

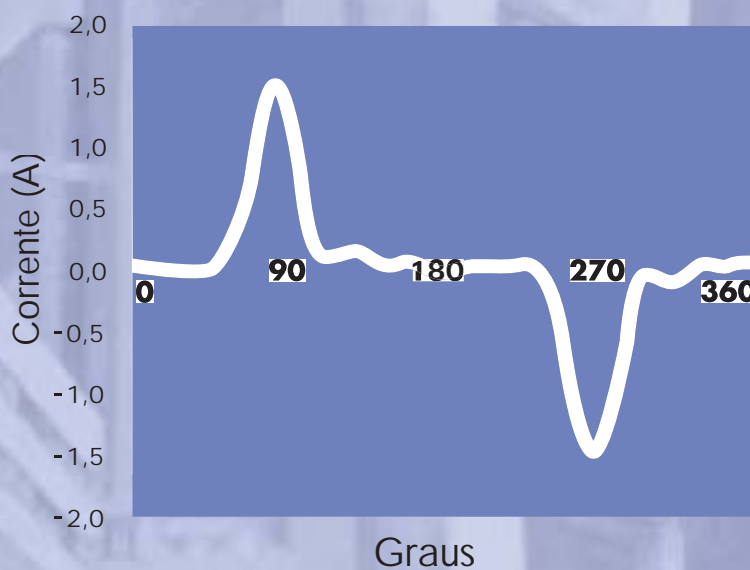
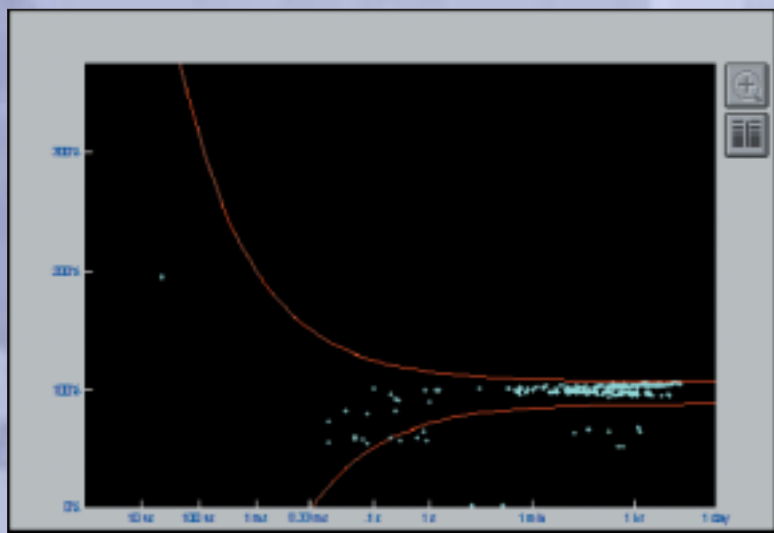
Guia de Aplicação de Qualidade de Energia



Custos

Os Custos da má Qualidade de Energia

2.1



Custos

Os Custos da má 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 inabilidade 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

O Custo da má Qualidade de Energia

A energia elétrica é uma matéria-prima importante para todas as operações comerciais e, como qualquer outra matéria-prima, a qualidade de fornecimento é muito importante. A natureza e as causas dos defeitos da qualidade de energia foram esboçadas na Seção 1 e são discutidas em detalhe em seções posteriores. Esta seção concentra-se nos efeitos desses defeitos na produção e os custos que podem ser esperados como consequência. Como foi discutido na Seção 1, existem cinco tipos básicos de defeitos, cada um com causas e efeitos diferentes e, logicamente, diferentes implicações de custo.

Estima-se que os problemas de qualidade de energia representam um custo para a indústria e o comércio na União Européia de cerca de 10 bilhões de euros por ano, enquanto a despesa em medidas preventivas é de menos de 5% desse valor. A pergunta é óbvia: “Quanto dinheiro deve ser investido em prevenção para compensar o risco de falhas?”. A resposta depende da natureza dos negócios. O primeiro passo é entender a natureza dos problemas e avaliar como cada um deles afeta a atividade empresarial e que perdas podem resultar. Nas seções seguintes são discutidos os problemas de qualidade de energia do ponto de vista do seu potencial de interrupção da atividade das empresas. Em seções posteriores deste Guia, são apresentadas informações sobre suas causas e efeitos, e como lidar com eles.

Distorção harmônica

A distorção harmônica, causada por cargas não lineares no sistema de fornecimento de energia elétrica, resulta em correntes no sistema que são de magnitude maior que o esperado e contém componentes de frequência harmônica. Estas correntes não podem ser adequadamente medidas com alguns dos instrumentos de medição portáteis de baixo custo normalmente utilizados pelos técnicos de instalação e manutenção, levando a níveis de corrente seriamente sub-estimados - às vezes com erros de até 40%. Este erro na magnitude pode provocar a instalação de circuitos utilizando condutores de seção muito pequena. Mesmo que a corrente esteja dentro da capacidade do dispositivo de proteção contra sobrecorrentes, os condutores trabalham a temperaturas mais altas, dissipando maior quantidade de energia - tipicamente da ordem de 2 a 3% da carga. Frequentemente o valor do ponto de atuação do dispositivo de proteção contra sobrecorrentes está muito próximo da corrente de carga real, porque esta foi sub-estimada, e o circuito tem tendência aos denominados “disparos intempestivos”.

As componentes de frequência harmônica provocam um grande aumento nas perdas por correntes de Foucault em transformadores, isto porque essas perdas são proporcionais ao quadrado da frequência. Devido a que as perdas são mais elevadas, a temperatura de operação do transformador é mais alta e a sua vida útil é consideravelmente encurtada. Até mesmo transformadores moderadamente carregados alimentando cargas de tecnologia de informação (TI) terão tempos de vida muito menores que o esperado, a menos que sejam tomadas precauções adequadas.

Os efeitos econômicos das harmônicas são o encurtamento da vida útil dos equipamentos, a redução da eficiência da energia, e a possibilidade de desligamentos intempestivos. O custo destes desligamentos, como o de qualquer outra interrupção não planejada, pode ser muito elevado, e é discutido na Seção destinada aos afundamentos de tensão. O encurtamento da vida do equipamento pode resultar muito cara. Espera-se normalmente que equipamentos como transformadores durem 30 ou 40 anos e ter que substituí-los num prazo de 7 a 10 anos pode trazer consequências financeiras sérias. O custo das medidas para evitá-lo é relativamente pequeno, requerendo apenas boa prática de instalação e seleção adequada de equipamento. A instalação de cabos de seções um ou dois níveis acima das mínimas calculadas reduz as perdas e os custos de operação, com um aumento muito pequeno sobre o custo inicial.

Os problemas de qualidade de energia custam à indústria e comércio na União Européia cerca de 10 bilhões de euros por ano.

Blecautes

Os blecautes são os problemas de qualidade de energia mais básicos, durando de vários segundos até, em um famoso caso extremo, meses. No Reino Unido, a duração média de um blecaute é de cerca de 100 minutos e ocorre a cada 15 meses, mas eventos individuais podem ser muito curtos e muito mais freqüentes. Certamente, a rede pública não é a única fonte de falhas. Dentro da instalação de um edifício ou fábrica existem muitas áreas onde a falha de um único componente, cabo ou conexão poderá provocar a paralisação completa.

A proteção contra a interrupção completa do fornecimento de energia requer dois tipos de ações. A instalação deve ser projetada para eliminar pontos isolados de falha, ou pelo menos aqueles identificados em uma avaliação de risco como tendo o maior risco, e devem ser tomadas medidas para identificar a necessidade de uma fonte de alimentação de emergência. O projeto resiliente é tratado na Seção 4. As técnicas requeridas não são nem difíceis nem particularmente caras, mas podem, por si só, fornecer benefícios consideráveis. Como sempre, estas técnicas são muito mais baratas de se aplicar na fase de projeto inicial do que durante o comissionamento da instalação. As fontes alternativas de energia podem ser muito caras, tanto para compra como para manutenção – não tem nenhum sentido dispor de um gerador de emergência, por exemplo, se ele não estiver pronto para uma partida rápida - e deve ser cuidadosamente considerada a necessidade e o tipo de alimentação requerida. Ao julgar a viabilidade econômica de investir em uma planta de geração de energia no local deve ser lembrado que, uma vez instalada, protegerá contra falhas durante muitos anos.

Grandes indústrias consumidoras de grandes quantidades de energia, como as de fabricação de aço ou de papel, requerem uma segunda linha de alimentação vindo de uma seção diferente da rede, de forma a tornar muito pouco provável que uma única falha afete simultaneamente ambos circuitos de alimentação. Como alternativa, pode ser viável a geração de toda a energia necessária na própria planta, se estiver disponível um fornecimento adequado de combustível. Em um ou outro caso, o custo inicial provavelmente é muito alto, mas também o é o custo potencial de uma falha no fornecimento de energia elétrica. O papel, por exemplo, é fabricado em um processo contínuo que requer um controle de velocidade muito preciso de centenas de roletes em uma máquina que pode ter mais de 500 metros de comprimento. Qualquer falha de fornecimento de energia, até mesmo um afundamento de tensão, provocará perda de sincronismo, e fará com que todo o processo seja interrompido. Toda a polpa e o papel parcialmente processado devem ser retirados da máquina e da área em volta antes de reiniciar o processo, o que pode significar muitas horas de trabalho. Além da perda de produção, o desperdício de matérias-primas e de horas de trabalho, a impossibilidade de manter o fornecimento aos clientes é muito importante. O papel de imprensa, por exemplo, é utilizado em quantidades tão grandes que é impossível, tanto para o fornecedor como para o cliente,

O custo para evitar os problemas é relativamente pequeno, e requer apenas boa prática de instalação e seleção apropriada de equipamento.

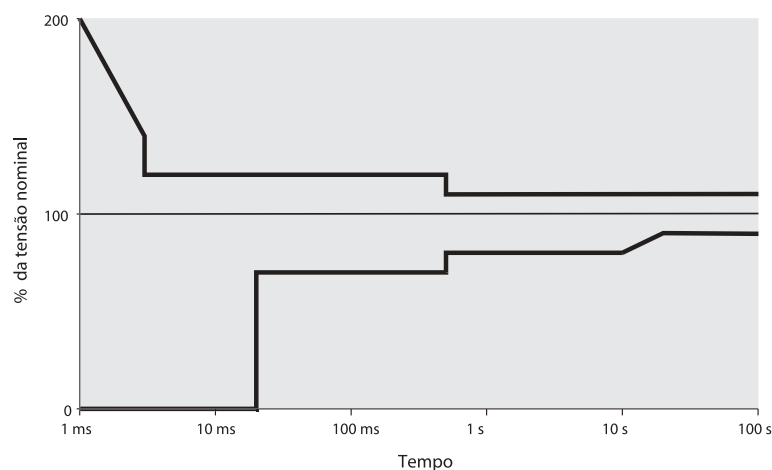


Figura 1 – Curva ITIC.

O Custo da má Qualidade de Energia

manter um estoque de reserva. É necessário “na hora certa”, e é fabricado, usado e descartado em apenas alguns dias. A falha do fabricante de papel na entrega significa que o editor não poderá imprimir e, desde que as notícias de ontem não tem nenhum valor (mas custos consideráveis), as conseqüências financeiras serão graves. Isto pode levar a uma mudança de fornecedor ou a uma alteração nas condições do contrato de fornecimento, tais como a inclusão de cláusulas de penalização.

Para indústrias pequenas com requisitos de energia menores pode ser viável a instalação de geração própria para manter funcionando o equipamento essencial durante os blecautes e reduzir os picos de demanda. Esta solução é muito mais barata, mas o custo deve ainda ser analisado em função dos riscos de falha - uma avaliação que somente pode ser feita pela própria organização. Deve ser lembrado que um gerador de emergência leva tempo para iniciar o funcionamento, de forma que alguma outra fonte de fornecimento de emergência, tal como um UPS, deve ser providenciado para atender as cargas sensíveis. Um UPS tem capacidade limitada e é importante que seja usado para suporte somente das cargas essenciais, tais como os servidores de redes de computadores e as estações de trabalho críticas, e nada mais. Como sempre, são essenciais procedimentos de manutenção adequados.

Afundamentos de tensão

Os afundamentos são reduções de curto prazo na magnitude da tensão RMS de alimentação, cuja duração varia de uma fração de segundo até vários segundos. Os afundamentos são caracterizados pela sua duração e pela tensão mantida, isto é a porcentagem da tensão de alimentação nominal (RMS) remanescente durante o evento. Deve-se notar que uma perda de fornecimento muito curta, mas total, é chamada interrupção, mas é frequentemente citada como um afundamento.

A curva do Conselho da Indústria de Tecnologia da informação (ITIC, do inglês Information Technology Industry Council), antigamente conhecida como curva da Associação dos Fabricantes de Computadores e Equipamentos para Escritório (CBEMA, do inglês Computer and Business Equipment Manufacturers Association), mostrada na Figura 1, descreve a tolerância dos equipamentos às perturbações de tensão de todos os tipos. As linhas contínuas representam as tensões máximas e mínimas que podem ser toleradas, com relação ao tempo, sem provocar o mau funcionamento dos equipamentos. Por exemplo, os equipamentos de processamento de dados devem tolerar uma sobretensão de cinco vezes a tensão nominal da fonte de alimentação para uma duração de 100 μ s, mas uma sobretensão de apenas 20% para uma duração de 10 ms. No que se refere às subtensões, uma perda total de fornecimento deve ser tolerada por até 20 ms (um ciclo da tensão de alimentação), mas se a duração for de 100 ms a tensão mínima retida deve ser de 70% da nominal. A curva foi elaborada originalmente para ajudar usuários de equipamentos de TI a solucionar problemas de qualidade de energia com as concessionárias de energia elétrica. A partir da normalização dos requisitos dos equipamentos se tornou muito mais fácil determinar através de medições no local se o fornecimento era adequado ou não. Como se compreenderá facilmente, a curva de ITIC apresenta uma visão bastante otimista do desempenho das redes de alimentação!

Muitos afundamentos são causados por faltas na rede de alimentação, e a sua severidade depende das posições relativas do gerador, da falta e do ponto de medição (ver Seção 5 para uma descrição completa). Não existem estatísticas oficiais sobre a severidade e distribuição dos afundamentos de tensão, mas atualmente estão em desenvolvimento algumas medições de escala média das quais pode ser esperado obter informações valiosas no devido tempo. Um estudo, executado por um importante gerador de energia, mediu perturbações de tensão em 12 locais com demanda entre 5 e 30 MVA. Em um período de dez meses foram registradas 858 perturbações, 42 das quais resultaram em interrupção do fornecimento e perdas financeiras. Embora em todos os 12 locais se executassem operações industriais de baixa tecnologia, fabricando produtos de baixo valor agregado, a perda financeira totalizou 600.000 euros.

Em um período de dez meses foram registradas 858 perturbações com uma perda financeira total de 600.000 euros.

| Indústria | Perda financeira típica por evento |
|----------------------------|------------------------------------|
| Produção de semicondutores | 3 800 000 de euros |
| Atividades financeiras | 6 000 000 de euros por hora |
| Centro de computação | 750 000 de euros |
| Telecomunicações | 30 000 de euros por minuto |
| Indústria siderúrgica | 350 000 de euros |
| Indústria do vidro | 250 000 de euros |

(média de 14.300 euros por evento ou 50.000 euros por local), com a perda individual mais alta de 165.000 euros. É claro que indústrias fabricando produtos de alto valor agregado e aquelas que requerem processos de fabricação em série, como semicondutores, enfrentariam perdas muito maiores. A tabela acima apresenta alguns valores típicos.

Trata-se de custos enormes por causa do que poderiam parecer eventos triviais, durando menos de um segundo. O problema é que, como é indefinida a resposta aos afundamentos de tensão por parte de certos itens individuais tais como equipamentos de processamento de dados, ou acionamentos de velocidade variável para motores, é indefinida, é impossível prever ou controlar o comportamento de um sistema. Para os processos contínuos, como fabricação de papel, o efeito de um afundamento é quase tão sério como um blecaute completo, com os mesmos custos de limpeza, perdas de matéria-prima e perda de produção. Para operações baseadas em computador, o tempo necessário para re-inicializar um número grande de estações de trabalho e recuperar transações pendentes e documentos não salvos, pode ser de várias horas. A indústria de semicondutores é particularmente vulnerável porque as placas requerem em torno de duas dúzias de estágios de fabricação a serem completadas ao longo de vários dias. Se uma placa é deteriorada perto do fim do processo, todo o valor do trabalho executado é perdido. O ritmo de desenvolvimento em semicondutores é agora tão rápido, a competição tão intensa e os ciclos de vida dos produtos tão curtos, que a perda de produto é uma preocupação importante não apenas para os fornecedores, mas também para seus clientes que não podem fabricar e entregar seus próprios produtos.

Os sistemas de alimentação ininterrupta on-line, nos quais a alimentação da carga é gerada continuamente por um banco de baterias carregado constantemente pela rede de alimentação, provê inerentemente imunidade aos afundamentos. Unidades off-line são menos seguras porque a ausência de alimentação tem que ser detectada antes da carga ser comutada para o gerador interno. Se o limiar de detecção for muito alto, o UPS será ligado e desligado freqüentemente e sem necessidade, enquanto se o limite for muito baixo, afundamentos prejudiciais poderão chegar até a carga. Antes de selecionar um modelo em particular devem ser consultadas as especificações detalhadas.

Transitórios

Os transitórios são perturbações de tensão de duração muito curta (até alguns milissegundos), mas magnitude alta (até vários milhares de volts) com um tempo de subida muito rápido. A maior parte dos transitórios surgem dos efeitos de descargas atmosféricas ou do chaveamento de cargas muito grandes ou reativas. Por causa das altas freqüências envolvidas, são consideravelmente atenuados a medida que se propagam pela rede, de forma que os transitórios que ocorrem perto do ponto considerado serão muito maiores que os originados em pontos mais distantes. Os dispositivos de proteção na rede asseguram que os transitórios se mantenham de forma geral em um nível seguro e a maior parte dos problemas surgem porque a fonte do transitório está perto ou dentro da instalação. Os transitórios são discutidos em detalhe na Seção 5.

O custo de substituição do equipamento danificado e o custo do tempo de paralisação envolvido devem ser levados em conta

O Custo da má Qualidade de Energia

Os danos que resultam podem ser instantâneos, como a falha catastrófica de uma central elétrica ou de aparelhos, ou bem a corrupção de dados dentro de computadores ou no cabeamento da rede. Também podem ser progressivos com cada evento fazendo um pouco mais de dano aos materiais de isolamento até que a falha catastrófica ocorre. O custo de substituição do equipamento danificado e o custo do tempo de paralisação envolvido devem ser considerados

A proteção é relativamente barata. O requisito básico é que o sistema de aterramento da instalação deve ser projetado de forma a ter baixa impedância dentro de uma ampla faixa de frequências, com uma boa conexão de baixa impedância ao sistema de eletrodo de aterramento. Os sistemas de aterramento são discutidos em detalhe na Seção 6. O sistema de proteção contra descargas atmosféricas deve ser adequadamente projetado, levando em conta fatores locais, como o número de dias com descargas atmosféricas por ano. A proteção contra transitórios deve ser instalada na entrada de todos os condutores entrantes, inclusive telefone e outras linhas de comunicações. O fabricante deve ter previsto os dispositivos adequados para supressão de transitórios provenientes do equipamento de chaveamento e devem ser introduzidos bons procedimentos de manutenção para assegurar que continuem sendo eficazes.

Conclusão

O risco que representam para as atividades empresariais os problemas de qualidade de energia é real, com até mesmo indústrias de baixa tecnologia sendo expostas a perdas financeiras sérias. Por outro lado, a prevenção é relativamente barata variando do simples uso de boas técnicas de projeto até a instalação de equipamentos de prevenção amplamente disponíveis.

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  **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