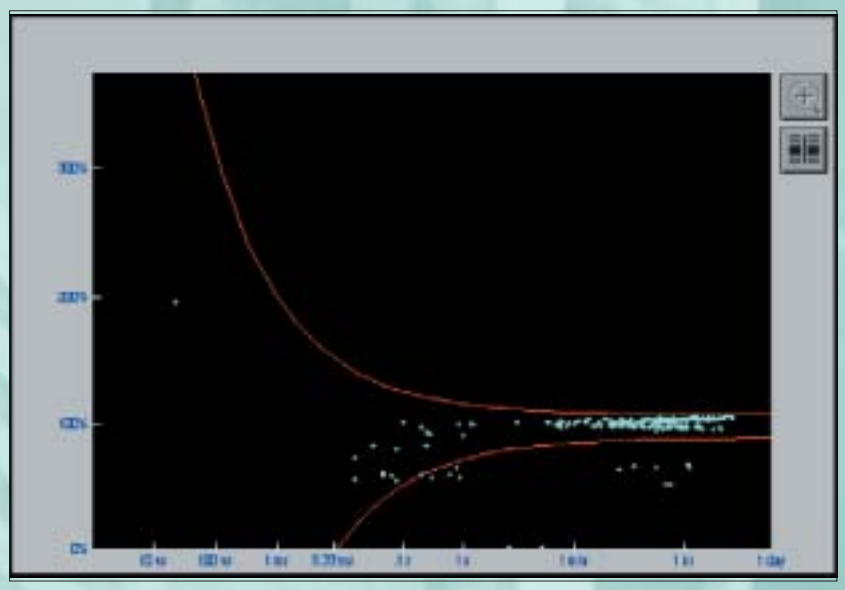
Guia de Aplicação de Qualidade de Energia

Education and Culture
Leonardo da Vinci

Afundamentos de Tensão

Manutenção preditiva
A chave da Qualidade de Energia

5.2.1



PRO COBRE Connects Life.™

PROMOTION COPPER INSTITUTE

Afundamentos de Tensão

Afundamentos de Tensão

Manutenção Preditiva - A Chave da Qualidade de Energia

David Bradley
Rhopoint Systems Ltd
Versão, 2 de Abril de 2002

European Copper Institute (ECI)

O Instituto Europeu do Cobre é uma joint venture entre a ICA (Associação Internacional do Cobre) e o IWCC (Conselho Internacional do Cobre Forjado). Por sua qualidade de membro, o ECI age em nome dos maiores produtores de cobre do mundo e dos fabricantes líderes da Europa, na promoção do cobre na Europa. Formado em janeiro de 1996, o ECI é apoiado por uma rede de dez Associações de Desenvolvimento do Cobre (CDAs) no Benelux, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Itália, Polônia, Escandinávia, Espanha e o Reino Unido. Fomenta os esforços empreendidos inicialmente pela Associação de Desenvolvimento de Produtos de Cobre, criada em 1959, e a INCRA (Associação Internacional de Pesquisa do Cobre) formada em 1961.

Instituto Brasileiro do Cobre - PROCOBRE

É uma instituição sem fins lucrativos, constituída por empresas produtoras e transformadoras de cobre com a missão de estimular o uso técnico e econômico do metal, promovendo sua utilização correta e eficiente. Desenvolve projetos nas várias áreas de aplicação do metal, divulgando as vantagens da utilização do cobre na energia elétrica, nas instalações hidráulicas e de gás, na arquitetura, no design e decoração de interiores, na saúde e muitas outras.

Reconhecimentos

Este projeto foi realizado com o apoio da Comunidade Européia e da International Copper Association, Ltd.

Advertência

O European Copper Institute, a Copper Development Association, a Rhopoint Systems Ltd. e o Instituto Brasileiro do Cobre, negam responsabilidade por qualquer dano direto, indireto, conseqüente ou incidental que possa resultar do uso da informação, ou da inabilidade para usar as informações ou dados contidos nesta publicação.

Copyright© European Copper Institute, Copper Development Association and Rhopoint Systems Ltd.

A reprodução é autorizada com a condição de que o material não seja abreviado e a fonte seja reconhecida.

PRO COBRE Connects Life.™

Av. Brigadeiro Faria Lima, 2128-cj.203
Cep 01451-903
São Paulo - SP
Brasil

Tel./Fax: 55 11 3816-6383
e-mail: procobrebrasil@copper.org
Internet: www.procobre.org

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
Website: www.eurocopper.org

Manutenção Preditiva - A Chave da Qualidade de Energia

Já faz muitos anos que estão disponíveis equipamentos para registrar perturbações no sistema de fornecimento de energia elétrica. Os instrumentos antigos possuíam capacidades limitadas, medindo apenas a tensão e apresentando os resultados através de gráficos em papel. Os instrumentos modernos executam muitas mais medições e armazenam dados eletronicamente para análise detalhada em um computador pessoal. Como resultado, os dados medidos podem ser analisados de vários modos diferentes, de forma que um exercício de coleta de dados pode satisfazer várias necessidades de medição.

Uma ampla gama de equipamentos está disponível comercialmente, variando de unidades monofásicas simples que são conectadas em uma tomada elétrica, até monitores trifásicos instalados permanentemente, conectados aos sistemas de supervisão predial. Os instrumentos mais simples são úteis para determinar o local, natureza e a escala do problema antes de realizar uma pesquisa completa.

A maioria dos instrumentos registra os eventos que excedem limiares pré-estabelecidos, por exemplo, tensões fora da tolerância normal, ou afundamentos que caem fora de uma curva de tolerância escolhida, como a curva CBEMA (ver Seção 5.1). Esta abordagem reduz o volume de dados registrado, tornando o armazenamento e a análise mais fáceis, mas não revela nada sobre quantos eventos ocorrem dentro dos limiares estabelecidos. Estes limiares podem ser estabelecidos pelo usuário, mas, se são fixados de forma muito restritiva, o registrador é inundado com dados relativamente sem interesse cuja análise exigirá um tempo excessivo. Se os limiares são ajustados de forma pouco exigente, então eventos importantes podem ser perdidos completamente.

Uma abordagem alternativa, concebida por Reliable Power Meters Inc. (EUA) e Rhopoint Systems Ltd (Reino Unido), é conhecida como “monitoramento de informação total”. O instrumento de registro tem uma grande memória de semicondutores complementada por uma unidade de disco rígido, de forma que a capacidade de captura de dados é muito grande. Isto permite a coleta de todos os dados, com um limiar muito restritivo estabelecido dinamicamente para adaptar-se às condições. O software no PC anfitrião, que pode fazer parte de uma rede ou estar afastado e conectado por modem, impõem limiares de acordo com as exigências do usuário no momento da análise. Os limiares são aplicados durante a análise, não durante a coleta de dados, de modo que não há nenhuma zona morta e nenhum dado é descartado. Os mesmos dados podem ser re-analisados com limiares diferentes, tão freqüentemente quanto for necessário. Na prática há um limiar de medição, mas é estabelecido automaticamente durante a medição de forma que o instrumento não é inundado com dados sob condições pouco comuns. As medições sempre são colhidas, mas são filtradas se necessário antes do armazenamento. Os monitores de informação total contam com elevadas taxas de amostragem de dados e potentes processadores de sinal digitais para medir todos os parâmetros, incluindo harmônicas e transitórios, em todos os ciclos. Como são colhidos todos os dados, o instrumento pode medir desvios de tensão, inclusive transitórios, harmônicas, cintilação (flicker), fator de potência, consumo de energia e freqüência.

Esta técnica permite aplicar técnicas de manutenção preditiva aos sistemas de potência. As técnicas de manutenção preditiva vêm sendo utilizadas há muito tempo para prevenir falhas em equipamentos mecânicos como máquinas, e em equipamentos eletro-mecânicos, como motores. Mediante a análise do espectro de freqüência da vibração em mancais, por exemplo, e comparando como o espectro de freqüência muda com o passar do tempo, é possível fornecer um aviso antecipado de falhas iminentes e programar a manutenção para corrigir o problema.

Também podem ser conseguidos atualmente avisos antecipados semelhantes de problemas incipientes em um sistema de distribuição elétrica comparando dados históricos, em outras palavras examinando a tendência de cada parâmetro ao longo do tempo.

Como discutido na Seção 1 deste Guia, a energia elétrica é uma matéria prima, com a particularidade de que é consumida assim que é gerada e não pode ser submetida a verificações de qualidade antes do uso. O conhecimento da qualidade de energia real entregue pelo fornecedor é vital para qualquer sistema de gerenciamento de qualidade total.

Benefícios do monitoramento contínuo

Em muitas aplicações “críticas” na administração pública, militares, financeiras, e comerciais, os computadores funcionam 24 horas por dia, 365 dias por ano. Estes computadores vitais podem estar executando diversas tarefas, como a coordenação da aterrissagem do ônibus espacial ou processando milhões de Euros em transações. Por conseguinte, os proprietários e operadores destes sistemas fazem investimentos significativos nas suas infra-estruturas para prevenir disrupções ou tempos mortos. Por exemplo, todos os centros de processamento de dados importantes têm grandes UPS e sistemas de geração de emergência, com um sistema de distribuição de energia cuidadosamente projetado. O objetivo é simples: conseguir “tempo ativo” ou disponibilidade de sistema tão perto quanto possível de 100%. (Os princípios de projeto resiliente são tratados em detalhe na Seção 4 deste Guia).

O monitoramento contínuo do fornecimento de energia é uma parte integrante de qualquer programa de gerenciamento pró-ativo. Provê muitos benefícios, alguns dos quais são:

- Fornece um registro histórico de qualidade de energia que permite a identificação de tendências - como um aumento no número ou severidade de afundamentos ou o crescimento das harmônicas - que pode ser utilizado para programar a manutenção preventiva. A eliminação das paralisações não programadas é de grande benefício financeiro em, por exemplo, centros de processamento de dados e operações de comércio financeiras. As técnicas preditivas fornecem as informações exigidas para alcançar o máximo “tempo de funcionamento”.
- Fornece dados para determinar o carregamento de transformadores existentes e fontes de alimentação de emergência e para planejar a expansão futura. Os dados são úteis para determinar se os investimentos estão sendo aplicados nas áreas mais apropriadas.
- O pessoal chave pode ser alertado imediatamente quando é detectado um problema de energia, emitindo alarmes ou enviando mensagens para pagers ou telas de PC. A notificação imediata permite adotar ações para isolar um problema e prevenir um efeito em cadeia que colocaria em risco toda a instalação.
- As harmônicas devem ser monitoradas de forma contínua para assegurar que, ao longo do tempo, o acréscimo de novas cargas não cause aquecimento excessivo que pode provocar a falha prematura de transformadores, condutores e disjuntores.
- O monitoramento contínuo fornece os dados para realizar um estudo posterior dos incidentes de perturbação de energia disruptivos. Estes dados são necessários para determinar como e onde foram causados os eventos, levando a uma compreensão de como eles podem ser evitados no futuro, e como os efeitos podem ser mitigados.

As concessionárias também podem obter benefícios do monitoramento contínuo da infra-estrutura. Diversas concessionárias estão implementando atualmente instrumentos de monitoramento de energia nos seus sistemas de distribuição para melhorar a eficiência operacional. Algumas estão estabelecendo também programas de monitoramento de qualidade de energia pró-ativos para beneficiar seus consumidores, seja como parte de um contrato de fornecimento de energia ou para melhorar sua imagem.

Comparando dados históricos

Um programa de manutenção preditiva pode ser estabelecido instalando dispositivos de monitoramento em locais críticos. Cada monitor executa uma pesquisa durante um período de atividade razoável, tal como uma semana ou um mês. Quando a pesquisa é finalizada, os dados são descarregados e salvos, e o monitor é restabelecido automaticamente para executar outra pesquisa durante outra semana ou mês. Cada banco de dados de pesquisa é arquivado, e os bancos de dados são comparados periodicamente. Bancos de dados múltiplos coletados durante períodos longos de tempo (tipicamente um ano ou mais) proporcionam aos engenheiros um histórico abrangente da energia fornecida à planta. Mediante o seguimento contínuo das variações dos dados num intervalo semanal ou mensal, serão colocadas em evidência condições novas, ou as que estão se deteriorando. Aumentos na atividade ou amplitude dos

eventos, ou o aparecimento de novos tipos de eventos indicarão problemas potenciais. Os instrumentos que usam limiares prefixados capturam eventos "por exceção", isto é, são registrados apenas aqueles eventos que se tornam suficientemente grandes como para serem disruptivos. Estes instrumentos não podem ser usados em um programa de manutenção preditiva. Eles podem ser utilizados apenas de uma maneira reativa para executar análises posteriores de eventos disruptivos. A diferença fundamental entre o "monitoramento de informação total" e a abordagem tradicional de limiar pré-estabelecido, é mostrada na Figura 1.

O estabelecimento de limiares cria zonas mortas de medição dentro da curva de tolerância aos afundamentos. Os eventos dentro destas zonas, que ainda não são importantes mas podem ser indicadores de problemas futuros, serão perdidos completamente. O monitoramento de informação total utiliza

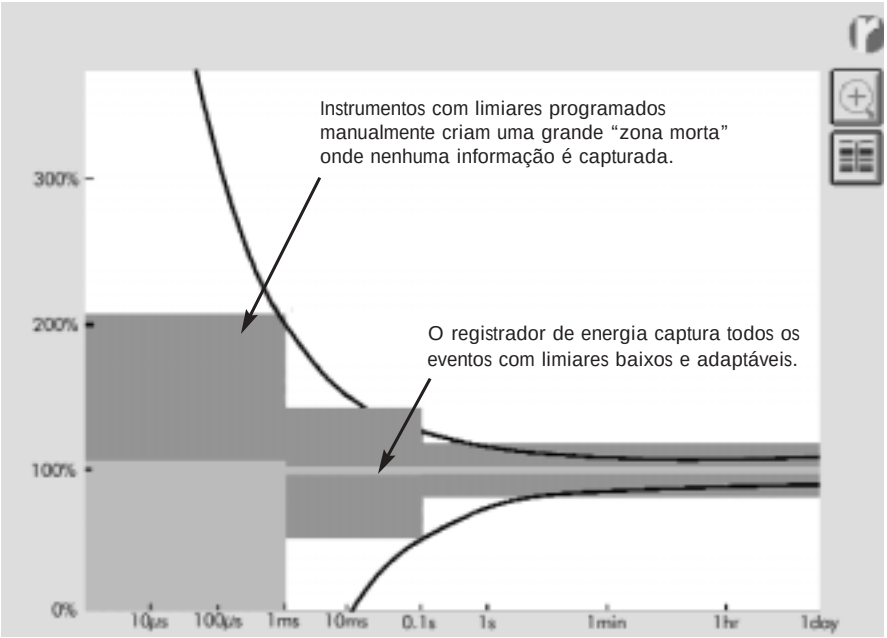


Figura 1 - Comparação entre informação completa e captura de limiar.

limiares rígidos adaptáveis, coletando todos os eventos e estabelecendo uma linha de partida precisa para comparação futura.

O objetivo de uma estratégia de monitoramento completo da energia é melhorar a disponibilidade ou o tempo de funcionamento. A coleta de dados é apenas a primeira parte do processo; o próximo passo é transformar esses dados em informação que seja útil para descrever o desempenho do sistema, de forma que possam ser adotadas ações para assegurar a disponibilidade futura. Esta análise é levada a cabo através de um software inovador que roda em um computador pessoal.

Índice de Qualidade de Energia

A Qualidade de Energia não é um conceito simples; não existe um parâmetro único para a sua descrição, portanto é difícil de descrever rapidamente uma mudança. Uma das inovações introduzidas é definir um "índice de qualidade de energia" (PQI, do inglês Power Quality Index) baseado em eventos de perturbação de tensão, e expressado como um número. A uma energia perfeita corresponde um PQI

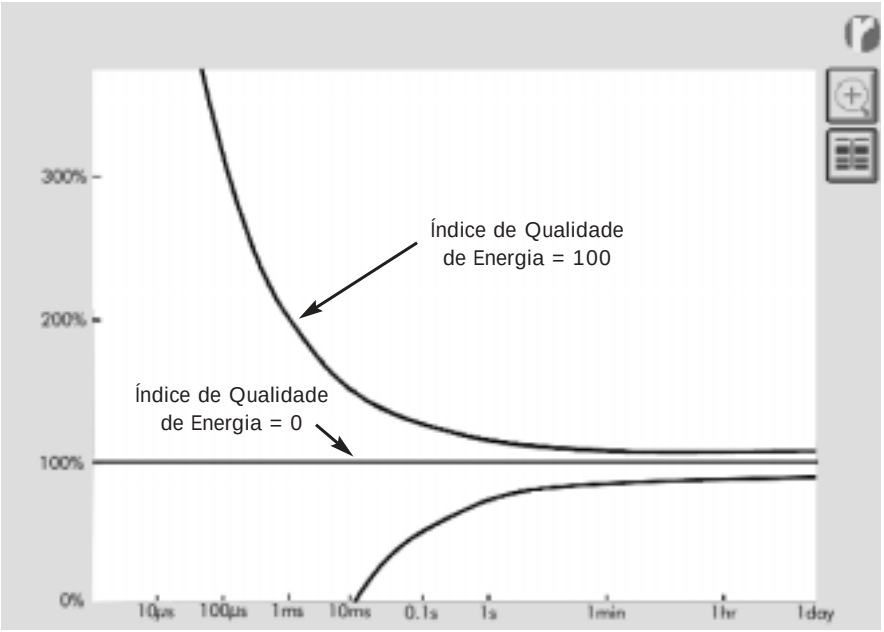


Figura 2 - Cálculo do índice de qualidade de energia.

igual a zero, enquanto para eventos situados, por exemplo, na curva CBEMA é atribuído um valor igual a 100, como mostrado na Figura 2. Aos eventos entre os dois, e eventos situados fora da curva, é atribuído um valor que é proporcional à distância que os separa da curva. O valor eficaz (RMS) dos eventos individuais é apresentado como o PQI para o local correspondente ao período daquela pesquisa,

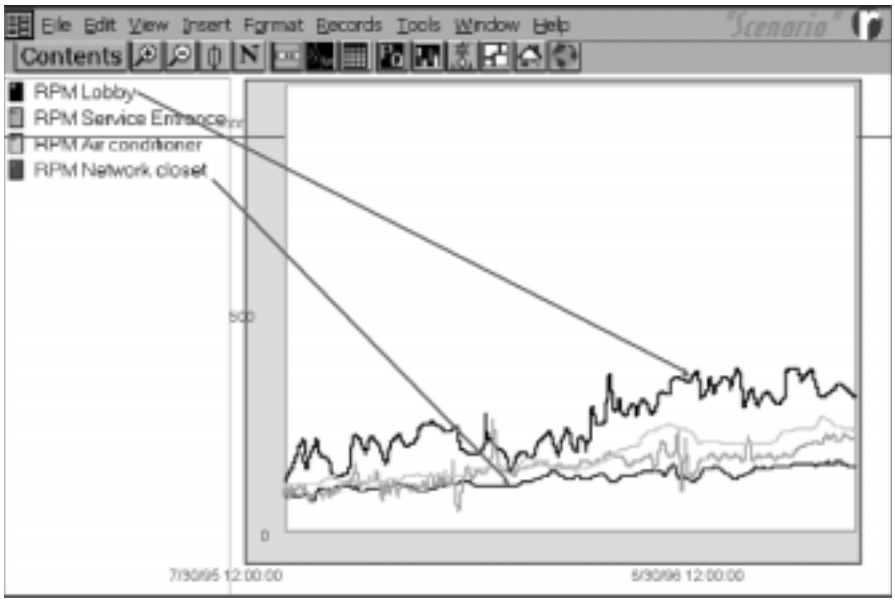


Figura 3 – Gráficos de índice de qualidade de energia em quatro locais.

junto com o máximo PQI para o período. A comparação do PQI para uma série de pesquisas em um local em particular fornece uma estimativa muito rápida de tendência na qualidade de energia e uma idéia de onde concentrar esforços adicionais.

A Figura 3 mostra o valor RMS dos gráficos dos índices de qualidade de energia correspondentes a quatro monitores de energia, instalados em quatro locais em uma planta industrial. Os gráficos do índice mostram quando a qualidade de energia está se deteriorando (o índice aumenta) e quando a

qualidade de energia está melhorando (o índice diminui), ou se a qualidade de energia está flutuando. Neste exemplo, o índice para o monitor instalado no Armário de Rede mostra a situação de energia mais estável, enquanto o índice para o monitor do Salão de entrada é o que aumenta na taxa mais rápida e flutua durante um período maior. Deste modo, fica evidente que pontos têm pior qualidade de energia que outros e que, portanto, convêm investigar em primeiro lugar. Se for permitido que o índice continue aumentando, este local sofrerá inevitavelmente alguma conseqüência indesejável. Uma vez que tenham sido adotadas medidas para corrigir a situação, o PQI deveria começar a cair. Portanto, o PQI é não apenas preditivo, permitindo a identificação de problemas em aumento, mas também retrospectivo enquanto permite confirmar a eficácia da ação adotada.

Como descrito na Seção 5.1, são utilizadas várias curvas características, entre elas a CBEMA, ITIC e ANSI. Os monitores de informação total permitem o uso de quaisquer destas curvas, ou uma versão especialmente adaptada de qualquer delas.

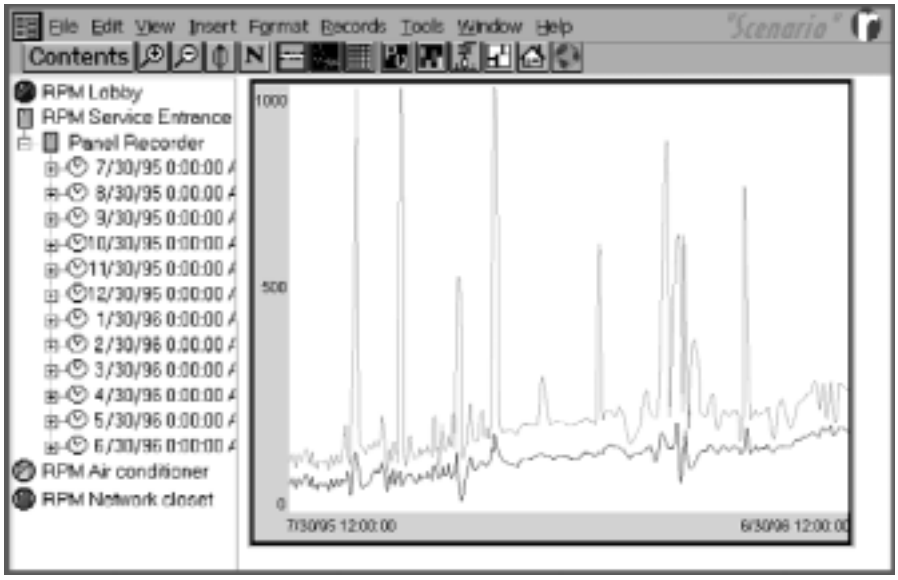


Figura 4 - Índice de qualidade de energia, RMS e máximo.

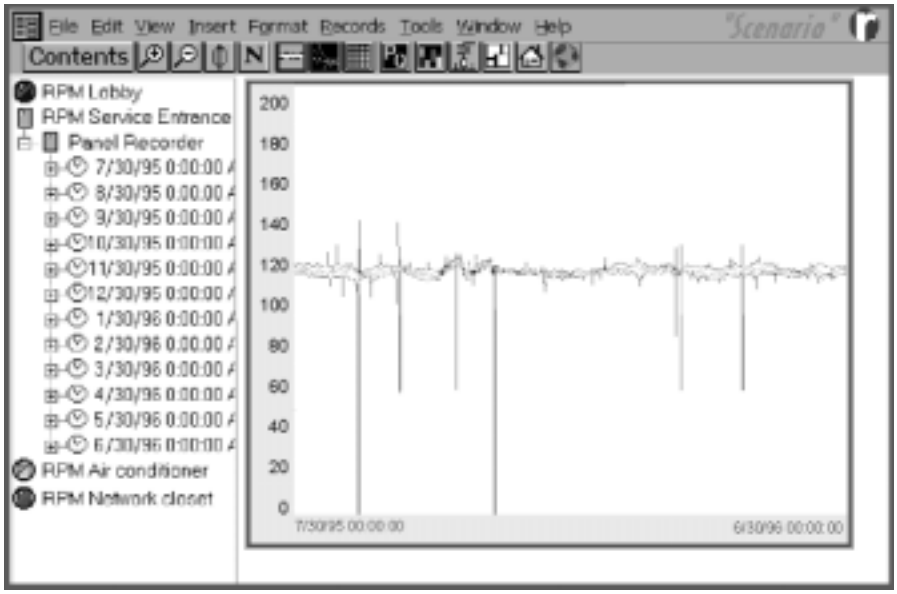


Figura 5 - Histórico de tensão RMS.

Manipulando os dados

O software provê ferramentas para permitir ao usuário aprofundar ainda mais nos dados que compõem o índice. Estas ferramentas oferecem grande flexibilidade permitindo ao usuário comparar e estabelecer a tendência de qualquer parâmetro com relação a qualquer outro, comparar os dados de um local com os de outro, ou comparar uma pesquisa com outra. O usuário pode também isolar qualquer aspecto dos dados. A Figura 4 mostra um gráfico do valor RMS do índice de qualidade de energia para o monitor da Entrada de Serviço junto com o índice máximo do evento mais desfavorável (notar que os dados para os outros locais foram eliminados e não estão inclusos no gráfico). Certos valores do índice são significativos. Por exemplo, falhas de energia têm índices próximos de 1000, já que a distância do 0% de tensão para a tensão nominal, comparada com a distância até a curva desde o valor nominal é aproximadamente de dez para um. Não seria possível avaliar sobretensões que são dez vezes a tensão nominal com durações de vários segundos ou maiores.

A Figura 5 mostra o histórico da tensão RMS registrado durante um ano em doze pesquisas separadas de um mês cada uma; todas as pesquisas individuais foram juntadas para formar um gráfico contínuo.

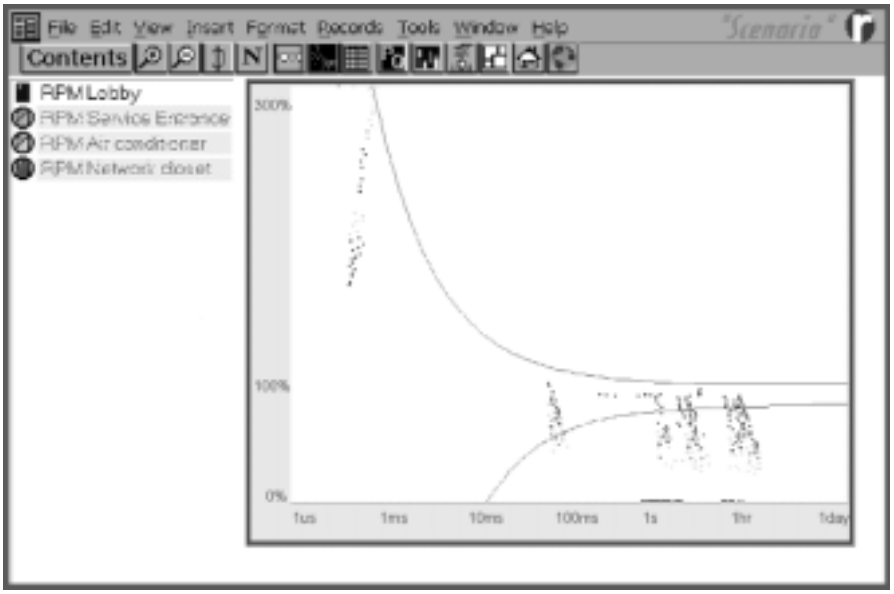


Figura 6 - Curva de tolerância de energia com eventos sombreados.

Destacando tendências

O seguimento do progresso do índice é um método de destacar a deterioração ou melhoria da qualidade de energia. Outra abordagem é representar cada evento como um ponto em uma curva de tolerância de energia (como a curva CBEMA) e diminuir a intensidade dos eventos conforme aumenta sua idade (Figura 6). A mudança de tom torna fácil ver se eventos estão melhorando ou piorando. Neste exemplo há um efeito de “migração” na região dos segundos mostrando que os afundamentos estão piorando continuamente com o passar do tempo. As nuvens de eventos cujos perímetros são mais brilhantes que o interior indicam uma região onde os problemas estão se expandindo. Se o centro de uma nuvem de eventos for mais brilhante, os problemas estão se concentrando em uma área específica.

Conclusão

O monitoramento de informação total combinado com ferramentas de software potentes pode estabelecer as condições de linha de partida do sistema de energia e estabelecer a base para comparação a curto e longo prazo. Isto permite o uso de manutenção preditiva para detectar falhas incipientes antes de ocorrer a falha do sistema de distribuição e fornece a informação necessária na busca por tempo morto devido a falhas igual a zero.

Rede de Parceiros

Copper Benelux
168 Avenue de Tervueren
B-1150 Brussels
Belgium

Tel: 00 32 2 777 7090
Fax: 00 32 2 777 7099
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
Schoebroeckstraat 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@wirenet.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: pcpm@miedz.org.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

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

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

PRO COBRE Connects Life.™

Av. Brigadeiro Faria Lima, 2128-cj.203
Cep 01451-903
São Paulo - SP
Brasil

Tel./Fax: 55 11 3816-6383
e-mail: procobrebrasil@copper.org
Internet: www.procobre.org

European COPPER Institute

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
Website: www.eurocopper.org