d'entrée.

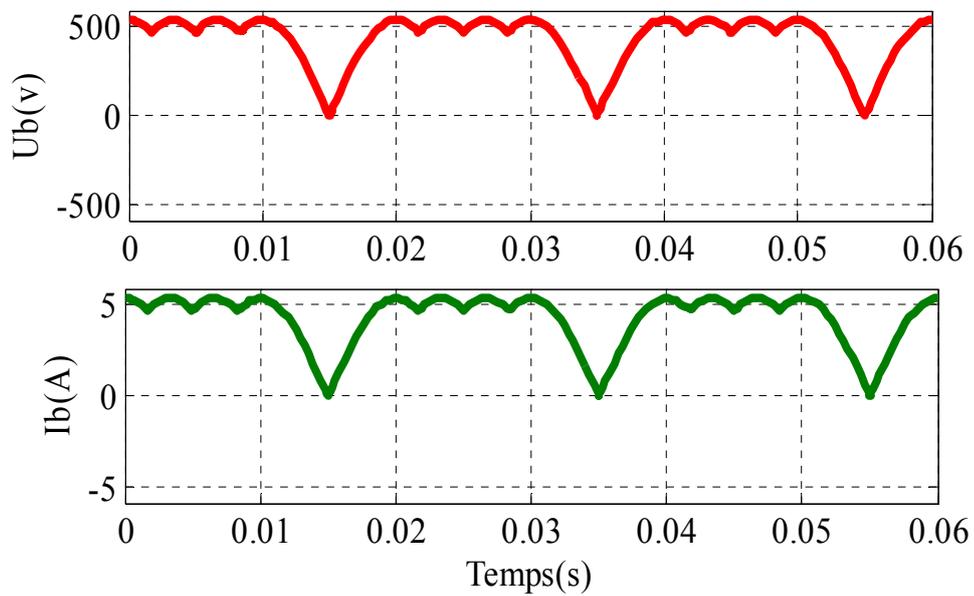
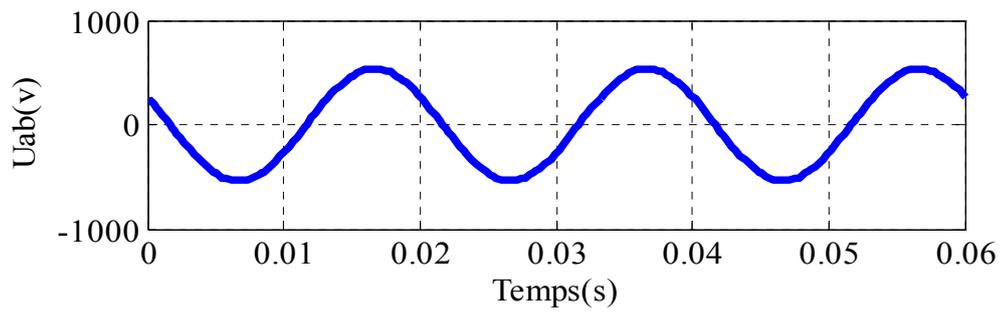
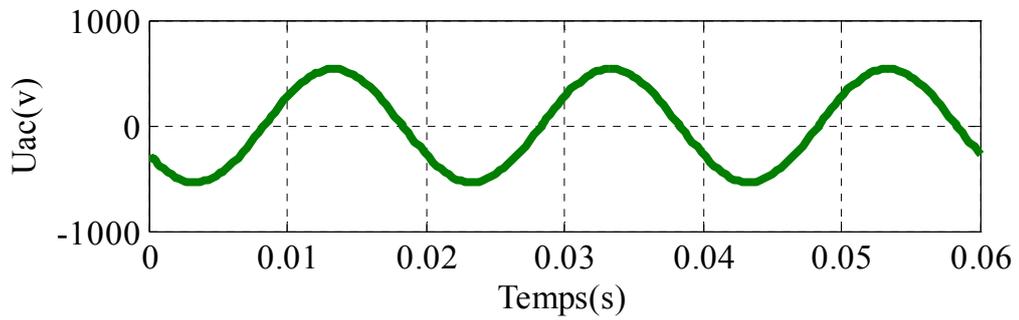
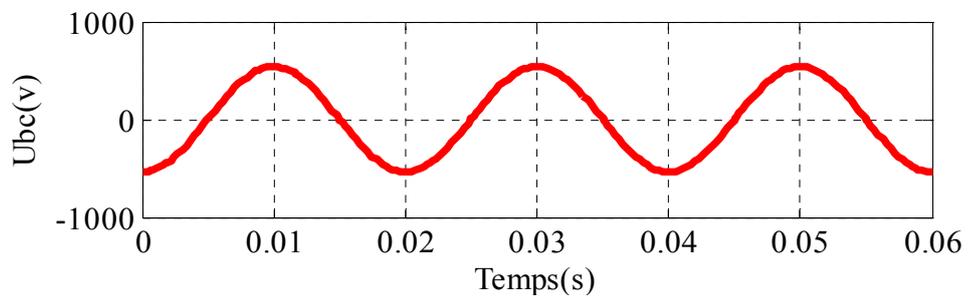


Figure. II.30. Forme d'onde de la tension de sortie et de courant de charge.

II.6.2.2.3. Tensions composéesFigure. II.31. Forme d'onde de la tension U_{ab} .Figure. II.32. Forme d'onde de la tension U_{ac} .Figure. II.33. Forme d'onde de la tension U_{bc} .

II.6.2.2.4.Cas d'une charge RL

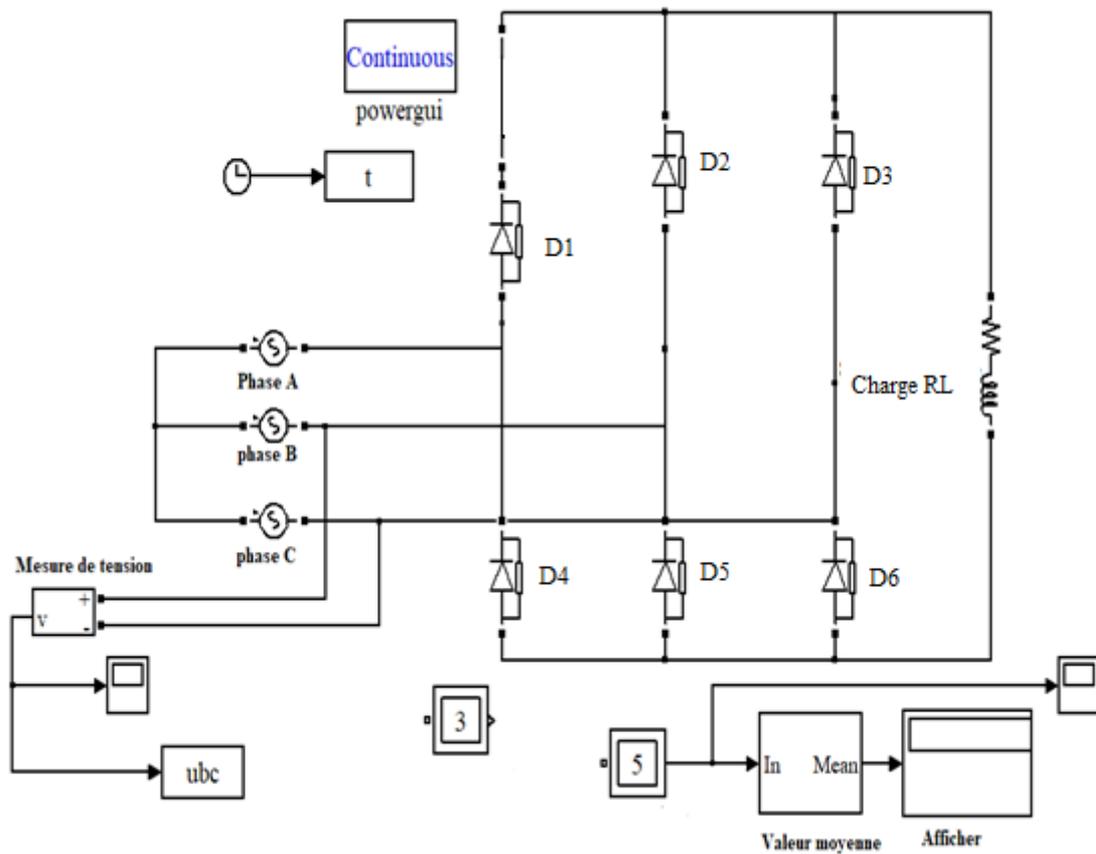


Figure. II.34. Schéma block d'un redresseur triphasé non commandé double alternance en cas d'une charge RL.

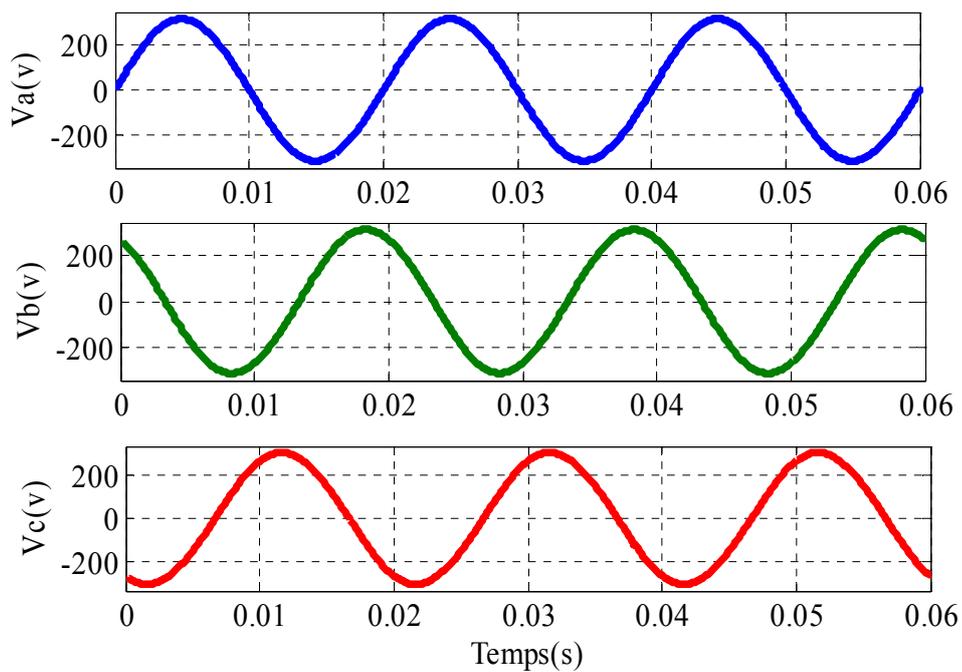


Figure. II.35. Forme d'onde des tensions d'entrée.

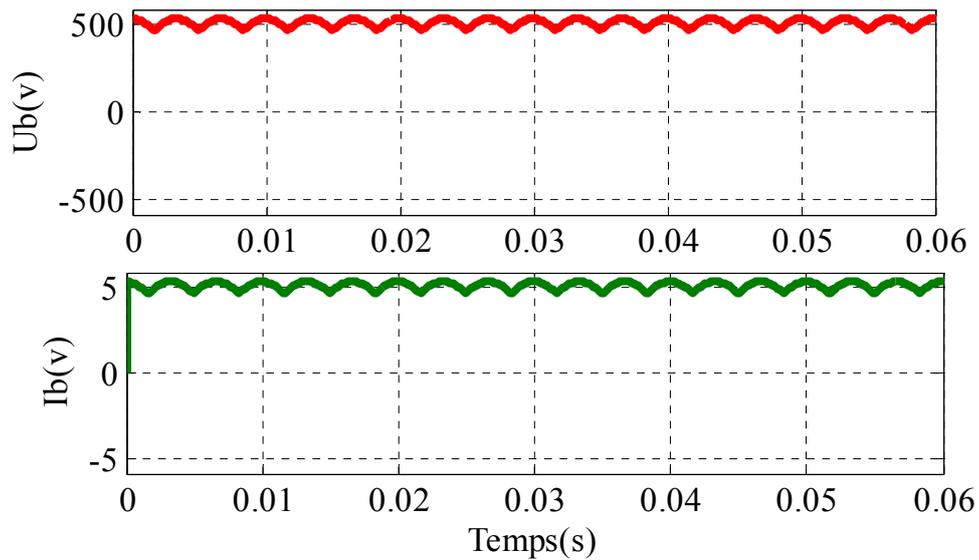


Figure. II.36. Forme d'onde de la tension de sortie et de courant de charge.

II.6.2.2.5.Cas d'un défaut dans deux bras (circuit ouvert)

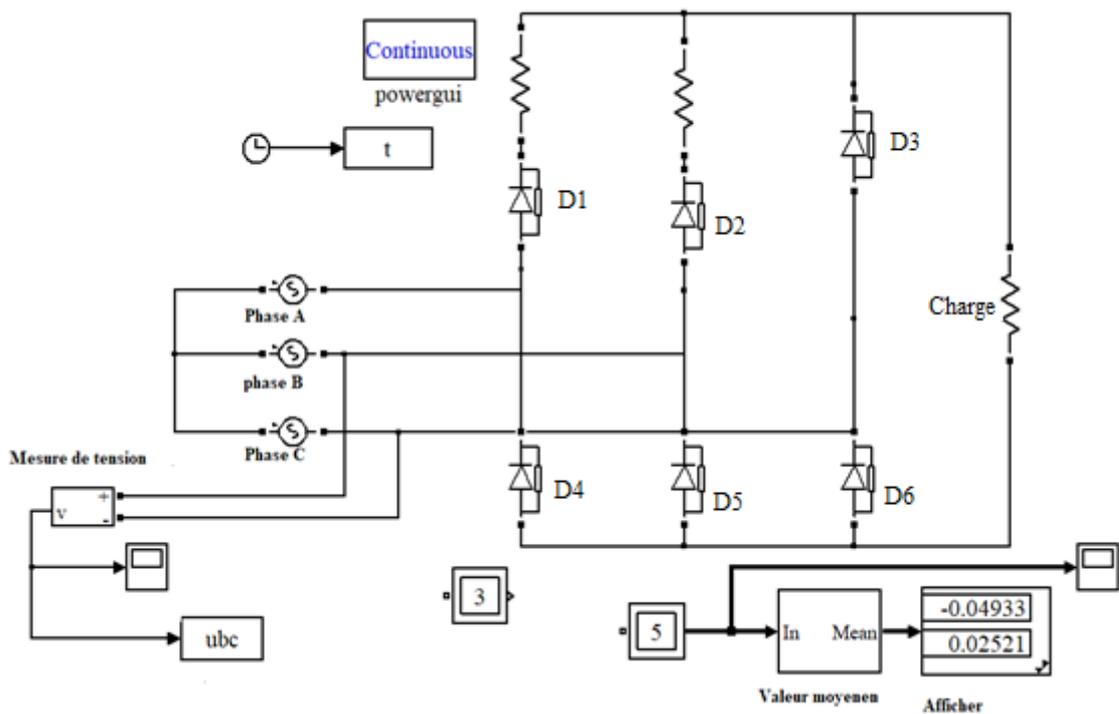


Figure. II.37.Schéma block d'un redresseur triphasé non commandé double alternance en cas d'un défaut dans deux bras.

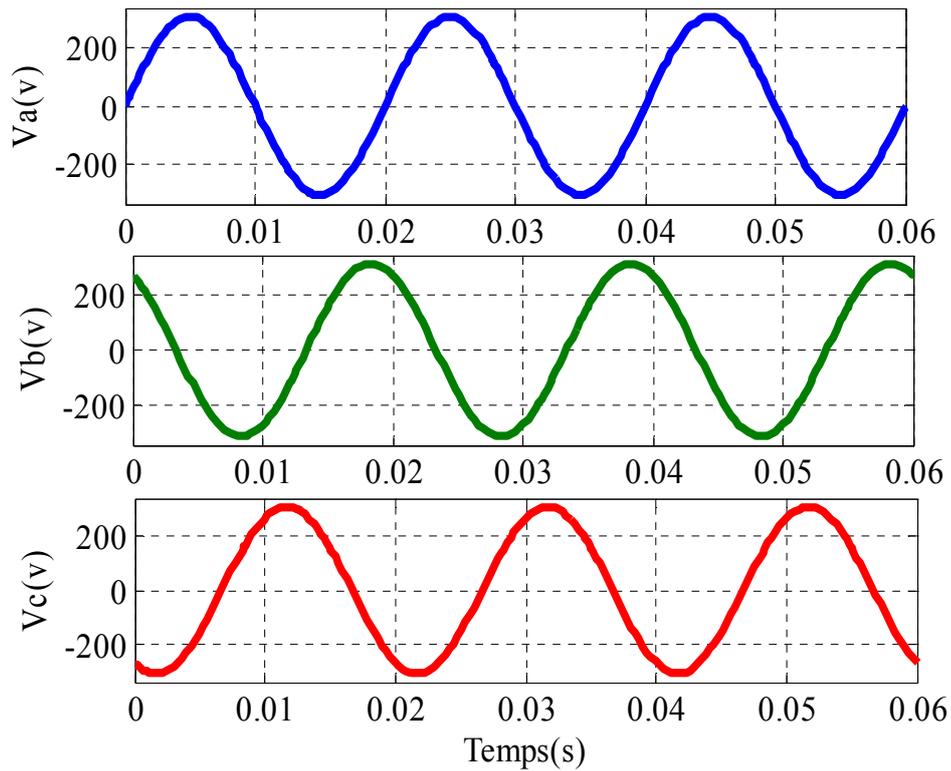


Figure. II.38. Forme d'onde des tensions d'alimentation en cas de défaut dans deux bras.

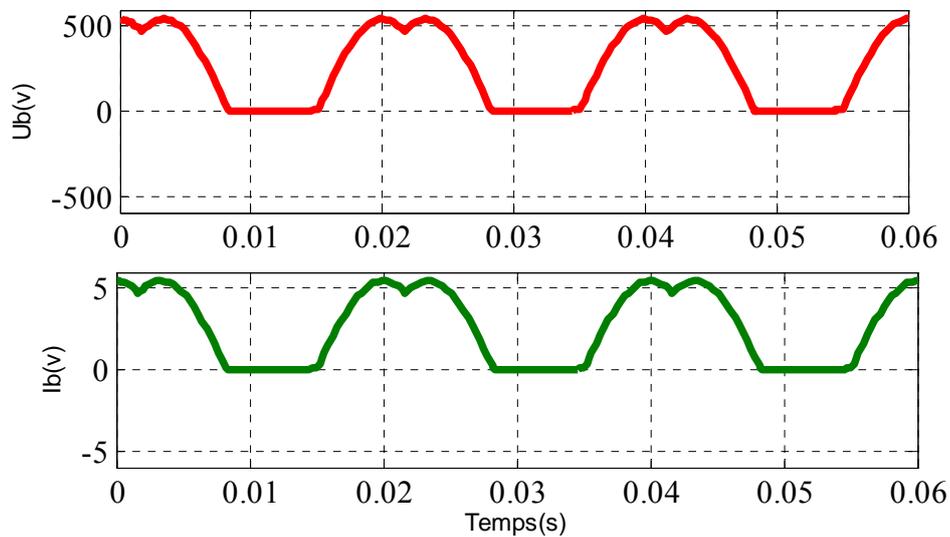


Figure .II.39. Forme d'onde de tension de sortie et de courant de charge en cas de défaut dans deux bras.

Le défaut d'ouverture des deux interrupteurs de la phase (A et B) est l'équivalent de la déconnexion de deux phases pendant le fonctionnement, ce défaut provoque la perturbation des formes d'ondes des tensions et des courants, ainsi que l'annulation du courant et de la tension de la phase bloqué. D'après les simulations on remarque que les courbes obtenues en régime sain

dans le cas d'une charge (R) et dans le cas d'une charge (RL) sont identiques et que dans le cas d'un circuit fermé certaines alternances devient nulles dans le courant de charge et la tension de sortie cela est du au (D1) devient défectueuse (un fil) alors l'annulation de l'alternance de la tension reliée.

II.6. 3.Redresseur triphasé commandé simple alternance

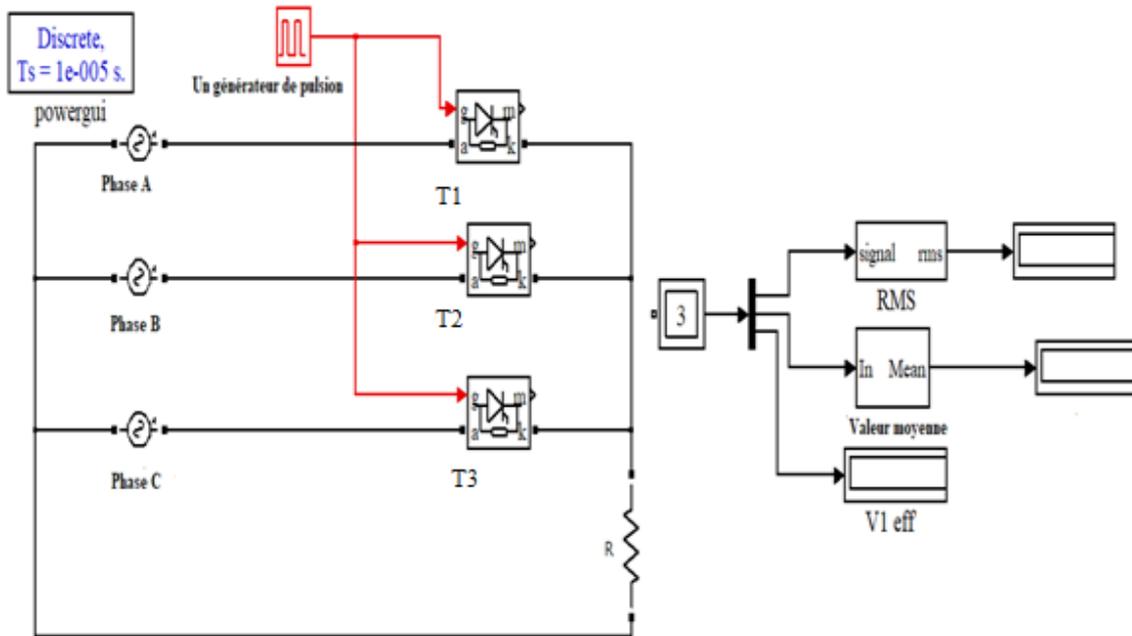


Figure. II.40.Schéma block d'un redresseur triphasé commandé simple alternance.

II.6.3.1. En régime sain

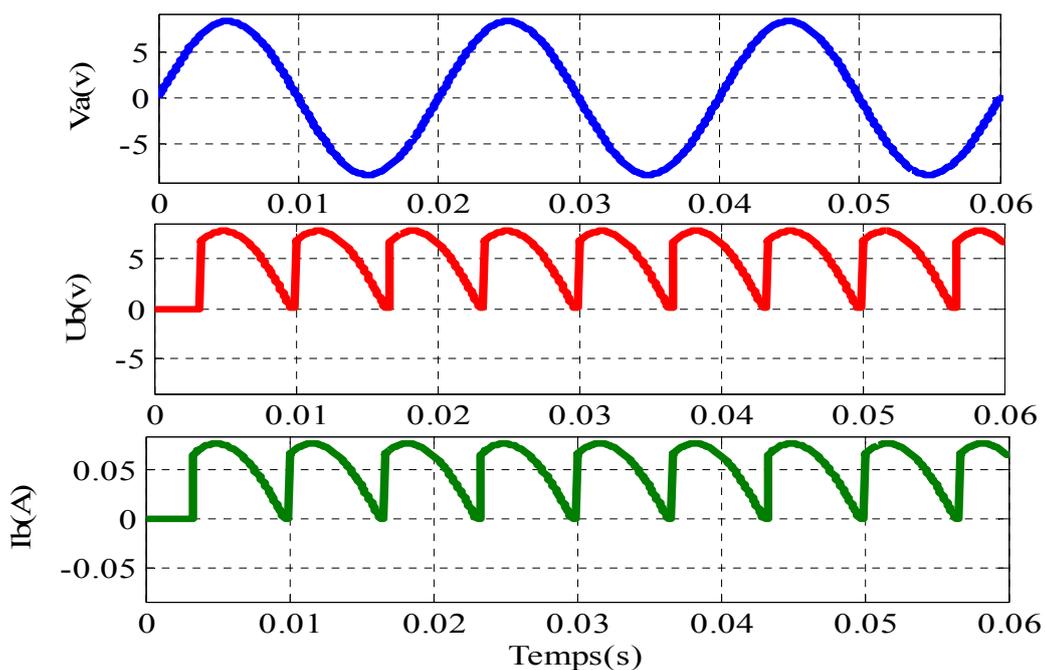


Figure. II.41. Forme d'onde de la tension d'entrée $V_a(v)$, la tension de sortie $V_s(v)$, le courant de charge $I_b(A)$.

I.6.3.2. En régime de défaut

I.6.3.2.1. Cas d'un circuit fermé

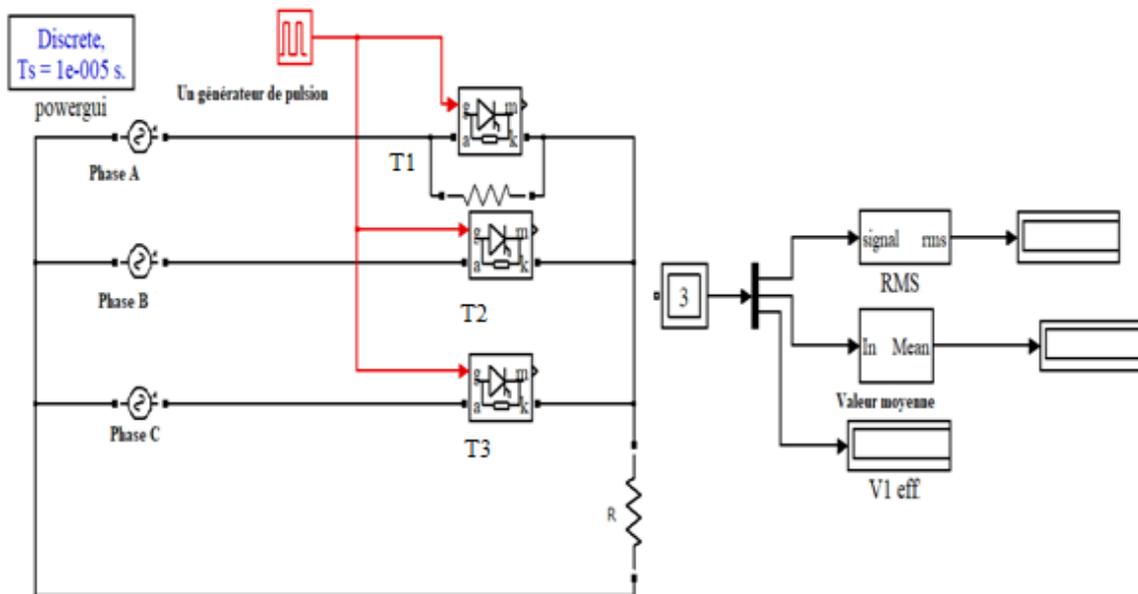


Figure. II.42. Schéma block d'un redresseur triphasé commandé simple alternance en cas d'un circuit fermé.

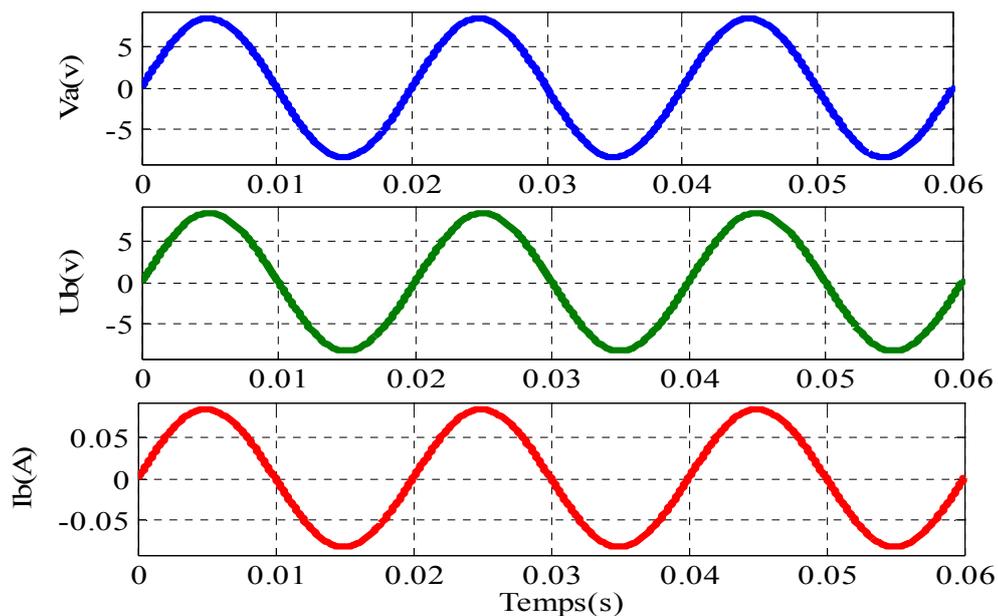


Figure. II.43. Forme d'onde de la tension d'entrée $V_a(v)$, la tension de sortie $V_s(v)$, le courant de charge $I_b(A)$ cas d'un circuit fermé.

I.6.3.2.2. Cas d'un circuit ouvert

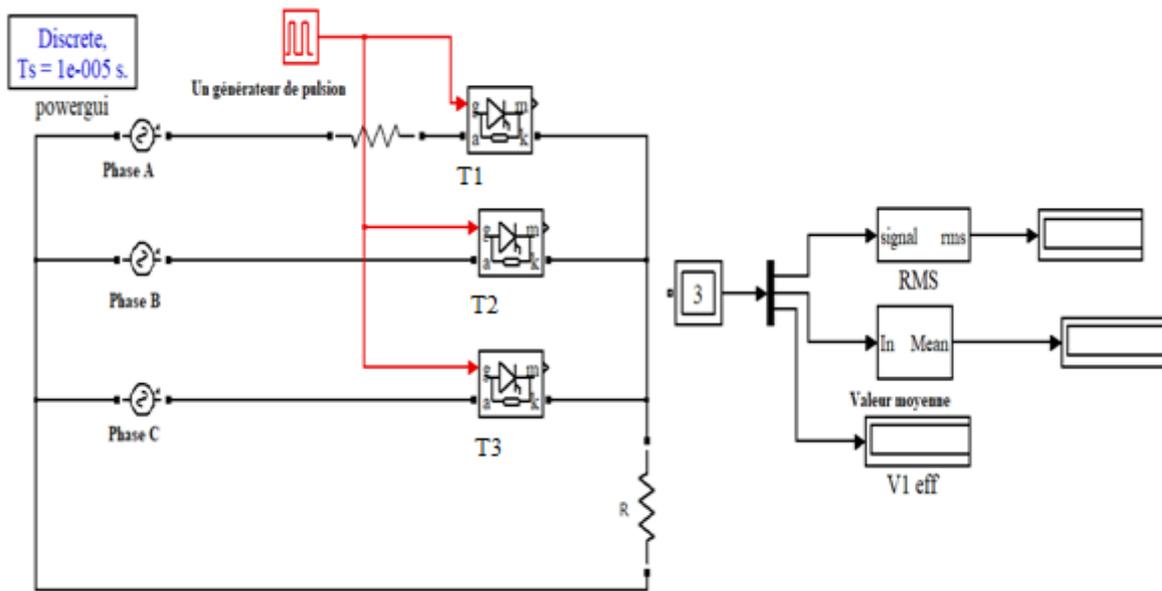


Figure. II.44. Schéma block d'un redresseur triphasé commandé simple alternance en cas d'un circuit ouvert.

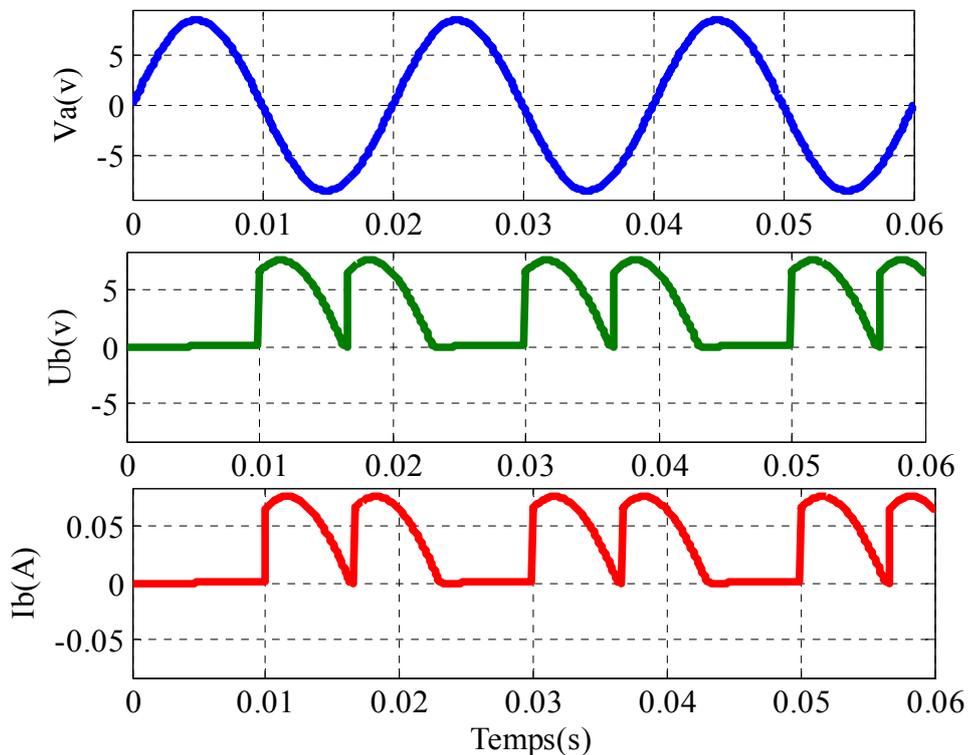


Figure. II.45. Forme d'onde de la tension d'entrée $V_a(v)$, la tension de sortie $V_s(v)$, le courant de charge $I_b(A)$ cas d'un circuit ouvert.

D'après les simulations on constate que dans le cas d'un circuit fermé on obtient la tension et courant de sorties sinusoïdales car le thyristor (T1) devient défectueux donc la tension aux

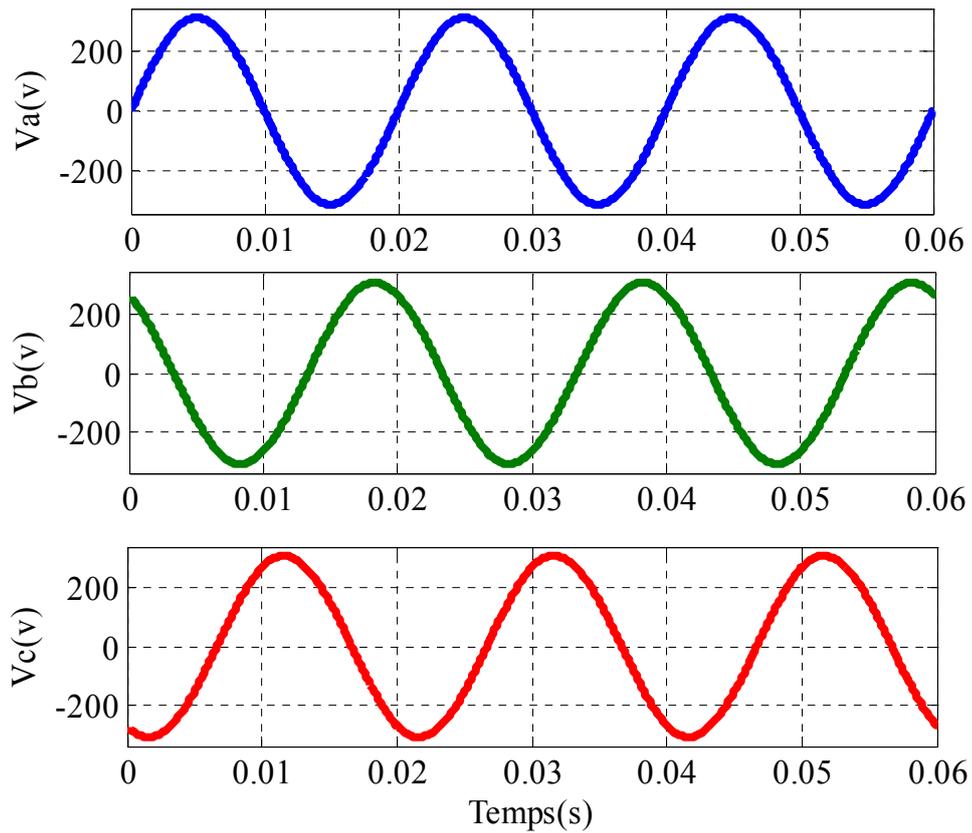
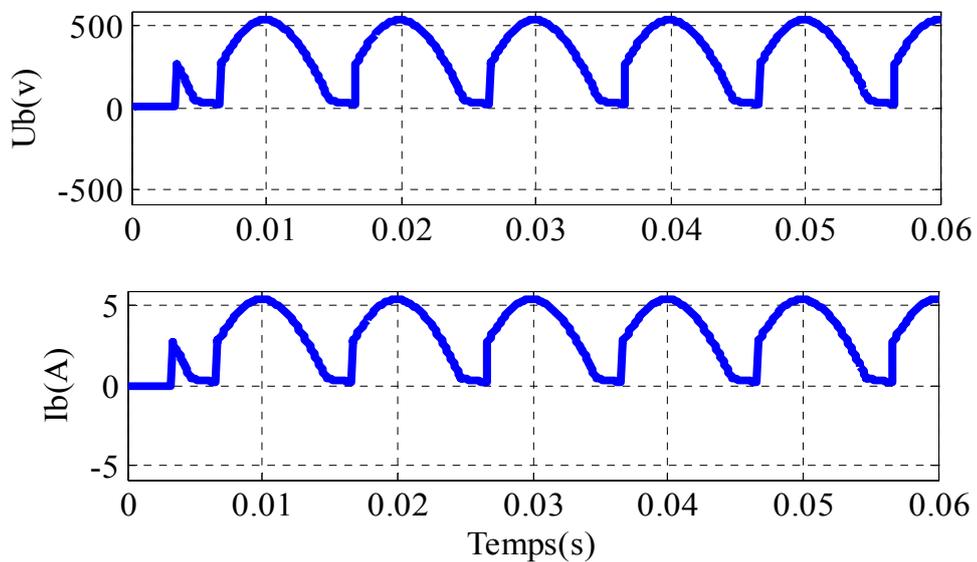


Figure II. 47. Forme d'onde des tensions d'entrés.

Figure II. 48. Forme d'onde de tension de sortie U_b (V), courant de charge I_b (A).

II.6. 4.2. En régime de défaut

II.6. 4.2.1.Cas d'un circuit fermé

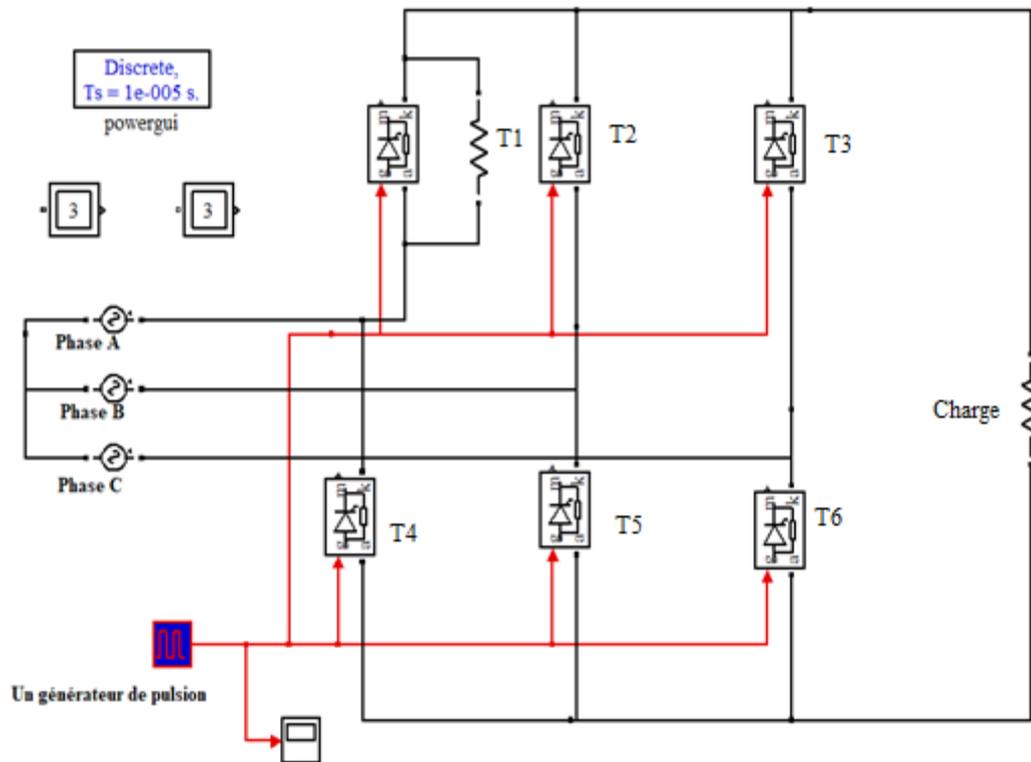


Figure II. 49. Schéma block d'un redresseur triphasé commandé double alternance en cas d'un circuit fermé.

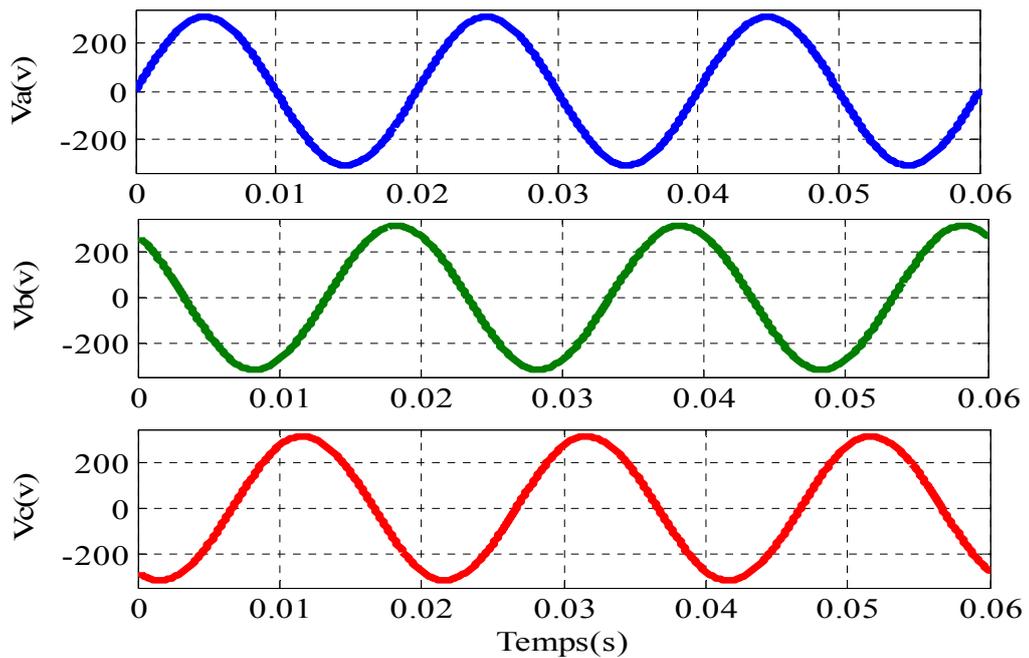


Figure II. 50. Forme d'onde des tensions d'entrés.

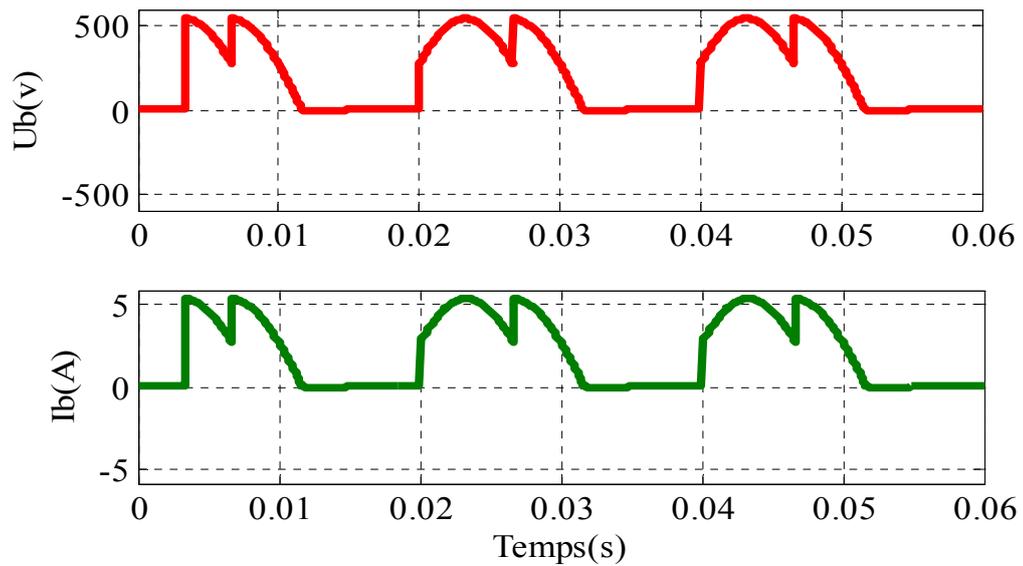


Figure II. 51. Forme d'onde de la tension de sortie $U_b(v)$, le courant de charge $I_b(A)$.

II.6. 4.2.2. Cas d'un circuit ouvert (deux interrupteurs de deux bras)

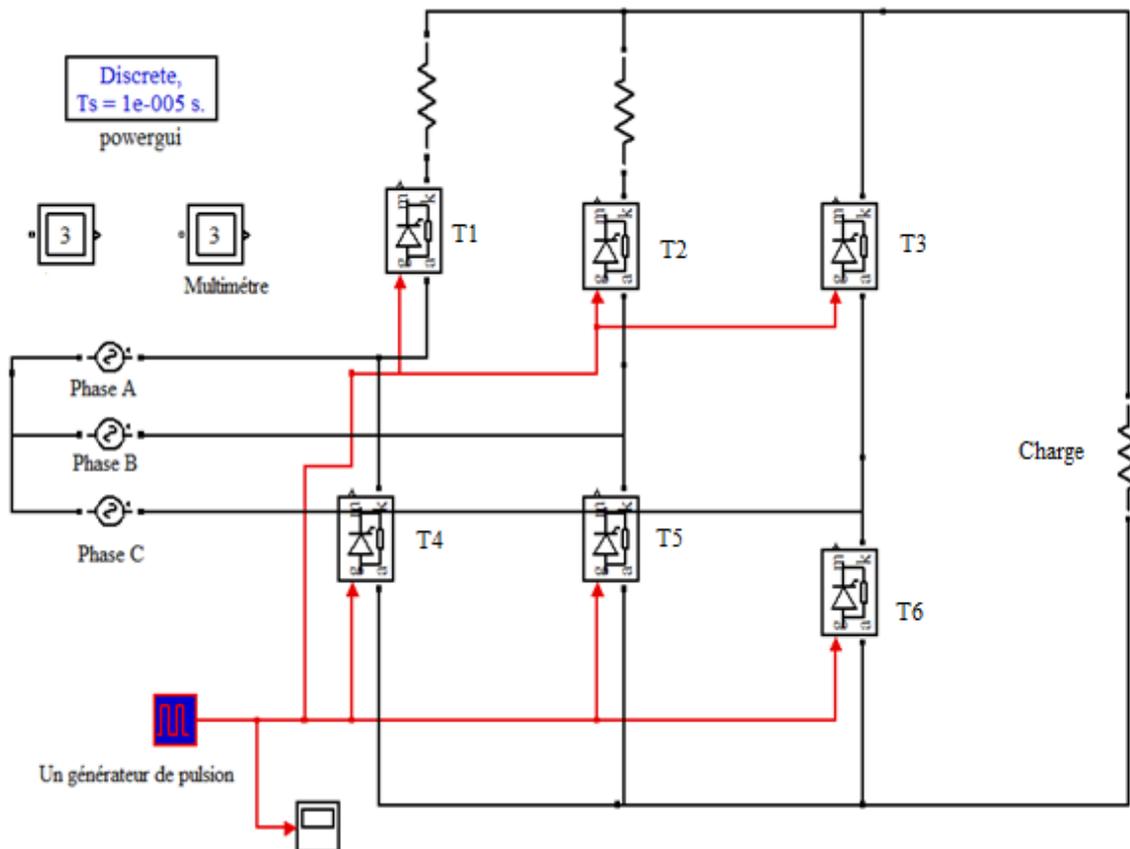


Figure II. 52. Schéma block d'un redresseur triphasé commandé double alternance en cas d'un circuit ouvert.

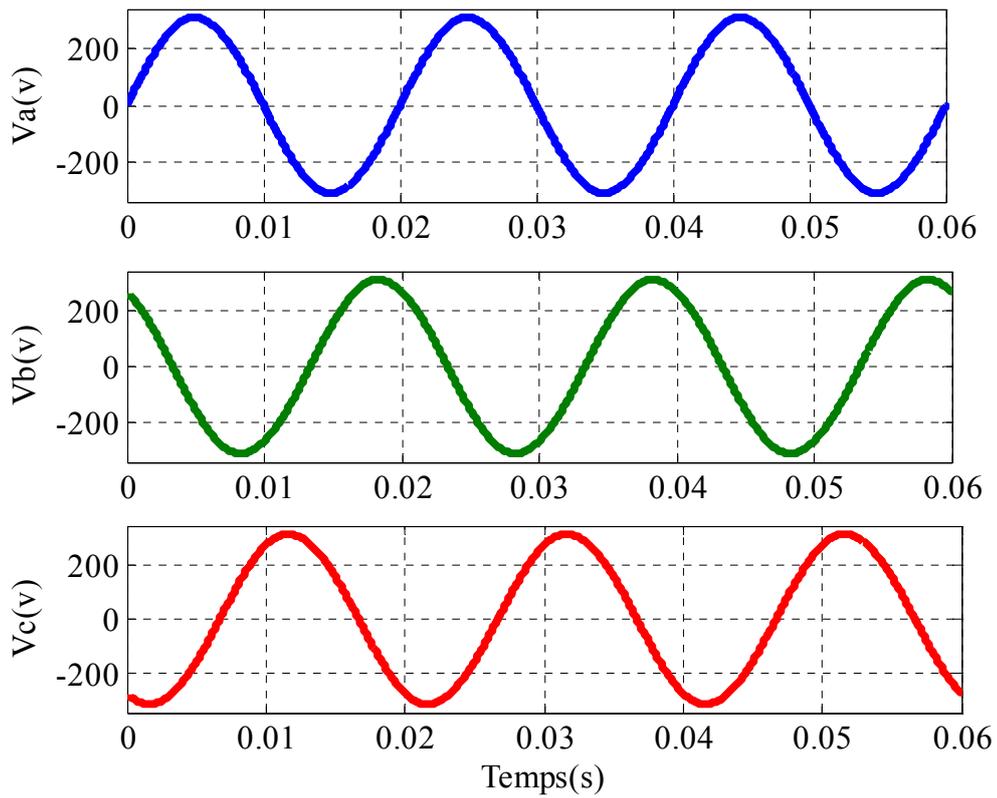


Figure II. 53. Forme d'onde des tensions d'entrées en cas de défaut dans deux bras.

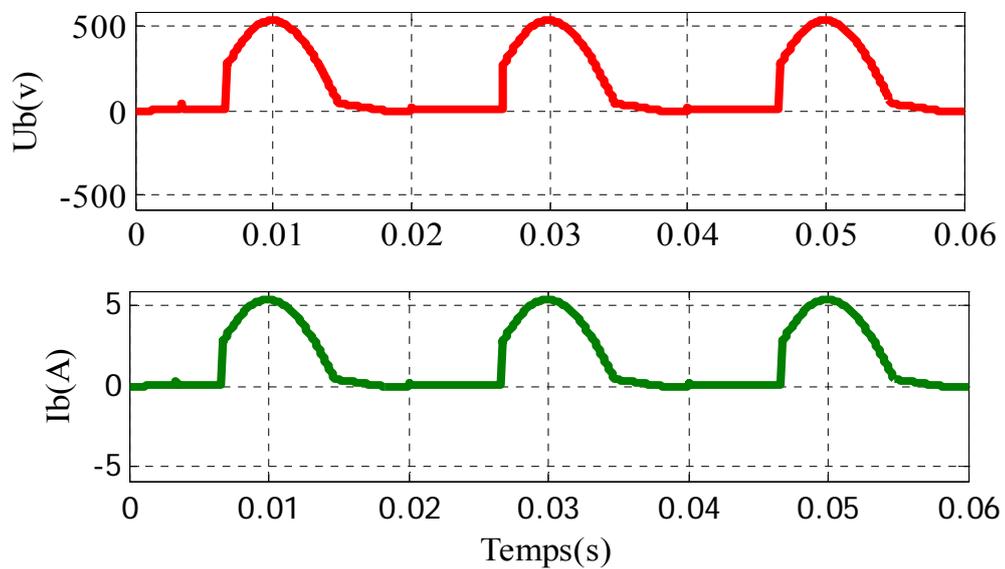


Figure II. 54. Forme d'onde de la tension de sortie $U_b(v)$, le courant de charge $I_b(A)$ en cas de défaut dans deux bras.

D'après les courbes des figures on remarque que

Dans le cas d'un défaut de circuit fermé on remarque l'annulation d'ondulation pendant l'intervalle de conduction de T1.

Dans le cas d'un défaut d'ouverture de deux Thyristors on remarque l'annulation de courant et de la tension des phases bloquées.

II.7.Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié les défauts dans le redresseur triphasé non commandé simple alternance et double alternance et un redresseur commandé simple alternance et double alternance en mode de fonctionnement normal et en mode de défaillance (cas de circuit fermé et circuit ouvert), on a présenté les défaillances les plus fréquents que le redresseur peut subir.

Chapitre III

III.1.Introduction

Les onduleurs de tension constituent une fonction incontournable de l'électronique de puissance. Ils sont présents dans des domaines d'application les plus variés, dont le plus connu est sans doute celui de la variation de vitesse des machines à courant alternatif. La forte évolution de cette fonction s'est appuyée, d'une part, sur le développement de composants à Semi-conducteurs entièrement commandables, puissants, robustes et rapides, et d'autre part, sur l'utilisation quasi-généralisée des techniques dites de modulation de largeurs d'impulsions. Dans les applications de fortes puissances, la structure des onduleurs à trois niveaux est plus adaptée, par rapport à la structure classique, la tension aux bornes de chaque interrupteur est divisée par deux et la fréquence de hachage est plus basse.

Dans ce chapitre, nous présentons, dans la première partie, les types ainsi que la technique de commande MLI.

Ensuite, dans la deuxième partie, nous présenterons les modèles de l'onduleur de tension monophasé et triphasé.

III.2.Types d'onduleur

III.2.1.onduleur monophasé

Pour réaliser un onduleur monophasé il suffit de disposer d'un interrupteur inverseur

K et d'une source de tension continue E comme le montre la figure (III.1) :

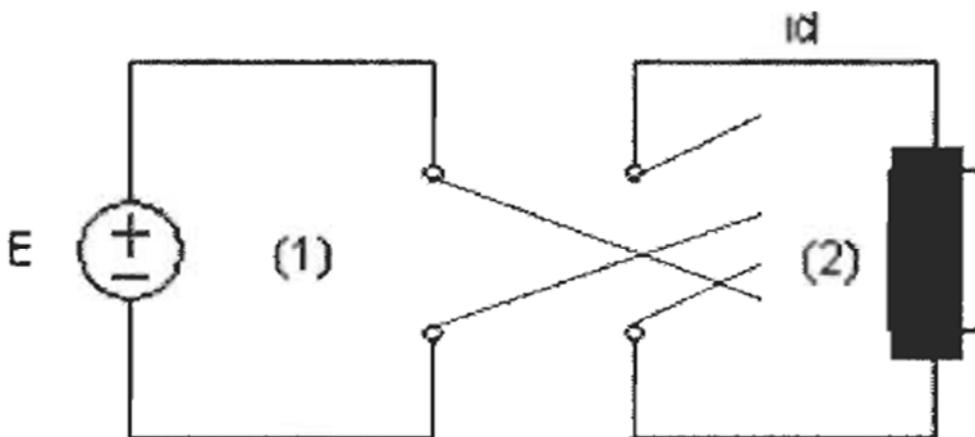


Figure III.1.Montage d'un onduleur monophasé.

III.2.1.1. Montage en demi- pont

Dans ce type de montage figure (III.2), on fait l'hypothèse que la capacité « C » des deux condensateurs est suffisamment grande pour que l'on puisse considérer qu'en régime

Permanent la tension à leurs bornes reste toujours égale à $E/2$ [1].

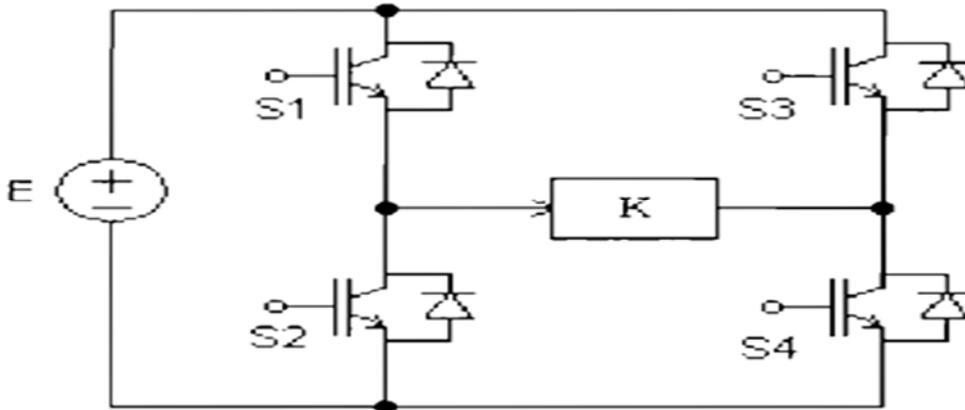


Figure III.2. Montage d'un onduleur en demi-pont.

III.2.1.2. Montage en pont

Il est constitué de deux cellules de commutation et la charge est connectée entre les Sorties S_1 , et S_2 de chacune des deux cellules figure (III.3), la tension de sortie est donc la différence entre les tensions élémentaires V_{S1} et V_{S2} de chaque cellule [2].

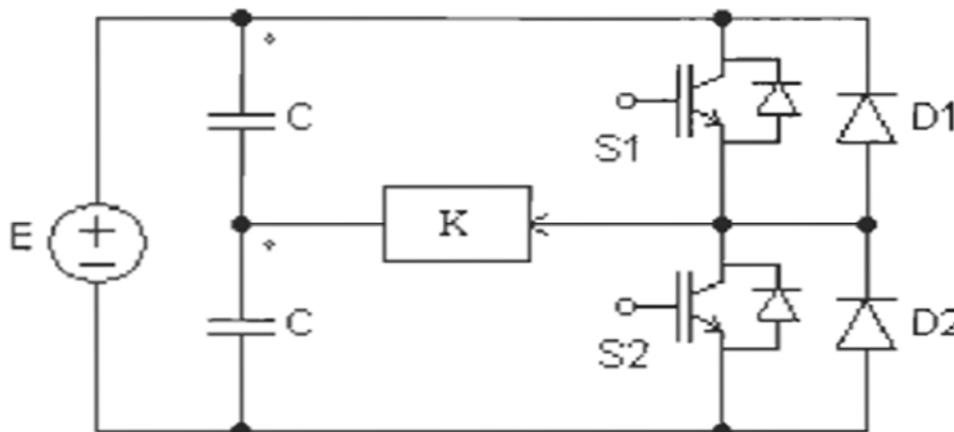


Figure III.3. Montage d'un onduleur en pont complet.

III.2.2. Onduleur triphasé

On peut réaliser un onduleur triphasé en regroupant, en parallèle, trois onduleurs monophasés (en pont ou en demi-pont) et commander les interrupteurs de chacun pour obtenir à la sortie trois phases décalées de 120° , en fait, en regroupant trois demi ponts monophasés, on obtient un onduleur en pont triphasé à six interrupteurs représenté par la figure (III.9) dont les interrupteurs du même bras de l'onduleur doivent être complémentaires pour que la tension continue U ne soit jamais en court circuit et pour que les circuits des courants I_a et I_b et I_c ne soient jamais ouverts, afin que les interrupteurs puissent imposer les tensions de sortie, quel que soient les courants de charge, il faut que ces derniers soient bidirectionnels en courant, chacun d'eux est formé d'un semi-conducteur à ouverture et à fermeture commandées et d'une diode montée en antiparallèle.

Ces interrupteurs peuvent être réalisés, suivant la puissance à contrôler, avec des transistors MOS ou bipolaires, des IGBTs ou des GTOS associés à une diode en antiparallèle pour obtenir la réversibilité en courant [3] [4] [5].

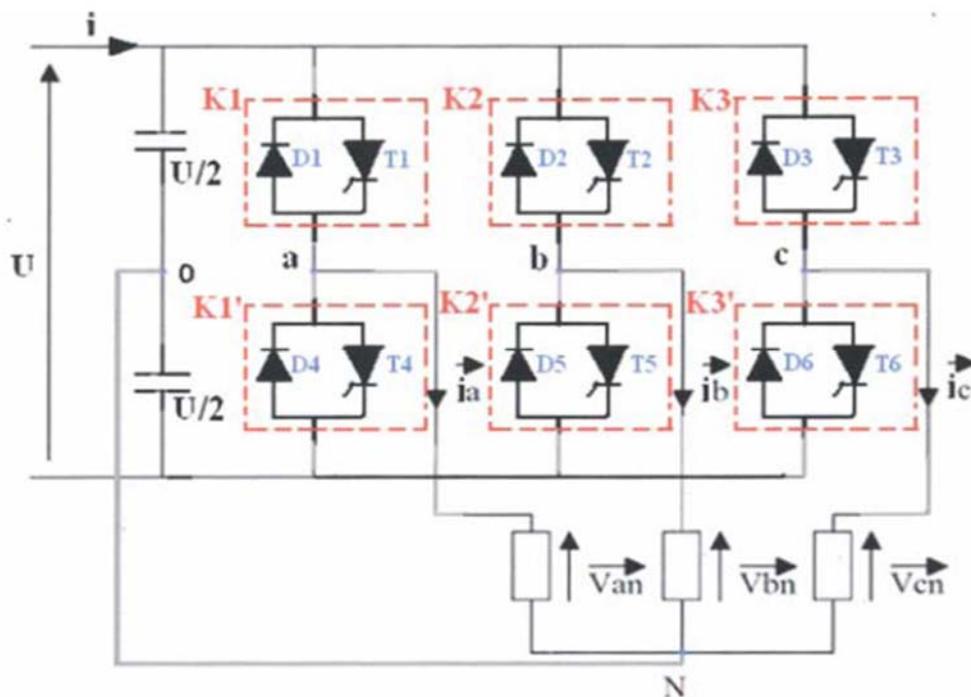


Figure III.4. Circuit de puissance d'un onduleur triphasé.

III.2.2.1. Le fonctionnement conventionnel

On peut commander l'onduleur de manière que :

- Chaque interrupteur conduit durant 120° .
- Chaque interrupteur conduit durant 180° .

On va se limiter à l'étude seulement de cette dernière, c'est-à-dire la commande en pleine onde (180°), dont, les intervalles de commande de fermeture de chaque interrupteur sont définis comme suit:

- K_1 est fermé pour : $0 < \omega t < \pi$
- K_2 est fermé pour : $2\pi/3 < \omega t < 2\pi/3 + \pi$
- K_3 est fermé pour : $4\pi/3 < \omega t < \pi/3 + \pi$
- K_1' est fermé pour : $\pi < \omega t < 2\pi$
- K_2' est fermé pour : $2\pi/3 + \pi < \omega t < 2\pi/3 + 2\pi$
- K_3' est fermé pour : $4\pi/3 + \pi < \omega t < \pi/3 + 2\pi$

Si les courants I_a , I_b et I_c sont sinusoïdaux et forment un système triphasé équilibré alors :

$$I_a = I\sqrt{2} \sin(\omega t - \varphi) \quad (\text{III.1})$$

$$I_b = I\sqrt{2} \sin\left(\omega t - \varphi - \frac{2\pi}{3}\right) \quad (\text{III.2})$$

$$I_c = I\sqrt{2} \sin\left(\omega t - \varphi - \frac{4\pi}{3}\right) \quad (\text{III.3})$$

Avec cette commande, quelque soit les courants circulants, les interrupteurs imposent les tensions suivantes :

Tension entre a , b , c et 0 (neutre) :

$$V_{a0} = V_a - V_0 = \begin{cases} +\frac{U}{2} & \text{Si } K_1 \text{ est fermé} \\ -\frac{U}{2} & \text{Si } K_1' \text{ est fermé} \end{cases} \quad (\text{III.4})$$

$$V_{b0} = V_b - V_0 = \begin{cases} +\frac{U}{2} & \text{Si } K_2 \text{ est fermé} \\ -\frac{U}{2} & \text{Si } K_2' \text{ est fermé} \end{cases} \quad (\text{III.5})$$

$$V_{c0} = V_c - V_0 = \begin{cases} +\frac{U}{2} & \text{Si } K_3 \text{ est fermé} \\ -\frac{U}{2} & \text{Si } K_3' \text{ est fermé} \end{cases} \quad (\text{III.6})$$

III.2.2.2. Les tensions simples V_{an} , V_{bn} et V_{cn}

Si la charge est équilibrée et couplée en étoile:

La somme des courants de ligne est nulle, ce qui implique que la somme des tensions simples est égale à zéro, donc:

$$V_{an} + V_{bn} + V_{cn} = 0 \quad (\text{III.7})$$

A partir des relations précédentes, on tire:

$$\begin{aligned} V_{an} &= \frac{1}{3}[2(V_a - V_0) - (V_b - V_0) - (V_c - V_0)] \\ V_{bn} &= \frac{1}{3}[2(V_b - V_0) - (V_a - V_0) - (V_c - V_0)] \end{aligned} \quad (\text{III.8})$$

$$V_{cn} = \frac{1}{3}[2(V_c - V_0) - (V_a - V_0) - (V_b - V_0)]$$

$$V_n - V_0 = \frac{1}{3}[2(V_a - V_0) + (V_b - V_0) + (V_c - V_0)]$$

III.2.2.3. Les tensions composées V_{ab} , V_{bc} et V_{ca}

De ces tensions simples, on déduit les tensions composées entre les bornes de sortie de L'onduleur, tel que :

$$\begin{aligned} V_{ab} &= V_{an} - V_{bn} \\ V_{bc} &= V_{bn} - V_{cn} \\ V_{ca} &= V_{cn} - V_{an} \end{aligned} \quad (\text{III.9})$$

De ces équations on tire :

$$\begin{aligned} V_{an} &= \frac{1}{3}(V_{ab} - V_{ca}) = \frac{1}{3}(2V_{a0} - V_{b0} - V_{c0}) \\ V_{bn} &= \frac{1}{3}(V_{bc} - V_{ab}) = \frac{1}{3}(2V_{b0} - V_{a0} - V_{c0}) \\ V_{cn} &= \frac{1}{3}(V_{ca} - V_{bc}) = \frac{1}{3}(2V_{c0} - V_{a0} - V_{b0}) \end{aligned} \quad (\text{III.10})$$

Les courants dans les interrupteurs se déduisent des courants de sortie i_a , i_b et i_c tel que :

$$i_{k1} = i_a \quad i_{k1'} = 0 \quad \text{Quand } K_1 \text{ est fermé}$$

$$i_{k1} = 0 \quad i_{k1'} = -i_a \quad \text{Quand } K_{1'} \text{ est fermé}$$

$$\begin{aligned} i_{k2} &= i_b & i_{k2} &= 0 & \text{Quand } K_2 \text{ est fermé} \\ i_{k2} &= 0 & i_{k2'} &= -i_b & \text{Quand } K_{2'} \text{ est fermé} \\ i_{k3} &= i_c & i_{k3} &= 0 & \text{Quand } K_3 \text{ est fermé} \\ i_{k3} &= 0 & i_{k3'} &= -i_c & \text{Quand } K_{3'} \text{ est fermé} \end{aligned} \tag{III.11}$$

Et le courant fourni par la source i est donnée par :

$$i = i_{k1} + i_{k2} + i_{k2'} \tag{III.12}$$

III.3.La commande MLI

III.3.1.Généralités sur les commandes MLI

Le choix d'une technique dépend du type de machine à commander, de la gamme de puissance, des semi-conducteurs utilisés pour l'onduleur et de la simplicité d'implantation de l'algorithme. Ce sont finalement des critères de coût et de performance qui vont déterminer ce choix.

Les critères de performances permettent d'évaluer et de comparer les qualités des différentes techniques de MLI [7] [8].

III.3.2.Objectif de la Technique MLI

Les objectifs principaux d'une **MLI** sont les suivants:

- Obtenir dans la charge électrique des courants dans la variation est proche de la sinusoïdale par le contrôle de l'évolution des rapports cycliques et grâce à une fréquence élevée des commutations des interrupteurs par rapport à la fréquence des tensions de sortie.
- Imposer à l'entrée de l'onduleur un courant de type continu avec des composantes alternatives d'amplitudes réduites et de fréquences élevées.
- Permettre un contrôle fin de l'amplitude du fondamentale des tensions de sortie
Généralement sur la plus grande plage possible et pour une fréquence de sorties larges Variable.

III.3.3.Principe de base de MLI

Le principe de base de la modulation de largeur d'impulsion est sur le découpage d'une Pleine onde rectangulaire. Ainsi la tension de sortie de l'onduleur est formée par une succession de créneaux d'amplitude égale à la tension d'alimentation (continue) et de largeur variable.

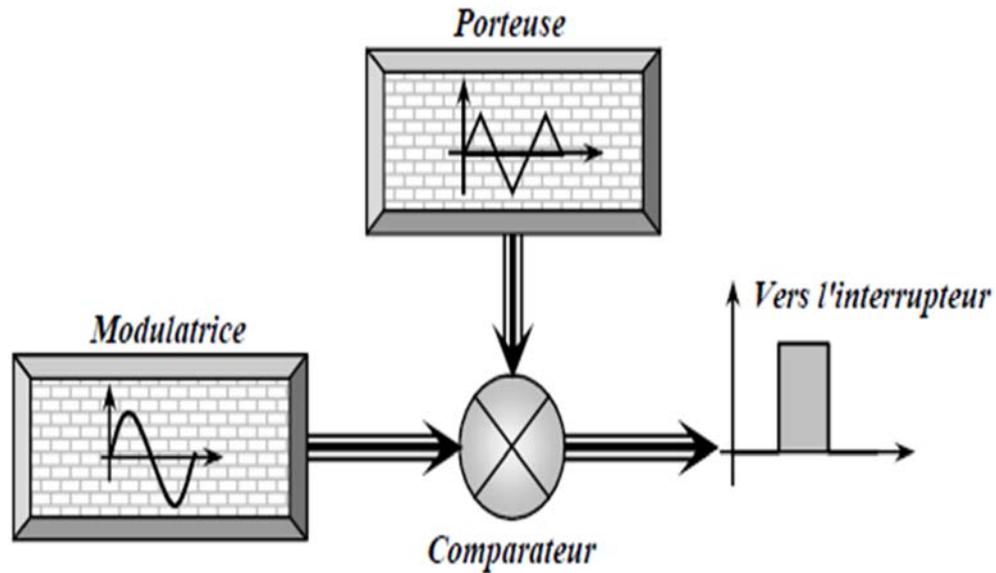


Figure III.5.Schéma synoptique de la MLI.

III.3.4.Caractéristiques de la modulation

La technique de la MLI se caractérise par deux grandeurs :

- **Le coefficient de réglage :**

Le coefficient est défini comme étant le rapport de l'amplitude de l'onde modulante à celle de l'onde porteuse. Il permet de déterminer l'amplitude du fondamental de l'onde de modulation de largeur d'impulsion :

$$M_r = \frac{V_m}{V_p} \quad (III.13)$$

- **L'indice de modulation :**

Il est défini comme étant le rapport de la fréquence de l'onde Porteuse à celle de l'onde Modulante :

$$M_i = \frac{f_p}{f_m} \quad (III.14)$$

III.3.5.Types de commande MLI

- Modulation sinusoïdale.
- Modulation vectorielle.

Dans notre étude, on s'intéresse à la modélisation d'un onduleur par la modulation sinusoïdale.

III.3.5.1. Modulation sinusoidale (MLIS)

Cette stratégie est héritée des techniques analogiques. Elle consiste à calculer la largeur d'une impulsion de manière à obtenir la tension de référence en moyenne sur une période de Commutation. Elle repose sur la génération des signaux de commande en comparant deux ondes ; la première triangulaire d'amplitude fixe et de fréquence très élevée ; appelée porteuse ou onde de modulation. La deuxième sinusoidale d'amplitude variable et de fréquence f qui détermine la fréquence de la tension de sortie ; appelée référence. Les instants de commutation sont déterminés par l'intersection de ces deux signaux. Le réglage en amplitude et en fréquence de la tension de sortie de l'onduleur est défini par le coefficient de réglage en tension (représentant le rapport de l'amplitude de la tension de référence à la valeur crête de la porteuse), et l'indice de modulation (donnant le rapport des fréquences de la porteuse et de la référence) [4] [9].

Cette MLI sert à remédier ces problèmes et elle à comme avantages :

- Variation de la fréquence de la tension de sortie.
- Elle repousse les harmoniques vers des fréquences plus élevées.

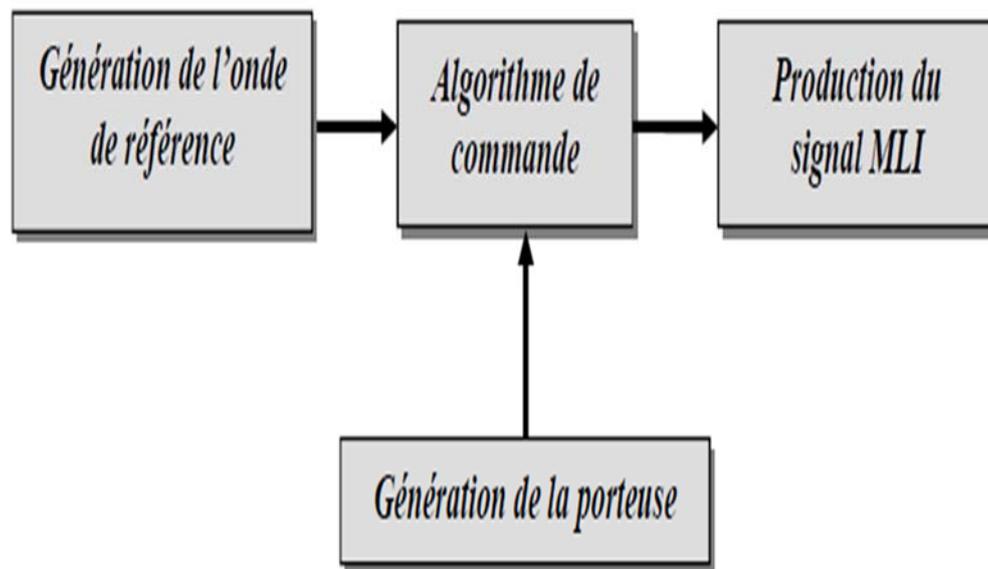


Figure III.6.Principe de la commande sinusoidale.

Le principe de cette stratégie peut être résumé par l'algorithme suivant :

$$\begin{cases} U_r \geq U_p & S(t) \\ \text{Si non} & S(t) = 0 \end{cases} \quad (\text{III.15})$$

Avec :

U_r : tension référence, U_p : tension porteuse et $S(t)$: le signal MLI résultant.

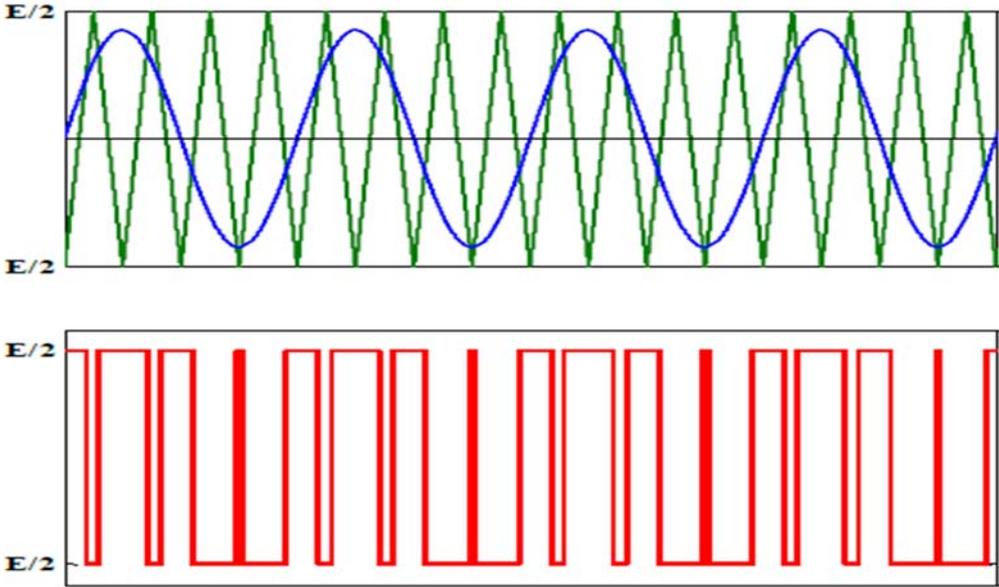


Figure III.7.Résultats de la porteuse avec la référence (modulante).

III.4.Simulation d'un onduleur a MLI

III.4.1.Onduleur monophasé

III.4.1.1.Le Schéma bloc d'un onduleur monophasé

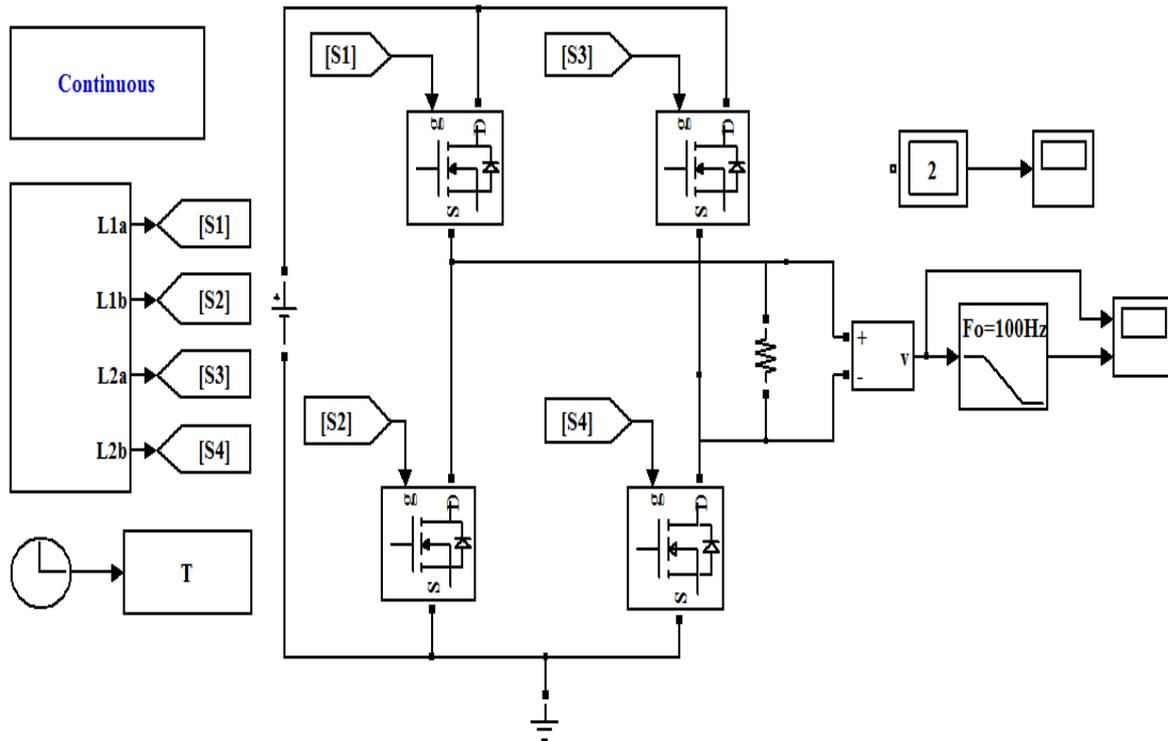


Figure III.8. Le schéma boc d'un onduleur monophasée.

III.4.1.2.Le schéma bloc de la commande MLI d'onduleur monophasée

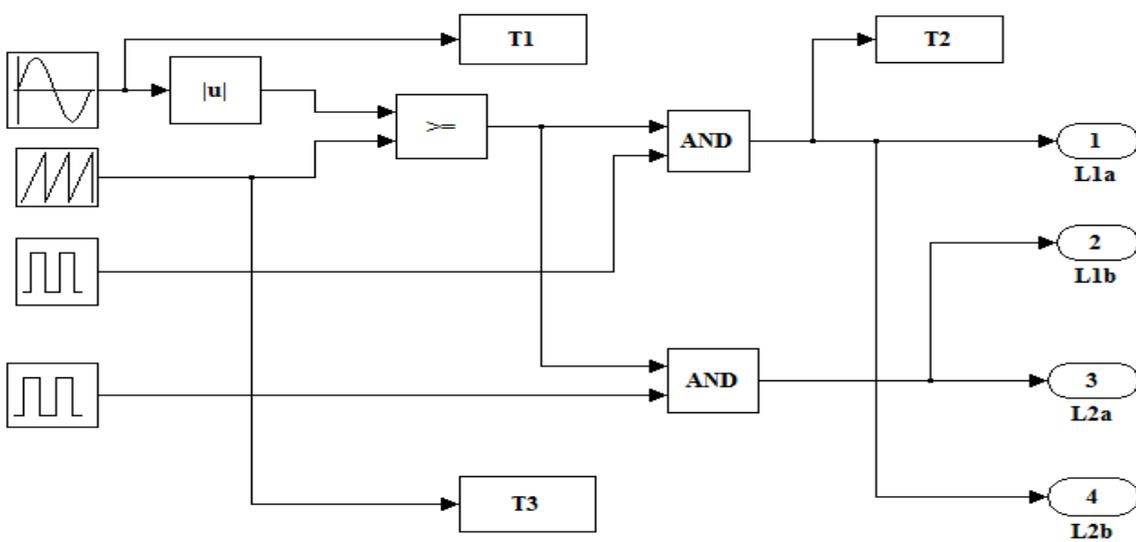


Figure III.9. Le schéma bloc de la commande MLI.

III.4.1.3. Les résultats de simulation

III.4.1.3.1. En régime sain

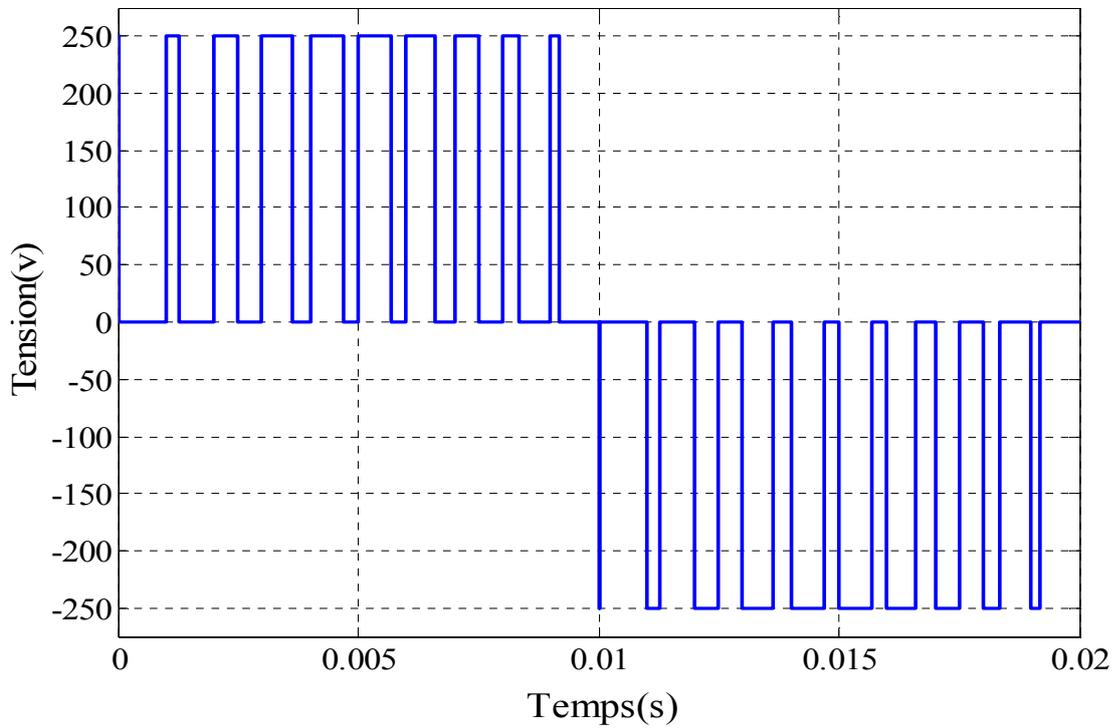


Figure III.10. La tension de sortie d'un onduleur.

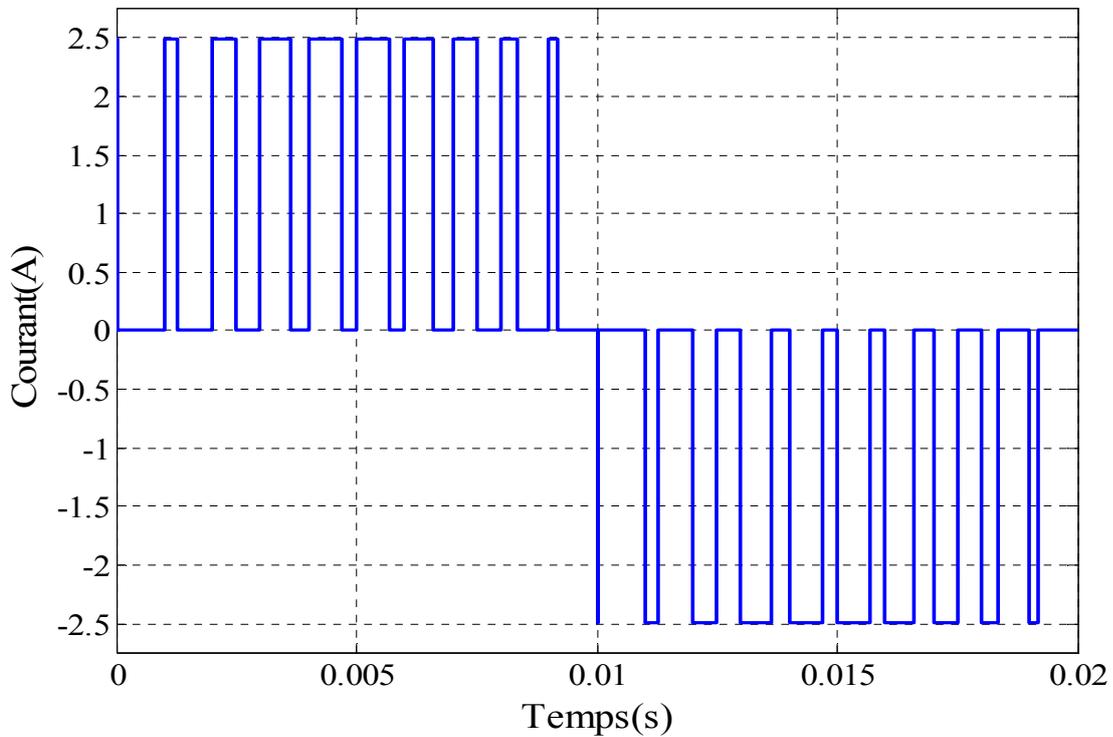


Figure III.11. Le courant de ligne d'onduleur.

III.4.1.3.2. En régime de défauts

Dans le cas de défaut de type circuit fermé on relie une résistance de faible valeur en parallèle avec l'interrupteur.

Dans le cas de défaut de type circuit ouvert on relie une résistance d'une valeur infinie en série avec l'interrupteur.

Les défauts appliqués sont les mêmes que ce soit dans l'onduleur monophasé ou l'onduleur triphasé.

- **Circuit fermé**

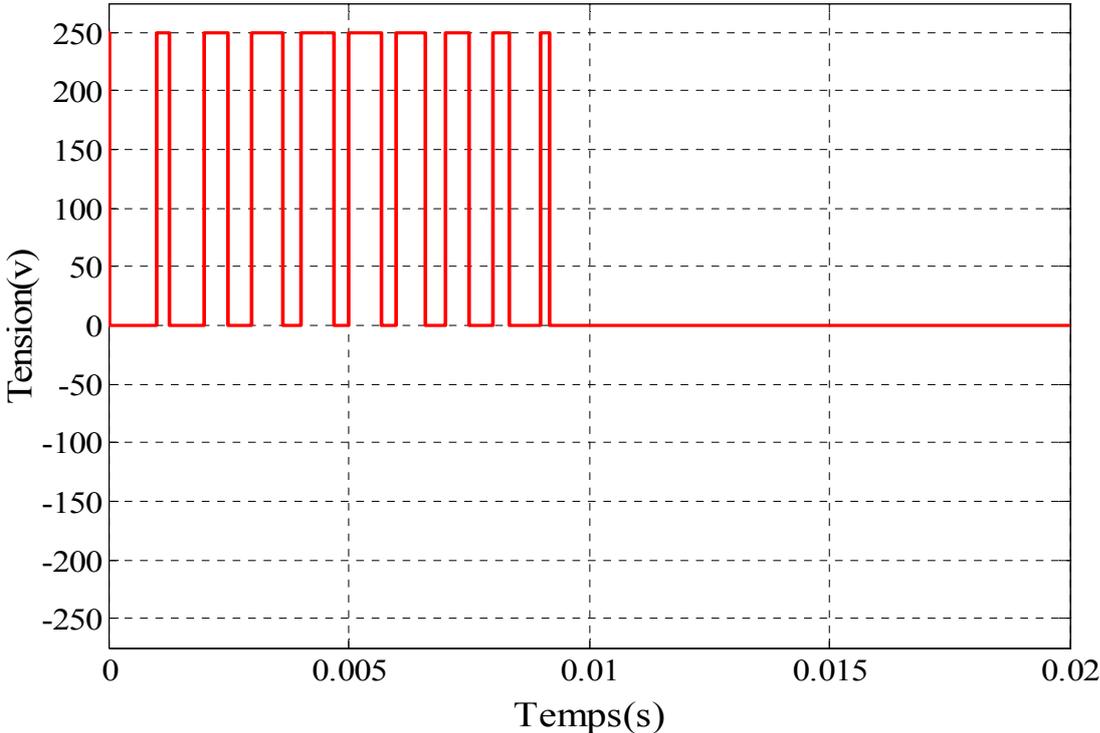


Figure III.12. La tension de sortie d'un onduleur.

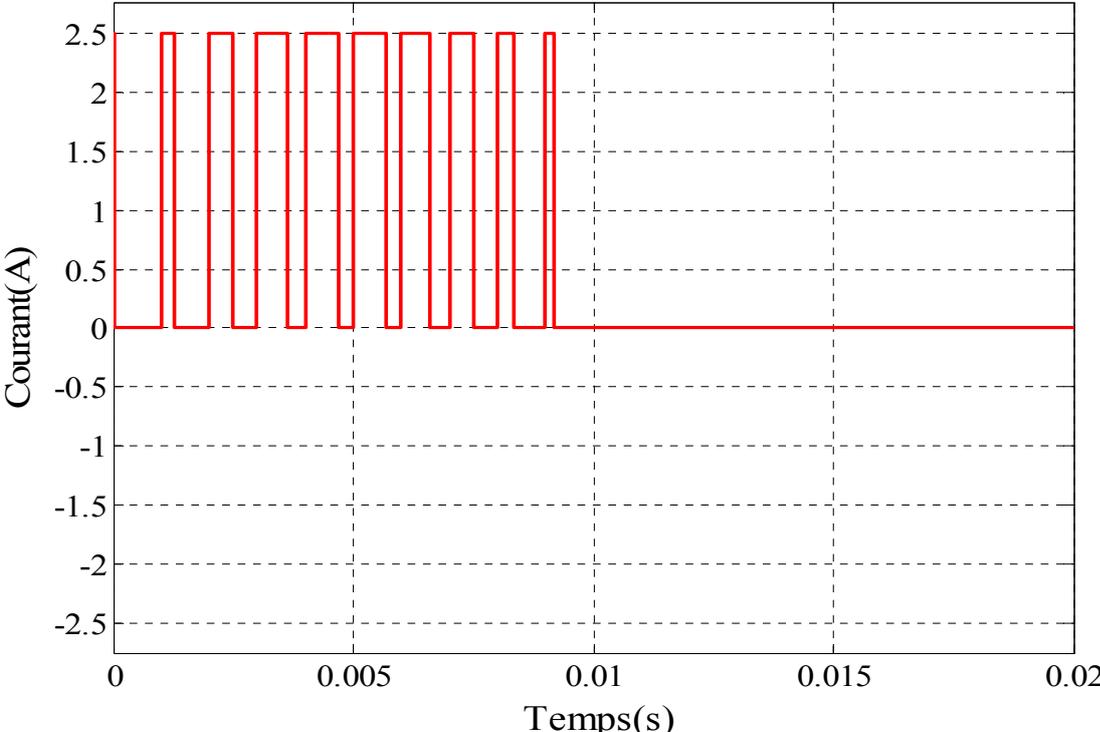


Figure III.13. Le courant de ligne d'un onduleur.

- **Circuit ouvert**

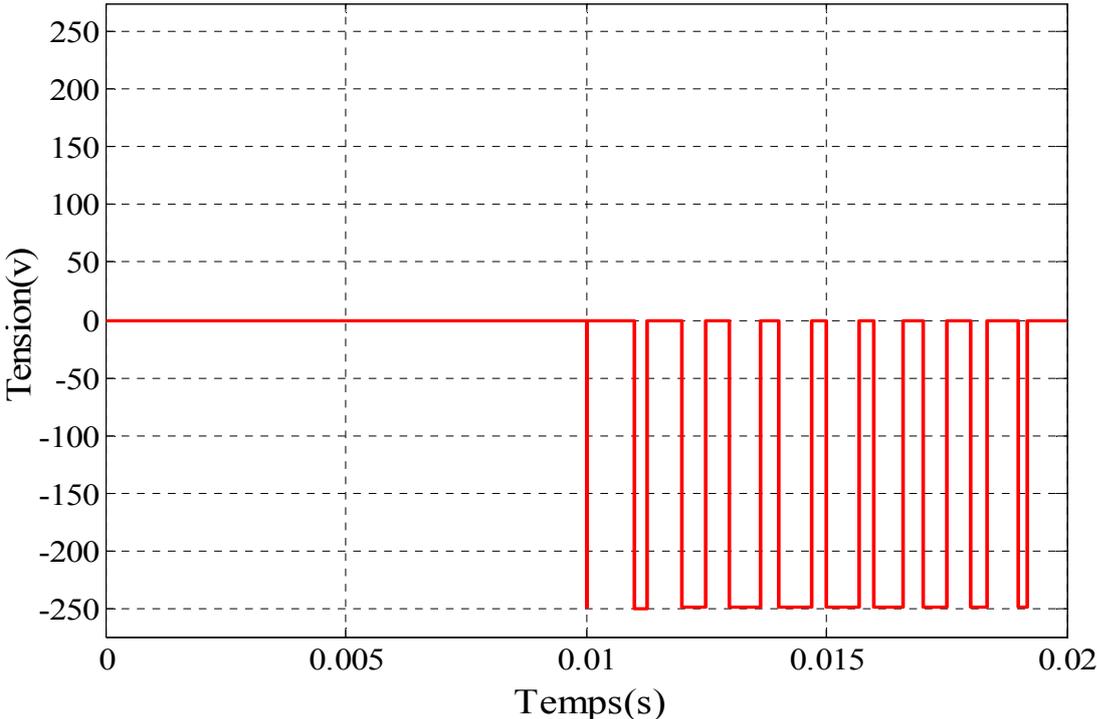


Figure III.14.La tension de sortie d'un onduleur.

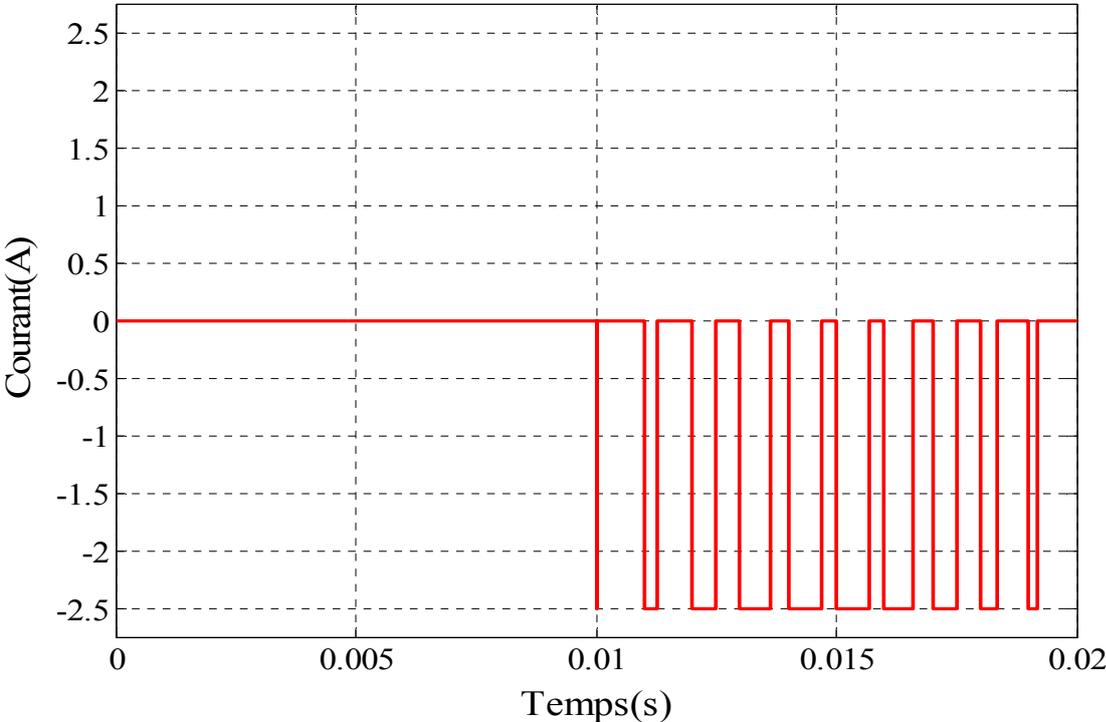


Figure III.15.Le courant de ligne d'un onduleur.

III.4.1.4. Interprétation des résultats

- **En régime sain** on remarque une apparence d'un signal composé de 2 parties la 1^{er} constitue des alternances positives et la 2^{eme} constitue des alternances négatives. Telle que l'amplitude de tension varier entre [-250 250] et le courant suit la forme de tension d'une amplitude variante entre [-2.5 2.5] de forme sinusoïdale.
- **En régime de défauts** Ce type de défaut consiste à éliminer l'alternance positive ou négative de tension de phase de bras ou on a appliqué le défaut (élimine les alternances négatives dans le circuit fermé et élimine les alternances positives dans le circuit ouvert) que provoque des perturbations dans le système (changement de fonctionnement). Ainsi que l'onde de courants et de tension est déformées, ce qui introduit des pertes électriques à cause des harmoniques qu'il contient.

III.4.2.Onduleur triphasé

III.4.2.1.Schéma bloc de l'onduleur de tension triphasé

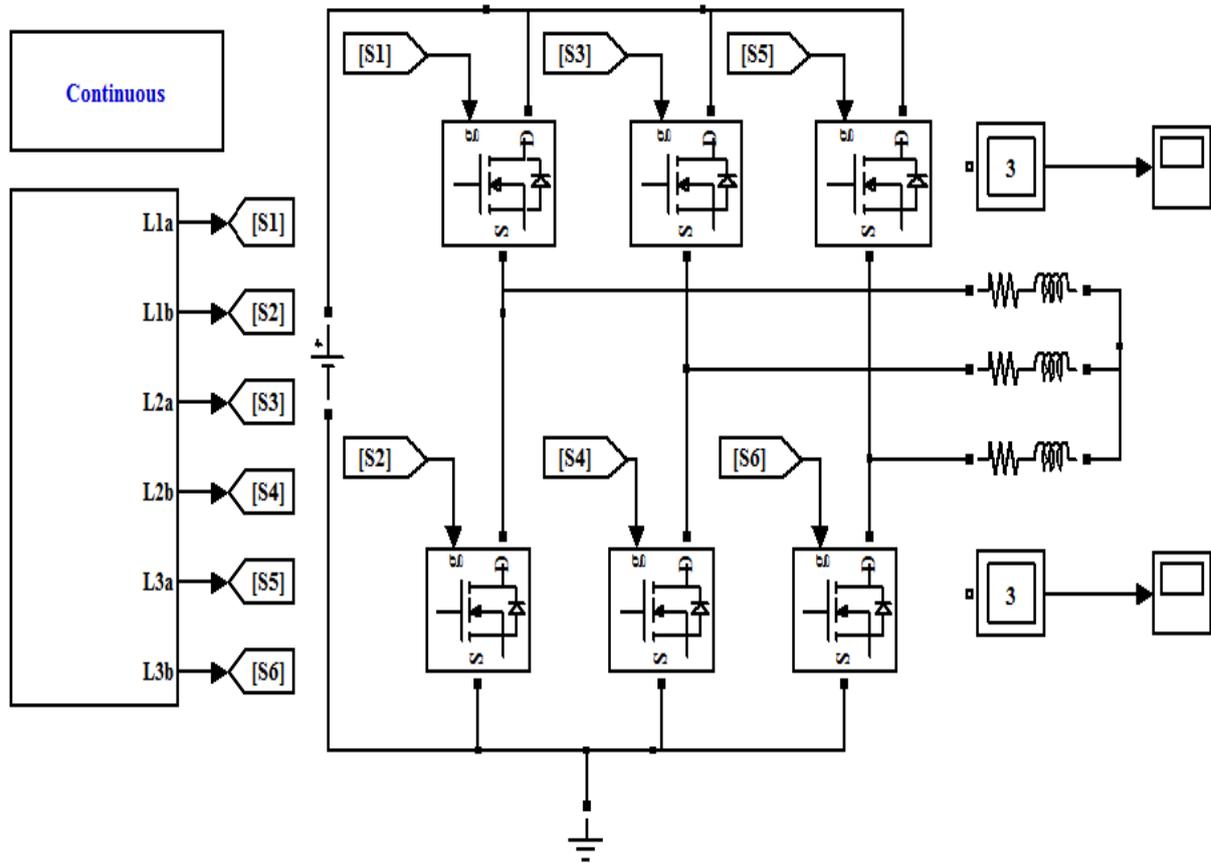


Figure III.16.Schéma bloc d'un onduleur de tension triphasé.

III.4.2.2. Schéma bloc de la commande MLI sinus-triangle

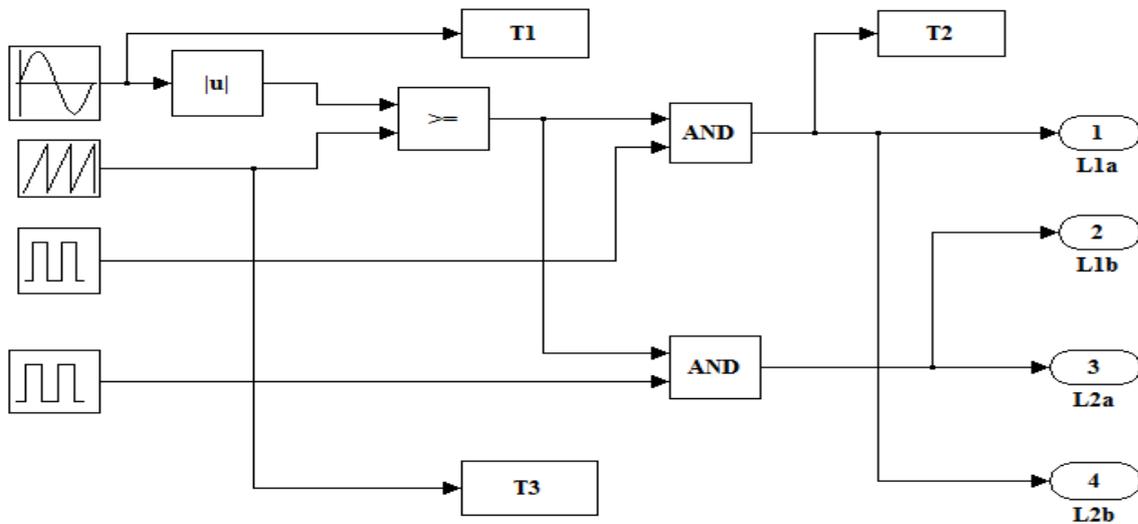


Figure III.17.Schéma bloc de la commande MLI sinus triangle.

III.4.2.3. Les résultats de simulation

III.4.2.3.1. En régime sain

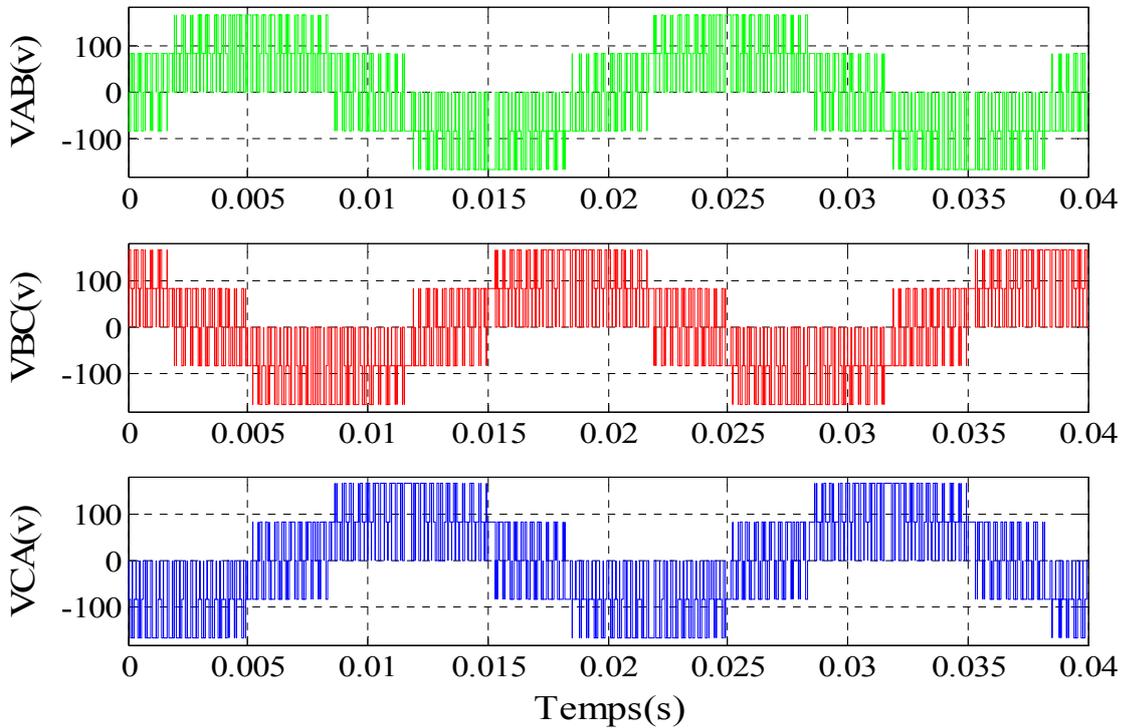


Figure III.18. Les tensions de sortie de lignes d'un onduleur.

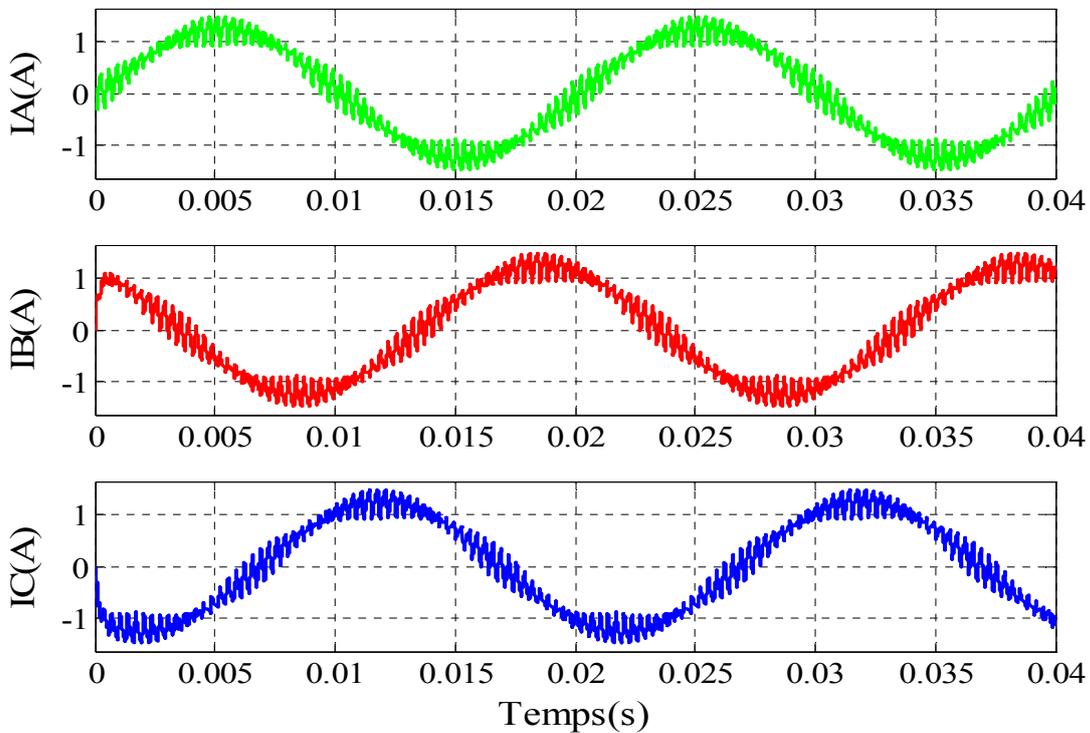


Figure III.19. Les courants de lignes d'un onduleur.

III.4.2.3.2. En régime de défaut

- Circuit fermé

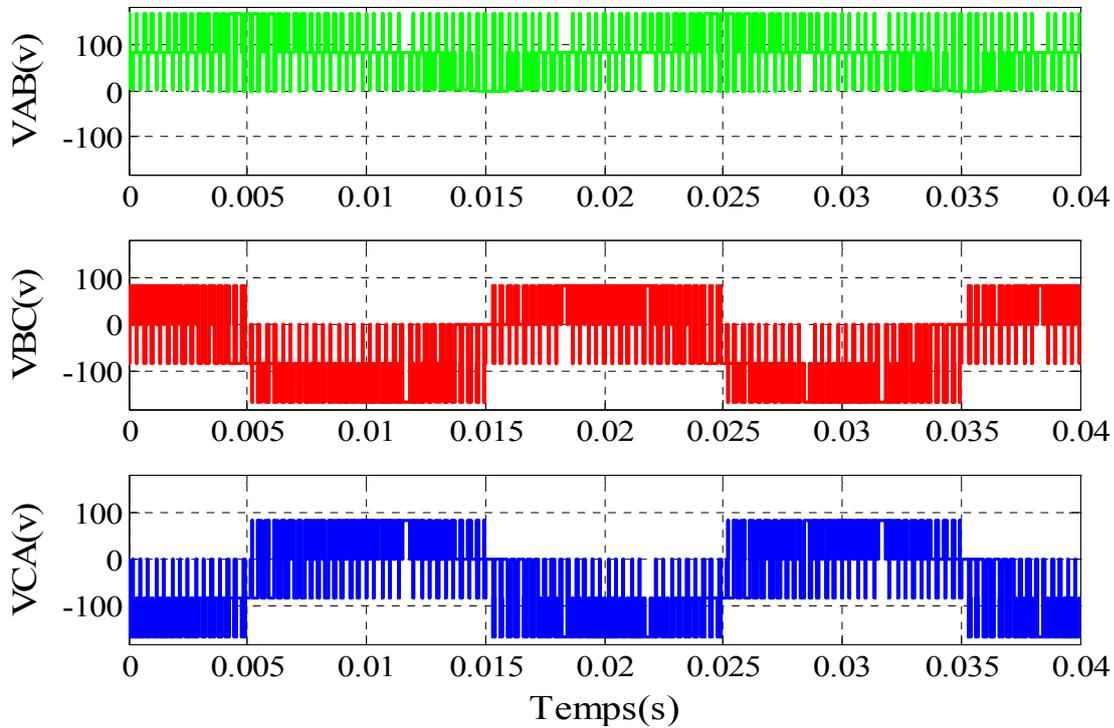


Figure III.20. Les tensions de sortie de lignes d'un onduleur.

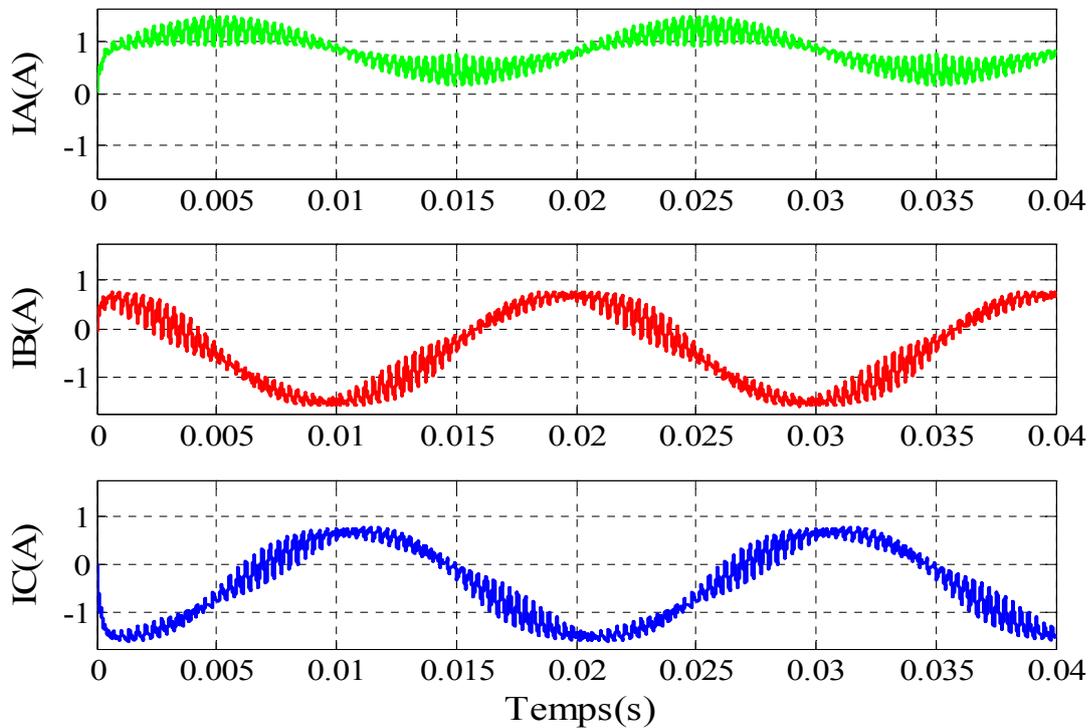


Figure III.21. Les courants de lignes d'un onduleur.

- **Circuit ouvert**

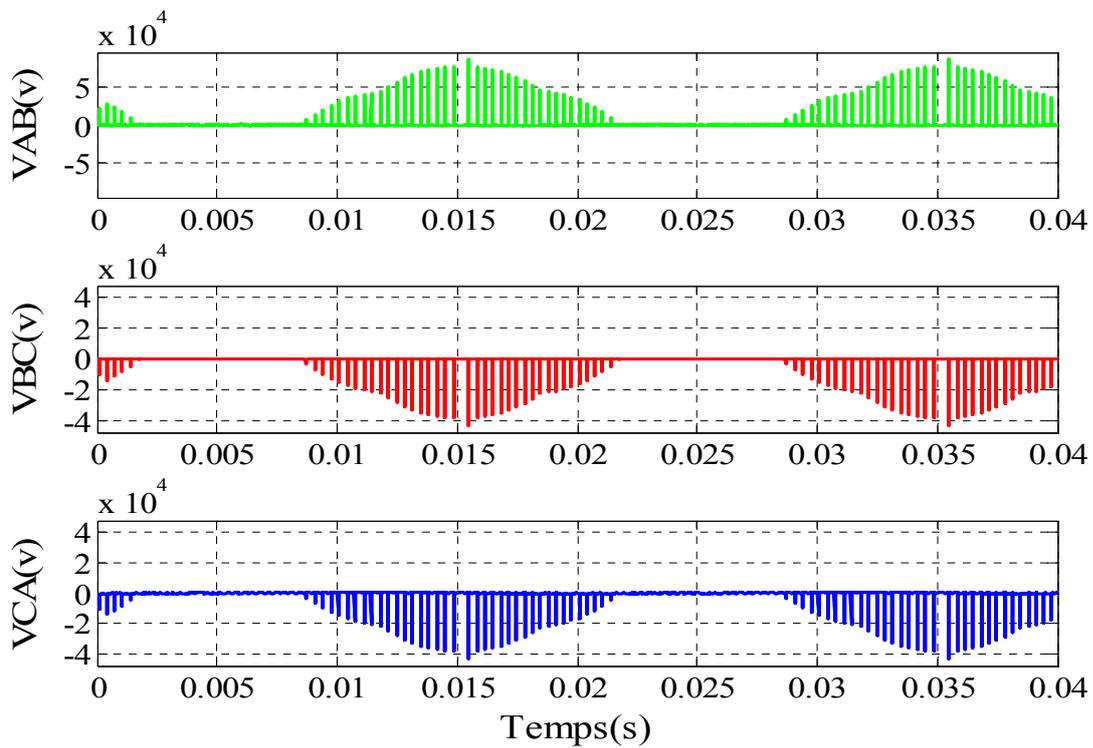


Figure III.22. Les tensions de sortie de lignes d'un onduleur.

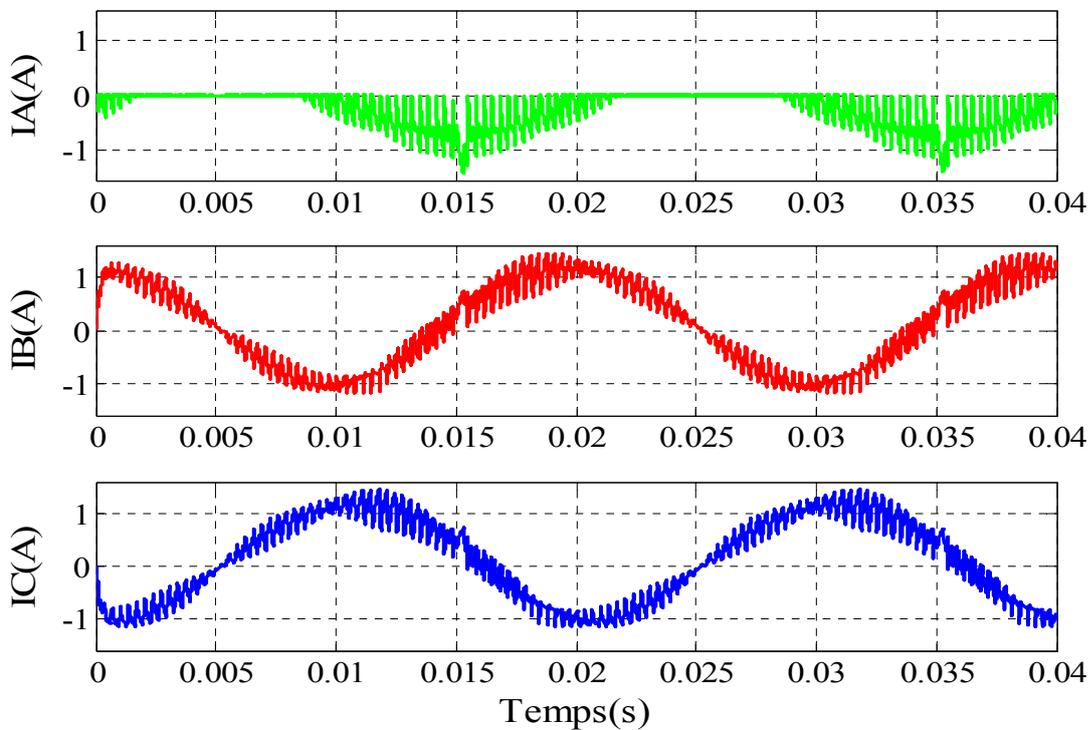


Figure III.23. Les courants de lignes d'un onduleur.

III.4.2.4. Interprétation des résultats

- **En régime sain** on remarque une apparence de 3 signaux de tension de forme escalier chaque phase a un signal ayant une amplitude variante entre $[-150 \ 150]$ par contre les signaux de courant sous forme sinusoïdale.
- **En régime de défauts** Ce type de défaut consiste à la mise en ouverture ou à la fermeture de l'un des interrupteurs des bras cela conduit a une déformation de la forme des signaux.

On remarque que le changement est présent uniquement dans le signal de bras ou on a appliqué le défaut et une apparence d'un signal bruité que se soit dans un circuit ouvert ou un circuit fermé qui introduisent des pertes électriques et perturbations dans le système.

III.5.Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la théorie sur les onduleurs, sa constitution physique élémentaire, son fonctionnement, leurs principales applications et nous avons présenté les différentes structures des onduleurs.

Nous avons consacré notre étude aux onduleurs de tension et principalement ceux en pont triphasé et les différentes stratégies de commande d'un onduleur triphasé.

Conclusion générale

Conclusion Général

Ce manuscrit présente une étude intitulée « Etude des défauts dans les convertisseurs statiques », l'objectif principal de ce travail est de présenter les différents défauts liés à un convertisseur statique, on basant sur les redresseurs et les onduleurs, deux types de défauts d'interrupteurs ont été considérés, les défauts circuit-ouvert et les défauts court circuit.

Le défaut de type composant maintenu fermé se produit lorsqu'un des composants d'une cellule de commutation reste constamment fermé. Un tel défaut peut avoir deux causes : soit la mise en court-circuit physique de la puce de silicium (IGBT ou diode) par dépassement de température critique, soit la défaillance de la commande rapprochée ou dans le cas d'utilisation du composant au dessus de ses caractéristiques nominales. Ce type de défaillance est extrêmement préjudiciable au convertisseur, et nécessiterait la mise en œuvre d'un système de sécurité permettant de déconnecter, le bras défaillant dès l'apparition de cette défaillance.

Le défaut de type composant maintenu ouvert il se peut, pour diverses raisons, qu'un des composant d'électronique de puissance (diode, thyristor, ...etc) d'une cellule de commutation d'un bras reste constamment ouvert (défaut de type circuit ouvert). Ce type de défaut a pour principale cause le vieillissement du composant, ou une défaillance de la commande rapprochée (défaut thermique du driver ou perte d'alimentation par exemple). Ce type conduit à la perte de la symétrie de la tension et/ou courant alternatif ainsi que l'augmentation du taux d'ondulation de la tension et/ou courant continu, Cela peut être interprété sur le plan mécanique de la machine par l'apparition de vibrations et un échauffement au cours du temps.

Dans notre travail on a présenté une étude des défauts d'un redresseur triphasé et d'onduleur monophasé et triphasé, les défauts dans les convertisseurs statiques limitée uniquement aux semi-conducteurs (des diodes et des thyristors et des IGBTs).

L'évaluation des défauts dans un semi-conducteur doit être effectuée en fonction du type d'interrupteur et du circuit dans lequel il est inséré. En électronique de puissance, les transistors à grille isolée comme les transistors (IGBT) et les transistors à effet de champ

(MOSFET) sont utilisés comme des interrupteurs de base, tandis que les diodes sont principalement utilisées pour assurer la roue libre, fournissant ainsi un chemin de retour pour le courant des transistors IGBT et MOSFET qui sont unidirectionnels. Les défauts dans les interrupteurs semi-conducteurs représentent une partie considérable des pertes totales d'un convertisseur d'électronique de puissance.

Et cela ouvre une grande porte au domaine de diagnostiquassions afin de minimisé de ces défauts et d'obtenir un système électronique plus rebuse, plus juste, plus fiable.

Bibliographie

- [1] M. Shahbazi, Contribution à l'étude des convertisseurs statiques AC-DC-AC tolérant Aux défauts, Université de Lorraine, en vue d'obtention de titre Docteur de l'université De Lorraine ,17-09-2012.
- [2] Michel Pinard, Convertisseurs et électronique de puissance commande, description, mise En œuvre, Dunod, Paris, ISBN 978-10-049674-7, p.116.
- [3] M. Saad, Synthèse des convertisseurs statique Direct, Mémoire d'ingénieur, Université du Québec a trois rivières, Septembre /1992.
- [4] Michel Pinard, Convertisseurs et électronique de puissance commande, description, mise En œuvre, Dunod, Paris, ISBN 978-] 0-049674-7, p.117.
- [5] H. Foch et al. Méthode d'études des convertisseurs statiques. Réf. 78005, Ed. Mentor, 12 avenue du plan de l'église 78960 Voisins-le-Bretonneux, France.
- [6] Y. Mopty, Méthode de synthèse automatique des convertisseurs statiques. Application à la recherche de nouveaux convertisseurs, Thèse de Docteur Ingénieur, INP Toulouse, 1982.
- [7] Y. Cheron, La commutation douce dans la conversion statique de l'énergie Électrique, TEC&DOC Lavoisier, ISBN2-85206-530-4.
- [8] H. Foch, et al. "Électronique de puissance", Extrait de "Les techniques de L'Ingénieur", 1989.
- [9] M .Hicham, H.Sofiane, Etude et modélisation du convertisseur statique destiné à améliorer La qualité de l'énergie électrique, Mémoire magistrale, Université .Dr Tahar Molay Saida (Algérie) 2016/2017.
- [10] https://img.directindustry.fr/images_di/photo-m2/210-9099059.jpg .

- [11] A. Chouder, A. Malek et F. Krim, Modèle de Simulation d'une Commande en Temps Réel d'un Onduleur de Tension Triphasé; Laboratoire Photovoltaïque, Centre de Développement des Energies Renouvelables. Laboratoire d'Electronique de Puissance, Université Ferhat Abbas, Sétif, 1999.
- [12] G. Pinson, Physique appliquée : Onduleurs.
- [13] Francis MILSANT, Electrotechnique, Electronique de puissance : Cours et problèmes. Ellipses, 1993.
- [14] S. Bendaikha & A. Djermane, Etude sur la commande des onduleurs en pont triphasés, Mémoire d'ingénieur, Centre Universitaire d'Oum El-Bouaghi, 2005.
- [15] KHALED Yahia, "Estimation en ligne de l'état et des paramètres du moteur asynchrone Triphasé", Thèse de magister université de Biskra [2005].
- [16] YAKOUB K. " Réduction des effets de la tension homopolaire dans les associations Onduleurs multi niveaux moteur à induction". Thèse de Magistère de l'université de Batna, [2005].
- [17] WWW.réglage de la vitesse de rotation.htm.
- [18] Y.Diaf, DJ. Ben Anter, Modélisation et commande d'un onduleur triphasé pilote par a structure multi niveau, en vue d'obtention de Diplôme de Master en Génie Electrique MLI, Université Kasdi Merbeh_Ouargla, 2011/2012.
- [19] N.Adjimi, W.Belaide, Modélisation et commande d'un onduleur MLI, Mémoire D'ingénieure, Université Larbi Ben M'hidi Oum-El-Bouaghi, 2008/2009 .
- [20] <https://images.app.goo.gl/mWnLQ4b5QSjkvXZMA>.
- [21] N. Abouchabana, « Etude d'une nouvelle topologie Buck-boost appliquée à un MPPT », Mémoire de Magistère, Ecole Nationale Polytechnique, Alger, Algérie, 2009.

- [22] <http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&définition=3166>.
- [23] R. Hechim, H. Oulagha, Implémentation virtuelle de la modulation vectorielle Pour un convertisseur matriciel direct, Mémoire d'ingénieur, Université Abderrahmane MIRA, Bejaia-Algérie, 2012/2013.
- [24] A. FOUILLE, « électrotechnique à l'usage des ingénieurs », Livre. Ecole national D'ingénieurs.
- [25] A. GADOUM ; N. HAMRAOUI « Analyse des Convertisseur des convertisseur indirect à Structure matriciel » pro 2010-2011 ; Master2.
- [26] N. TAIB, « Application des Convertisseurs Matriciels à la Commande des Machines à Courants Alternatif » Thèse de Magistère à université de A. MIRA de BEJAIA.
- [27] N. Moubayed, Détection et localisation défauts dans les convertisseurs statique, 6th international conference on Electromechanical and power systems, October, 4, 6, 2007, Laboratoire d'électricité, centre universitaire technologie Franco-Libano.
- [28] Jean-Claude Trigeassou, « Diagnostic des machines électriques, » Collection : Traité EGEM Série Génie électrique, Editeur : HERMÈS / LAVOISIER paru le : 05/2011.
- [29] H. Titah-Benbouzid and M.E.H. Benbouzid, "Marine renewable energy converters and biofouling: A review on impacts and prevention," in Proceedings of the 2015 EWTEC, Nantes (France), pp. 1-8, Paper 09P1-4-2, September 2015.
- [30] J. Mavier, "Convertisseurs génériques à tolérance de panne Applications pour le Domaine aéronautique", thèse de doctorat, INPT, Toulouse, mars 2007.
- [31] S. Toumi, Contribution a la commande résiliente aux défaillance des convertisseur Statique et a la démagnétisation de la génératrice synchrone a aimants permanents d'un Hydrolienne, Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, thèse soutenue le

9/12/2017.

- [32] M. Trabelsi, M. Boussak and M.E.H. Benbouzid, "Multiple criteria for high Performance online diagnosis of single and multiple open-switch faults in AC motor drives: Application to IGBT-based voltage source inverter", Elsevier Electric Power System, esearc , (EPSR), Vol. 144, pp.136–149, mars 2017.
- [33] Luc Lasne, « Electronique de puissance », Livre, Dunod 2ème édition, Paris, 2015 .
- [34] Y .Bentoumi, Conception d'un system de diagnostic des défauts d'un convertisseur AC-DC alimentant un MCC, Mémoire d'ingénieur, Université Mohamed Boudiaf – M'Sila ,2015/2016.
- [35] Muhammad H.Rachid « Power Electronics, circuits, devices, and applications», Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 1993.
- [36] B. Chauveau. Étude de la commande d'un onduleur alimentant une charge non Linéaire à partir d'une source impédante : optimisation de la distorsion harmonique de sa tension de sortie.
- [37] Onduleur de tension: mise en oeuvre et Structures-principes-applications. Techniques D'ingénieur, Traité de génie électrique D.3176-3177.
- [38] Onduleurs et harmoniques, Cahiers techniques Merlin Gerin N°159.
- [39] T. Wildi : Electrotechnique, 3eme édition, éditions de Boeck université (1999).
- [40] C. Canudas de Wit, Modélisation, Contrôle vectoriel et DTC. Commande des moteurs Asynchrones 1 Editions Hermès.
- [41] B .Bachir Commande sans capteur de vitesse d'une machine a induction. M'sila2006/2007 ingénieur d'état en génie Electrotechnique.

- [42] Emanuel Florin, Mogosproduction décentralisée dans les réseaux de distribution. Etude Pluridisciplinaire de la modélisation pour le contrôle des sources. Docteur Ecole National Supérieure d'Arts et Métiers Centre de Lille 2005.
- [43] Commande numérique, régimes intermédiaires et transitoires, Techniques d'ingénieur, Traité de génie électrique D.3643-3.