

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Polytechnique



المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات
Ecole Nationale Polytechnique



Department of Control Engineering
Laboratory of Process Control
Ph.D thesis in Automatic of energy conversion systems

Thème :

The integration of Z-source inverters in an intelligent network “Smart Grid”

CHAIB Ibtissam

Under the direction of Mr El Madjid Berkouk Professeur
Et Mr Mostefa Kermadi Docteur
Presented and sustained on (10/02/2022)

Composition of Jury :

President :	Mr MAHMOUDI Mohand Oulhadj	Professeur	ENP
Supervisor :	Mr BERKOUK El Madjid	Professeur	ENP
	Mr KERMADI Mostefa	Docteur	UTM
Examinator :	Mr BOUDANA Djamel	Professeur	ENP
	Mr CHAKIR Messaoud	MCA	ENP
	Mr BOUCHAFAA Farid	Professeur	USTHB
Invité	Mr GAUBERT Jean Paul	Professeur	U.Poitier

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Polytechnique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique



Department of Control Engineering
Laboratory of Process Control
Ph.D thesis in Automatic of energy conversion systems

Thème :

The integration of Z-source inverters in an intelligent network “Smart Grid”

CHAIB Ibtissam

Under the direction of Mr El Madjid Berkouk Professeur
Et Mr Mostefa Kermadi Docteur
Presented and sustained on (10/02/2022)

Composition of Jury :

President :	Mr MAHMOUDI Mohand Oulhadj	Professeur	ENP
Supervisor :	Mr BERKOUK El Madjid	Professeur	ENP
	Mr KERMADI Mostefa	Docteur	UTM
Examinator :	Mr BOUDANA Djamel	Professeur	ENP
	Mr CHAKIR Messaoud	MCA	ENP
	Mr BOUCHAFAA Farid	Professeur	USTHB
Invité	Mr GAUBERT Jean Paul	Professeur	U.Poitier

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



Département d'Automatique

Laboratoire de commande des processus

Thèse de doctorat en Automatique des systèmes de conversion d'énergie

Thème :

L'intégration des convertisseurs Z-source dans un réseau intelligent "Smart Grid"

CHAIB Ibtissam

Sous la direction de Mr El Madjid Berkouk Professeur
Et Mr Mostefa Kermadi Docteur
Présenté(e) et soutenue publiquement le (10/02/2022)

Composition du jury :

Président	Mr MAHMOUDI Mohand Oulhadj	Professeur	ENP
Directeur de thèse	Mr BERKOUK El Madjid	Professeur	ENP
Co-directeur	Mr KERMADI Mostefa	Docteur	UTM
Examineur	Mr BOUDANA Djamel	Professeur	ENP
Examineur	Mr CHAKIR Messaoud	MCA	ENP
Examineur	Mr BOUCHAFAA Farid	Professeur	USTHB
Invité	Mr GAUBERT Jean Paul	Professeur	U.Poitier

ملخص

الهدف من هذه الاطروحة هو دراسة المحول الكهربائي (Z-source)، في البداية تطرقنا لمراجعة عامة لأهم بنيات المحول وعرض لمختلف التقنيات المستعملة للتحكم في المحول منها (تضمين عرض النبض) و (تضمين المتجه الفضائي).

قمنا في هذا البحث باقتراح تقنية جديدة تهدف الى تحسين نوعية الطاقة وذلك من خلال تخفيض الطاقات الضائعة من خلال تغيير حالة القاطعات. كما قمنا في هذا البحث بربط المحول الكهربائي في نظام كهروضوئي وتطبيق مختلف تقنيات تعقب الطاقة القصوى تحت ظروف عادية من جهة وتحت ظروف التظليل الجزئي من جهة أخرى. للتحقق التجريبي تم استخدام جهاز محاكات المولد الكهروضوئي، موصول بالمحول الكهربائي، حيث تم تنفيذ الخوارزميات باستخدام بطاقة تحكم DS1104.

الكلمات الدالة: محولات كهربائية، تضمين عرض النبض، نظام كهروضوئي، الطاقة الشمسية.

RESUME

Le but principal de cette thèse c'est l'étude de l'onduleur Z-source. Premièrement nous avons présenté une étude bibliographique sur les différentes topologies de l'onduleur z-source, et les différentes stratégies de commande utilisées pour contrôler l'onduleur Z-source telle que la modulation de largeur d'impulsion MLI, et la méthode de vecteur spatial. Dans cette étude nous avons proposé une nouvelle stratégie de commande appelé improved discontinuous space vector pulse width modulation (ID-ZSVPWM). Le but de cette nouvelle stratégie est l'amélioration de la qualité d'énergie, par la réduction de la perte de commutation et les pertes en conduction.

Dans ce travail nous avons intégré l'onduleur Z-source dans un system photovoltaïque, sous une condition d'uniforme irradiation d'une part et sous une condition non uniform. Pour la vérification expérimentale, le simulateur de générateur photovoltaïque est utilisé conjointement avec un onduleur Z-source. L'algorithme proposé a été implémenté en utilisant la carte dSPACE Microlabox board et la carte dSPACE DS1104.

MOTS CLÉS : convertisseur électrique, Z-source, système photovoltaïque, SVM.

Abstract

The aim of this thesis is the study of the inverter Z-source, in the first stage we present a literature review about the different topologies and about the different control strategies used for the Z-source inverter, such pulse width modulation PWM, and space vectors modulation SVM.

In this research we propose a new control strategy namely improved discontinuous space vector pulse width modulation (ID-ZSVPWM). The proposed strategy aims to improve the power quality by reducing switching losses and conduction losses.

In this work we integrate the z-source inverter in a photovoltaic system, with the application of different maximum power point tracker algorithm (MPPT) under uniform irradiance condition, and under a non-uniform conditions. For the experimental verification, a hardware based photovoltaic array simulator is used in conjunction with a Z-source inverter. The proposed algorithm was implemented using the dSPACE Microlabox board and dSPACE DS1104 board.

KEY WORDS: electrical inverter, z-source, photovoltaic system, SVM.

Table of content

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

LIST OF ABBREVIATIONS

CHAPTER 1 : GENERAL INTRODUCTION	14
CHAPTER 2 : LITERATURE REVIEW OF Z-SOURCE	18
2.1. Introduction	19
2.2. Topologies	19
2.2.1. The z-source inverter	19
2.2.2. Bidirectional ZSI.....	21
2.2.3. High-Performance ZSI.....	21
2.2.4. The improved ZSI.....	21
2.2.5. Neutral Point ZSI	22
2.2.6. The quasi-ZSI (QZSI)	23
2.3. Control strategies:	23
2.4. PWM control strategies for ZSI.....	24
2.4.1. Simple boost control SBC.....	24
2.4.2. Maximum boost control MBC	25
2.4.3. Maximum constant boost control MCBC	26
2.4.4. Conventional z-source space vector pulse width modulation ZSVPWM.....	27
2.4.5. Indirect control of the dc-link voltage	30
2.4.6. Direct control of the dc-link voltage.....	31
2.4.7. Control of the dc-link voltage by estimation without direct measurement.....	31
2.4.8. Model Predictive Control.....	32
2.5. Conclusion.....	33
CHAPTER 3 : COMPARATIVE STUDY OF EXISTING CONTROL STRATEGIES 34	
3.1. Introduction	35
3.2. Comparison between different PWM control methods	35
3.3. Simulation result	35
3.3.1. Simple boost control	38
3.3.2. Maximum boost control.....	39
3.3.3. Maximum Constant Boost Control	40
3.3.4. Space Vector PWM control 4-ZSVPWM.....	41
3.4. Experimental results	42
3.5. Conclusion.....	45
CHAPTER 4 : THE PROPOSED CONTROL STRATEGIES	46
4.1. Introduction	47
4.2. PROPOSED ID-ZSVPWM	47
4.2.1. RESULTS & DISCUSSION.....	51
4.2.2. Power losses analysis	56
4.2.3. PLECS Analysis.....	57
4.3. The Proposed AD-ZSVPWM	60
4.3.1. Results & DISCUSSION	63
4.3.2. Power Losses Analysis	65
4.4. CONCLUSION.....	72
CHAPTER 5 : THE INTEGRATION OF THE Z-SOURCE INVERTER IN PV SYSTEM	73
5.1. INTRODUCTION.....	74

5.2. Uniform condition	74
5.2.1. PHOTOVOLTAIC PV SYSTEM.....	74
5.2.2. EQUIVALENT CIRCUIT OF PV ARRAY.....	75
5.2.3. MPPT algorithms	77
5.2.3.1. Perturb and Observe (P&O)	77
5.2.3.2. Fuzzy Logic Controller (FLC) Method	78
5.2.4. SIMULATION RESULTS	80
5.2.5. EXPERIMENTAL VERIFICATIONS.....	82
5.2.5.1. Mppt P&O	83
5.2.5.2. MPPT FLC	83
5.3. Non-uniform condition	84
5.3.1. PHOTOVOLTAIC SYSTEM DESCRIPTION	84
5.3.2. PARTIAL SHADING PHENOMENON.....	85
5.3.3. THE PSO-MPPT.....	85
5.3.4. SIMULATION AND EXPERIMENTAL RESULTS	88
5.4. CONCLUSION.....	92
CHAPTER 6 : GENERAL CONCLUSION	93
REFERENCES.....	95