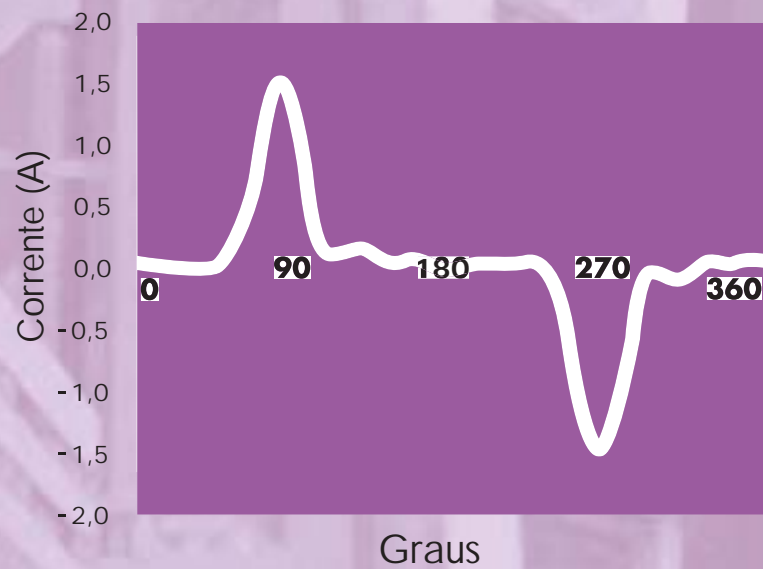
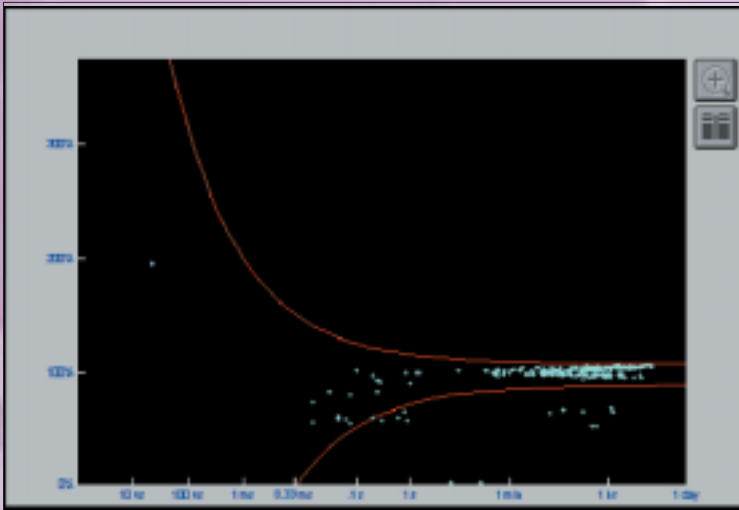


Guia de Aplicação de Qualidade de Energia



Introdução

1.1



Introdução

Introdução à Qualidade de Energia

David Chapman
Copper Development Association
Versão, 2 de Abril 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 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 incapacidade para usar as informações ou dados contidos nesta publicação.

Copyright© European Copper Institute and Copper Development Association.

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



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

Introdução

A Qualidade de Energia

Provavelmente, a energia elétrica é, na atualidade, a matéria-prima mais essencial utilizada pelo comércio e a indústria. É um produto incomum porque deve estar disponível continuamente, e não pode ser armazenado em quantidades importantes, pelo que deve ser produzida na medida em que é necessária. Por outro lado, não pode estar sujeita a verificações para garantir sua qualidade antes de ser utilizada. É, de fato, o epítome da filosofia “just in time” (na hora certa), em que componentes são entregues para uma linha de produção no ponto e no momento exato de uso por um fornecedor confiável e aprovado, sem exigências de inspeção de conformidade prévia. Para que este processo seja bem sucedido, é necessário ter um bom controle da especificação dos componentes, uma confiança alta de que o fornecedor pode produzir e entregar conforme a especificação e no momento certo, e um conhecimento do comportamento global do produto com componentes dentro dos limites de tolerância exigidos

A situação no caso da energia elétrica é semelhante: a confiabilidade do fornecimento deve ser conhecida e a resiliência do processo quanto às variações deve ser compreendida. É claro que, na realidade, a energia elétrica é muito diferente de qualquer outro produto: é gerada longe do ponto de utilização, é fornecida para a rede junto com a energia procedente de muitos outros geradores, e chega até o ponto de utilização através de vários transformadores e muitos quilômetros de linhas aéreas e possivelmente cabos subterrâneos. Onde a indústria tem sido privatizada, estes recursos da rede pertencem, e serão administrados e mantidos por várias organizações diferentes. Assegurar a qualidade da energia entregue no ponto de uso não é uma tarefa fácil, e não existe um procedimento que permita retirar da rede a energia que não atenda às especificações da cadeia de fornecimento ou que tenha sido rejeitada pelo consumidor.

Do ponto de vista dos consumidores, o problema é até mesmo mais difícil: existem algumas estatísticas limitadas disponíveis acerca da qualidade da energia entregue, mas o nível de qualidade aceitável como visto pelo fornecedor (e a agência reguladora da indústria) pode ser muito diferente do exigido, ou talvez desejado, pelo consumidor. As deficiências mais evidentes da energia são a interrupção completa (cuja duração pode variar de alguns segundos até várias horas), e os afundamentos de tensão, onde a tensão cai para um valor abaixo do considerado normal durante um intervalo curto. Naturalmente, interrupções de energia longas representam um problema para todos os usuários, mas muitas operações são extremamente sensíveis até mesmo para interrupções muito curtas. Exemplos de operações sensíveis são:

- ♦ operações de processo contínuo, onde interrupções curtas podem perturbar a sincronização dos equipamentos de produção e resultar em volumes grandes de produtos semiprocessados, normalmente não aproveitáveis. Um exemplo típico é a indústria de fabricação de papel onde a operação de limpeza é longa e cara;
- ♦ operações de produção em etapas, onde uma interrupção durante um processo pode destruir o resultado das operações prévias. Um exemplo deste tipo é a indústria de semicondutores, onde a produção de uma placa semicondutora requer algumas dúzias de processos durante vários dias e a falha de um único processo tem efeitos catastróficos;
- ♦ o processamento de dados, onde o valor da transação é alto mas o custo de processamento é baixo, tal como operações no mercado de valores e câmbio de moeda estrangeira. A interrupção da capacidade de negociar pode resultar em perdas grandes que excedem de longe o custo da operação. Em um caso recente, foi feita uma reclamação de 15 milhões de euros de compensação como resultado de uns 20 minutos de interrupção de energia.

A confiabilidade do fornecimento tem que ser conhecida e deve ser compreendida a resiliência do processo quanto às suas variações.

Um fornecimento de energia perfeito seria aquele que estivesse sempre disponível, sempre dentro das tolerâncias de tensão e de frequência admissíveis e com uma onda senoidal livre de ruídos.

Estes são exemplos das indústrias mais sensíveis, mas é surpreendente a quantidade de aplicações aparentemente banais que têm requisitos de fornecimento de energia extremamente críticos. Podem ser citados como exemplos grandes unidades de varejo com pontos de venda e equipamentos de controle de estoque computadorizados, e indústrias com controle distribuído.

Então, o que queremos dizer ao falar em “qualidade de energia”? Uma fonte de fornecimento de energia perfeita seria aquela que estivesse sempre disponível, dentro das tolerâncias de tensão e frequência, e apresentasse uma forma de onda senoidal pura livre de interferências. Quanto desvio desta perfeição pode ser tolerado depende da aplicação do usuário, do tipo de equipamento instalado e da percepção de suas próprias necessidades.

Os defeitos da qualidade de energia - os desvios da perfeição – podem ser classificados em cinco categorias:

Distorção harmônica	(ver Seção 3)
Cortes no fornecimento	(ver Seção 4)
Sub ou sobretensão	(ver Seção 5)
Afundamentos de tensão e surtos	(ver Seção 5)
Transitórios	(ver Seção 5 e 6)

Cada um destes problemas de qualidade de energia tem uma causa diferente. Alguns problemas são resultado de infra-estrutura compartilhada por vários usuários. Por exemplo, uma falta na rede pode causar um afundamento de tensão que afetará vários consumidores, e quanto mais alto for o nível da falta, maior será o número de consumidores afetados, ou um problema na instalação de um consumidor pode provocar um fenômeno transitório que afete todos os outros consumidores no mesmo subsistema. Outros problemas, tais como harmônicas, surgem dentro da própria instalação do consumidor e podem propagar-se ou não pela rede e assim afetar outros consumidores. Os problemas de harmônicas podem ser resolvidos mediante uma combinação de boa prática de projeto e equipamento de redução de eficácia comprovada.

As empresas fornecedoras de energia elétrica argumentam que os usuários críticos devem assumir eles mesmos os custos para assegurar qualidade de fornecimento em lugar de esperar que a concessionária garanta um fornecimento de confiabilidade muito alta para todos os consumidores em todos os pontos da rede. Tal fornecimento de qualidade garantida exigiria um investimento muito significativo em recursos de rede adicionais para benefício de relativamente poucos consumidores (em termos numéricos, não de consumo de energia) e seria anti-econômico. Também é duvidoso se seria tecnicamente possível na atual estrutura social e legal, em que qualquer consumidor está normalmente autorizado a ser conectado à rede e os fornecedores de outros serviços públicos têm o direito de abrir valetas com o risco de danificar os cabos da rede de energia elétrica. As condições de tempo, tais como ventos fortes e chuva gelada, frequentemente causam danos às linhas aéreas, cujo reparo sob as mesmas condições é difícil e demorado. É então responsabilidade do consumidor adotar medidas adequadas para garantir que a qualidade da energia entregue ao seu processo é suficientemente boa, com a clara implicação de que este nível de qualidade pode muito bem ser superior ao entregue à planta pela concessionária.

Existem uma variedade de soluções de engenharia disponíveis para eliminar ou reduzir os efeitos dos problemas de qualidade da energia fornecida, que constituem uma área de inovação e desenvolvimento muito ativa. Desta forma, os consumidores precisam estar cientes da gama de soluções disponíveis e seus méritos e custos relativos. Em outras seções deste guia são discutidos em detalhe problemas individuais e a faixa de soluções disponíveis.

Introdução à Qualidade de Energia

Os usuários enfrentam-se com a necessidade de adotar decisões de investimento durante o projeto sobre o tipo e quantidade de equipamento adicional necessário para alcançar a qualidade de fornecimento requerida. Infelizmente, nesta etapa de projeto algumas informações vitais estão faltando como, por exemplo, são desconhecidas a extensão e a severidade dos problemas de qualidade de energia que, provavelmente, serão experimentados num determinado local. Devido a que existe uma pequena quantidade de estatísticas publicadas, é muito difícil para os consumidores quantificarem o custo da falta e justificarem o custo das medidas preventivas. Este assunto é tratado com mais detalhe na Seção 2. No Reino Unido, por exemplo, os únicos dados disponíveis fornecem o número e a duração média de interrupções mais longas que um minuto, classificadas por fornecedor. Em média, em 1998/99, era provável que cada consumidor tivesse uma interrupção de cerca de 100 minutos a cada 15 meses, representando uma disponibilidade de 99,98%. Infelizmente, é este 0,02% que causa os problemas. O desempenho divulgado pela maioria dos fornecedores ficou perto do seu melhor dado histórico, com o melhor e pior desempenho correspondendo a 50% e 200% da média, de forma que a situação atual está provavelmente perto do melhor desempenho que pode ser alcançado do ponto de vista econômico. Tem que ser lembrado que estes valores se referem apenas a interrupções mais longas do que um minuto, e existe um número desconhecido, porém grande, de interrupções na faixa de 0,1 a 5 segundos. A interrupção causada por uma destas interrupções pode ser de custo tão alto quanto uma interrupção de uma hora.

O assunto das interrupções curtas e afundamentos de tensão, coloca em evidência a diferença de perspectiva entre o fornecedor e o consumidor. São por definição fenômenos de curto prazo, de forma que a menos que exista um monitoramento permanentemente instalado, a real existência do evento é difícil de provar. É ainda mais difícil atribuir um valor econômico às perdas decorrentes de um evento em particular. A indústria de fornecimento de energia tende a valorar uma interrupção em termos do custo da energia que não foi entregue como resultado da interrupção, enquanto o consumidor valora isto em termos da perda de receita como consequência da parada na produção. A energia é relativamente barata e a interrupção de fornecimento relativamente curta, enquanto a produção perdida pode ser muito valiosa (como no caso de semicondutores) e o período de paralisação para permitir a limpeza dos equipamentos, muito longo (como no caso da indústria de fabricação de papel). Portanto, as duas partes têm visões completamente diferentes da importância dos afundamentos de tensão e do nível de investimento em equipamento de redução que pode ser justificado.

Normalmente, imagina-se que as interrupções mais longas, como os cortes de energia, são causadas pelo fornecedor, mas também podem ter origem na falha de equipamentos, condutores e conexões no local de utilização. Um projeto cuidadoso usando técnicas de resiliência alta pode minimizar os efeitos. O objetivo é identificar pontos individuais de falha e eliminá-los provendo equipamento redundante ou caminhos de alimentação alternativos, de forma que a operação possa continuar apesar de uma determinada falha. Os sistemas projetados deste modo são mais fáceis de manter e como resultado têm um funcionamento melhor. É importante que os procedimentos de manutenção sejam desenvolvidos em um estágio inicial, como parte do conceito de projeto resiliente. A geração de emergência e os sistemas UPS, necessários para compensar as interrupções de energia curtas ou prolongadas são elementos essenciais de um sistema resiliente. O projeto resiliente é tratado na Seção 4.

Enquanto a maior parte dos afundamentos de tensão e das interrupções se originam nos sistemas de transmissão e de distribuição, e são de responsabilidade do fornecedor, os problemas de harmônicas são quase sempre responsabilidade do consumidor. São as correntes harmônicas que causam problemas nas instalações, e quando estas correntes passam através da impedância da alimentação no ponto de acoplamento comum, é desenvolvida uma tensão harmônica.

*É
responsabilidade
do consumidor
tomar medidas
para assegurar
que a qualidade
da energia
entregue ao
seu processo é
suficientemente
boa.*

Um projeto cuidadoso utilizando técnicas de resiliência elevada pode minimizar os efeitos de falhas nos equipamentos, condutores e componentes

Esta distorção de tensão, ou pelo menos algumas das suas componentes, são introduzidas no sistema e se combinam com o fundo de distorção de tensão harmônica presente em qualquer sistema de transmissão (devido, por exemplo, à não linearidade dos transformadores). Limitando as correntes harmônicas, os consumidores podem conseguir que o nível de distorção de tensão na alimentação seja mantido dentro de limites aceitáveis. A maior parte dos limites nacionais são baseados na norma da indústria de fornecimento de energia elétrica do Reino Unido, (atualmente G5/4) publicada inicialmente como G5/1. Esta norma de planejamento estabeleceu limites de distorção de tensão arbitrários que, ao longo dos últimos 40 anos, provaram ser em grande parte corretos. A determinação da fonte de distorção harmônica pode ser difícil e isto frequentemente leva os consumidores a responsabilizar o fornecedor pelo problema. Na realidade, é incomum que os problemas de harmônicas em uma instalação tenham sua origem em causas externas. A origem está quase sempre no equipamento instalado e num projeto de instalação inadequado. A Seção 3 trata em detalhe das causas e soluções das harmônicas.

As perturbações transitórias são fenômenos de alta frequência de duração muito inferior a um ciclo da frequência de alimentação. As causas incluem o chaveamento ou descargas de raios na rede e o chaveamento de cargas reativas nas instalações do consumidor ou em locais no mesmo circuito. Os transitórios podem ter magnitudes de vários milhares de volts e, portanto, podem causar sérios danos na instalação e nos equipamentos conectados a ela. Os fornecedores de energia elétrica e as empresas de telecomunicações se esforçam para assegurar que suas conexões de entrada não permitam a propagação de transitórios prejudiciais nas instalações dos consumidores. Não obstante, transitórios não prejudiciais podem ainda causar problemas graves devido à corrupção de dados. A geração e a influência dos transitórios é muito reduzida, e a eficácia das técnicas de supressão muito melhorada, onde é executado um sistema de aterramento de alta integridade. Tal sistema de aterramento terá múltiplas conexões a terra e múltiplos caminhos a massa desde qualquer ponto da instalação, assegurando assim alta integridade e baixa impedância em uma ampla banda de frequências. Os sistemas de aterramento são tratados na Seção 6.

Os problemas de qualidade de energia fazem com que os projetistas tenham que considerar muitas questões. Dentre elas, talvez a mais importante é: “quão bom é suficientemente bom?” Esta pergunta é impossível de responder. Enquanto é relativamente simples quantificar o comportamento de uma determinada peça de um equipamento frente aos afundamentos de tensão, determinar a provável incidência de afundamentos de tensão em um local em particular no sistema de fornecimento é bastante mais difícil, já que mudará com o passar do tempo, conforme forem acrescentados novos consumidores ou substituídos elementos conectados na rede. É extremamente difícil coletar quaisquer dados significativos sobre a sensibilidade do equipamento à distorção de tensão harmônica, e até mesmo quanto à distorção de corrente harmônica causada pelo equipamento. A verdadeira questão é a compatibilidade entre o equipamento e o fornecimento.

Existem algumas normas internacionais disponíveis que estabelecem limites de variação de tensão e de distorção de tensão harmônica abaixo dos quais os equipamentos deveriam funcionar sem erros. De forma semelhante, existem normas que fixam limites para desvios de tensão e distorção de tensão harmônica da rede de fornecimento. Idealmente, deveria existir uma faixa de guarda - uma margem de segurança - entre os dois limites, mas por causa de que a qualidade de energia é difícil de medir de uma maneira contínua, os limites de fornecimento são estabelecidos em termos estatísticos e não como limites rígidos.

Garantir boa qualidade de energia requer um bom projeto inicial, equipamento de correção eficiente, co-operação com o fornecedor, monitoramento freqüente e boa manutenção. Em outras palavras, requer uma abordagem holística e uma boa compreensão dos princípios e dos procedimentos para a melhoria da qualidade de energia. O objetivo deste Guia é prover esta compreensão.

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
Web: 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 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: 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 Chapman

 Copper Development Association

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

PRO  **CBRE**
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

**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