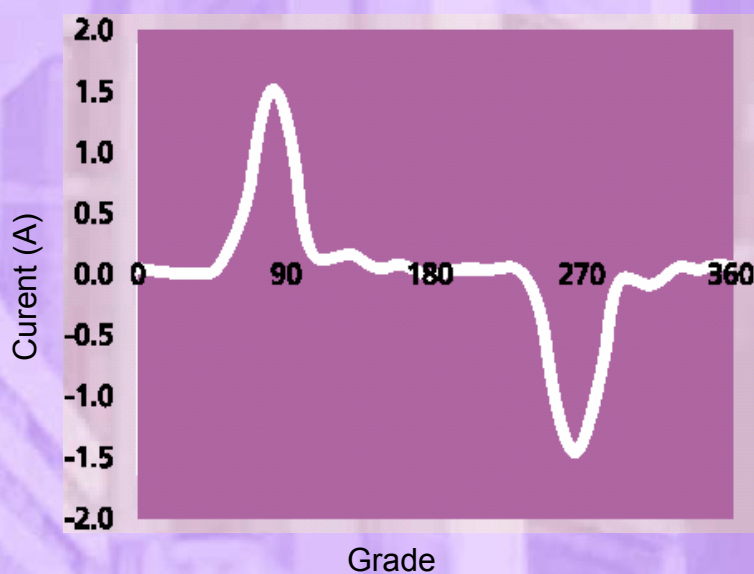
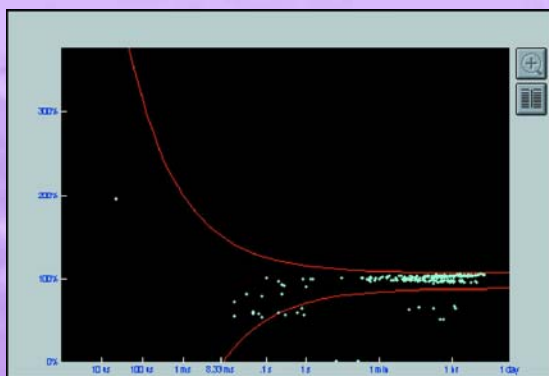


Ghid de Aplicare - Calitatea Energiei Electrice



Introducere

1.1



Introducere

Introducere

Introducere în problema calității 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

Introducere în problema calității energiei electrice

Energia electrică este probabil cea mai importantă materie primă utilizată astăzi în comerț și industrie. Este un produs cu un caracter deosebit deoarece trebuie să constituie un flux continuu –nu poate fi stocat în cantități mari și nu poate face subiectul unui control al calității înainte de a fi utilizat. Este – de fapt – rezumatul filozofiei “*exact la timp*” în care componentele sunt livrate unei linii de producție în punctul și la momentul în care se utilizează, de către un furnizor verificat și aprobat, fără cerințe de verificare a calității. Pentru ca principiul “*just in time*” (JIT) să aibă succes este necesar să existe un control bun al specificației componentelor, o încredere absolută că furnizorul poate produce și furniza acest produs la timp, cunoașterea comportării generale a produsului și a limitelor sale.

Pentru energie electrică situația este similară: trebuie să fie cunoscută siguranța în alimentare și trebuie înțeleasă capacitatea de revenire a procesului la perturbații. Desigur, în realitate, electricitatea este diferită de orice alt produs – ea este generată departe de punctul de consum, rețeaua este alimentată de un ansamblu de multe generatoare și ajunge la punctul de consum prin mai multe transformatoare și mulți kilometri de linie aeriană și posibil prin rețea de cabluri subterane. După privatizarea industriei, aceste rețele vor fi achiziționate și deveni proprietate privată, managementul și mentenanța fiind realizate de un număr oarecare de organizații. Sarcina de a asigura calitatea energiei livrate în punctul de consum nu este una ușoară – și nu există nici o cale ca energia electrică ce nu respectă standardele să fie retrasă din lanțul de alimentare sau refuzată de către consumator.

Din punctul de vedere al consumatorului problema este și mai dificilă. Există unele limite statistic admisibile pentru calitatea energiei electrice livrată, dar nivelul de calitate acceptabil perceput de furnizor (și de reglementatorul industriei) poate fi diferit de cel necesar, sau poate dorit de consumator. Defectele de calitate cele mai evidente sunt întreruperile complete (care pot fi de la câteva secunde la câteva ore) și golurile de tensiune în care tensiunea atinge o valoare redusă pentru scurtă durată. Evident, întreruperile de lungă durată constituie o problemă pentru toți consumatorii, dar multe operații sunt foarte sensibile chiar și la întreruperi foarte scurte. Exemple de operații sensibile sunt:

- Operații cu flux (proces) continuu, în care întreruperile scurte pot conduce la desincronizări în instalație și rezultă un volum mare de produs semifabricat. Un exemplu tipic îl constituie industria hârtiei unde operația de curățire (pentru reluarea procesului) este lungă și costisitoare.
- Operații succesive și continui, în multe trepte, unde o întrerupere în cursul unui proces poate distruge valoarea operațiilor anterioare. Un exemplu de acest tip este industria semiconductoarelor, unde producția unui wafer (plachete de semiconductoare) necesită o duzină de procese realizate în mai multe zile și întreruperea unui singur proces este catastrofală.
- Procesarea datelor unde valoarea tranzacției este ridicată, dar costul procesării este scăzut, ca în activitățile de schimb de acțiuni sau de schimb valutar. Imposibilitatea de a negocia poate conduce la pierderi mari care depășesc cu mult costul operației. Într-un exemplu recent s-a cerut o compensație de 15 milioane Euro ca rezultat al unei întreruperi de 20 minute.

Trebuie cunoscută siguranța în alimentare și trebuie înțeleasă capacitatea de revenire a procesului la perturbații.

Introducere în problema calității energiei electrice

O alimentare perfectă cu energie electrică va fi aceea care este întotdeauna disponibilă, întotdeauna cu tensiunea și frecvența în limitele admisibile și are o curbă de tensiune perfect sinusoidală, fără „zgomote”.

Aceste exemple se referă la cele mai sensibile industrii, dar este surprinzător câte operații, aparent banale, au cerințe de alimentare cu energie electrică cât se poate de critice. Exemplele includ unitățile mari de desfacere cu amănuntul, cu puncte de vânzare informatizate și echipamente de gestiune a stocurilor, precum și întreprinderi de fabricație cu control distribuit.

Deci, ce trebuie înțeles prin calitatea energiei electrice ? O alimentare perfectă cu energie electrică este aceea care este întotdeauna disponibilă, întotdeauna cu tensiunea și frecvența în limitele admisibile și cu o curbă de tensiune perfect sinusoidală, fără „zgomote”. Nivelul exact al abaterilor de la alimentarea perfectă, care pot fi admise, depinde de aplicația utilizatorului, de tipul de echipament instalat și de percepția sa asupra condițiilor necesare.

„Defectele” alimentării cu energie electrică – abaterile de la perfecțiune – se încadrează în cinci categorii:

Distorsiune armonică	(vezi secțiunea 3)
Întreruperi (totale)	(vezi secțiunea 4)
Tensiune sub sau peste valorile admisibile	(vezi secțiunea 5)
Goluri și variații	(vezi secțiunea 5)
Fenomene tranzitorii	(vezi secțiunile 5 și 6)

Fiecare dintre aceste probleme ale calității energiei electrice are o altă cauză. Unele probleme sunt rezultatul partiționării infrastructurii. De exemplu, un incident în rețea poate conduce la un gol care să aibă un efect asupra unor consumatori, iar un incident la un nivel mai ridicat poate afecta un număr mare de consumatori. Un incident în instalațiile unui consumator poate să conducă la un fenomen tranzitoriu care afectează toți ceilalți consumatori conectați în același subsistem. Alte probleme, ca armonicile, apar din instalațiile proprii ale consumatorului și se pot propaga sau nu în rețea și astfel să afecteze și alți consumatori. Problemele legate de armonici pot fi eliminate printr-o combinație a unei bune concepții a instalației și prevederea unor echipamente de limitare adecvate.

Furnizorii de energie electrică argumentează că, consumatorii „sensibili” trebuie să suporte ei însăși costurile pentru asigurarea calității energiei electrice în loc să aștepte ca furnizorii să asigure o alimentare foarte sigură pentru fiecare consumator din orice punct al rețelei. Garantarea unei astfel de calități a alimentării ar cere investiții deosebit de mari în rețea în beneficiul unui număr relativ redus de consumatori (ca număr, nu din punct de vedere al consumului) și ar fi neeconomic. Este de asemenea îndoielnic dacă ar fi tehnic posibil în condițiile actuale, sociale și legale, în care orice consumator este autorizat să fie conectat la sursă și un constructor are dreptul de a escava drumuri cu riscul de a deteriora cabluri. Condițiile atmosferice, ca vântul puternic sau ploile reci, conduc frecvent la deteriorări ale liniilor aeriene care, în aceste condiții, sunt greu de reparat și necesită durate mari până la repunerea în funcțiune. Este deci responsabilitatea consumatorului să ia măsuri să se asigure că *energia livrată pentru procesul său are o calitate* suficient de bună, fiind conștient însă de faptul că alimentarea ar putea avea o calitate mult mai ridicată decât cea *livrată instalației* de către furnizor.

Există o varietate de soluții ingineresti capabile să elimine sau să reducă efectele problemelor de calitate a alimentării și este un domeniu foarte activ de inovare și dezvoltare. Astfel, consumatorii trebuie informați de avantajul de soluții disponibile și avantajele și costurile aferente. Următoarele secțiuni ale acestui ghid prezintă în detaliu problemele particulare și soluțiile disponibile.

Introducere în problema calității energiei electrice

Utilizatorii se confruntă cu necesitatea de a lua decizii relativ la proiectul unor investiții privind tipul și cantitatea echipamentelor suplimentare pentru a obține calitatea necesară a alimentării. Din păcate, unele informații vitale lipsesc – întinderea și gravitatea problemelor de calitate a energiei electrice care ar putea apărea într-o locație oarecare sunt în mare măsură necunoscute. Deoarece sunt atât de puține statistici publicate este foarte greu pentru consumatori să stabilească costul incidentelor și să justifice costul măsurilor preventive. Acest subiect este prezentat mai amănunțit în secțiunea 2. În Regatul Unit, spre exemplu, unicele date disponibile dau numărul și durata medie a întreruperilor mai lungi de un minut, datorate furnizorului. În medie, pentru 1998/9, fiecare consumator a avut aproximativ o întrerupere de până la 100 minute la fiecare 15 luni reprezentând o disponibilitate de 99,98%. Din păcate, cele 0,02% creează probleme. Performanțele raportate de cei mai mulți furnizori, referitoare la această perioadă, includ rezultate dintre cele mai bune și cele mai slabe, reprezentând variații între 50% și 200% față de media situației curente, probabil considerând că acest lucru este maximul ce se poate obține din punct de vedere economic. Trebuie reamintit că aceste cifre se referă numai la întreruperi de peste un minut și rămâne necunoscut, dar mare, numărul întreruperilor de ordinul 0,1 s până la 5 s. Efectele cauzate de una dintre aceste întreruperi pot fi la fel de costisitoare ca o întrerupere de o oră.

Problema întreruperilor scurte și a golurilor de tensiune scoate în evidență diferența dintre punctele de vedere ale consumatorului și furnizorului. Există prin definiție evenimente pe termen scurt, astfel încât cel puțin aici este instalată o monitorizare permanentă deoarece existența acestor evenimente este altfel greu de dovedit. Este încă și mai greu să atribuie o pierdere economică unui astfel de eveniment. Industria energiei electrice are tendințe de a evalua întreruperile în raport cu costul energiei electrice aferente nelivrată, în timp ce consumatorul o evaluează în raport cu pierderile în producție datorate întreruperii. Energia electrică este relativ ieftină, iar întreruperile relativ scurte, în timp ce pierderile în producție pot fi foarte importante (ca de exemplu în cazul semiconductoarelor) și durata de indisponibilitate pentru pregătirea instalațiilor în vederea reluării producției este foarte mare (ca în cazul industriei de fabricare a hârtiei). Cele două părți au deci puncte de vedere total diferite privind importanța golurilor de tensiune și nivelul justificat al investițiilor în echipamentele de limitare a acestora.

Întreruperile de lungă durată – deconectările – sunt considerate uzual ca fiind datorate furnizorului, dar pot fi datorate și defectării echipamentelor, conductoarelor sau conexiunilor locale. O proiectare atentă utilizând soluții cu o fiabilitate ridicată poate minimiza aceste efecte. Obiectivul este de a identifica punctele în care pot să apară întreruperi și acestea să fie eliminate prevăzând echipamente de rezervă (redundante) sau căi alternative de alimentare, astfel ca activitatea să poată continua în cazul unui singur incident. Sistemele proiectate în acest mod sunt mai ușor de întreținut și ca rezultat sunt mai bine întreținute. Este important ca procedurile de mentenanță să fie dezvoltate încă în prima etapă, ca o parte a conceptului de siguranță proiectată. Sursele de rezervă și sistemele UPS, necesare pentru a acoperi întreruperile de scurtă și lungă durată, sunt elemente esențiale pentru un sistem capabil să facă față variațiilor în alimentarea cu energie electrică. Proiectarea unor astfel de sisteme se prezintă în secțiunea 4.

În timp ce majoritatea golurilor de tensiune și a întreruperilor își au originea în sistemul de transport și distribuție și sunt în responsabilitatea furnizorului, problemele armonicilor sunt în principal în responsabilitatea consumatorului. *Curenții* armonici creează probleme în instalații și când acești curenți circulă înapoi prin impedanța căii de alimentare, în punctul comun de cuplare apare o tensiune armonică. Această distorsiune a tensiunii, sau cel puțin unele din componentele ei, sunt transmise în întreg sistemul și se sumează cu fondul de armonici (background) de tensiune, prezent în orice sistem de transport (de exemplu, datorită

*Este
răspunderea
consumatorului
să ia măsuri
pentru a se
asigura că
energia
electrică
furnizată
pentru
procesul său
este de calitate
suficient de
bună.*

Introducere în problema calității energiei electrice

O proiectare atentă utilizând tehnici cu o mare capacitate de a face față variației condițiilor de alimentare poate minimiza efectele unor incidente în echipamentele, conductoarele și componentele locale.

neliniarității transformatorului). Limitând curenții armonici pe care consumatorii îi pot emite, se poate menține nivelul de distorsiune a tensiunii la alimentare în limite acceptabile. Cele mai multe limite la nivel național se bazează pe standardul englez pentru sectorul de furnizare a energiei electrice pentru industrie (de regulă G5/4) care are la bază G5/1. Acest standard de planificare stabilește limite empirice pentru distorsiunea tensiunii care, în ultimii 40 ani, s-au dovedit a fi în foarte mare măsură corecte. Determinarea sursei de armonici poate fi dificilă și acest lucru determina adesea consumatorul să acuze furnizorul pentru această problemă. În fapt, este neuzual ca problemele datorate armonicilor să apară într-o instalație din cauze externe – cauza este cel mai adesea datorită echipamentelor locale și a modului lor de utilizare. În secțiunea 3 se prezintă cauzele și soluțiile în detaliu.

Perturbațiile tranzitorii sunt evenimente cu o frecvență ridicată cu o durată mult mai mică decât o perioadă a tensiunii de alimentare. Cauzele includ comutații sau căderi de trăsnete în rețea precum și comutații ale sarcinii reactive la consumator sau la alți consumatori conectați pe același circuit. Perturbațiile tranzitorii pot avea amplitudini de câteva mii de volți și pot cauza deteriorări serioase atât instalației cât și echipamentelor conectate la aceasta. Furnizorii de energie electrică și companiile de telecomunicații fac eforturi să se asigure că instalațiile lor nu permit propagarea de perturbații tranzitorii periculoase (care pot produce daune) în instalațiile consumatorului. Totuși, perturbații tranzitorii considerate nepericuloase pot determina pagube importante prin afectarea datelor. Apariția și efectele regimurilor tranzitorii sunt în mare măsură limitate și eficiența sistemelor de protecție este sporită dacă este realizat un sistem de legare la pământ cu o fiabilitate ridicată. Un astfel de sistem de legare la pământ va avea multiple legări la pământ și multiple căi de legare la pământ în orice punct, care să asigure o integritate ridicată și o impedanță redusă într-o bandă largă de frecvență. Sistemele de legare la pământ sunt tratate în secțiunea 6.

Aspectele privind calitatea energiei electrice pun proiectanților multe probleme, probabil cea mai importantă fiind “Cât de bun este destul de bun?”. La această întrebare este imposibil de răspuns. Dacă este relativ simplu să cuantifici comportarea unui anumit element al unui echipament la golurile de tensiune, determinarea incidenței unui probabil gol de tensiune într-o anumită locație, în sistemul de alimentare, este cu mult mai dificilă; situația se va modifica în timp, pe măsură ce se vor adăuga noi consumatori și unii existenți vor fi înlocuiți. Este extrem de greu să se colecteze date mediate privind sensibilitatea echipamentului la distorsiunea armonică de tensiune și chiar la distorsiunea armonică de curent cauzate de echipament. Problema reală este de compatibilitate între echipament și alimentare.

Există în prezent unele standarde internaționale care fixează limitele pentru variațiile de tensiune și distorsiune armonică sub care echipamentul ar trebui să funcționeze fără eroare. Similar există limite standardizate pentru variațiile de tensiune și distorsiunea armonică pentru tensiunea de alimentare. Ideal, ar trebui să existe o bandă de rezervă – o limită de siguranță – între cele două limite dar, deoarece este greu de măsurat continuu calitatea alimentării, limitele pentru alimentare sunt date în termeni statistici și nu ca limite fixe.

Asigurarea unei calități bune a energiei electrice necesită o proiectare inițială bună, un echipament de corectare eficient, cooperarea cu furnizorul, monitorizarea frecvență și o mentenanță bună. Cu alte cuvinte necesită o abordare completă și o bună înțelegere a principiilor și a practicilor de îmbunătățire a calității energiei electrice. Este scopul acestui ghid de a realiza acest obiectiv.

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
EURCEL

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