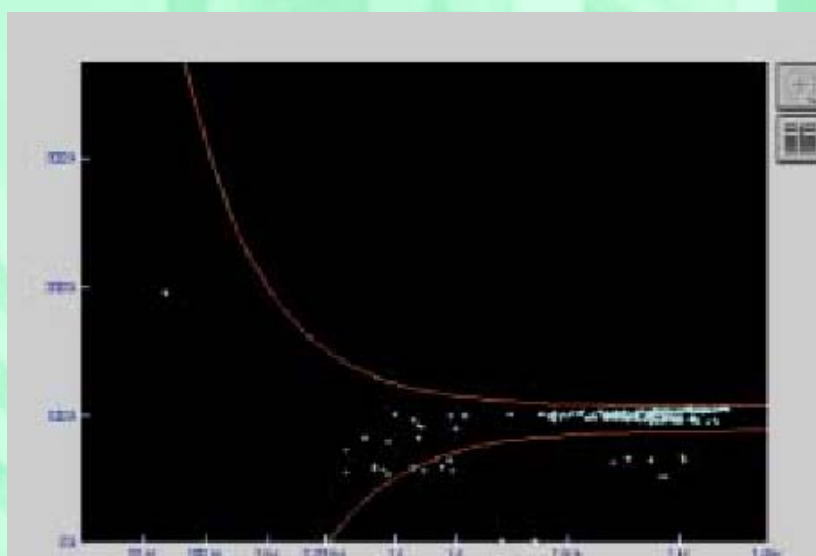
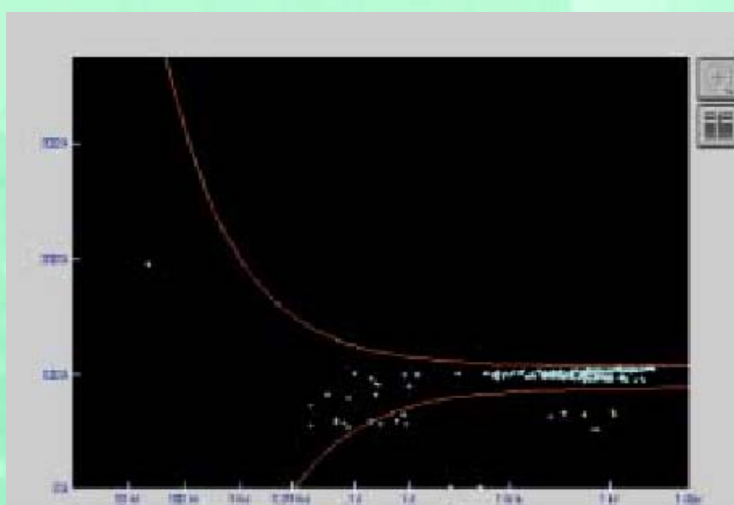


# Ghid de Aplicare - Calitatea Energiei Electrice



## *Goluri de tensiune* *Mentenanța predictivă-* *Cheia pentru calitatea energiei electrice*

5.2.1



*Goluri de tensiune*

# *Goluri de tensiune*

## *Mentenanța Predictivă - Cheia pentru Calitatea Energiei Electrice*

David Bradley  
Rhopoint Systems Ltd  
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.

Versiunea în limba română a prezentei broșuri a fost realizată exclusiv de către membrii SIER: traducerea a fost efectuată de **Ing. Hermina Albert** iar verificarea de către **Prof. dr. ing. Nicolae Golovanov**, **Dr. ing. Fănică Vatră** și **Drd. ing. Ana Poida**.

### **Mulțumiri**

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

### **Atenționare**

European Copper Institute, Rhopoint Systems Ltd 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, Rhopoint Systems Ltd 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](http://www.eurocopper.org)

## Mentenanța Predictivă - Cheia pentru Calitatea Energiei Electrice

Echipamentele necesare pentru monitorizarea perturbațiilor din sistemul de alimentare cu energie electrică au fost disponibile de mulți ani. Instrumentele din generația anterioară aveau o capacitate limitată, măsurau numai tensiuni și prezentau rezultatele sub forma unei curbe înregistrate. Instrumentele moderne permit efectuarea mult mai multor măsurători și asigură stocarea electronică a datelor pentru o analiză detaliată pe un calculator. În consecință, informațiile obținute pot fi analizate prin diferite procedee, astfel încât datele colectate la un experiment pot să răspundă mai multor necesități de măsurare.

O gamă largă de echipamente este comercial disponibilă începând de la unități simple monofazate care sunt introduse în priză și până la echipamente de monitorizare trifazate, conectate permanent în sistemele de management ale clădirilor. Instrumentele simple sunt adesea utile pentru determinarea locului, naturii și dimensiunilor problemei, înainte de a efectua un studiu complet.

Cele mai multe dintre aparate înregistrează evenimente care depășesc praguri prestabilite, de exemplu, tensiuni în afara abaterilor admisibile sau goluri în afara unei curbe de abateri admisibile, ca curba CBEMA (vezi secțiunea 5.1). Acest mod de abordare reduce volumul de date înregistrate, ușurând stocarea și analiza, dar nu evidențiază nimic cu referire la multe evenimente care se produc între nivelurile pragurilor. Aceste praguri pot fi fixate de utilizator. Dacă însă sunt setate prea jos, memoria se va umple cu date relativ neinteresante care necesită timp pentru analiză; dacă sunt setate prea sus pot fi pierdute evenimentele semnificative.

Un alt mod de abordare, conceput de Reliable Power Meters Inc. (SUA) și Rhopoint System Ltd (Anglia) este cunoscut sub denumirea de „monitorizare completă”. Instrumentul de înregistrare are o memorie mare, completată cu un hard-disk, astfel încât capacitatea de achiziție de date este foarte mare. Aceasta permite colectarea tuturor datelor, cu un prag foarte mic, programat dinamic, pentru a urmări condițiile impuse. Software-ul în PC gazdă, care poate fi în rețea sau la capătul îndepărtat al unui circuit cu modem, stabilește praguri în concordanță cu cerințele utilizatorului la momentul analizei. Pragurile se aplică în timpul analizei și nu în timpul achiziției datelor, astfel încât nu există o zonă moartă și nu există date pierdute. Aceleași date pot fi reanalizate cu diferite praguri, de câte ori este necesar. În practică există un prag de măsurare, dar acesta se stabilește automat în timpul măsurării, astfel încât instrumentul să nu fie sufocat cu date pentru condiții neuzuale. Valorile măsurate sunt întotdeauna achiziționate, dar dacă este necesar, acestea sunt filtrate înainte de memorare. Sistemul de monitorizare completă prezintă o viteză mare de eșantionare și o capacitate mare de prelucrare numerică a semnalelor pentru a permite măsurarea tuturor parametrilor – inclusiv armonicile și fenomenele tranzitorii, pe fiecare perioadă. Deoarece toate datele sunt achiziționate, instrumentul poate măsura abaterile de tensiune, inclusiv fenomenele tranzitorii, armonici, flicker, factor de putere, energia consumată și frecvența.

Această metodă permite aplicarea tehnicilor de mentenanță predictivă în sistemele energetice. Tehnicile de mentenanță predictivă au fost folosite de mult timp pentru prevenirea avariilor în echipamente mecanice (de exemplu, mașini) și în echipamente electromecanice (de exemplu, motoare electrice). De exemplu, prin analiza spectrului de frecvență al vibrațiilor în lagăre și compararea cu modificările spectrului de frecvență în timp este posibilă o avertizare preventivă privind incidentele iminente și reparația necesară pentru a se corecta problema apărută.

Similar, avertizarea timpurie a unor probleme incipiente într-o rețea electrică de distribuție, se poate realiza în prezent prin compararea datelor istorice, cu alte cuvinte prin analiza tendinței de evoluție în timp a fiecărui parametru.

Așa cum s-a arătat în secțiunea 1 a acestui Ghid, energia electrică este o materie primă, însă una neuzuală deoarece ea se consumă imediat ce a fost generată și nu poate face obiectul unui control de calitate înainte de utilizare. Cunoașterea nivelului real al calității energiei electrice livrate de furnizor este vitală pentru orice sistem global de management al calității.

## Beneficiile monitorizării continue

În multe „aplicații critice”, guvernamentale, militare, financiare și comerciale, calculatoarele funcționează 24 ore pe zi, 365 zile pe an. Aceste calculatoare vitale pot efectua sarcini diverse precum coordonarea aterizării navei spațiale sau procesarea unor tranzacții de milioane de Euro. În consecință, proprietarii și operatorii acestor sisteme fac investiții semnificative în infrastructura acestora pentru a preveni distrugerea sau întreruperea. Astfel, orice centru de calcul important are un UPS mare și un generator de rezervă pentru sistemul de alimentare cu energie electrică, care intervine la căderea rețelei electrice de distribuție. Scopul este unul simplu, să obțină continuitate sau o disponibilitate a rețelei electrice cât mai aproape de 100% (principiile privind unui proiect rezilient sunt discutate în detaliu în Secțiunea 4 a acestui Ghid).

# *Mentenanța Predictivă - Cheia pentru Calitatea Energiei Electrice*

---

Monitorizarea continuă a alimentării cu energie electrică este o parte integrată a oricărui program de management proactiv. Ea aduce multe beneficii dintre care:

- Asigură o înregistrare a istoriei calității energiei electrice permițând identificarea tendințelor – cum ar fi o creștere a numărului sau amplitudinii golurilor sau creșterea nivelului armonicilor – ceea ce poate fi utilizat pentru programarea mentenanței preventive. Eliminarea întreruperilor neplanificate aduce un important beneficiu financiar, de exemplu, în cazul operațiilor din centrele de calcul sau al operațiunilor financiare. Tehnicile predictive asigură informația necesară pentru a obține „continuitate” maximă.
- Asigură informații pentru determinarea încărcării transformatoarelor existente și a alimentărilor de rezervă și pentru planificarea dezvoltărilor viitoare. Informațiile sunt necesare pentru a determina dacă trebuie efectuate investiții în zonele cele mai apropiate.
- Personalul de decizie poate fi alertat imediat dacă este detectată o problemă în sistemul de energie electrică prin utilizarea alarmelor sau prin trimiterea de mesaje la pagere sau pe ecranele PC. Notificarea imediată permite să se acționeze pentru izolarea problemelor sau a preveni un efect în lanț care ar putea periclita toate echipamentele.
- Armonicile trebuie să fie monitorizate în mod continuu pentru a fi siguri că, în timp, creșterea sarcinii nu va determina o încălzire excesivă, care poate conduce la o defectare prematură a transformatoarelor, conductoarelor și întreruptoarelor.
- Monitorizarea continuă asigură datele necesare pentru efectuarea unei analize post-avarie a unor incidente cu perturbarea alimentării. Aceste date sunt necesare pentru a stabili cum și unde s-au produs evenimente, înțelegerea modului în care acestea pot fi evitate în viitor și cum pot fi limitate efectele.

Utilizatorii pot de asemenea, culege beneficii din monitorizarea continuă a infrastructurii. Unii utilizatori montează în prezent instrumente de monitorizare a energiei electrice în sistemele lor de distribuție pentru a îmbunătăți eficiența operațională. S-au realizat, de asemenea, programe de monitorizare proactivă a calității energiei electrice în beneficiul clienților, fie ca o parte a contractului de furnizare a energiei electrice, fie pentru creșterea clientelei.

## **Compararea datelor istorice**

Un program de mentenanță predictivă poate fi realizat prin instalarea de sisteme de monitorizare în locații critice. Fiecare sistem de monitorizare asigură supravegherea pentru o perioadă de funcționare rațională ca de exemplu, o săptămână sau o lună. Când perioada de monitorizare s-a încheiat, datele se descarcă și se salvează, iar sistemul de monitorizare este resetat automat pentru a efectua o altă supraveghere pentru altă săptămână sau lună. Fiecare bază de date obținută prin supraveghere este arhivată și bazele de date sunt periodic comparate. Multiplele baze de date colectate pe perioade lungi de timp (de regulă un an sau mai mult) oferă inginerilor o istorie completă cu privire la energia electrică furnizată întreprinderii. Prin urmărirea continuă a variațiilor în bazele pentru o săptămână sau o lună, sunt evidențiate foarte clar apariția unor condiții noi sau a unor deteriorări. Creșterea numărului de evenimente, amplitudinea evenimentului sau apariția unor noi tipuri de evenimente vor indica existența unor probleme potențiale. Instrumentele care utilizează praguri de setare achiziționează evenimentele “prin excepție” – evenimentele sunt înregistrate numai dacă ele sunt suficient de mari pentru a fi în afara pragurilor. Aceste instrumente nu pot fi folosite într-un program de mentenanță predictivă. Ele pot fi folosite numai pentru efectuarea analizei post-avarie a evenimentelor deosebite.

Diferența fundamentală între “monitorizarea completă” și abordarea tradițională cu praguri este prezentată în figura 1.

Fixarea pragurilor crează zone moarte de măsurare în interiorul curbei de goluri admisibile.

Evenimentele în interiorul acestor zone – evenimente care nu sunt acum importante, dar pot cuprinde indicații pentru probleme viitoare – vor lipsi complet. Monitorizarea completă folosește limite înguste adaptive, colectând toate evenimentele și stabilind o bază de date exactă pentru o comparație viitoare.

## Mentenanța Predictivă - Cheia pentru Calitatea Energiei Electrice

Obiectivul unei strategii de monitorizare completă a energiei electrice este de a îmbunătăți disponibilitatea sau continuitatea. Achiziția datelor este doar prima parte a acțiunii; următorul pas este de a o transforma într-o informație care este utilă pentru a descrie performanța sistemului astfel încât să se poată acționa pentru a asigura disponibilitatea viitoare. Această analiză este asigurată de un software nou care se rulează pe un calculator personal.

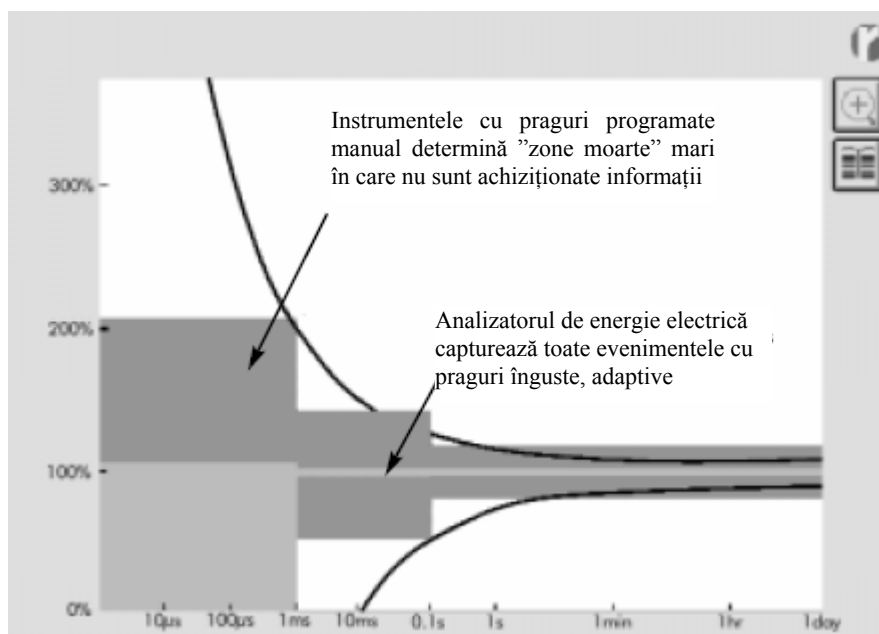


Fig. 1 – Monitorizarea completă versus achiziția cu praguri

### Indicator de calitate a energiei electrice

Calitatea energiei electrice nu este un concept simplu; nu este un singur parametru descriptor, astfel că este dificil de a defini repede o variație. Una din inovații este de a introduce un "indicator de calitate a energiei electrice (*PQI* – *Power Quality Index*)" bazat pe evenimentele cu perturbație de tensiune, printr-un singur număr. Calitatea perfectă este caracterizată de *PQI* egal cu zero (fig.2), evenimentele pe care se bazează fiind raportate față de curba CBEMA pe care este marcat și *PQI* = 100.

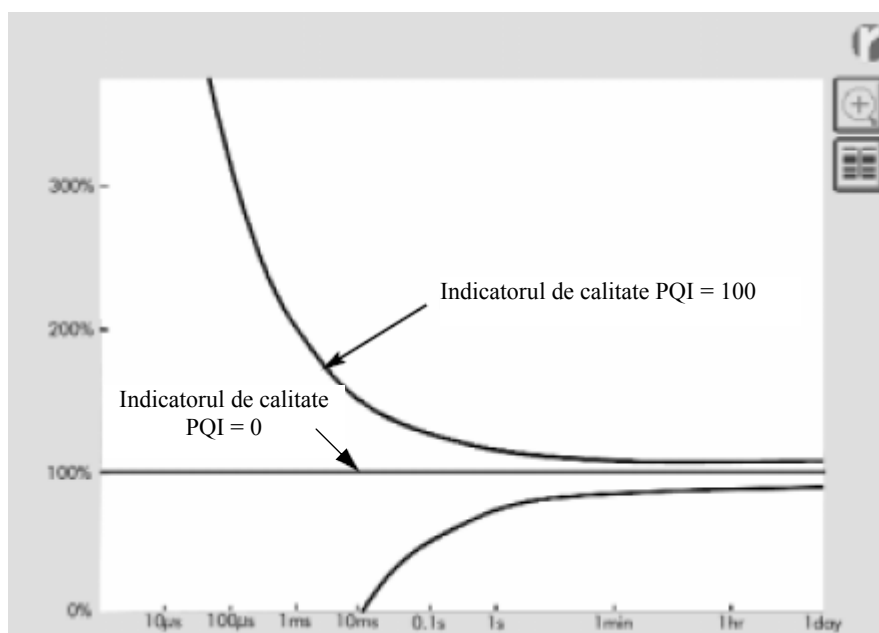


Fig. 2 – Determinarea indicatorului de calitate *PQI*.

## Mentenanța Predictivă - Cheia pentru Calitatea Energiei Electrice

Evenimentele dintre cele două limite și evenimentele plasate în afara curbei, capătă valori proporționale cu distanța față de curbă. Ca indicator PQI pentru nodul respectiv și pentru perioada de monitorizare este dată valoarea efectivă a evenimentelor individuale, împreună cu valoarea maximă a indicatorului PQI pe perioada respectivă. Compararea valorilor PQI pentru o serie de perioade de supraveghere, pentru o anumită locație, permite o apreciere foarte rapidă asupra tendinței calității energiei electrice și în ce direcție trebuie concentrat efortul în viitor.

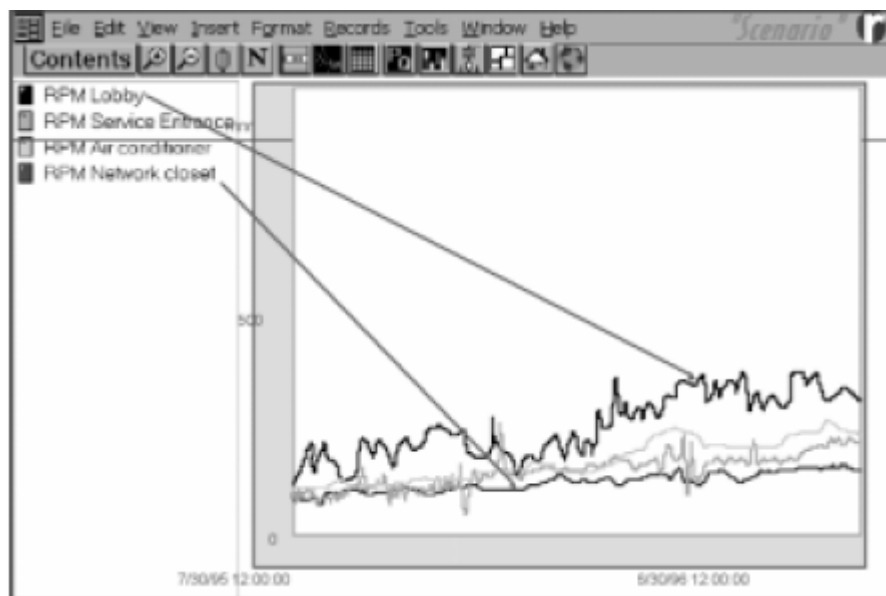


Fig. 3 – Valori înregistrate ale indicatorului de calitate pentru patru locații.

În figura 3 se prezintă valorile efective ale indicatorului de calitate a energiei electrice pentru patru sisteme de monitorizare a calității energiei electrice, instalate în patru locații dintr-o întreprindere. Valorile indicatorului PQI arată locul unde calitatea energiei electrice este deteriorată (indicatorul crește) și unde indicatorul de calitate a energiei electrice este îmbunătățit (indicatorul scade) sau dacă rezultă o calitate fluctuantă a energiei electrice. În acest exemplu, indicatorul pentru sistemul de monitorizare instalat în “Network Closet” arată cea mai stabilă situație energetică, în timp ce indicatorul pentru “Lobby monitor” crește cu panta cea mai mare și fluctuațiile sunt în banda cea mai largă. Se evidențiază care dintre puncte au cea mai proastă calitate a energiei electrice în raport cu celelalte și merită să fie investigate mai întâi. Dacă indicatorul va continua să crească, această locație va suferi inevitabil unele consecințe nedorite. După orice acțiune care se va lua pentru a corecta situația, indicatorul PQI trebuie să înceapă să scadă. Deci, indicatorul PQI are acțiune atât predictivă prin aceea că permite identificarea problemelor care se intensifică cât și retrospectivă prin aceea că confirmă eficiența măsurilor luate.

Așa cum este prezentat în Secțiunea 5.1 sunt utilizate diferite curbe caracteristice incluzând CBEMA, ITIC și ANSI. Monitorizarea completă permite utilizarea oricăreia dintre aceste curbe sau o versiune special editată pentru oricare dintre ele.

### Prelucrarea datelor

Software-ul asigură instrumentele care permit utilizatorului să adâncească în continuare analiza datelor care determină indicatorul. Aceste instrumente oferă o mare flexibilitate prin aceea că permite utilizatorului să compare și să evalueze tendința oricărui parametru în funcție de orice alt parametru, să compare datele dintr-o locație cu cele din altă locație, sau să compare datele aferente unei perioade de monitorizare cu cele aferente altei perioade. Utilizatorul poate, de asemenea, să extragă orice aspect particular al datelor. În figura 4 este indicată o reprezentare a valorilor efective ale indicatorului pentru “Service Entrance monitor” împreună cu valoarea maximă a indicatorului în cazul celui mai amplu eveniment (de notat că datele pentru alte locații au fost eliminate și nu sunt incluse în reprezentare). Unele valori ale indicatorului sunt semnificative. De exemplu, întreruperile au indicatori aproape de 1000 deoarece distanța de la tensiunea nominală la tensiunea 0% comparată cu distanța de la valoarea nominală la curbă este aproape zece la unu. În realitate nu ar fi posibil să se obțină supratensiuni de 10 ori tensiunea nominală, cu durate de câteva secunde sau mai mare.

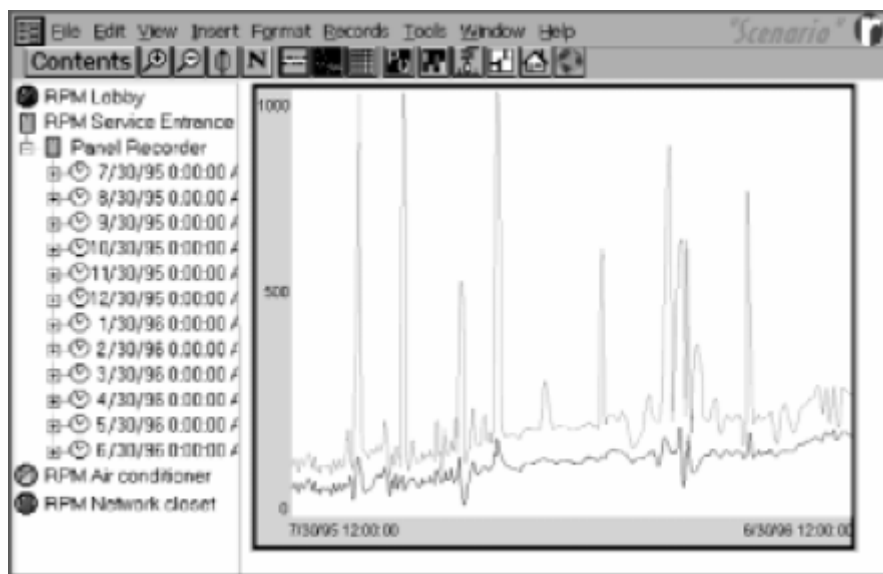


Fig. 4 – Indicatorul de calitate PQL, valori efective și valori maxime.

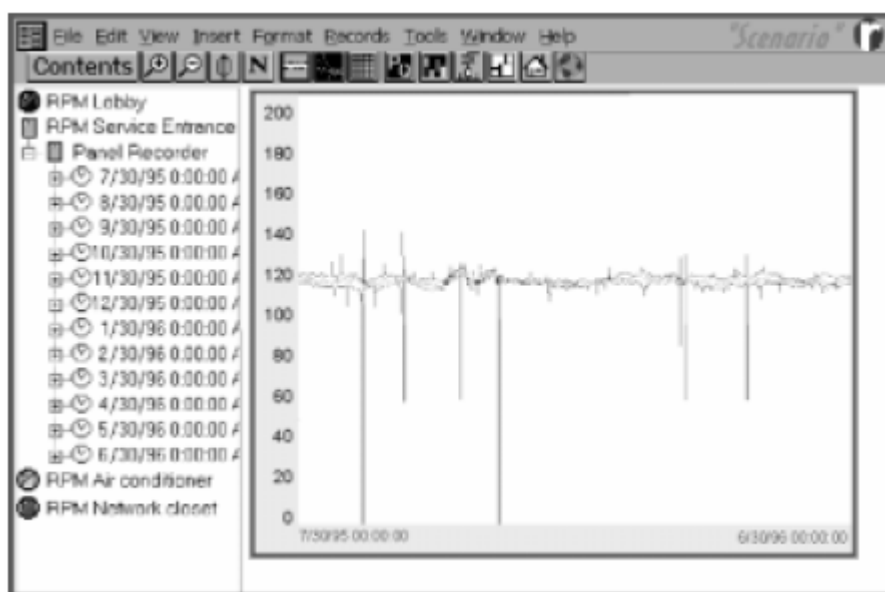


Fig. 5 – Curba istorică a tensiunii efective.

În figura 5 este reprezentată istoriograma valorilor efective ale tensiunii înregistrată pe o perioadă de un an în douăsprezece intervale de monitorizare separate pe câte o lună; toate înregistrările individuale s-au cumulat pentru a permite o reprezentare continuă.

### Tendențe evidențiate

Urmărirea evoluției indicatorului este una din metodele de evidențiere a deteriorărilor sau de îmbunătățire a calității energiei electrice. O altă abordare este de marcarea a fiecărui eveniment pe o curbă de valori admisibile (ca de exemplu, CBEMA) și reducerea luminozității grafice a evenimentelor odată cu trecerea timpului (fig. 6). Umbrirea (the shading) permite să se vadă mai ușor dacă evenimentele merg spre mai rău sau mai bine. În acest exemplu există un efect de “migrare” în regiunea secundelor arătând că, căderile de tensiune devin constant o problemă care se agravează în timp. Mulțimea de evenimente având margini mai luminoase decât interiorul indică o regiune unde problemele se extind. Dacă centrul mulțimii de evenimente este mai luminos, problemele sunt consolidate în zonă.

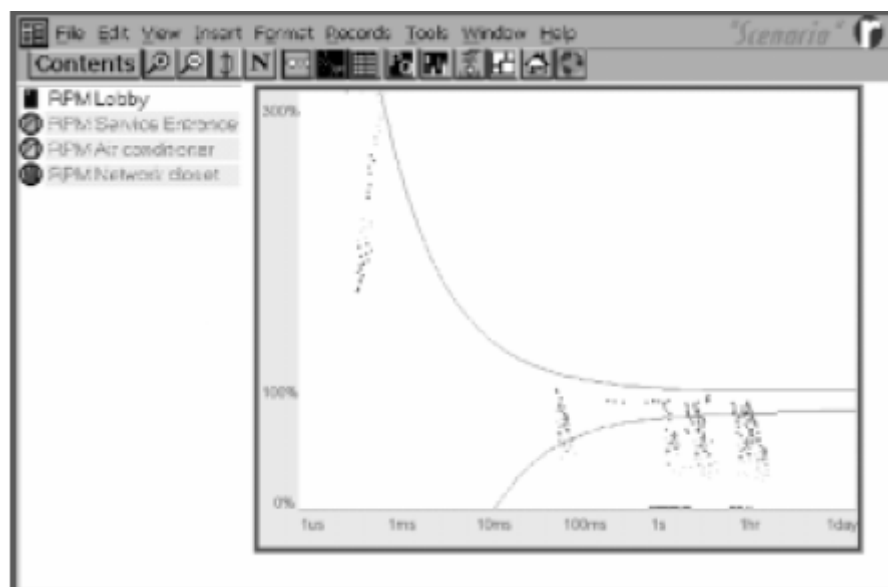


Fig. 6 – Curbă cu valori admisibile și evenimente umbrite (shaded events).

## Concluzii

Monitorizarea completă, combinată cu posibilitățile unui software puternic permit stabilirea condițiilor de bază ale rețelei electrice și să ofere datele pentru comparații pe termen scurt și lung. Aceasta permite utilizarea lor pentru mentenanța preventivă, semnalarea unor incidente incipiente înainte ca avaria să apară în rețeaua de distribuție și oferă informația necesară pentru realizarea unei continuități ideale (zero timp de întrerupere).

## 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](mailto:mail@copperbenelux.org)  
Web: [www.copperbenelux.org](http://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](mailto:copperdev@compuserve.com)  
Webs: [www.cda.org.uk](http://www.cda.org.uk) & [www.brass.org](http://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](mailto:sfassbinder@kupferinstitut.de)  
Web: [www.kupferinstitut.de](http://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](mailto:info@ecd.it)  
Web [www.ecd.it](http://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](mailto:eci@eurocopper.org)  
Web: [www.eurocopper.org](http://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](mailto: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](mailto: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](mailto:ist-rame@wirednet.it)  
Web: [www.iir.it](http://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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto:i8@elektryk.ie.pwr.wroc.pl)

Contact: Prof Dr H Markiewicz



*David Bradley*



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](mailto:systems@rhopoint.co.uk)  
Website: [www.rhopoint.co.uk/systems](http://www.rhopoint.co.uk/systems)



Membră a  
EUREL

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](mailto:office@sier.ro)  
Websites: [www.sier.ro](http://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](mailto:eci@eurocopper.org)  
Website: [www.eurocopper.org](http://www.eurocopper.org)