

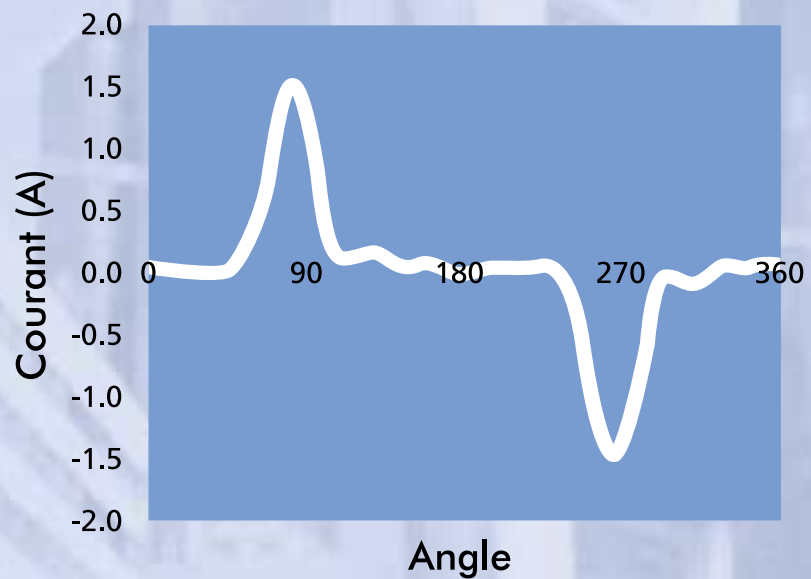
Guide Power Quality



Harmoniques

Conditionneurs d'Harmoniques Actifs

3.3.3



Harmoniques



Centre d'Information du Cuivre
Laitons et Alliages

Copper benelux
a member of the European Copper Institute



Harmoniques

Conditionneurs d'Harmoniques Actifs

Shri Karve
MGE UPS Systems Ltd
Juillet 2002

European Copper Institute

L'European Copper Institute est une joint venture Européenne entre les principaux producteurs de cuivre mondiaux et les fabricants Européens de demi-produits. Créé en 1996, l'ECI assure la promotion du cuivre en Europe avec un réseau de 10 centres de développement basés en Allemagne, au Benelux, en Espagne, en France, en Grèce, en Hongrie, en Italie, en Pologne, au Royaume Uni et en Scandinavie. L'ECI poursuit les efforts initialement engagés par le Copper Products Development Association, créé en 1959, et de l'INCRA (International Copper Research Association) créé en 1961.

Centre d'Information du Cuivre, Laiton & Alliages et Copper benelux

Ce sont les organisations professionnelles des producteurs et des transformateurs de cuivre chargées de promouvoir les applications du cuivre et de ses alliages sur les marchés français et du Benelux. Financés par les producteurs de cuivre du monde entier et par les sociétés fabricants de demi-produits, le Centre d'Information du Cuivre et Copper benelux mettent en œuvre des programmes de développement sur leurs marchés respectifs en coordination avec les structures professionnelles internationales de ses mandants : International Copper Association au niveau mondial, European Copper Institute au niveau Européen. Ils ont pour vocation de produire et de diffuser l'information technique relative au cuivre et à ses alliages, de faire connaître les meilleures méthodes de mise en œuvre des produits dans chacun de leur domaine d'emploi et d'en promouvoir l'utilisation dans les grands secteurs d'application. Le Centre d'Information du Cuivre et Copper benelux sont les coordinateurs respectivement pour la France et le Benelux du programme européen Leonardo relatif à la formation en matière de «Power Quality».

Remerciements

Ce projet a été mis en œuvre avec le soutien de la Communauté Européenne et l'International Copper Association Ltd.

Avertissement

Le contenu de ce projet ne reflète pas nécessairement la position de la Communauté Européenne. De même, il n'implique aucune responsabilité de la part de la Communauté Européenne.

L'European Copper Institute, le Centre d'information du Cuivre et Copper benelux déclinent toutes responsabilités pour toutes conséquences directes ou indirectes ou les dommages qui pourraient résulter de l'utilisation du contenu ou de l'incapacité à utiliser les informations et les données de ce guide.

Copyright © European Copper Institute, Centre d'Information du Cuivre & Copper benelux

La reproduction complète est autorisée avec mention de la source.



Centre d'Information du Cuivre
Laiton et Alliages

Centre d'Information du Cuivre
30, Avenue de Messine
F-75008 Paris
France

Tél: 00 33 1 42 25 25 67
Fax: 00 33 1 49 53 03 82
Email: centre@cuivre.org
Web: www.cuivre.org

Copper benelux
a division of the European Copper Institute

Copper benelux
168 Avenue de Tervueren
B-1150 Bruxelles
Belgique

Tél: 00 32 2 777 70 90
Fax: 00 32 2 777 70 99
Email: mail@copperbenelux.org
Web: www.copperbenelux.org



European Copper Institute
168 Avenue de Tervueren
B-1150 Bruxelles
Belgique

Tél: 00 32 2 777 70 70
Fax: 00 32 2 777 70 79
Email: eci@eurocopper.org
Web: www.eurocopper.org

Conditionneurs d'harmoniques actifs

Depuis 10 ans, les problèmes liés à la qualité du courant ne concernent plus uniquement quelques spécialistes mais un très public large. Les entreprises dépendent de plus en plus de l'énergie électrique pour l'alimentation des charges critiques, de plus l'accroissement du nombre d'équipements à contrôle électronique de puissance provoque une augmentation de la distorsion harmonique dans le réseaux. Les conditionneurs actifs d'harmoniques deviennent de plus en plus importants pour les distributeurs et les consommateurs d'électricité.

Introduction

Les problèmes causés par les courants harmoniques dans les installations et dans le réseau sont décrits dans le module 3.1. Une grande partie des charges industrielles, commerciales et domestiques sont à présents non linéaires et le niveau de distorsion dans le réseau basse tension est devenu un problème important. Les problèmes liés à un excès de tensions harmoniques au niveau de l'alimentation sont connus depuis longtemps et des normes ainsi que des procédures existent pour en limiter les effets. Il faut noter que les problèmes qui apparaissent chez les consommateurs sont presque toujours dus à leur propre installation et rarement importés du réseau. Les clients doivent donc limiter le courant harmonique et prévoir le cas échéant une filtration harmonique. D'une manière générale, il existe trois méthodes, chacune présentant ses avantages et inconvénients.

Ce sont :

- ◆ Les filtres passifs
- ◆ Les transformateurs d'isolement
- ◆ Les filtres actifs

Ce module décrit plus spécialement les filtres actifs, aussi appelés conditionneurs actifs d'harmoniques. Les exemples se basent sur le modèle produit par MGE UPS Systems Limited et vendu sous l'appellation « Sine Wave ».

L'équipement peut être prévu soit pour satisfaire les exigences du distributeur (G5/4 ou équivalent local) soit pour traiter les problèmes engendrés par les courants harmoniques au niveau du site. Le choix et l'emplacement des équipements dépendent du contexte et exigent une étude détaillée des harmoniques.

Les sites utilisant une grande quantité de matériel informatique, verront se développer des harmoniques d'ordre impair avec comme résultat des problèmes tels que par la surcharge du neutre. Ces problèmes peuvent être résolus grâce à une installation conçue suivant les règles de l'art – en dimensionnant correctement les câbles- mais souvent des problèmes peuvent survenir à posteriori suite aux modifications dans l'agencement du bâtiment. La réorganisation des postes de travail en est la cause principale, si bien que des circuits initialement relativement propres deviennent très pollués. En d'autres termes, le contenu harmonique évolue à mesure que des équipements s'ajoutent ou lorsqu'ils changent de place. Le plus souvent ces changements et ajouts se produisent sans prendre en compte les effets sur le circuit électrique.

Le remplacement des câbles dans un bâtiment occupé est souvent une opération trop coûteuse et provoquant trop d'inconvénients pour être envisagée, il faudra trouver d'autres méthodes d'atténuation. L'utilisation des filtres passifs est possible mais il est très difficile de concevoir un filtre shunt efficace pour les harmoniques de rang trois. Chaque filtre passif traitera uniquement les fréquences harmoniques pour lesquelles il est conçu et il faudra donc prévoir d'autres filtres pour d'autres fréquences. Ainsi des filtres passifs devront peut-être être remplacés ou complétés en fonction des changements du contenu harmonique. Les transformateurs raccordés en zig-zag ou en triangle sont efficaces contre les harmoniques de rang trois mais n'ont pas d'influence sur les autres. Dans ce cas le conditionneur d'harmonique actif représente une bonne solution.

Topologie des conditionneurs d'harmoniques actifs

L'idée du conditionneur d'harmoniques actif est relativement ancienne, son développement a été freiné par le manque compétitivité. Aujourd'hui, la large gamme de transistors bipolaires (*Insulated Gate Bipolar Transistors*) et de processeurs de signaux numériques (*Digital Signal Processors*) a rendu les conditionneurs actifs compétitifs et fonctionnels.

Conditionneurs d'Harmoniques Actifs

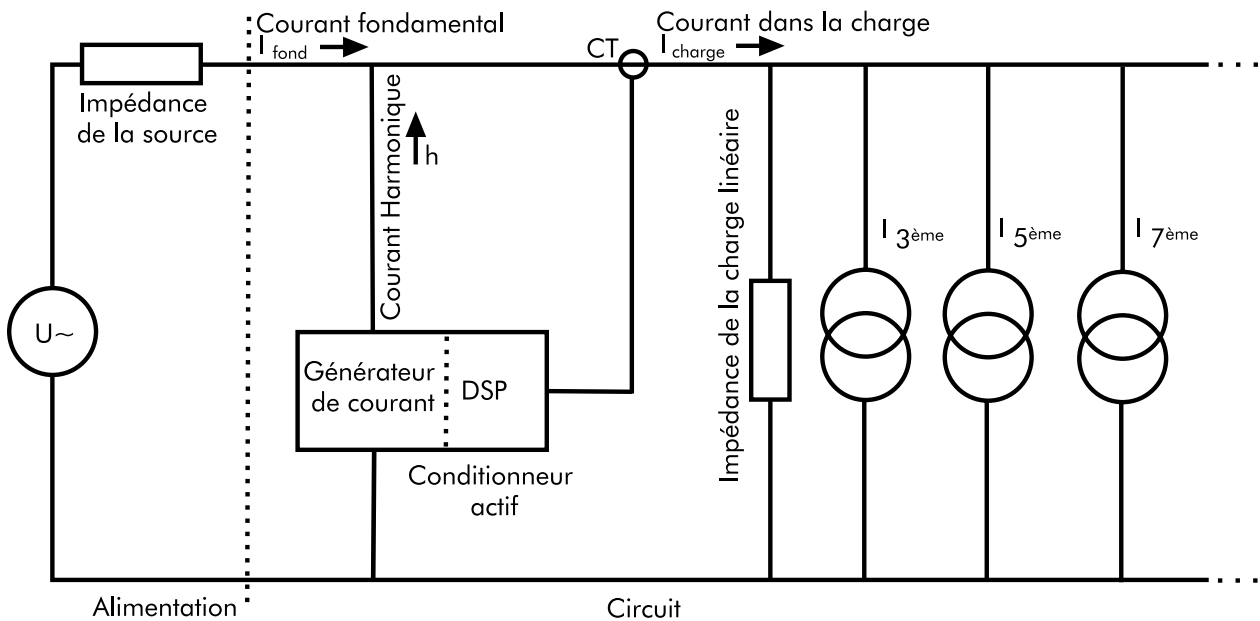


Figure 1 - Conditionneur d'harmoniques actif en parallèle

Le concept est simple : utiliser de l'électronique de puissance pour générer les courants harmoniques requis par les charges non-linéaires de telle façon que l'alimentation soit utilisée uniquement pour fournir le courant fondamental. La figure 1 illustre le principe pour un dispositif shunt.

Le courant de charge est mesuré par un transformateur dont la sortie est analysée par un processeur pour déterminer le profil harmonique. Cette information est utilisée par le générateur pour produire exactement le courant harmonique défini par la charge au cycle suivant de l'onde fondamentale. Dans la pratique, la part de courant harmonique en provenance de l'alimentation est réduite de 90 %.

Comme le conditionneur actif se base sur la mesure du transformateur, il s'adapte rapidement aux changements du profil harmonique dû à la charge. Comme les processus d'analyse et de générations sont contrôlés par logiciel, il est facile de programmer le dispositif pour qu'il supprime seulement certaines harmoniques afin de tirer parti au maximum du dimensionnement du dispositif.

Un certain nombre de systèmes sont proposés et certains seront décrits ci-après. Chaque topologie pose des problèmes relatifs aux choix des composants et à la plage de travail du conditionneur par rapport aux charges à compenser.

Conditionneurs en série

Ce type de conditionneur, connecté en série dans l'installation, compense à la fois les courants harmoniques générés par la charge et la distorsion de la tension déjà présente dans le système. Au niveau technique, cette solution est similaire à un conditionneur en ligne et doit être dimensionnée en fonction de la charge totale.

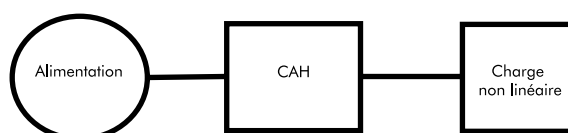


Figure 2 - Conditionneur en série

Conditionneurs d'Harmoniques Actifs

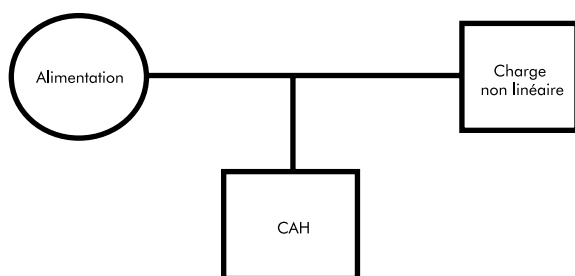


Figure 3 - Conditionneur en parallèle

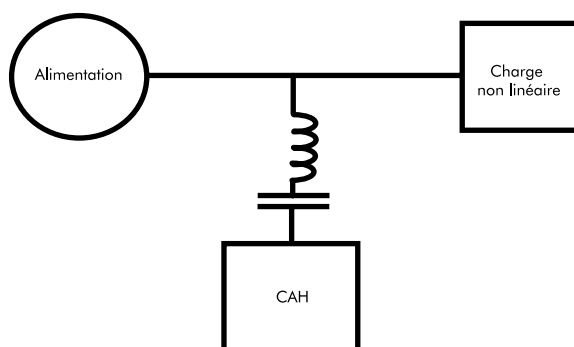


Figure 4 - Conditionneur hybride

Conditionneurs en parallèle

Egalement dénommés conditionneurs shunt, ils sont connectés en parallèle avec la ligne de courant continu et sont dimensionnés uniquement pour la puissance harmonique (courant harmonique) produit par la ou les charges non linéaires. Ce type de conditionneur est décrit en détail dans la suite de ce module.

Conditionneurs hybrides

Cette solution qui combine un conditionneur actif et un filtre passif peut être placée en parallèle ou en série. Dans certains cas, c'est la solution économique.

Le filtre passif se charge de la filtration des harmoniques de base (5 ème rang par exemple) et le conditionneur actif, plus précis et dynamique, couvrira tous les autres rangs.

Principe de fonctionnement du conditionneur actif, en parallèle

Le conditionneur actif est monté en parallèle avec l'alimentation et injecte en permanence des courants harmoniques correspondants aux composants harmoniques produits par la charge. Résultats : le courant fourni par la source reste sinusoïdal. Ce système supporte tout le spectre harmonique à basse fréquence, depuis la deuxième harmonique jusqu'à la vingt-cinquième.

Si les courants harmoniques produits par la charge sont supérieurs aux valeurs utilisées pour le dimensionnement du conditionneur, il limite automatiquement son courant de sortie à son maximum; le conditionneur ne peut être en surcharge et continuera à corriger jusqu'à son maximum.

Toute surintensité sera demandée à l'alimentation ; le conditionneur peut donc fonctionner en permanence sans détérioration.

Connexion et Configuration

Le conditionneur peut être installé à différents points du système :

- ◆ en un point central, au droit du point de couplage commun ; pour une compensation globale des courants harmoniques (figure 5, A)
- ◆ en un point particulier, pour une compensation partielle des courants harmoniques (figure 5, B)
- ◆ près des charges polluantes pour assurer une compensation locale des courants harmoniques (figure 5, C)

Remarque : le conditionneur réagit uniquement aux harmoniques en aval ; par exemple, le conditionneur de la figure 5, B corrigera uniquement le courant harmonique dû aux charges sur la ligne S3 et ne réagira pas aux charges des autres lignes. Cela autorise une grande souplesse lors du choix du positionnement des conditionneurs.

Comme pour tous les filtres, le circuit en amont de la charge est toujours pollué par les courants harmoniques ; seul le circuit en aval est protégé. Les câbles en amont de la charge seront dimensionnés en tenant compte des harmoniques et de l'effet de peau.

Conditionneurs d'Harmoniques Actifs

Idéalement, la compensation des harmoniques devrait se faire au point d'origine. Afin d'optimiser la compensation, il est possible de connecter plusieurs conditionneurs en diverses configuration. Ces configurations peuvent être utilisées en tout point du système de distribution, ce qui augmente la flexibilité et le choix des stratégies.

Les deux configurations les plus courantes sont décrites au paragraphe suivant.

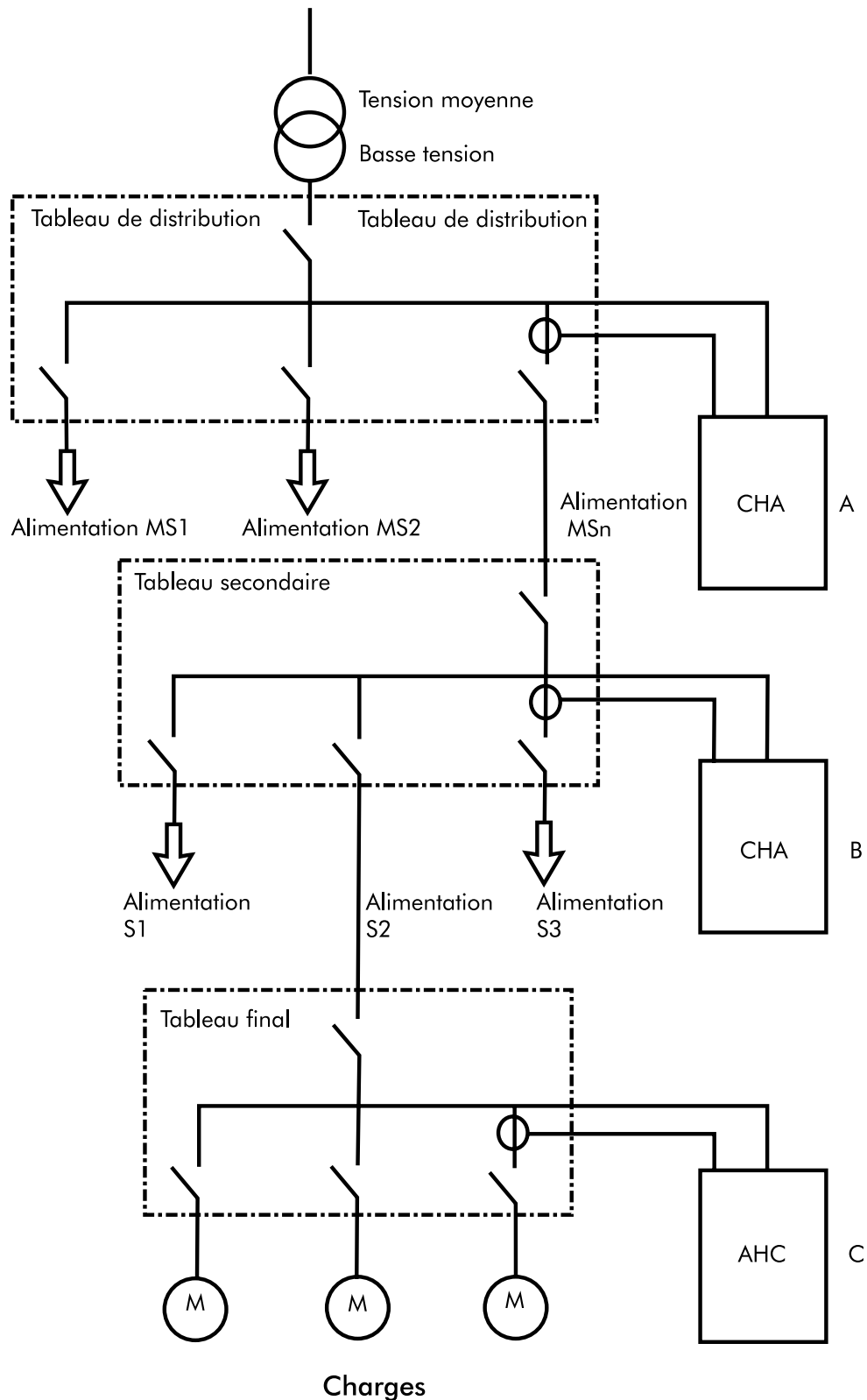


Figure 5 - Distribution en cascade à trois niveaux montrant les points de branchement possibles pour un CAH

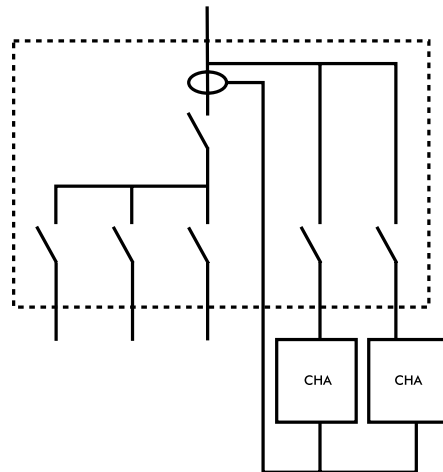


Figure 6 - Configuration en parallèle

Configuration en parallèle

Cette configuration illustrée à la figure 6, rencontre trois exigences différentes :

- ◆ Capacité de compensation accrue en un point donné du système AC par la connexion de quatre conditionneurs de même valeur
- ◆ Capacité de compensation accrue en cas d'augmentation de la charge
- ◆ Fiabilité accrue par l'utilisation d'un même conditionneur redondant

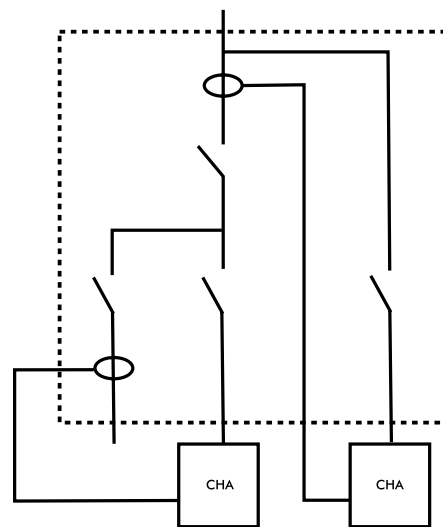


Figure 7 - Configuration en cascade

Configuration en cascade

La configuration en cascade, illustrée à la figure 7, présente les avantages suivants :

- ◆ Augmentation de la capacité de compensation totale en utilisant un conditionneur d'une capacité supérieure
- ◆ Compensation locale d'une charge particulière et compensation globale d'un groupe de charges non linéaires

Résultats typiques

Ce paragraphe présente les résultats de l'application des conditionneurs à des charges non linéaires. Les chiffres illustrent les niveaux pouvant être atteints pour des applications types.

Charge d'un ordinateur de bureau ou d'un ordinateur personnel (PC)

La charge d'un ordinateur se caractérise par la richesse en harmoniques impaires de rang faible, avec des niveaux très élevés de troisièmes, cinquièmes, septièmes et neuvièmes harmoniques. La figure 8 illustre un spectre typique.

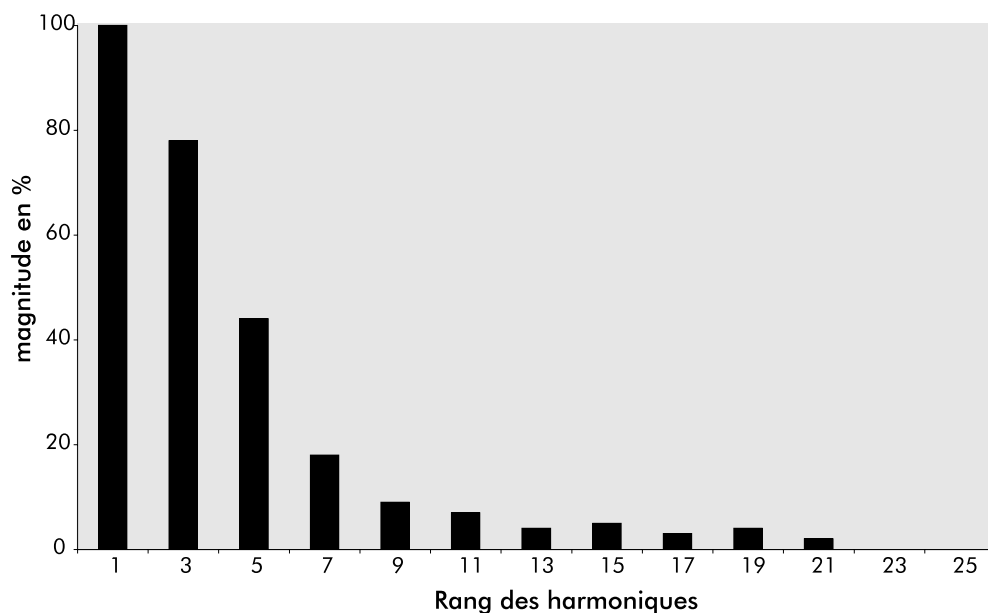


Figure 8 - Profil non compensé d'un ordinateur

Ce type de charge cause de nombreux problèmes, notamment la surcharge du neutre, la surchauffe des transformateurs et l'échauffement des conducteurs dû à l'effet de peau, comme il est décrit dans le module 3.1.

L'application d'un conditionneur à cette charge produit le spectre illustré à la figure 9, l'amélioration est évidente – la distorsion harmonique totale du courant passe de 92,6 % à 2,9% et le courant – valeur RMS vraie - est réduit de 21 %.

Une correction complète comme illustré à la figure 9 demande beaucoup de courant au conditionneur. Selon les circonstances, il n'est peut-être pas nécessaire d'éliminer tous les courants harmoniques. Il est possible que les problèmes soient associés uniquement, par exemple, à la troisième harmonique, et il suffira dans ce cas de traiter cette seule harmonique. La figure 10 montre l'effet sur le courant d'alimentation si le conditionneur est programmé pour la suppression de la troisième harmonique.

Cette méthode présente un avantage : le problème est résolu avec un courant au niveau du conditionneur nettement plus faible et de fait un seul conditionneur peut traiter beaucoup plus de charges.

Conditionneurs d'Harmoniques Actifs

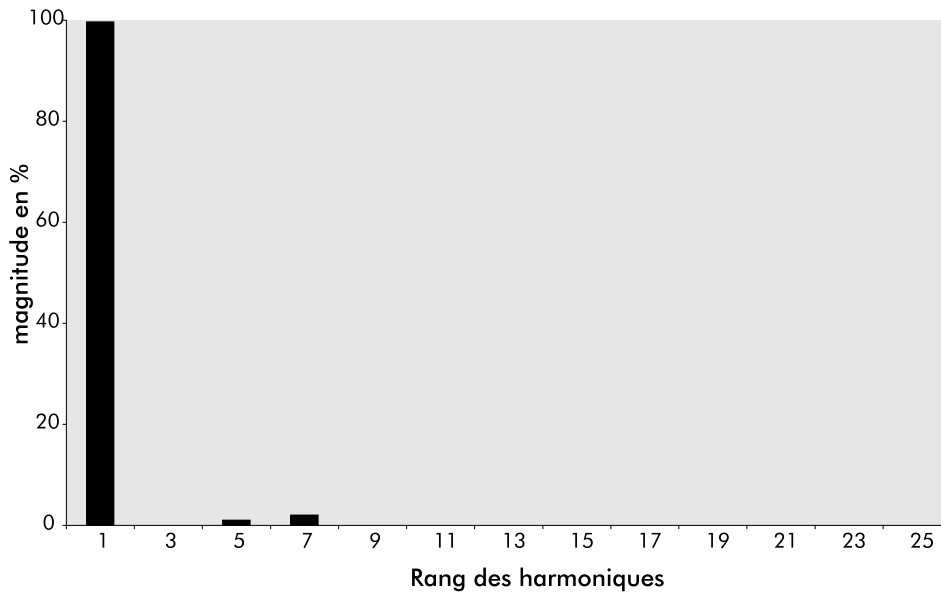


Figure 9 - Profil totalement corrigé pour un ordinateur personnel

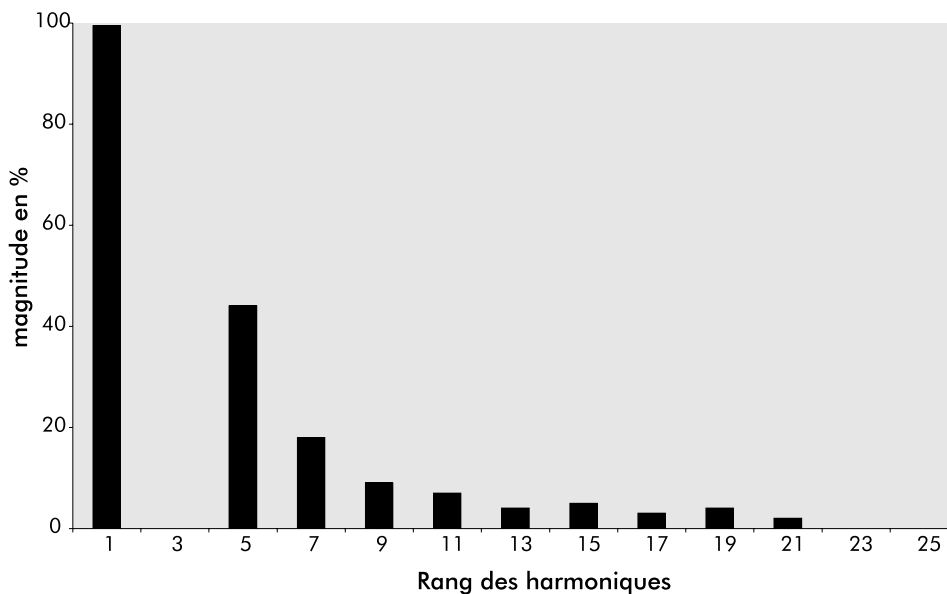


Figure 10 - Profil partiellement corrigé pour un ordinateur personnel

Charges des variateurs de vitesse

La figure 11 montre la charge type d'un variateur de vitesse pour un équipement tournant au ralenti. Les cinquièmes et septièmes harmoniques, très élevées, peuvent causer de très sérieux problèmes à l'installation, particulièrement la surchauffe du transformateur, et empêcher le respect des limites de courant harmonique admises par le fournisseur.

En ajoutant un conditionneur et pour une correction totale, on obtient le spectre ci-dessous. Dans ce cas, la distorsion totale diminue de 124 % à 13,4 %, avec une réduction du courant effectif de 30 %.

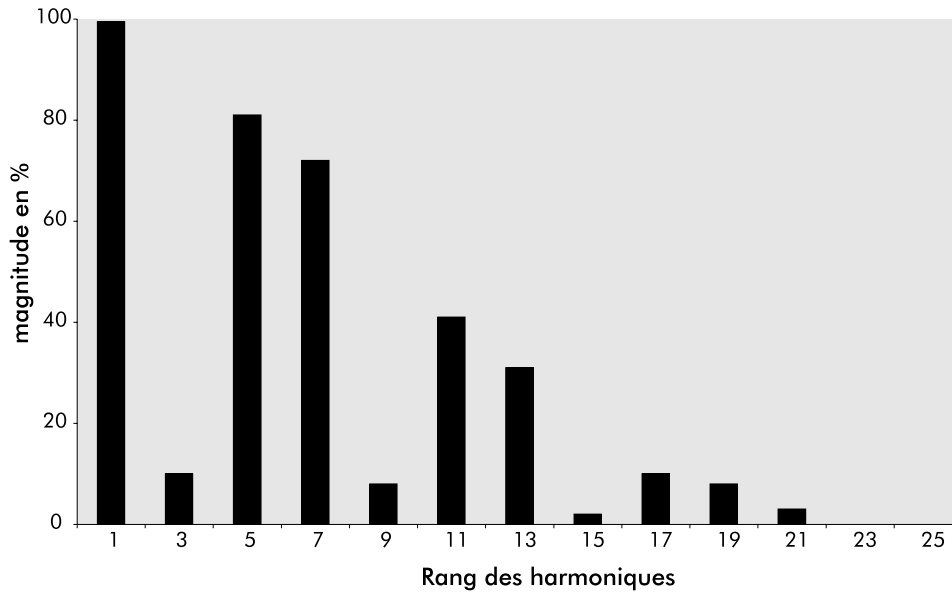


Figure 11 - Profil typique d'une charge due à un variateur de vitesse, non corrigée

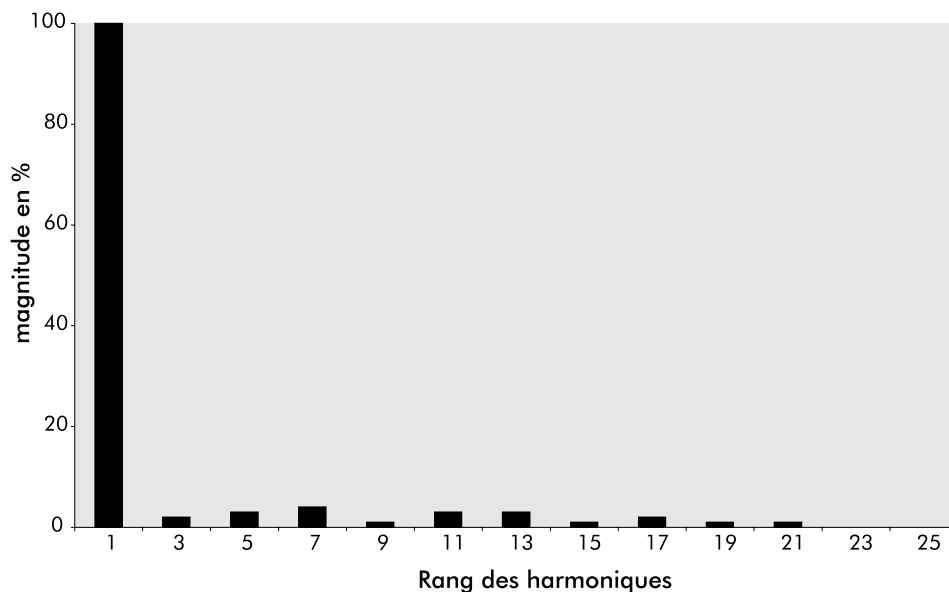


Figure 12 - Charge due à un variateur de vitesse, corrigée

Avantages du conditionnement

- ◆ Amélioration du facteur de puissance
- ◆ N'est pas affecté par les variations de fréquences- par exemple générateur de secours
- ◆ Pas de risque de résonance avec une des fréquences harmoniques
- ◆ Ne peut être surchargé
- ◆ Flexible
- ◆ Peut être programmé par l'utilisateur pour réagir à des fréquences harmoniques spécifiques

Le conditionnement est une technique facile à appliquer à ce qui peut être un problème très complexe. C'est une solution flexible, qui permet de faire face à l'évolution du bâtiment dans le temps.

Partenaires

Copper benelux

168 Avenue de Tervueren
B-1150 Brussels
Belgium

Tel: 00 32 2 777 70 90
Fax: 00 32 2 777 70 99
Email: mail@copperbenelux.org
Web: www.copperbenelux.org

Contact: Mr B Dôme

Copper Development Association

Verulam Industrial Estate
224 London Road
St Albans AL1 1AQ
United Kingdom

Tel: 00 44 1727 731205
Fax: 00 44 1727 731216
Email: copperdev@compuserve.com
Webs: www.cda.org.uk & www.brass.org

Contact: Mrs A Vessey

Deutsches Kupferinstitut e.V

Am Bonnhof 5
D-40474 Duesseldorf
Germany

Tel: 00 49 211 4796 323
Fax: 00 49 211 4796 310
Email: sfassbinder@kupferinstitut.de
Web: www.kupferinstitut.de

Contact: Mr S Fassbinder

ECD Services

Via Cardinal Maffi 21
I-27100 Pavia
Italy

Tel: 00 39 0382 538934
Fax: 00 39 0382 308028
Email: info@ecd.it
Web: www.ecd.it

Contact: Dr A Baggini

European Copper Institute

168 Avenue de Tervueren
B-1150 Brussels
Belgium

Tel: 00 32 2 777 70 70
Fax: 00 32 2 777 70 79
Email: eci@eurocopper.org
Web: www.eurocopper.org

Contact: Mr H De Keulenaer

Hevrox

Schoebroekstraat 62
B-3583 Beringen
Belgium

Tel: 00 32 11 454 420
Fax: 00 32 11 454 423
Email: info@hevrox.be

Contact: Mr I Hendrikx

HTW

Goebenstrasse 40
D-66117 Saarbruecken
Germany

Tel: 00 49 681 5867 279
Fax: 00 49 681 5867 302
Email: wlang@htw-saarland.de

Contact: Prof Dr W Langguth

Istituto Italiano del Rame

Via Corradino d'Ascanio 4
I-20142 Milano
Italy

Tel: 00 39 02 89301330
Fax: 00 39 02 89301513
Email: ist-rame@wirednet.it
Web: www.iir.it

Contact: Mr V Loconsolo

KU Leuven

Kasteelpark Arenberg 10
B-3001 Leuven-Heverlee
Belgium

Tel: 00 32 16 32 10 20
Fax: 00 32 16 32 19 85
Email: ronnie.belmans@esat.kuleuven.ac.be

Contact: Prof Dr R Belmans

Polish Copper Promotion Centre SA

Pl.1 Maja 1-2
PL-50-136 Wroclaw
Poland

Tel: 00 48 71 78 12 502
Fax: 00 48 71 78 12 504
Email: copperpl@wroclaw.top.pl

Contact: Mr P Jurasz

TU Bergamo

Viale G Marconi 5
I-24044 Dalmine (BG)
Italy

Tel: 00 39 035 27 73 07
Fax: 00 39 035 56 27 79
Email: graziana@unibg.it

Contact: Prof R Colombi

TU Wroclaw

Wybrzeze Wyspianskiego 27
PL-50-370 Wroclaw
Poland

Tel: 00 48 71 32 80 192
Fax: 00 48 71 32 03 596
Email: i8@elektryk.ie.pwr.wroc.pl

Contact: Prof Dr H Markiewicz



Shri Karve



MGE UPS Systems Ltd
Orion House
171-177 High Street
Harrow HA3 5EA
United Kingdom

Tel: 00 44 20 8861 4040
Fax: 00 44 20 8861 2812
Web: www.mgeups.com



Centre d'Information du Cuivre
Laiton et Alliage

Centre d'Information du Cuivre
30, Avenue de Messine
F-75008 Paris
France

Tél: 00 33 1 42 25 25 67
Fax: 00 33 1 49 53 03 82
Email: centre@cuivre.org
Web: www.cuivre.org

Copper benelux

a member of the European Copper Institute

Copper benelux
168 Avenue de Tervueren
B-1150 Bruxelles
Belgique

Tél: 00 32 2 777 70 90
Fax: 00 32 2 777 70 99
Email: mail@copperbenelux.org
Web: www.copperbenelux.org

COPPER
INSTITUTE

European Copper Institute
168 Avenue de Tervueren
B-1150 Bruxelles
Belgique

Tél: 00 32 2 777 70 70
Fax: 00 32 2 777 70 79
Email: eci@eurocopper.org
Web: www.eurocopper.org