

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان
Université Aboubakr Belkaïd- Tlemcen –
Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Electrotechnique

Spécialité : Réseaux Electriques & Réseaux Electriques Intelligents

Par : ELAISSOUF Ahmed et KHEBCHI Abderrahim

Etude et simulation d'un Filtre Actif Série

Soutenu publiquement, le **19/06/2016**, devant le jury composé de :

Mr S.M.MELIANI	Maître de Conférences -A-	Univ. Tlemcen	Président
Mr M.A. BRIKCI NIGASSA	Maître Assistant-A-	Univ. Tlemcen	Encadreur
Mr M.C.BENHABIB	Maître de Conférence -A-	Univ. Tlemcen	Examinateur
Mr B.BENYAHIA	Maître de Conférences -A-	Univ. Tlemcen	Examinateur

Remerciements

*Toute notre gratitude, grâce et remerciement vont à **ALLAH** le tout puissant qui nous a donné la force, la patience, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.*

*A l'issue de ce travail, nous voudrions exprimer toute nos reconnaissance à nos encadreur **Mr M.A BRIKCI NIGASSA**, pour leur encouragement, leur conseil et pour sa sollicitude avec laquelle il a suivi et guidé ce travail.*

Nous remercions Mr S.M.MELIANI qui a fait l'honneur de présider et d'examiner notre modeste travail. Sans oublier les membres de jury Mr M.C.BENHABIB et Mr B.BENYAHYA d'être membres de jury.

Toute notre gratitude va à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.

Dédicace

Je dédie cette mémoire à mes chers parents que j'aime plus que tous au monde pour avoir été toujours soucieux de mon avenir, et que DIEU m'encourage à prouver leur aide qu'ils m'ont apportée durant toute ma vie, et que ce travail soit pour eux le symbole de leur soutien.

Et aussi mes sœurs Sarrah & Douaa, et mon frère Réda, ainsi que toute la famille ELAISSOUF & YEBADRI.

San oublie mon binôme abderrahim et mes amis Abdelhamid, Farid, Zakaria, Mohamed... et toute la promo REREI bien sur

Elaissouf Ahmed Younes

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents Mohamed et Radia.

Mes frères Abdellah et Abderrahmen.

Tous les membres de ma famille.

A Tous mes amis et surtout mon binôme Younes.

La promotion 2ème année Master REREI.

Tous qui m'ont encouragé pour finir ce travail.

KHEBCHI Abderrahim

Glossaire

FAS : Filtre Actif Série
 FAP : Filtre Actif Parallèle
 UPQC : unified power quality conditioner
 FPB : filtre passe bas
 FPH : filtre passe haut
 THD : Taux de Distorsion Harmonique
 X_1 : Valeur efficace de tension (courant)
 X_h : Valeur efficace des différentes harmoniques de tension (courant)
 P : puissance active
 Q : puissance réactive
 S : puissance apparente
 D : la puissance de déformante
 F.P : le facteur de puissance
 IGBT : Isolated Gate Bipolar Transformer
 i_s : Courant de la source
 V_s : Tension de la source
 i_{ch} : Courant de la charge
 i_f : Courant injecté par le filtre actif parallèle
 V_{sh} : Tension injecter par le filtre actif série
 V_{dc} : Tension aux bornes du condensateur de l'onduleur
 C_{dc} : Condensateur de stockage
 V_{ref} : Tension de référence
 R_s : Résistance de source
 L_s : Inductance de source
 C_{fs} : Capacité de filtre de sortie
 L_{fs} : Inductance de filtre de sortie
 SRF : théorie du référentiel lié au synchronisme
 PLL : phase locked loop
 V_α, V_β : Tension dans le repère $(\alpha\beta)$
 I_α, I_β : Courant dans le repère $(\alpha\beta)$
 p : Puissance instantanée active
 q : Puissance instantanée réactive
 \bar{p}, \bar{q} : Puissance continue liée à la composante fondamentale active et réactive du courant
 \tilde{p}, \tilde{q} : Puissance alternative liées à la somme des composantes harmonique du courant.
 P_f : puissance instantanée injectée par le compensateur.
 P_c : puissance active consommée par la charge.
 P_s : puissance active délivrée par la source
 ξ : Coefficient d'amortissement
 ω_c : Fréquence de la coupure
 f_c : Fréquence de coupeur

La table des matières

Introduction générale

CHAPITRE I : Qualité de l'énergie dans les réseaux électriques

I.1	Introduction	06
I.2	Perturbations électriques	06
I.2.1	Harmoniques de courant (et/ou) de tension	07
I.2.2	Creux de tension et coupeur brève	09
I.2.3	Déséquilibre du courant et de tension	09
I.2.4	Surtension	10
I.3	Solutions de dépollution des réseaux électriques	12
I.3.1	Solutions de dépollution traditionnelles	12
I.3.2	Solutions de dépollution modernes	13
I.4	Conclusion	18

CHAPITRE II : modélisation de filtre actif série

II.1	Introduction	21
II.2	Description de FAS	22
II.3	Principe de fonctionnement.....	22
II.4	Partie puissance du filtre actif série	24
II.4.1	Onduleur de tension	24
II.4.2	Filtre de sortie L_{fs}, C_{fs}	24
II.4.3	Transformateurs d'injection et protection du F.A.S	25
II.4.4	Système de stockage de l'énergie	25
II.5	Circuit de commande de filtre actif série	26
II.5.1	La commande par hystérésis	26
II.6	l'identification des tensions perturbatrices	27
II.6.1	la méthode des puissances instantanées	28
II.6.2	Régulation de la tension continue	32
II.7	Conclusion	34

CHAPITRE III :Etude et simulation d'un FAS en présence de perturbations coté source

III.1	Introduction.....	38
III.2	Objectifs	38
III.3	Lois de commande	38
III.4	Description de système simulé	41
III.5	Interprétation des résultats de simulation	42
III.5.1	Perturbation harmonique	42
III.5.2	Chute de tension.....	44
III.5.3	Surtension	47
III.5.4	Déséquilibre	49
III.6	Conclusion.....	52

CHAPITRE IV :Etude et simulation d'un FAS en présence de perturbations coté charge

IV.1	Introduction.....	55
IV.2	Objectifs	55
IV.3	Lois de commande	55
IV.4	Description de système à simuler	56
IV.5	Interprétation des résultats de simulation	57
IV.5.1	Perturbation harmonique	57
IV.5.2	Une perturbation harmonique et déséquilibre.....	59
IV.6	Conclusion.....	61

Conclusion générale

Annexe

Bibliographie

Liste des figures

		Page
Chapitre I	Qualité de l'énergie dans les réseaux électriques	
Figure I.1	Filtre passif résonant	13
Figure I.2	Filtre passif amorti	13
Figure I.3	Filtre actif série	14
Figure I.4	Filtre actif parallèle	14
Figure I.5	Combinaison parallèle-série actifs (UPQC)	15
Figure I.6	Filtre actif série en parallèle avec un filtre passif parallèle	16
Figure I.7	Filtre actif série en série avec un filtre passif parallèle	17
Figure I.8	Filtre actif parallèle avec un filtre passif en parallèle	17
Chapitre II	Modélisation de filtre actif série	
Figure II.1	Principe du filtrage actif série	22
Figure II.2	Schéma de principe d'un filtre actif série	22
Figure II.3	Structure générale du filtre actif série	23
Figure II.4	Principe de commande par hystérésis	27
Figure II.5	Commande des interrupteurs par hystérésis	27
Figure II.6	Structure d'un filtre passe bas	30
Figure II.7	Structure d'un filtre passe haut	31
Figure II.8	Le résidu entre le filtre passe bas & filtre passe haut	31
Figure II.9	Structure générale de méthode des puissances instantanées	32
Figure II.10	Boucle de régulation de la tension continue au borne du condensateur	34
Chapitre III	Etude et simulation d'un FAS en présence de perturbations coté source	
Figure III.1	Schéma global du système à base de PLL	40
Figure III.2	système complet la source la charge et le filtre actif série	41
Figure III.3	résultat de simulation d'une perturbation harmonique	42
Figure III.4	résultat de simulation	43
Figure III.5	le taux de distorsion d'harmonique avant et après filtrage	43
Figure III.6	résultat de simulation à une chute de tension (80 volt)	45
Figure III.7	résultat de simulation de chute de tension	46

Figure III.8	le taux de distorsion d'harmonique avant et après filtrage	46
Figure III.9	résultat de simulation d'une surtension	47
Figure III.10	résultat de simulation d'une surtension (après filtrage)	48
Figure III.11	le taux de distorsion d'harmonique avant et après filtrage	48
Figure III.12	résultat de simulation d'un déséquilibre	49
Figure III.13	résultat de simulation d'un déséquilibre	50
Figure III.14	le taux de distorsion d'harmonique avant après filtrage	51
Figure III.15	La tension continue V_{dc}	51
Chapitre IV	Etude et simulation d'un FAS en présence de perturbations coté charge	
Figure IV.1	système complet la source la charge(RC) et le filtre actif série	56
Figure IV.2	résultat de simulation d'une charge harmonique	57
Figure IV.3	résultat de simulation	58
Figure IV.4	le taux de distorsion d'harmonique avant et après filtrage	59
Figure IV.5	résultat de simulation d'une perturbation harmonique et déséquilibre	60
Figure IV.6	résultat de simulation	60
Figure IV.7	le taux de distorsion d'harmonique avant et après filtrage	61
Figure IV.8	La tension continue V_{dc}	61

Introduction Générale

Les réseaux électriques possèdent dans le cas idéal des tensions et des courants de forme sinusoïdale à la fréquence fondamentale du réseau. Cependant, selon des études publiées dans la littérature, nous constatons que la qualité de l'onde électrique est loin d'être parfaite.

Le problème principal parmi les défauts, est la présence de courants harmoniques produits par les charges non linéaires.

La propagation de ces courants à travers les différentes impédances du réseau crée des tensions harmoniques qui se superposent à la tension fondamentale. Les tensions déformées résultantes ont des effets néfastes sur les équipements de puissance, les dispositifs de commande et de surveillance, les circuits de protection et sur les charges sensibles aux harmoniques. [28]

Pour diminuer ou supprimer ces perturbations et ainsi améliorer la qualité de l'énergie distribuée, plusieurs solutions existent parmi ces solutions les dispositifs de filtrage actif de puissance.

L'utilisation de dispositifs de filtrage tels que les filtres passifs dits résonnants et/ou amortis peut ainsi empêcher les courants harmoniques de se propager dans les réseaux électriques. Ils peuvent également être utilisés pour compenser la puissance réactive.

On se propose de faire une étude sur les filtres série qui devrait se comporter comme un générateur de tension qui impose une tension harmonique telle que, additionnée à celle du réseau, la tension au point de connexion soit rendue sinusoïdale. [5]

Le travail présenté dans ce mémoire consiste en l'étude et simulation d'un filtre actif série, pour compenser les tensions perturbatrices (chute de tension, déséquilibre, harmoniques de tension) venant de la source est également à celle provoqués par la

circulation des courant perturbateurs à travers l'impédance de source, et généralement le filtre actif série est une solution pour protéger les charges sensibles contre les perturbations de tension du réseau électrique.

Nous mémoire se décline en quatre chapitres :

- Le premier présente une rétrospective des perturbations dans les réseaux électrique ainsi que les solutions pour y remédier quel soient conventionnel ou non.
- Le second illustre de façon détaillé les fonctions et composant des deux circuits de puissance et de commande. La partie relative à identification des tension de référence sera aussi présentée.
- Le troisième chapitre contiendra l'étude et la simulation d'un filtre actif série soumis à quatre types de perturbation de type tension coté source.
- Le quatrième chapitre contiendra aussi l'étude et la simulation d'un filtre actif de puissance série soumis cette fois-ci à deux type de perturbation de type tension coté charge.

CHAPITRE I

Qualité de l'énergie dans les réseaux électriques

CHAPITRE I : Qualité de l'énergie dans les réseaux électriques

I.1	Introduction	06
I.2	Perturbations électriques	06
I.2.1	Harmoniques de courant (et/ou) de tension	07
I.2.2	Creux de tension et coupeur brève	09
I.2.3	Déséquilibre du courant et de tension	09
I.2.4	Surtension	10
I.3	Solutions de dépollution des réseaux électriques	12
I.3.1	Solutions de dépollution traditionnelles	12
I.3.2	Solutions de dépollution modernes	13
I.4	Conclusion	18

I.1 Introduction

Les réseaux électriques de puissance ont pour missions de fournir de l'énergie aux charges connectées par l'intermédiaire des tensions qu'ils maintiennent à leurs bornes. Il apparaît évident que la qualité de cette énergie dépend de celle de la tension au point de livraison ainsi que des types de charges connectées en plus des effets des différentes perturbations pouvant apparaître dans le réseau. Ses perturbations pouvant être de nature tension ou courants, tel que :

Les perturbations de tension peuvent se manifester dû au passage des courants perturbateurs comme les courants harmoniques, déséquilibrés et réactifs ainsi que lors de perturbations de tension causées par des tensions perturbatrices comme les tensions harmoniques, déséquilibrées et creux de tension.

Ces types de perturbations ont des effets très néfastes sur les équipements électriques. Ces effets peuvent aller des échauffements importants jusqu'à la destruction totale des machines tournantes.

I.2 Perturbations électriques

La qualité de l'énergie électrique est étroitement liée à différents paramètres, principalement la qualité de l'onde de tension, laquelle est caractérisée par les paramètres suivants : [3]

- La fréquence ;
- L'amplitude des trois tensions ;
- La forme d'onde qui doit être la plus proche possible d'une sinusoïde.
- Un système triphasé, caractérisée par l'égalité des modules des trois tensions et de leur déphasage.

I.2.1 Harmoniques de courant (et/ou) de tension

Les harmoniques sont des perturbations qui affectent considérablement la forme d'onde de tension et courant du réseau. [4]

I.2.1.1 Sources des harmoniques :

Les principales sources perturbatrices à l'origine des harmoniques sont les appareils d'éclairage, informatiques, domestiques (téléviseurs, appareils électroménagers en grand nombre) ainsi que les arcs électriques et tous les convertisseurs statiques raccordés aux réseaux (redresseurs, onduleurs, ...). Tous ces systèmes contribuent à la pollution harmonique du réseau auquel ils sont connectés.

I.2.1.2 Effets des harmoniques :

La présence d'harmoniques de courant ou de tension conduit à des effets néfastes sur le réseau de distribution, comme par exemple :[5]

- L'échauffement des conducteurs, câbles, condensateurs et machines dues aux pertes cuivre et fer supplémentaires ;
- L'interférence avec les réseaux de télécommunication, causée par le couplage électromagnétique entre les réseaux électriques et les réseaux de télécommunication qui peut induire dans ces derniers des bruits importants ;
- Le dysfonctionnement de certains équipements électriques comme les dispositifs de commande et de régulation ;
- La dégradation de la précision des appareils de mesure.

I.2.1.3 Taux de distorsion harmoniques :

Différents critères sont définis pour caractériser ce type de perturbation. Le THD (Taux de Distorsion Harmonique) et le facteur de puissance sont les plus employés pour quantifier respectivement les perturbations harmoniques et la consommation de puissance réactive. [1]

Le THD représente le rapport de la valeur efficace des harmoniques à la valeur efficace du fondamental. Il est défini par la relation :

$$\text{THD} = \sqrt{\frac{\sum_h^\infty X_h^2}{X_1^2}} * 100 \% \quad (\text{I.1})$$

Avec X_1 la valeur efficace du courant/tension fondamental et X_h les valeurs efficaces des différentes harmoniques du courant/tension.

En général, les harmoniques pris en compte dans un réseau électrique sont inférieurs à 2500 Hz, ce qui correspond au domaine des perturbations basses fréquences au sens de la normalisation. Les harmoniques de fréquence plus élevée sont fortement atténués par la présence des inductances de lignes. [3]

I.2.1.4 Facteur de puissance :

Pour un signal sinusoïdal, le facteur de puissance est donné par le rapport entre la puissance active P et la puissance apparente S . Les générateurs, les transformateurs, les lignes de transport et les appareils de contrôle et de mesure sont dimensionnés pour la tension et le courant nominaux.

Une faible valeur du facteur de puissance se traduit par une mauvaise utilisation de ces équipements. [6] [21]

Dans le cas où il y a des harmoniques, le facteur de puissance est dégradé, une puissance supplémentaire appelée : « Puissance Déformante (D) » est ajoutée : [3]

$$D = 3V_1 \sqrt{\sum_{h=2}^{50} I_h^2} \quad (\text{I.2})$$

Le facteur de puissance (F.P.) devient :

$$F.P. = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}} \quad (\text{I.3})$$

I.2.2 Creux de tension

Un creux de tension est une diminution de l'amplitude de la tension (de 10% à 90%) de la tension nominale pendant un temps allant de 10 ms à quelques secondes. Cette baisse d'amplitude peut dépasser les 90% de la tension nominale, il s'agit alors d'une coupure brève. [4]

I.2.2.1 Sources des creux de tension :

Ceux provenant du fonctionnement d'appareils à charge fluctuante ou de la mise en service d'appareils appelant un courant élevé au démarrage (moteurs, transformateurs, ...etc.), ceux liés aux phénomènes aléatoires, comme la foudre ou tous les courts-circuits accidentels sur les réseaux de distribution, ou les réseaux internes des clients (défaut d'isolation, câbles touché). [1]

I.2.2.2 Effets des creux de tension :

En effet, ce type de perturbation peut causer des dégradations de fonctionnement des équipements électriques qui peuvent aller jusqu'à la destruction totale de ces équipements. Il a aussi comme effets des perturbations sur les couples pour les machines tournants, perturbation d'appareillage électronique, pannes brusques, ... [1] [6]

I.2.3 Déséquilibre du courant et de tension

I.2.3.1 Sources du déséquilibre [1] [3] [4] :

On dit qu'il y a déséquilibre dans un réseau, lorsqu'on enregistre en régime permanent, des asymétries d'amplitudes et/ou de déphasages des tensions de phases. Ce type de perturbation est causé essentiellement par :

- les asymétries d'impédances des lignes du réseau ou des charges, et aussi lors des courts-circuits monophasés ou biphasés.
- Des perturbations dans les machines tournantes (des échauffements).
- La circulation de courants non équilibrés dans les impédances du réseau.

I.2.3.2 Effets du déséquilibre :

Le déséquilibre d'une installation triphasée peut entraîner un dysfonctionnement des appareils basses tensions connectés :

- Mauvais fonctionnement d'un appareil monophasé alimenté par une tension très faible.
- Destruction d'un appareil monophasé alimenté par une tension trop élevée, il peut être détruit (claquage par surtension). [1]

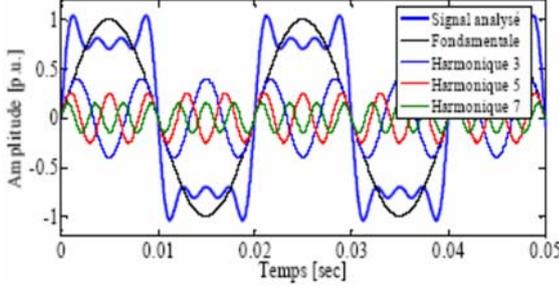
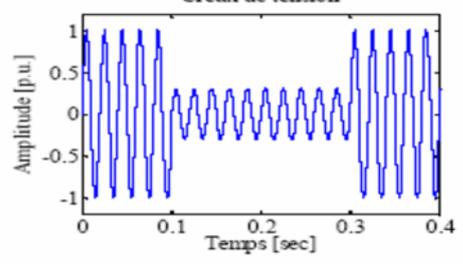
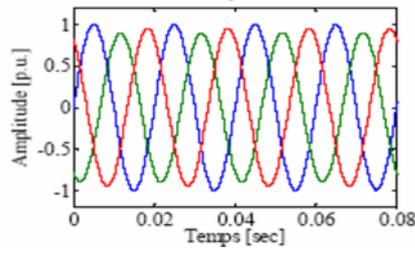
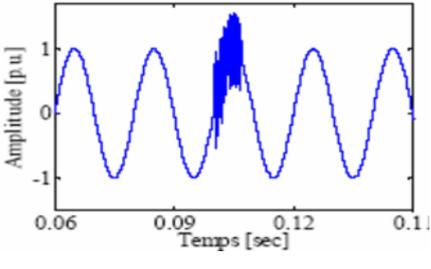
I.2.4 Surtension

Les surtensions correspondent à des augmentations de l'amplitude de la tension de 1,1 pu à 1,8 pu. Les surtensions sont moins fréquentes que les creux de tension et sont généralement causé par des courts circuits dans les systèmes à neutre isolé qui engendrent à la fois des creux de tension et des surtensions. [7]

I.2.4.1 Sources des surtensions :

Des surtensions peuvent également être provoquées par des phénomènes d'origine atmosphérique (foudre), par des déclenchements de charges importantes, par des mauvais fonctionnements de régulateurs de tensions, par des manœuvres sur le réseau. Ce type de surtensions se caractérise généralement par une durée très brève et s'assimile le plus souvent à des transitoires. [8]

Tableau. I.1 l'ensemble des principales perturbations électrique. [8]

Types de Perturbations	Amplitude	origine	conséquence
<p>Perturbation harmonique</p>  <p>Harmoniques</p>	0-20%	Charges non linéaires et fluctuantes (fours à arc, soudeuses, éoliennes)	Echauffements, vieillissements, pertes supplémentaires, troubles fonctionnels
<p>Creux de tension</p>  <p>Creux de tension</p>	0.1-0.9 pu	Courts-circuits, démarrage de gros moteurs, saturation des transformateurs.	Arrêts d'équipement, pertes de production.
<p>Déséquilibre</p>  <p>Déséquilibre</p>		Charges asymétriques ou monophasées.	Echauffements des machines tournantes, vibrations.
<p>Surtension</p>  <p>Surtensions</p>	1.1-1.8 pu	Courts-circuits, débranchement des charges importantes.	Déclenchements, dangers pour les personnes et pour les matériels.

I.3 Solution de dépollution des réseaux électriques

Il existe différentes méthodes de dépollution pour compenser toutes les perturbations des réseaux électriques :

- Les solutions traditionnelles (filtres passifs) qui sont les plus utilisés
- Les solutions modernes (filtres actifs de puissance).

I.3.1 Solutions de dépollution traditionnelles

I.3.1.1 Filtres passifs :

Il s'agit des premiers dispositifs utilisés pour l'élimination de certains ordres harmoniques. Composés d'éléments passifs (inductances, condensateurs et résistances). En général, ils sont connectés en parallèle avec les charges génératrices d'harmoniques (les redresseurs à diodes ou à thyristors, fours à arcs électriques, ...) [3]

La fonction d'un filtre passif consiste à piéger les harmoniques (ordres spécifique) pour empêcher qu'ils ne se propagent dans le reste du réseau. Les filtres passifs peuvent être classés selon leur mode de raccordement au circuit principal, et les fréquences de leur résonance.

I.3.1.2 Principe des filtres passifs [12] :

Le principe du filtrage passif consiste à insérer en amont de la charge, un ou plusieurs circuits accordés sur l'ordre harmonique à rejeter. Ainsi pour filtrer un signal à une fréquence particulière, un filtre résonnant série est placé en parallèle sur le réseau (figure I.1). Cependant, ce type de filtre est très sélectif.

Pour atténuer toute une bande de fréquences, un filtre passif amorti du second ordre (figure I.2) est préférable. Le dimensionnement de ces filtres dépend des harmoniques à éliminer, des performances exigées, de la structure du réseau et de la nature des récepteurs. Par cette technique, il est en général plus aisé de rejeter les harmoniques de rang élevé que celles de rang faible. [12]

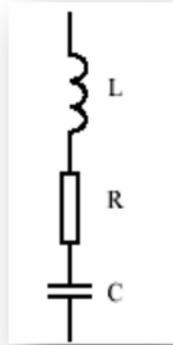


Figure I.1 Filtre passif résonant

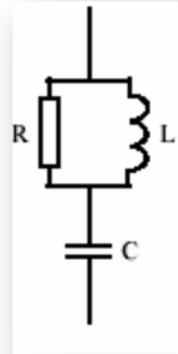


Figure I.2 Filtre passif amorti

I.3.2 Solutions de dépollution modernes

I.3.2.1 Les filtres actifs :

Ces solutions sont proposées comme des solutions efficaces de dépollution des réseaux électriques.

Le filtre actif est connecté au réseau soit en parallèle (FAP), soit en série (FAS) suivant qu'il soit conçu respectivement pour compenser les courants ou les tensions harmoniques, soit associé à des filtres passifs pour constituer ce qu'on appelle les filtres hybrides. [1] [3]

- a. Principe de fonctionnement des filtres actifs série:** Le filtre actif série se comporte dans ce cas, comme une source de tension qui s'oppose aux tensions perturbatrices (creux, déséquilibre, harmonique) venant de la source et également à celles provoquées par la circulation des courants perturbateurs à travers l'impédance du réseau. Ainsi la tension aux bornes de la charge à protéger est purement sinusoïdale

Le filtre actif Série (F.A.S) est une solution adaptée à la compensation des tensions perturbatrices, harmoniques, déséquilibrées et des creux de tension. Ces perturbations trouvent généralement leurs origines dans le réseau lui-même mais peuvent parfois être provoquées par les charges elles-mêmes. [1] [3]

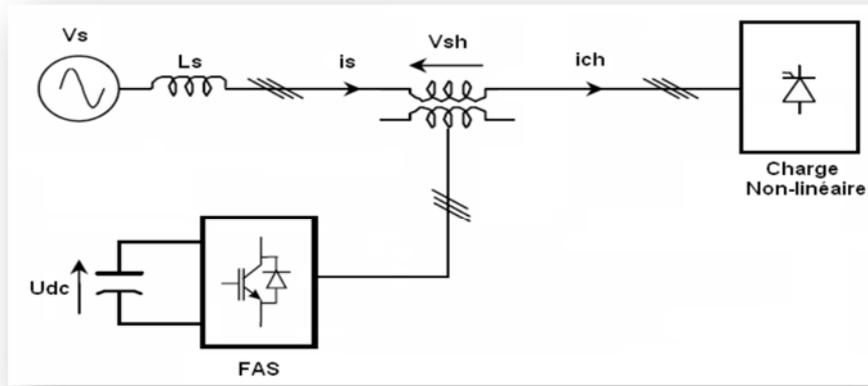


Figure I.3 Filtre actif série [3]

- b. Principe de fonctionnement d'un filtre actif parallèle :** Le filtre actif parallèle peut être considéré comme un compensateur de courants harmoniques pour le réseau dans lequel il est branché. En effet, il empêche la circulation des harmoniques des courants pollués générés par les charges non linéaires du réseau en fournissant les mêmes types de courants harmoniques perturbateurs, mais en opposition de phase ; de sorte que le courant côté réseau reste équilibré et sinusoïdal. [9]

Ainsi l'objectif du filtre actif parallèle (F.A.P) consiste à empêcher les courants perturbateurs (harmoniques, réactifs et déséquilibrés), produits par des charges polluantes, de circuler à travers l'impédance du réseau, située en amont du point de connexion du filtre actif. [1] [3]

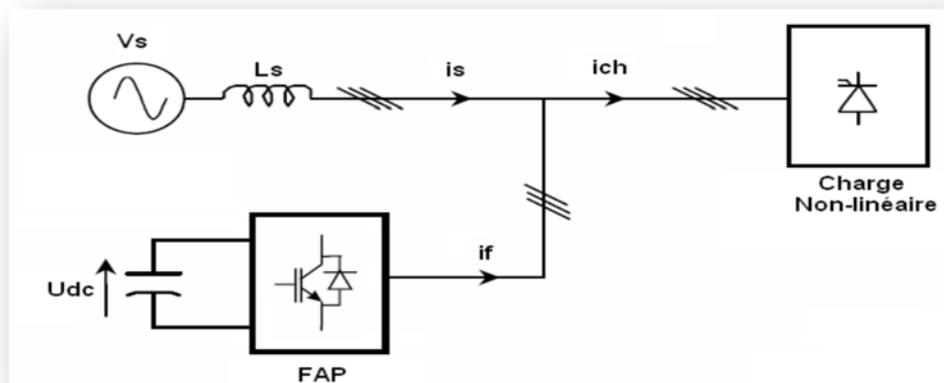


Figure I.4 Filtre actif parallèle [3]

- c. **Combinaison parallèle-série de filtres actifs « UPQC, Unified Power Quality Conditioner »** : C'est une solution de compensation universelle basée sur le fonctionnement simultané des filtres actifs parallèle et série. L'UPQC possède les avantages cumulés de ses deux filtres actifs. [1] [3] [4]

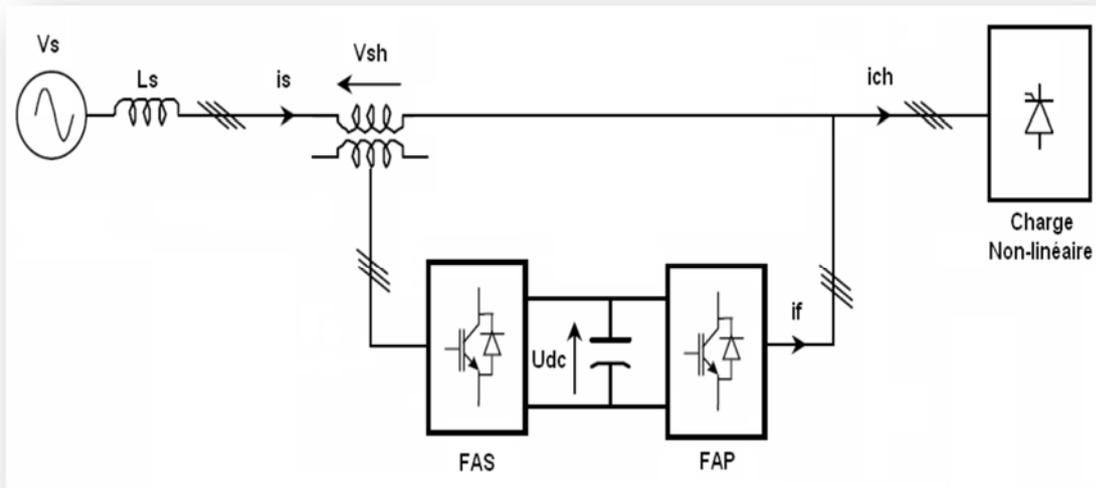


Figure I.5 Combinaison parallèle-série actifs (UPQC) [3]

- d. **Filtre hybride** : Le filtre hybride est une topologie qui combine les filtres passifs et actifs. Pour cette raison, il est considéré comme l'une des meilleures solutions pour filtrer les harmoniques de courant des réseaux de distribution. Une des principales raisons de l'utilisation du filtre actif hybride est liée au développement des semi-conducteurs de puissance tels que les transistors de puissance de types MOSFET ou IGBT.

De plus, du point de vue économique, le filtre hybride présente un atout majeur: il permet de réduire le coût du filtre actif, actuellement l'obstacle majeur à l'utilisation de filtres actifs. [5]

Plusieurs configurations existent dans la bibliographie :

- Le filtre actif série connecté en série avec des filtres passifs parallèles.
- Le filtre actif série avec des filtres passifs parallèles.
- Le filtre actif parallèle avec un filtre passif parallèle.

d.1 Filtre actif série en parallèle avec un Filtre passif parallèle : Une solution traditionnelle à l'atténuation des problèmes d'harmoniques est l'utilisation de filtres passifs.

La figure I.6 montre une charge non linéaire et un filtre passif parallèle connecté au réseau, l'objectif de ce filtre passif parallèle est d'éliminer certains ordres harmoniques de courants générés par la charge non linéaire. [1] [3] [22]

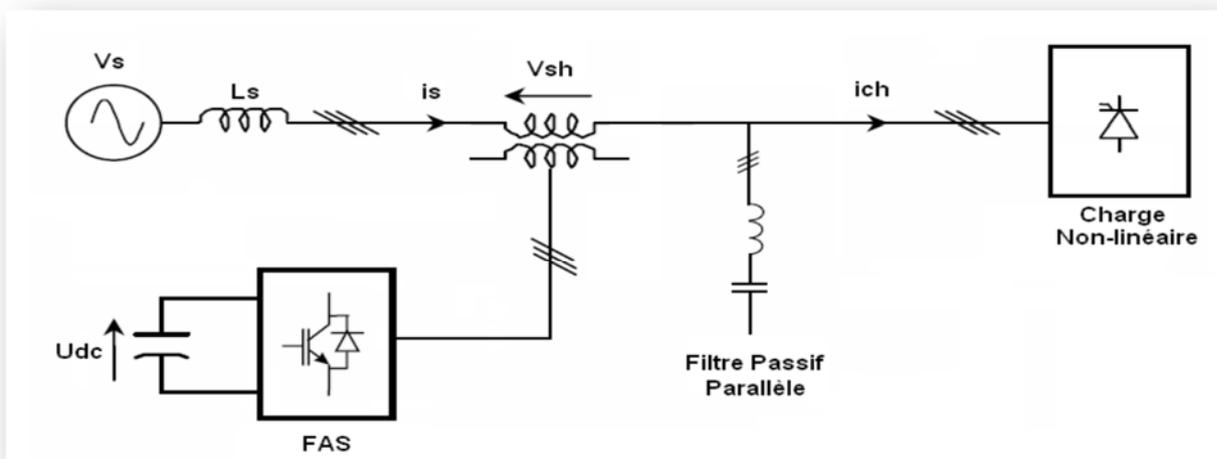


Figure I.6 Filtre actif série en parallèle avec un filtre passif parallèle [3]

d.2 Filtre actif série en série avec un Filtre passif parallèle : Ce paragraphe présente un système combiné d'un filtre passif et un filtre actif série, qui sont connectés en série l'un avec l'autre. Le filtre passif supprime certains ordres des courants harmoniques produits par la charge. Par conséquent, le filtre actif est de dimensionnement plus réduit par rapport au filtre actif classique.

Le schéma de principe de cette configuration est représenté par la Figure I.7, c'est pratiquement la même configuration que la précédente avec l'avantage de réduire encore le dimensionnement du filtre actif série car le courant qui le traverse est plus

faible. De plus, le filtre actif série est à l'abri d'un éventuel court-circuit de la charge. [10] [3].

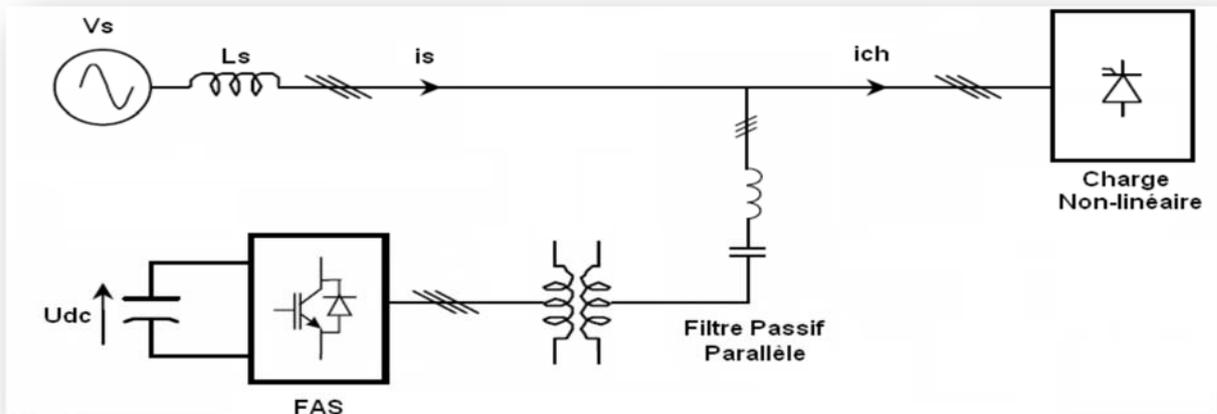


Figure I.7 Filtre actif série en série avec un filtre passif parallèle [3]

d.3 Filtre actif parallèle avec un Filtre passif parallèle : Dans ce type de combinaison, le filtre actif est connecté en parallèle avec le filtre passif. Tous deux sont également en parallèle avec la charge. Le filtre actif parallèle sert à compenser les courants harmoniques émis par la charge polluante alors que le filtre passif compense ceux accordé sur une fréquence harmonique spécifique ce qui permet de compenser les harmoniques aux hautes fréquences. [3] [5]

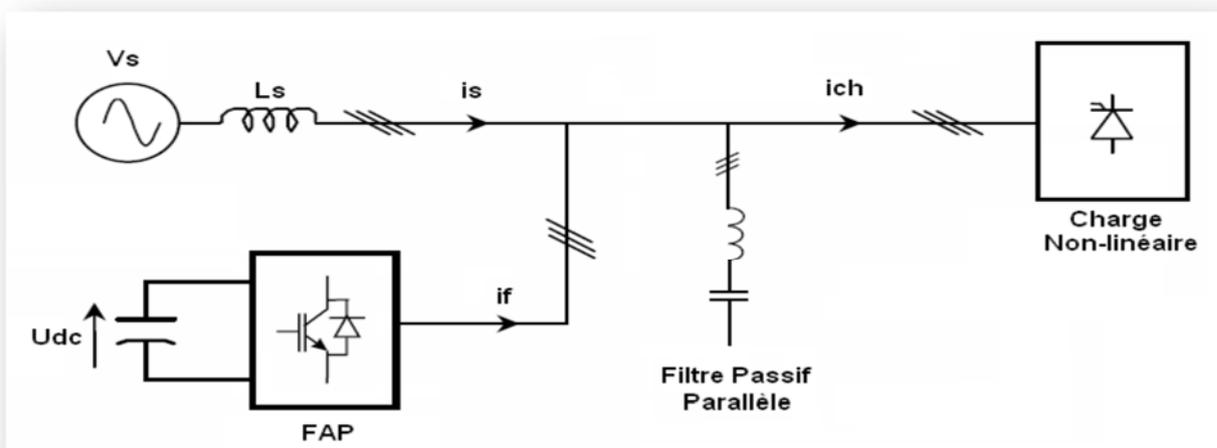


Figure I.8 Filtre actif parallèle avec un filtre passif en parallèle [3]

I.4 conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté différents types de perturbations qui influencent sur l'onde de tension du réseau électrique ainsi que les différentes sources de ces perturbations et leur effets qui peuvent aller du simple échauffement, de la dégradation du fonctionnement jusqu'à la destruction totale de ces équipements.

Plusieurs solutions traditionnelles et modernes de dépollution ont été présentées qu'elles soient de types parallèles ou série ainsi que leur combinaison, sont étudiées pour la compensation de tous les types de perturbation possible dans un réseau électrique.

Le filtre actif parallèle est dédié pour la compensation de toutes les perturbations de courant comme les harmoniques, les déséquilibres et la puissance réactive. Par contre, le filtre actif série est destiné à compenser toutes les perturbations de types tension comme les harmoniques, les déséquilibres et les creux de tension.

La combinaison parallèle-série actifs est une solution universelle pour compenser toutes les perturbations en courant et tension.

D'autres solutions de dépollution consistent à associer des filtres actifs et passifs aux filtres actifs, ce sont les filtres hybrides qui permettent de trouver un compromis entre l'efficacité de la compensation et le coût.

On se propose pour le deuxième chapitre de le consacrer à l'étude de commande et simulation de filtre actif série.

CHAPITRE II
Modélisation du Filtre Actif Série

CHAPITRE II : modélisation de filtre actif série

II.1	Introduction	21
II.2	Description de FAS	22
II.3	Principe de fonctionnement.....	22
II.4	Partie puissance du filtre actif série	24
II.4.1	Onduleur de tension	24
II.4.2	Filtre de sortie L_{fs}, C_{fs}	24
II.4.3	Transformateurs d'injection et protection du F.A.S	25
II.4.4	Système de stockage de l'énergie	25
II.5	Circuit de commande de filtre actif série	26
II.5.1	La commande par hystérésis	26
II.6	l'identification des tensions perturbatrices	27
II.6.1	la méthode des puissances instantanées	28
II.6.2	Régulation de la tension continue	32
II.7	Conclusion	34

II.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre est d'étudier la structure général d'un filtre actif série « FAS » ainsi que sa commande adapté à l'objectif souhaité. En vue de dépolluer les réseaux électriques de toutes perturbations de type tension.

Dans un premier temps, on présentera les composants d'un filtre actif série connecté avec le réseau électrique, ainsi que la description de son principe de fonctionnement. Il s'en suivra, par la description de la partie puissance et commande.

La présentation de la partie puissance comprendra quatre éléments principaux à savoir : l'onduleur de tension, le filtre de sortie, transformateur triphasé monophasé, qui seront détaillé et l'élément de stockage, et pour la partie commande on utilisera la méthode hystérésis pour la commande de l'onduleur, après la même chose pour l'identification des tensions de références en travaillant principalement avec la méthode des puissances instantanées.

II.2 Description d'un FAS

Le filtre actif série, est une source de tension contrôlée placée en série entre le réseau et la charge sensible à protéger. Cette source de tension correspond à un onduleur triphasé avec un filtre LC de sortie (qui sert à filtrer les harmoniques de commutation de l'onduleur) connectés au réseau au travers de trois transformateurs monophasés d'injection de tension.

Du côté continu de l'onduleur on dispose d'un système de stockage d'énergie sous forme de source de tension continue, qui fournit l'énergie nécessaire pour compenser les perturbations de la tension du réseau. Le système de stockage souvent utilisé est basé sur un condensateur dont la tension peut être réglée. [1] [13]

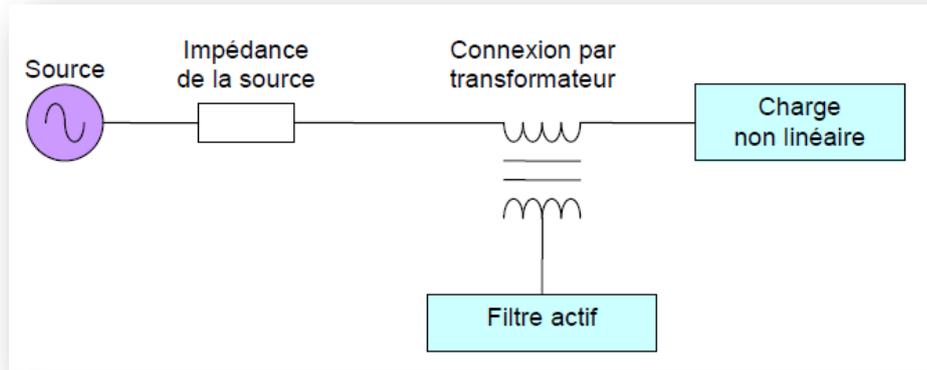


Figure II.1 Principe du filtrage actif série [13]

II.3 Principe de fonctionnement

Le filtre actif série se comporte comme une source de tension qui s'oppose aux tensions perturbatrices (creux, déséquilibre, harmonique) venant de la source et également à celles provoquées par la circulation des courants perturbateurs à travers l'impédance du réseau. Ainsi la tension aux bornes de la charge à protéger est purement sinusoïdale. [11]

Pour ce faire, il faut premièrement identifier la tension de source (v_{s1} , v_{s2} , v_{s3}) pour pouvoir connaître les tensions harmoniques (v_{c1} , v_{c2} , v_{c3}) qu'il faut ajouter pour avoir la tension de la charge sinusoïdale (v_{ch1} , v_{ch2} , v_{ch3}). [3]

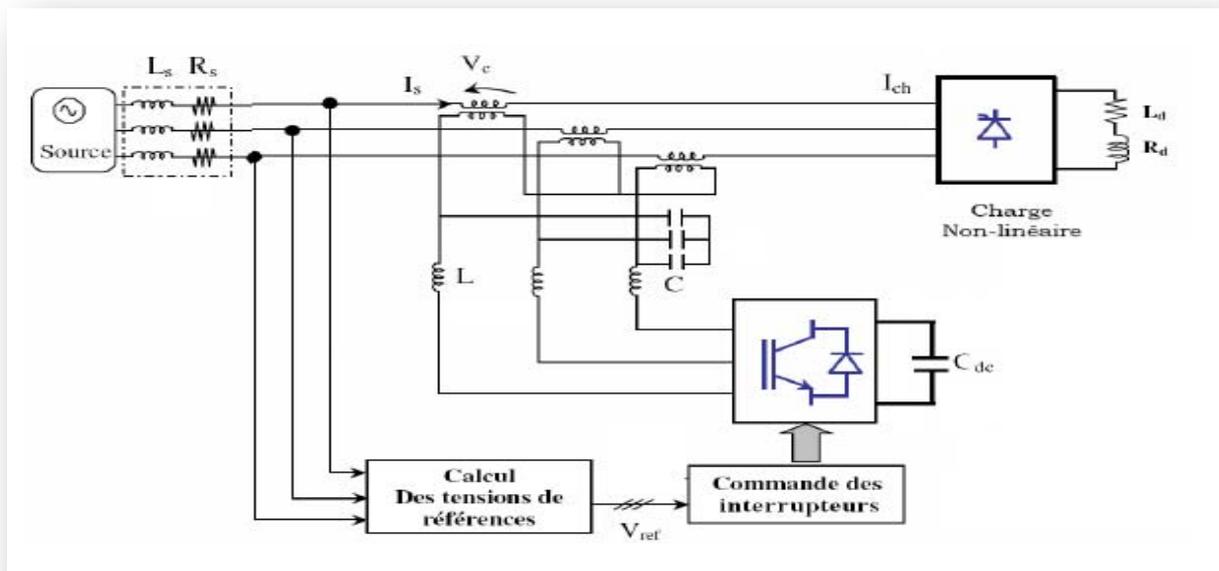


Figure II.2 Schéma de principe d'un filtre actif série [11]

Les deux circuits que ce soit celui de la commande ou de puissance sont définis comme suit :

- **Circuit de puissance :**

- Onduleur de tension à base d'interrupteurs de puissance, commandé à l'ouverture et à la fermeture (IGBT, GTO, ...etc.) ;
- Élément de stockage d'énergie avec un système d'alimentation DC ;
- Filtre de sortie ;
- Trois transformateurs monophasés d'injection de tension.

- **Circuit de Commande :**

- Identification des tensions perturbées ;
- Commande de l'onduleur de tension ;
- Régulation de la tension injectée dans le réseau à partir de l'onduleur de tension.

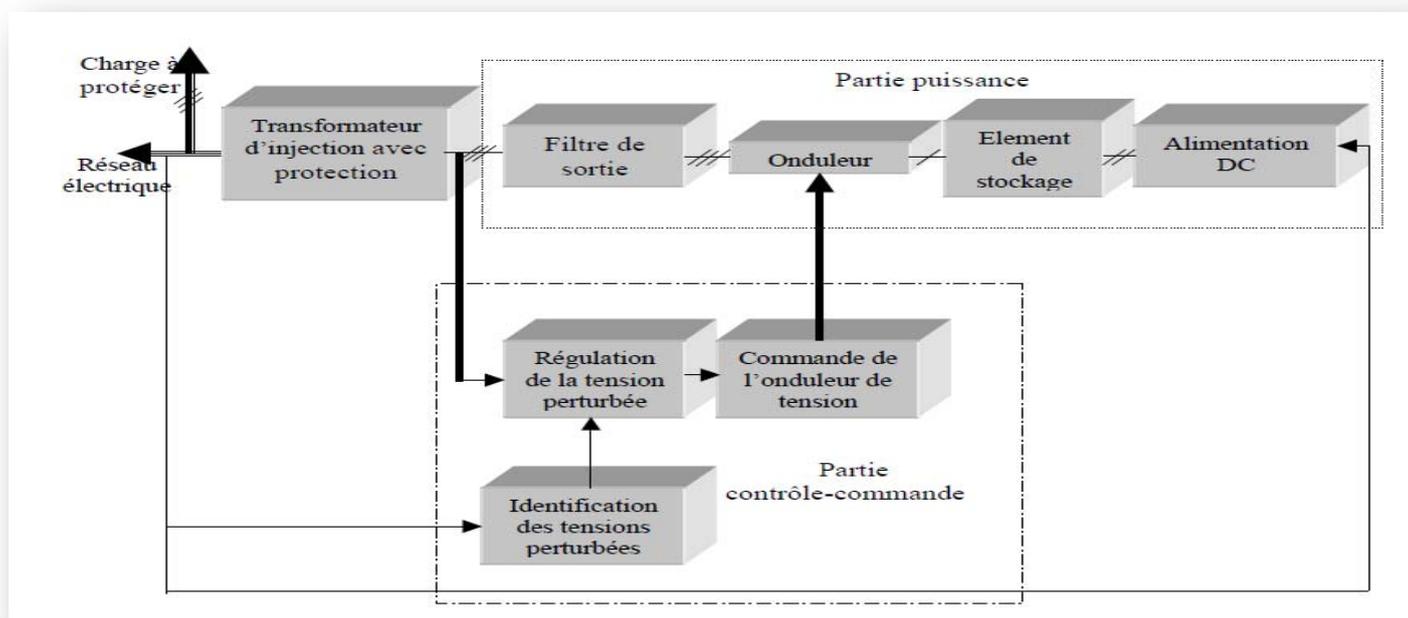


Figure. II.3 Structure générale du filtre actif série [23]

II.4 Partie puissance du filtre actif série

Il est question de détailler les éléments constitutifs de la partie puissance du filtre actif série. Nous commencerons par une étude de l'onduleur en passant par le filtre de sortie et après les transformateurs d'injection de tension et on termine par l'élément de stockage.

II.4.1. Onduleur de tension :

L'onduleur de tension fait l'interface entre deux types de source : une source de courant côté alternatif et une source de tension côté continu. La présence de ces deux sources implique de respecter, certaines règles de fonctionnement :

- La source de tension aux bornes de l'onduleur ne doit jamais être court-circuitée, les deux interrupteurs d'un même bras doivent donc avoir deux commandes complémentaires.
- La source de courant côté alternatif ne doit jamais être en circuit ouvert, le courant circulant doit toujours trouver un chemin libre d'où la mise en antiparallèle de diodes avec les interrupteurs. [1]

L'onduleur de tension employé se compose de six interrupteurs repartis, d'une façon symétrique, sur trois bras à interrupteurs commandés à la fermeture et à l'ouverture (IGBT) avec des diodes en antiparallèle.

II.4.2. Filtre de sortie L_{fs} , C_{fs}

Le filtre de sortie d'un filtre actif série est généralement un filtre passif du deuxième ordre (L_f , C_f), l'ensemble onduleur/filtre de sortie se comportant comme une source de tension, il est placé à la sortie du convertisseur afin d'atténuer les ondulations à hautes fréquences à cause de la commutation et à l'obtention d'une tension de compensation de meilleure qualité, et d'autre part à connecter le filtre actif au réseau électrique. [1] [3]

Ce filtre peut être raccordé de part et d'autre du transformateur de couplage, soit du côté convertisseur ou bien du côté ligne. [17] La relation liant la valeur d'inductance et de la capacité à la fréquence de coupure est donnée par :

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{fs}C_{fs}}} \quad (\text{II-1})$$

II.4.3. Transformateurs d'injection et protection du F.A.S

Les transformateurs d'injection de tension permettent d'injecter en série avec le réseau électrique et avec le taux de transformation souhaité la tension produite par l'onduleur.

Ces transformateurs, considérés comme des transformateurs de courants, permettent de réduire, par leurs taux de transformation, le courant de la charge traversant l'onduleur de tension. [1] [18]

Les désavantages de l'emploi de ces transformateurs sont leurs coûts élevés et la chute de tension occasionnée par leurs inductances de fuite (L, R) pour les systèmes de grande puissance.

Le choix d'un filtre actif série sans transformateur d'injection nécessite l'emploi de trois onduleurs de tension monophasés avec trois sources continues indépendantes, cette solution augmentant l'énergie nécessaire pour compenser les mêmes creux de tension. [3]

II.4.4. Système de stockage de l'énergie :

Le stockage de l'énergie est réalisé côté continu à l'aide d'un système de stockage capacitif, représenté par un condensateur C_{dc} jouant le rôle d'une source de tension continue. [19]

Le choix des paramètres du système de stockage (V_{dc}^* et C_{dc}) a une influence directe sur la dynamique du filtre actif série et sur ses performances de compensation. D'une part, une tension V_{dc}^* élevée améliore la dynamique du filtre actif série.

D'une part, une tension V_{dc} élevée améliore la dynamique du filtre actif série. Une valeur élevée de C_{dc} réduit les ondulations de V_{dc} mais augmente le coût et la taille du filtre actif série. [20]

II.5 Circuit de Commande

On se propose d'étudier les éléments qui constituent la partie commande de filtre actif série.

L'objectif de la commande de l'onduleur est de déterminer les instants d'ouverture et de fermeture des interrupteurs qui le composent de façon à obtenir une tension de sortie synthétisant les perturbations mais en opposition de phase. [13] [14]

II.5.1 La commande par hystérésis

La commande par hystérésis, appelée aussi commande en tout ou rien, est une commande non linéaire qui utilise l'erreur existante entre la tension de référence et la tension produite par l'onduleur. L'erreur est comparée à un gabarit appelé bande d'hystérésis. Dès que l'erreur atteint la bande inférieure ou supérieure, un ordre de commande est envoyé de manière à rester à l'intérieur de la bande.

La simplicité de la mise en œuvre, comme Le montre la Figure I.4 et I.5, est le principal avantage de cette technique. D'autre part, les commutations évoluant librement à l'intérieur de bande d'hystérésis, on ne peut maîtriser correctement le spectre haute fréquence dû aux fréquences de commutations. [5] [13] [15]

Finalement, la rapidité du contrôle par hystérésis donne de meilleures performances dynamiques et statiques. C'est la raison pour laquelle nous avons choisi ce type de commande pour la simulation du filtre actif série.

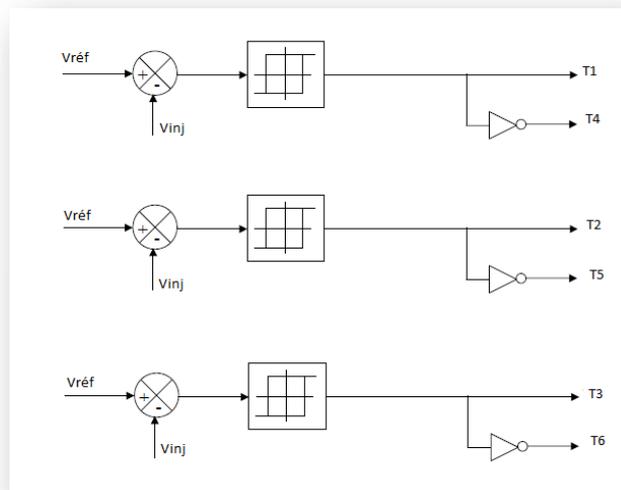


Figure II.4 Principe de commande par hystérésis [5]

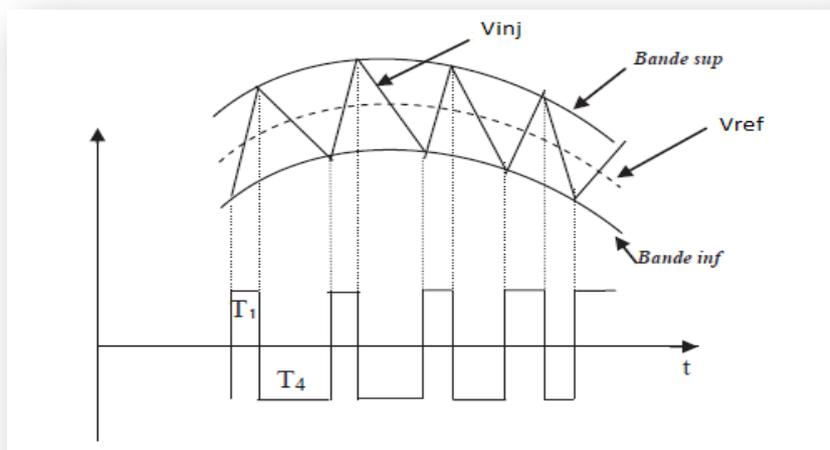


Figure II.5 Commande des interrupteurs par hystérésis [5]

II.6 Identification des tensions perturbatrices

La méthode par la transformée de Fourier dans le domaine fréquentiel qui permet de calculer les harmoniques intéressants avec leurs amplitudes et phases. Les méthodes d'identification sert à calculer les tensions a injectées par l'onduleur pour dépolluer la tension aux bornes de la charge. Ces tensions perturbatrices peuvent représenter suivant le cas d'étude, les tensions déséquilibrées et harmoniques, et les creux de tension. C'est la raison laquelle que plusieurs méthodes ont déjà été proposées dans la littérature parmi eux on peut citer :

- La méthode basée sur l'analyse spectrale du courant de source permet de calculer tous les composants harmoniques contenus dans le courant consommé par la charge. Cette technique présente un inconvénient qui se traduit par : l'importance du nombre d'opérations à effectuer à chaque période d'échantillonnage ce qui va à l'encontre des performances dynamiques. [23]
- par un calcul numérique. Cette approche dans le domaine fréquentiel implique l'utilisation de la transformée de Fourier et de son analyse, ce qui conduit à une énorme quantité de calculs qui rendant la méthode de contrôle très lourde. [24]

Donc la qualité de filtrage réside dans l'efficacité de la méthode utilisée pour l'identification des tensions harmoniques ce qui est le but de cette partie.

II.6.1 Méthode des puissances instantanée

L'algorithme de la théorie de puissances instantanées active et réactive pour le filtre actif série est d'utiliser les valeurs instantanées des tensions et courants mesurés. La méthode des puissances réelle et imaginaire instantanées basée essentiellement sur le principe de la puissance active $p(t)$ et réactive $q(t)$ instantanées a pour but de détermination de la tension fondamentale et de la tension harmonique d'une tension du réseau perturbé. [11]

On note respectivement :

- $(vs1, vs2, vs3)$: Les tensions de la source perturbée ;
- $(ich1, ich2, ich3)$: Les courants de charge de notre système triphasé.

$$V_{S\alpha\beta} = \begin{bmatrix} V_{S\alpha} \\ V_{S\beta} \end{bmatrix} = \sqrt{3/2} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{S1} \\ V_{S2} \\ V_{S3} \end{bmatrix} \quad (\text{II-2})$$

$$i_{L\alpha\beta} = \begin{bmatrix} i_{L\alpha} \\ i_{L\beta} \end{bmatrix} = \sqrt{3/2} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{L1} \\ i_{L2} \\ i_{L3} \end{bmatrix} \quad (\text{II-3})$$

A partir des vecteurs $[v_{s\alpha,\beta}]$ et $[i_{c\alpha,\beta}]$ décrivant le système des tensions et le système des courants dans le repère $(\alpha-\beta)$. On introduit une décomposition de puissances instantanées dans le plan $(\alpha-\beta)$. Les puissances réelle et imaginaire instantanées, notées respectivement p et q , sont définies par la relation suivante :

$$\begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_{L\alpha} & i_{L\beta} \\ i_{L\beta} & -i_{L\alpha} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_{s\alpha} \\ V_{s\beta} \end{bmatrix} \quad (\text{II-4})$$

Ou bien

$$p = i_{L\alpha} \cdot V_{s\alpha} + i_{L\beta} \cdot V_{s\beta} \quad (\text{II-5})$$

$$q = i_{L\beta} \cdot V_{s\alpha} - i_{L\alpha} \cdot V_{s\beta} \quad (\text{II-6})$$

D'autre part, les puissances réelles et imaginaires peuvent être représentées comme suit :

$$\left. \begin{array}{l} p = \tilde{p} + \bar{p} \\ q = \tilde{q} + \bar{q} \end{array} \right\} \quad (\text{II-7})$$

\bar{p} : est une puissance continue liée à la composante fondamentale active de la tension de source.

\bar{q} : est une puissance continue liée à la composante fondamentale réactive de la tension de source.

\tilde{p} et \tilde{q} : sont des puissances alternatives liées à la somme des composantes harmoniques de la tension.

La compensation d'harmoniques par le compensateur actif série se fait par la génération de ces dernières [11] :

$$\left. \begin{aligned} p^* &= \tilde{p} \\ q^* &= \tilde{q} \end{aligned} \right\} \quad (\text{II-8})$$

De la relation (II-7) donnant les puissances réelle et imaginaire instantanées découle l'expression suivante pour les courants :

$$\begin{bmatrix} V_\alpha^* \\ V_\beta^* \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta} \cdot \begin{bmatrix} i_{L\alpha} & i_{L\beta} \\ i_{L\beta} & -i_{L\alpha} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} p^* \\ q^* \end{bmatrix} \quad (\text{II-9})$$

Avec : $\Delta = i_{L\alpha}^2 + i_{L\beta}^2$

On sépare les tensions de charge dans le repère (α - β) en trois composantes active et réactive à la fréquence fondamentale et la somme des harmoniques. Ceci conduit à :

$$\begin{bmatrix} V_\alpha^* \\ V_\beta^* \end{bmatrix} = \underbrace{\frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} i_{L\alpha} & i_{L\beta} \\ i_{L\beta} & -i_{L\alpha} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{p} \\ 0 \end{bmatrix}}_{\text{Tension active}} + \underbrace{\frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} i_{L\alpha} & i_{L\beta} \\ i_{L\beta} & -i_{L\alpha} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ \bar{q} \end{bmatrix}}_{\text{tension réactive}} + \underbrace{\frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} i_{L\alpha} & i_{L\beta} \\ i_{L\beta} & -i_{L\alpha} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{p} \\ \tilde{q} \end{bmatrix}}_{\text{tension harmonique}} \quad (\text{II-10})$$

Cette expression montre donc que l'identification des différentes composantes de la tension dans le repère (α - β) revient à séparer les termes continus et les termes alternatifs des puissances réelle et imaginaire instantanées pour obtenir la relation (II-8), donc on utilise des filtres passe-bas figure II.6 ou passe-haut figure II.7 dont la fréquence de coupure nous permettra de négliger les ondulations à sa sortie.



Figure II.6 structure d'un filtre passe bas



Figure II.7 structure d'un filtre passe haut

Pour choisir le filtre le plus adapté pour séparer la composante continue de la composante harmonique de puissance active, nous montrons la différence résiduelle entre un filtre passe bas et un filtre passe haut dans la figure II.8 et nous remarquons que le résidu harmonique du filtre passe bas est plus faible que celui du filtre passe haut.

Figure II.8 Le résidu entre le filtre passe bas & filtre passe haut [25]

Donc nous avons choisi pour l'extraction des composants continue un filtre passe bas du second ordre car moins complexe que les filtre d'ordres élevés avec une fréquence de coupure qui nous permettra de négliger les ondulations à sa sortie.

La relation (11) permet l'extraction des tensions de référence $v_{1,2,3}^*$:

$$\begin{bmatrix} V_1^* \\ V_2^* \\ V_3^* \end{bmatrix} = \sqrt{2/3} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/2 & \sqrt{3}/2 \\ -1/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_\alpha^* \\ V_\beta^* \end{bmatrix} \quad (\text{II-11})$$

II.6.2 Régulation de la tension continue

La régulation de la tension continue aux bornes du condensateur est nécessaire, car elle permet de maintenir cette tension à un niveau relativement constant tout en assurant une compensation des pertes dans le filtre actif et limiter ses variations en régime dynamique afin de ne pas détériorer les performances du filtre actif. [23]

La puissance active p_f nécessaire pour rétablir la tension du filtre à une valeur constante est donnée par l'expression :

$$p_f = p_c - p_s \quad \text{II-12}$$

Avec :

p_f : puissance instantanée injectée par le compensateur ;

p_c : puissance active consommée par la charge ;

p_s : puissance active délivrée par la source.

En négligeant les pertes de commutations dans l'onduleur ainsi que l'énergie stockée dans l'inductance du filtre de sortie, la relation entre la puissance absorbée par le filtre actif et la tension aux bornes du condensateur peut s'écrire sous la forme suivante [1]:

$$p_f = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} C V_{dc}^2 \right) \quad \text{II-12}$$

$$V_{dc} = \frac{1}{C} \int i_{dc} dt \quad \text{II-13}$$

En introduisant (II-12) dans (II-13) nous trouvons :

$$p_f = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} C V_{dc}^2 \right) \quad \text{II-14}$$

Notons que la relation (II-14) est non linéaire. Pour des faibles variations de la tension V_{dc} autour de sa référence V_{dc}^* , elle peut être linéarisée. La linéarisation de cette équation et [5] :

$$p_f = C V_{dc}^* \frac{d}{dt} (V_c) \quad \text{II-15}$$

Afin d'obtenir une bonne régulation, nous avons le choix entre un régulateur proportionnel « P », un régulateur proportionnel-intégral « PI », proportionnel intégrale-dérivé « PID ». Dans notre cas, un régulateur proportionnel-intégrale est suffisant, car il permet de minimiser l'erreur statique. Il est donné par la formule suivante : [23] [26]

$$C(p) = \frac{1 + \tau \cdot p}{\tau \cdot p} \quad (16)$$

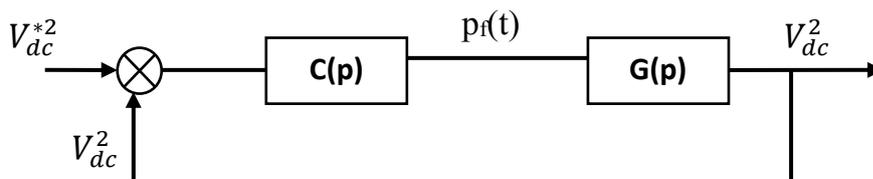


Figure II.10 Boucle de régulation de la tension continue au borne du condensateur

Avec :

$$G(p) = \frac{2}{c \cdot p} \quad (\text{II-17})$$

La fonction de transfert (régulateur plus système) en boucle fermée est

$$F(p) = \frac{\omega_c \cdot (1 + \tau \cdot p)}{p^2 + 2 \cdot \varepsilon \omega_c p + \omega_c^2} \quad (\text{II-18})$$

$$\text{Avec : } \omega_c = \sqrt{\frac{2}{c \cdot \tau}} \quad \text{et } \varepsilon = \frac{\tau}{\sqrt{2 \cdot c \cdot \tau}} \varepsilon_c$$

Remarque : La qualité de la régulation dépendra du choix de la fréquence de coupure ω_c . Celle-ci doit être assez élevée pour assurer une bonne dynamique, lors des transitoires de charge ainsi que ε_c compris entre 0.4 et 0.8.

II.7 Conclusion :

Nous avons consacré ce deuxième chapitre à l'étude des différents éléments de notre système, donnant plus de détail sur chaque élément constituant la partie puissance : convertisseur de tension, transformateur d'injection de tension, système de stockage, et le filtre de sortie.

Après on a présenté la technique hystérésis pour générer les signaux de gâchette de notre onduleur, on a présenté les différentes méthodes pour calculer les tensions de référence. De cette étude, nous avons choisi d'employer dans notre commande, la méthode de puissance instantanées, et en dernier nous nous sommes intéressés à présenter la régulation de la tension continue.

Dans le chapitre suivant, on s'intéressera aux performances de notre filtre actif de puissance suite à diverses perturbations.

CHAPITRE III

Etude et simulation d'un FAS en présence de perturbations coté source

CHAPITRE III :

Etude et simulation d'un FAS en présence de perturbations coté source

III.1	Introduction.....	38
III.2	Objectifs	38
III.3	Lois de commande	38
III.4	Description de système simulé	41
III.5	Interprétation des résultats de simulation	42
III.5.1	Perturbation harmonique	42
III.5.2	Chute de tension.....	44
III.5.3	Surtension	47
III.5.4	Déséquilibre	49
III.6	Conclusion.....	52

III.1 Introduction

La dégradation de la qualité de l'énergie électrique peut être causé par différentes perturbations tel que les creux de tension, surtensions, déséquilibres et les harmoniques courant et/ou tension, etc.

Pour améliorer la qualité de l'énergie électrique, plusieurs solutions ont été proposées dans la littérature pour la compensation de ces perturbations : le filtre actif série, filtre actif parallèle, la combinaison des deux et les filtre hybride.

Le filtre actif série est connecté en série avec le réseau de distribution et permet de protéger les charges sensibles et de compenser les perturbations de type tensions.

Dans ce chapitre nous avons étudié le fonctionnement d'un filtre actif série (FAS) sous différentes conditions de perturbation.

III.2 Objectifs

Nous nous proposons d'utiliser un filtre actif de puissance série afin de pouvoir compenser les perturbations de type tension coté source.

III.3 Lois de commande

Pour l'étude de notre cas, nous avons opté par l'exploitation des caractéristiques de la PLL pour développer notre commande, à cet effet, nous devons en premier lieu définir la « PLL ».

Principe de fonctionnement de la PLL : (Phase Locked Loop) Est une technique largement utilisée pour l'extraction de la composante directe de la tension du réseau.

C'est un système asservi comprenant un régulateur (PID, RST, ...), son fonctionnement se base sur la transformation de Park dans le repère d,q.

Nous souhaitons que l'angle de rotation estimé soit égal à l'angle réel de la tension directe. Cela peut être réalisé en choisissant la valeur de V_d^* qui satisfait cette condition. La PLL sera verrouillée lorsque l'angle estimé sera égal à la tension directe. [23][27]

Les tensions mesurées de la source au point de raccordement sont données par l'équation suivante :

$$\begin{aligned} V_{s1} &= \sqrt{2} \cdot V \sin(\theta_s) \\ V_{s2} &= \sqrt{2}V \sin\left(\theta_s - \frac{2\pi}{3}\right) \\ V_{s2} &= \sqrt{2}V \sin\left(\theta_s + \frac{2\pi}{3}\right) \end{aligned} \quad (\text{III-1})$$

Pour le cas où la tension du réseau est sinusoïdale et équilibrée, on a :

$$V = V_d \ \& \ \theta_s = \theta_d \quad (\text{III-2})$$

Avec $\theta_d = \omega_d t + \delta_d$

$\omega_d = \omega_s$ (pulsation de la tension du réseau),

δ_d : l'angle de la composante directe de la tension du réseau

On calcule des composantes tension V_{sd} et V_{sq} , en appliquant d'abord la transformation, (α, β) puis celle de (d, q) avec un angle de rotation θ_d . [27]

Cette approche de calcul est regroupée dans la relation suivante :

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} V_{sd} \\ V_{sq} \end{bmatrix} &= \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & \sqrt{3}/2 \end{bmatrix} p(-\theta_d^\wedge) V_{s123}(\theta_d) = \sqrt{3}V_d \begin{bmatrix} \sin(\theta_d - \theta_d^\wedge) \\ -\cos(\theta_d - \theta_d^\wedge) \end{bmatrix} \\ &\approx \sqrt{3}V_d \begin{bmatrix} \sin(\Delta\theta_d) \\ -\cos(\Delta\theta_d) \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (\text{III-3})$$

L'asservissement de phase sera réalisé lorsque $\Delta\theta_d = 0$, dans ce cas, l'angle de la tension du réseau et l'angle estimé de θ_d^\wedge sont égaux, ainsi, nous pouvons écrire :

$$V_{sd} = 0 \text{ et } V_{q} = -3vd \quad (\text{III-4})$$

Dans la relation III.3, on remarque que pour obtenir, en même temps, l'angle et l'amplitude de la composante directe de tension (θ_d, V_d), la tension directe V_{sd} doit être nulle.

Cela implique que la tension directe de référence V_d^* doit être nulle. Après avoir verrouillé, nous utilisons ces paramètres (θ_d, V_d) pour reconstituer la composante directe triphasée de tension $V_{d1,2,3}$ qui serait égale à la tension du réseau $V_{s1,2,3}$ si celle-ci était non polluée (fondamentale). [23][27]

La Figure III.1, illustre la structure du système à base de PLL en utilisant un filtre passe-bas. [27]

Figure III.1 schéma global du système à base de PLL [23]

Les tensions sont extraites par la technique de PLL (Phase Locked Loop) de sorte qu'elles restent sinusoïdale (valeur de référence).

III.4 Description de système à simuler

Nous appliquons la loi de commande citer ci-dessus à un filtre actif de puissance série pour éliminer les perturbations de type tension coté source.

La structure du schéma globale est constitué d'une source de tension triphasée avec une impédance R_s , L_s , une charge non linéaire représentée par un pont redresseur à diodes sur une charge représentée par un circuit R_c , L_c et un compensateur actif de puissance série connecté au réseau électrique comme le montre la Figure III.2.

Figure III.2 système complet la source la charge et le filtre actif série.

III.4.1 Paramètres de simulation :

Tableau. III.1 Paramètres du réseau électrique.

V_s (v)	R_s (Ω)	L_s (mH)	R_{ch} (Ω)	L_{ch} (mH)	R_c (Ω)	L_c (mH)
220	0.1	1	0.4	15	60	0.15

Tableau. III.2 Paramètre du filtre actif série.

R_f (Ω)	C_f (μ F)	V_{dc} (v)	C_{dc} (mF)
1	100	700	8

III.5 Interprétation des résultats de simulation

Afin de mettre en évidence les performances du filtre actif série, nous nous proposons d'effectuer une simulation du système représenté dans la Figure III.2

On se propose de soumettre notre système à quatre perturbations de type tension coté source pour pouvoir évaluer à la fois les performances de notre FAS et son impact sur les tensions coté charge.

III.5.1 Perturbation de type tension harmonique coté source (réseau électrique)

On intégrant des perturbations de tension de type harmonique coté source, nous avons obtenus une série de résultats qui mettent en évidence la qualité des paramètres électrique du réseau.

Ci-dessous les résultats de simulations des différents paramètres électriques de notre système avant et après apparition de la perturbation :

1. Avant filtrage

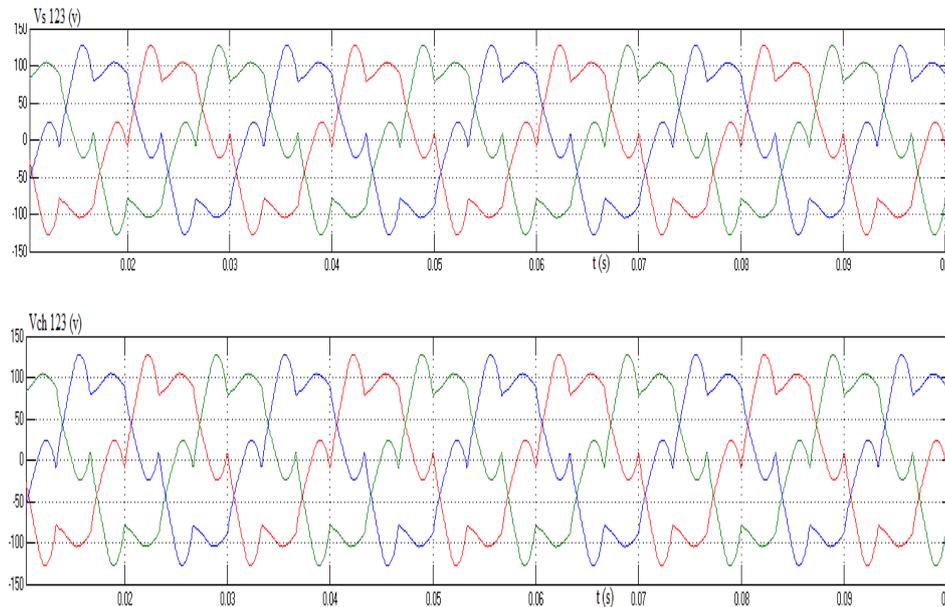


Figure III.3 résultat de simulation d'une perturbation harmonique

$V_{s1,2,3}$: tension de source ; $V_{ch1,2,3}$: tension de charge

2. Après filtrage

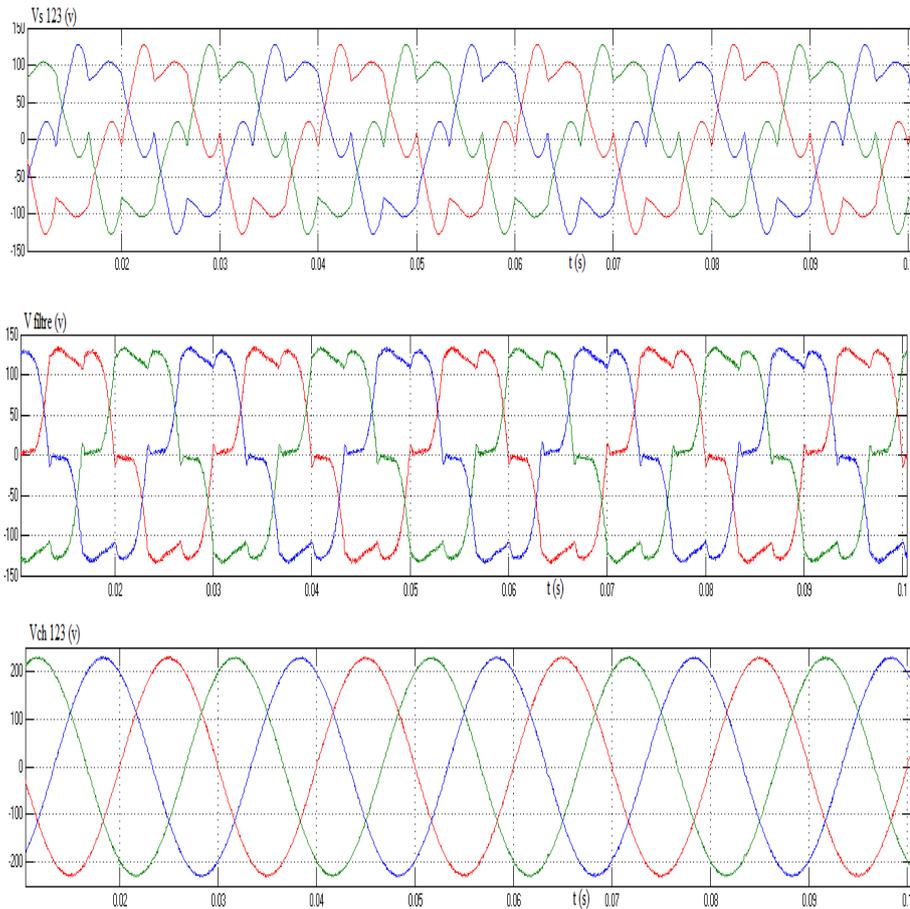


Figure III.4 résultat de simulation

$V_{s1,2,3}$: tension de source ; $V_{ch\ 123}$: tension de charge ; V_{filtre} : tension injecter par le FAS

3. Interprétation :

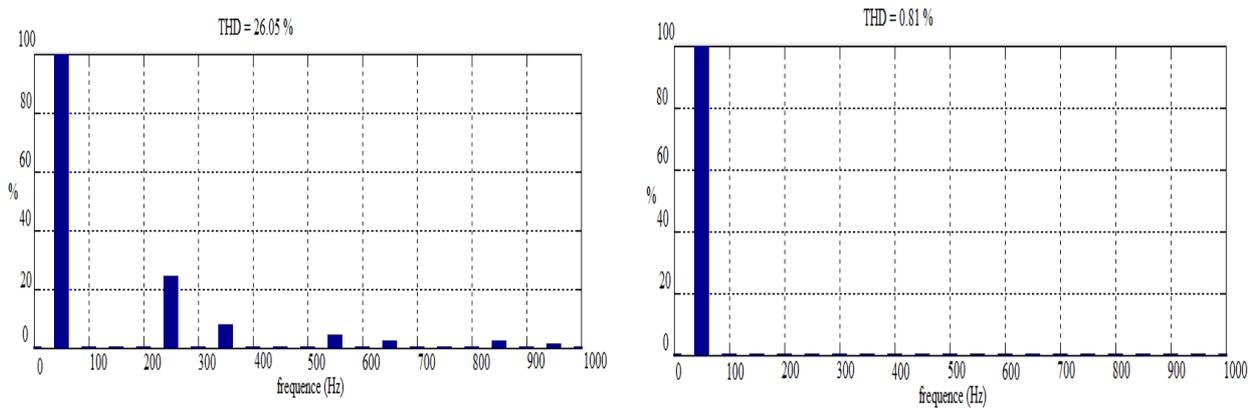
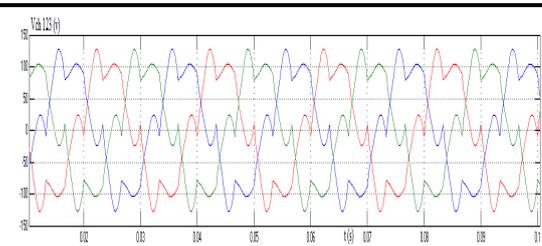
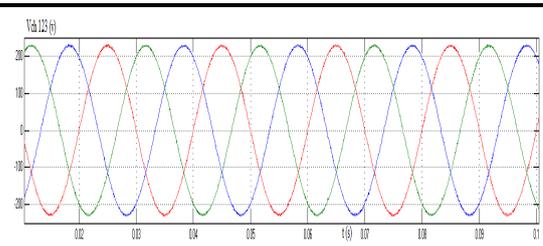
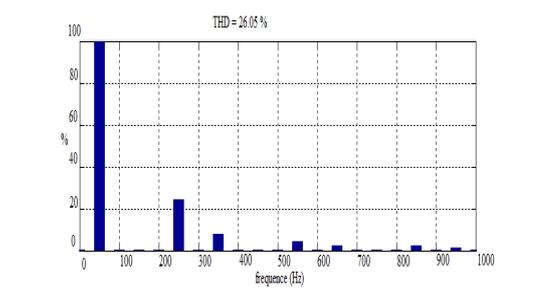
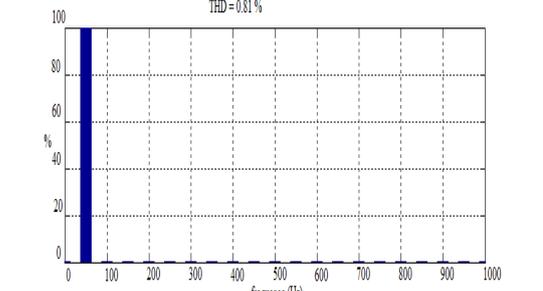


Figure III.5 le taux de distorsion d'harmonique avant et après filtrage

La Figure III.4 représente la tension de charge V_{ch} (v) après le filtrage. Nous remarquons une réduction importante des harmoniques après la compensation. Donc le compensateur actif de puissance série compensent correctement les harmoniques de tension. Et la Figure III.5 montre que le THD avant le filtrage est égale 26.05 %, par contre après filtre, le THD devient 0.81 %

Tableau III.3 comparatif de V_{ch} avant et après compensation

	Avant filtrage	Après filtrage
Vch		
THD	 <p style="text-align: center;">THD=26.05%</p>	 <p style="text-align: center;">THD=0.81%</p>

III.5.2 Perturbation de type chute de tension coté source (réseau électrique)

On travaillant sur la même structure présentée dans la Figure III.2, on effectue une chute de tension importante qui égale à 80 volts coté source pour illustrer une nouvelle les performances de notre FAS.

Ci-dessous les résultats de simulations des différents paramètres électriques de notre système ou nous le soumettant à une perturbation de type chute de tension dans l'intervalle de temps [0.06 0.1]

1. Avant filtrage

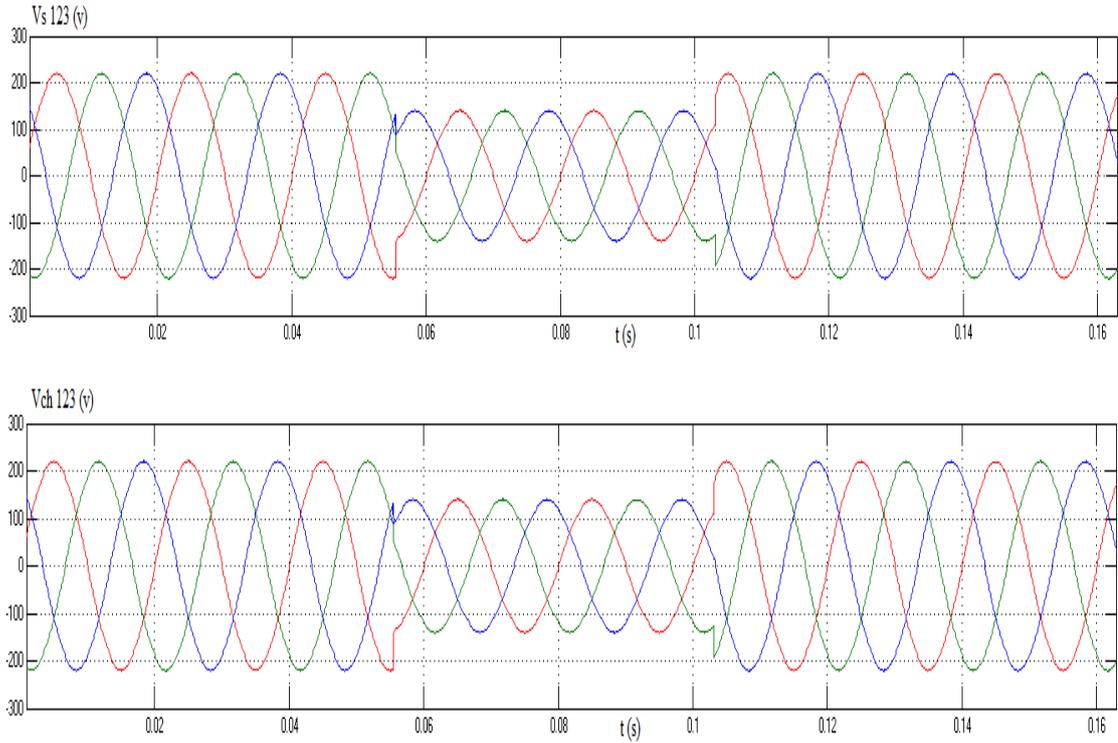


Figure III.6 résultat de simulation à une chute de tension (80 volt)
 $V_{s1,2,3}$: tension de source ; $V_{ch\ 123}$: tension de charge

2. Après filtrage

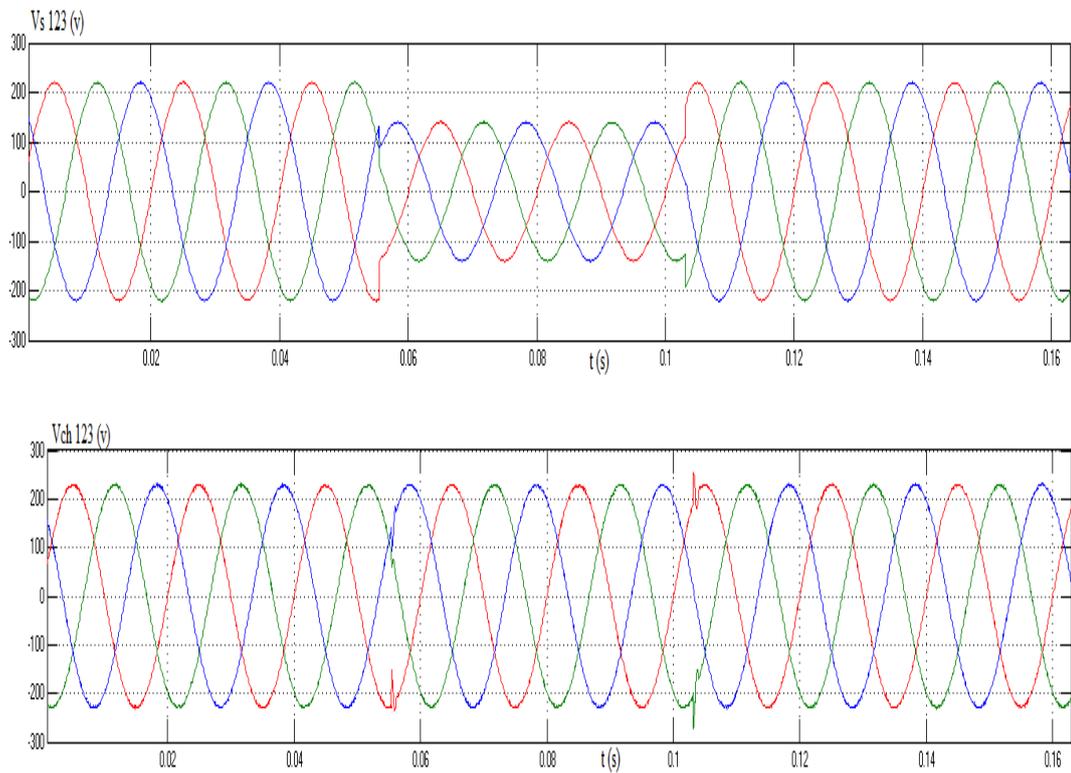


Figure III.7 résultat de simulation de chute de tension
 $V_{ch\ 123}$: tension de charge ; $V_{s1, 2,3}$: tension de source ; V_{filtre} : tension injecter par le FAS

3. Interprétation

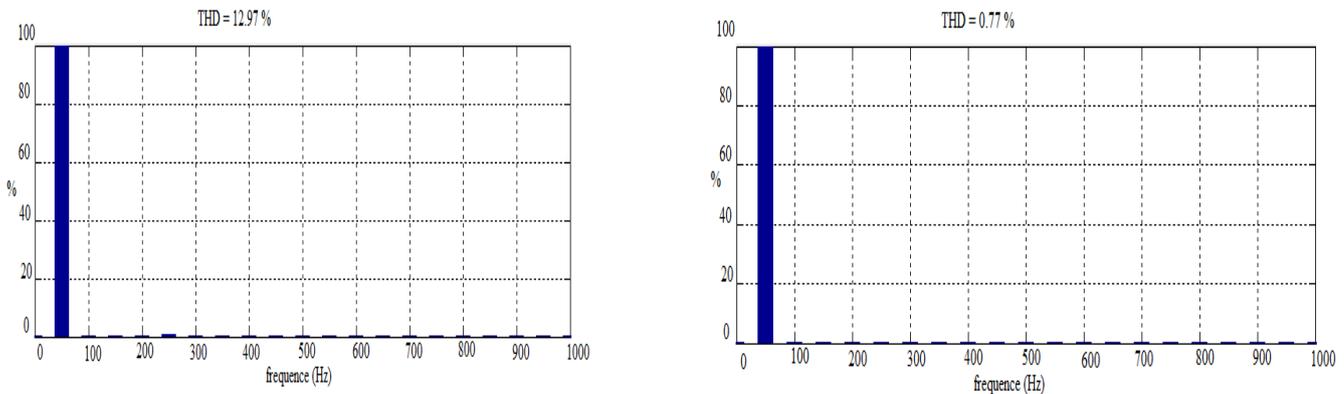


Figure III.8 le taux de distorsion d'harmonique avant et après filtrage

La Figure III.6 représente la tension du réseau électrique V_s (v) et la tension de charge V_{ch} (v) pendant une importante chute de tension coté source avant le filtrage. La Figure III.7 représente la tension de charge V_{ch} (v) après le filtrage. Nous remarquons l'élimination de la chute de tension après la compensation. De plus, nous remarquons que la chute de tension commence à 0.06 (s) et elle n'est éliminée qu'au temps 0.1 (s). Donc notre compensateur actif de puissance série compense correctement cette chute de tension coté charge.

Nous remarquons aussi que le THD avant le filtrage est égale 12,97 % par contre après la compensation le THD devient 0.77 %.

III.5.3 Perturbation de type surtension (augmentation de la tension triphasée) coté source (réseau électrique)

Pour la même structure présentée dans la Figure III.2, on effectue une surtension qui est égale à 50 volts coté source pour présenter une nouvelle fois les performances de notre FAS.

Ci-dessous les résultats de simulations des différents paramètres électriques de notre système avant et après apparition de la surtension que nous appliquons entre l'intervalle [0.65 0.95]

1. Avant filtrage

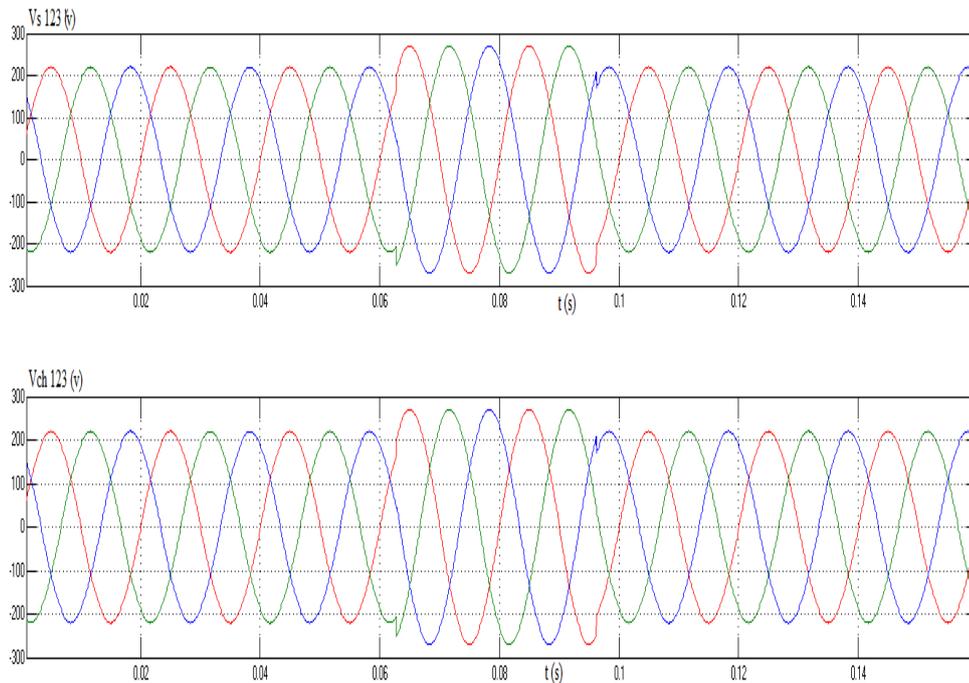


Figure III.9 résultat de simulation d'une surtension

$V_{s\ 123}$: tension de source ; $V_{ch\ 123}$: tension de charge

2. Après filtrage

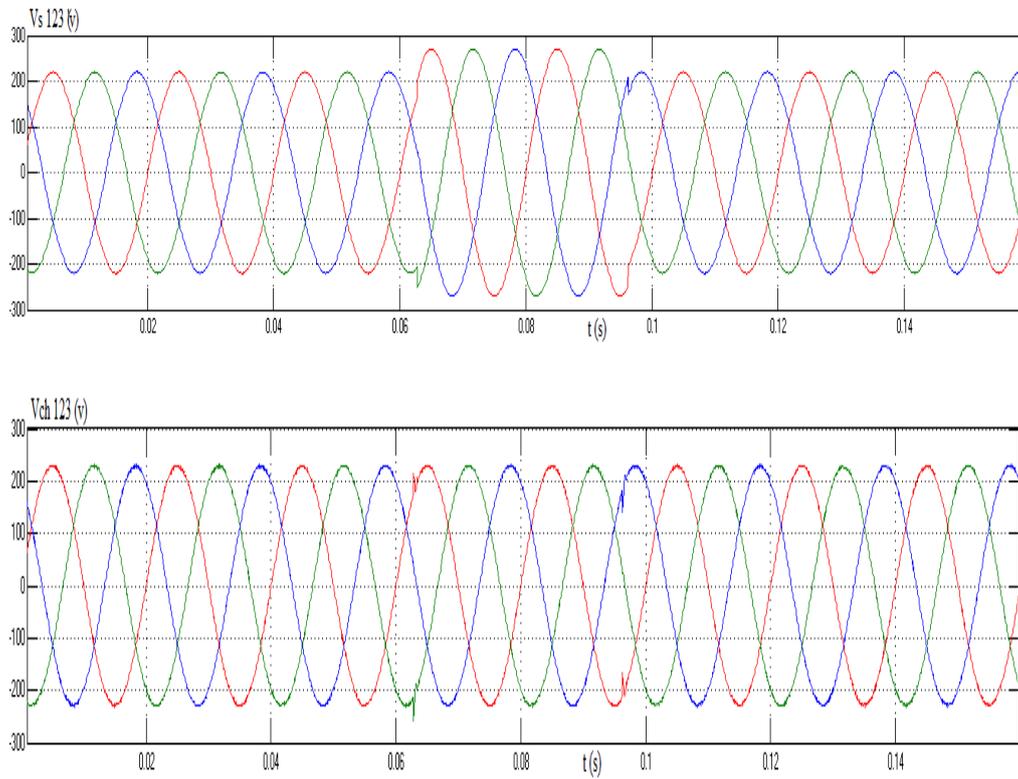


Figure III.10 résultat de simulation d'une surtension

$V_{s\ 123}$: tension de source ; $V_{ch\ 123}$: tension de charge ; V_{filtre} : tension injecter par le FAS

3. Interprétation

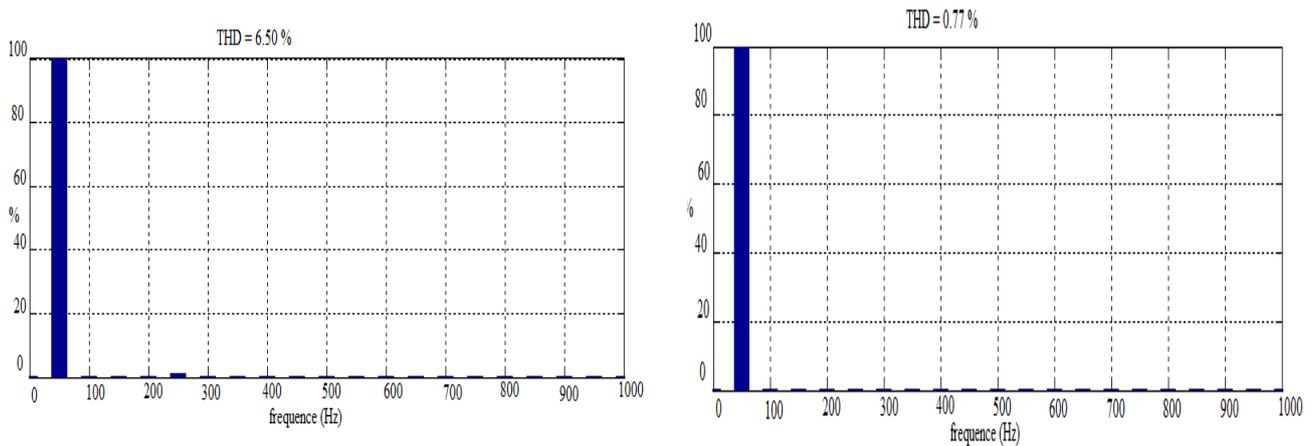


Figure III.11 le taux de distorsion d'harmonique avant et après filtrage

La Figure III.9 représente la tension du réseau électrique V_s (v) et la tension de charge V_{ch} (v) pendant une surtension coté source avant le filtrage. De même pour la figure III.10, elle représente la tension de charge V_{ch} (v) après le filtrage. Nous remarquons l'élimination de la surtension après la compensation. De plus, la surtension commence à 0.65 (s) et elle n'est éliminée qu'au temps 0.95 (s). Donc notre FAS nous donne de bons résultats.

Nous remarquons aussi que le THD avant le filtrage est égale 6,50 %, par contre après la compensation le THD est égale 0,77 %.

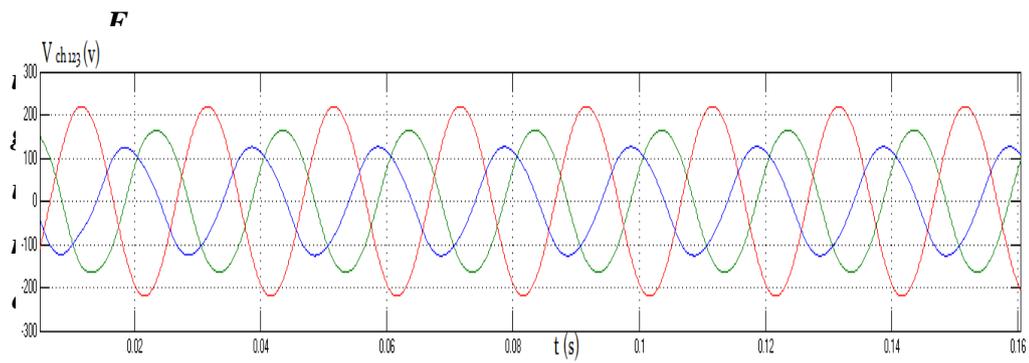
III.5.4 Perturbation d'un déséquilibre de tension coté source (réseau électrique)

On a déséquilibré la source triphasée de sorte à avoir :

$$V_{s1} = 150 \text{ (v)}, V_{s2} = 220 \text{ (v)} \text{ et } V_{s3} = 110 \text{ (v)}.$$

Ci-dessous les résultats de simulations des différents paramètres électriques de notre système avant et après filtrage série :

1. Avant filtrage



III.12 résultat de simulation d'un déséquilibre

V_{ch123} : tension de charge

2. Après filtrage

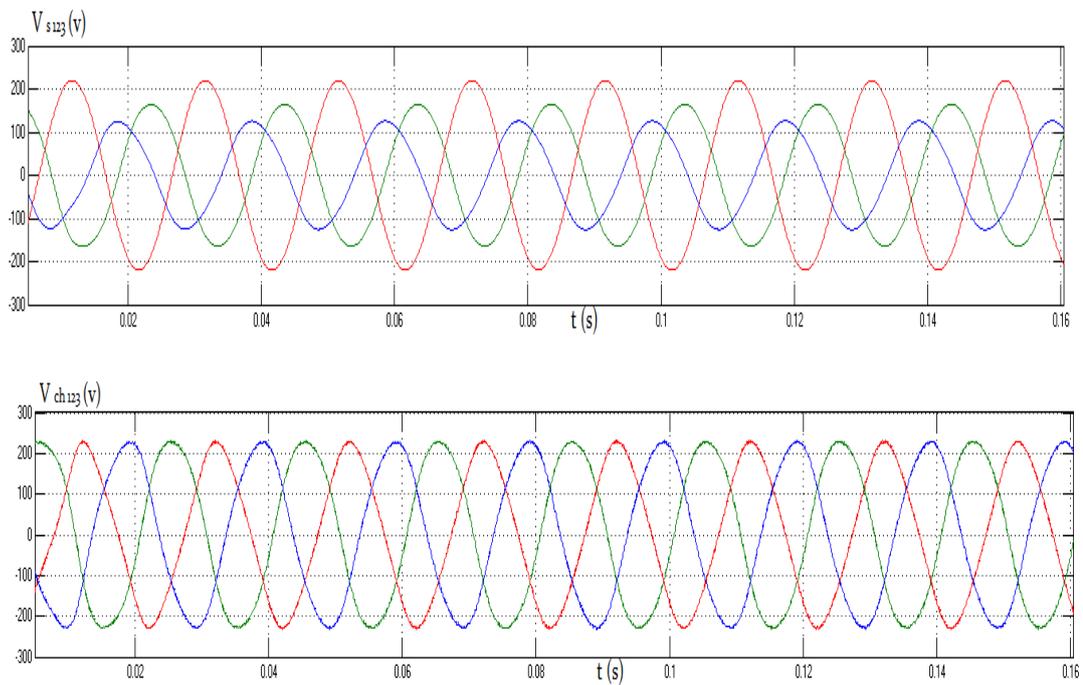


Figure III.13 résultat de simulation d'un déséquilibre

V_{s123} : tension de source ; V_{ch123} : tension de charge ; V_{filtre} : tension injecter par le FAS

3. Interprétation

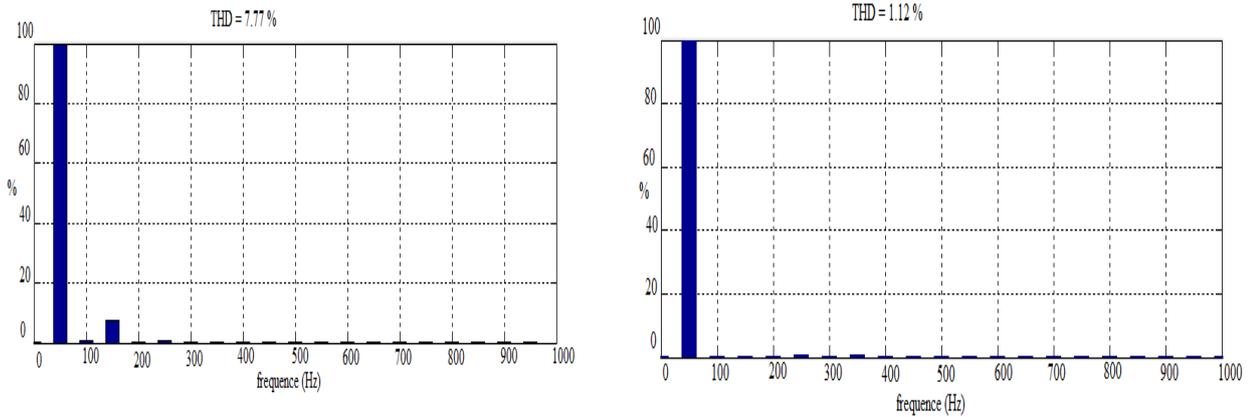


Figure III.14 le taux de distorsion d'harmonique avant après filtrage

La Figure III.12 représente la tension du réseau électrique V_s (v) et la tension de charge V_{ch} (v) pendant un déséquilibre de tension coté source avant le filtrage. La Figure III.13 représente la tension de charge V_{ch} (v) après le filtrage. Nous remarquons l'élimination de ce déséquilibre de tension après la compensation.

Nous remarquons aussi que le THD avant le filtrage est égale 7,77 %, par contre après la compensation le THD est égale 1.12 % . Donc notre compensateur actif de puissance compense correctement le déséquilibre de tension.

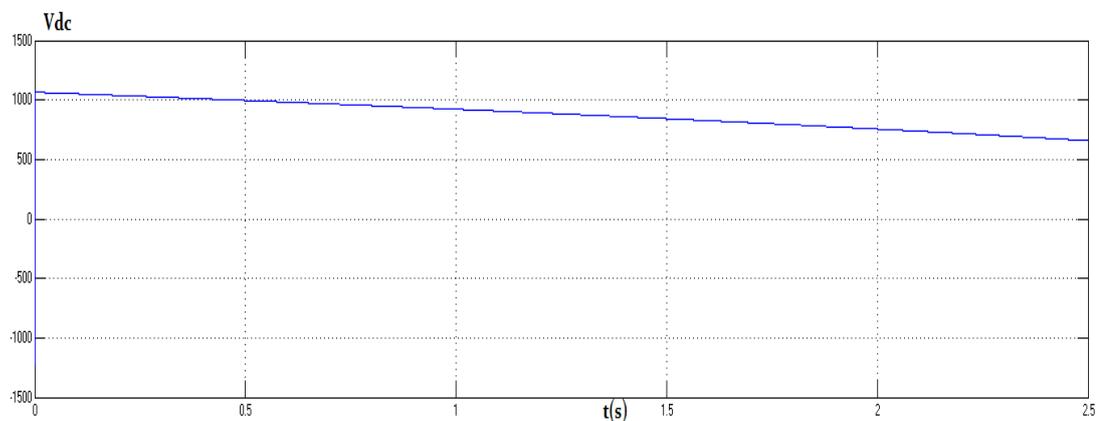


Figure III.15 la tension continue V_{dc}

III.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons illustré les performances d'un filtre actif de puissance série lors de perturbations de types tensions en provenance du coté source.

A traves nos quatre simulations correspondant à quatre types de perturbation distincte, à savoir : harmonique, chute de tension, surtension et déséquilibre. Les résultats de simulations nous ont montré que notre filtre actif de puissance série compense correctement les différent cas d'étude. De plus, la qualité du filtrage a été évaluer en fonction des THD en nous donnons des résultats inferieur à 5%.

La question qui se pose est il possible d'exploiter un FAS pour compenser les perturbations de type tension qui apparaissent sur la ligne coté charge ?

CHAPITRE IV

Etude et simulation d'un FAS en présence de perturbations coté charge

CHAPITRE IV : Etude et simulation d'un FAS en présence de perturbations coté charge

IV.1	Introduction.....	55
IV.2	Objectifs	55
IV.3	Lois de commande	55
IV.4	Description de système à simuler	56
IV.5	Interprétation des résultats de simulation	57
IV.5.1	Perturbation harmonique	57
IV.5.2	Une perturbation harmonique et déséquilibre.....	59
IV.6	Conclusion.....	61

IV.1 Introduction

L'utilisation croissante des dispositifs d'électronique de puissance dans les systèmes électriques a entraîné de plus en plus de problèmes dans les réseaux électriques.

Plusieurs solutions ont été proposées pour résoudre le problème de la pollution. Le filtrage actif étant le plus répandu vu ses résultats probants et universels.

Le filtre actif série est connecté en série avec le réseau de distribution et permet de protéger la source aux différentes perturbations venant de la charge non linéaire.

Dans ce chapitre nous avons étudié le fonctionnement d'un filtre actif série (FAS) sous différentes conditions avec la présentation des résultats de simulation dans le cas de la présence de perturbation de type tension coté charge.

IV.2 Objectifs

Nous nous proposons d'utiliser un filtre actif de puissance série pour compenser les perturbations de type tension coté charge.

IV.3 Lois de commande

Pour l'étude de notre cas, nous avons utilisé la méthode de puissance instantanée pour développer notre commande.

La méthode des puissances instantanées introduite par H. Akagi exploite la transformation de Concordia des tensions simples et des courants de ligne, afin de calculer les puissances réelle et imaginaire instantanées.

Soient respectivement les tensions simples et les courants de ligne d'un système triphasé sans homopolaire, v_{s1} , v_{s2} , v_{s3} et i_{ch1} , i_{ch2} , i_{ch3} . La transformation de Concordia permet de ramener ce système triphasé équilibré à un système diphasé dont les axes sont en quadrature, comme déjà montré dans le chapitre II.

IV.4 Description de système à simuler

Nous appliquons la loi de commande citer ci-dessus à un filtre actif de puissance série pour éliminer les perturbations de type tension coté charge. la structure du schéma globale est constitué d'une source de tension triphasée avec une impédance R_s , L_s , une charge non linéaire représentée par un pont redresseur à diodes sur une charge représentée par un circuit R_c , C_c et un compensateur actif de puissance connecté en série avec le réseau électrique comme le montre la Figure IV.1

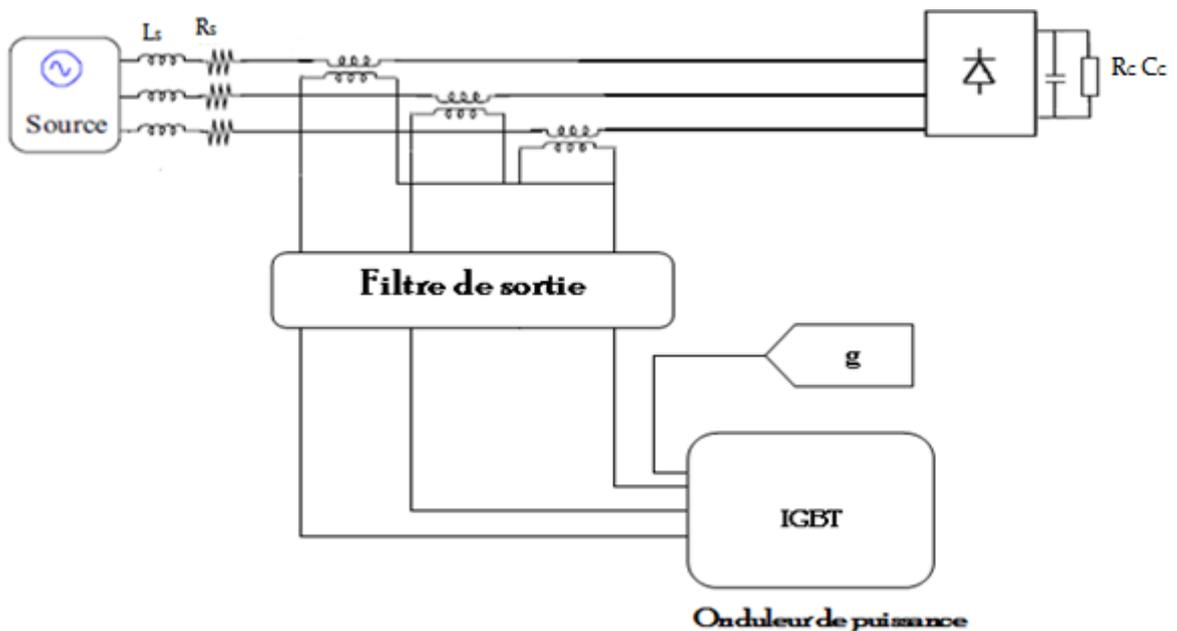


Figure IV.1 système complet la source la charge(RC) et le filtre actif série.

IV.4.1 Les paramètres utilisés pour la simulation :

Tableau. IV.1 paramètre du réseau électrique

V_s (v)	R_s (Ω)	L_s (mH)	R_c (Ω)	C_c (μF)
230	0.1	0.2	33	200

Tableau. IV.2 paramètre du filtre actif série

L_f (mH)	C_f (μF)	C_{dc} (μF)
1	100	200

IV.5 Interprétation des résultats de simulation

Dans le but de tester l'efficacité d'un filtre actif série, nous nous proposons une simulation système illustré dans la Figure IV.1 où nous allons provoquer des perturbations de type tension sur la ligne, coté charge

IV.5.1 Perturbation d'une charge harmonique (RC)

L'exemple consiste à protéger le réseau (coté source) de toutes perturbation tension provoqué au niveau des lignes de transport coté charge.

1. Avant filtrage

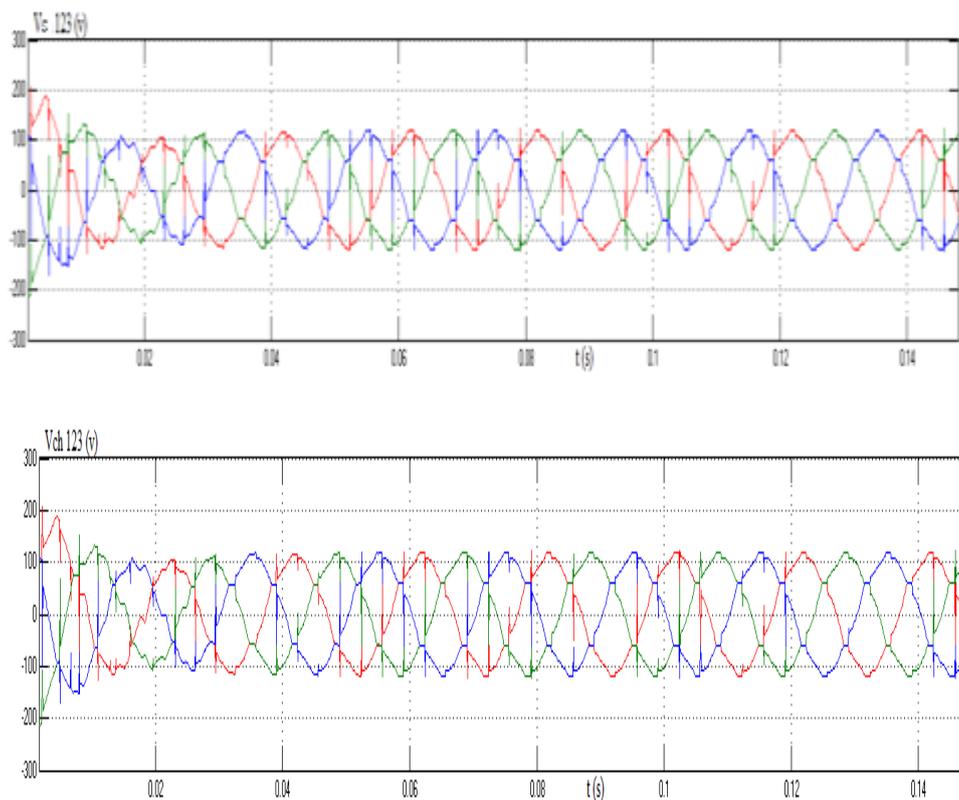


Figure IV.2 résultat de simulation d'une charge harmonique

$V_{s1,2,3}$: tension de source ; $V_{ch1,2,3}$: tension de charge

2. Après filtrage

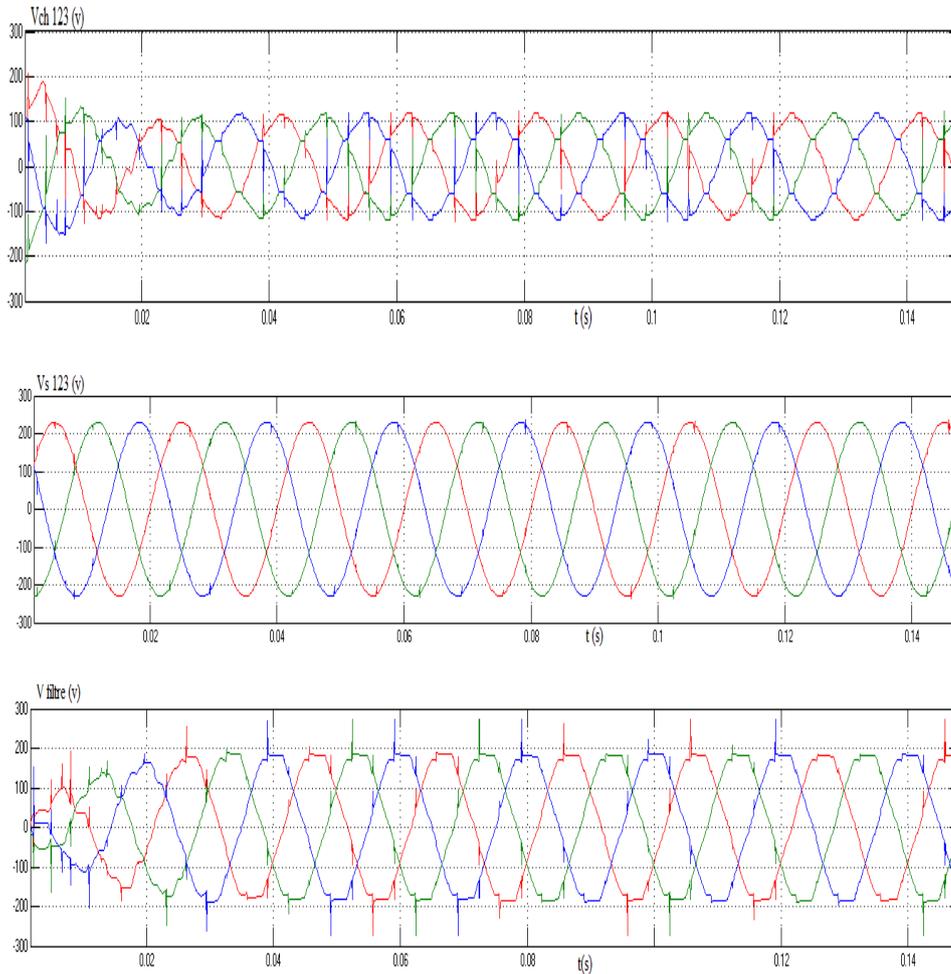


Figure IV.3 résultat de simulation.

$V_{s1,2,3}$: tension de source $V_{ch 123}$: tension de charge ; V_{filtre} : tension injecter par le FAS

3. Interprétation :

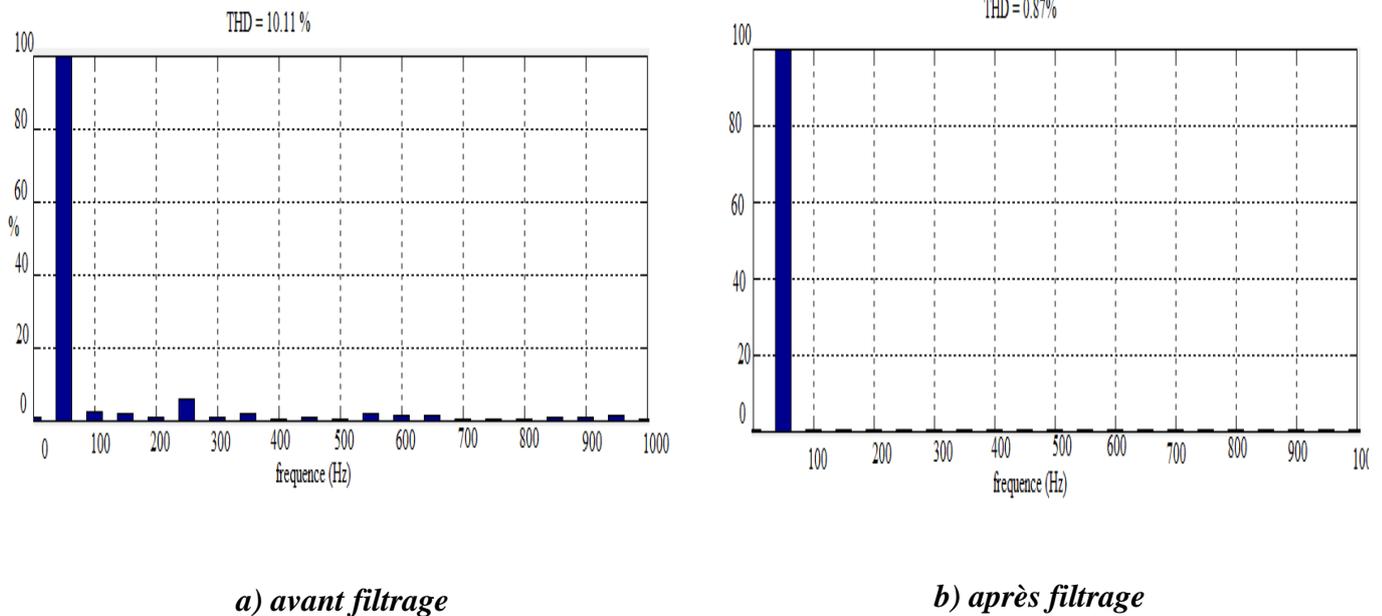


Figure IV.4 le taux de distorsion d'harmonique avant et après filtrage

La Figure IV.2 représente la tension de charge V_{ch} pendant une perturbation de type harmonique coté charge avant le filtrage.

La Figure IV.3 représente la tension de source V_s après le filtrage. Nous remarquons l'élimination des harmoniques provoqués par cette charge après la compensation. Donc le compensateur actif de puissance série compensent correctement les harmoniques de tension.

Nous remarquons aussi que le THD avant le filtrage est égale 10.11 %, par contre après la compensation le THD a diminué à 0.81 %.

IV.5.2 Cas d'une perturbation de type tension harmonique et déséquilibré

On se propose de soumettre notre système à un déséquilibre de type tension coté charge pour pouvoir évaluer à la fois les performances de notre FAS et son impact sur les tensions coté source.

1. Avant filtrage

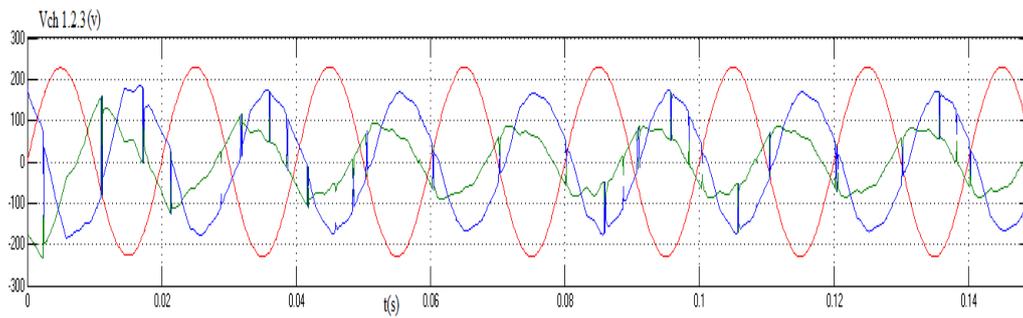


Figure IV.5 résultat de simulation d'une perturbation harmonique et déséquilibre

$V_{ch1,2,3}$: tension de charge.

2. Après filtrage

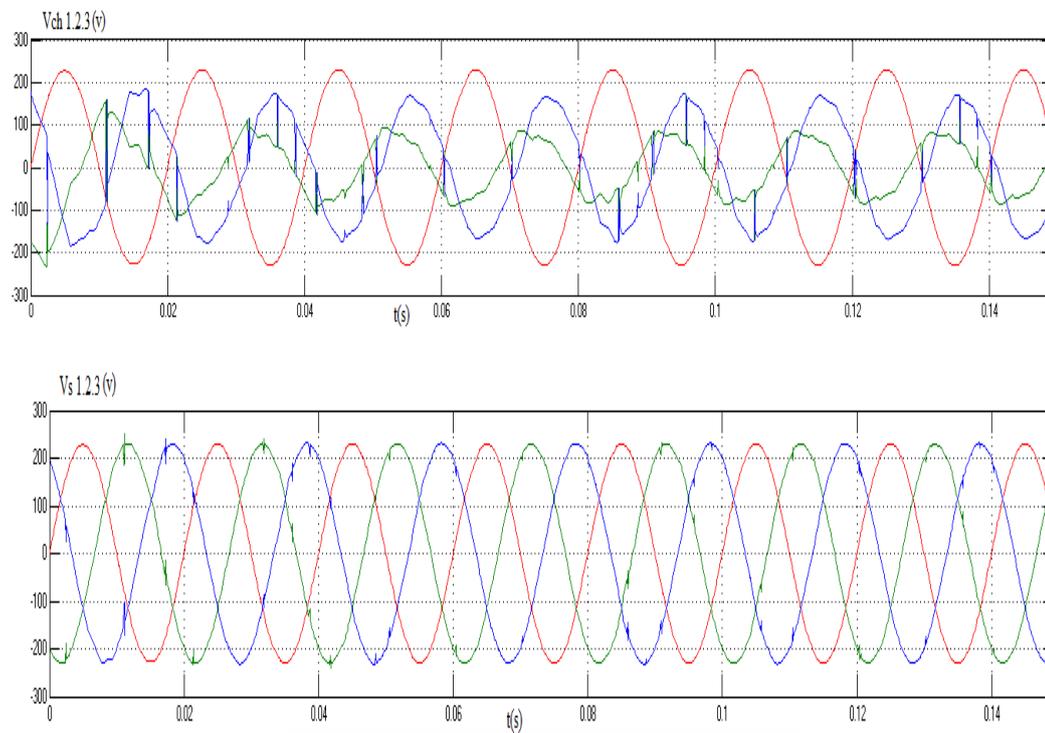
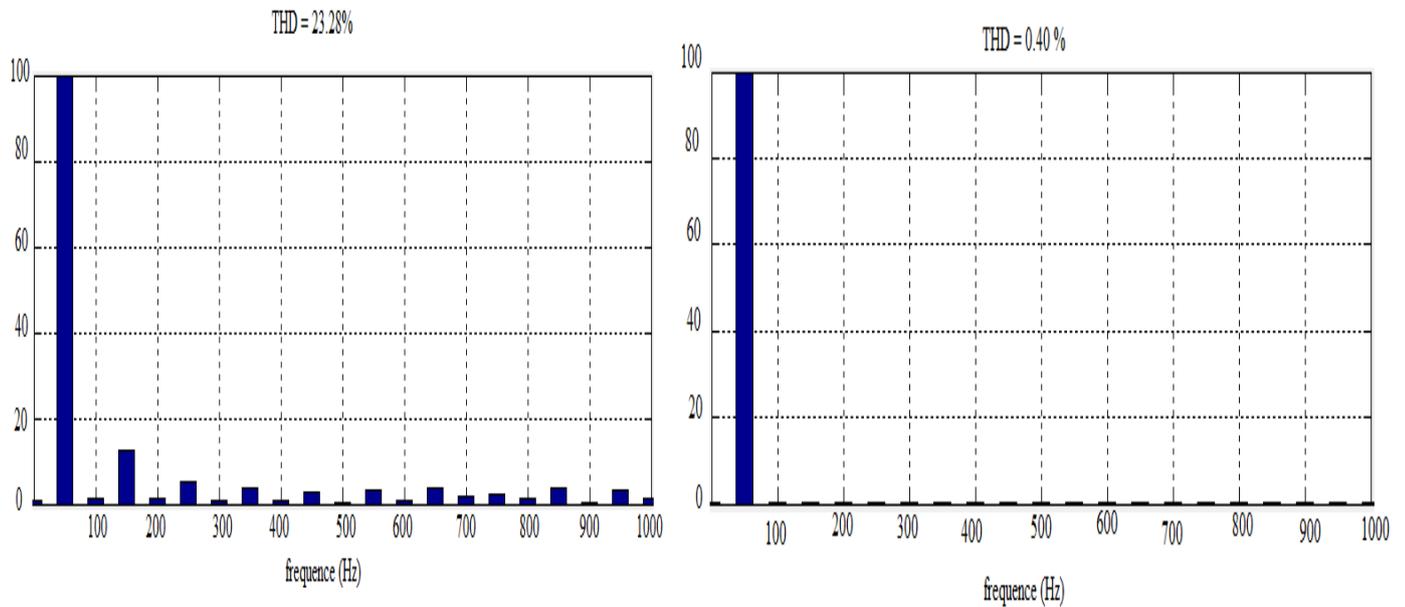


Figure IV.6 résultat de simulation.

$V_{s1,2,3}$: tension de source $V_{ch1,2,3}$: tension de charge ; V_{filtre} : tension injecter par le FAS

3. interprétation :



a) avant filtrage

après filtrage

Figure IV.7 le taux de distorsion d'harmonique avant et après filtrage

La Figure IV.5 représente la tension du charge V_{ch} pendant un déséquilibre de tension et une charge harmonique coté charge avant le filtrage, l'amplitude des tensions de source pour chaque phase est différente.

La Figure IV.6 représente la tension de source V_s après le filtrage. Nous remarquons l'élimination de ce déséquilibre de tension après la compensation. Donc le compensateur actif de puissance compense correctement le déséquilibre de tension avec les harmoniques.

Nous remarquons aussi que le THD avant le filtrage est égale 23.28 %, par contre après la compensation le THD est égale 0.41 %.

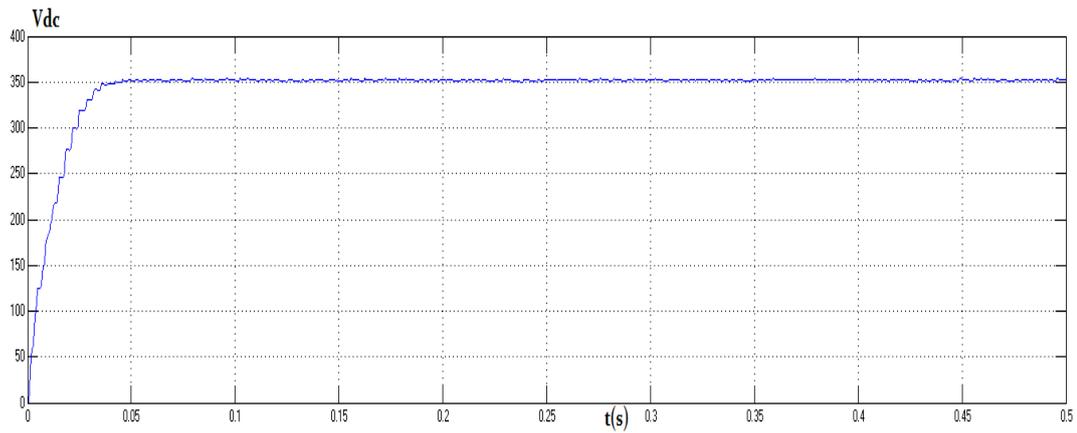


Figure IV.8 la tension continue V_{dc}

IV.6 Conclusion

Dans ce chapitre notre filtre actif de puissance protège la source contre les différentes perturbations causées par la charge non linéaire.

Les résultats de simulations nous ont montré que notre filtre actif de puissance série compense correctement les différentes perturbations (harmonique, déséquilibre avec harmonique). De plus, les résultats de simulation nous ont permis d'avoir des THDs après filtrage avec des valeurs inférieures à 5%, ce qui conforme à la normalisation.

*Conclusion Générale
&
Perspectives*

Dans notre mémoire, nous nous sommes intéressés à l'étude d'un dispositif de dépollution de type tension des réseaux électriques appelés « Filtre actif Série », celui-ci ayant pour objectif l'élimination des perturbations de type tension tel que : harmoniques, chute de tension, déséquilibre de tension.

Après avoir présenté un bref aperçu sur la qualité des réseaux électriques complétés par les différents types de perturbations pouvant apparaître dans un réseau électrique suivi par la présentation de quelques techniques de compensation de ses mêmes perturbations.

Le deuxième chapitre a été consacré à l'étude des différents éléments de notre système, donnant plus de détail sur chaque élément constituant la partie puissance : convertisseur de tension, transformateur d'injection de tension, système de stockage, et le filtre de sortie.

Après on a présenté la technique hystérésis pour générer les signaux de gâchette de notre onduleur, on a présenté les différentes méthodes pour calculer les tensions de référence. De cette étude, nous avons choisi d'employer dans notre commande, la méthode de puissance instantanées, et en dernier nous nous sommes intéressés à présenter la régulation de la tension continue.

Au niveau du chapitre trois nous avons illustré les performances d'un filtre actif de puissance série lors de perturbations de types tensions en provenance du côté source.

A travers nos quatre simulations correspondant à quatre types de perturbation distincte, à savoir : harmonique, chute de tension, surtension et déséquilibre. Les résultats de simulations nous ont montré que notre filtre actif de puissance série

compense correctement les différent cas d'étude. De plus, la qualité du filtrage a été évalué en fonction des THD en nous donnons des résultats inférieur à 5%.

Pour ce qui est du chapitre quatre, notre filtre actif de puissance protège la source contre les différentes perturbations causées par la charge non linéaire. Les résultats de simulations nous ont montré que notre filtre actif de puissance série compense correctement les différent perturbations (harmonique, déséquilibre avec harmonique). De plus, les résultats de simulation nous ont permis d'avoir des THDs après filtrage avec des valeurs inférieur à 5%, ce qui conforme à la normalisation.

- [1] Mohamed Alaa Edin Alali « Contribution à l'étude des compensateurs actifs des réseaux électriques » Thèse de Doctorat en génie électrique, Université Louis Pasteur 12/09/2002.
- [2] Zegaoui Abdallah « Etude et simulation d'un compensateur de rééquilibrage de la tension d'un réseau basse tension » thèse de magistère en électrotechnique, université Hassiba Ben Bouali Chlef.
- [3] Chenni Salim « Etude, modélisation et commande des filtres actifs : apport des techniques de l'intelligence artificielle » Thèse de doctorat en génie électrique, université Mohamed Khider Biskra.
- [4] M.Habab, M.Haidas, C.Benaichib, O.Abdekhalek, A.Benoudjafer « Etude comparative de la commande d'un UPQC PI classique/intelligente logique floue » quatrième conférence sur le génie électrique, le 03-04 novembre 2010, université de Bechar, Algérie.
- [5] Mohamed Muftah Abdusalam « structures et stratégies de commande des filtres actifs parallèle et hybride avec validations expérimentales » Thèse de doctorat en génie électrique l'université Henri Poincaré, Nancy. 29 mai 2008.
- [6] Farid Hamoudi « commande robuste d'un filtre actif shunt à quatre fils » Thèse de magistère en Electrotechnique université el hadj LAKHDAR Batna ,01/06/2008.
- [7] Vanya Ignatona « Méthode d'analyse de la qualité de l'énergie électrique. Application aux creux de tension et à la pollution harmonique » Thèse de doctorat en génie électrique. Université Joseph Fourier le 20/10/2006.
- [8] Haddad Salim « gestion de la qualité d'énergie électrique dans un réseau de transmission » Thèse de doctorat en électromécanique université Badji Mokhtar Annaba 2010.
- [9] Marcel Daniel Epanya « application du filtrage actif pour une mise en oeuvre de méthode de prédiction et de contrôle d'harmoniques dans un réseau de distribution électrique » mémoire présenté à l'université du Québec à trois – rivières en génie électriques septembre 2010.
- [10] Hideaki Fujita and H.Akagi Nagaoka « A practical approach to harmonic compensation in power systems series connection of passive and active filters » Université de Technologie Nagaoka, Japon.

- [11] A. Morsali, A. Tlemcani, N. Ould Cherchali et M. S. Boucherit « Commande d'un Filtre Actif Série de Puissance à Cinq Niveaux pour Améliorer la Qualité de la Tension Electrique » Laboratoire d'Electrotechnique et Automatique « LEA », UYFM, Médéa, Algérie. Laboratoire des Processus de Control « LPC », Ecole Nationale Polytechnique-ENP, Alger, Algérie.
- [12] Omeiri Amar « Simulation d'un filtre actif parallèle de puissance pour la compensation des harmoniques de courant » Thèse de doctorat université de Annaba année 2007.
- [13] Brahim Berbaoui, Samira Dib, Brahim Ferdi « Amélioration de la qualité d'énergie basée sur la performance d'un filtre actif série commandé à base DE système PLL » Volume 54, 3-4, 2013 pages : 184 – 188.
- [14] B. Singh, V. Verma, « A new control scheme of séries active filter for varying rectifier loads » IEEE Power electronics and drive Systems, PEDS 2003, The FIFTH International conference, Vol. 1, 17-20 Nov2003, Page(s): 554 - 559.
- [15] Murat Kale, Engin Ozdemir « An adaptive hysteresis band current controller for shunt active power filter » Electric Power Systems Researcher 73 (2005) pages : 113–119.
- [16] L. Zellouma and S. Saad « Three - Level Séries Active Power filter » Laboratoire des Systèmes Electromécaniques, Université de Badji Mokhtar Annaba Algeria.
- [17] R. Tounsi « Développement d'un contrôle commande pour un compensateur série de creux de tension. Validation par simulation du fonctionnement avec des charges industrielles » Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse (France) 1999.
- [18] L.A. Moran, I. Pastorini, J. Dixon, R. Wallace « A fault protection scema for séries active power filters » IEEE Transactions on power electronics, vol.14, N°5, Septembre 1999, pages : 928-938.
- [19] Shahram Karimi « Continuité de service des convertisseurs triphasés de puissance et prototypage "FPGA in the loop " : application au filtre actif parallèle » Thèse de doctorat En génie électrique l'université Henri Poincaré, Nancy-I 26 Janvier 2009.

- [20] B. Singh, K. Al-Haddad, A. Chandra « A review of active filters for power quality improvement » IEEE Transactions on Industrial electronics, vol. 46, no. 5, pages : 960-971, Octobre 1999.
- [21] Ould Abdesalam Djaffar « Techniques neuromimétiques pour la commande dans les systèmes électriques : Application au filtrage actif parallèle dans les réseaux électriques basse tension » Thèse de Doctorat en génie électrique, Université de Haute-Alsace, (France) 2005.
- [22] H. Akagi, Edson Hirokazu, Watanabe Mauricio Aredes « Instantaneous power theory and application to power conditioning » IEEE Press series on power engineering.
- [23] Hanane Kouara « l'application d'un filtre actif série au contrôle de la tension d'un réseau basse tension » mémoire de magister en électrotechnique, université de Batna 2006.
- [24] M. Joao Sepul Vedafreitas JOAOJ, Joao Afonso, Julio S. Martins « A Series Active Power Filter Controlled by Personal Computer » Departement of industrial electronics university of Minho.
- [25] Ben Habib mohamed Choukri « nouvelle stratégie de commande d'un conditionneur actif de puissance » mémoire de magistère en électrotechnique, université des sciences et de la technologie D'Oran.
- [26] T. Benmiloud & A. Omari « Régulation de la tension d'alimentation du filtre actif parallèle par PI adaptatif » 2007.
- [27] Mr Boukadoum Aziz « contribution à l'analyse et la réduction de la pollution harmonique dans le réseau électrique » mémoire de magister en électrotechnique université Badji Mokhtar Annaba 2007.
- [28] Nassar Hanna Mendalek « Qualité de l'onde électrique et moyens de mitigation » Thèse de doctorat école de technologie supérieur université du Québec le 14 janvier 2003.

Publication des normes CEI :

- CEI 1000-4-7 (1991) : Techniques d'essai et de mesure : Guide général relatif aux mesures d'harmoniques et d'inter-harmoniques, ainsi qu'à l'appareillage de mesure, applicable aux mesures d'alimentation et aux appareils qui y sont raccordés.
- CEI 1000-4-11 (1994) : Techniques d'essai et de mesure : Essai d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension.
- CEI 1000-3-3 (1994) : Limitation des fluctuations de tension et du flicker dans les réseaux basse tension pour les équipements ayant un courant appelé < 16 A.
- CEI 1000-3-5 (1994) : Limitations des fluctuations de tension et du flicker dans les réseaux basse tension pour les équipements ayant un courant appelé > 16 A.
- CEI 61000-3-2 : Elle définit des limites d'émission de courant harmonique par les appareils consommant moins de 16 A par phase.
- CEI 61000-3-4 : Entrée en vigueur dans l'Union Européenne en janvier 2001, elle traite de la limitation des courants harmoniques injectés dans le réseau publique d'alimentation pour des appareils consommant des courants supérieurs à 16A par phase. Elle définit les limites des harmoniques du courant d'entrée qui peuvent être produit par le matériel soumis à l'essai dans des conditions spécifiées.
- CEI 61000-3-12 : Dernière entrée dans la réglementation en 2004, elle fixe les limites pour les courants harmoniques produits par les appareils connectés aux réseaux publics basse tension ayant un courant appelé supérieur à 16 A et inférieur à 75 A par phase. De ce fait, elle remplace la norme CEI 61000-3-4 qui reste en vigueur pour des appareils consommant plus de 75A.

- CEI 61000-2-4 : Elle définit les niveaux de compatibilité dans les réseaux d'installations industrielles pour les perturbations conduites a basse fréquence.

- CEI 555 : Perturbations produites dans les réseaux d'alimentation par les appareils électromagnétiques et les équipements analogues.

- CEI 725 (1981) : Considération sur les impédances de références à utiliser pour la détermination des caractéristiques de perturbation des appareils électrodomestiques et analogues.

Les deux normes de qualité principales de l'IEEE sont :

- IEEE 519 : 1992, Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Power Systems :

Cette norme détermine la procédure pour contrôler les harmoniques présents sur le réseau électrique ainsi que les limites recommandées de la pollution harmonique générée par les clients et de distorsion harmonique totale sur le réseau.

- IEEE 1159 : 1995, IEEE Recommended Practice on Monitoring Electric Power Quality :

Cette norme réalise un bilan complet et donne une définition de tous les phénomènes électromagnétiques qui ont lieu dans le réseau en fonction de leur contenu spectral, leur durée et leur amplitude.

ملخص

يمكن أن تحدث اضطرابات في شبكات الكهرباء التي هي من الأنواع تيار أو التوتر و التي يمكن أن تؤثر بشكل كبير على الأجهزة الموصولة . وقد اقترحت عدة حلول لمكافحة تلوث الشبكة الكهربائية ، و لمواجهة هذه الاضطرابات من نوع التوتر يوجد "FAS". والهدف من خلال مذكرتنا هو : دراسة مرشح سلسلة نشطة والطرق المختلفة لتحديد الفولتية إشارة إما عن طريق أسلوب الطاقة اللحظية و حلقة مقفلة الطور ثم السيطرة على العاكس الجهد من قبل عنصر التحكم التباطؤ.

Abstract

The disturbing phenomena can occur in electrical networks what are types currents or voltages can greatly affect the connected equipment. Several electrical network pollution control solutions have been proposed in the literature, they are meeting these tension-type problems is the «Active Filter Series». The objective is through our memory: the study of a series active filter and the different methods of identifying reference voltages either by the method of instantaneous power and the PLL and control of the inverter voltage by the hysteresis control.

Résumé

Les phénomènes perturbateurs pouvant apparaître au niveau des réseaux électrique qu'ils soient de types courants ou tensions peuvent affecter fortement des appareillages connectés. Plusieurs solutions de dépollution des réseaux électriques ont été proposées dans la littérature, s'elles qui répondent à ces perturbations de type tension est le FAS. L'objectif visé à travers notre mémoire est : l'étude d'un filtre actif série et les différentes méthodes d'identification des tensions de référence que ce soit par la méthode des puissances instantanée et la PLL ainsi que le contrôle de l'onduleur de tension par la commande hystérésis.