

Calitatea și Utilizarea Energiei Electrice - Ghid de Aplicare

Introducere

1.5 Calitatea energiei electrice în întreprinderile cu activitate continuă



Introducere

Calitatea energiei electrice în întreprinderile cu activitate continuă

M Stephens
Epri
Martie 2007

**Leonardo
ENERGY**



Leonardo ENERGY este o inițiativă administrată de către European Copper Institute, respectiv de către propria sa rețea europeană, compusă din unsprezece centre, care au drept scop crearea de centre de informare utile proiectanților, inginerilor, contractorilor, arhitecților, directorilor/managerilor generali, profesorilor și studenților, care sunt implicați, profesional sau în orice alt mod, în domeniul electroenergetic. Prin intermediul a numeroase proiecte, inclusiv proiectul premiat Leonard Power Quality Initiative, peste 130 de parteneri din mediul academic și industrial de elită sunt implicați alături de Leonardo ENERGY. Website-ul www.leonardoenergy.org furnizează o serie de biblioteci virtuale care se referă la un domeniu larg de tematici cu privire la energia electrică, furnizând utilizatorilor, în mod regulat, articole de ultimă oră, note/documente aplicative, articole tip "briefing", rapoarte, precum și școlarizare interactivă.

europa
COPPER
institute

European Copper Institute (ECI)

European Copper Institute este un joint venture între companiile miniere internaționale (reprezentate de către International Copper Association, Ltd. (ICA) și industria europeană de cupru. 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 unsprezece Copper Development Association („CDAs”) în Benelux, Franța, Germania, Grecia, Ungaria, Italia, Polonia, Rusia, Scandinavia, Spania și Regatul Unit. Este continuatorul eforturilor întreprinse inițial de către Copper Products Development Association, fondată în 1959, respectiv de către INCRA (International Copper Research Association) fondată 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 este implicată 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 **Prof. dr. ing. Nicolae Golovanov**, iar verificarea de către **Dr. ing. Fănică Vatră** și **Dr. ing. Ana Poida**.

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, Epri 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, Epri și Societatea Inginerilor Energeticieni din România.

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



Membră a
EUROPEL

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
Website: 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

Calitatea energiei electrice în întreprinderile cu activitate continuă

Introducere

Sarcinile electrice precum automatele programabile, releele, sursele de alimentare, contactoare, motoare de acționare sunt elemente obișnuite în procesele automatizate ale întreprinderilor cu activitate continuă. Un gol de tensiune determină erori în cadrul procesului care pot conduce rapid la oprirea în cascadă a întregului proces. Durata de întrerupere ce rezultă poate fi costisitoare și poate consta din pierderi de producție. Materialul de față analizează problemele tipice, în cadrul proceselor continue, determinate de golurile de tensiune și propune măsuri economice, efective și validate pentru a „întări” aceste procese.

Un gol de tensiune redus, până la 70% din tensiunea nominală (adică o reducere de 30%), durând mai puțin de 100 milisecunde, poate determina căderea sistemului automat, conducând la pierderi anuale estimate la 10 miliarde euro în Europa. Deși efectele problemelor de calitate a energiei electrice pot fi mai ample pentru procesele din industria mare, soluțiile pentru rezolvarea acestor probleme pot fi scumpe atât pentru utilizatorii finali ai energiei electrice precum și pentru operatorii de rețea, care îi deservesc.

Pentru întreprinderi, soluția completă privind calitatea energiei electrice poate costa între 388 și 1165 euro pentru fiecare kilowatt (kW), excluzând instalarea. Pentru operatorii de rețea, reproiectarea rețelei de distribuție sau realizarea unor noi investiții în infrastructura rețelei de furnizare, pot conduce la costuri prohibitive.

Din fericire, sistemele automatizate pot fi făcute mai robuste relativ la golurile de tensiune prin utilizarea unor tehnici adecvate de proiectare a sistemelor electrice hard și soft. Aceste tehnici includ identificarea tipurilor particulare ale perturbațiilor electrice probabil să apară la o anumită întreprindere, stabilirea componentelor și echipamentelor susceptibile la aceste perturbații și apoi concentrarea asupra acestor elemente sensibile, fie prin înlocuirea acestora cu altele mai robuste, fie prin protecția lor.

Aspecte principale privind golurile de tensiune

Pentru început, pentru a înțelege modul în care echipamentul automatizat este sensibil la aceste fenomene, este important să se înțeleagă ce este un gol de tensiune. Întreprinderile industriale consideră, de cele mai multe ori incorect, faptul că toate evenimentele, care afectează echipamentul electric, sunt „suprasolicitări” și conduc la întreruperi și pot să apară pe durata descărcărilor sub formă de trăsnet. Deși pot să apară supratensiuni, cele mai frecvente plângeri ale utilizatorilor industriali se referă la reducerea de scurtă durată a tensiunii (golurile de tensiune). Aceste evenimente pot să apară, în mod obișnuit, atunci când rezultă un defect fază-pământ în rețeaua operatorului de distribuție, datorită condițiilor meteorologice, arborilor sau animalelor. Golurile de tensiune sunt descrise prin tensiunea remanentă și durata lor, așa cum este indicat în figura 1. Tensiunea remanentă, observată de către întreprindere, este determinată de amplitudinea curentului electric de defect, puterea de scurtcircuit a rețelei și cât de apropiate sunt instalațiile utilizatorului de locul de defect. Durata evenimentului depinde de durata de eliminare a defectului de către întreruptoarele din rețeaua operatorului de sistem. Atunci când un gol de tensiune determină căderea unui echipament sau o funcționare anormală în condițiile unei funcționări normale a sistemului energetic, respectivul echipament nu este compatibil cu mediul electric sau are un sistem inadecvat de compatibilitate.

În mod obișnuit, durata unui gol de tensiune poate fi de la 10 milisecunde la mai puțin de 1 secundă, în funcție modul de alimentare a întreprinderii, din sistemul de transport, care este ceva mai rigid, sau din sistemul de distribuție, care nu poate alimenta un curent electric de scurtcircuit mare.

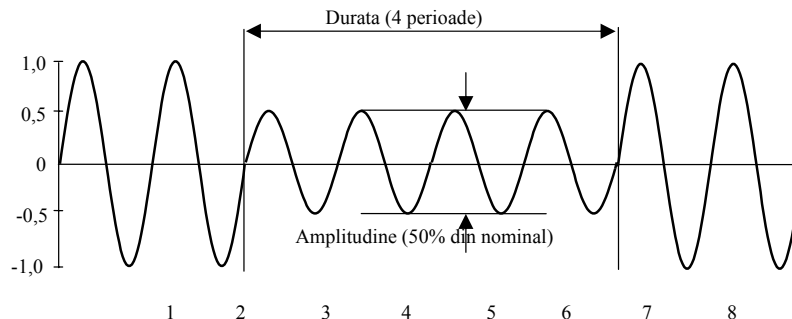


Figura 1 – Golurile de tensiune sunt descrise de tensiunea remanentă și durată.

Calitatea energiei electrice în întreprinderile cu activitate continuă

Cât de frecvent apar golurile de tensiune?

Au fost efectuate studii, în Europa și în Statele Unite ale Americii, pentru a cuantifica frecvența și caracteristicile golurilor de tensiune. Unele dintre aceste studii sunt prezentate în continuare. Analiza acestor rezultate, mai ales a aspectelor comune, permite înțelegerea situațiilor tipice.

Studiul EPRI privind calitatea energiei electrice în rețele de distribuție

În anul 1990, EPRI a inițiat proiectul DPQ pentru a monitoriza calitatea energiei electrice la nivelul rețelei de distribuție. Au fost monitorizați 24 operatori de distribuție, în aproape 300 amplasamente, pentru un interval de timp de circa 2 ani [1]. Datele obținute au fost clasificate și analizate pentru a realiza o bază de date privind calitatea energiei electrice în rețelele de distribuție din USA.

Tensiunea remanentă	10 - 100 ms	100- 500 ms	500 ms - 1 s	1s - 3 s	3s - 20 s	20 s - 60 s
70-90%	42%	22%	3%	1%	0%	0%
40-70%	10%	7%	1%	0%	0%	0%
10-40%	2%	1%	0%	0%	0%	0%
0% (întrerupere)	1%	2%	1%	3%	2%	0%

Tabelul 1 – Matricea golurilor de tensiune pentru proiectul DPQ al EPRI: Toate cele 277 amplasamente, pe baza evenimentelor pe amplasament și an (59,32 total evenimente pe amplasament și an, cu durata între 10 ms și 60 s)

Analiza operatorului norvegian EFI

Institutul Norvegian de Cercetări în domeniul Energetic, EFI (redenumit recent Institutul de Cercetări în domeniul Energiei SINTEF) a măsurat goluri de tensiune și alte perturbații în peste 400 amplasamente în Norvegia. Majoritatea (379) dintre amplasamente au fost la joasă tensiune (230 V și 400 V), 39 dintre acestea au fost la tensiunea de distribuție și celelalte la diferite niveluri de tensiune [2]. Deoarece datele privind joasa tensiune sunt cele mai relevante privind condițiile din interiorul unei întreprinderi, acestea sunt prezentate mai jos.

Tensiunea remanentă	10 - 100 ms	100- 500 ms	500 ms - 1 s	1s - 3 s	3s - 20 s	20 s - 60 s
70-90%	32%	6%	21%	4%	1%	1%
40-70%	10%	2%	1%	0%	0%	0%
10-40%	8%	2%	0%	0%	0%	0%
0% (întrerupere)	1%	1%	0%	1%	1%	8%

Tabelul 2 – Matricea golurilor de tensiune pentru datele operatorului EFI: Toate rețelele de joasă tensiune, pe baza evenimentelor pe amplasament și an (74,7 total evenimente sub formă de goluri de tensiune, pe amplasament și an, cu durate între 10 ms și 60 s)

Analiza DISDIP UNPEDE

Comitetul de Studii pentru rețeaua de distribuție a UNPEDE a numit un grup de experți, DISDIP, pentru a stabili frecvența de apariție și nivelul golurilor de tensiune precum și a întreruperilor de scurtă durată în rețelele publice de alimentare cu energie electrică. Grupul a organizat o serie coordonată de măsurători în 9 țări (Austria, Franța, Germania, Italia, Olanda, Norvegia, Suedia, Elveția și Marea Britanie) pentru a obține informații statistice în peste 80 sisteme-an a măsurătorilor cuprinzând o largă paletă de condiții geografice și de mediu [3].

Tensiunea remanentă	10 - 100 ms	100- 500 ms	500 ms - 1 s	1s - 3 s	3s - 20 s	20 s - 60 s
70-90%	27%	27%	3%	1%	0%	0%
40-70%	3%	15%	1%	0%	0%	0%
10-40%	0%	6%	1%	0%	0%	0%
0% (întrerupere)	0%	3%	7%	1%	1%	2%

Tabelul 3 – Datele ale DISDIP UNPEDE: toate amplasamentele, pe baza evenimentelor pe amplasament și an (84,6 total evenimente sub formă de goluri de tensiune pe amplasament și an, cu durate cuprinse între 10 ms și 60 s)

Calitatea energiei electrice în întreprinderile cu activitate continuă

Măsurătorile au fost efectuate în 85 amplasamente din rețeaua de medie tensiune. Dintre aceste, 33 amplasamente s-au referit la rețele în cablu și 52 în rețelele mixte în cablu și aerian.

Datele privind golurile de tensiune, din studiile DPQ, EFI și DISDIP sunt rezumate în tabelele 1 până la 3, pentru toate evenimentele cu durată între 10 milisecunde și 60 secunde. Datele sunt prezentate ca procent relativ la evenimentele care corespund unei anumite categorii, astfel încât este posibilă compararea unor mărimi similare.

Din datele din tabelele 1 până la 3 (rezumate în tabelul 4) se poate observa faptul că cele mai multe evenimente au o durată mai mică de o secundă. Acest fapt va fi discutat în această lucrare. Condiționerele de rețea, fără baterie de acumuloare, pot acoperi aceste evenimente, de această durată, fără necesitatea întreținerii și a problemelor de mediu care apar în mod obișnuit la sistemele uzuale UPS. Experiența arată că cele mai întâlnite sisteme de control neprotejate pot, în mod obișnuit, să rămână în funcțiune dacă tensiunea remanentă este peste 70% din valoarea nominală (durata o secundă). În tabelul 4 se indică faptul că o pondere semnificativă a golurilor de tensiune, cu o tensiune remanentă sub 70% și o durată sub o secundă au o tensiune remanentă de 40% sau mai mult. Astfel că, dacă prin strategie se realizează echipamente „robuste” care să rămână în funcțiune la evenimente cu tensiune remanentă de 40% cu durată sub o secundă, multe întreruperi vor fi evitate și numai 8 până la 17% dintre evenimente vor determina o posibilă deconectare.

Un amplasament tipic va avea 59 până la 84,6 evenimente care au o durată între 10 milisecunde și 60 secunde. Acestea sunt luate în considerație pentru a asigura reducerea, la 50% până la 30% , a numărului evenimentelor care vor determina o posibilă deconectare.

Studiul	< 1 s	< 70% și < 1 s	< 40 % și < 1 s
DPQ	93%	26%	8%
EFI	84%	25%	12%
DISDIP	94%	36%	17%

Tabelul 4 – Comparație între datele DPQ, EFI și UNIPEDA (pentru evenimentele cu o durată între 10 ms și 60 s)

Standarde privind golurile de tensiune

Există diferite „standarde” importante care pot fi utilizate pentru a defini reziliența echipamentelor și a componentelor la goluri de tensiune. În principiu, aceste standarde se prezintă sub forma valorilor tensiune remanentă/timp care indică limita de separație între funcționarea normală – domeniul de deasupra liniei – și funcționarea anormală – sub această linie. Curba originală a fost elaborată, pentru început în anii 1980 de către CBEMA, în prezent Consiliul pentru Industria Tehnologiei Informatice (ITIC), și reprezintă de facto performanța necesară a rețelei electrice de alimentare. Mai recent aceasta a fost simplificată și modificată. Deși sunt, în foarte mare măsură, acceptate aceste curbe nu reprezintă standarde în toate cazurile. Acestea sunt numai o reprezentare obișnuită a ceea ce reprezintă cerințele rezonabile privind echipamentele și, prin extensie, ceea ce se poate cere de la sursa de alimentare – deși elaboratorii inițiali ai curbelor au exclus, în mod expres, utilizarea lor ca specificație pentru orice alt echipament sau pentru proiectarea rețelei de alimentare. Cu toate acestea, cele mai multe echipamente de monitorizare a calității energiei electrice pot să suprapună datele înregistrate peste curbele standard.

Trebuie remarcat faptul că toate aceste standarde descriu, de asemenea, limitele tensiune/timp pentru supratensiuni și fenomene tranzitorii. Totuși, în legătură cu golurile de tensiune, pentru această analiză, este relevantă numai limita privind reducerile de tensiune.

În practică, este nerealist a prezenta această curbă ca un standard de proiectare – echipamentul care poate să reziste la limitele ITIC nu va rezista la toate golurile de tensiune din sistemul de alimentare. Standardul SEMI F47, lansat inițial în februarie 2000, este mai restrictiv în raport cu curba ITIC. A fost elaborat ca normă de încercare pentru echipamentele utilizate în industria de semiconductoare. Această industrie este foarte sensibilă la căderi de tensiune, iar prevederile standardelor urmează a determina proiectarea unor echipamente mai robuste, care să fie mai puțin susceptibile la golurile de tensiune. Implementarea standardului SEMI F47 a condus la o largă disponibilitate a echipamentelor mai robuste pentru producția de semiconductoare și a echipamentelor suport corespunzătoare. Standardul SEMI F47 este, de asemenea, aplicat în alte industrii sensibile, precum industriile de automobile și cele de procesare a alimentelor.

Standardul SEMI F47-0706 a fost revizuit în iulie 2007 pentru a încorpora cunoștințele acumulate pe durata de 6 ani de încercări de conformitate și este mai apropiat de standardele CEI 61000-4-11 și CEI 61000-4-34.

Calitatea energiei electrice în întreprinderile cu activitate continuă

Cerințele standardului SEMI F47-0706 sunt indicate în tabelul 5.

Goluri de tensiune ¹	Durata la 50 Hz	Durata la 60 Hz
50%	10 perioade	12 perioade
70%	25 perioade	30 perioade
80%	50 perioade	60 perioade

Tabelul 5 – Valorile de încercare ale standardului SEMI F47-0706 (numai pentru goluri de tensiune pe fază și între două faze)

Standardele CEI 61000-4-11 și CEI 61000-4-34 sunt standarde privind încercarea la goluri de tensiune și la întreruperi de scurtă durată pentru echipamente cu curent electric normal sub 16 A și respectiv peste 16 A. Prevederile acestor standarde sunt funcție de clasa echipamentului luat în considerație și sunt indicate în tabelul 6.

Clasa ^a	Nivelul tensiunii de încercare și a duratei golului (lor) de tensiune (50 Hz / 60 Hz)				
Clasa 1	De la caz la caz în conformitate cu cerințele echipamentului				
Clasa 2	0 % pe durata unei jumătăți de perioadă	0 % pe durata unei perioade	70% pe durata a 25 / 30 ^c perioade		
Clasa 3	0 % pe durata unei jumătăți de perioadă	0 % pe durata unei perioade	40 % pe durata a 10 / 12 ^c perioade	70 % pe durata a 25/30 ^c perioade	80 % pe durata a 250/300 ^c perioade
Clasa X ^b	X	X	X	X	X

Tabelul 6 – Niveluri de încercare și durate preferate pentru golurile de tensiune (CEI 61000-4-11, CEI 61000-4-34)

Note privind tabelul 6:

- a Clase conform standardului CEI 61000-2-4, Anexa B
- b Pentru a fi definite de către comitetul de produs. Pentru echipamentele conectate direct sau indirect la rețeaua electrică publică, nivelurile nu trebuie să fie mai puțin severe față de cele din clasa 2.
- c 25/30 perioade reprezintă 25 perioade la încercările la 50 Hz și 30 perioade la încercările la 60 Hz.

Comparând cu prevederile standardului SEMI F47, cea mai severă valoare de încercare pentru goluri de tensiune la 10 perioade (la 50 Hz) este de 40 % din valoarea nominală față de 50 % din valoarea nominală în cazul standardului SEMI F47 și valoarea de încercare la întreruperi de scurtă și de lungă durată (la 1/2, 1 și 250 perioade) are cerințe cam la fel ca cele recomandate. Atunci când standardele CEI au fost adoptate de către CENELEC drept standarde EN, acestea au primit împuternicire pentru echipamentele de pe piața CE și oferite pentru vânzare în Uniunea Europeană. De asemenea, standardul CEI 61000-4-11 a fost adoptat ca standard CENELEC EN 61000-4-11 și conformitatea sa este cerută în Europa. CIGRE și CIRED au format un grup de lucru comun pentru a lua în considerare aplicabilitatea standardelor actuale CEI privind golurile de tensiune și a metodelor propuse pentru încercare (a se vedea www.jwgc4-110.org). Acest grup de lucru urmează a face recomandări la CEI privind revizuirea standardelor privind golurile de tensiune. În acest moment nu este clar dacă standardul CEI 61000-4-34 va fi adoptat de către CENELEC.

Efectele golurilor de tensiune asupra echipamentelor industriale cu activitate continuă

În afara unor cerințe care se transmit clienților lor, cei mai mulți dintre proiectanții de echipamente și producători nu dau o suficientă atenție mediului electric în care produsele lor sunt utilizate. Cele mai multe dintre echipamente sunt proiectate să lucreze în condiții normale de funcționare ale sistemului energetic, cu o abatere admisă în mod normal, pe lungă durată, a tensiunii.

Perturbațiile electrice uzuale pot afecta negativ echipamentele de proces. Golurile de tensiune pot determina funcționarea necorespunzătoare a tuturor tipurilor de echipamente; nu numai a echipamentelor sensibile ca automatele programabile (PLC), dar și a echipamentelor electromecanice nesofisticate, precum simple rele de comandă, care pot afecta funcționarea elementelor circuitelor de securitate.

¹ Se definește amplitudinea unui gol de tensiune, valoarea în procente a tensiunii remanente în raport cu tensiunea nominală. De exemplu, pe durata unui gol de tensiune de 70 % într-un sistem cu tensiunea nominală de 200 V, tensiunea pe durata evenimentului este redusă la 140 V (nu la 60 V).

Calitatea energiei electrice în întreprinderile cu activitate continuă

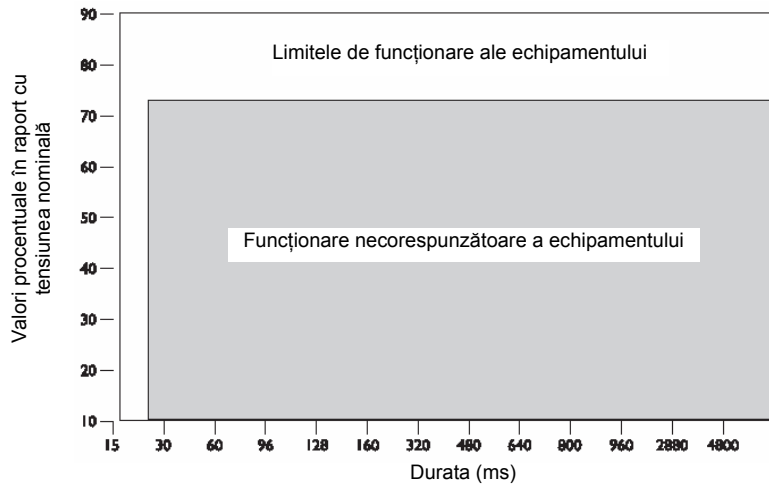


Figura 2 - Curba de toleranță la goluri pentru unități PLC sensibile.

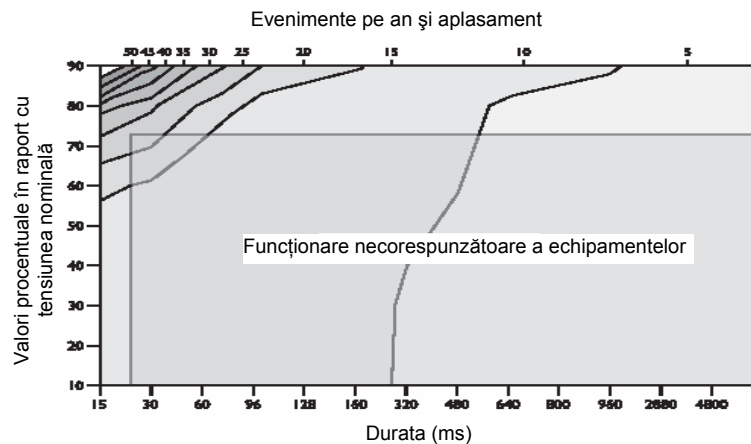


Figura 3 - Curba de toleranță la goluri stabilită de graficul de contur al golurilor de tensiune.

Toleranța echipamentelor de proces este, de multe ori, ilustrată utilizând așa numită curbă de toleranță la goluri, precum se observă în figura 2 pentru PLC. Suprafața de sub curbă reprezintă aria în care golurile de tensiune determină o funcționare necorespunzătoare a PLC.

Un grafic coordonat poate fi obținut prin analiza datelor privind calitatea energiei electrice pentru un amplasament dat. Fiecare gol de tensiune este înscris în grafic în funcție de tensiunea sa remanentă și durata sa. Așa cum este prezentat în standardul IEEE 1346, anexa D, liniile de contur pot fi trasate pentru a reprezenta numărul de evenimente care pot să apară [4]. Dacă curba de toleranță la goluri este suprapusă peste graficul coordonat (figura 3), se poate trage concluzia privind numărul intervalelor de timp, într-un an, în care PLC poate avea o funcționare necorespunzătoare. De exemplu, la suprapunerea curbei de toleranță peste aria graficului coordonat sunt indicate aproximativ 25 evenimente pe an, fiecare dintre acestea este posibil să determine o funcționare necorespunzătoare.

Calitatea energiei electrice în întreprinderile cu activitate continuă

Pe durata unui gol de tensiune energia disponibilă pentru sarcină se reduce și dacă nu se iau măsuri de corectare, poate să apară o funcționare necorespunzătoare. Există diferite strategii pentru limitarea efectelor golurilor de tensiune incluzând:

- ◆ Condiționare de rețea de putere mare, precum compensatoare statice serie (SSC) și surse de intervenție cu stocare, care pot să asigure protecția întregii întreprinderi. Costul acestor soluții este foarte ridicat și cheltuielile de capital pot fi cu greu justificate pentru multe întreprinderi.
- ◆ Condiționare de rețea, de putere adecvată și plasate strategic, pot fi utilizate pentru a proteja un proces sau elemente individuale ale echipamentului.
- ◆ Echipamentul de proces existent poate fi protejat, la nivelul de comandă, prin utilizarea de condiționare de rețea de putere redusă;
- ◆ Echipamentul poate fi realizat imun la golurile cu o valoare limitată a tensiunilor remanente și a duratelor, printr-o proiectare corespunzătoare, utilizarea de componente robuste și/sau prin modificarea tehnicilor de programare.

Fiecare dintre aceste strategii pentru extinderea limitelor de funcționare ale echipamentului - începând de la implementarea unor soluții la scară macro, la nivelul sistemelor de transport și distribuție, până la nivelul echipamentului - au avantajele și dezavantajele lor. De exemplu, soluțiile la nivelul operatorului de rețea pot fi foarte ample, dar necesită numai cunoștințe limitate privind răspunsul de detaliu al echipamentului în întreprindere. Soluțiile aplicate la nivelul echipamentului necesită cunoștințe ample privind fiecare element al echipamentului și a interacțiunilor cu altele pentru a determina răspunsul de ansamblu al procesului. Soluțiile implicite conduc la creșterea costului inițial al echipamentului, însă acestea sunt în general acceptate deoarece soluțiile implicite sunt mai eficiente economic în creșterea imunității la golurile de tensiune ale echipamentului. În figura 4 este indicat spectrul soluțiilor în funcție de costul relativ și de profunzimea cunoștințelor necesare.

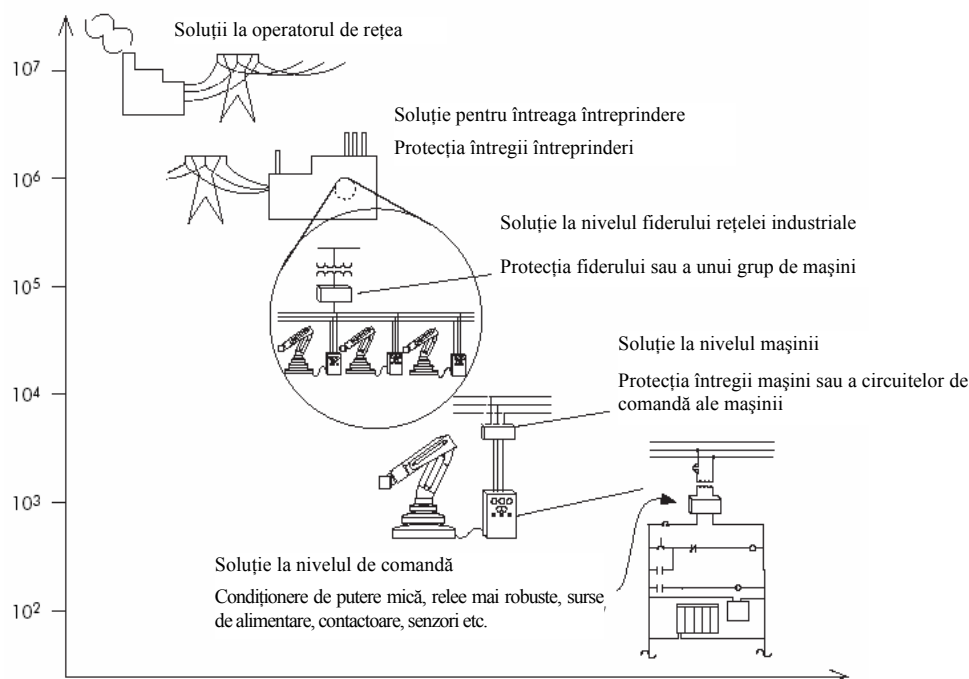


Figura 4 - Costurile relative ale soluțiilor în funcție de cunoștințele privind echipamentul.

Calitatea energiei electrice în întreprinderile cu activitate continuă

În întreprinderile actuale există două soluții uzuale pentru a crește toleranței la goluri de tensiune. Ambele au avantajele și dezavantajele lor relativ la eforturile și costurile legate de instalare, proiectare și management. Cele două soluții se referă la „nivelul de aplicație” și la „nivelul de comandă”.

Soluție la nivelul de aplicație

În cazul soluției la nivelul aplicației se instalează un condiționar de rețea între echipament și rețeaua de alimentare. Utilizând această metodă, poate fi protejat, la goluri de tensiune, întregul proces sau un grup de echipamente ale procesului. În figura 5 se indică exemple de soluții la nivelul de aplicație pentru o singură linie de producție sau pentru un grup de linii de producție.

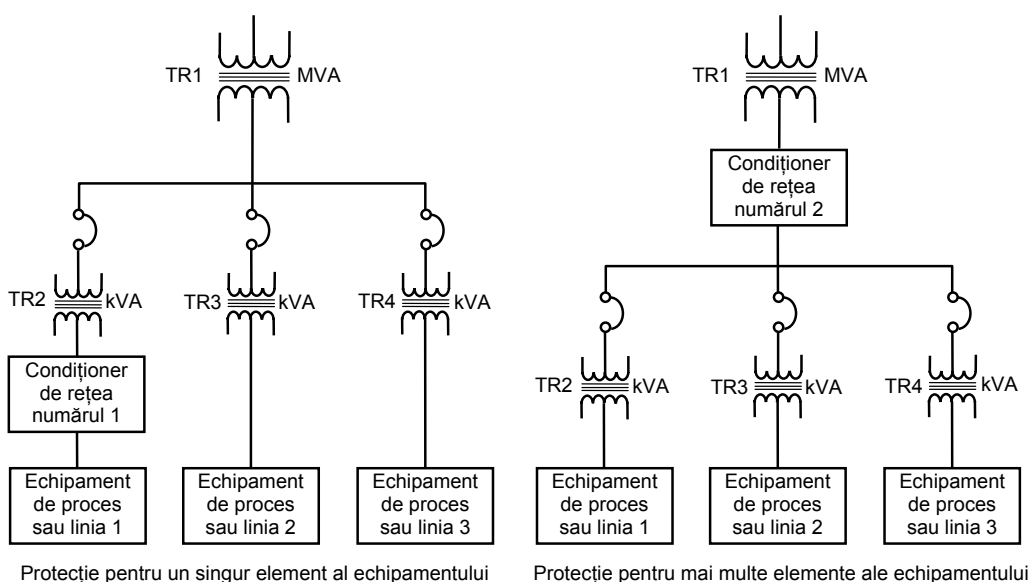


Figura 5 - Exemple de soluții la nivelul aplicației.

Soluții la nivelul de comandă

Soluțiile la nivelul de comandă necesită identificarea acelor componente sau circuite prin care echipamentul de producție este posibil să fie sensibil la golurile de tensiune și protejarea numai a acestei zone. Ideea constă în aceea că procesul se întrerupe din cauza căderii unui singur element sensibil în sistemul de comandă. Studiile efectuate au arătat că o protecție adecvată poate asigura ca echipamentul de producție să rămână în funcțiune la cele mai multe dintre golurile de tensiune [5]. Costul soluțiilor la nivelul echipamentelor de comandă este, în mod tipic, de la 1/10 la 1/20 din costul soluțiilor la nivel de aplicație. Totuși, costul instalației trebuie, de asemenea, să fie luat în considerație, deoarece această soluție poate necesita protecția mai multor circuite din toată zona de producție.

Condiționere de rețea

Condiționerile de rețea sunt proiectate să asigure alimentarea continuă cu energie electrică a sarcinii, în interiorul domeniului de variație a tensiunii normale, pe durata unui gol de tensiune în rețeaua electrică. Energia necesară pentru alimentare poate fi obținută prin creșterea curentului electric pe seama tensiunii remanente sau de la o sursă cu stocare de energie, precum o baterie de acumulatori, o bobină sau un condensator. Dacă se folosește energie stocată, condiționerul de rețea este, de cele mai multe ori, eficient contra întreruperilor de

Calitatea energiei electrice în întreprinderile cu activitate continuă

scurtă durată, în limitele stabilite prin proiect, și de asemenea, contra golurilor de tensiune. Utilizarea acestui tip de condiționar de rețea, într-un număr relativ mare de circuite din cadrul liniei de producție, cu stocare de energie în baterii de acumuloare, de exemplu ca mici UPS, poate antrena probleme legate de mentenanță și, de multe ori, este mai eficient să se utilizeze echipamente pasive de stocare, uneori sub forma unor echipamente de limitare fără baterii de acumuloare (BRTDs - Battery-less Ride-Through Devices).

Pentru multe procese, zona critică o reprezintă circuitele de deconectare în caz de urgență, instrumentația, alimentatoarele la tensiune continuă și energia electrică necesară pentru sistemele de comandă (calculatoare) precum și circuitele lor de intrare/ieșire. De multe ori la alimentarea monofazată există diferite opțiuni pentru creșterea robusteții în zonă. Topologia condiționerelor de rețea selectate este analizată în continuare.

Condiționar de rețea cu condensator încărcat

Un condiționar de rețea cu condensator încărcat este un echipament în așteptare (off-line) care funcționează numai atunci când este detectat un gol de tensiune. Acesta este dimensionat numai pentru sarcina nominală. O baterie de condensatoare este menținută în stare încărcată prin intermediul unui circuit de încărcare de la rețeaua electrică publică. La apariția unui gol de tensiune, circuitul de alimentare este deconectat și sarcina este alimentată de la bateria de condensatoare prin intermediul unui convertor, pe o durată specificată. Durata în care sarcina este alimentată poate fi determinată pe baza puterii absorbite și a energiei stocate în bateria de condensatoare; în mod tipic, aceste unități pot asigura alimentarea sarcinii de la condiționarul de rețea pe o durată până la o secundă. Un condiționar de rețea monofazat tipic, de 1 kVA, costă între 1200 și 1500 Euro.

Condiționar de rețea cu injecție de putere

Acest tip de condiționar de rețea nu are element de stocare. El funcționează prin absorbția unui curent electric de valoare ridicată, de la sursa de tensiune redusă și realizarea unei tensiuni serie în circuitul de alimentare a sarcinii. Este posibil să se compenseze golurile cu o tensiune remanentă până la 50 % pentru un interval de timp de 3 până la 12 perioade. Deoarece se absoarbe un curent electric de 200 % pentru un gol de tensiune de 50 %, acest lucru trebuie avut în vedere în specificația corespunzătoare la dimensionarea și protecția circuitelor. Produsul este disponibil în construcții monofazate sau trifazate, cu puteri de la 250 VA până la câțiva MVA. Pentru soluțiile privind circuitele de comandă sunt utilizate, de cele mai multe ori, unități monofazate. O unitate monofazată de 1 kVA costă circa 1250 Euro.

Echipamente cu bobină de reținere

Echipamentele cu bobină de reținere sunt proiectate în special pentru limitarea efectelor golurilor de tensiune asupra releelor individuale și a contactoarelor. Acestea sunt conectate în serie cu semnalul de comandă, la intrarea releului sau contactorului și sunt utilizate, în special, în circuitele de deconectare de urgență (EMO - emergency-off circuits), relele principale de comandă (master-control relay) sau în circuitele de comandă ale motoarelor. Costul tipic al unei unități cu bobină de reținere este între 80 euro și 200 euro și asigură releului sau contactorului să rămână conectat atunci când tensiune se reduce până la circa 25 % din valoarea nominală.

Transformator cu tensiune constantă (CVT)

CVT (Constant voltage transformer), numit și transformator ferorezonant, este un echipament pasiv care cuprinde două circuite magnetice separate, cu un cuplaj limitat între ele. Ieșirea cuprinde un circuit rezonant paralel care absoarbe putere de la circuitul primar și transferă puterea absorbită către sarcină (CVT este descris cu mai multe detalii în secțiunea 5.3.2). CVT are o capacitate excelentă de reglare, în special în cazul unei sarcini reduse - la o sarcină de 40 %, ieșirea este menținută în limitele de 5 % pentru o tensiune de intrare care scade până la 40 % din valoarea nominală. Dezavantajul CVT constă în capacitatea limitată de a alimenta curenți mari de pornire (de exemplu, în cazul surselor cu comutație), sensibilitatea tensiunii de ieșire de frecvența tensiunii de alimentare, un câmp magnetic exterior mare și eficiență energetică redusă. Pentru o sarcină de 1 kVA, un CVT de 2 kVA, necesar pentru a asigura o robustețe adecvată la goluri de tensiune, ar putea costa circa 950 euro.

UPS cu baterie de acumuloare

Sistemele de putere redusă pentru alimentare neîntreruptibilă (UPS) - condiționere de rețea cu baterie de acumuloare - necesită luarea lor în considerare, cu atenție, atunci când sunt utilizate pentru alimentarea circuitelor de comandă importante. Curba tensiunii de ieșire a multor unități de construcție mai vechi sau a celor mai ieftine este departe de o formă sinusoidală (cu alte cuvinte, distorsiunea armonică pe curba de tensiune este

Calitatea energiei electrice în întreprinderile cu activitate continuă

foarte mare) și, deci, asemenea unități trebuie să fie evitate. Unitățile UPS off-line, care sunt destinate, în mod obișnuit, pentru protecția calculatoarelor, nu pot comuta destul de rapid pentru a menține contactoarele, de exemplu la fluctuații - cele mai multe calculatoare rămân în funcțiune pentru cel puțin jumătate de perioadă dar un contactor nu poate. Unitățile on-line sau unitățile off-line cu o durată de transfer scurtă sunt de preferat. Avantajul UPS este faptul că acestea au o energie stocată relativ importantă, în bateria de acumulatoare, pentru a compensa goluri de tensiune de durată mare și de amplitudine ridicată. Totuși, prezența bateriei are dezavantajul principal prin aceea că necesită un program atent de mentenanță pentru ca bateria să rămână în condiții adecvate și să fie înlocuită înainte de terminarea duratei de viață de 3-5 ani. Atunci când sunt distribuite multe UPS mici pe linia de producție, mentenanța poate fi o problemă serioasă. Dacă mediul privind calitatea energiei electrice justifică utilizarea UPS, este mai bine să fie utilizat un sistem UPS centralizat mare pentru a asigura „o bară de putere critică” pentru alimentarea circuitelor sensibile, simplificând însă nu eliminând, cerințele de mentenanță.

Cunoașterea și protecția componentelor individuale sensibile la goluri de tensiune

Două etape trebuie parcurse pentru a ajunge la o soluție la nivelul de comandă:

- identificarea componentelor sensibile la goluri de tensiune;
- implementarea tehnicilor pentru protecția acestor componente contra golurilor de tensiune.

Cele mai întâlnite componente sensibile la goluri de tensiune se află în circuitele de comandă ale releelor și contactoarelor de tensiune alternativă, surselor de alimentare de tensiune continuă, controlerelor, automatelor programabile.

Relee și contactoare de tensiune alternativă

Aceste echipamente electromecanice sunt larg utilizate în sistemele de control al proceselor. Releele sunt utilizate, în mod obișnuit, ca element logic pentru comutarea circuitelor de comandă, a bobinelor și a circuitelor de iluminat electric. Contactoarele sunt comutatoare electromecanice care au rolul de a asigura securitatea și sunt mijloace adecvate pentru conectarea și întreruperea circuitelor de putere. Echipamentele de pornire ale motoarelor (startere) au, în principiu, aceleași funcțiuni ca și contactoarele, însă acestea asigură și protecția la supracurent pentru motor. În figura 6 se indică un exemplu de curbă de toleranță pentru aceste tipuri de echipamente.

Pe durata unui gol de tensiune un releu poate să ajungă în stare dezexcitată. De exemplu, dacă releul este o componentă a circuitului de comandă a motorului și contactele sale sunt utilizate pentru controlul contactelor starterului motorului, așa cum se observă din figura 6, un gol de tensiune cu o tensiune remanentă și o durată sub curba de acceptabilitate a releului va determina oprirea motorului.

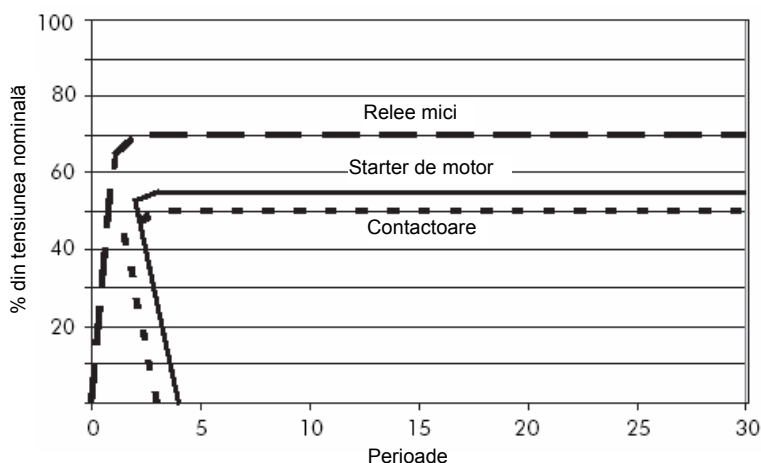


Figura 6 - Exemplet de curbă de toleranță la goluri de tensiune pentru rele, contactoare și startere pentru motoare.

Calitatea energiei electrice în întreprinderile cu activitate continuă

Releele pot fi protejate împotriva golurilor de tensiune prin condiționarea alimentării releului cu ajutorul unei bobine de reținere, așa cum este indicat în figura 7. În acest caz, cel mai sensibil element (CR1) este întărit prin adăugarea unei bobine de reținere. În plus, starterele de motor (SC1) mai sensibile pot fi, de asemenea, protejate cu o altă bobină de reținere, dacă este necesar. Altă aplicație constă în suplimentarea cu un condiționar de rețea, fără baterie de acumuloare, la intrarea circuitului conținând releul de tensiune alternativă și starterul de motor, așa cum este indicat în figura 8.

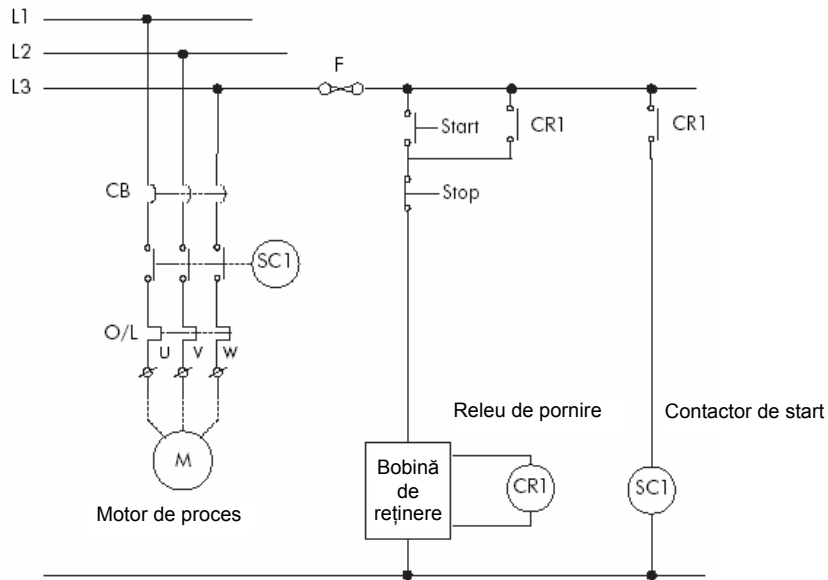


Figura 7 - Soluție cu bobină de reținere în circuite cu releu sau contactor.

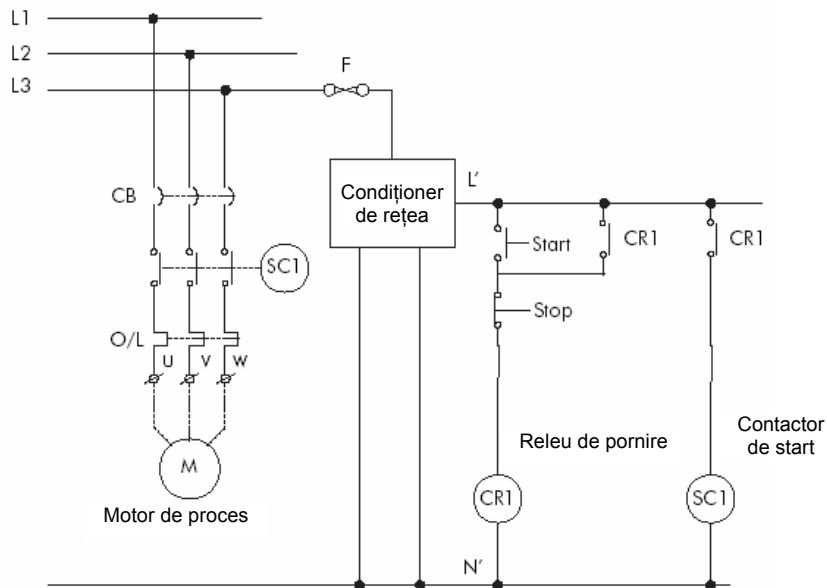


Figura 8 - Soluție cu condiționar de rețea pentru circuite cu releu sau contactor.

Calitatea energiei electrice în întreprinderile cu activitate continuă

Surse de tensiune continuă

Răspunsul surselor de tensiune continuă la goluri de tensiune poate să depindă foarte mult de topologia sursei și de sarcină. În figura 9 este indicat un exemplu privind răspunsul a 5 topologii diferite ale sursei de putere, conectate într-un sistem de tensiune alternativă de 400 V, pentru goluri de tensiune monofazate (între faza L3 și conductorul neutru). În fiecare caz este indicată curba de susceptibilitate reprezentativă. Sursele se consideră a fi încărcate cu 100% din puterea normală de ieșire.

Topologia 1 – Sursă de tensiune continuă necomandată

Pentru o sursă de tensiune continuă necomandată, constând dintr-un transformator și o punte redresoare, fără condensator, tensiunea de ieșire va prezenta reduceri, chiar la goluri de scurtă durată și la cele de amplitudine redusă. Acest tip de sursă nu asigură protecția contra golurilor de tensiune.

Topologia 2 Sursă de tensiune continuă comandată

Într-o sursă de tensiune continuă comandată, condensatorul stochează energie din circuitul de redresare și alimentează regulatorul de tensiune. Transformatorul și condensatorul sunt dimensionate ca tensiunea de intrare a regulatorului să fie menținută la un nivel ridicat, astfel încât regulatorul să mențină tensiunea corectă de ieșire pe durata trecerilor prin zero și a golurilor de tensiune. Cu cât este mai ridicată energia stocată, cu atât este mai bună capacitatea de răspuns, însă va conduce la o eficiență redusă.

Topologia 3 Sursă de tensiune continuă în comutație

Sursa de tensiune continuă în comutație (SMPS) poate prezenta performanțe mai bune la goluri de tensiune față de o sursă echivalentă ca putere, comandată liniar. Atunci când tensiunea de intrare se reduce pe durata unui gol de tensiune sau a unui defect momentan, reduce pe durata unui gol de tensiune sau a unui defect momentan, lățimea impulsului de comandă va crește pentru a compensa căderea de tensiune, atâta timp cât tensiunea de alimentare a elementului de comandă IC de modularea a lățimii impulsului este mai mică decât pragul de tensiune din proiect [6]. Această compensare activă poate asigura ca sursa de alimentare să-și mențină mai bine ieșirea reglată față de unitățile cu reglare liniară.

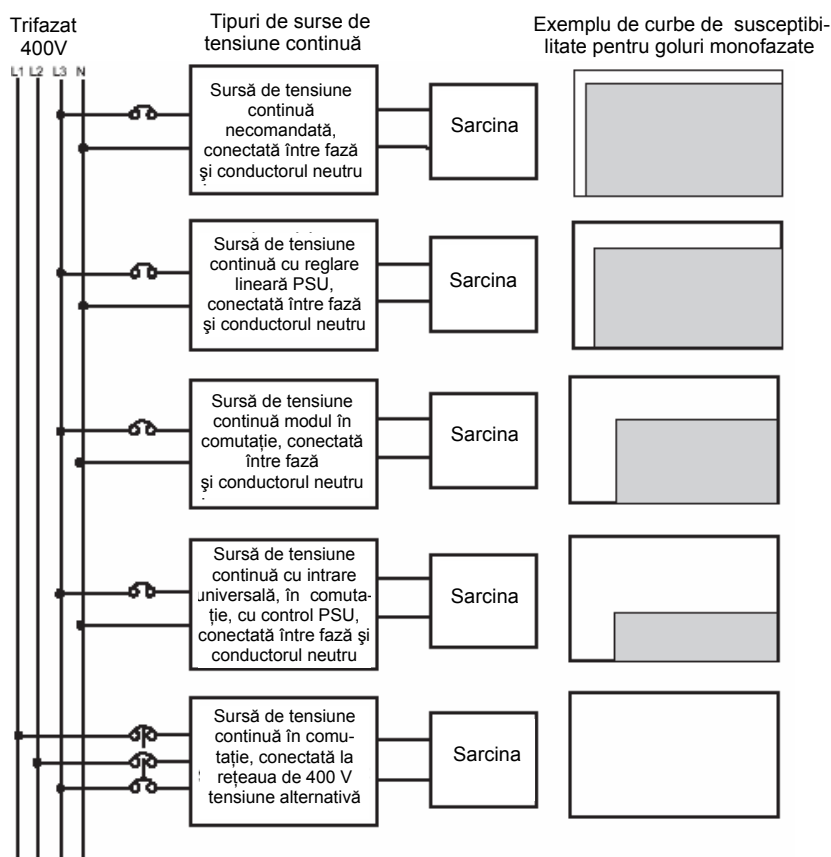


Figura 9 - Surse de tensiune continuă - răspunsul la goluri de tensiune.

Calitatea energiei electrice în întreprinderile cu activitate continuă

Topologia 4 – Sursă de alimentare cu intrare universală

Sursa de alimentare de tensiune continuă, cu tensiune de intrare universală este o unitate cu comutație, cu o tensiune de alimentare în limite largi, în mod obișnuit de la 85 la 264 V tensiune alternativă. Într-un sistem cu 230 V tensiune alternativă, tensiunea de ieșire va fi menținută pe durata unui gol de tensiune cu tensiunea remanentă de 36 %.

Topologia 5 – Sursele cu tensiune trifazată de intrare

Golurile de tensiune apar, de cele mai multe ori, pe una sau două faze ale tensiunii trifazate de alimentare, iar golurile trifazate de tensiune sunt relativ rare. Dacă se utilizează o tensiune trifazată de intrare rezultă că numărul de goluri care vor afecta ieșirea de tensiune continuă este mai mic - practic numai golurile trifazate - este mult mai mic, iar sistemul va fi mult mai robust. Încercarea multor unități de acest tip a indicat faptul că acestea sunt imune la golurile și întreruperile monofazate până la o durată de o secundă și unele pot menține tensiunea continuă de ieșire în cazul unor goluri de tensiune bifazate cu tensiune reziduală sub 10 % din tensiunea nominală. La goluri trifazate de tensiune, de amplitudine mare, pentru acest tip de surse se cunosc cazuri de depășire a evenimentelor și pentru tensiuni remanente sub 50 % din tensiunea nominală.

Automate programabile

Automatele programabile (PLC - Programmable logic controller) sunt larg utilizate în procesele industriale automatizate. Automatul programabil constă dintr-o unitate centrală (CPU) și un modul de putere (PSU) precum și dintr-un număr de circuite de intrare ieșire (I/O) care asigură interfața între nivelurile de tensiune din interior și din exterior. Fiecare secțiune este vulnerabilă la goluri de tensiune într-o măsură dependentă de câtă putere este asigurată. De exemplu, modulele de sursă de alimentare pentru I/O pot fiecare să fie alimentate de la o sursă de tensiune alternativă sau de tensiune continuă, rezultând 4 configurații posibile. În figura 10 sunt indicate soluțiile optime pentru fiecare configurație.

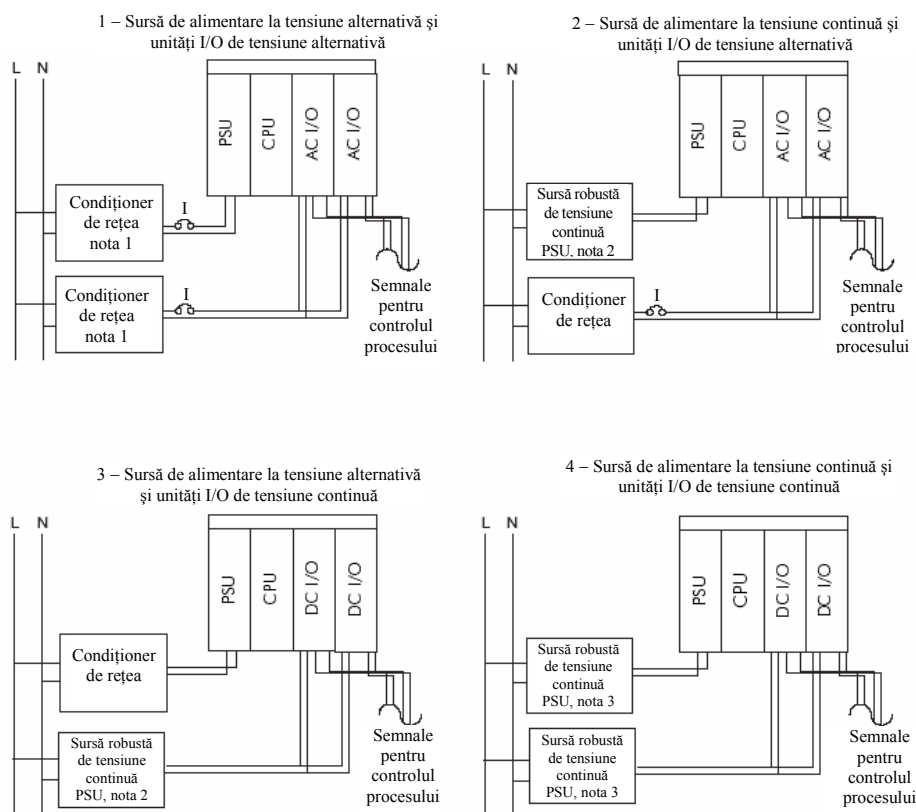


Figura 10 - Soluții de creștere a robusteții PLC la goluri de tensiune.

Calitatea energiei electrice în întreprinderile cu activitate continuă

Note:

1. Se consideră alimentarea surselor de putere pentru unitatea centrală și a unităților de I/O de la condiționar de rețea dacă sursa de alimentare pentru unitatea centrală și unitățile I/O sunt foarte apropiate.
2. De selectat o sursă robustă de tensiune continuă, conform figurii 9.
3. Se consideră alimentarea unității centrale și a unităților I/O de la o sursă de tensiune continuă și de la o sursă secundară, ca sursă de rezervă. În conformitate cu figura 9 se alege tipul surselor primare și secundare.

Amplasarea și protecția sursei comune de putere

Echipamentele de proces pot fi protejate mai simplu în cazul în care componentele sensibile sunt alimentate de la un circuit comun. De exemplu, circuitul indicat în figura 11 prezintă un sistem de control cu circuit de securitate (EMO), un automat programabil cu unități I/O atât la tensiune continuă cât și la tensiune alternativă și o sursă separată de tensiune continuă pentru alimentarea instrumentației analogice. Plasarea condiționarului de rețea pe circuitul principal asigură protecția tuturor sarcinilor asociate cu acest echipament. Mulți proiectanți fac eroarea de a poziționa PLC și sursa de tensiune continuă la o sursă condiționată, însă fără a include unitățile I/O sau relele asociate. La protejarea tuturor sarcinilor din circuitele de comandă, răspunsul sistemului la goluri de tensiune poate fi foarte mult îmbunătățit.

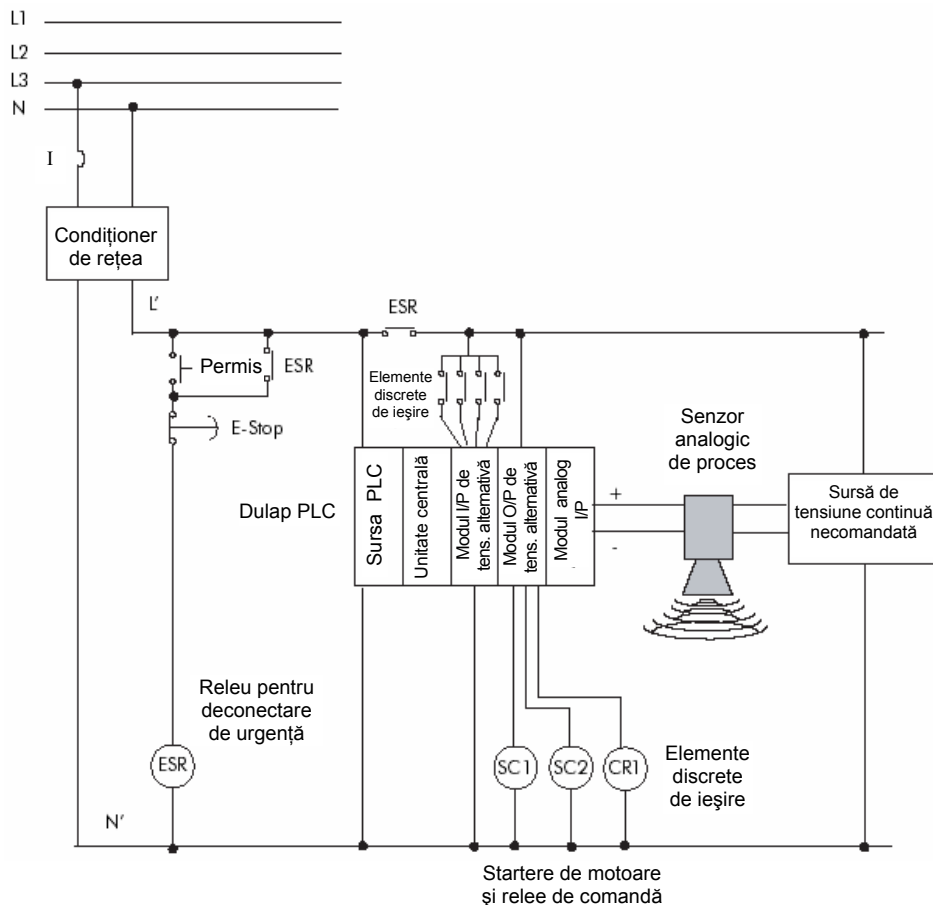


Figura 11 - Soluție uzuală de condiționare a sursei de alimentare

Calitatea energiei electrice în întreprinderile cu activitate continuă

Strategii pentru limitarea golurilor de tensiune

Pentru a minimiza posibilitatea apariției unor viitoare probleme privind calitatea energiei electrice, datorate golurilor de tensiune, inginerii din întreprinderi pot să implementeze cele mai bune strategii, bazate pe practică, în sistemele existente. Producătorii originali de echipamente și proiectanții sistemelor de comandă pot realiza sisteme mai robuste dacă în cadrul proiectelor lor, actuale sau viitoare, iau în considerare următoarele strategii:

1. Se vor utiliza componente care corespund standardelor, precum CEI 61000-4-11, CEI 61000-4-34 sau SEMI F47. Sute de componente de sisteme sunt certificate în conformitate cu aceste standarde.
2. Se vor evita echipamente cu tensiuni de alimentare diferite. Dacă componentele utilizate în proiectul echipamentului nu pot fi armonizate cu tensiunea nominală de intrare, mașina sau procesul vor fi mai susceptibile la goluri de tensiune. Aceasta poate să apară atunci când tensiunea secundară a transformatorului nu se armonizează cu tensiunea normată a echipamentului conectat sau atunci când un subsistem, precum un servocontroler sau o sursă de alimentare, sunt dimensionate pentru o tensiune mai mare (de exemplu, un echipament de 240 V tensiune alternativă utilizat într-o zonă cu tensiune alternativă de 208 V). Pentru relee și contactoare, un dezacord de 10 % a tensiunii reprezintă o creștere a susceptibilității cu 10 %. Oricum în sursele de tensiune continuă, energia stocată în condensatorul intern poate fi cu 18 % mai mică atunci când tensiunea de intrare este neadaptată cu mai puțin de 10 % - conducând, în mod direct, la reducerea capacității de depășire a perturbației.
3. Se vor utiliza, oriunde este posibil, surse trifazate în comutație. Acest tip de sursă poate asigura depășirea golurilor de tensiune monofazate și bifazate, cu menținerea tensiunii continue de ieșire. Acest tip de sursă trebuie să fie indicate pentru circuitele de securitate precum și ca surse de tensiune continuă pentru instrumentație și pentru circuitele de comandă.
4. Se va evita utilizarea releelor de uz general, alimentate la tensiune alternativă. În locul acestora se vor utiliza relee robuste de tensiune alternativă sau surse de tensiune continuă pentru alimentarea circuitelor de comandă, așa cum s-a menționat mai sus.
5. Se vor lua în considerație caracteristicile elementelor de întrerupere. Întreruptoarele de putere și siguranțele fuzibile trebuie să fie selectate pentru a admite curenții de pornire care pot rezulta la variații de tensiune. Acestea trebuie să fie luate în considerare pentru sarcini constante precum sursele de alimentare și sistemele de acționare cu frecvența variabilă. Atunci când este posibil, nu se vor alege întreruptoare cu caracteristică de acționare instantanee.
6. Să nu se utilizeze relee de monitorizare a fazelor în circuitele de interblocare. Aceste echipamente pot să vibreze la goluri de tensiune și pot să conducă la deconectarea instalației. În locul acestora, se vor utiliza echipamente care să înregistreze golul de tensiune sau problemele care apar pe fază. Dacă există preocupări privind posibilitatea ca motorul să plece într-un sens nepotrivit, se va asigura interblocarea numai cu sistemul de control al motorului.
7. Se va alege un sistem de comandă al mașinii care utilizează memorie nevolatilă. Acest tip de tehnică de siguranță asigură faptul că sistemul de comandă nu își pierde funcția sa în eventualitatea unui gol de tensiune. Utilizând o memorie nevolatilă în combinație cu programarea stării mașinii se poate asigura ca o serie de echipamente să repornească imediat după o deconectare.
8. Să nu se supraîncarce sursele de alimentare de tensiune continuă. Deoarece numărul de depășiri a duratei unui gol de tensiune este direct legat de sarcină, sursele de tensiune continuă nu trebuie să lucreze la capacitatea lor maximă. Supradimensionarea pentru cel puțin două ori sarcina considerată va ajuta sursa să depășească golul de tensiune. Acest lucru nu este critic atunci când se utilizează concepții robuste de surse de alimentare, așa cum a fost indicat în strategia 3.
9. Se vor utiliza sisteme robuste de acționare cu frecvență variabilă. Atunci când se utilizează sisteme de acționare cu viteză variabilă, se vor indica modele care prezintă o bună comportare la goluri de tensiune. Căutați, împreună cu furnizorul de echipamente, să vă asigurați că echipamentul de firmă va asigura robustețea la goluri de tensiune. O repornire rapidă, o rezervă cinetică și abilitatea de a avea un nivel redus al căderii de tensiune la bornele de tensiune continuă (50 % din nominal este ideal) sunt esențiale. Trebuie să vă asigurați că echipamentul este astfel configurat ca să prezinte avantajele acestor caracteristici. De asemenea, trebuie să vă asigurați că orice releu și controler care asigură interfața cu echipamentul sunt mai robuste față de golurile de tensiune.
10. Să se ia în considerare problemele programelor informatice și de comandă. Elaboratorii de programe informatice de sistem trebuia să ia în considerație că pe durata golurilor de tensiune pot să apară variații fluctuante în proces. Extinderea lățimii benzii pentru anumite variabile ale procesului sau adăugând filtre pentru creșterea timpilor de întârziere, se poate evita instabilitatea procesului atunci când apar goluri de tensiune.

Calitatea energiei electrice în întreprinderile cu activitate continuă

11. Se va crește robustețea surselor de alimentare. Atunci când se proiectează disponerea echipamentelor de proces, se va încerca, dacă este posibilă, realizarea sistemului de comandă a surselor de alimentare așa fel ca acestea să fie alimentate de la aceeași sursă sau prin același întreruptor. Dacă ulterior este necesar un mic condiționar de rețea pentru a crește robustețea echipamentului sau a procesului la goluri de tensiune, implementarea acestuia nu va fi dificilă.
12. Se va utiliza condiționarea dorită a tensiunii până la ultima resursă. Se vor utiliza echipamente de condiționare a tensiunii dorite numai acolo unde strategiile anterioare nu sunt aplicabile. Așa cum s-a discutat în această notă de aplicație, multe tipuri de condiționere de rețea sunt fără baterie de acumulare și astfel necesită o mentenanță mai redusă față de UPS tradiționale bazate pe baterii de acumulare.

Concluzii

Această notă de aplicație prezintă tehnici pentru creșterea în totalitate a robusteții proceselor cu activitate continuă, la goluri de tensiune, utilizând echipamente de condiționare. Acest lucru se bazează pe faptul că cele mai multe componente sensibile la goluri de tensiune au aplicație tipică în circuitele de comandă-control. Deoarece echipamentele de putere, precum motoarele, nu sunt atât de sensibile la golurile de tensiune ca echipamentele de comandă-control, nu este necesar, de multe ori, să se asigure condiționarea sursei de alimentare în întregime. Costul acestui mod de abordare este, în mod obișnuit, mult mai redus în raport cu costurile la conectarea întregii mașini sau a procesului la o sursă de alimentare condiționată.

Bibliografie

- [1] Sabin, D, 'An Assessment of Distribution System Power Quality, Volume 2: Statistical Summary Report', EPRI TR-106294, May 1996
- [2] Seljeseth, H, and Pley, A, 'Voltage Quality Measurements, 1992 to 1996', Report EFI TR A4460 published by EFI, 7034 Trondheim, Norway
- [3] Davenport, F W T, 'Voltage Dips and Short Interruptions in Medium Voltage Public Electricity Supply Systems', UNIPED/DISDIP Report, 1990
- [4] 'IEEE Recommended Practice for Evaluating Electric Power System Compatibility With Electronic Process Equipment', IEEE Std 1346-1998 (R2004)
- [5] Stephens, M, and Dorr, D, 'Technical and Economic Considerations for Power Quality Improvements', EPRI TR-1005910, December 2001
- [6] 'Performance and Design Evaluation of Switch-Mode Power Supplies AC Interface Issues', EPRI Power Electronics Applications Center, July 1995
- [7] Stephens, M and Thomas, C, 'Extending the Operating Envelope of Existing Manufacturing Processes: Control Level Solutions', EPRI TR-100164, February 2002
- [8] Stephens, M; Thomas, C; Paudert, T; Moncrief, B, 'PLC Basics and Voltage Sag Susceptibilities—Part 2', Power Quality Assurance, February, 2001

Note

Parteneri de Referință & Fondatori*

European Copper Institute* (ECI) www.eurocopper.org	EPRI Solutions Inc www.epri.com/eprisolutions	Laborelec www.laborelec.com
ABB Power Quality Products www.abb.com	ETSII - Universidad Politécnica de Madrid www.etsii.upm.es	MGE UPS Systems www.mgeups.com
Akademia Gorniczko-Hutnicza (AGH) www.agh.edu.pl	Fluke Europe www.fluke.com	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg www.uni-magdeburg.de
Centre d'Innovació Tecnològica en Convertidors Estàtics i Accionaments (CITCEA-UPC) www.citcea.upc.es	Hochschule für Technik und Wirtschaft* (HTW) www.htw-saarland.de	Polish Copper Promotion Centre* (PCPC) www.miedz.org.pl
Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) www.ceiuni.it	Hogeschool West-Vlaanderen Departement PIH www.pih.be	Socomec Sicon UPS www.socomec.com
Copper Benelux* www.copperbenelux.org	International Union for Electrotechnology Applications (UIE) www.ue.org	Università di Bergamo* www.unibg.it
Copper Development Association* (CDA UK) www.cda.org.uk	ISR - Universidade de Coimbra www.isr.uc.pt	University of Bath www.bath.ac.uk
Deutsches Kupferinstitut* (DKI) www.kupferinstitut.de	Istituto Italiano del Rame* (IIR) www.iir.it	University of Manchester www.manchester.ac.uk
Engineering Consulting & Design* (ECD) www.ecd.it	Katholieke Universiteit Leuven* (KU Leuven) www.kuleuven.ac.be	Wroclaw University of Technology* www.pwr.wroc.pl

Consiliul de redacție

David Chapman (Chief Editor)	CDA UK	david.chapman@copperdev.co.uk
Prof Angelo Baggini	Università di Bergamo	angelo.baggini@unibg.it
Dr Araceli Hernández Bayo	ETSII - Universidad Politécnica de Madrid	ahernandez@etsii.upm.es
Prof Ronnie Belmans	UIE	ronnie.belmans@esat.kuleuven.ac.be
Dr Franco Bua	ECD	franco.bua@ecd.it
Jean-Francois Christin	MGE UPS Systems	jean-francois.christin@mgeups.com
Prof Anibal de Almeida	ISR - Universidade de Coimbra	adealmeida@isr.uc.pt
Hans De Keulenaer	ECI	hdk@eurocopper.org
Prof Jan Desmet	Hogeschool West-Vlaanderen	jan.desmet@howest.be
Dr ir Marcel Didden	Laborelec	marcel.didden@laborelec.com
Dr Johan Driesen	KU Leuven	johan.driesen@esat.kuleuven.ac.be
Stefan Fassbinder	DKI	sfassbinder@kupferinstitut.de
Prof Zbigniew Hanzelka	Akademia Gorniczko-Hutnicza	hanzel@uci.agh.edu.pl
Stephanie Horton	ERA Technology	stephanie.horton@era.co.uk
Dr Antoni Klajn	Wroclaw University of Technology	antoni.klajn@pwr.wroc.pl
Kees Kokee	Fluke Europe BV	kees.kokee@fluke.nl
Prof Dr rer nat Wolfgang Langguth	HTW	wlang@htw-saarland.de
Prof Henryk Markiewicz	Wroclaw University of Technology	henryk.markiewicz@pwr.wroc.pl
Carlo Masetti	CEI	masetti@ceiuni.it
Mark McGranaghan	EPRI PEAC Corporation	mmcgranaghan@epri-peac.com
Dr Jovica Milanovic	UMIST	jovica.milanovic@umist.ac.uk
Dr Miles Redfern	University of Bath	eesmar@bath.ac.uk
Dr ir Tom Sels	KU Leuven	tom.sels@esat.kuleuven.ac.be
Prof Dr-Ing Zbigniew Styczynski	Universität Magdeburg	Sty@E-Technik.Uni-Magdeburg.de
Andreas Sumper	CITCEA-UPC	sumper@citcea.upc.es
Roman Targosz	PCPC	cem@miedz.org.pl
Dr Ahmed Zobia	Cairo University	azmailinglist@link.net

M Stephens

EPRI
3420 Hillview Avenue
Palo Alto
California 94304

Tel: 00 1 800-313-3774

Fax: 00 1 704-595-2871

Web: www.eprl.com



Membră a
EUR-EL

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