

**République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique**



**Université Echahid Hama Lakhder d'El-Oued
Faculté des Sciences et de la Technologie**



**Mémoire de Fin d'Étude
En vue de l'obtention du diplôme de**

LICENCE ACADEMIQUE

**Domaine : Sciences et Technologie
Filière : Électrotechnique
Spécialité: Réseaux Électriques**

Thème

**Performance des Méthodes $p-q$ et SRF pour
l'Identification des Courants Harmoniques en
Conditions Idéales**

Réalisé par:

**ATALLAH Mohammed Djemoui
MEGUERHI Tarek
DRIDI Messaoud
HAMIED Baha Eddine
NESRAT Souhaib**

Dirigé par:

Dr. MESBAHI Nadhir

Soutenu en Juin 2015

Introduction Générale	1
Chapitre I: Problématique des harmoniques et les solutions de dépollution harmonique	
I.1. Introduction	2
I.2. Qualité de l'énergie électrique	2
I.2.1. Qualité de la tension	2
I.2.2. Amplitude	2
I.2.3. Fréquence	2
I.3. Perturbations harmoniques	3
I.4. Origine des harmoniques	3
I.5. Caractérisation des perturbations harmoniques	4
I.5.1. Taux de distorsion harmonique	4
I.5.2. Facteur de puissance	4
I.6. Conséquences de la distorsion des harmoniques	4
I.7. Solutions de dépollution des réseaux électriques	5
I.7.1. Solutions traditionnelles de dépollution	6
I.7.2. Solutions modernes	6
I.8. Conclusion	6
Chapitre II: Principes théoriques de p-q et SRF d'identification d'harmoniques	
II.1. Introduction	7
II.2. Méthode des puissances réelle et imaginaire instantanées	7
II.3. Méthode du référentiel lié au synchronisme	9
II.4. Conclusion	11
Chapitre III: Simulation et interprétations des résultats	
III.1. Introduction	12
III.2. Résultats de simulation	12
III.2.1. Méthode p-q	14
III.2.2. Méthode du référentiel lié au synchronisme	16
III.3. Conclusion	18
Conclusion Générale	19
Références bibliographiques	20

Introduction Générale

Aujourd'hui, les critères de qualité ont évolué avec le développement des équipements où l'électronique de puissance prend une place prépondérante dans les systèmes de commande, mais avec l'utilisation croissante dans l'industrie de systèmes commandés à base des convertisseurs statiques entraînent de plus en plus de problèmes de perturbation au niveau des réseaux électriques.

En effet, les perturbations provoquées par ces convertisseurs sont bien connue; il s'agit d'une dégradation du facteur de puissance et d'une génération de courants alternatifs non sinusoïdaux riches en harmoniques.

L'objectif de notre travail est d'étudier deux méthodes d'identification des courants harmoniques d'une charge polluante, et nous les comparons dans le but de valider l'efficacité de chacune d'elles. Ce mémoire a été structuré comme suit :

Le premier chapitre présente la description des différentes perturbations en courant et en tension dans un réseau basse tension, leurs origines, leurs conséquences. Nous présenterons également les solutions curatives traditionnelles et modernes.

Le deuxième chapitre, sera consacré au principe de deux méthodes d'identification de courants harmoniques : méthode des puissances active et réactive instantanées et méthode du référentiel lié au synchronisme.

Le troisième chapitre est réservé à la simulation et l'interprétation des résultats des deux techniques d'identification cités auparavant.

Une conclusion générale de ce travail clôture le document.

Chapitre I

Problématiques des harmoniques et les solutions de dépollution harmonique

I.1. Introduction

Dans le premier chapitre, nous présentons les notions sur la qualité de l'énergie électrique et les différentes perturbations pouvant l'affecter. Nous discutons des solutions traditionnelles et modernes utilisées pour palier aux problèmes liés aux perturbations harmoniques.

I.2. Qualité de l'énergie électrique

La qualité de cette énergie dépend de celle de la tension aux points de raccordement, toutefois, cette tension subit généralement beaucoup de perturbations de deux origines distinctes: d'une part, les perturbations de courant causées par le passage dans les réseaux électrique, des courants perturbations comme les courants harmoniques, déséquilibrés et réactifs et d'autre part les perturbations de tension causées par des tensions perturbatrices comme les tension harmoniques, déséquilibrés et les creux de tension [1], [2].

I.2.1. Qualité de la tension

Dans la pratique, l'énergie électrique distribuée se présente sous la forme d'un ensemble de tensions constituant un système alternatif triphasé, qui possède quatre caractéristiques principales : amplitude, fréquence, forme d'onde et symétrie [3].

I.2.2. Amplitude

L'amplitude de la tension est un facteur crucial pour la qualité de l'électricité. Elle constitue en général le premier engagement contractuel du distributeur d'énergie. Habituellement, l'amplitude de la tension doit être maintenue dans un intervalle de $\pm 10\%$ autour de la valeur nominale. Dans le cas idéal, les trois tensions ont la même amplitude, qui est une constante. Cependant, plusieurs phénomènes perturbateurs peuvent affecter l'amplitude des tensions.

I.2.3. Fréquence

Dans le cas idéal, les trois tensions sont alternatives et sinusoïdales d'une fréquence constante de 50 ou 60 Hz selon le pays. Des variations de fréquence peuvent être provoquées par des pertes importantes de production, de l'îlotage d'un groupe sur ses auxiliaires ou son passage en réseau séparé, ou d'un défaut dont la chute de tension résultante entraîne une réduction de la charge. Cependant, ces variations sont en général

très faibles (moins de 1%) et ne nuisent pas au bon fonctionnement des équipements électriques ou électroniques.

I.3. Perturbations harmoniques

Les perturbations sont tous les phénomènes internes ou externes au réseau ayant un pouvoir de modifier d'une manière transitoire ou permanente en amplitude et /ou en forme les grandeurs électriques du réseau. Ces perturbations résultent de la superposition, sur l'onde fondamentale à 50 Hz, d'ondes également sinusoïdales mais de fréquences multiples de celle du fondamental. Le domaine de fréquence qui correspond à l'étude des harmoniques est généralement compris entre l'harmonique 2 et celui du rang 40, mais on peut également observer des sous-harmoniques ou des inter-harmoniques à des fréquences non multiples entières de la fréquence fondamentale [4].

I.4. Origine des harmoniques

La prolifération des équipements électriques utilisant des convertisseurs statiques a entraîné ces dernières années une augmentation sensible du niveau de pollution harmonique des réseaux électriques. Ces équipements électriques sont considérés comme des charges non linéaires émettant des courants harmoniques dont les fréquences sont des multiples entiers de la fréquence fondamentale, ou parfois à des fréquences quelconques. Le passage de ces courants harmoniques dans les impédances du réseau électrique peut entraîner des tensions harmoniques aux points de raccordement et alors polluer les consommateurs alimentés par le même réseau électrique. Les différents secteurs industriels concernés sont aussi bien du type secondaire (utilisation des gradateurs, des redresseurs, des variateurs de vitesse...), que du type tertiaire (informatique ou éclairage dans les bureaux, commerces,...) ou domestique (téléviseurs, appareils électroménagers en grand nombre) [5].

Les principales sources à l'origine des harmoniques sont les appareils d'éclairage fluorescent, les appareillages informatiques, les appareils domestiques (téléviseurs, appareils électroménagers en grand nombre), les arcs électriques et tous les convertisseurs statiques raccordés aux réseaux tels que les redresseurs et les onduleurs. Tous ces systèmes contribuent à la pollution harmonique du réseau auquel ils sont connectés [6].

I.5. Caractérisation des perturbations harmoniques

Plusieurs critères sont définis pour caractériser les perturbations. Le 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.

I.5.1. Taux de distorsion harmonique

Différents critères sont définis pour caractériser ce type de perturbation. Le THD (le 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. Le THD représente le rapport de la valeur efficace des harmoniques à la valeur efficace du fondamental [7].

$$\text{THD} = \sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} \frac{X_H^2}{X_1^2}} 100$$

I.5.2. 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. Dans le cas où il y a des harmoniques, le facteur de puissance est dégradé une puissance supplémentaire appelée la puissance déformante (D) donnée par la relation est ajoutée [6].

$$D = 3V_1 \sqrt{\sum_{h=2}^{50} I_h^2}$$

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

$$FP = \frac{P}{\sqrt{P^2 + \rho^2 + D^2}}$$

I.6. Conséquences de la distorsion des harmoniques

Les courants et les tensions harmoniques ont des effets néfastes sur le fonctionnement, la rentabilité et la durée de vie des équipements électriques. Bien que les susceptibilités des différents équipements et appareils électriques, raccordés à un réseau pollué, soient très diversifiés, on distingue deux sortes d'effets possibles [8]

- **les effets quasi-instantanés** : concernent certains types d'appareillage, tels que l'électronique de puissance, calculateurs, relais, systèmes de contrôle et régulation,...etc. La présence des harmoniques sur le réseau provoque le déplacement du passage par zéro et des modifications de la valeur crête de l'onde ;
- **les effets à terme** : se rapportent essentiellement aux machines tournantes, aux transformateurs et aux condensateurs, ce qui se manifeste par des échauffements supplémentaires et l'augmentation du niveau sonore. Il en découle la destruction de matériel ou plus fréquemment une diminution de leur durée de vie par surcharge thermique.

La liste suivante donne une idée de l'impact des harmoniques sur certains équipements à usage fréquent qui font partie intégrante du réseau électrique, tels que les :

Alternateurs : pertes supplémentaires dans les enroulements statiques et dans les amortisseurs liées à l'augmentation de la valeur efficace du courant absorbé. Ces pertes provoquent un échauffement supplémentaire et réduisent également le rendement de ces machines ;

câbles électriques : pertes Joule supplémentaires, surtout dans les câbles de retour du neutre où circulent les courants harmoniques homopolaires et corrosion des câbles en aluminium sous l'effet de la circulation de courants harmoniques pairs associés à une composante continue . La présence des harmoniques dans le réseau diminue aussi la capacité de transport en puissance active des lignes [8].

Transformateurs : ils sont les constituants les plus directement affectés par les courants harmoniques. Ces derniers produisent des pertes additionnelles dans les enroulements. Ces pertes ne sont pas seulement dues à l'effet Joule pelliculaire, mais aussi à des courants induits dans les bobinages, le noyau et les pièces métalliques par les composantes à hautes fréquences des champs de fuite ;

Moteurs à courant alternatif : la déformation de la forme d'onde de la tension du réseau, due à l'interaction entre les courants harmoniques et l'impédance équivalente du réseau, influe sur le fonctionnement des machines électriques à courant alternatif en général et sur celui des moteurs [8].

I.7. Solutions de dépollution des réseaux électriques

On peut regrouper les solutions visant à réduire les perturbations harmoniques en eux groupes : les solutions traditionnelles et les solutions modernes [6].

I.7.1. Solutions traditionnelles de dépollution

Elles apportent une solution facile et rapide pour certains cas de perturbations bien localisées et utilisent des composants passifs (inductances, condensateurs, transformateurs) et/ou des branchements qui modifient le schéma de l'installation communément appelé filtres passifs. Le rôle de ces filtres est l'absorption des harmoniques et la réduction concomitante du THD. Leur principe consiste à placer, en parallèle avec le réseau d'alimentation, une impédance de valeur très faible autour de la fréquence à filtre et suffisamment importante à la fréquence fondamentale du réseau [9].

I.7.2. Solutions modernes

Le remarquable progrès dans le domaine des semi-conducteurs rapides de puissance à permis la promotion de nouvelles structures de convertisseur telles les filtres actifs et les redresseurs à *MLI*. Leurs utilisations permettent d'éviter des problèmes aux équipements à base d'éléments passifs. De plus, ces nouvelles techniques sont économiques et deviennent de plus en plus intéressantes [10].

Le but de ces filtres est d'engendrer soit des courants, soit des tensions harmoniques de manière à ce que le courant et la tension soient rendus sinusoïdaux. Le filtre actif est connecté en série ou en parallèle suivant qu'il est conçu respectivement pour compenser les tensions ou les courants harmoniques.

I.8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différentes origines des perturbations affectant les réseaux électriques et les solutions de dépollution existantes. Ces perturbations étant néfastes sur les équipements dans un réseau électrique. Dans nos jours plusieurs solutions modernes sont proposées pour la compensation des différentes perturbations, notamment le filtrage actif.

Chapitre II

Principes théoriques de p-q et SRF d'identification des harmoniques

II.1 Introduction

L'identification des harmoniques est une étape très importante dans le processus de compensation active. Plusieurs algorithmes d'identification des grandeurs harmoniques ont été développés dans la littérature. Nous aborderons dans ce chapitre les notions de base de deux algorithmes principales : algorithme des puissances réelle et imaginaire instantanées et algorithme du référentiel lié au synchronisme.

II.2 Méthode des puissances réelle et imaginaire instantanées

Dans cet algorithme de contrôle, les mesures des tensions et des courants exprimés sous forme triphasée (a - b - c) sont converties en système (α - β) équivalent à l'aide de la transformée de Concordia [5], [11]:

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{c1} \\ i_{c2} \\ i_{c3} \end{bmatrix} \quad (\text{II.1})$$

$$\begin{bmatrix} v_\alpha \\ v_\beta \end{bmatrix} \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{s1} \\ v_{s2} \\ v_{s3} \end{bmatrix} \quad (\text{II.2})$$

La puissance active instantanée p et la puissance réactive instantanée q sont définies par :

$$\begin{bmatrix} p \\ -q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_\alpha & v_\beta \\ -v_\beta & v_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} \quad (\text{II.3})$$

Les puissances active et réactive instantanées peuvent s'écrire comme la somme d'une composante continue et d'une composante alternative :

$$\begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{p} + \tilde{p} \\ \bar{q} + \tilde{q} \end{bmatrix} \quad (\text{II.4})$$

A partir de l'équation, nous pouvons déduire les expressions des composantes du courant de charge selon les axes $\alpha\beta$:

L'inverse de l'équation (II.3) des puissances active et réactive permet d'établir la relation (II.5) des courants :

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \frac{1}{v_\alpha^2 + v_\beta^2} \begin{bmatrix} v_\alpha & -v_\beta \\ v_\beta & v_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix} \quad (\text{II.5})$$

Dans cette méthode, l'identification des courants harmoniques est basée sur les puissances réelle et imaginaire instantanées par transformation des grandeurs électriques (tension, courant) dans un repère fixe par la transformée de Concordia. Cependant, il y a lieu de signaler que cette méthode n'est pas une méthode d'identification directe des composantes harmoniques du courant mais identifie plutôt les composantes harmoniques qui ne servent pas à véhiculer de la puissance active.

Les courants de référence se calculent par la formule suivante

$$\begin{bmatrix} i_{ref1} \\ i_{ref2} \\ i_{ref3} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ -\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{ref\alpha} \\ i_{ref\beta} \end{bmatrix} \quad (\text{II.6})$$

Le schéma de la Figure II.1 illustre les différentes étapes permettant l'obtention des courants de référence par la méthode des puissances réelle et imaginaire instantanées.

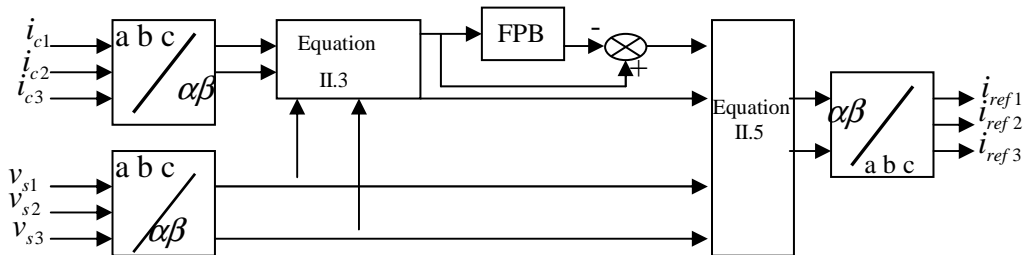


Fig. II.1. Génération des courants de référence par la méthode des puissances instantanées.

En conséquence, l'élimination de la composante fondamentale dans l'équation II.4 s'effectue à l'aide de un filtre passe-bas (Figure II.2).

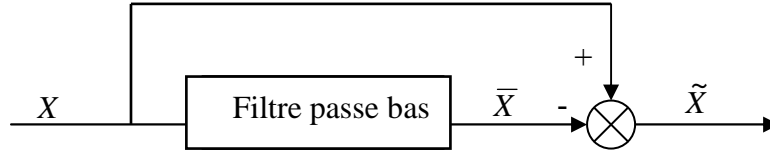


Fig. II.2. Schéma représentant le principe de séparation des puissances.

La puissance instantanées, on utilise généralement, soit un filtre passe-haut, soit un filtre passe bas afin présente le de ne garder que la composante harmonique du signal.

II.3. Méthode du référentiel lié au synchronisme

Cette méthode introduite par Bhattacharya [11], [12], exploite également la transformation de Concordia mais appliquée uniquement aux courants de ligne $i_{c1}(t)$, $i_{c2}(t)$, $i_{c3}(t)$. Ensuite, une seconde transformation est opérée pour passer des courants de ligne en d - q , ce qui permet de transformer la composante fondamentale du courant en une composante continue et les composantes harmoniques du courant en des composantes alternatives. L'avantage majeur de cette méthode a la précédente réside dans le fait que les éventuelles tensions harmoniques n'ont plus d'influence sur les courants identifiés et par conséquent le filtrage sera meilleur.

Soient les courants de charge d'un système triphasé sans composante homopolaire, notés i_{c1} , i_{c2} , i_{c3} . La transformation de Concordia permet de ramener ce système triphasé équilibré à un système diphasé, comme illustré précédemment par la relation (II.1).

En générant à l'aide d'une PLL les signaux $\cos(\hat{\theta})$ et $\sin(\hat{\theta})$ à partir de la tension fondamentale du réseau, nous obtenons l'expression matricielle suivante pour les courants dans le système dq :

$$\begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sin(\hat{\theta}) & -\cos(\hat{\theta}) \\ \cos(\hat{\theta}) & \sin(\hat{\theta}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} \quad (\text{II.7})$$

Ces composantes peuvent alors être exprimées comme la somme d'une composante continue et d'une composante alternative :

$$\begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{i}_d + \tilde{i}_d \\ \bar{i}_q + \tilde{i}_q \end{bmatrix} \quad (\text{II.8})$$

Avec \bar{i}_d et \bar{i}_q les composantes continues de i_d et i_q , et \tilde{i}_d et \tilde{i}_q les composantes alternatives de i_d et i_q . A partir de l'équation (II.7), nous pouvons exprimer les composantes du courant selon les axes $(\alpha \beta)$ par :

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sin(\hat{\theta}) & -\cos(\hat{\theta}) \\ \cos(\hat{\theta}) & \sin(\hat{\theta}) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin(\hat{\theta}) & \cos(\hat{\theta}) \\ -\cos(\hat{\theta}) & \sin(\hat{\theta}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} \quad (\text{II.9})$$

Soient:

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sin(\hat{\theta}) & \cos(\hat{\theta}) \\ -\cos(\hat{\theta}) & \sin(\hat{\theta}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{i}_d \\ \bar{i}_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin(\hat{\theta}) & -\cos(\hat{\theta}) \\ \cos(\hat{\theta}) & \sin(\hat{\theta}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{i}_d \\ \tilde{i}_q \end{bmatrix} \quad (\text{II.10})$$

Suivant la fonction que nous donnons au filtre actif de puissance, nous pouvons également avec cette de commande compenser soit les harmoniques de courant et l'énergie réactive ou uniquement l'un des deux.

Si nous voulons compenser les harmoniques de courant et l'énergie réactive en même temps, l'équation (II.10) devient :

$$\begin{bmatrix} i_{ref\alpha} \\ i_{ref\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin(\hat{\theta}) & \cos(\hat{\theta}) \\ -\cos(\hat{\theta}) & \sin(\hat{\theta}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{i}_d + i_{cd} \\ i_q \end{bmatrix} \quad (\text{II.11})$$

Ensuite, la transformation inverse de Concordia permet d'obtenir les courants de référence, selon les axes abc , à l'aide de la relation (II.6).

Le diagramme de blocs d'un générateur de courants de référence utilisant l'algorithme du référentiel synchrone est présenté dans la Figure II.3.

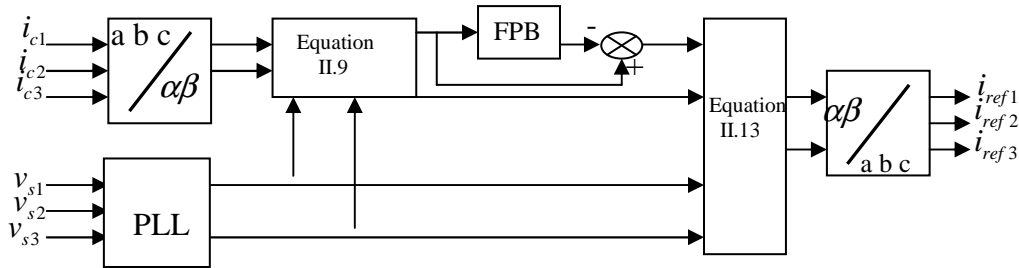


Fig. II.3. Génération des courants de référence par la méthode dite SRF.

II.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les deux méthodes d'identification des courants harmoniques à partir de la connaissance de différentes composantes du courant absorbé par la charge non linéaire. Par conséquent, dans la suite de notre mémoire, nous présenterons les performances de chaque méthode.

Chapitre III

Simulation et interprétations des résultats

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons une étude comparative entre les deux techniques méthode des puissances réelle et imaginaire instantanées et méthode du référentiel lié au synchronisme. Les résultats de simulation sont présentés et commentés pour les deux méthodes pour montrer ses performances en conditions idéales.

III.2. Résultats de simulation

Dans un premier temps, nous avons modélisé puis simulé un réseau électrique triphasé équilibré avec une charge non-linéaire du type pont redresseur triphasé tous diodes alimentant une charge RL.

Les simulations ont été réalisées avec un réseau 220V (efficace, phase-neutre), 50Hz, résistance de ligne $R_s = 0.25 \text{ m}\Omega$, inductance de ligne $L_s = 19.4 \text{ }\mu\text{H}$, charge polluante avec une charge inductive continue $R = 65\Omega$, $L = 1\text{mH}$.

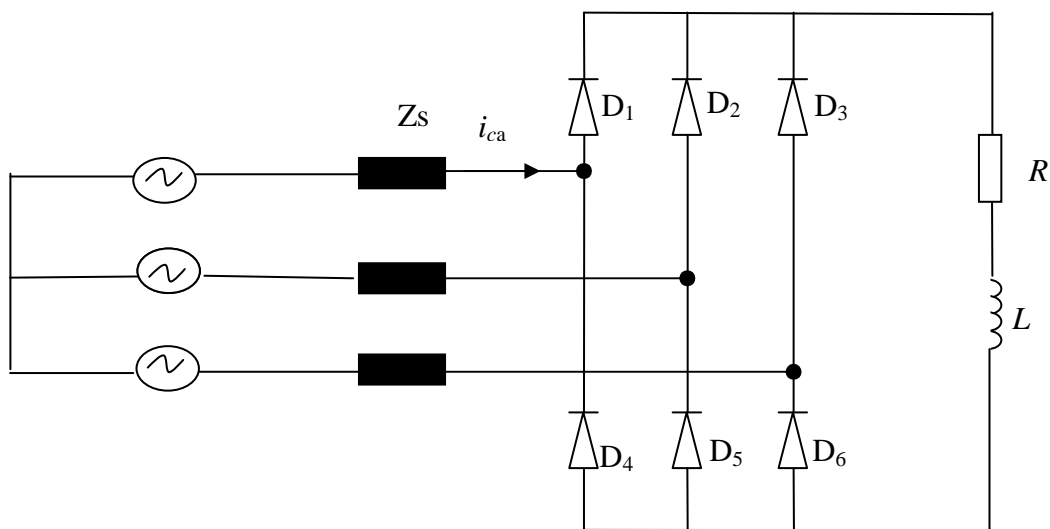


Fig. III.1 : Source triphasés et une charge non linéaire

La Figure III.2 illustre les courants de charge des trois phases. Le THD (Total *Harmonic Distortion*) en courant pour cette charge est de 30.82% pour une durée d'observation de 0.12s.

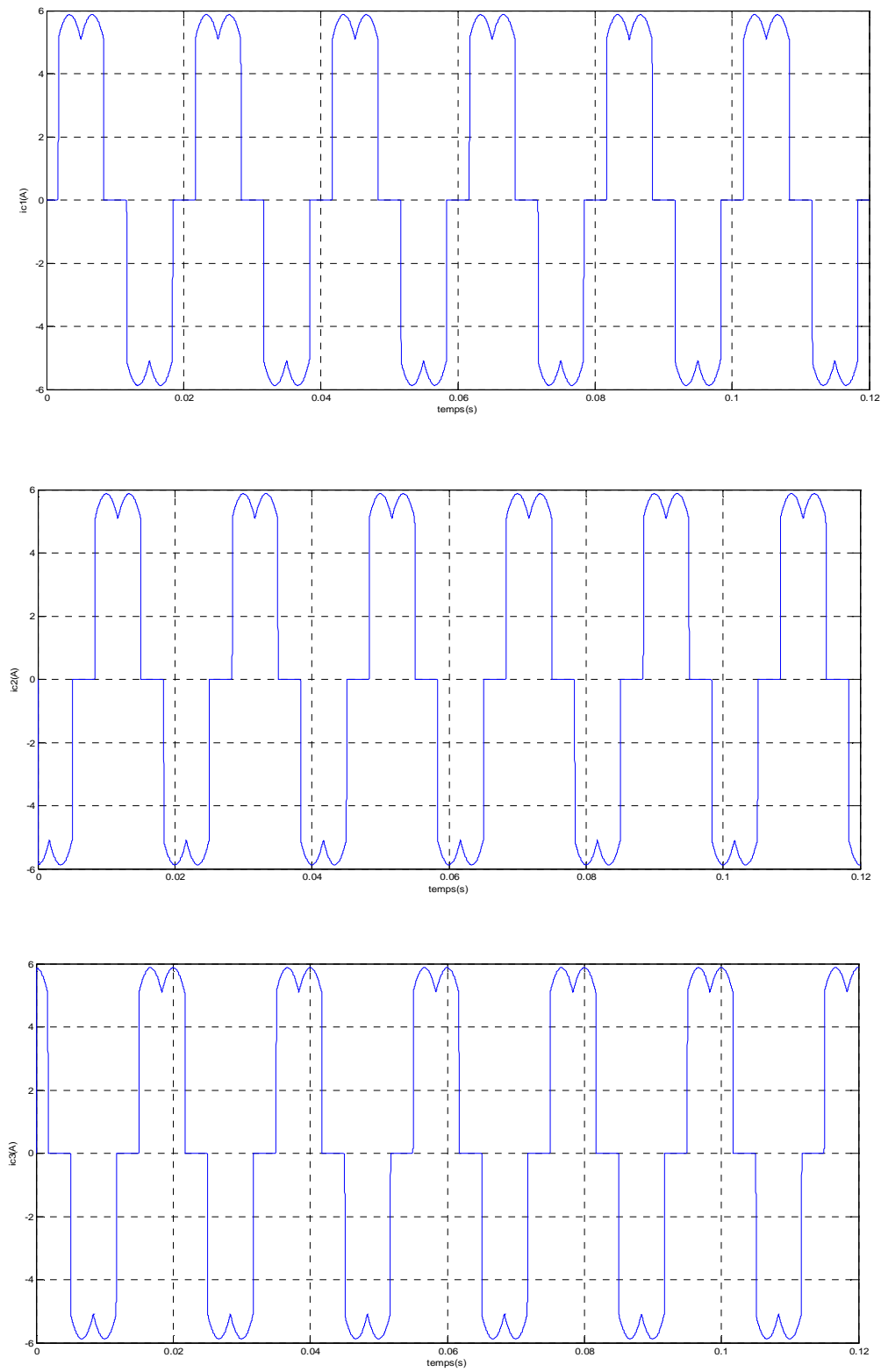


Fig. III.2 Courants de charge polluante.

III.2.1. Méthode p-q

Les deux Figures III.3 et III.4 représentent les résultats de simulation obtenus par méthode p-q pour des tensions de source équilibrées. Le THD du signal ($i_{c1}-i_{ref1}$) obtenu pour la méthode p-q est égal à 1.25%.

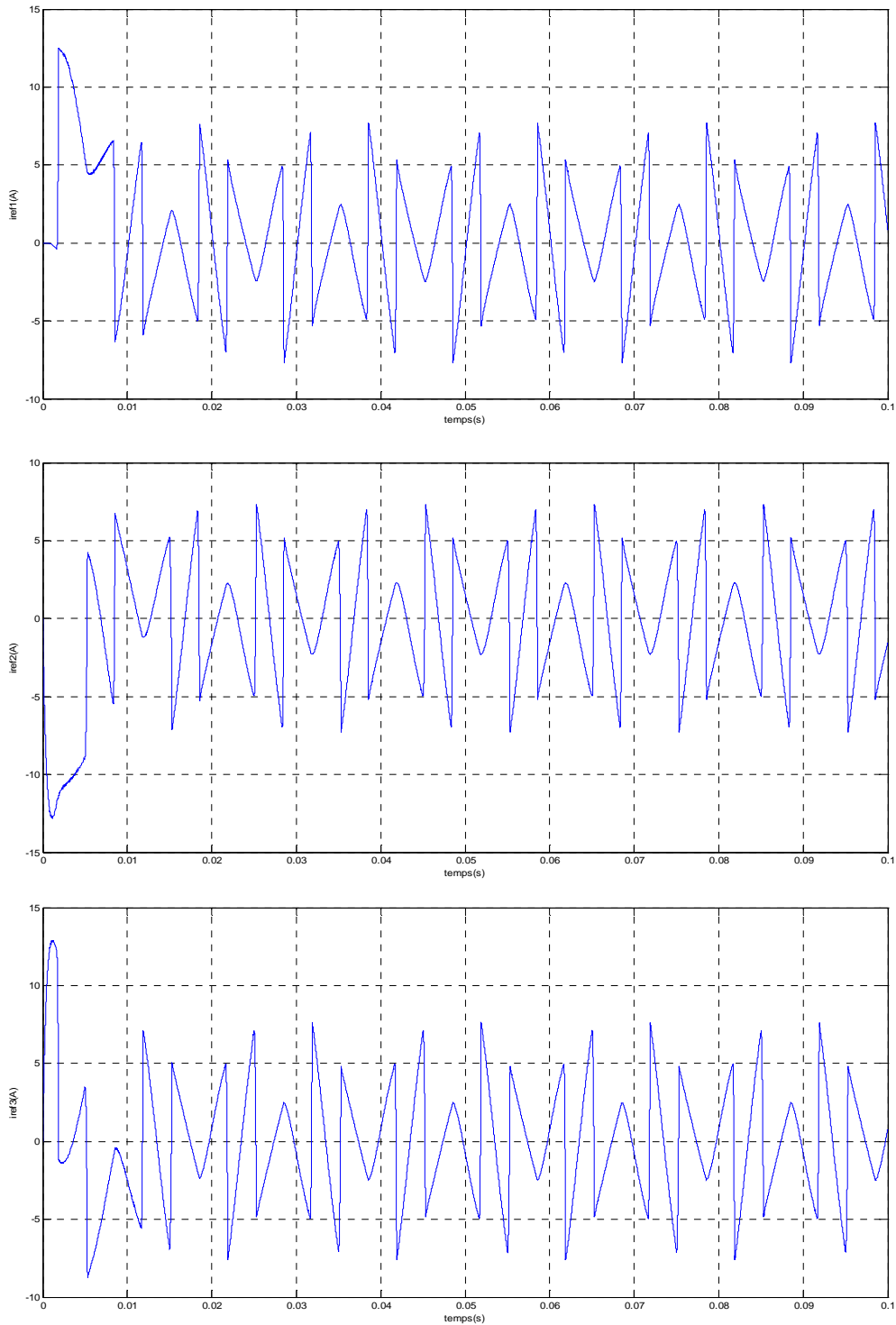
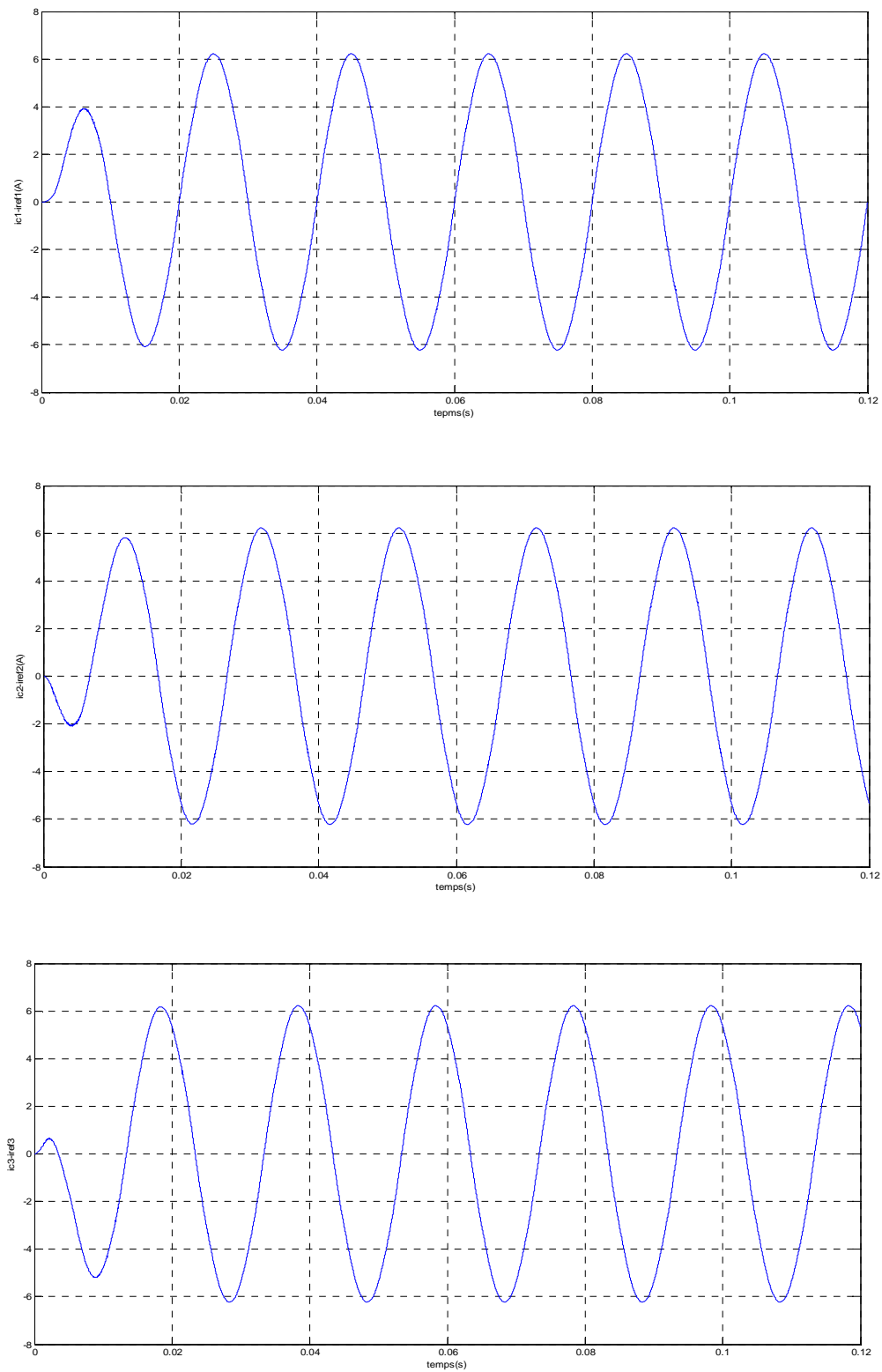


Fig. III.3 Courants de référence.

Fig. III.4 Courants de (i_c-i_{ref}).

III.2.2. Méthode du référentiel lié au synchronisme

Les deux Figures III.5 et III.6 représentent les résultats de simulation obtenus par méthode SRF pour des tensions de source équilibrées. Le THD du signal ($i_{c1}-i_{ref1}$) obtenu pour la méthode SRF est égal à 1.02%.

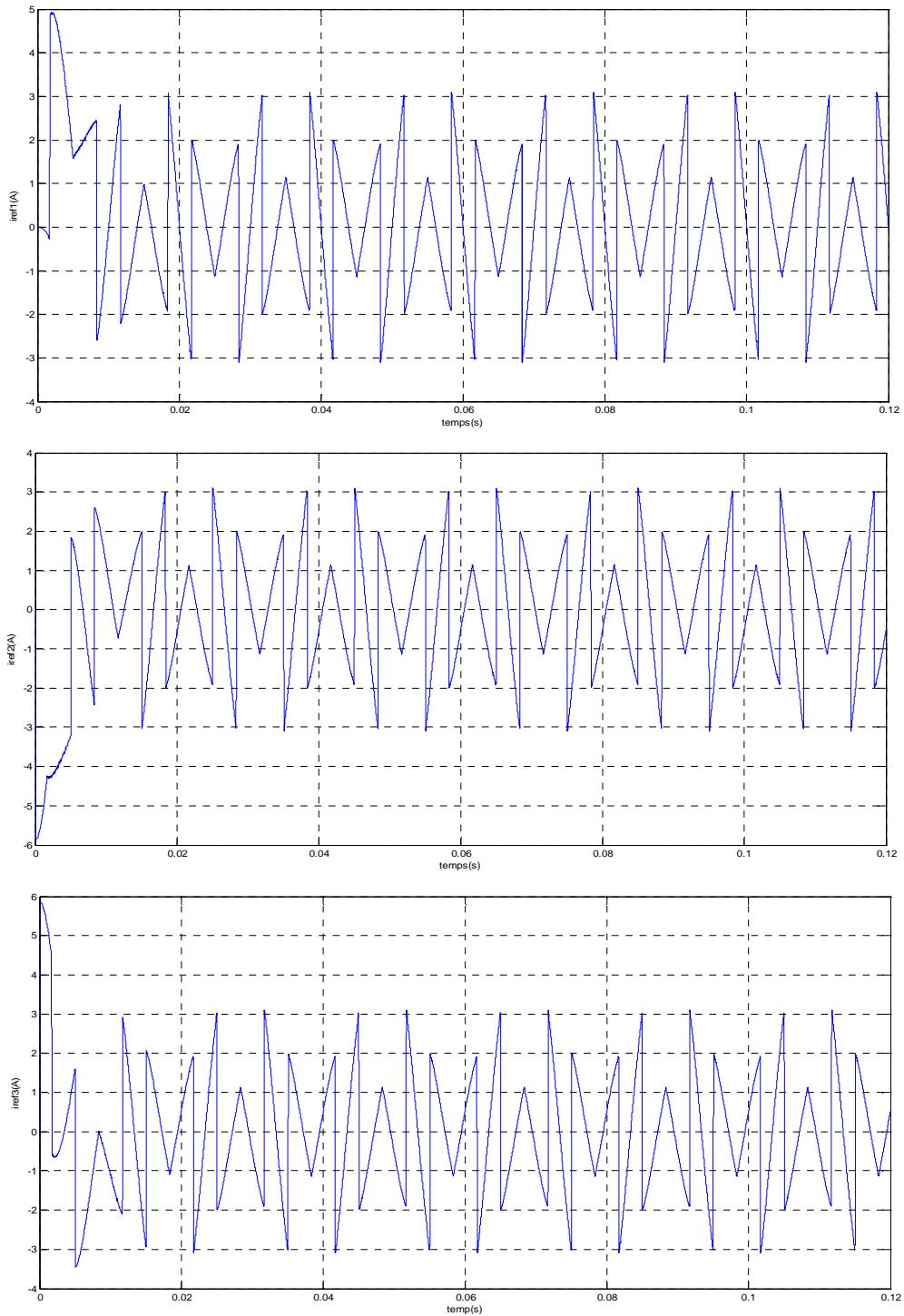
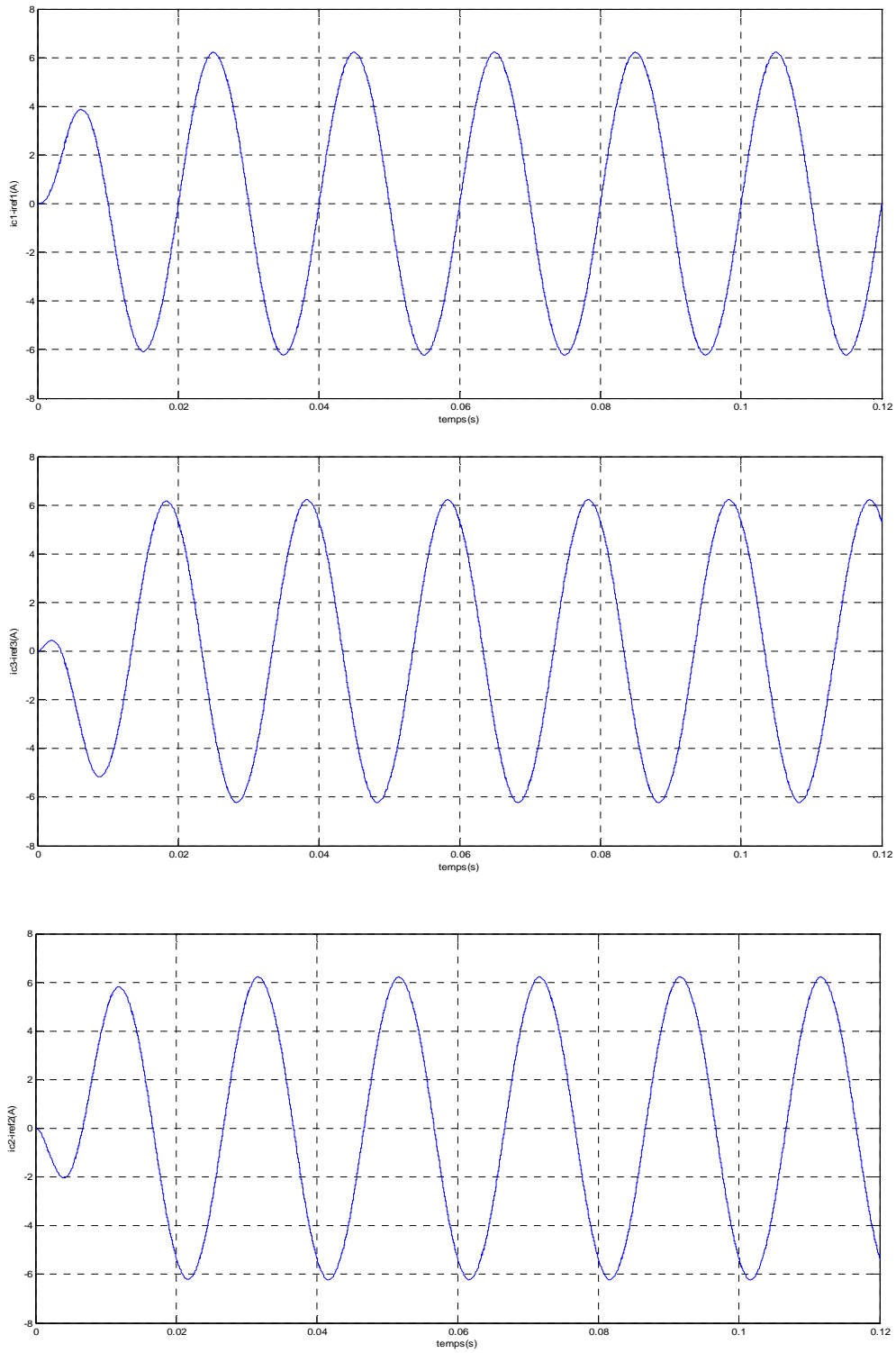


Fig. III.5 Courants de référence.

Fig. III.6 Courants de $(i_c - i_{ref})$.

III.3. Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons validé par simulation l'implantation de deux méthodes d'identifications des courants harmoniques. Nous avons constaté que la méthode du référentiel lié au synchronisme (SRF) donne le meilleur THD, suivie de la méthode des puissances active et réactive instantanées. La méthode du référentiel lié au synchronisme (SRF) a donné le meilleur résultat grâce à la PLL utilisée.

Conclusion Générale

Le but assigné dans ce mémoire est l'étude théorique et la simulation numérique de l'identification des courants harmoniques d'une charge polluante.

Au début nous avons effectué une étude théorique sur la problématique des perturbations harmoniques générées par des charges non linéaires connectées aux réseaux électriques

Puis, nous avons abordés deux méthodes d'identification des courants harmoniques : méthode des puissances active et réactive instantanées et méthode du référentiel lié au synchronisme.

Les bons résultats de simulation obtenus par la méthode du référentiel lié au synchronisme confirment alors la grande capacité d'identifications des courants harmoniques. La méthode du référentiel lié au synchronisme (SRF) a donné le meilleur résultat car les harmoniques de tension ne sont pas présents dans ce type de commande, grâce à la PLL utilisée.

Références Bibliographiques

- [1] B. Aziz, «Contribution à l'analyse et la réduction de la pollution harmonique dans le réseau électrique », *Mémoire de Magister*, Université Annaba, 2007.
- [2] D. Ouled Abdeslam, «Techniques neuromimétiques pour la commande dans les systèmes électriques : application au filtrage actif parallèle dans les réseaux électriques basse tension », *Thèse de Doctorat*, Université UHA Mulhouse, 2005.
- [3] V. Ignatova, «Méthodes d'analyse de la qualité de l'énergie électrique : application aux creux de tension et à la pollution harmonique», *Thèse Doctorat*, Université de Grenoble, 2006.
- [4] L. Benchaita, «Etude par simulation numérique et expérimentation d'un filtre actif parallèle à structure courant avec une nouvelle méthode de contrôle-commande», *Thèse de Doctorat*, Université Henri Poincaré, Nancy-I, Décembre 1998.
- [5] M.A. Alali, «Contribution à l'étude des compensateurs actifs des réseaux électriques basse tension», *Thèse de Doctorat*, Université Louis Pasteur, Strasbourg I, Septembre 2002.
- [6] M. M. Abdusalam, «Structures et stratégies de commande des filtres actifs parallèle et hybride avec validations expérimentales», *Thèse de Doctorat*, Université Henri Poincaré, Nancy-I, Mai 2008.
- [7] Y. Abdelli, «Etude et commande de convertisseurs statiques multifonctions en vue de l'amélioration de la qualité de l'énergie électrique». *Thèse de Doctorat*, Université de Nantes, Nantes, 2005.
- [8] A. Bouafia, « Techniques de commande prédictive et floue pour les systèmes d'électronique de puissance: application aux redresseurs à MLI», *Thèse de Doctorat*, Université Ferhat Abbas – Sétif, Octobre 2010.
- [9] P. Sagarzi, S. Théoleyre, «Optimisation des installations de compensation en présences d'harmoniques », RGE, Vol.26, pp.12-17,1988.
- [10] K. Aliouane, «Contribution à l'étude du filtrage des harmoniques des réseaux de distribution à l'aide de l'association des filtres passifs et filtres actifs », *Thèse de Doctorat*, Institut National Polytechnique de Lorraine, Janvier 1995.

- [11] M. C. Benhabib, «Contribution à l'étude des différentes topologies et commandes des filtres actifs parallèles à structure tension : modélisation, simulation et validation expérimentale de la commande», *Thèse de Doctorat*, Université Henri Poincaré, Nancy-I, Décembre 2004.
- [12] S. Karimi, «Continuité de service des convertisseurs triphasés de puissance et prototypage "FPGA in the loop": application au filtre actif parallèle», *Thèse de Doctorat*, Université Henri Poincaré, Nancy-1, 2009.