

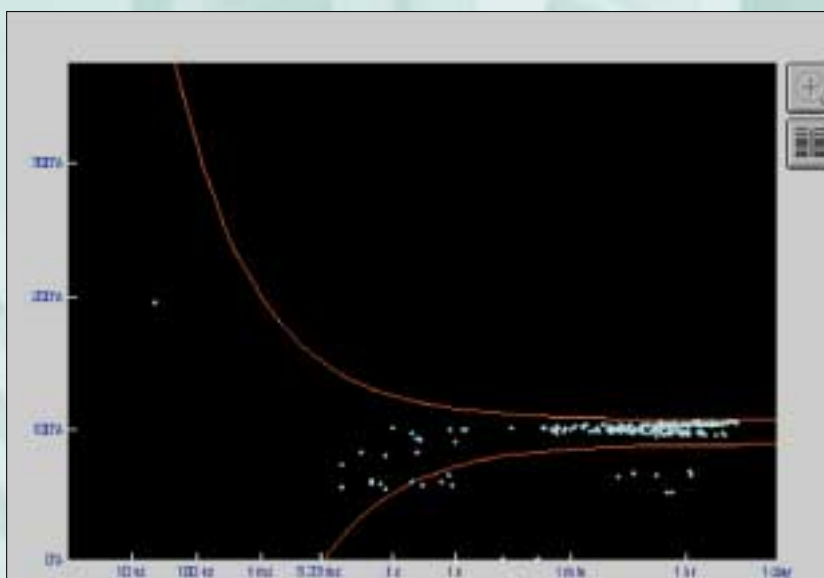
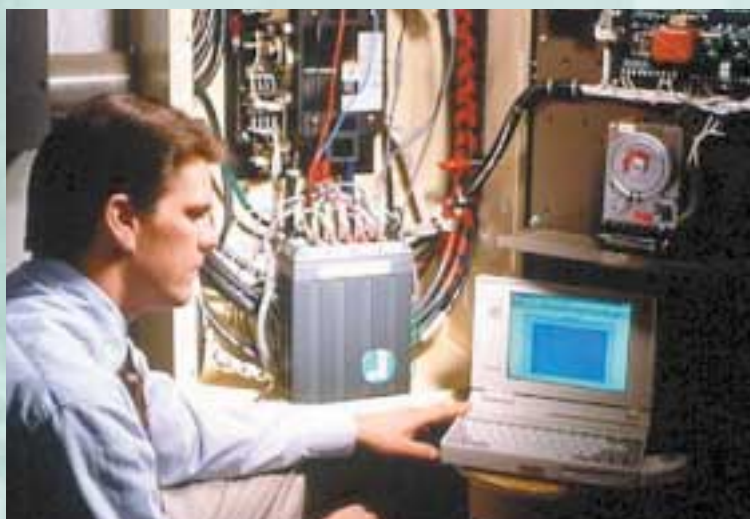
Guide Power Quality



Variations de Tension

La Maintenance Prédicative : La Clé de la Qualité

5.2.1



Variations de Tension

Variations de Tension

La Maintenance Prédicative : La Clé de la Qualité

David Bradley
Rhopoint 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

Variations de Tension

La maintenance prédictive : la clé de la qualité

Les appareils enregistrant chronologiquement les perturbations d'un réseau d'alimentation sont connus depuis de nombreuses années. Les premiers modèles ne possédaient que des fonctions limitées : ils mesuraient uniquement la tension et présentaient les résultats sous forme de diagrammes. Les appareils modernes exécutent beaucoup plus de mesures et stockent les données de manière à fournir une analyse détaillée par le biais d'un ordinateur. Il est maintenant possible d'analyser les données mesurées de plusieurs manières si bien qu'une seule collecte de données répond à plusieurs besoins.

Un large éventail d'appareils est disponible sur le marché : de simples unités monophasées connectées par une simple prise sur le réseau aux moniteurs triphasés installés en mode résident et connectés au système de gestion du bâtiment. Les appareils plus simples sont souvent utiles pour déterminer le lieu, la nature et l'ampleur du problème avant d'entreprendre une étude complète.

La plupart des appareils enregistrent les événements dépassant des seuils prédéfinis. Par exemple des tensions sortant des tolérances habituelles ou des chutes de tension s'écartant d'une courbe de tolérance définie, comme la courbe CBEMA (*Computer and business Equipment Manufacturers Association*, voir module 5.1). Cette approche réduit le volume des données à enregistrer tout en facilitant le stockage et l'analyse. Cependant, elle ne donne aucune information sur le nombre d'événements se situant juste dans les limites fixées. Ces limites peuvent être déterminées par l'utilisateur mais, si elles sont trop étroites, l'enregistreur est submergé de données sans intérêt réel qui feront perdre du temps lors de l'analyse. Dans le cas contraire, si les limites sont trop larges, il se peut que des événements majeurs soient complètement ignorés.

Une approche alternative, imaginée par Reliable Power Meters Inc. (USA) et Rhopoint Systems Ltd (UK) est connue sous l'appellation de "full disclosure monitoring" (surveillance avec saisie complète). L'enregistreur possède une grande capacité mémoire complétée d'un disque dur et son potentiel en matière de saisie des données est très grand. Ce système permet la collecte de toutes les données, avec un seuil très bas qui s'adapte dynamiquement aux situations. Le logiciel de l'ordinateur hôte (sur réseau ou bien très éloigné et relié par modem) impose des seuils selon les exigences de l'utilisateur au moment de l'analyse. Ces seuils sont appliqués pendant l'analyse et non pendant la collecte des données si bien qu'il n'y a pas de zone morte et qu'aucune donnée n'est écartée. Ces mêmes données peuvent être de nouveau analysées avec différents seuils aussi souvent qu'il le faut. Dans la pratique, il y a un seuil de mesure mais il est fixé automatiquement pendant la mesure de telle façon que l'appareil ne soit pas submergé de données dans des conditions inhabituelles. Les mesures sont toujours regroupées mais, le cas échéant, filtrées avant stockage. La surveillance avec saisie complète repose sur des fréquences élevées d'échantillonnage des données et un traitement performant du signal numérique pour mesurer tous les paramètres (y compris les harmoniques et les phénomènes transitoires) à chaque cycle. Comme toutes les données sont regroupées, l'appareil peut mesurer les déviations de la tension, y compris transitoires, harmoniques, *flicker*, facteur de puissance, puissance absorbée et fréquence.

Cette méthode permet d'appliquer aux réseaux des techniques de maintenance prédictive. Ces techniques ont longtemps été employées pour prévenir les pannes dans les appareils mécaniques et électromécaniques. En analysant par exemple le spectre de fréquences des vibrations dans les roulements et en examinant comment ce spectre se modifie dans le temps, il est possible de prévoir les pannes imminentes et d'organiser la maintenance nécessaire pour corriger le problème avant la panne.

De la même façon, il est à l'heure actuelle possible d'obtenir une alerte avant le déclenchement d'un problème dans un système de distribution d'électricité par comparaison des données historiques. En d'autres termes en examinant la tendance de chaque paramètre dans le temps.

Comme il est mentionné au module 1 de ce guide, l'électricité est une matière première inhabituelle en ce sens qu'elle est consommée dès qu'elle est générée et ne peut pas être soumise à des contrôles de qualité avant utilisation. Connaître la qualité réelle de l'électricité délivrée par le fournisseur est vital pour tout système de gestion global de la qualité.

Avantages de la surveillance permanente

Dans bon nombre d'applications sensibles, qu'elles soient gouvernementales, militaires, financières ou commerciales, les ordinateurs fonctionnent 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7, 365 jours par an. Ces ordinateurs vitaux exécutent diverses tâches comme coordonner l'atterrissage de la navette spatiale ou traiter des transactions représentant des millions d'Euros. Par conséquent, les propriétaires et les opérateurs de ces systèmes investissent des sommes considérables dans leurs infrastructures afin de prévenir les perturbations et les interruptions. A titre d'exemple, les plus importants centres de traitement des données ont de puissantes alimentations non interruptibles ainsi que des générateurs de secours intégrés dans un système de distribution soigneusement étudié. L'objectif est simple : atteindre un temps de fonctionnement sans problèmes (*up time* ou disponibilité du système) le plus proche possible des 100% (les principes de conception résiliente sont décrits en détail au module 4 de ce guide).

La surveillance permanente de l'alimentation fait partie intégrante de tout programme de gestion proactif. Elle offre de nombreux avantages et notamment :

- ◆ Elle donne un historique de la *Power Quality* et permet donc d'identifier les tendances (comme une augmentation du nombre ou de la gravité des chutes de tension ou une augmentation des harmoniques) que l'on peut utiliser pour mettre en place une maintenance prédictive. L'élimination des interruptions non prévues offre un énorme avantage financier, notamment dans les centres de traitement des données et pour les opérations financières. Les techniques prédictives donnent les informations nécessaires pour atteindre une durée maximale de bon fonctionnement.
- ◆ Elle offre des informations permettant de déterminer la charge supportée par les transformateurs et les alimentations de secours et de planifier une future évolution. Les données sont utilisées pour déterminer si les investissements sont faits dans les domaines les plus appropriés.
- ◆ Le personnel impliqué peut être alerté dès la détection d'un problème électrique par l'émission d'une alarme ou l'envoi de messages sur des télé-avertisseurs ou des écrans d'ordinateur. Une notification immédiate permet de prendre des mesures pour isoler un problème et éviter un effet de réaction en chaîne qui mettrait en danger toute l'installation.
- ◆ Les harmoniques doivent être surveillées en permanence pour s'assurer que l'addition incrémentielle de charges ne provoque pas un échauffement excessif pouvant entraîner une panne prématurée des transformateurs, des conducteurs et des coupe-circuits.
- ◆ La surveillance permanente donne des informations permettant l'analyse d'incidents électriques ayant entraîné des perturbations. Ces informations sont nécessaires pour déterminer comment et où les événements se sont produits, comprendre comment les éviter à l'avenir et comment atténuer leurs effets.

Les sociétés de distribution peuvent également récolter les fruits de cette surveillance permanente de l'infrastructure. Différentes sociétés déploient actuellement des appareils de surveillance dans leurs systèmes de distribution dans le but d'améliorer leur efficacité opérationnelle. Certaines établissent également des programmes de surveillance proactifs de la *Power Quality* à l'intention de leurs clients, soit dans le cadre d'un contrat d'alimentation électrique soit pour améliorer leur image.

Comparaison des données historiques

Il est possible d'établir un plan de maintenance prédictive en installant des enregistreurs aux points critiques. Chaque enregistreur fait une étude sur une période d'exploitation donnée : une semaine ou un mois. Lorsque l'étude est terminée, les données sont téléchargées et sauvegardées, et l'enregistreur est automatiquement réinitialisé pour mener une nouvelle étude pour une autre période. La base de données de chaque étude est archivée, et les bases de données sont comparées périodiquement. Les différentes

La Maintenance Prédicative : La Clé de la Qualité

bases de données collectées sur de longues périodes (généralement un an ou plus) donnent aux ingénieurs un historique complet de l'alimentation des équipements. Une recherche continue des changements sur une base hebdomadaire ou mensuelle attirera l'attention sur les situations nouvelles ou en dégradation. Une augmentation de la gravité des événements ou l'apparition de nouveaux types d'événements

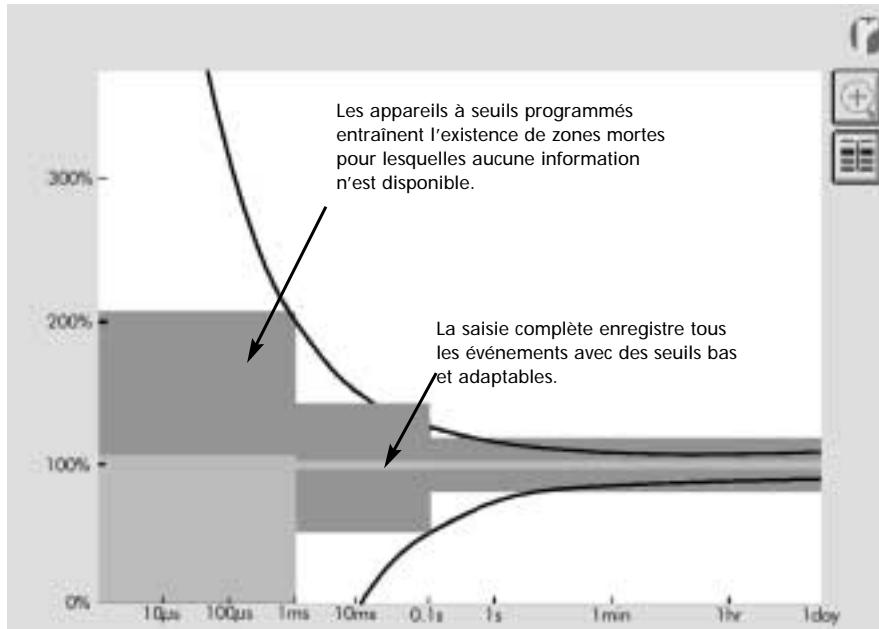


Figure 1 – Calcul de l'indice de qualité du courant

indiquera des problèmes potentiels. Les appareils utilisant des seuils déterminés saisissent les événements exceptionnels (les événements sont enregistrés seulement s'ils deviennent assez importants pour être disruptifs) ces appareils ne peuvent pas être utilisés dans le cadre d'un programme de maintenance prédictive, mais uniquement de manière ponctuelle afin d'analyser les événements disruptifs.

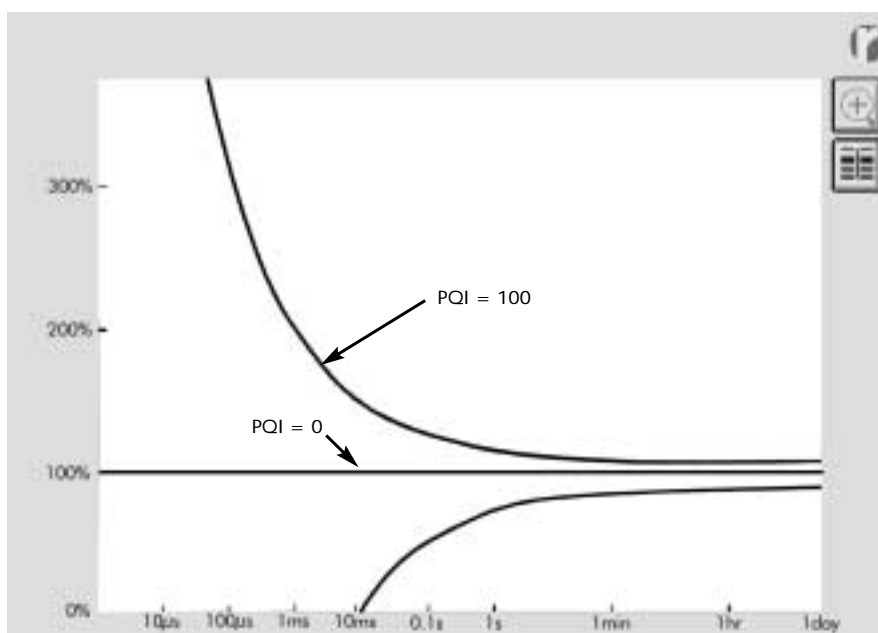


Figure 2 – Tracés des niveaux de qualité en quatre points différents

La Maintenance Prédicative : La Clé de la Qualité

La différence fondamentale entre le “*full disclosure monitoring*” et l’approche traditionnelle utilisant des seuils déterminés est illustrée à la figure 1.

La détermination de seuils crée des zones mortes à l’intérieur de la courbe de tolérance. Des événements dans ces zones (événements qui ne sont pas encore importants mais qui indiquent peut-être des risques) manqueront complètement. La surveillance à saisie complète recourt à des seuils bas et adaptables en collectant tous les événements et en établissant une base pour une comparaison future.

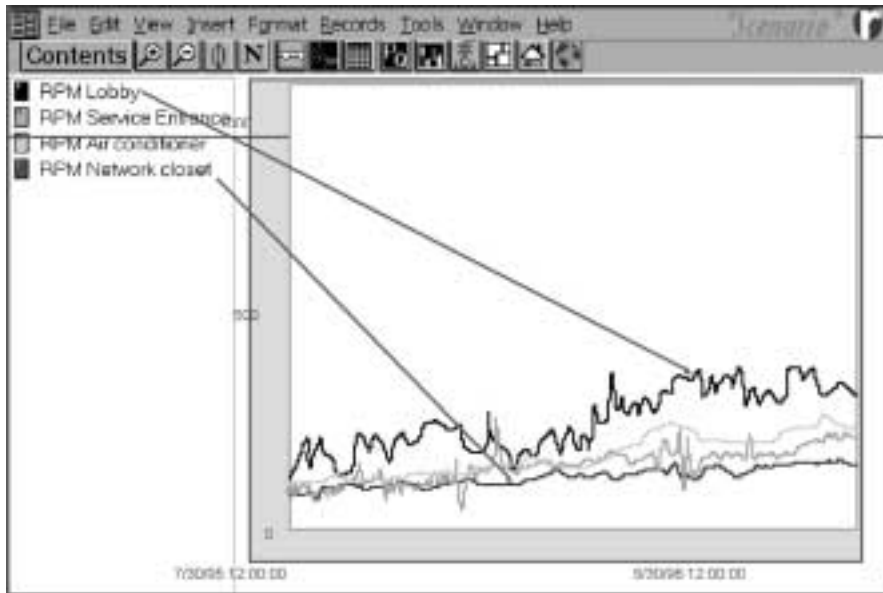


Figure 3 – Niveau de qualité du courant, RMS et maximum

L’objectif d’une stratégie de surveillance complète est l’amélioration de la disponibilité ou du temps de bon fonctionnement. La collecte des données n’est que la première partie de tout le processus. L’étape suivante consiste à les traduire en informations utiles pour décrire les performances du système de façon à pouvoir prendre des mesures pour assurer la disponibilité dans l’avenir. Cette analyse est effectuée par un logiciel sur un ordinateur personnel.

Le niveau de qualité du courant

La *Power Quality* n’est pas un concept simple, il y a plusieurs paramètres pour la décrire et il est donc difficile d’expliquer rapidement une modification. Une des innovations consiste à décrire un indice de *Power Quality* (PQI), basé sur les variations de la tension, comme étant un chiffre. La perfection correspond à un PQI de zéro tandis que les événements, repris par exemple sur la courbe CBEMA, reçoivent une valeur de 100, comme illustré à la figure 2. Les événements intermédiaires et les événements sortant de la courbe reçoivent une valeur proportionnelle à la distance qui les sépare de la courbe. La moyenne quadratique des différents événements est présentée comme étant le PQI de l’installation pour la période de l’étude, elle est comparée au PQI maximum de la période. La comparaison des PQI d’une série d’étude sur un site précis donne une estimation très rapide de la tendance en matière de *Power Quality* et montre là où il convient de concentrer ses efforts.

La figure 3 montre la valeur RMS des tracés du PQI pour quatre enregistreurs installés à quatre endroits différents dans une entreprise. Les tracés de l’indice indiquent à quel moment la *Power Quality* diminue (l’indice monte), à quel moment elle augmente (l’indice diminue) et si la qualité est fluctuante. Dans cet exemple, l’indice donné par l’enregistreur *Network Closet* montre une situation très stable tandis que l’indice donné par l’enregistreur *Lobby* grimpe le plus vite et fluctue plus. On voit clairement quels points ont une moins bonne *Power Quality* par rapport à d’autres et méritent donc d’être audités en premiers. Si l’indice continue à grimper, il y aura inévitablement des conséquences indésirables. Une fois que des

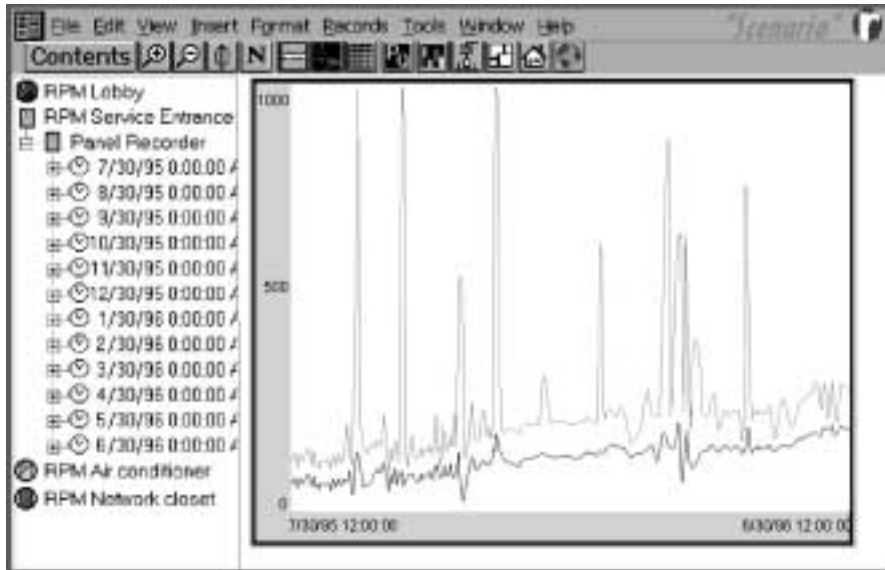


Figure 4 – Historique de la tension RMS

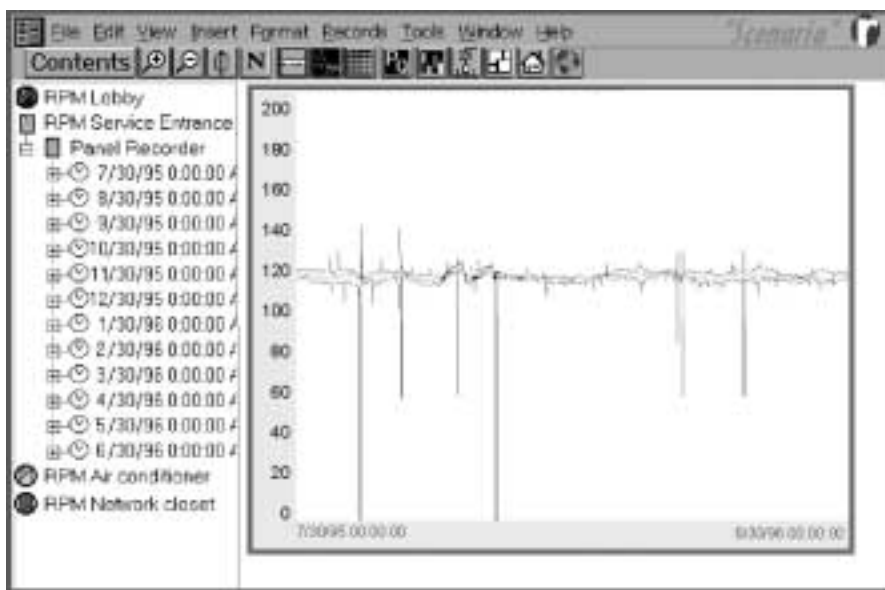


Figure 5 – Courbe de tolérance avec effet sur la brillance

mesures ont été prises pour corriger la situation, le PQI devrait commencer à diminuer. Par conséquent, le PQI est à la fois préventif, en ce sens qu'il permet d'identifier les problèmes en hausse, et rétrospectif parce qu'il confirme l'efficacité des mesures prises.

Comme il est expliqué dans le module 5.1, on utilise plusieurs courbes de référence comme CBEMA, ITIC et ANSI. Les enregistreurs permettent d'utiliser n'importe laquelle d'entre elles ou bien une version particulière de l'une d'elles.

Traitement des données

Le logiciel offre des outils permettant à l'utilisateur d'analyser plus finement les données formant l'indice. Ces outils offrent une grande flexibilité et permettent à l'utilisateur de comparer un paramètre à un autre, les données d'un point à celles d'un autre ou d'une période à une autre : l'utilisateur a la possibilité d'isoler

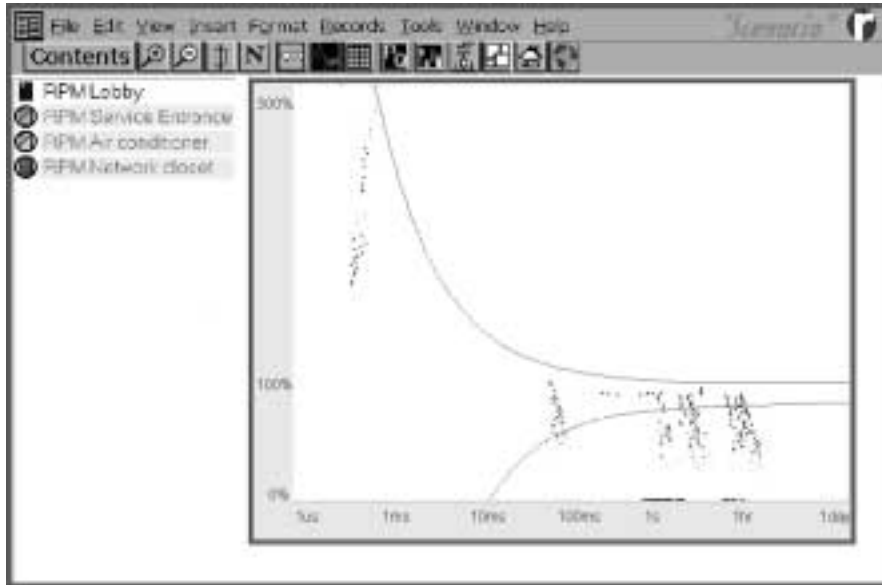


Figure 6 - Courbe de tolérance par rapport à la densité des événements

chaque aspect des données. La figure 4 montre le tracé de la valeur moyenne (RMS) de l'indice PQI de l'enregistreur *Service Entrance* ainsi que le tracé de l'indice maximal de l'événement le plus remarquable (remarque : les données des autres points de contrôle ont été enlevées et ne sont pas incluses dans le tracé). Certaines valeurs de l'indice sont d'une grande importance. Par exemple, les pannes d'alimentation ont des indices voisins de 1000. De même, il ne sera pas possible d'enregistrer des surtensions de dix fois la tension nominale si elles devaient durer plusieurs secondes ou davantage.

La figure 5 montre l'historique du voltage moyen (RMS) enregistré durant un an par douze études différentes ayant chacune une durée de un mois. Toutes ces études séparées ont été rassemblées pour former un tracé continu.

Extrapolation des tendances

Suivre la progression du PQI est une méthode permettant de détecter la détérioration ou l'amélioration de la *Power Quality*. Une autre approche consiste à marquer chaque événement par rapport à une courbe de tolérance (comme la courbe CBEMA) et à diminuer la brillance en fonction de l'ancienneté (figure 6). L'intensité lumineuse permet de voir facilement si la situation s'améliore ou au contraire s'aggrave. Dans cet exemple, il y a un effet de migration dans la zone des secondes, ce qui montre que les baisses de tension ne cessent d'empirer avec le temps. Si, pour une concentration de points, l'extérieur est plus lumineux que l'intérieur il y a augmentation des problèmes. Si à l'inverse le centre de la concentration est plus lumineux, il y a stabilisation.

Conclusion

La surveillance à saisie complète combinée à de puissants logiciels permet d'établir la situation de base du système et de faire des comparaisons à court et à long terme. Elle permet de recourir à une maintenance prédictive afin d'éliminer les défauts avant la panne. Elle permet de fournir les informations nécessaires pour tendre vers un fonctionnement sans interruption.

Notes

Notes

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 Bonneshof 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 Hendriks

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



David Bradley



Rhopoint Systems Ltd
Holland Road
Oxted
Surrey RH8 9AX
United Kingdom

Tel: 00 44 1883 722222
Fax: 00 44 1883 712938
Email: systems@rhpoint.co.uk
Web: www.rhpoint.co.uk/systems



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



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