

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE DE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU
DIPLÔME DE MASTER EN GENIE ELECTRIQUE

SPECIALITE : COMMANDE DES SYSTEMES ELECTRIQUES

THEME

Commande non linéaire de l'UPQC

Proposé et dirigé par :

Dr. BARKAT Said

Présenté par :

M. DAHDOUH Adel

Année Universitaire : 2014 / 2015

N° d'ordre : CSE-158

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicaces

Je dédie ce travail :

À mes parents

À Mes frères et sœurs

À toute ma famille

Et Toutes mes amis.

REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie Allah le Tout-puissant d'avoir donné le courage, la volonté, la patience et la santé durant toutes ces années d'étude et que grâce à lui ce travail a pu être réalisé.

Ainsi, Je tiens également à exprimer mes vifs remerciements à mon promoteur Docteur BARKAT Saïd pour avoir d'abord proposé ce thème, pour son suivi continué tout le long de la réalisation de ce mémoire et qui n'a pas cessé de me donner ses conseils.

Mes remerciements aussi à tous les enseignants qui ont contribué à ma formation

Mes remerciement est également aux membres de jury qui ont accepté de juger ce travail.

Enfin je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I Modélisation et dimensionnement de l'UPQC	4
I.1 Introduction	4
I.2 Perturbations électriques	5
I.2.1 Creux et coupure de tension	5
I.2.2 Surtension	6
I.2.3 Déséquilibre du système de tension triphasé	6
I.2.4 Perturbations harmoniques	7
I.2.4.1 Caractérisation des perturbations harmoniques	7
I.2.4.1.1 Taux d'harmonique de rang h	8
I.2.4.1.2 Taux global de distorsion harmonique	8
I.2.4.1.3 Facteur de puissance	8
I.2.4.2 Sources des perturbations harmoniques	9
I.2.4.3 Conséquences des harmoniques	9
I.2.5 Normes et réglementation des perturbations	9
I.2.6 Solutions de dépollution du réseau électrique	11
I.2.6.1 Solutions traditionnelles de la dépollution	11
I.2.6.2 Solutions modernes de la dépollution	11
I.2.6.2.1 Filtre actif parallèle	12
I.2.6.2.2 Filtre actif série	12
I.2.6.2.3 Filtrage actif série-parallèle (UPQC)	13
I.2.7 Comparaison entre les solutions de dépollution	13
I.3 Etude de la partie puissance	15
I.3.1 Modélisation du réseau électrique	15
I.3.2 Modélisation de la charge polluante	16
I.3.3 Modélisation de l'onduleur	18
I.3.4 Modélisation de la partie shunt de l'UPQC	20
I.3.5 Modélisation de la partie série de l'UPQC	23

I.3.6 Dimensionnement des paramètres de l'UPQC	25
I.3.6.1 Dimensionnement du système de stockage d'énergie	25
I.3.6.1.1 Choix de la tension de référence du bus continu (v_{dref})	25
I.3.6.1.2 Choix de la capacité du condensateur (C_{dc}).....	26
I.3.6.2 Dimensionnement des paramètres du filtre de sortie de la partie shunt.....	28
I.3.6.3 Dimensionnement des paramètres du filtre de sortie de la partie série	29
I.4 Etude de la partie commande	30
I.4.1 Identification des harmoniques	30
I.4.1.1 Identification des courants harmoniques du FAP	30
I.4.1.1.1 Méthode du repère synchrone (SRF)	30
I.4.1.1.2 Méthode des puissances réelle et imaginaire instantanées (PQ).....	33
I.4.1.1.3 Méthode des puissances réelle et imaginaire instantanées à base de FMV ---	36
I.4.1.2 Identification des tensions harmoniques du FAS	38
I.4.1.2.1 Méthode des puissances réelle et imaginaire instantanées (PQ).....	38
I.4.1.2.2 Méthode du repère synchrone (SRF)	39
I.4.1.2.3 Méthode d'identification à base de FMV	40
I.4.2 Commande de l'onduleur.....	41
I.4.2.1 Commande par hystérésis	41
I.4.2.2 MLI vectorielle (SVM)	42
I.4.2.2.1 Déterminations des secteurs.....	44
I.4.2.2.2 Calcul des temps d'application des vecteurs de tension	44
I.4.2.2.3 Distributions des instants de commutations	46
I.5 Conclusion	48
Chapitre II Commande linéaire de l'UPQC.....	49
II.1 Introduction.....	50
II.2 Commande par hystérésis	50
II.2.1 Identification des harmoniques par la méthode SRF	50
II.2.1.1 Etude de la partie parallèle	51
II.2.1.1.1 Réglage de la tension continue	52
II.2.1.2 Etude de la partie série	53
II.2.1.3 Résultats de simulation	57
II.2.1.3 Interprétations des résultats	58
II.2.2 Identification des harmoniques par la méthode PQ.....	58
II.2.2.1 Etude de la partie parallèle	58

II.2.2.1.1 Réglage de la tension continue -----	59
II.2.2.2 Etude de la partie série -----	60
II.2.2.3 Résultats de simulation -----	61
II.2.2.4 Interprétations des résultats -----	64
II.2.3 Identification des harmoniques par la méthode PQ-FMV -----	65
II.2.3.1 Résultats de simulation -----	65
II.2.3.2 Interprétations des résultats -----	68
II.3 Commande linéaire -----	69
II.3.1 Identification des harmoniques par la méthode SRF -----	69
II.3.1.1 Etude de la partie parallèle -----	69
II.3.1.1.1 Réglage des courants -----	70
II.3.1.2 Etude de la partie série -----	71
II.3.1.2.1 Réglage des tensions -----	71
II.3.1.3 Résultats de simulation -----	72
II.3.1.4 Interprétations des résultats -----	75
II.3.2 Identification des harmoniques par la méthode PQ -----	75
II.3.2.1 Etude de la partie parallèle -----	76
II.3.2.2 Etude de la partie série -----	77
II.3.2.3 Résultats de simulation -----	77
II.3.2.4 Interprétations des résultats -----	80
II.3.3 Identification des harmoniques par la méthode PQ-FMV -----	81
II.3.3.1 Résultats de simulation -----	81
II.3.3.2 Interprétations des résultats -----	84
II.4 Récapitulatif et comparaison des résultats -----	85
II.5 Conclusion -----	86
Chapitre III Commande par mode glissant de l'UPQC -----	87
III.1 Introduction -----	87
III.2 Rappel à propos la commande par mode glissant -----	88
III.2.1 Principe de la commande par mode glissant -----	88
III.2.2 Structure par commutation au niveau de l'organe de commande -----	89
III.2.3 Structure par commutation au niveau d'une contre réaction d'état -----	89
III.2.3 Structure par commutation au niveau de l'organe de commande, avec l'ajoute de la commande équivalente -----	90
III.2.4 Choix de la surface de glissement -----	90

III.2.5 Conditions d'existence et de convergence	91
III.2.6 Détermination de la loi de commande	91
III.2.7 Commande équivalente	92
III.2.8 Commande discontinue	92
III.3 Commande par mode glissant de l'UPQC	92
III.3.1 Identification des harmoniques par la méthode SRF	93
III.3.1.1 Etude de la partie parallèle	93
III.3.1.1.1 Synthèse du régulateur des courants	94
III.3.1.1.2 Synthèse du régulateur de la tension continue	95
III.3.1.2 Etude de la partie série	96
III.3.1.2.1 Synthèse du régulateur des tensions	97
III.3.1.3 Résultats de simulation	98
III.3.1.4 Interprétations des résultats	101
III.3.2 Identification des harmoniques par la méthode PQ	102
III.3.2.1 Synthèse du régulateur de la tension continue	102
III.3.2.2 Résultats de simulation	103
III.3.2.3 Interprétations des résultats	106
III.4 Commande hybride PI- mode glissant de l'UPQC	106
III.4.1 Identification des harmoniques par la méthode SRF	107
III.4.1.1 Résultats de simulation	107
III.4.1.2 Interprétations des résultats	110
III.4.2 Identification des harmoniques par la méthode PQ	111
III.4.2.1 Résultats de simulation	111
III.4.2.2 Interprétations des résultats	114
III.4 Récapitulatif et comparaison des résultats	115
III.5 Conclusion	116
Chapitre IV Commande par retour d'état linéarisant de l'UPQC	117
IV.1 Introduction	117
IV.2 Outils mathématiques	118
IV.2.1 Gradient	118
IV.2.2 Jacobien	118
IV.2.3 Dérivée de Lie	118
IV.3 Principe de la commande par retour d'état linéarisant	118

IV.3.1	Commande par retour d'état linéarisant des systèmes non-linéaires mono-entrée mono-sortie -----	119
IV.3.1.1	Notion de degré relatif -----	119
IV.3.1.2	Conception de la nouvelle commande v -----	121
IV.3.2	Commande linéarisante des systèmes multi-entrée multi-sortie (MIMO) -----	122
IV.3.2.1	Conception du nouveau vecteur de commande v -----	125
IV.4	Commande par retour d'état linéarisant de l'UPQC -----	125
IV.4.1	Identification des harmoniques par la méthode SRF -----	126
IV.4.1.1	Etude de la partie parallèle -----	126
IV.4.1.1.1	Synthèse du régulateur de la tension continu -----	127
IV.4.1.1.2	Synthèse du régulateur des courants -----	129
IV.4.1.2	Etude de la partie série -----	131
IV.4.1.2.1	Synthèse du régulateur des tensions -----	132
IV.4.1.3	Résultats de simulation -----	134
IV.4.1.4	Interprétations des résultats -----	138
IV.4.2	Identification des harmoniques par la méthode PQ -----	138
IV.4.2.1	Synthèse du régulateur de la tension continu -----	138
IV.4.2.2	Résultats de simulation -----	140
IV.4.2.3	Interprétations des résultats -----	144
IV.5	Commande hybride PI-retour d'état linéarisant de l'UPQC -----	144
IV.5.1	Identification des harmoniques par la méthode SRF -----	144
IV.5.1.1	Résultats de simulation -----	145
IV.5.1.2	Interprétations des résultats -----	148
IV.5.2	Identification des harmoniques par la méthode PQ -----	148
IV.5.2.1	Résultats de simulation -----	149
IV.5.2.2	Interprétations des résultats -----	152
IV.6	Récapitulatif et comparaison des résultats -----	153
IV.7	Conclusion -----	155
	Conclusion générale -----	156
	Annexe A -----	158
	Annexe B -----	163
	Annexe C -----	168
	Bibliographie -----	169

Notations

x_h : Composante harmonique de rang h .

x_1 : Composante fondamentale.

S_h : Taux d'harmonique de rang h .

S : Puissance apparente.

P : Puissance active.

Q : Puissance réactive.

D : Puissance déformante.

v_{eff} : Valeur efficace du fondamental de la tension du réseau électrique.

i_h : Courant harmonique de rang h .

e_{sabc} : Les tensions du réseau électrique.

ω_s : pulsation du réseau.

θ_s : Angle de déphasage.

f_s : Fréquence du réseau.

i_{sabc} : Les courants du réseau électrique.

L_s : Inductance du réseau.

R_s : Résistance du réseau.

i_{labc} : Les courants de la charge.

R_l : Résistance à l'entrée de la charge polluante.

L_l : Inductance à l'entrée de la charge polluante.

R_d : Résistance de la charge continue du pont diode.

L_d : Inductance de la charge continue du pont diode.

v_{sabc} : Les tensions du réseau électrique au point de raccordement du filtre actif parallèle.

U_d : Tension redressée.

i_d : Courant redressé.

i_{saeff} : Valeur efficace du courant de la charge coté alternatif.

v_{dc} : Tension continue.

v_{dcref} : Tension continue de référence.

L_{fp} : Valeur de l'inductance du filtre actif parallèle.

R_{fp} : Valeur de la résistance interne du filtre actif parallèle.

v_{fpabc} : Tensions simples en sortie de l'onduleur du filtre actif parallèle.

u_{fpabc} : Tensions composées en sortie de l'onduleur du filtre actif parallèle.

s_{pabc} : Etats des interrupteurs de l'onduleur du filtre actif parallèle.

i_{fpabc} : Les courants du filtre actif parallèle.

C_{dc} : Capacité du condensateur du bus continu.

i_c^* : Courant obtenu à la sortie du régulateur de la tension continue.

P_c^* : Puissance obtenue à la sortie du régulateur de la tension continue.

v_{fabc} : Tensions simples en sortie de l'onduleur du filtre actif série.

v_{injabc} : Tensions simples injectées par le filtre actif série.

i_{fsabc} : Les courants du filtre actif série.

i_{Cfsabc} : Les courants des condensateurs C_{fs} .

L_{fs} : Valeur de l'inductance du filtre actif série.

R_{fs} : Valeur de la résistance du filtre actif série.

C_{fs} : Valeur de la capacité du condensateur du filtre actif série.

s_{sabc} : Etats des interrupteurs de l'onduleur du filtre actif série.

E : Energie emmagasinée dans le condensateur.

i_{lh} : Courant harmonique de la charge.

f_c : Fréquence de coupure.

Δv_{labc} : Chute de tension aux bornes de la charge.

Δi_f : Largeur de la bande d'hystérésis.

ε_{i_k} : Ecart entre le courant de référence et le courant mesuré.

S_i : Secteur numéro i .

T_h : Période d'échantillonnage.

t_i : Temps d'application du vecteur v_{fi} .

K_{pdc}, k_{idc} : Les constants du régulateur PI de la tension continue.

$G_{pi}(s)$: Fonction de transfert du régulateur PI.

$H(s)$: Fonction de transfert désirée.

ω_n : Pulsation naturelle.

ξ : Coefficient d'amortissement.

K_{pi}, k_{ii} : Les constants du régulateur PI des courants.

$S(x)$: Surface de glissement.

$e(x)$: Ecart entre la variable à régler et sa référence.

$V(x)$: Fonction de Lyapunov.

$h(x)$: Fonction scalaire.

$\nabla h(x)$: Gradient d'une fonction scalaire lisse.

x : Vecteur d'état.

$f(x), g(x)$: champs de vecteurs.

$L_f h(x)$: Dérivé de Lie.

y : Vecteur de sortie.

v : Vecteur des nouvelles commandes.

u : Vecteur des commandes.

r : Degré relatif total.

$\zeta(x)$: Fonction de linéarisation.

$D(x)$: Matrice de découplage de système.

u_{eq} : Commande équivalente.

u_n : Commande discontinue.

Abréviations

THD : Total Harmonic Distorsion (Taux de distorsion harmonique).

F.P : Facteur de puissance

THDv : Voltage Total Harmonics Distorsion (Taux de distorsion harmonique en tension)

THDi : Current Total Harmonics Distorsion (Taux de distorsion harmonique en courant)

FAP : Filtre actif parallèle

FAS : Filtre actif série

UPQC : Unified Power Quality Conditionner (Conditionneur universel d'énergie électrique)

SRF : (Méthode du référentiel lié au synchronisme).

PLL : Phase Locked Loop (Boucle à verrouillage de phase).

FPB : Filtre pass bas.

PQ : Méthode des puissances active et réactive instantanées (PQ).

PQ_FMV: Méthode des puissances active et réactive instantanées à base d'un filtre multi-variable .

FMV : Filtre multi-variable.

TCD : Transformation de Concordia Directe

MLI : Modulation de largeurs d'impulsions.

SVM : Space Vector Modulation.

PI : Régulateur proportionnel intégral.

PID : Régulateur proportionnel intégral dérivé.

SISO : (mono-entrée mono-sortie)

MIMO :(multi-entrées multi-sorties)

Introduction générale

L'utilisation croissante dans l'industrie de systèmes commandés à base d'électronique de puissance entraîne de plus en plus de problèmes de perturbation au niveau des réseaux électriques. Ainsi, on assiste à une augmentation régulière, de la part des utilisateurs, des taux d'harmonique et de déséquilibre des courants, ainsi qu'à une importante consommation de la puissance réactive. La circulation de ces mêmes courants perturbés va également provoquer des harmoniques et des déséquilibres de tension, lesquels vont se superposer à la tension nominale du réseau électrique. De plus, des incidents du type coups de foudre ou un brusque démarrage d'une machine tournante à forte puissance peuvent causer une chute soudaine et importante de tension. On nommera ce type d'incident : creux de tension. Ces perturbations ont bien entendu des conséquences néfastes sur les équipements électriques, lesquelles peuvent aller d'un fort échauffement ou d'un arrêt soudain des machines tournantes jusqu'à la destruction totale de ces équipements. De ce fait, les distributeurs de l'énergie électrique se voient donc obligés d'imposer des normes et de se protéger contre ces perturbations. Des normes sur les harmoniques ont été proposées par la commission internationale d'électrotechnique IEC61000, et par les recommandations IEEE Std. 519-1992 [1], [2].

Suite à ces réglementations, différentes méthodes de dépollution ont émergées. La solution la plus classique est à base de filtres passifs, cependant, cette dernière se voit pénalisée par son encombrement, ses problèmes de résonance, ainsi que de son manque de souplesse à s'adapter aux variations du réseau et de la charge [3]. Cette contrainte a conduit à d'autres solutions plus modernes et plus efficaces. En effet, celles qui répondent le mieux aux contraintes industrielles d'aujourd'hui sont les filtres actifs parallèle, série et la combinaison parallèle-série (appelé aussi Unified Power Quality Conditioner-UPQC). Le compensateur actif parallèle peut être utilisé pour compenser les courants harmoniques et déséquilibrés de même que la puissance réactive. Le compensateur série peut compenser à la fois les tensions harmoniques et déséquilibrées, et les creux de tension. L'UPQC correspond à une solution universelle de compensation pour un, plusieurs ou tous les types de perturbation de courant et de tension que l'on observe sur le réseau. Face aux évolutions de la charge et du réseau électrique, l'UPQC est considéré comme une solution avancée de dépollution du réseau électrique, puisqu'il peut s'adapter aux variations de la charge et du réseau électrique et ceci sans imposer un changement aux installations du fournisseur d'énergie et du consommateur [4].

Dans [5], les auteurs ont appliqué une commande linéaire en utilisant des régulateurs de type (PI-PID). Ils ont utilisé aussi la technique MLI sinusoïdale pour la commande de l'onduleur. Dans [6], on trouve la commande par des régulateurs linéaires de type PI de l'UPQC combiné avec un générateur photovoltaïque. La régulation des courants et des tensions de l'UPQC basée sur des régulateurs intelligents a été proposé par [7]. Dans [8], il s'agit d'appliquer une commande linéaire à base de régulateurs PI et une autre intelligente par la logique floue sur l'UPQC. Une structure à quatre fils avec des régulateurs de type PI est présentée par [9]. Une étude comparative entre la commande linéaire et celle par les réseaux de neurones a été faite par [10]. Une optimisation au niveau des paramètres de l'UPQ est présentée par [11].

L'objectif visé par ce mémoire est l'amélioration des performances de l'UPQC en introduisant des méthodes de commande non-linéaires. La commande par mode glissant et la commande par retour d'état linéarisant seront l'objet de ce travail. De manière à atteindre ces objectifs, ce mémoire sera divisé en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous présenterons la définition des perturbations dans le réseau électrique, les principales charges émettrices des courants harmoniques, ainsi que les solutions traditionnelles et modernes proposées pour la mitigation de ces courants harmoniques. Ensuite, nous étudierons la structure générale de l'UPQC inséré dans un réseau électrique pollué, laquelle a été divisée en deux : la partie puissance et la partie commande. Dans la première partie, nous détaillerons les différents constituants de l'UPQC en présentant sa modélisation et son dimensionnement. Dans la partie commande nous présenterons quelques méthodes existantes pour l'identification des composantes harmoniques du courant de la tension pollués. Il s'agit des méthodes basées sur le calcul des puissances active et réactive instantanées (PQ) et celles basées sur la transformation des courants pollués dans le repère synchrone de Park (SRF). De plus, une nouvelle méthode d'extraction des harmoniques de tension, proposée dans ce mémoire, à base du filtre multi-variables (FMV) sera aussi présentée. Puis, nous présenterons deux méthodes de modulation les plus utilisées dans la commande de l'onduleur de tension triphasé à deux niveaux.

Dans une première partie du second chapitre de ce mémoire, nous présenterons la commande par hystérésis de l'UPQC en utilisant les trois méthodes d'identification à savoir PQ, SRF et PQ-FMV. La deuxième partie s'intéresse à la commande linéaire par des régulateurs PI et PID des courants et des tensions respectivement. Les résultats de simulation obtenus pour les différentes topologies et les différentes structures de commande seront illustrés. A la fin, une étude comparative entre les méthodes d'identification et les techniques de commande sera présentée et discutée.

Le troisième chapitre sera consacré à l'étude de la méthode de commande non linéaire par mode glissant et à l'application de cette méthode de commande sur l'UPQC. Afin d'améliorer les performances dynamiques et statiques de l'UPQC la combinaison des régulateurs linéaire et non-linéaires sera examinée. Les résultats obtenus seront présentés et discutés.

Le quatrième chapitre concernera l'étude de la méthode de commande par retour d'état linéarisant et l'application de cette dernière sur l'UPQC en utilisant les deux méthodes d'identification à savoir les méthodes PQ et SRF. Puis le jumelage des commandes linéaire avec celle non-linéaire sera appliqué. A la fin une étude comparative entre les techniques de commande sera présentée et discutée.

Chapitre I

Modélisation et dimensionnement de l'UPQC

I.1 Introduction

Généralement, le distributeur d'énergie délivre l'énergie électrique sous forme d'un système triphasé de tensions sinusoïdales. Les caractéristiques de ce système sont la fréquence, l'amplitude, la forme d'onde, qui doit être sinusoïdale et la symétrie du système triphasé. Mais depuis quelques années, avec l'évolution technologique des composants d'électronique de puissance les distributeurs d'énergie rencontrent plusieurs problèmes liés à l'accroissement du nombre de convertisseurs statiques raccordés aux réseaux de distribution d'énergie. En effet, ces convertisseurs sont des sources polluantes qui génèrent des harmoniques et consomment pour la plupart de la puissance réactive.

Les harmoniques générés par ces convertisseurs sont des perturbations permanentes affectant la forme d'onde de la tension du réseau. Ces perturbations se superposent à l'onde fondamentale. Elles ont donc pour conséquence de modifier l'onde de tension ou de courant ce qui se traduit par une dégradation du facteur de puissance et/ou par la génération de courants et de tensions alternatives de fréquence différente de celle du fondamental [4].

Pour s'affranchir à ces harmoniques les filtres actifs sont souvent le bon choix, ceux-ci sont essentiellement constitués d'un onduleur. Le bon choix de la méthode d'identification des grandeurs de référence (courant de référence dans le cas d'un filtre actif parallèle, tension de référence dans le cas d'un filtre actif série), ainsi que de la technique de commande, est primordial afin que le filtre actif puisse remplir les tâches pour lesquelles il est destiné [12].

Tout ce qui est évoqué en haut sera l'objet de ce chapitre, pour cela, ceci sera décomposé en deux parties. Dans une première partie, nous étudierons les caractéristiques générales des perturbations électriques. Ainsi que, leurs origines, les conséquences matérielles et les limites

I.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents types de perturbations affectant l'onde de tension du réseau électrique. Comme nous avons pu le constater, les harmoniques et les déséquilibres de courant et de tension, la puissance réactive et les creux de tension ont des effets néfastes sur les équipements électriques. Ces effets peuvent aller des échauffements et de la dégradation du fonctionnement jusqu'à la destruction totale de ces équipements.

Plusieurs solutions traditionnelles et modernes de dépollution ont été présentées. La solution classique à base de filtres passifs est souvent pénalisée en termes d'encombrement et de résonance. De plus, les filtres passifs ne peuvent pas s'adapter à l'évolution du réseau et aux charges polluantes.

Nous avons également étudié en détail, les parties puissance et commande de notre système et comme apport une méthode d'extraction des tensions harmoniques a été proposée.

Dans l'objectif d'améliorer la qualité de l'énergie électrique qui doit être conforme aux nouvelles contraintes normatives, nous étudierons, dans les chapitres suivants, des méthodes de régulation (linéaires et non linéaires) que nous appliquerons sur l'UPQC.

Chapitre II

Commande linéaire de l'UPQC

II.1 Introduction

Après avoir étudié les différentes topologies, algorithmes d'identification des grandeurs harmoniques de référence et les stratégies de commande de l'onduleur dans le chapitre précédent, il ne nous reste que d'étudier les régulateurs qu'on va utiliser.

Ce chapitre sera décomposé en deux parties :

Dans une première partie, nous étudierons plusieurs structures de commande par hystérésis de L'UPQC. La description complète de chaque structure sera présentée. Les performances des méthodes d'identification sera analysée à travers plusieurs simulations.

Dans une deuxième partie, la commande linéaire (PI,PID) de l'UPQC sera étudiée dans le but de compenser les perturbatrices de tout rang. Une synthèse comparative entre ces deux commandes (hystérésis et linéaire), sera ensuite effectuée.

II.2 Commande par hystérésis

Dans cette partie, on appliquera la commande par hystérésis en utilisant les différentes méthodes d'identification des harmoniques.

II.2.1 Identification des harmoniques par la méthode SRF

La figure (II.1) représente le schéma bloc de la commande par hystérésis de l'UPQC avec identification des harmoniques par la méthode SRF.

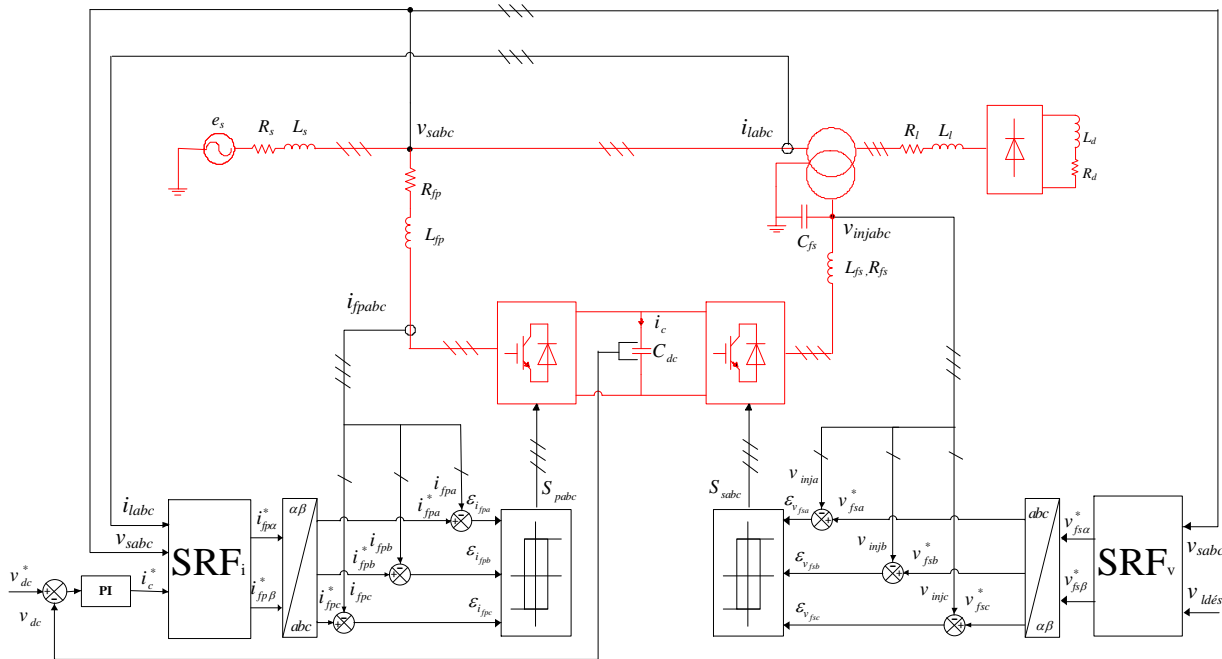


Figure (II.1): Schéma bloc de la commande par hystérésis de l'UPQC avec identification des harmoniques par la méthode SRF

Dans ce qui suit, et afin de faciliter l'étude du réglage de l'UPQC, on va aborder chaque partie indépendamment de l'autre.

II.2.1.1 Etude de la partie parallèle

La figure (II.2) représente le schéma bloc de la commande par hystérésis du FAP avec identification des harmoniques par la méthode SRF. Dans ce schéma il n'y'a que la tension du bus continu à régler, par ailleurs le régulateur à hystérésis a été détaillé dans le chapitre I.

II.4 Récapitulatif et comparaison des résultats

Les résultats des simulations que nous avons présentés montrent que quelle que soit la méthode d'identification et la stratégie de commande adoptés le THD est toujours en conformité avec la norme IEEE STD 519-1992. Ces résultats montrent bien que la méthode PQ-FMV donne toujours les meilleurs résultats ce qui valide notre méthode d'identification des tensions harmoniques proposée dans ce mémoire. Aussi on constate que l'utilisation du FMV permet l'annulation du dépassement. En terme de technique de commande, on remarque que les THDs obtenus avec les commandes dites hystérésis sont inférieurs à ceux obtenus avec les commandes linéaires. Par contre, la commande par hystérésis, malgré sa simplicité, présente l'inconvénient d'une fréquence de commutation variable, ce qui limite leur utilisation dans la pratique, tandis que la commande linéaire à base de SVM, facile d'utilisation, assure alors un fonctionnement à fréquence fixe, un contenu harmonique parfaitement identifié. Le tableau (II.1) montre les différents résultats obtenus durant ce chapitre.

		Facteurs			
		THDi (%)	THDv (%)	Dépassement	Temps de réponse (s)
Commande par hystérésis	SRF	1.84	0.91	+	0.14
	PQ	1.62	0.88	+	0.09
	PQ_FMV	1.53	0.86	-	0.085
Commande linéaire	SRF	3.43	1.06	+	0.12
	PQ	3.53	0.95	+	0.08
	PQ_FMV	3.19	0.90	-	0.06

Tableau (II.1) : Récapitulatif des résultats de simulation

Avec le signe (+) signifie l'existence du dépassement et le (-) l'absence de ce dernier.

II.5 Conclusion

Dans ce chapitre plusieurs simulations à travers deux analyses, temporelle et spectrale, ont été effectuées afin de valider le fonctionnement de l'UPQC.

Dans la première partie de ce chapitre, nous avons présenté les différents schémas de réglage de l'UPQC par hystérésis en utilisant les méthodes d'identification étudiées dans le chapitre précédent, ainsi dans chaque partie nous avons fait le dimensionnement des régulateurs utilisés, suivie par une série de simulation.

La deuxième partie de ce chapitre a été consacrée à la commande linéaire de l'UPQC toujours avec la même méthodologie : schémas, dimensionnement des régulateurs et simulation.

A partir des résultats de simulation, regroupés dans le tableau (II.1), nous constatons la prédominance de la méthode PQ-FMV par rapport aux autres techniques tant au niveau performances qu'en THD, suivie par la méthode PQ, et à la dernière classe on trouve la méthode du repère synchrone (SRF).

Afin d'améliorer le THD, le recours à des régulateurs non-linéaires semble une solution prometteuse. Les chapitres qui suivent auront comme objectif d'explorer cette issue.

Chapitre III

Commande par mode glissant de l'UPQC

III.1 Introduction

La technique de commande par mode glissant a connue un développement théorique au début des années 60 grâce à la résolution de l'équation différentielle à seconde membre discontinu par le mathématicien Russe *A. Fillipov*, suivi des recherche de *S. Emelyanov* en 1967 et de *V. Utkin* en 1977, les recherches de *Hung* (1993), et *Decarlo* (1998). Cette technique est connue par sa simplicité et sa robustesse. Au début des années 80 la commande des systèmes à structure variable par mode glissant est devenue très intéressante et attractive. Elle est considérée comme l'une des approches les plus simples pour la commande des systèmes ayant un modèle imprécis grâce aux avantages qu'elle présente (robustesse vis-à-vis des paramètres variables, une très haute précision, une bonne stabilité et un temps de réponse faible) [21].

Dans ce chapitre, nous nous intéresserons à la technique de commande par mode glissant. Notre objectif n'est pas de traiter en profondeur cette technique de commande, mais plutôt de présenter un bref rappel sur la commande par mode glissant puis, d'appliquer cette technique dans la commande de l'UPQC. Nous allons appliquer cette technique avec les deux méthodes d'identification, la méthode du repère synchrone (SRF) et celle des puissances active et réactive instantanées.

Le FAS a fait aussi sa tâche en compensant dans un premier temps, les harmoniques de tension, et dans ce cas le THDv est très nettement amélioré et vaut 0.64%. Dans le cas du creux de tension, la figure (III.31) montre bien sa capacité et sa rapidité de le compenser. Tout ça à l'aide du FAP qui maintient à son tour la tension du bus continu à sa référence après un transitoire de 120ms selon les figures (III.32) et (III.33).

III.4 Récapitulatif et comparaison des résultats

Les résultats des simulations que nous avons présentés montrent que quelle que soit la méthode d'identification et la stratégie de commande adoptés le THD est toujours en conformité avec la norme IEEE STD 519-1992. Ces résultats montrent bien que la commande par mode glissant permet d'éliminer le dépassement. On remarque aussi que la méthode PQ donne toujours les meilleurs THDs, En terme de technique de commande, on constate que les THDs obtenus avec la commande hybride PI-Mode glissant sont inférieurs à celui obtenu avec la commande par mode glissant. Le tableau (III.1) regroupe les différents résultats obtenus par les deux approches de commande appliquées dans ce chapitre.

		Facteurs			
		THDi (%)	THDv (%)	Dépassement	Temps de réponse (s)
Commande par mode glissant	SRF	3.11	0.87	-	0.12
	PQ	3.07	0.84	-	0.08
Commande par PI-mode glissant	SRF	0.98	0.66	+	0.1
	PQ	0.82	0.64	+	0.11

Tableau (III.1) : Récapitulatif des résultats de simulation

III.5 Conclusion

Dans une première partie de ce chapitre, nous avons tout d'abord présenté la théorie de la méthode de commande des systèmes non-linéaire par mode glissant.

Dans la deuxième partie, cette technique de commande a été appliquée dans la commande de l'UPQC. Les deux méthodes d'identification SRF et PQ sont utilisées, et à la fin de cette partie une série de simulations ont été fait, et qui montrent bien que la méthode de commande par mode glissant améliore remarquablement le fonctionnement de l'UPQC tant au niveau performances qu'en THD, par rapport à l'application de la commande linéaire présentée dans le premier chapitre.

La dernière partie a été consacrée à la commande hybride PI-Mode glissant, qui montre, selon les simulations faites sur cette dernière une très nette amélioration en terme de THDi. À la fin de ce chapitre nous avons présenté une étude comparative entre les deux méthodes de réglage susmentionnées. Cette étude montre la supériorité de la commande PI-Mode glissant par rapport à la commande par mode glissant classique.

Chapitre IV

Commande par retour d'état linéarisant de l'UPQC

IV.1 Introduction

La linéarisation classique basée sur le calcul du jacobien donne une approximation du comportement d'un système donné autour d'un point de fonctionnement. Pour une large variation autour de ce point de fonctionnement, la commande basée sur cette linéarisation perd ses performances, et le système perd sa stabilité [32].

La linéarisation par retour d'état est une autre approche qui fait face à ces limitations. Elle transforme le modèle non linéaire en un modèle équivalent linéaire, sur toute la plage de fonctionnement [33], ce qui permet d'appliquer une commande linéaire à un système non-linéaire. Ce type de commande a fait son apparition dans l'année 1980 dans les travaux d'Isidori [21].

La linéarisation par retour d'état est basée sur des concepts théoriques de la géométrie différentielle. Nous allons illustrer ces concepts pour les systèmes mono-entrée mono-sortie (SISO), et les systèmes multi-entrées multi-sorties (MIMO). Puis nous allons faire l'application sur l'UPQC.

- Une variation de la résistance de la charge coté continue jusqu'à la moitié de sa valeur initiale R_d est appliquée à $t=0.3s$ pour montrer l'effet de perturbation sur le fonctionnement du filtre actif,
- La valeur désirée de la tension de la charge est égale à $v_{ldés} = \sqrt{2}220\text{ V}$,
- La tension de la source perturbée est définie par le système (II.6),
- $k_{dc} = 250, k_{p1} = k_{p2} = 10^{10}, k_{s1} = k_{s2} = 2.5 \cdot 10^9$.

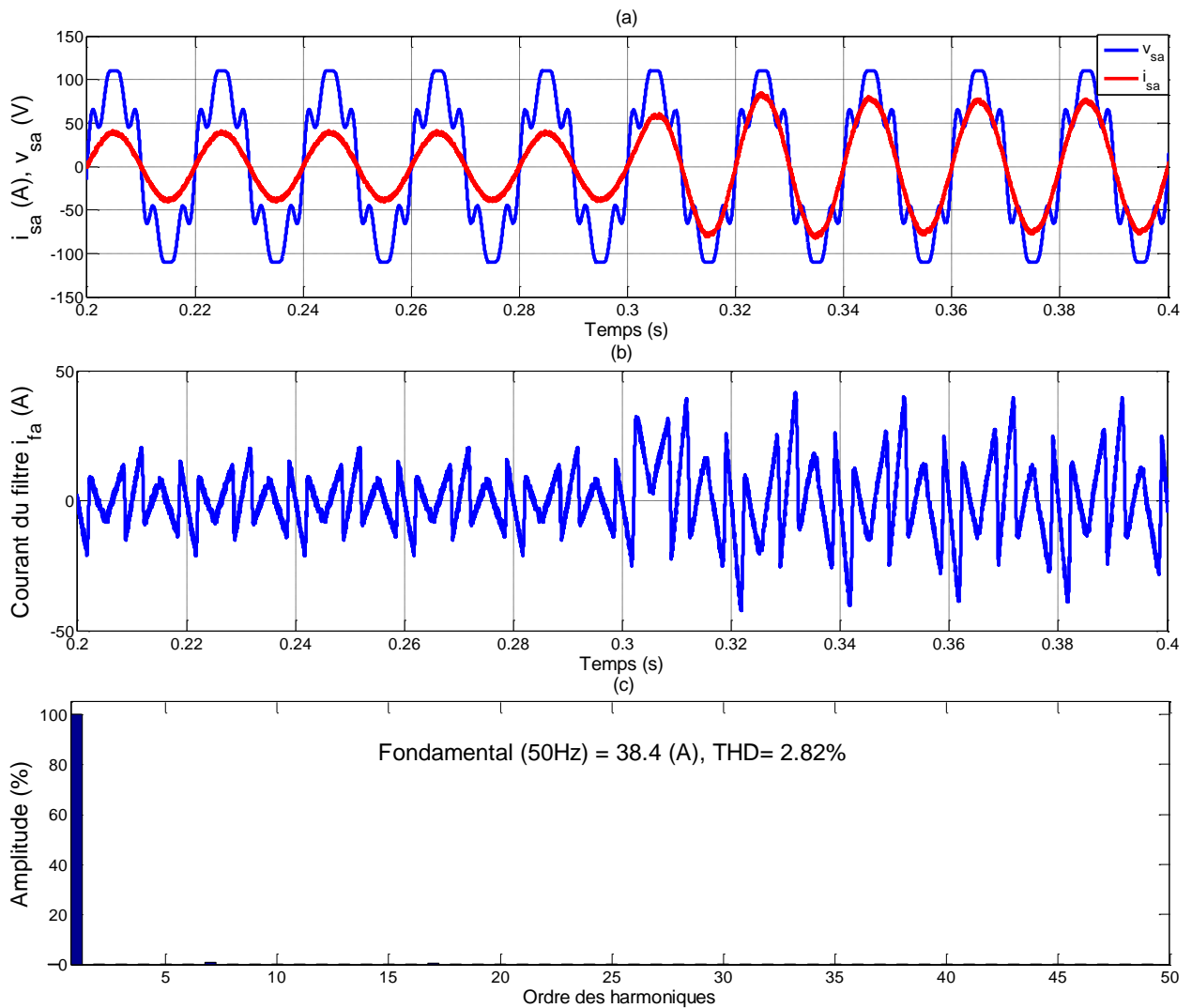


Figure (IV.13) : Réponses du FAP lors d'une variation de la charge polluante à $t=0.3s$, a) Tension et courant de la première phase de la source, b) Courant injecté de la première phase, c) Spectre harmoniques du courant de la source de la première phase

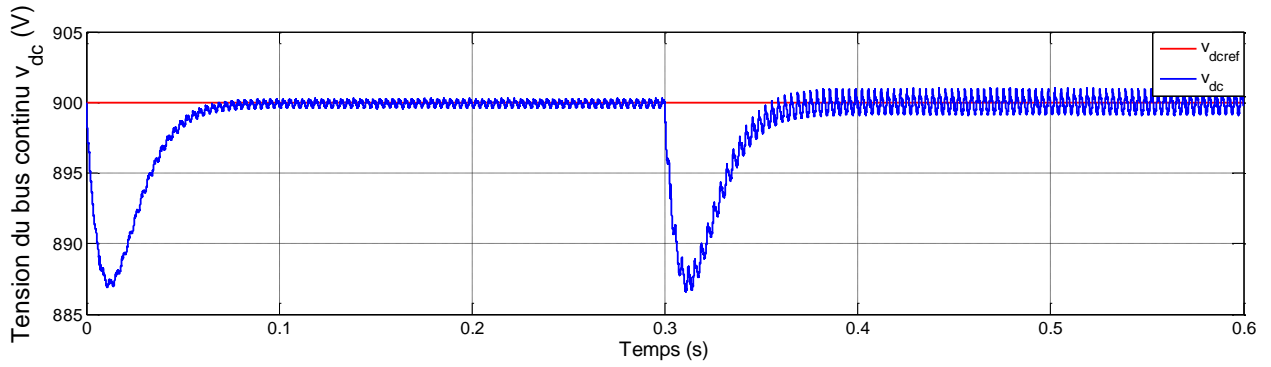


Figure (IV.14) : Tension du bus continu lors d'une variation de la charge polluante à $t=0.3$ s

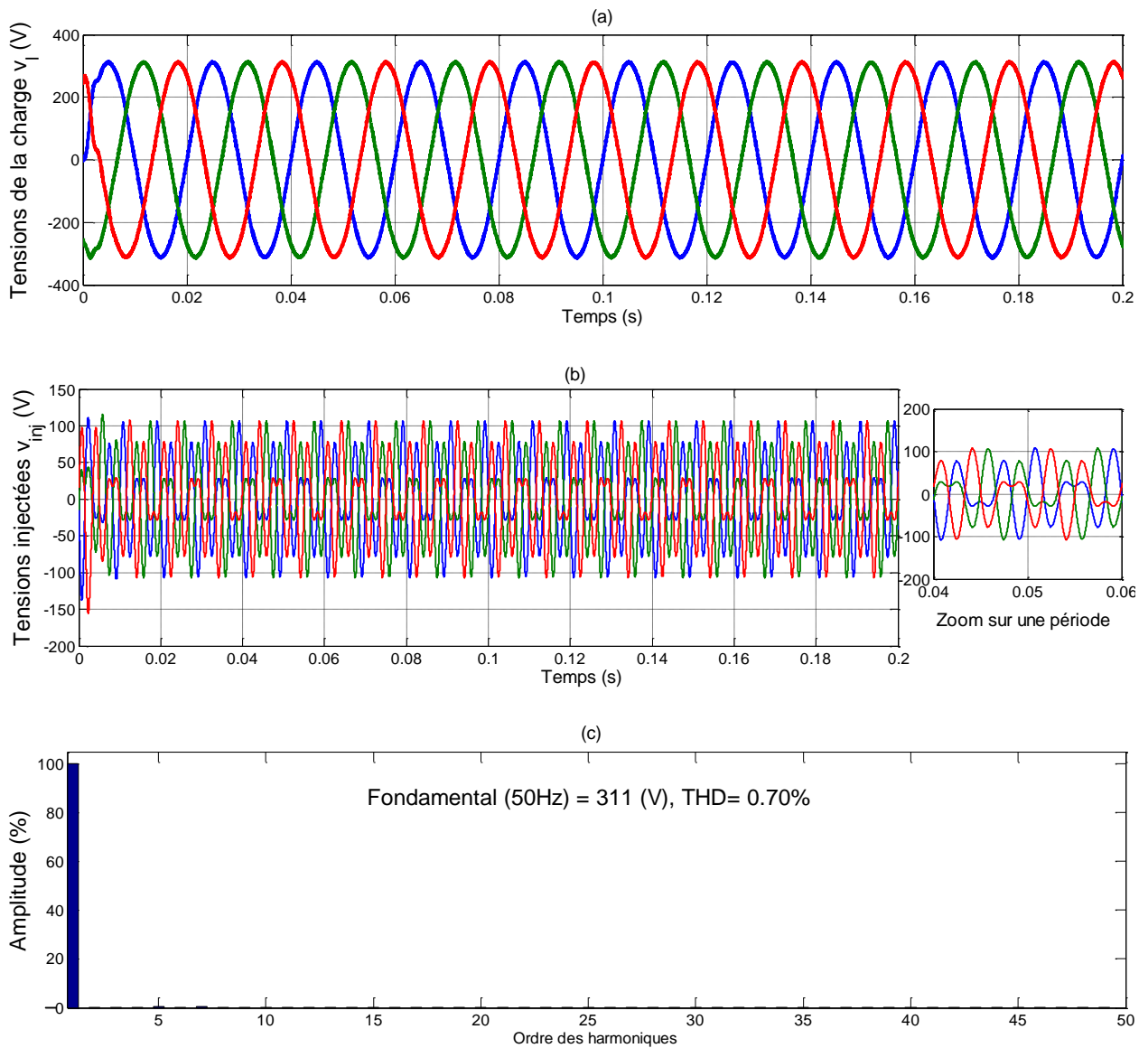


Figure (IV.15) : Réponses du FAS lors d'une application des tensions perturbées, a) Tensions de la charge, b) Tensions injectées, c) Spectre harmoniques de la tension de la charge de la première phase

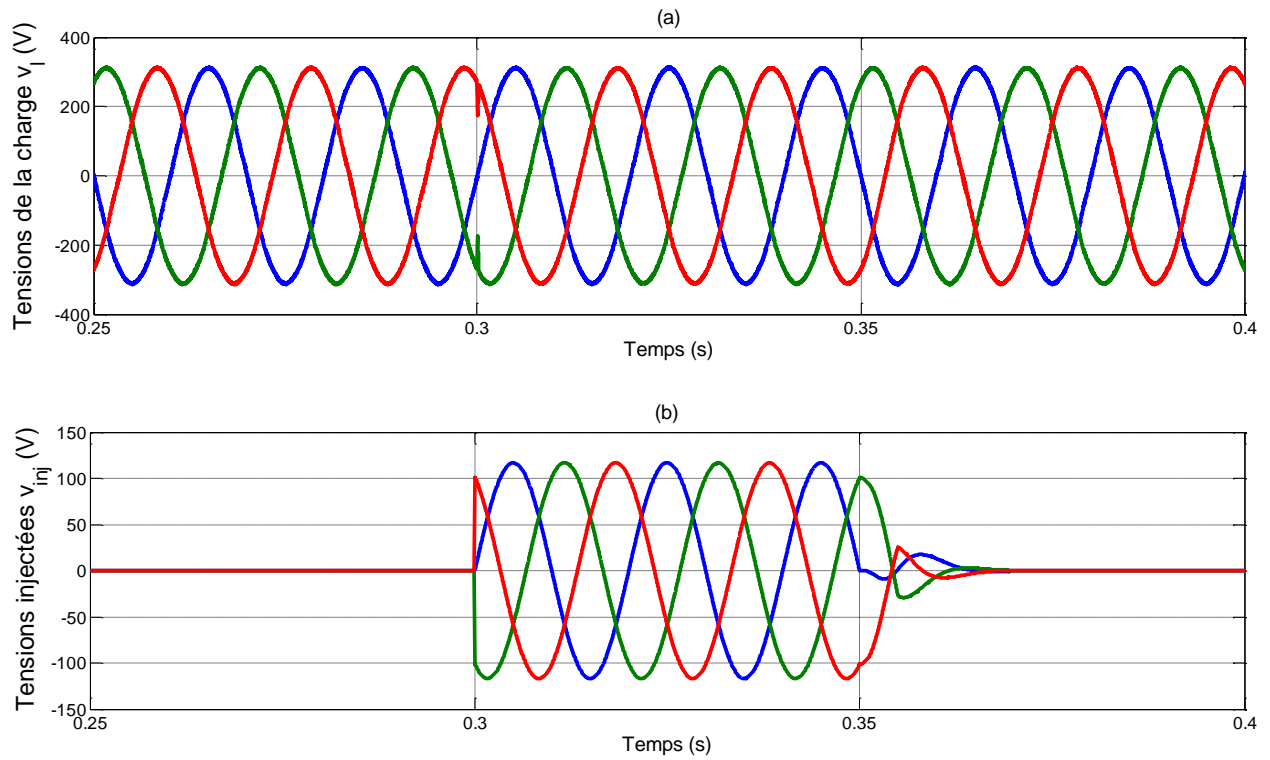


Figure (IV.16) : Réponses du FAS lors d'un creux de $t=0.3\text{s}$ à $t=0.35\text{s}$, a) Tensions de la charge, b) Tensions injectées

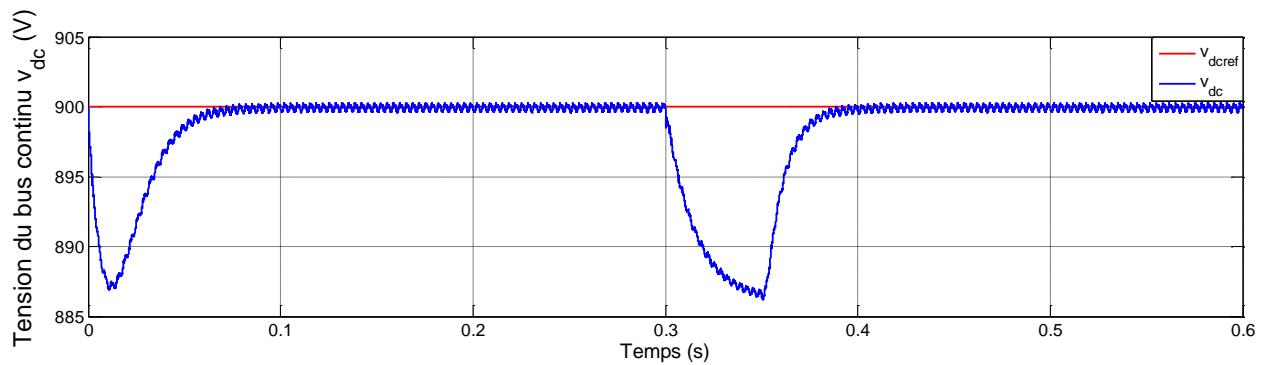


Figure (IV.17) : Tension du bus continu lors d'un creux de $t=0.3\text{s}$ à $t=0.35\text{s}$

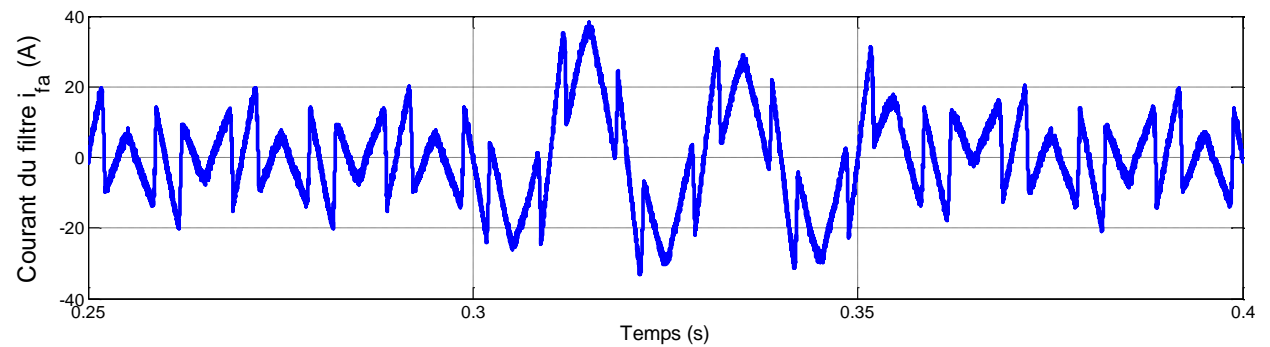


Figure (IV.18) : Réponses du FAP lors d'un creux de $t=0.3\text{s}$ à $t=0.35\text{s}$, Courant injecté de la première phase

		Facteurs			
		THDi (%)	THDv (%)	Dépassement	Temps de réponse (s)
Commande par hystérésis	SRF	1.84	0.91	+	0.14
	PQ	1.62	0.88	+	0.09
Commande linéaire	SRF	3.43	1.06	+	0.12
	PQ	3.53	0.95	+	0.08
Commande par mode glissant	SRF	3.11	0.87	-	0.12
	PQ	3.07	0.84	-	0.08
Commande par PI-mode glissant	SRF	0.98	0.66	+	0.1
	PQ	0.82	0.64	+	0.11
Commande par Retour d'état linéarisant	SRF	2.82	0.70	-	0.08
	PQ	2.75	0.63	-	0.06
Commande par PI-Retour d'état linéarisant	SRF	0.83	0.60	+	0.1
	PQ	0.69	0.53	+	0.12

Tableau (IV.1) : Récapitulatif des résultats de simulation

IV.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les bases théoriques de la commande par retour d'état linéarisant. L'idée est de transformer un système en un système linéaire. Ensuite nous avons appliqué cette méthode de commande sur l'UPQC.

Les résultats de simulation montrent que la méthode de commande par linéarisation au sens des entrées-sorties est bien adaptée aux problèmes de régulation et de poursuite de la référence. L'application de cette méthode pour la commande de l'UPQC offre de meilleurs résultats par rapport aux autres techniques de commande.

Afin d'améliorer encore mieux la qualité de filtrage, nous avons fait une commande hybride PI-retour d'état linéarisant. Selon les simulations faites sur cette dernière, une très nette amélioration en terme de THDi est enregistrée.

En fin un tableau comparatif a été dressé pour résumer les différentes stratégies de contrôle utilisées pour la commande de l'UPQC, Où apparait la prédominance des commandes hybrides par rapport aux autres techniques au niveau de THD.

Conclusion générale

L'étude bibliographique montre que l'UPQC représente une solution efficace pour la compensation de tous les types de perturbation. Dans cette perspective, ce mémoire a été consacré à l'étude des différentes stratégies destinées à la commande de l'UPQC.

La première partie du premier chapitre a été consacré à la problématique des perturbations harmoniques générées par les charges non linéaires. En outre, les origines et les effets néfastes de ces perturbations ont été abordés et les normes en vigueur ont été présentées. Ces normes, notamment imposées aux distributeurs d'énergie, autorisent cependant la génération d'harmoniques dans certaines limites. En outre, le respect de ces normes motive l'étude et le développement de méthodes efficaces pour dépolluer les réseaux électriques. Nous avons alors présenté, de manière générale, les solutions traditionnelles et modernes utilisées en filtrage : filtres passifs et filtres actifs. Dans la deuxième partie une étude détaillée de différentes parties de l'UPQC a été faite. Elle inclue la modélisation et le dimensionnement des paramètres concernant la partie puissance, les méthodes d'identification des harmoniques et les techniques de commande de l'onduleur concernant la partie commande.

Dans la première partie du second chapitre nous avons présenté la commande par hystérésis de l'UPQC. La deuxième partie de ce chapitre a été consacrée à la commande linéaire de l'UPQC. Ceci en utilisant différentes méthodes d'identification des harmoniques à savoir la méthode des puissances active et réactive instantanées (PQ), la méthode du repère synchrone (SRF) et la méthode à base du filtre multi-variable (PQ-FMV)). Les résultats de simulation montrent qu'ils offrent des performances satisfaisantes, notamment la méthode (PQ-FMV) qui, en plus de sa rapidité, a permet d'éliminer le dépassement.

Le troisième chapitre a été consacré à l'étude de la méthode de commande par mode glissant. Cette méthode de commande a prouvé son efficacité dans la commande de l'UPQC en offrant de bons résultats tant au niveau performances qu'en THD. Nous avons fait également un jumelage entre les commandes linéaire et non linéaire, Dans ce cas, les THDs sont nettement améliorés. Ces commandes ont été introduites avec les deux méthodes d'identification PQ et SRF.

Enfin, dans le quatrième chapitre, nous avons présenté la méthode de commande par retour d'état linéarisant. Nous avons appliqué cette méthode de commande pour la commande de l'UPQC. Les résultats de simulation ont montré l'aptitude de cette méthode de réaliser des

performances remarquables dans l'amélioration de la qualité de l'énergie électrique. La combinaison de cette dernière avec un régulateur linéaire de type PI a permis une très nette amélioration de la qualité de filtrage. À partir de l'étude comparative faite à la fin de ce chapitre, les méthodes de commande non-linéaires étudiées dans ce mémoire ont montré leurs hautes performances dans la commande de l'UPQC et la diminution du taux de distorsion harmonique. Selon cette étude également on a constaté la prédominance des commandes hybrides par rapport aux autres techniques en terme de réduction du THD.

Finalement, pour la poursuite de ce travail, les thématiques suivantes nous semblent les plus prometteuses:

- Etude de l'UPQC multi-niveaux
- Utilisation des méthodes modernes d'extraction telle que le filtre de kalman et les réseaux de neurones, méthode des ondelettes ;
- Utilisation des méthodes de commande non-linéaires adaptatives.
- Application des techniques de l'intelligence artificielle dans la commande de l'UPQC.

Annexe C

Paramètres du système

Valeur efficace et la fréquence de la tension de réseau (v_{eff}, f_s)	220 V, 50 Hz
Impédance du réseau (R_s, L_s)	3 mΩ, 2.6 μH
Impédance à l'entrée de la charge polluante (R_l, L_l)	10 mΩ, 0.3 μH
Charge continu du pont diode (R_d, L_d)	15 Ω, 2 mH
Impédance du FAP (R_{fp}, L_{fp})	20 mΩ, 2.5 mH
Impédance du FAS (R_{fs}, L_{fs}, C_{fs})	1.5 Ω, 3 mH, 0.1 mF
Impédance du transformateur d'injection (R_b, L_t, m)	0.1 mΩ, 1.1 μH, 1

Tableau (C.1) : Paramètres du système

Bibliographie

- [1] IEEE-519, IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems, 1992.
- [2] IEC 61000-3-4, Limits: Limitation of Emissions of Harmonic Currents Low-voltage Power Supply Systems for Equipment with Rated Current Greater than 16A, 1998.
- [3] M. A. E. Alali, “Contribution à l'Etude des Compensateurs Actifs des Réseaux Electriques Basse Tension“, Thèse de Doctorat de l'Université Louis Pasteur Strasbourg I, France, 2002.
- [4] M. M. Abdusalam, “Structures et Stratégies de Commande des Filtres Actifs Parallèle et Hybride avec Validations Expérimentales“, Thèse de Doctorat de l'Université Henri Poincaré, Nancy-I, France, 2008.
- [5] B. M. Han, B. H. Cho, S. K. Sul and J. E. Kim, “Unified Power Quality Conditioner for Compensating Voltage Interruption”, Journal of Electrical Engineering & Technology, Vol. 1, No. 4, pp. 503- 512, 2006.
- [6] M. Hosseinpour, Y. Mohamadrezapour, S.Torabzade and M. Amara, “Combined Operation of Unified Power Quality Conditioner and Photovoltaic Array”, Canadian Journal of Applied Sciences, Vol. 9, No. 4, pp. 680- 688, 2009.
- [7] K. Vadirajacharya, P. Agarwal and H.O. Gupta, “Performance Evaluation of CSI-based Unified Power Quality Conditioner Using Artificial Neural Network”, Int. J. Power Electronics, Vol. 1, No. 1, pp. 17- 32, 2008.
- [8] A. Jaya Laxmi, G. Tulasi Ram Das and K. Uma Rao “Role of PI and Fuzzy Controllers in Unified Power Quality Conditioner”, Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol. 2, No. 2, pp. 1- 10, April 2007.
- [9] V. Khadkikar and A. Chandra, “A Novel Structure for Three-Phase Four-Wire Distribution System Utilizing Unified Power Quality Conditioner (UPQC)”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 45, No. 5, pp. 1897- 1902, September/October 2009.

- [10] A. Jaya Laxmi, G.Tulasi Ram Das, K.Uma Rao and K.Rayudu, "Comparison of PI and ANN Control Strategies of Unified Shunt Series Compensator", Power India Conference, New Delhi, 2006.
- [11] C. Benachaiba, O. Abdelkhalek, S. Dib and M. Haidas, "Optimization of Parameters of the Unified Power Quality Conditioner Using Genetic Algorithm Method", Information Technology and Control, Vol. 36, No. 2, pp. 242- 245, 2007.
- [12] H. Djeghloud, "Filtrage Actif de Puissance". Thèse de Doctorat de l'Université Mentouri , Constantine, Algérie, 2007.
- [13] D. O. Abdeslam, "Techniques Neuromimétiques pour la Commande dans les Systèmes Electriques : Application au Filtrage Actif Aarallèle dans les Réseaux Electriques Basse Tension", Thèse de Doctorat de l'Université Henri Poincaré, Nancy-I, France, 2008.
- [14] E. Abderrahim, "Utilisation de la Compensation Série Avancée dans les Réseaux Electriques", Mémoire d'Ingénieur d'État de l'Université Djillali Liabes, Sidi Bel Abbès, Algérie, 2008.
- [15] K. Mohammed, "Commandes Non Linéaires d'un Filtre Actif Parallèle", Mémoire d'Ingénieur d'État de l'Université de M'SILA, M'SILA, Algérie, 2010.
- [16] A. Chaoui, "Filtrage Actif Triphase pour Charges Non Linéaires", Thèse de Doctorat de l'Université de POITIERS, France, 2010.
- [17] S. Chennai, "Etude, Modélisation & Commande des Filtres Actifs : Apport des Techniques de l'Intelligence Artificielle", Thèse de Doctorat de l'Université de Mohamed Khider, Biskra, Algérie, 2013.
- [18] A. Bouatit, "Conception d'un Redresseur Triphasé à Faible Taux de Distorsion Harmonique et à Facteur de Puissance Elevé", Thèse de Maîtrise en Ingénierie de l'Université du Québec À Trois-Rivières, Canada, 2012.
- [19] M. D. Epanya, "Application du Filtrage Actif pour une Mise en Oeuvre de Méthode de Prédiction et de Contrôle d'Harmoniques dans un Réseau de Distribution Electrique", Thèse de Maîtrise en Ingénierie de l'Université du Québec À Trois-Rivières, Canada, 2010.
- [20] M. Bouzidi, "Stratégies de Contrôle Direct de Puissance Associés à des Commandes Non Linéaires d'un Filtre Actif Parallèle Multiniveaux", Thèse de Magister de l'Université de Djillali Liabès, Sidi Bel-Abbès, Algérie, 2010.
- [21] M.A.E. Alali, S. Saadate, M.Machmoum and N.Bruyant, "Stratégies de Dépollution Active des Réseaux Electriques, Parti II : Compensateur Actif Série d'Harmoniques, de Déséquilibre et de Creux de Tension des Réseaux Electriques", Revue Internationale de Génie Electrique, Vol. 4, No. 3, pp. 317-332, 2001.

- [22] S.A.Tadjer, “Etude d’un Système de Compensation d’Harmonique en Utilisant un Générateur Photovoltaïque“, Thèse de Magister de l’Université de M’Hamed Bougara-Boumerdes, Algérie, 2008.
- [23] M. Choukri, “Contribution à l’Etude des Différentes Topologies et Commandes des Filtres Actifs Parallèles à Structure Tension : Modélisation, Simulation et Validation Expérimentale de la Commande”, Thèse de Doctorat de l’Université H. Poincaré, Nancy-I, France, Décembre 2004.
- [24] E. G. Shahraki, “Apport de l’UPFC à l’Amélioration de la Stabilité Transitoire des Réseaux Electriques“, Thèse de Doctorat de l’Université de Henri Poincaré, 2003.
- [25] H. Bahache “Modélisation et Commande des Systèmes de Transmission HVDC“, Mémoire de Master, Université de M’sila, 2011.
- [26] A. Meroufel “Contrôle de la Machine Asynchrone“, Polycopie de Cours, Université Djillali Liabès, Sidi Bel-Abbès, Algérie, 2009.
- [27] D. Lalili, “MLI Vectorielle et Commande Non Linéaire du Bus Continu des Onduleurs Multiniveaux“, Thèse de Doctorat de l’Ecole Nationale Supérieure Polytechnique, Algérie, 2009.
- [28] A. Saibi, “Commande par Régulateurs IP et par Mode de Glissement d’une Machine Synchrones à Double Etoile“, Thèse de Magister de l’Ecole Nationale Polytechnique, Alger, Algérie, 2010.
- [29] V. Utkin, J. Guldner and J. Shi, “Sliding Mode Control in Electromechanical Systems“, 1^{ère} Edition, Taylor and Francis, 1999.
- [30] M. Boudhiaf, “Contribution de l’UPFC à la Stabilisation d’un Réseau Electrique Monomachine 400kV Perturbé“, Thèse de Magister de l’Université Ibn Khaldoun, Tiaret, Algérie, 2007.
- [31] O. Fadli, “Modélisation et Commande Non Linéaire de l’Association : Machine Asynchrone à Aimants Permanents-Onduleur de Tension à Trois Niveaux“, Thèse de Magister de l’Université de Batna, Batna, Algérie, 2006.
- [32] D. Amirouche, “Commande Non Lineaire Adaptative avec Observateurs d’Etat d’une MAS Alimentée en Courant“, Mémoire D’Ingenieur d’état de l’Université de M’sila, Algérie, 2005
- [33] A. Isidori, « Nonlinear Control Systems II », 3^{ème} Edition, Springer, 1999.

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME

DE MASTER EN GENIE ELECTRIQUE

SPECIALITE : COMMANDE DES SYSTEMES ELECTRIQUES

Proposé et dirigé par : **Dr. Said BARKAT**

Présenté par : **M. DAHDOUH Adel**

Thème :

Commande non linéaire d'un UPQC

Résumé

Dans un réseau électrique basse tension, les harmoniques, la puissance réactive, les déséquilibres de courant et de tension, et les creux de tension ont des effets néfastes sur les équipements électriques.

Dans ce mémoire, nous avons abordé le Conditionneur Universel d'Energie Electrique (UPQC : Unified Power Quality Conditionner). Il s'agit d'un système de filtrage actif. formé par deux filtres, l'un raccordé en parallèle (FAP) pour compenser les harmoniques de courant, et l'autre en série (FAS) chargé de compenser les tensions perturbatrices.

C'est la solution la plus efficace permettant la compensation de toutes les perturbations susceptibles d'apparaître dans le réseau électrique. De plus, dans l'objectif d'améliorer la qualité de l'énergie électrique, en la rendant conforme aux nouvelles contraintes normatives, nous avons également été amené à appliquer des méthodes d'automatique avancées. Il s'agit particulièrement de la commande par mode glissant et la commande par retour d'état linéarisant. Ces méthodes ont prouvé leur efficacité en terme de diminution du taux de distorsion harmonique et en terme d'éliminer le dépassement.

Mots clés :

Filtre actif parallèle, Filtre actif série, Conditionneur Universel d'Energie Electrique, Méthodes d'identification des harmoniques, Mode glissant, Retour d'état linéarisant.

N° d'ordre : CSE-158