

Ghid de Aplicare - Calitatea Energiei Electrice

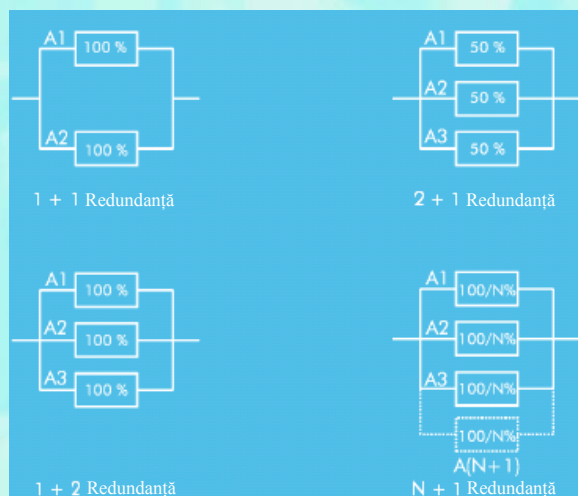
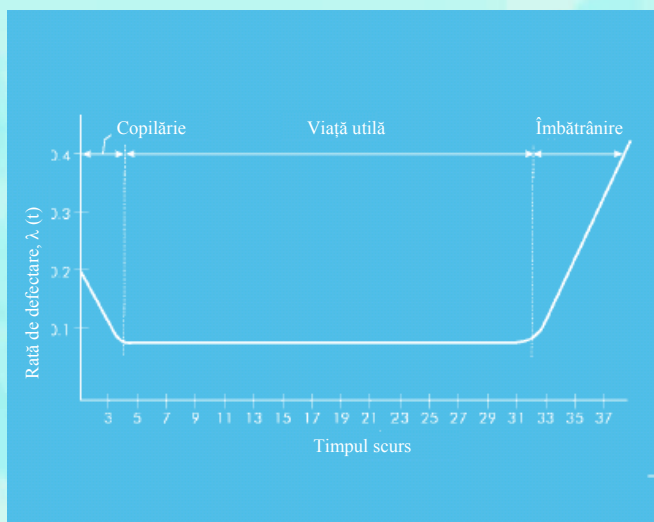


Leonardo da Vinci

Reziliență

Reziliență, Fiabilitate și Redundanță

4.1



Reziliență

Reziliență

Reziliență, Fiabilitate și Redundanță

Gary Marshall, WSP Communications Ltd &
David Chapman, Copper Development Association
Mai 2002

European Copper Institute (ECI)

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

Societatea Inginerilor Energeticieni din România

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

Mulțumiri

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

Atenționare

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

European Copper Institute, WSP Communications Ltd, Copper Development Association 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, WSP Communications Ltd, Copper Development Association și Societatea Inginerilor Energeticieni din România.

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



Membră a
EURCOPPER

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

Reziliență, Fiabilitate și Redundanță - cei trei R ai proiectării electrice

Introducere

Disponibilitatea – proporția de timp în care sistemul este capabil să funcționeze - este unul din parametrii cheie în determinarea calității alimentării cu energie electrică. Valorile absolute ale disponibilității cerute sau dorite sunt foarte mari – un utilizator casnic tipic din Europa de Vest ar putea dori o disponibilitate de 99,98 %, în timp ce un consumator comercial ar putea cere valori chiar mai mari de 99,996 %. Astfel de nivele înalte de disponibilitate nu se realizează în mod natural sau din întâmplare: ele sunt rezultatul unei excelente proiectări și proceduri de mentenanță, ca și a atenției pentru detaliu.

Cu excepția cazului în care proiectantul ia măsuri pentru a evita acest fapt, disponibilitatea se reduce potențial cu fiecare conexiune, dispozitiv de protecție, cablu etc de-a lungul instalației, astfel încât ea este maximă la punctul comun de cuplare (PCC) și minimă la bornele echipamentului.

În general, disponibilitatea la nivelul PCC este de cca 99,98 %, valoare mare asigurată de redundanța ridicată a rețelei electrice de alimentare prin faptul că sunt disponibile mai multe căi între consumator și nodurile generatoare, fiecare cale fiind monitorizată permanent și întreținută, astfel încât să se asigure ce mai înaltă disponibilitate (justificată economic). Dacă pe o anumită cale apare un defect, probabilitatea de a avea o cale alternativă este foarte mare astfel încât nu se produce întreruperea sau, în cel mai rău caz, se produce o întrerupere de scurtă durată a alimentării cu energie electrică a consumatorului. Din acest punct de vedere, proiectarea instalațiilor se află încă în urmă, folosind conexiuni singulare sau transformatoare fără rezerve sau prevăzute cu conexiuni comutabile. Asigurându-i o altă cale, rețeaua poate să supraviețuiască defectării unei componente sau conexiuni – ea este rezilientă - în timp ce instalația prezintă numeroase puncte particulare a căror defectare poate produce întreruperea alimentării.

Încă de la mijlocul secolului trecut s-a acordat o atenție deosebită fiabilității componentelor și subsistemelor. Interesul a fost orientat spre reducerea ratei de defectare, deci spre creșterea duratei de viață operațională.

În ultimul deceniu obiectivul s-a modificat; proiectanții și analiștii de sistem fiind, în prezent, mult mai preocupați de disponibilitatea sistemelor lor. O disponibilitate ridicată cere mult mai mult decât o fiabilitate ridicată. În funcție de situație și de importanța pe care o are echipamentul în realizarea unei operații, se mai pot cere durate de reparație mici, un anumit grad de redundanță “on-line”, ‘hot swap’ replacement a subsistemelor critice, strategii bune de diagnostic și stocuri corespunzătoare. În orice situație, menținerea unei înalte ridicate disponibilități cere o atență planificare avansată și un bun management al mentenanței. De fapt, aceasta este mai mult management și planificare decât inginerie.

O înaltă fiabilitate, deși insuficientă prin ea însăși, este încă o cerință fundamentală; asigurarea unei disponibilități ridicate folosind un echipament nefiabil este nerealistă deoarece necesită mult efort, un stoc mare de rezervă și un echipament redundant. O proiectare rezilientă impune o dispunere inteligentă a echipamentului, intrinsec fiabil, într-o topologie redundantă, asociată cu proceduri de mentenanță bine definite și riguros implementate.

Cerințele de bază ale unei înalte fiabilități a unităților individuale vor fi prezentate în secțiunea următoare.

Fundamente

Fiabilitate

Fiabilitatea este evaluată în termeni de durată medie de funcționare până la apariția defectului (Mean Time To Failure - MTTF). MTTF este exprimată în ore și reprezintă timpul mediu până la defectare pentru fiecare membru individual al unei mari populații de părți de producție standard. Măsurarea fiabilității este dificilă și necesită timp; fiabilitatea reprezintă un parametru statistic evaluat pe baza unei combinații a experienței referitoare la componente similare și a unor teste de scurtă durată efectuate asupra unui mare număr de componente studiate. Pe măsură ce produsele se ‘maturizează’ și se acumulează date pe termen lung, încrederea în valorile MTTF crește. Dar aceasta nu reprezintă o garanție !

Reziliență, Fiabilitate și Redundanță

Defectarea poate apare ca un eveniment catastrofal, adică este completă și bruscă ca defectarea unei lămpi cu incandescență, sau este numai o degradare, fiind treptată și parțială ca în cazul unei unități electronice care iese din domeniul de funcționare specificat. În cazul unei surse de energie electrică, întreruperea completă poate fi considerată un defect catastrofal, în timp ce o abatere de tensiune sau de frecvență ar putea fi privită ca degradare. Un defect este considerat primar dacă nu este produs de un defect care se petrece în altă parte a sistemului și secundar dacă el este rezultatul unui defect al altei părți din sistem. De exemplu, defectarea normală a unei lămpi cu incandescență ar fi un defect primar, iar defectarea în urma unei supratensiuni severe ar reprezenta un defect secundar fiind rezultatul unei defectări în altă parte. Fiabilitatea oferă informații privind numai defectele primare.

Anumite defecte pot fi evidente, ca spargerea balonului unei lămpi cu incandescență, dar în alte cazuri poate să fie mult mai dificil să se pună în evidență apariția unui defect. De exemplu, un circuit electronic complex, care trebuie să realizeze o serie de condiții tehnice detaliate, este defect dacă orice parametru iese din limitele specificate, deși aceasta poate să nu fie evident pentru utilizator. Unui circuit electronic de interfață i se poate cere să aibă o anumită imunitate la zgomotul de tensiune; deficiența în menținerea acestei imunități s-ar putea să nu fie observată în condiții de absență a zgomotului, dar simptomele ar deveni evidente în condiții mai grele. În asemenea situații defectele și erorile pot să fie aleatorii fiind probabil dificil să fie localizată cauza în vederea unei remedieri rapide.

Figura 1 reprezintă evoluția ratei de defectare $\lambda(t)$ în funcție de timp. Curba obținută este adesea numită "curba cada de baie" și este tipică pentru multe componente electronice. Ea are trei regiuni distincte:

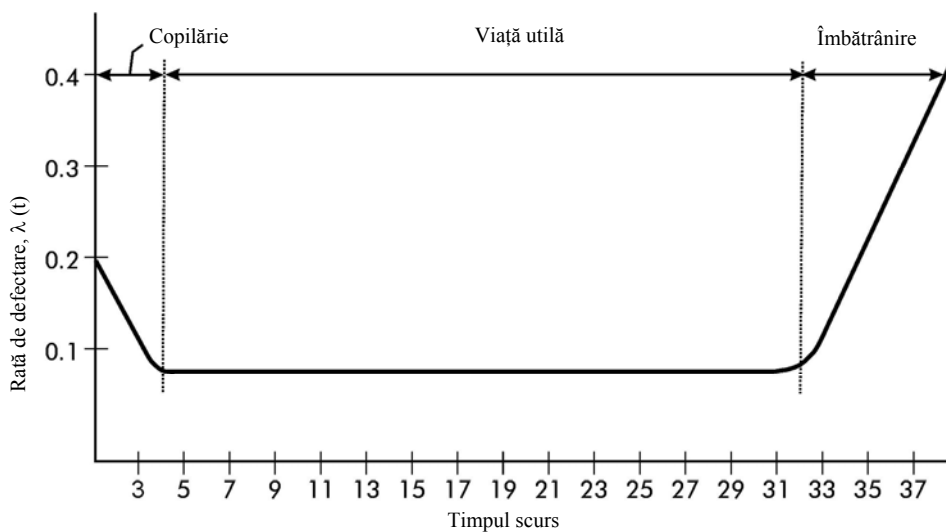


Figura 1- Evoluția ratei de defectare în funcție de timp

Copilărie sau rodaj

Aceasta este perioada (până la 4 unități de timp în figură) în care $\lambda(t)$ descreește deoarece componentele necorespunzătoare se defectează. Ea este cunoscută sub numele de copilărie, defectare precoce, mortalitate infantilă ori perioadă de rodaj. Primele trei denumiri au o justificare evidentă. Rodajul este un proces care este folosit uneori în stadiile finale ale fabricării componentelor în scopul eliminării defectelor precoce. Ea implică o funcționare a componentelor în condiții normale (sau în condiții controlate ceva mai severe decât cele normale, în scopul accelerării procesului) pe o perioadă suficient de lungă pentru a depăși copilăria.

Viața utilă sau perioada de funcționare normală

Aceasta este o perioadă în care $\lambda(t)$ este practic constantă și relativ scăzută (cuprinsă între 5 și 31 de unități de timp în fig. 1). În acest interval intensitatea de defectare este independentă față de timp. Cu alte cuvinte, probabilitatea de defectare a componentei este aceeași pe întreaga perioadă.

Reziliență, Fiabilitate și Redundanță

Uzura sau îmbătrânirea

Aceasta este perioada în care intensitatea de defectare crește treptat în funcție de timp (dincolo de 31 unități de timp în această figură).

Curba cada de baie descrie comportarea pe care ar putea să o aibă numeroase tipuri de componente sau chiar sisteme mai complexe ca, de exemplu, UPS. Considerând exemplul, deja familiar, al lămpii cu incandescență, defectele din timpul copilăriei ar putea să fie cele datorate filamentelor care nu au fost bine prinse în suportul lor, care au fost realizate local prea subțiri sau care au creștături. Altă cauză a defectărilor precoce ar putea fi neetanșitatea balonului din sticlă care ar facilita oxidarea filamentului. În timpul vieții utile filamentele se evaporă treptat, devin mai subțiri și se rup, de obicei în urma stresului termic provocat de supracurentul ce apare la alimentarea lămpii. Dacă toate lămpile ar fi identice și ar funcționa în condiții identice, ele s-ar defecta toate în același moment. Totuși, deoarece nici un proces de fabricație nu produce componente identice, unele vor avea defecte serioase care vor conduce la defectarea lor în perioada copilăriei, iar intensitatea de defectare va scădea pe măsură ce componentele mai slabe sunt eliminate. În mod similar este rezonabil să așteptăm un șir de defecțiuni în perioada de uzură. În cazul lămpilor cu incandescență, compoziția filamentului, grosimea lui, lungimea și forma vor varia puțin de la o lampă la alta, fapt ce va conduce la o dispersie a duratei de funcționare. Pe măsură ce lămpile îmbătrânesc, probabilitatea defectării se mărește conducând la ramura abruptă din partea dreaptă a curbei cada de baie.

Este poate mai greu de înțeles de ce nu ar trebui să apară deloc defecțiuni pe durata perioadei de funcționare normală odată ce defecțiunile au fost înlăturate și încă nu s-a produs nici o uzură semnificativă. O analiză detaliată a numeroaselor posibilități de defectare a unei lămpi cu incandescență ar fi extrem de complexă din cauza varietății de procese mecanice, termice și chimice care au loc. Gama largă de posibilități, fiecare cu propria dependență față de timp, mediază probabilitatea de defectare care devine efectiv independentă față de timp. Procesul este considerat a fi “fără memorie” deoarece probabilitatea de defectare este considerată independentă față de istoria anterioară (evenimentele anterioare). Aceste defecțiuni sunt uneori numite catastrofale din cauză că sunt neașteptate. De fapt, în numeroase situații, procesele de uzură se petrec totuși la un nivel foarte scăzut, astfel încât procesul nu este în mod efectiv “fără memorie”.

Procesul de producție al componentelor sau ansamblurilor implică adesea un proces de rodaj astfel încât elementele care prezintă defecțiuni în perioada inițială pot fi îndepărtate din lanțul de alimentare. În numeroase cazuri, componentele electronice nu ajung la uzură pe durata lor de funcționare – ele pot să aibă o durată de viață utilă care este mult mai mare decât cea operațională a sistemului din care fac parte. Procedurile de mentenanță uzuală ar trebui să fie astfel proiectate încât componentele care se pot uza – de exemplu, bateriile reîncărcabile – să fie înlocuite înaintea uzării lor. Din această cauză, se poate presupune că toate componentele se află în funcțiune numai în intervalul vieții lor utile și că au o intensitate de defectare constantă.

Durata medie de funcționare până la apariția defectului (MTTF)

MTTF reprezintă un concept care se referă la elemente nereparabile ca lămpi cu incandescență și reprezintă durata medie până la defectare, stabilită pentru un număr mare de elemente similare care funcționează în condiții specificate. Condițiile de testare sunt importante, de exemplu o creștere a temperaturii de lucru sau a tensiunii va reduce MTTF pentru majoritatea componentelor.

În practică, MTTF este adesea evaluată din datele culese pe o perioadă de timp în care nu se defectează toate componentele. În acest caz:

$$MTTF = \frac{\text{timpul total de funcționare al tuturor componentelor}}{\text{numarul de defecte in acest interval de timp}}$$

Media timpului de bună funcționare (Mean time between failures - MTBF)

În cazul în care componentele sau elementele sistemului pot fi reparate, intensitatea de defectare se exprimă frecvent în funcție de MTBF și nu de MTTF. Aceasta (MTBF) reprezintă durata medie în care un element al echipamentului își îndeplinește funcția fără a fi nevoie să fie reparat (deși ar putea să fie necesară o anumită mentenanță).

Reziliență, Fiabilitate și Redundanță

Deoarece MTTF și MTBF sunt mărimi statistice, evaluarea lor cu o încredere satisfăcătoare necesită înregistrarea unui mare număr de defecțiuni. Încercarea de durată a unui element sau a unui echipament este dificilă astfel încât, de regulă, se încearcă simultan un mare număr de elemente pe un interval de timp mai scurt și se determină numărul total de defecte pe durata totală de funcționare a tuturor elementelor. Metoda presupune că nu se iau în considerare defecțiunile din perioada rodajului și a celei de uzură.

Disponibilitatea și durata medie de reparare (Mean time to repair - MTTR)

În prezent, utilizatorii sunt mai mult interesați de disponibilitate decât de fiabilitate. Disponibilitatea unui sistem sau a unui element reprezintă proporția din timp în care acesta funcționează corect și este disponibil spre a fi utilizat. Ea este raportul dintre durata de funcționare efectivă și durata totală, care este suma dintre durata de funcționare și cea de reparare. Durata medie a timpului necesar pentru reparare se numește durata medie de reparare, fiind notată MTTR (în limba română: media timpului de reparare – MTR)

$$\text{Disponibilitate} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

MTTR este specificată de către producător în condiții ideale considerând, de exemplu, că locul defectului este evident, că este disponibil nivelul de competență cerut pentru identificarea lui, că rezervele potrivite și procedurile de reparare sunt îndeplinite și că, odată reparat, sistemul poate fi încercat și repus în funcțiune. În practică defecțiunile apar la cel mai prost moment posibil. O valoare a MTTR de douăzeci de minute oferă avantaje reduse dacă inginerul trebuie să se deplaseze pe teren pentru a identifica problema și apoi trebuie să procure componentele de la un depozit sau, și mai rău, de la un furnizor. După reparare, sistemul trebuie să fie încercat și adus la parametri înainte de a începe să funcționeze din nou. Fiecare din acești pași poate să ia mai mult timp decât cel necesar reparării propriu zise. Anumite întârzieri pot să fie eliminate – anumite rezerve critice pot fi păstrate local, echipa proprie poate fi antrenată pentru a-și dezvolta abilitățile necesare - dar acești pași trebuie să fie implementați cu mult timp înainte și cu anumite costuri proprii acestui proces. Luând exemplul reparării unui televizor la care, pentru înlocuirea unei plăci cu circuite imprimate ar fi necesare, să zicem, 30 minute, furnizorul va evalua o MTTR de 0,5 ore. Dar utilizatorul vede lucrurile în mod diferit. Aparatul se defectează atunci când atelierul de reparații este închis. El trebuie să fie colectat, să i se identifice defectul și apoi părțile care trebuie înlocuite. După ce evaluarea este realizată și aprobată, componenta este procurată și - abia acum cele 30 de minute încep să „curgă” – înlocuită și încercată. În ziua următoare aparatul este returnat utilizatorului, care a avut astfel experiența unei MTTR a cărei durată este, probabil, o săptămână. Dacă MTBF este suficient de mare, utilizatorul poate fi mulțumit, însă dacă MTBF este scurtă s-ar putea să dorească să dispună de un televizor redundant !

Adesea, reparația constă în înlocuirea unui subansamblu cu unul nou sau cu altul, în prealabil reparat. Atunci când se montează un subansamblu care, el însuși, a fost reparat trebuie să nu se uite faptul că, în acesta, numai câteva componente sunt noi, restul componentelor fiind deja vechi. MTTF va fi, în consecință, mai mic decât în cazul folosirii unei unități noi.

Pentru a fi complet corect, MTTR ar trebui să includă, de asemenea, și timpul de întreținere, cerut de mentenanța preventivă, pentru operații ca întreținerea grupului generator, înlocuirea bateriilor sau curățirea filtrelor ventilatoarelor unor UPS etc. Din fericire timpul de întreținere necesar asigurării mentenanței preventive poate fi planificat, astfel încât întreruperea poate fi minimizată dar, adesea, nu poate fi eliminată.

Maximizarea intervalului de timp în care sistemul este disponibil implică un compromis între fiabilitatea componentei și timpul de reparație. De exemplu, elementele de conectare sunt uzual mai puțin fiabile decât conductoarele însăși, din cauza intensității de defectare relativ ridicate a conexiunilor. Pe de altă parte, durata de reparare a elementelor de conectare este mult mai mică decât cea a conductoarelor deoarece ele pot fi înlocuite relativ simplu de către muncitori care nu necesită o înaltă calificare. Echilibrul optim depinde de valorile absolute ale MTBF și de valoarea adevărată a MTTR, ținând pe deplin seama de dotările și de calificarea existente local.

Disponibilitatea sistemului este evaluată simplu împărțind MTBF la MTBF plus valoarea adevărată a MTTR - care include și elementele deja menționate. Valori îndrăznețe ale disponibilității, care adesea sunt impresionante, trebuie să fie folosite cu grijă. O aparent excelentă disponibilitate de 0,9999 înseamnă o indisponibilitate de circa o oră pe an – un nivel complet inacceptabil pentru multe activități. Realizarea în practică a unor performanțe mai bune decât acestea – numai prin creșterea fiabilității – este destul de dificil; valorile MTBF fiind mărimi statistice nu pot fi considerate de încredere în orice situație particulară, iar valorile MTTR sunt, în mod uzual, optimiste deoarece sunt evaluate în ipoteza unei atmosfere calme în mediul de lucru. În plus, complexitatea sistemelor moderne, ca de exemplu rețelele comerciale de calculatoare și controlul proceselor industriale

Reziliență, Fiabilitate și Redundanță

presupune ca un număr mare de subsisteme să lucreze perfect împreună pentru a asigura funcționarea ansamblului. Realizarea unei disponibilități mai înalte cere o abordare diferită a proiectării în sensul tolerării și supraviețuirii unor defecțiuni inevitabile decât încercarea de a le reduce - cu alte cuvinte, o proiectare elastică.

Reziliență

Un sistem rezilient este unul care poate suporta un număr de defecte ale componentelor sau subsistemelor sale în timp ce el își continuă funcționarea normală. Aceasta se obține prin instalarea de echipament adițional – redundanță – alături de o proiectare corepunzătoare – care să elimine punctele singulare de defect – și de o mentenanță bine planificată.

O abordare echilibrată a problemei este esențială. Adăugarea de echipament redundant este o soluție imediată, dar este scumpă și poate fi făcută după o analiză atentă a costurilor și beneficiilor. Introducerea unor proceduri corespunzătoare de mentenanță este relativ ieftină, dar asigurarea realizării sale corecte nu este niciodată ușoară. O echilibrare corectă a soluțiilor tehnice și manageriale sau procedurale va oferi cel mai bun raport cost / beneficii.

Elementele esențiale pentru o instalare rezilientă sunt:

- redundanța
- eliminarea punctelor sigulare de defect
- proceduri corespunzătoare ale mentenanței.

Redundanță

Redundanța reprezintă o metodă utilă de creștere a disponibilității și a optimizării echilibrului dintre eficiență și cheltuielile operaționale. Sunt instalate circuite alternative, echipamente sau componente astfel încât, în cazul apariției unuia sau a mai multor defecte, să fie păstrată funcționalitatea. Nivelul și tipul redundanței asigurate determină nivelul de funcționalitate și numărul și tipul defectelor permise.

Redundanță de rezervă

Redundanța de rezervă înseamnă că un mod alternativ de realizare a funcțiunilor este asigurat, dar neoperativ până în momentul în care este nevoie de el. Ea este pusă în funcțiune în momentul unui defect al mijloacelor primare de realizare a funcționării. Un departament IT ar trebui să păstreze câteva monitoare în plus și să le folosească în locul celor care se defectează - acesta este un exemplu de redundanță de rezervă.

Dezavantajul redundanței de rezervă îl reprezintă perioada lungă de timp ce se scurge între momentul apariției defectului și momentul punerii în funcțiune a echipamentului redundant. Asemenea scheme sunt rareori satisfăcătoare pentru sistemele critice din comerț sau din industria modernă.

Redundanță activă sau paralelă

În redundanța activă sau paralelă, toate unitățile redundante sunt în funcțiune simultan în loc de a fi pornite în momentul în care este nevoie de ele (vezi Figura 2). Cea mai evidentă abordare este de a folosi două componente, fiecare din ele capabilă să suporte întreaga sarcină astfel încât, dacă una din ele cedează, cealaltă îi va prelua sarcina – schemă ce se numește redundanță 1+1. O abordare alternativă o constituie împărțirea sarcinii într-un număr de unități, fiecare din ele fiind capabilă să suporte o fracțiune din sarcina totală, și să se prevadă o singură unitate redundantă – schemă ce se numește redundanță N+1. Pentru sarcini foarte critice, poate să se prevadă mai mult de o unitate redundantă completă. De exemplu, o schemă de redundanță 1 + 2 va trebui să aibă trei unități complete spre a susține sarcina, ceea ce ar face ca sistemul să fie afectat numai dacă toate cele trei unități se defectează.

Deoarece nu prezintă nici o întrerupere, redundanța activă este potrivită pentru calculatoare. Folosirea hard-disk-urilor în oglindă în interiorul unui server este un exemplu de redundanță 1+1.

Redundanță N+1

O alternativă ieftină o constituie utilizarea unui număr mare de unități de puteri nominale mai mici pentru a suporta sarcina cerută și pentru a asigura o unitate suplimentară redundantă. De exemplu, o sarcină de 800 kVA poate fi conectată la cinci unități UPS de 200 kVA fiecare, dintre care oricare patru ar putea suporta sarcina.

Reziliență, Fiabilitate și Redundanță

Acest tip de schemă poate fi numit redundanță 4+1 deoarece sunt necesare patru unități funcționale și una redundanță. Redundanța N+1 poate fi mai ieftină de implementat decât 1+1 și este mai flexibilă; dacă crește sarcina, este simplu să se adauge încă o unitate astfel încât un sistem 2+1 devine un sistem 3+1. Pe de altă parte, trebuie să se evite extremele; fiecare unitate adăugată constituie un potențial defect, așa încât trebuie să se păstreze echilibrul între reziliența suplimentară a sistemului versus costuri adiționale și potențial crescut de defectare al unității (nu a sistemului).

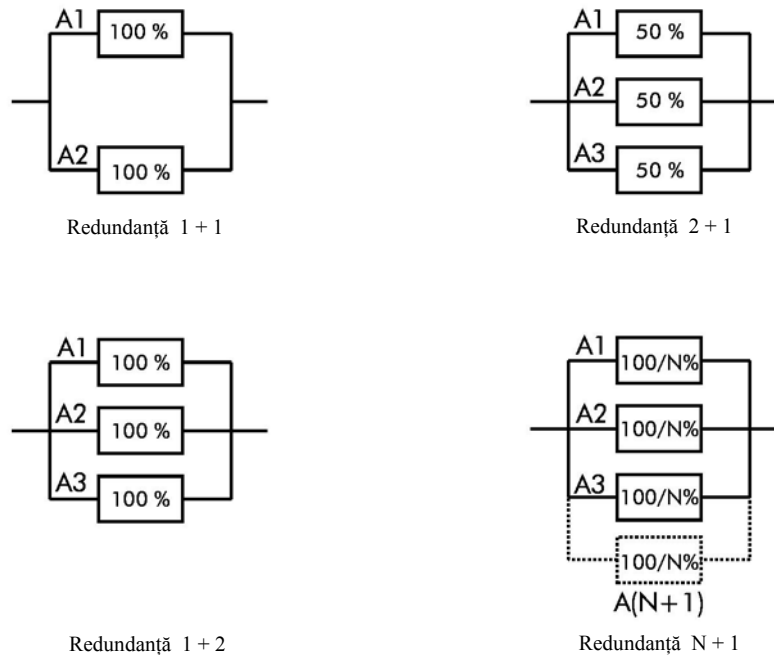


Figura 2 – Exemple de redundanță activă

Un sistem de discuri RAID 5 într-un server reprezintă un exemplu de redundanță N+1. Date adiționale ce corectează erorile sunt adăugate datelor originale și apoi dispersate într-un mod logic pe un număr de discuri. Dacă se defectează un disc, toate datele pot fi recuperate în timp real de pe discurile rămase și conținutul discului defect poate fi reconstituit.

E bine de menționat că prevederea unui UPS este în primul rând o acceptare a necesității de redundanță pentru alimentarea cu energie electrică și adăugarea de redundanță însuși UPS-ului constituie o extensie logică a acestui concept.

Eliminarea punctelor singulare de defect

Adaugarea redundanței este costisitoare, astfel că trebuie luat în considerare ce anume trebuie adăugat și mai ales cât trebuie adăugat.

Evaluarea riscului trebuie să fie efectuată astfel încât să fie calculate riscurile de producere a unui anumit defect, precum și efectul acestuia asupra funcționării sistemului. Ar trebui să fie acordată prioritate acelor defecte a căror combinare între probabilitatea de apariție și efectul asupra sistemului este maximă – posibil să includă un eveniment foarte rar dar cu efecte catastrofale și un defect frecvent, ce produce daune minore. Acest studiu ar trebui să identifice toate punctele singulare de defect – acele defecte singulare simple ce pot opri întregul sistem. Studiul trebuie să fie exhaustiv, privitor nu numai la componentele principale ale echipamentului, dar și asupra echipamentelor de control și a cablajului de semnalizare care le conectează. Dacă sistemul de control sau interconexiunile acestuia sunt cauza defectului, echipamentul de rezervă, costisitor, nu va fi de ajutor!

Figura 3 prezintă un sistem de alimentare rezilient. Acesta are două căi independente de alimentare din două puncte de rețea separate, asigurate de două generatoare independente de rezervă. Puterea de pe fiecare cale de alimentare poate fi îndreptată către fiecare sau ambele căi în mod direct sau prin utilizarea oricărei din cele două unități UPS. Comutatoarele Statice de Transfer (STS – Static Transfer Switches) sunt folosite pentru a conecta sau izola echipamentul și căile de alimentare după cum este necesar. Acest exemplu este simetric și consideră că

Reziliență, Fiabilitate și Redundanță

sarcinile de la fiecare ieșire sunt critice în mod egal; în alte circumstanțe, o ieșire poate fi folosită pentru a alimenta sarcinile critice, iar cealaltă cale poate fi folosită pentru alimentarea sarcinilor normale. În cazul funcționării normale, puterea de la una din surse ar putea fi direcționată la ambele ieșiri via UPS. În eventualitatea producerii unui defect al sursei, conexiunea poate fi făcută la sursa alternativă cu UPS asigurând energie pe perioada scurtă a schimbării căii de alimentare. Dacă sursele alternative ar fi indisponibile, atunci un generator de rezervă ar putea fi pornit și, atunci când ar atinge viteza de regim, să fie conectat la sistem; din nou un UPS va asigura energie pe durata demarajului. Dacă ambele surse și ambele generatoare se defectează sau sunt scoase din funcțiune pentru mentenanță, atunci unitățile UPS ar fi folosite pentru alimentarea căilor în mod independent. Pentru a se mări durata de viață a sursei trebuie redusă sarcina.

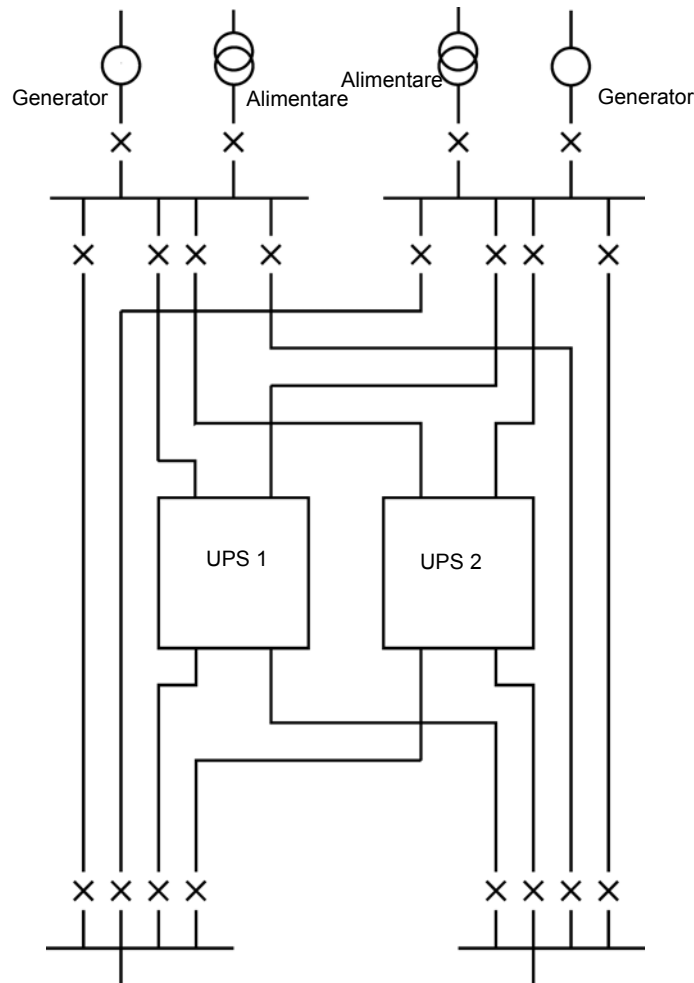


Fig.3 – Un exemplu de sistem rezilient

Acesta este un exemplu extrem. Ar fi relativ scump de implementat, dar justificabil în situațiile în care defectul ar conduce la pierderi financiare importante sau la pierderi de vieți omenești. El este folosit aici pentru a ilustra ceea ce poate fi realizat, însă în cele mai multe cazuri, pe baza unei examinări critice a riscului implicat și al costului protecției, este suficientă numai o parte a acestui sistem.

Mentținerea unui sistem rezilient

Procedurile de mentenanță reprezintă cheia pentru păstrarea rezilienței sistemului, iar aceste proceduri trebuie luate în considerare la evaluarea riscului. Dacă, de exemplu, una din cele patru UPS s-a defectat și cele trei rămase asigură funcționarea sarcinii, cum poate fi identificată necesitatea unei reparații? Care este riscul să apară o a doua defectare în situația în care unitățile rămase funcționează la o sarcină mai mare? Ar putea să crească sarcina dincolo de capacitatea asigurată de cele trei unități rămase? În faza de analiză a riscului trebuie să fie dezvoltate proceduri detaliate pentru a acoperi aceste situații și numeroase altele.

Faptul că aceste instalații au fost proiectate astfel ca să fie reziliente poate să încurajeze proceduri de mentenanță mai reduse. În fond nu are importanță faptul că o anumită unitate se defectează – sistemul va supraviețui fără ea.

Reziliență, Fiabilitate și Redundanță

Această atitudine este rețeta dezastrului. În primul rând, există numeroase cauze de apariție a defectelor ca să mai fie nevoie de multiplicarea lor. În al doilea rând, dacă o unitate se defectează din cauza lipsei de mentenanță, atunci este verosimil ca și corespondentele ei să se afle într-o stare similară și este probabil că se vor defecta atunci când o să apară o sarcină suplimentară.

Testarea sistemului este de asemenea importantă. Personalul ce se ocupă de mentenanță trebuie să fie încrezător în capacitatea sistemului de a rezista și trebuie să-l testeze regulat prin simularea pierderii unor componente unitare sau a unor părți ale echipamentului. Odată stabilit faptul că sistemul este rezilient, trebuie efectuate testări regulate cu o mare probabilitate de succes. Este necesar ca aceste teste să fie efectuate atunci când consecințele unui defect sunt minime, dar trebuie să reflecte condițiile unui site real.

Concluzii

Disponibilitatea reprezintă principala grijă a proiectanților instalațiilor, precum și a celor ce se ocupă de mentenanță. Un grad înalt de disponibilitate nu poate fi atins doar printr-o fiabilitate foarte bună – sunt necesare o proiectare elastică și proceduri de mentenanță corespunzătoare. Proiectarea și implementarea unui sistem rezilient este doar primul pas dintr-un drum foarte lung.

Un punct singular de defect ascuns

Figura 4 prezintă o instalație în care o parte semnificativă a sarcinii este realizată cu motoare la care compensarea puterii reactive se realizează cu baterii de condensatoare comutate. Circuitele de control conectează condensatoarele în funcție de sarcina instantanee a motorului, asigurând minimizarea puterii reactive. Se reduc astfel pierderile din transformatoare și cabluri, ca și consumul de energie.

Deoarece puterea reactivă a sarcinii este compensată, intensitatea curentului este mai redusă decât cea din absența compensării. Transformatorul are, astfel, o rezervă de putere și poate să suporte o sarcină suplimentară, dar numai atât timp cât sistemul de compensare a puterii reactive (PCF) este în funcție. Dacă se adaugă o sarcină suplimentară și sistemul PCF se defectează, atunci intensitatea curentului de sarcină va depăși limita admisă producând o suprasarcină bruscă sau o defecțiune maximă.

Sistemul PCF, dispozitivul său de măsurare și de control, chiar și întreruptorul acestuia devin astfel elemente critice pentru “supraviețuirea” transformatorului sau a site-ului. Fiabilitatea întregii instalații este redusă la cea a celei mai puțin fiabile dintre aceste componente.

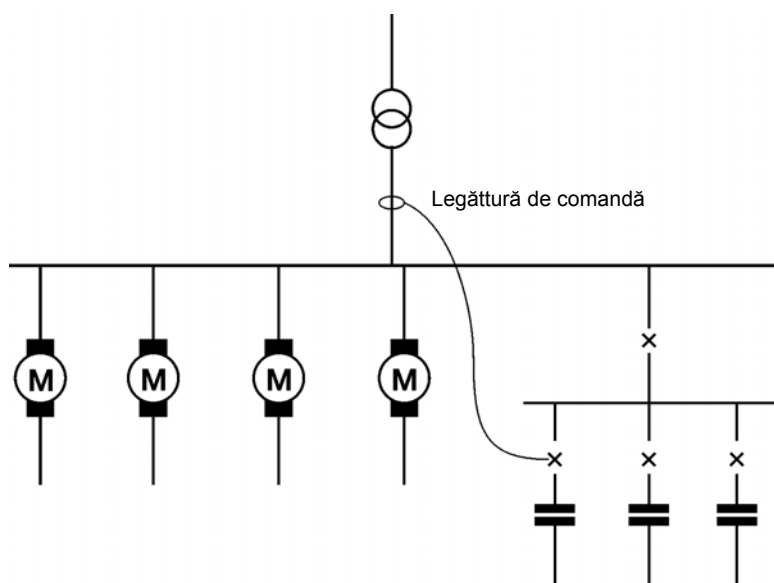


Fig.4 – Compensarea puterii reactive folosind o baterie comandată de condensatoare

Parteneri

Copper Benelux

168 Avenue de Tervueren
B-1150 Brussels
Belgium

Tel: 00 32 2 777 7090
Fax: 00 32 2 777 7099
Email: mail@copperbenelux.org
Web: www.copperbenelux.org

Contact: Mr B Dôme

Copper Development Association

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

Tel: 00 44 1727 731205
Fax: 00 44 1727 731216
Email: copperdev@compuserve.com
Webs: www.cda.org.uk & www.brass.org

Contact: Mrs A Vessey

Deutsches Kupferinstitut e.V

Am Bonneshof 5
D-40474 Duesseldorf
Germany

Tel: 00 49 211 4796 323
Fax: 00 49 211 4796 310
Email: sfassbinder@kupferinstitut.de
Web: www.kupferinstitut.de

Contact: Mr S Fassbinder

ECD Services

Via Cardinal Maffi 21
I-27100 Pavia
Italy

Tel: 00 39 0382 538934
Fax: 00 39 0382 308028
Email: info@ecd.it
Web www.ecd.it

Contact: Dr A Baggini

European Copper Institute

168 Avenue de Tervueren
B-1150 Brussels
Belgium

Tel: 00 32 2 777 70 70
Fax: 00 32 2 777 70 79
Email: eci@eurocopper.org
Web: www.eurocopper.org

Contact: Mr H De Keulenaer

Hevrox

Schoebroekstraat 62
B-3583 Beringen
Belgium

Tel: 00 32 11 454 420
Fax: 00 32 11 454 423
Email: info@hevrox.be

Contact: Mr I Hendrixx

HTW

Goebenstrasse 40
D-66117 Saarbruecken
Germany

Tel: 00 49 681 5867 279
Fax: 00 49 681 5867 302
Email: wlang@htw-saarland.de

Contact: Prof Dr W Langguth

Istituto Italiano del Rame

Via Corradino d'Ascanio 4
I-20142 Milano
Italy

Tel: 00 39 02 89301330
Fax: 00 39 02 89301513
Email: ist-rame@wirednet.it
Web: www.iir.it

Contact: Mr V Loconsolo

KU Leuven

Kasteelpark Arenberg 10
B-3001 Leuven-Heverlee

Belgium
Tel: 00 32 16 32 10 20
Fax: 00 32 16 32 19 85
Email: ronnie.belmans@esat.kuleuven.ac.be

Contact: Prof Dr R Belmans

Polish Copper Promotion Centre SA

Pl.1 Maja 1-2
PL-50-136 Wroclaw
Poland

Tel: 00 48 71 78 12 502
Fax: 00 48 71 78 12 504
Email: copperpl@wroclaw.top.pl

Contact: Mr P Jurasz

TU Bergamo

Viale G Marconi 5
I-24044 Dalmine (BG)
Italy

Tel: 00 39 035 27 73 07
Fax: 00 39 035 56 27 79
Email: graziana@unibg.it

Contact: Prof R Colombi

TU Wroclaw

Wybrzeze Wyspianskiego 27
PL-50-370 Wroclaw
Poland

Tel: 00 48 71 32 80 192
Fax: 00 48 71 32 03 596
Email: i8@elektryk.ie.pwr.wroc.pl

Contact: Prof Dr H Markiewicz



Gary Marshall



WSP Communications Ltd
Buchanan House
24-30 Holborn
London EC1N 2HS
United Kingdom

Tel: 00 44 20 7314 5000
Fax: 00 44 20 7314 5700
Email: gary.marshall@wspgroup.com
Website: www.wspgroup.com



David Chapman



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

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



Membră a
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