

Ghid de Aplicare - Calitatea Energiei Electrice

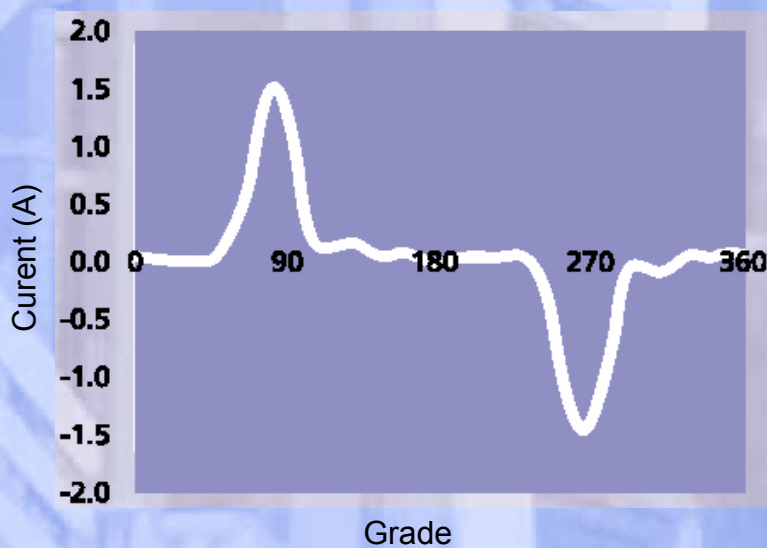
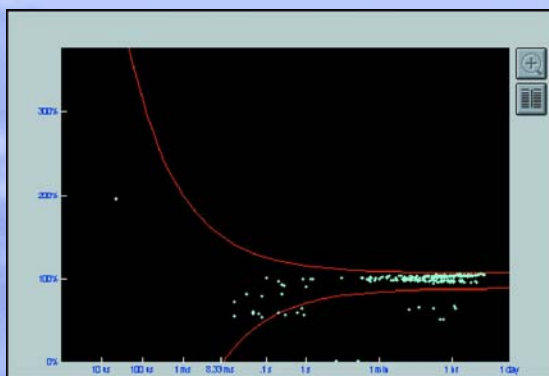


Leonardo da Vinci

Costuri

Costul unei calități nesatisfăcătoare a energiei electrice

2.1



Costuri

Costuri

Costul unei calități nesatisfăcătoare a energiei electrice

David Chapman
Copper Development Association
Martie 2001

(Versiunea 0b Noiembrie 2001)

European Copper Institute (ECI)

European Copper Institute este un joint venture între ICA (International Copper Association) și membrii IWCC (International Wrought Copper Council). Prin membrii săi, ECI acționează în numele celor mai mari producători de cupru din lume și a principalilor prelucrători din Europa, pentru promovarea cuprului în Europa. Apărută în ianuarie 1996, ECI are suportul unei rețele de zece Copper Development Association („CDAs”) în Benelux, Franța, Germania, Grecia, Ungaria, Italia, Polonia, Scandinavia, Spania și Regatul Unit. ECI continuă eforturile întreprinse inițial de către Copper Products Development Association, apărută în 1959 și INCRA (International Copper Research Association), apărută în 1961.

Societatea Inginerilor Energeticieni din România

Societatea Inginerilor Energeticieni din România - SIER, constituită în 1990, este o asociație profesională, autonomă, cu personalitate juridică, neguvernamentală, apolitică, fără scop patrimonial. Scopul Societății este de a contribui activ atât la creșterea rolului și eficienței activității inginerilor energeticieni, cât și la stabilirea orientărilor, promovarea progresului tehnic și îmbunătățirea legislației în domeniul energetic. SIER promovează un schimb larg de informații, cunoștințe și experiență între specialiștii din domeniul energetic prin cooperarea cu organizații similare naționale și internaționale. În anul 2004 SIER a semnat un acord de parteneriat cu European Copper Institute pentru extinderea și în România a programului LPQI (Leonardo Power Quality Initiative), program educațional în domeniul calității energiei electrice, realizat cu suportul Comisiei Europene. În calitate de partener al ECI, SIER se va implica în desfășurarea unei ample activități de informare și de consultanță a consumatorilor de energie electrică din România.

Mulțumiri

Acest proiect a fost realizat cu suportul Comunității Europene și al International Copper Association, Ltd.

Atenționare

Conținutul acestui proiect nu reflectă în mod necesar poziția Comunității Europene și nu implică nici o responsabilitate din partea Comunității Europene.

European Copper Institute și Societatea Inginerilor Energeticieni din România își declină răspunderea pentru orice daune directe, indirecte, subsidiare sau incidentale care ar putea să rezulte în urma utilizării informațiilor sau a inabilității de a utiliza informațiile și datele cuprinse în această publicație.

Copyright© European Copper Institute și Societatea Inginerilor Energeticieni din România.

Reproducerea prezentului document este permisă numai sub forma sa integrală și cu menționarea sursei.



Membră a
EUROPEAN

Societatea Inginerilor Energeticieni din România
No. 1, Lacul Tei Avenue, PO/BOX 30-33
020371 Bucharest
Romania

Tel: 4 0722 36 19 54
Fax: (4 021) 610 52 83
Email: office@sier.ro
Websites: www.sier.ro



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

Costul unei calități nesatisfăcătoare a energiei electrice

Energia electrică este o materie primă importantă pentru toate operațiile comerciale și, ca orice altă materie primă, calitatea alimentării este foarte importantă. Natura și cauzele unor deficiențe în calitatea energiei electrice au fost evidențiate în secțiunea 1 și sunt discutate în detaliu în secțiunile care urmează; această secțiune se concentrează asupra efectelor incidentelor în producție și costurile la care ne putem aștepta că se vor produce. Așa cum s-a arătat în secțiunea 1 sunt cinci tipuri de „defecte” de bază fiecare cu cauze și efecte diferite și, evident, cu diferite implicații de cost.

Se estimează că problemele de calitate a energiei electrice costă industria și comerțul în UE aproximativ 10 miliarde Euro pe an, în timp ce cheltuielile pentru măsurile preventive sunt sub 5% din aceasta. Întrebarea este una evidentă: „Câți bani ar trebui investiți în măsuri de prevenire pentru a compensa riscul unui incident ?” și răspunsul depinde de natura afacerii. Primul pas este acela de a înțelege natura problemelor și a stabili raportul fiecăreia dintre acestea cu afacerea și ce pierdere ar putea rezulta. Secțiunile care urmează analizează problemele de calitate din punct de vedere al posibilităților de întrerupere a afacerii lor; informații cu privire la cauzele lor, efecte și cum trebuie abordate sunt date în următoarele secțiuni ale Ghidului.

Distorsiunea armonică

Distorsiunea armonică, determinată de sarcinile neliniare din sistemul de alimentare cu energie electrică, conduce la curenți care au amplitudini mai mari decât cele normale și un conținut de componente armonice. Acești curenți nu pot fi măsurați în mod corespunzător de către aparatele portabile ieftine utilizate în mod obișnuit de tehnicienii din exploatare sau mentenanță, ceea ce conduce la o subestimare uneori mai mare de 40%. Această eroare în amplitudine poate rezulta în circuitele subdimensionate. Chiar dacă curentul este în limitele capacității aparatului de protecție la suprasarcină, conductorul funcționează la temperaturi ridicate și apar pierderi de energie – tipic 2-3% din sarcină. În mod frecvent protecția la suprasarcină este reglată prea aproape de curentul real de sarcină (deoarece acesta a fost subestimat) și circuitul poate prezenta declanșări intempestive.

Componentele armonice determină o creștere importantă a pierderilor în transformatoare prin curenții turbionari, având în vedere faptul că aceste pierderi sunt proporționale cu pătratul frecvenței. Deoarece pierderile sunt mai mari, temperatura de funcționare a transformatorului este mai mare, iar durata de viață va fi considerabil redusă. Chiar în cazul unor transformatoare încărcate moderat, care alimentează echipamente informatice, durata de viață va fi mai mică decât se așteaptă, în afara cazului în care sunt luate măsuri de protecție corecte.

Efectele economice ale armonicilor sunt scurtarea duratei de viață, scăderea randamentului și susceptibilitate la deconectări intempestive. Costul deconectărilor eronate, ca pentru orice alte defecte neprevăzute, poate fi semnificativ și este analizat în continuare în secțiunea goluri de tensiune. Reducerea duratei de viață a echipamentelor poate fi foarte costisitoare. Pentru echipamente, ca de exemplu transformatoare, pentru care durata de viață normală este de 30 sau 40 ani, înlocuirea lor la 7 până la 10 ani poate avea consecințe financiare deosebite. Costul evitării acestei situații este relativ redus, necesitând numai o bună experiență de exploatare și o alegere corectă a echipamentului electric. Instalarea unor cabluri cu secțiuni de una până la de două ori mai mare decât minimul calculat reduce pierderile, iar costurile de producție cresc foarte puțin peste costul inițial.

Întreruperi totale (Blackouts)

Întreruperile totale constituie cea mai importantă dintre problemele de calitate a energiei electrice, durând de la câteva secunde până la câteva luni, în cazurile extreme. În Regatul Unit durata medie a întreruperilor a fost de aproximativ 100 minute și survin la fiecare 15 luni, dar evenimentele individuale pot fi foarte scurte și cu mult mai frecvente. Desigur, alimentarea publică nu este singura sursă de incident.

Problemele de calitate necorespunzătoare a energiei electrice costă industria și comerțul în UE aproximativ 10 miliarde € pe an.

Costul unei calități nesatisfăcătoare a energiei electrice

Costul evitării este relativ redus, necesită numai o bună experiență de exploatare și alegerea corectă a echipamentelor electrice.

În instalația electrică a unei clădiri sau a unei întreprinderi sunt multe zone unde deteriorarea unei singure componente, cablu sau conexiune, conduce la o întrerupere.

Protecția contra întreruperilor necesită două tipuri de acțiuni. Instalația trebuie proiectată să elimine punctele posibile de defectare sau cel puțin să le identifice ca prezentând cel mai mare risc, iar apoi trebuie parcurse etapele pentru identificarea necesității unei alimentări de rezervă. Proiectarea rezilienței (capacitatea de revenire după perturbații în funcționare) se prezintă în secțiunea 4. Tehnicile necesare nu sunt nici deosebit de dificile și nici deosebit de costisitoare dar pot, ele singure, să aducă un beneficiu important. Ca de obicei aceste tehnici sunt cu mult mai ieftine dacă sunt aplicate la faza inițială de proiectare decât în timpul punerii în funcțiune. Sursele alternative de putere pot fi foarte scumpe atât pentru a le realiza cât și pentru a le exploata – nu este util un generator de rezervă, de exemplu, dacă nu este gata să pornească instantaneu – astfel încât necesitatea și tipul de alimentare de rezervă trebuie să fie analizate cu atenție. În analiza oportunității investițiilor pentru un generator la consumator ar trebui reamintit că, odată instalat, acesta va asigura protecția la incidente pentru mulți ani.

Industriile mari, industriile cu consum mare de energie electrică ca oțelăriile și fabricile de hârtie vor necesita o a doua alimentare luată dintr-o altă secțiune a sistemului astfel încât la o întrerupere să fie puțin probabilă căderea ambelor căi. Ca alternativă, poate fi viabilă generarea locală a întregii puteri cerute, dacă aprovizionarea necesară cu combustibil este disponibilă. În acest caz, costul inițial este probabil foarte ridicat, dar și costul unei întreruperi este potențial la fel de mare. Hârtia, de exemplu, este produsă într-un proces continuu care necesită un control strict al vitezelor a sute de cilindri (valțuri) dintr-o mașină care poate avea peste 500 m lungime. Orice întrerupere a alimentării, chiar un gol, va conduce la pierderea sincronismului și oprește întreg procesul. Toate părțile din hârtia procesată și pasta de hârtie trebuie curățate din mașină și zona înconjurătoare înainte de reluarea procesului; aceasta poate dura multe ore. În afara pierderii de producție sunt foarte importante materia primă, munca depusă și imposibilitatea de a livra consumatorului hârtia. Ziarele, de exemplu, utilizează cantități atât de mari de hârtie încât este imposibil fie pentru furnizor, fie pentru consumator să aibă un stoc de rezervă. Este necesar ca “just in time” hârtia să fie produsă, utilizată și aruncată în numai câteva zile. Întreruperile livrării la fabricantul de hârtie înseamnă că publicistul nu poate tipări și, cum informațiile de ieri nu au valoare (dar costuri considerabile), apar consecințe financiare severe. Aceasta poate conduce la schimbarea furnizorului sau o modificare a termenelor din contractul de furnizare, precum și clauze de penalizare.

Pentru întreprinderile mai mici, cu necesar mai redus de energie poate fi convenabil să aibă un generator propriu care să asigure numai echipamentele principale în timpul întreruperilor totale și să reducă consumul de vârf. Este mult mai ieftin, dar costul trebuie totuși judecat în comparație cu riscul incidentului – o evaluare poate fi făcută numai de însași întreprinderea respectivă. Trebuie reamintit că generatorul de rezervă necesită un timp de pornire, astfel că

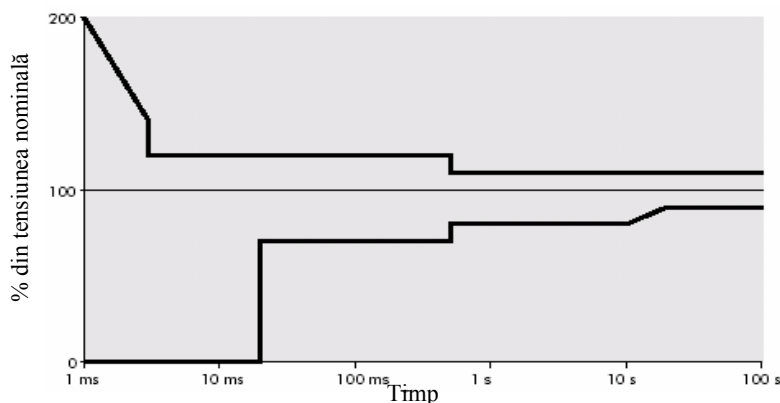


Figura 1 – Curba ITIC

Costul unei calități nesatisfăcătoare a energiei electrice

un alt tip de sursă de rezervă – ca de exemplu UPS – trebuie prevăzută pentru sarcinile sensibile. Un UPS are o capacitate limitată și este important ca să fie utilizat pentru a prelua numai principalii consumatori, cum ar fi serverele rețelei informatice, stațiile de lucru critice și nimic altceva. Ca întotdeauna, sunt esențiale procedurile de mentenanță adecvate.

Goluri sau căderi de tensiune

Golurile sunt reduceri pe durată scurtă a valorii efective a tensiunii de alimentare, cu o durată de la o fracțiune de secundă până la câteva secunde. Golurile sunt caracterizate prin durata și tensiunea remanentă, adică procentul din tensiunea nominală de alimentare rămasă pe durata evenimentului. De notat că o cădere completă a alimentării pe termen foarte scurt este denumită întrerupere dar adesea se face referință ca la un gol.

În figura 1 sunt prezentate curbele elaborate de Information Technology Industry Council (ITIC) cunoscute ca aparținând Computer and Business Equipment Manufacturers Associations (CBEMA) care arată toleranța echipamentului la perturbațiile de tensiune de toate tipurile. Linia plină reprezintă limitele maxime și minime ale tensiunilor, care pot fi tolerate fără nici o perturbare a funcționării, în funcție de durată. De exemplu, echipamentul de procesare a datelor poate admite o supratensiune de cinci ori tensiunea nominală pe o durată de 100 μ s dar o supratensiune cu numai 20% pentru o durată de 10 ms. În zona tensiunilor sub cea nominală, o întrerupere completă a tensiunii poate fi admisă până la 20 ms (o perioadă), dar pentru 100 ms tensiunea reziduală minimă trebuie să fie 70% din cea nominală. Curba a fost inițial stabilită pentru a ajuta utilizatorii de echipamente informatice în rezolvarea problemelor de calitate a energiei electrice cu furnizorii. Standardizarea cerințelor pentru echipament a făcut mult mai simplă determinarea prin măsurare la consumator dacă alimentarea este sau nu adecvată. Așa cum va deveni clar, curba ITIC prezintă o caracterizare optimistă pentru rețelele de alimentare.

Multe goluri sunt determinate de incidente în rețeaua de alimentare cu o severitate a golului depinzând de distanța relativă față de generator, de punctul de defect și de cel de măsurare (vezi secțiunea 5 pentru o descriere completă). Nu există statistici oficiale cu privire la severitatea și distribuția golurilor de tensiune, dar sunt în curs măsurători, la o scară medie, fiind de așteptat informații veridice. Un studiu, realizat de un mare producător de energie electrică, a urmărit variațiile de tensiune măsurate în 12 puncte (întreprinderi) cu un consum între 5 și 30MVA. Într-o perioadă de 10 luni au fost 858 perturbații din care 42 au condus la întreruperi și pierderi financiare. Mai mult, toate cele 12 întreprinderi aveau o tehnologie de funcționare puțin performantă, produsele fiind cu o valoare adăugată redusă; pierderea totală financiară rezultată fiind 600.000 Euro (în medie 14.300 Euro pe eveniment sau 50.000 Euro pe întreprindere), cu cea mai mare pierdere individuală de 165.000 Euro. Evident, întreprinderile care realizează produse cu valoare adăugată mare și acelea care au procese în mai multe trepte, ca cele pentru semiconductoare, vor avea pierderi mult mai mari. Tabelul alăturat dă câteva valori tipice.

Acestea sunt costuri foarte mari pentru ceea ce par a fi evenimentele obișnuite care conduc la întreruperi sub o secundă. Problema este că, răspunsul propriu al unui echipament, de exemplu un echipament de procesare a datelor, sau acționările cu motoare cu viteză variabilă, la goluri nu poate fi definit și deci comportarea unui sistem este imposibil de prevăzut sau de controlat. Pentru procesele continue, ca producția de hârtie, efectul unui gol este la fel de serios ca și o cădere totală, cu aceleași costuri de curățire, pierderi de materie primă și pierderi de producție. Pentru operațiunile bazate pe calculator, timpul necesar pentru reinițializarea unui număr mare de stații de lucru, pentru recuperarea tranzacțiilor în curs și a documentelor care nu au fost salvate poate reprezenta câteva ore. Industria semiconductoarelor este în particular vulnerabilă deoarece producția unei plachete de semiconductoare necesită două duzini de etape de fabricație care durează câteva zile. Dacă o plachetă este stricată spre sfârșitul etapei se pierde valoarea întregii activități. Rata de dezvoltare a semiconductoarelor este acum atât de rapidă, competiția atât de intensă și ciclul de viață al produsului atât de scurt, încât pierderea produsului are o consecință majoră nu numai pentru furnizor ci și pentru consumatorii care nu pot realiza și expedia propriile produse.

*Într-o perioadă
de 10 luni s-au
produs 858 de
perturbații cu
o pierdere
financiară
totalizând
600.000 €.*

Costul unei calități nesatisfăcătoare a energiei electrice

Industrie	Pierderea financiară tipică pe eveniment
Producția de semiconductoare	3.800.000 €
Tranzacții financiare	6.000.000 € pe oră
Centru de calcul	750.000 €
Telecomunicații	30.000 € pe minut
Oțelării	350.000 €
Industria sticlei	250.000 €

O alimentare on-line (neîntreruptibilă), în care sarcina este continuu alimentată dintr-o baterie permanent încărcată din rețeaua de alimentare, conduce inerent la imunitate la goluri. Unitățile off-line sunt mai puțin sigure deoarece absența alimentării ar trebui detectată înainte ca sarcina să fie trecută pe sursa proprie. Dacă pragul de detecție este prea sus, UPS este comutat frecvent (cuplat, decuplat) și fără a fi necesar, dacă limita este prea jos, golurile determină daune la consumator. Este necesar ca să fie analizate în detaliu specificațiile, înainte de a selecta un anumit model.

*Trebuie luat în
considerație
costul pentru
înlocuirea
echipamentului
defectat și a
duratei de
imobilizare.*

Fenomene tranzitorii

Fenomenele tranzitorii sunt perturbații de tensiune cu durate foarte scurte (până la câteva milisecunde) dar cu o amplitudine mare (până la câteva mii de volți) cu o pantă de creștere foarte mare. Cele mai multe fenomene tranzitorii apar datorită efectelor căderilor de trăsnet sau comutării unor sarcini mari sau a celor reactive. Datorită frecvențelor ridicate implicate ele sunt considerabil atenuate prin propagarea în rețea astfel că sunt importante mai ales în punctul unde se produc. Aparatele de protecție din rețea asigură că fenomenele tranzitorii sunt în general menținute la un nivel de siguranță; cele mai multe probleme apar deoarece sursa de fenomene tranzitorii este în apropierea sau în interiorul instalației. Fenomenele tranzitorii sunt analizate în detaliu în secțiunea 5.

Pagubele care rezultă pot fi instantanee, cu o deteriorare catastrofală a instalației electrice sau a unor aparate, alterarea datelor în calculatoare sau în rețeaua cablată sau pot fi progresive, la fiecare eveniment producându-se o mică deteriorare a materialelor izolante, până intervine o deteriorare catastrofală. Costul de înlocuire al echipamentului deteriorat și costul de imobilizare aferent trebuie să fie luate în considerare.

Protecția este relativ ieftină. Cerința de bază este ca instalația de legare la pământ să fie proiectată astfel încât să aibă impedanța redusă într-o bandă largă de frecvență, cu o impedanță mică de conectare la priza de pământ. Sistemele de legare la pământ sunt analizate în detaliu în secțiunea 6. Protecția la trăsnet trebuie să fie corect proiectată, ținând seama de factorii locali, ca de exemplu numărul de zile cu trăsnete pe an. Protecția la fenomene tranzitorii trebuie prevăzută la intrarea tuturor conductoarelor în instalație, inclusiv liniile telefonice sau alte comunicații. Fabricantul trebuie să asigure eliminarea fenomenelor tranzitorii datorate echipamentului de comutație și trebuie adoptate proceduri corespunzătoare de mentenanță pentru a asigura că aceasta va continua să fie efectivă.

Concluzie

Riscul în afaceri determinat de problemele de calitate a energiei electrice este unul real, chiar industriile cu o tehnicitate mai redusă sunt expuse la pierderi financiare serioase. Pe de altă parte, prevenirea este relativ ieftină pornind de la simple tehnici de corectă proiectare până la instalarea unor echipamente de protecție adecvate.

Parteneri

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

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 Hendrixx

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 Chapman

 **Copper Development Association**

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

Tel: 00 44 1727 731200
Fax: 00 44 1727 731216
Email: copperdev@compuserve.com
Websites: www.cda.org.uk
www.brass.org



Membră a
EURIEL

Societatea Inginerilor Energeticieni din România
No. 1, Lacul Tei Avenue, PO/BOX 30-33
020371 Bucharest
Romania

Tel: 4 0722 36 19 54
Fax: (4 021) 610 52 83
Email: office@sier.ro
Websites: www.sier.ro

europa
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