

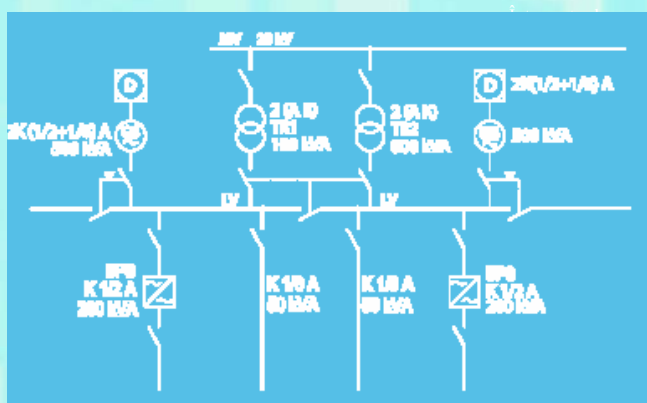
# Ghid de Aplicare - Calitatea Energiei Electrice



## Reziliență

### Alimentarea rezilientă cu energie electrică într-o clădire modernă de birouri

4.5.1



Reziliență

# Reziliență

## Alimentarea rezilientă cu energie electrică într-o clădire modernă de birouri

Hans De Keulenaer, European Copper Institute  
Prof Angelo Baggini, Università di Bergamo  
Iunie 2003



Acest ghid este realizat ca parte a Inițiativei Leonardo pentru Calitatea Energiei Electrice, un program european de educație și învățare, sub egida și cu suportul Comunității Europene (în programul Leonardo da Vinci) și International Copper Association. Pentru alte informații

privind acest program a se vedea [www.lpqi.org](http://www.lpqi.org).

### 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 **Prof. dr. ing. Nicolae Golovanov** iar verificarea de către **Prof. dr. ing. Petru Postolache**, **Dr. ing. Fănică Vatră** și **Drd. 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, Università di Bergamo 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, Università di Bergamo și Societatea Inginerilor Energeticieni din România.

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



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)

## Alimentarea rezilientă cu energie electrică într-o clădire modernă de birouri

### Introducere

Această lucrare cu caracter aplicativ prezintă condițiile de proiectare necesare a fi adoptate pentru a asigura o alimentare rezilientă și fiabilă cu energie electrică într-o clădire modernă cu birouri având o echipare intensă cu receptoare electronice. Este prezentat un studiu de caz al unei clădiri cu 10 niveluri din Milano, Italia (numită în continuare „clădire”, din motive de confidențialitate). Această clădire este sediul central al unei instituții financiare importante, în care își desfășoară activitatea 500 de funcționari, care utilizează intens echipamente informatice.

În urma evaluării stadiului actual al instalațiilor electrice din clădire, corelat cu rezultatele măsurătorilor privind calitatea energiei electrice, au fost prezentate două propuneri de proiectare pentru a asigura o alimentare cu energie electrică rezilientă și fiabilă. Analiza de costuri completează această lucrare.

### Descrierea situației inițiale

#### Schema de distribuție

Clădirea este conectată la o rețea de 23 kV. Rețeaua de alimentare de medie tensiune cuprinde două transformatoare de 800kVA, 23/0,4kV, 50 Hz. Partea de joasă tensiune este proiectată ca sistem TN-S.

Sarcina este împărțită în receptoare standard, preferențiale și privilegiate, în conformitate cu cerințele privind continuitatea în alimentare (acest fapt este discutat în detaliu în continuare). Mai există un al doilea PCC care alimentează o mică parte din sarcina standard. Cele două PCC sunt alimentate din același punct din rețea și astfel nu sunt independente.

Pentru a asigura continuitatea în alimentarea cu energie electrică, sunt instalate două UPS (80+200 kVA) și un grup motor generator (250kVA), conform schemei din figura 1. De remarcat faptul că într-o astfel de schemă este obligatoriu ca conductorul de nul să fie conectat la pământ numai o singură dată, la priza principală de legare la pământ și nu la fiecare transformator. Altfel, sunt pierdute avantajele schemei TN-S, privind îmbunătățirea compatibilității electromagnetice (EMC) și a calității energiei electrice.

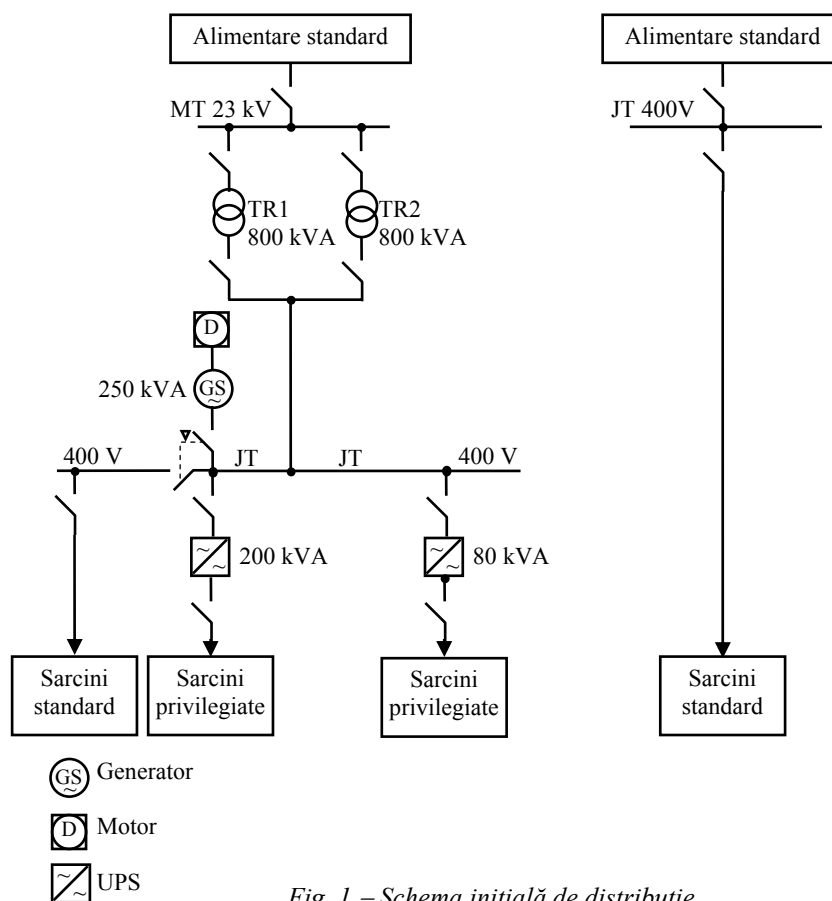


Fig. 1 – Schema inițială de distribuție.

Distribuția principală este un compromis între schemele radială și cea șunt<sup>1)</sup>. Instalația s-a dezvoltat aleatoriu, fără o structură bine definită. Acest fapt este rezultatul direct al multor schimbări în necesarul de putere,

<sup>1)</sup> Schemă șunt: o bară verticală sau o linie electrică este utilizată în comun de către toate nivelurile; la fiecare nivel este prevăzut un tablou de JT. Schemă radială: fiecare tablou de JT de la fiecare nivel are o legătură dedicată cu un întreruptor corespunzător în tabloul principal de distribuție din subsol.

# Alimentarea rezilientă cu energie electrică într-o clădire modernă de birouri

efectuate pe durata de viață a clădirii. Fiecare nivel al clădirii este alimentat din două tablouri. Fiecare tablou are două secțiuni (standard și privilegiat) corespunzătoare secțiunilor standard și privilegiate din tabloul principal de JT (fig. 2). Distribuția finală utilizează o schemă monofazată radială.

## Linii

Distribuția trifazată este realizată cu cabluri din cupru multiconductoare. În cazul în care secțiunea transversală a conductorului de fază este peste  $35 \text{ mm}^2$  este utilizat un conductor neutru cu secțiune pe jumătate.

## Sarcina

Sarcina normată a clădirii cu birouri este tipică și constă din :

- ◆ lifturi (aproximativ 80 kVA) ;
- ◆ servicii (aproximativ 100 kVA);
- ◆ aer condiționat (aproximativ 600 kVA);
- ◆ distribuție orizontală pentru circuite de lumină și circuite de putere în spațiile de birouri (aproximativ 35 kVA pe nivel).

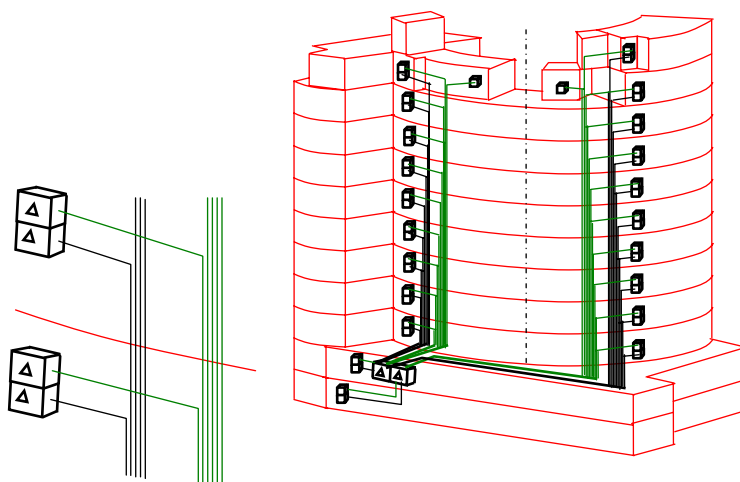


Fig. 2 – Schema de principiu inițială a distribuției

Liniile negre indică distribuția standard  
Liniile verzi indică distribuția privilegiată

## Calitatea energiei electrice

Pentru a evalua calitatea alimentării cu energie electrică a fost măsurat conținutul de armonici pe liniile electrice principale care alimentează fiecare nivel și la tablourile de distribuție pentru serviciile clădirii.

În figurile 3 până la 6 sunt prezentate exemple privind formele curenților și tensiunilor măsurate și conținutul corespunzător de armonici. Următoarele aspecte trebuie să fie subliniate:

Unele conductoare de fază, în special cele ale circuitelor de lumină, au un factor total de distorsiune de curent electric de peste 75% (armonicile 3, 5 și 7) - a se vedea figura 6. O semnificativă distorsiune datorită armonicii de curent electric de rang 3 apare în circuitele care alimentează echipamente IT și de iluminat – a se vedea figurile 4 și 5 (conductorul de nul) și figura 6. În unele conductoare de nul, curenții armonici sunt de peste două ori mai mari decât curentul pe fază.

Ambele UPS prezintă un curent distorsionat atât pe fază cât și în conductorul de nul – a se vedea figurile 4 și 5.

Armonicile de rang par rezultă în mai multe măsurători (aproximativ 30% în figura 5), ceea ce indică faptul că forma curentului nu prezintă simetria obișnuită.

În unele cazuri forma curbei determină mai mult decât două treceri prin zero într-o perioadă a curbei sinusoidale (fig. 5).

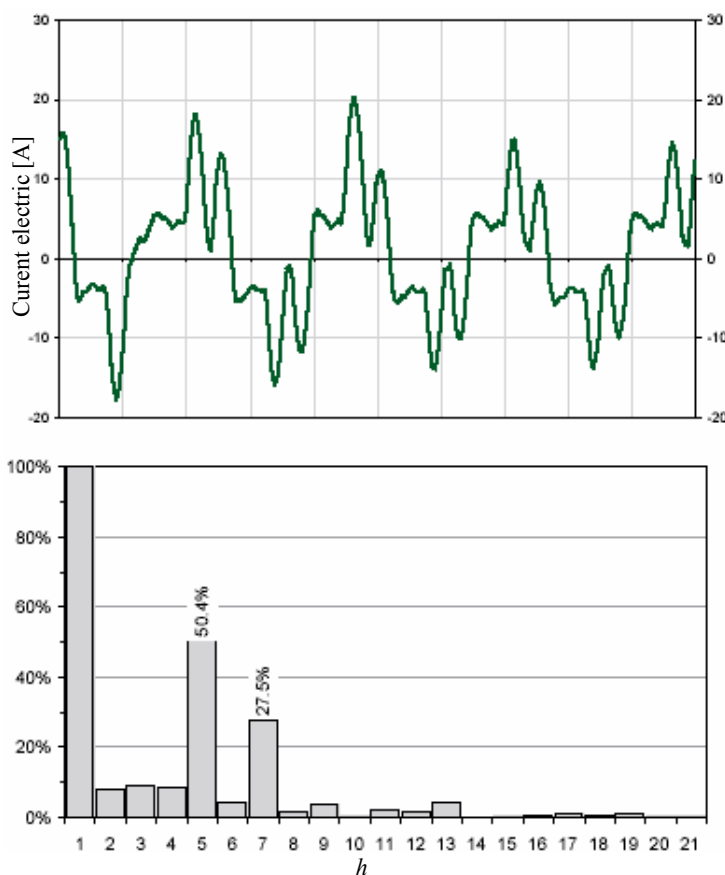


Fig. 3 – Forma curbei și spectrul armonic al curentului de fază (faza 1) de la tabloul principal de JT în circuitul care alimentează lifturile 1 și 2.

# Alimentarea rezilientă cu energie electrică într-o clădire modernă de birouri

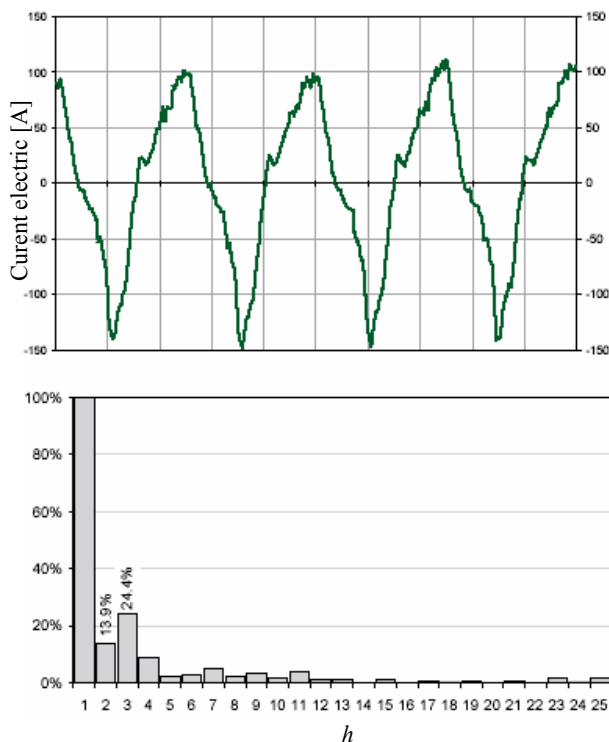


Fig. 4 – Forma curbei și spectrul armonic al curentului de fază (faza 1) în circuitul de 80 kVA care alimentează sursa neîntreruptibilă – UPS (zona spațiilor largi de birouri).

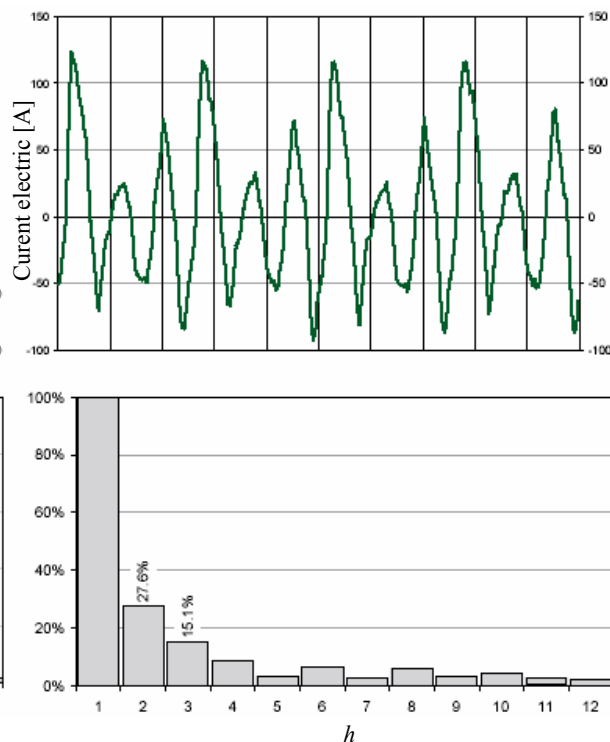


Fig. 5 – Forma curbei și spectrul armonic al curentului din conductorul de nul în circuitul de 80 kVA al UPS (zona spațiilor largi de birouri)

Un curent permanent destul de mare a fost pus în evidență în conductorul de pământ. Aceasta este o indicație tipică a faptului că configurația TN-S nu a fost bine menținută, adică au fost realizate multiple legături între conductorul de nul și pământ. Este necesar a se asigura faptul că există numai un singur punct principal de legare la pământ cu conexiune între conductorul de nul și pământ. Personalul de exploatare trebuie să fie instruit să evite realizarea oricărei conexiuni între conductorul de nul și pământ în distribuția de JT.

Instrumentul utilizat pentru a efectua aceste măsurători a fost analizatorul monofazat de calitate a energiei electrice Fluke 43, 0 ... 600 V, CT 600 A/1mV/A.

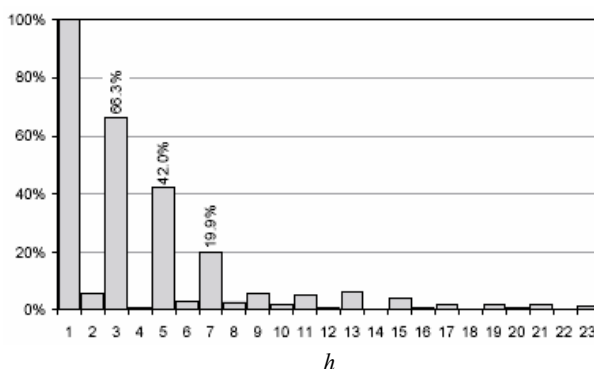


Fig. 6 - Spectrul armonic al curentului de fază L2 de la tabloul principal de JT în circuitul care alimentează tabloul de distribuție din subsol.

## Evenimente

Personalul din clădire a avut parte de un mare număr și în creștere de evenimente și defecte, în special sub forma supraîncălzirii circuitelor și supărătoare deconectări datorate echipamentelor de protecție.

## Analiză – situația inițială

Instalației actuale îi lipsesc aspectele privind organizarea și raționalitatea. Aceasta nu este compatibilă cu condițiile de siguranță pe care compania le-a adoptat de la început (alimentarea distribuției de joasă tensiune prin mai multe transformatoare, UPS și generator).

Unele elemente nu sunt în conformitate cu standardele actuale. Chiar o completă compatibilitate cu standardele nu oferă garanția unor performanțe adecvate din punctul de vedere al calității energiei electrice și al compatibilității electromagnetice pentru o clădire cu funcționalități critice.

# *Alimentarea rezilientă cu energie electrică într-o clădire modernă de birouri*

---

## **Schema de distribuție**

Schema de distribuție nu este nici sistematică și nici rațională, probabil determinat din cauza numeroaselor modificări față de instalația originală. Există importante limitări relativ la capacitatea de rezervare și alimentare independentă. Sunt prezente unele congestii, de exemplu la nivelul barelor principale de JT (fig. 1). Cele două transformatoare nu sunt independente.

## **Supraîncălzirea circuitelor**

Densitatea mare a echipamentelor informatice ca PC-uri, servere etc. și iluminatul controlat electronic produce un nivel ridicat de armonici în multe circuite. Aceste aspecte conduc la încălzirea conductorului de nul (curenți ridicați în conductorul de nul cu secțiune redusă – a se vedea secțiunile 3.1 și 3.5.1) ceea ce determină acționarea supărătoare a sistemelor de protecție.

## **Coordonarea între sistemele de protecție și circuite**

Curentul limită al unor circuite nu este coordonat cu sistemele acestora de protecție la supracurent. Un mare număr de circuite funcționează în același canal de cabluri conducând la probleme și mai dificile deoarece temperatura de lucru este mai mare.

Analiza circuitelor defecte a arătat că o supraîncălzire prelungită a fost cauza defectelor, determinată de supraîncălzire în canalul de cabluri. Factorul de grupare indicat în anexele informative ale standardelor naționale și internaționale trebuie luat în considerare.

## **Starea conductorului de nul**

În cazul unor multiple asemenea alimentări cu configurații TN-S, curentul în conductorul de nul trebuie condus direct la punctul principal de legare la pământ. Este necesară introducerea de proceduri care să conducă la evitarea realizării de legături adiționale între conductorul de nul și pământ. Asemenea conexiuni realizează căi alternative pentru curentul de nul, ceea ce elimină avantajele pe care le prezintă sistemul TN-S.

## **Condiții de proiectare**

Proprietarul clădirii, destinată operării în sectorul financiar, trebuie să îmbunătățească instalația electrică, deoarece o calitate adecvată a energiei electrice este considerată ca fiind critică. Problemele indicate la analiza situației curente, precum și măsurătorile privind calitatea energiei electrice sugerează luarea în considerare a unei îmbunătățiri a sistemului electric pe diferite niveluri:

- ◆ raționalizarea distribuției principale și
- ◆ înnoirea instalațiilor electrice la nivelul etajelor.

## **Clasificarea sarcinii**

Pentru optimizarea distribuției principale este necesară, în primul rând, clasificarea sarcinilor. Toate sarcinile au fost clasificate în trei grupe:

- ◆ standard
- ◆ preferențiale
- ◆ privilegiate.

Sarcinile standard sunt utilizate pentru afacerile curente, însă indisponibilitatea lor nu conduce la riscuri privind daune personale, distrugerii ale echipamentelor sau întreruperea afacerilor. Un circuit simplu radial este suficient pentru a asigura alimentarea și sunt acceptate intervale relativ lungi de intervenție (tabelul 1).

Sarcinile preferențiale necesită o alimentare redundantă, de exemplu prin prevederea unei scheme radiale duble, plecând fiecare de la circuitele verticale sau de la nivelul unor conexiuni intermediare (tabelul 2).

# Alimentarea rezilientă cu energie electrică într-o clădire modernă de birouri

Descrierea sarcinilor standard	Tipul alimentării necesare	Durata necesară pentru intervenție
Asigură funcționalitățile obișnuite din clădire, însă indisponibilitatea lor nu are ca rezultat riscuri ale persoanelor sau echipamentelor: Servicii generale, de exemplu aer condiționat (nu însă în camera serverelor); Iluminatul general Încălzirea Prize	Circuite standard radiale Reconectarea poate fi realizată după un timp, fără ca să apară daune Sarcinile pot fi deconectate.	Nu este dată. Indisponibilitatea serviciului pentru o durată relativ mare poate fi tolerată.

*Tabelul 1 - Descrierea, criteriile, aspecte de proiectare și condiții de intervenție pentru sarcinile standard*

Descrierea sarcinilor preferențiate	Tipul alimentării necesare	Durata necesară pentru intervenție
Funcționalitățile obișnuite ale sarcinilor necesare pentru confortul și securitatea personalului și clienților, precum și cele necesare asigurării unor operații comerciale normale. De exemplu: Iluminatul casei scărilor, a coridoarelor și a anumitor încăperi Nivel minim de iluminat pentru evitarea panicii Încălzirea sau aer condiționat în anumite încăperi Lifturi UPS	Cu rezervare Alimentare primară radială dublată, asigurând o independență fizică și funcțională a circuitelor verticale Pot fi folosite două circuite verticale separate, alimentate fiecare de la generator sau de la două puncte independente din rețeaua publică Deconectarea sarcinii nu este acceptată	Conform normelor, un interval de intervenție de 20 s pentru grupul generator este acceptabil pentru întreruperile lungi. Valorile tipice pentru grupul diesel: Prima încercare în interval de 5 secunde; A doua încercare în interval de 10 secunde ; A treia încercare în interval de 15 secunde.

*Tabelul 2 - Descrierea, criteriile, aspecte de proiectare și condiții de intervenție pentru sarcinile preferențiate*

Sarcinile privilegiate sunt critice. Ieșirea din funcțiune poate determina un pericol grav pentru personal sau daune importante în procesul comercial al firmei. Nivelul de independență trebuie să fie determinat pentru fiecare sarcină. Ca o minimală condiție, aceste sarcini trebuie să fie alimentate din două circuite independente, cu comutare automată (tabelul 3).

Descrierea sarcinilor privilegiate	Tipul alimentării necesare	Durata necesară pentru intervenție
Servicii esențiale: Iluminatul de siguranță Servere Sistemele de telecomunicații Drumuri de evacuare pentru personal Sistemele de alarmă și securitate Semnalizarea de incendiu și sisteme antiincendiu Circuitele interne TV Anumite servicii auxiliare	Sigur Schemă radială dublă cu circuite verticale independente Cel puțin unul dintre circuitele verticale trebuie să fie conectat la o rețea cu un grad înalt de siguranță Utilizarea de UPS Pentru anumite sarcini, pot fi luate în considerație UPS dedicate	Sarcini cu durată de intervenție în cel mult 15 secunde Întreruperi de scurtă durată a sarcinii de cel mult 0,15 secunde Unele sarcini necesită alimentare continuă

*Tabelul 3 - Descrierea, criteriile, aspecte de proiectare și condiții de intervenție pentru sarcinile privilegiate*



# Alimentarea rezilientă cu energie electrică într-o clădire modernă de birouri

Două UPS-uri alimentează sarcinile privilegiate în cazul întreruperii alimentării normale și a celei de rezervă.

Alimentarea primară și cea de rezervă au configurația TN-S. UPS-urile pot avea fie configurația TN-S sau IT (se înțelege aici, izolat față de pământ). Sistemele izolate față de pământ sunt excelente pentru asigurarea continuității în alimentare, însă nu pot garanta protecția personalului. Dacă este instalat un sistem IT, trebuie luate în considerație măsuri adecvate de securitate, astfel încât să se asigure că numai personalul autorizat poate avea acces la circuitele IT.

Cel de al doilea PCC de JT a fost eliminat în figura 7.

Fiecare nivel este în continuare alimentat din două tablouri electrice, fiecare având trei secțiuni (standard, preferențial și privilegiat) corespunzând aceluiași secțiuni în tabloul principal de JT.

Distribuția finală poate fi realizată folosind o schemă simplă radială (fig. 8) sau o schemă șunt (Fig. 9).

Schema șunt (linie comună de alimentare pentru toate nivelurile și toate tipurile de sarcină) este mai ieftină și mai flexibilă în cazul creșterii sarcinii. Din păcate este limitată datorită unei reziliențe reduse în cazul defectelor în linia principală sau în circuitele verticale.

Schema radială simplă (un circuit pentru fiecare nivel și pentru fiecare tip de sarcină) asigură:

- ◆ minimum de interferență și căderi minime de tensiune determinate de sarcină
- ◆ în cazul unui defect, numai sarcinile alimentate de circuitul cu defect sunt scoase din funcțiune
- ◆ probleme reduse de întreținere.

Din această cauză se preferă schema radială.

## Dimensionarea circuitelor

În tabelul 5 sunt indicate puterile luate în considerare la dimensionarea tuturor secțiunilor principale ale rețelei.

Puterea totală instalată (coloanele 2 și 3) este multiplicată cu durata de utilizare și cu factorul de nesimultaneitate (coloanele 4 și 5) pentru a calcula puterile cerute de sarcină (coloanele 6 și 7). Ca siguranță pentru creșterea sarcinii în viitor, circuitele sunt dimensionate (coloanele 8 și 9) considerând un factor adițional de 130% pentru circuitele de putere și 115% pentru circuitele de lumină.

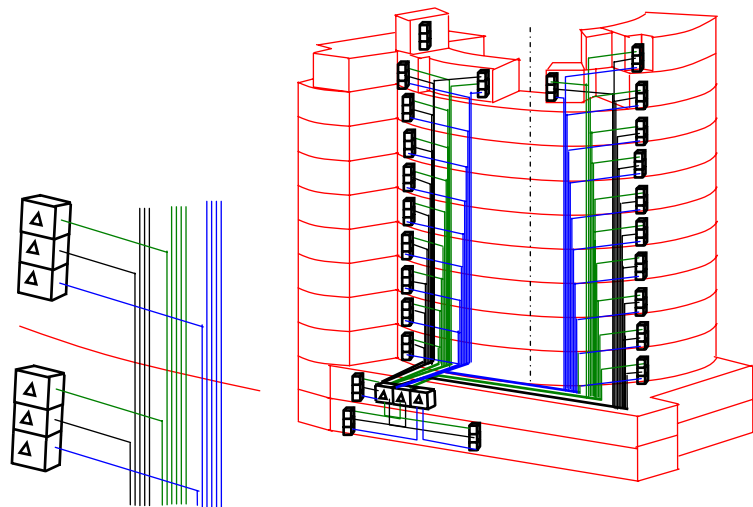


Fig. 8 – Soluția cu schemă radială  
(10 niveluri cu trei tipuri de sarcini = 30 circuite verticale dedicate)

Liniile negre indică distribuția standard  
Liniile verzi indică distribuția preferențială  
Liniile albastre indică distribuția privilegiată

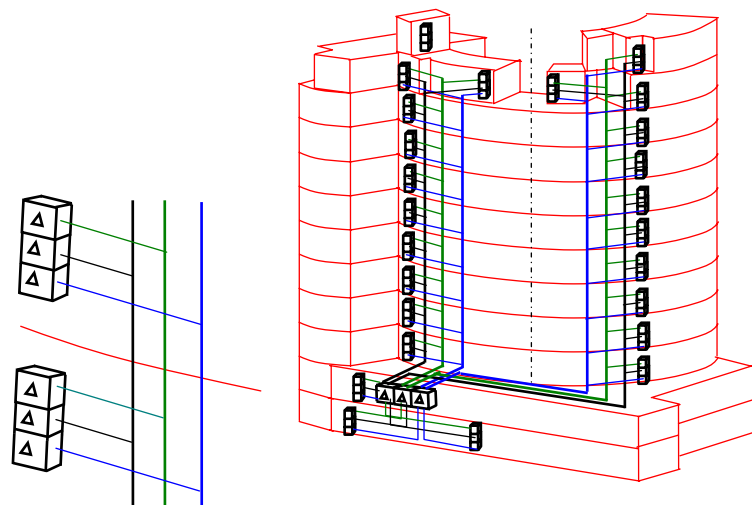


Fig. 9 – Soluția cu circuit unic vertical  
(trei tipuri de sarcini = trei circuite verticale/bare comune pentru toate nivelurile)

Liniile negre indică distribuția standard  
Liniile verzi indică distribuția preferențială  
Liniile albastre indică distribuția privilegiată

# Alimentarea rezilientă cu energie electrică într-o clădire modernă de birouri

Sarcina	Sarcina instalată [kVA]		Durata de utilizare și factorul de nesimultaneitate		Puterea cerută [kVA]		Puterea instalată [kVA]	
	Putere (1)	Lumină (2)	Putere (3)	Lumină (4)	Putere (5)	Lumină (6)	Putere (7)	Lumină (8)
Subsolul 2	7	10	0,7	1	5	10	6,5	11,5
Subsolul 1	114	15	0,7	1	80	15	104	17,25
Parter și servicii generale	43	15	0,7	1	30	15	39	17,25
Primul nivel	50	17	0,7	1	35	17	45,5	19,55
Nivelul 2	50	17	0,7	1	35	17	45,5	19,55
Nivelul 3	50	17	0,7	1	35	17	45,5	19,55
Nivelul 4	50	17	0,7	1	35	17	45,5	19,55
Nivelul 5	50	17	0,7	1	35	17	45,5	19,55
Nivelul 6	50	17	0,7	1	35	17	45,5	19,55
Nivelul 7	50	17	0,7	1	35	17	45,5	19,55
Nivelul 8	29	12	0,7	1	20	12	26	13,8
Nivelul 9	3	2	0,7	1	2	2	2,6	2,3
Centrala termică	29	0	0,7	–	20	0	26	0
Instalații de încălzire, ventilație, aer condiționat	843	0	0,7	–	590	0	767	0
Depozit de valori	14	5	0,7	1	10	5	13	5,75
Lifturi	114	0	0,7	1	80	0	104	0
TOTAL	1546	178	–	–	1082	178	1407	204,7

*Tabelul 5 - Sarcini de vârf și dimensionarea actuală a sistemului de distribuție primară*

Având în vedere forma măsurată a curbei de curent electric, toate circuitele noi au fost dimensionate luând în considerare spectrul armonic și condițiile de reziliență în alimentare:

- ◆ secțiunea conductorului de nul egală cu cea a conductorului de fază (a se vedea secțiunea 3.5.1)
- ◆ denominarea cablurilor (a se vedea secțiunea 3.1 și 3.5.1).

O atenție specială trebuie acordată dimensionării conductorului de fază și a conductorului de nul pentru a evita supraîncălzirea și deconectări nedorite ale sistemului de protecție. Existența UPS sau a generatorului de intervenție nu este utilă dacă din această cauză apare un defect în circuit.

## Analiza de costuri

Costurile instalației existente sunt comparate cu cele ale celor două soluții alternative posibile, indicate în tabelul 6.

Soluția 1 corespunde schemei șunt, iar soluția 2 este schema radială simplă, preferabilă pentru o clădire nouă, însă dificil de implementat pentru îmbunătățirea unei instalații existente.

## Costuri când selecția se face în stadiul inițial de proiectare

Relativ la acest aspect este necesar a sublinia următoarele:

- ◆ valorile procentuale se referă la costurile instalației existente
- ◆ costurile suplimentare pentru soluțiile îmbunătățite sunt reduse, dacă sunt luate în considerare în stadiul inițial de proiectare
- ◆ costurile pentru soluția cea mai bună (adică soluția 2 – schemă radială simplă la distribuția finală) diferă numai cu 3% față de soluția 1, dacă este luată în considerare în etapa inițială de proiectare, însă diferența poate fi mult mai mare dacă se ia în considerație numai la etapa de refacere
- ◆ costurile se referă la anul 2001
- ◆ costurile pentru UPS iau în considerare numai achiziția și instalarea. Costurile adiționale pentru întreținere trebuie luate în considerare.

# Alimentarea rezilientă cu energie electrică într-o clădire modernă de birouri

Deși evaluarea costurilor medii pentru un sistem proiectat pentru a corespunde normelor de bună practică în domeniul calității energiei electrice este dificilă, este necesar a lua în considerație faptul că:

- estimările de costuri includ costurile determinate de dificultățile practice de instalare și renovare a clădirii în centrul unui oraș important;
- modificarea schemei distribuției principale reprezintă cea mai importantă și necesară acțiune ;
- soluția cu un singur circuit vertical este foarte dificil de realizat în timp ce clădirea este funcțională.

Lucrare	Soluția existentă [€]	Soluția 1 [€]	Soluția 2 [€]
<b>Costuri la etapa de proiectare</b>			
Tabloul principal de JT	32 000	35 000	45 000
Circuite verticale	30 000	35 000	60 000
Distribuție orizontală	107 000	135 000	135 000
Grupuri generatoare	87 000	107 000	107 000
UPS	55 000	105 000	105 000
Sursa de energie	355 000	375 000	375 000
Iluminat	500 000	525 000	525 000
<b>Total</b>	<b>1 166 000</b>	<b>1 317 000</b>	<b>1 352 000</b>
<b>Diferența de costuri</b>		<b>151 000 (+13%)</b>	<b>186 000 (+16%)</b>
<b>Costuri pentru lucrări de îmbunătățire</b>			
<b>Costuri adiționale</b>		<b>422 000 (+36%)</b>	<b>543 000 (+46%)</b>

Tabelul 6 - Comparația costurilor

## Concluzii

Costurile inițiale reduse nu înseamnă în mod necesar o bună soluție. Un sistem adecvat din punctul de vedere al calității energiei electrice, deși inițial mai scump, poate evita pierderi mari pe durata sa de viață. Analiza de caz studiată în această lucrare indică faptul că într-o instalație electrică realizată fără a ține seama de problemele de calitate a energiei electrice, rezultă o mare cantitate de neplăceri. Deciziile trebuie să fie luate astfel încât să se rezolve aceste probleme sau pur și simplu să se accepte situația cu aceste inconveniente și a întreruperilor determinate de acestea.

Analiza de cost/beneficiu a arătat faptul că reziliența în alimentare trebuie luată cu atenție în considerare în etapa de proiectare. Numai cu o creștere de 16% a costurilor instalației (1% din costurile clădirii) se obțin:

- ◆ trei linii de protecție contra întreruperilor în alimentare pentru sarcinile critice (tablou dublu la fiecare nivel, generator, UPS)
- ◆ o rețea cu reziliență ridicată în alimentare, fiecare nivel fiind alimentat de la două tablouri de distribuție. Fiecare tablou este independent față de celelalte și față de tablourile de la celelalte niveluri.
- ◆ o rețea electrică foarte flexibilă pentru creșterea viitoare a sarcinii.

Chiar dacă pare la început scumpă, soluția cu reziliență ridicată, în mod obișnuit, conduce la o creștere numai cu 1% a costului clădirii. În cazul clădirilor comerciale, la care costurile inițiale sunt recuperate după 7-8 ani, investiția inițială se recuperează la o creștere a productivității cu 10 minute pe o săptămână. Restul este profit.

Proiectarea conform acestor norme nu garantează o performanță optimă din punctul de vedere al calității energiei electrice și a compatibilității electromagnetice și pot fi luate în considerare soluții îmbunătățite. La nivel european sunt în prezent în elaborare norme îmbunătățite.

# Alimentarea rezilientă cu energie electrică într-o clădire modernă de birouri

---

## Bibliografie

- [1] P. Chizzolini, P. L. Noferi, *Ottimizzazione degli interventi sulla rete di distribuzione mirati al miglioramento della continuità del servizio elettrico*, LXXXVII Riunione AEI, Firenze 1986.
- [2] T. M. Gruzs, *A survey of neutral currents in three-phase computer power systems*, IEEE Transaction on industry applications, vol. 26, n° 4 July/August 1990.
- [3] \*\*\* IEC 364-5-523 - *Electrical installations of buildings - Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment - Wiring systems*.
- [4] A. Baggini, A. Bossi, *Componenti e carichi suscettibili ai disturbi*, Corso 'Interazioni elettromagnetiche tra componenti e sistemi in ambito industriale: compatibilità elettromagnetica in bassa frequenza', Dipartimento di Elettrotecnica del Politecnico di Milano, 21-25 febbraio 1994.
- [5] A. Silvestri, F. Tommazzolli, *Schemi per gli impianti di energia: semplicità, affidabilità, risparmio, ridondanza dove e come*, Corso *Il progetto degli impianti elettrici di energia. Le norme e la regola dell'arte*, Dipartimento di Ingegneria Elettrica dell'Università degli Studi di Pavia, AEI, CNR, Pavia, 10-13 giugno 1991.

## *Note*

---

## *Note*

---

## Parteneri de Referință & Fondatori\*

European Copper Institute* (ECI) <a href="http://www.eurocopper.org">www.eurocopper.org</a>	Engineering Consulting & Design* (ECD) <a href="http://www.ecd.it">www.ecd.it</a>	Polish Copper Promotion Centre* (PCPC) <a href="http://www.miedz.org.pl">www.miedz.org.pl</a>
Akademia Gorniczo-Hutnicza (AGH) <a href="http://www.agh.edu.pl">www.agh.edu.pl</a>	Hochschule für Technik und Wirtschaft* (HTW) <a href="http://www.htw-saarland.de">www.htw-saarland.de</a>	Provinciale Industriële Hogeschool (PIH) Web: <a href="http://www.pih.be">www.pih.be</a>
Centre d'Innovació Tecnològica en Convertidors Estàtics i Accionaments (CITCEA) <a href="http://www.citcea.upc.es">www.citcea.upc.es</a>	Istituto Italiano del Rame* (IIR) <a href="http://www.iir.it">www.iir.it</a>	Università di Bergamo* <a href="http://www.unibg.it">www.unibg.it</a>
Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) <a href="http://www.ceiuni.it">www.ceiuni.it</a>	International Union for Electrotechnology Applications (UIE) <a href="http://www.ue.org">www.ue.org</a>	University of Bath <a href="http://www.bath.ac.uk">www.bath.ac.uk</a>
Copper Benelux* <a href="http://www.copperbenelux.org">www.copperbenelux.org</a>	ISR - Universidade de Coimbra <a href="http://www.isr.uc.pt">www.isr.uc.pt</a>	University of Manchester Institute of Science and Technology (UMIST) <a href="http://www.umist.ac.uk">www.umist.ac.uk</a>
Copper Development Association* (CDA UK) <a href="http://www.cda.org.uk">www.cda.org.uk</a>	Katholieke Universiteit Leuven* (KU Leuven) <a href="http://www.kuleuven.ac.be">www.kuleuven.ac.be</a>	Wroclaw University of Technology* <a href="http://www.pwr.wroc.pl">www.pwr.wroc.pl</a>
Deutsches Kupferinstitut* (DKI) <a href="http://www.kupferinstitut.de">www.kupferinstitut.de</a>	La Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII) Web: <a href="http://www.etsii.upm.es">www.etsii.upm.es</a>	

## Consiliul de redacție

David Chapman (Chief Editor)	CDA UK	<a href="mailto:david.chapman@copperdev.co.uk">david.chapman@copperdev.co.uk</a>
Prof Angelo Baggini	Università di Bergamo	<a href="mailto:angelo.baggini@unibg.it">angelo.baggini@unibg.it</a>
Dr Araceli Hernández Bayo	ETSII - Universidad Politécnica de Madrid	<a href="mailto:ahernandez@etsii.upm.es">ahernandez@etsii.upm.es</a>
Prof Ronnie Belmans	UIE	<a href="mailto:ronnie.belmans@esat.kuleuven.ac.be">ronnie.belmans@esat.kuleuven.ac.be</a>
Dr Franco Bua	ECD	<a href="mailto:franco.bua@ecd.it">franco.bua@ecd.it</a>
Prof Anibal de Almeida	ISR - Universidade de Coimbra	<a href="mailto:adealmeida@isr.uc.pt">adealmeida@isr.uc.pt</a>
Hans De Keulenaer	ECI	<a href="mailto:hdk@eurocopper.org">hdk@eurocopper.org</a>
Gregory Delaere	Lemcko	<a href="mailto:gregory.delaere@howest.be">gregory.delaere@howest.be</a>
Prof Jan Desmet	Hogeschool West-Vlaanderen	<a href="mailto:jan.desmet@howest.be">jan.desmet@howest.be</a>
Dr ir Marcel Didden	Laborelec	<a href="mailto:marcel.didden@laborelec.com">marcel.didden@laborelec.com</a>
Dr Johan Driesen	KU Leuven	<a href="mailto:johan.driesen@esat.kuleuven.ac.be">johan.driesen@esat.kuleuven.ac.be</a>
Stefan Fassbinder	DKI	<a href="mailto:sfassbinder@kupferinstitut.de">sfassbinder@kupferinstitut.de</a>
Prof Zbigniew Hanzelka	Akademia Gorniczo-Hutnicza	<a href="mailto:hanzel@uci.agh.edu.pl">hanzel@uci.agh.edu.pl</a>
Dr Antoni Klajn	Wroclaw University of Technology	<a href="mailto:antoni.klajn@pwr.wroc.pl">antoni.klajn@pwr.wroc.pl</a>
Reiner Kreuzer	HTW	<a href="mailto:rkreuzer@htw-saarland.de">rkreuzer@htw-saarland.de</a>
Prof Wolfgang Langguth	HTW	<a href="mailto:wlang@htw-saarland.de">wlang@htw-saarland.de</a>
Jonathan Manson	Gorham & Partners Ltd	<a href="mailto:jonathanm@gorham.org">jonathanm@gorham.org</a>
Prof Henryk Markiewicz	Wroclaw University of Technology	<a href="mailto:henrvk.markiewicz@pwr.wroc.pl">henrvk.markiewicz@pwr.wroc.pl</a>
Carlo Masetti	CEI	<a href="mailto:masetti@ceiuni.it">masetti@ceiuni.it</a>
Dr Jovica Milanovic	UMIST	<a href="mailto:jovica.milanovic@umist.ac.uk">jovica.milanovic@umist.ac.uk</a>
Dr Miles Redfern	University of Bath	<a href="mailto:eesmar@bath.ac.uk">eesmar@bath.ac.uk</a>
Andreas Sumper	CITCEA	<a href="mailto:sumper@citcea.upc.es">sumper@citcea.upc.es</a>
Roman Targosz	PCPC	<a href="mailto:cem@miedz.org.pl">cem@miedz.org.pl</a>



*Hans De Keulenaer*



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)



*Prof. Angelo Baggini*



Università di Bergamo  
v.le Marconi 5  
Dalmine 24044  
Italy  
Tel: 00 39 035 2052353  
Fax: 00 39 035 2052377  
Email: [angelo.baggini@unibg.it](mailto:angelo.baggini@unibg.it)  
Web: [www.unibg.it](http://www.unibg.it)



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)