

Goluri de tensiune

1. Introducere

Prin **gol de tensiune** se înțelege o reducere a valorii efective a tensiunii sau completa dispariție a acesteia pe timp scurt.

Golurile de tensiune sunt descrise prin tensiunea remanentă (exprimată de regulă ca procente din valoarea efectivă a tensiunii nominale, a tensiunii remanente în punctul cel mai jos atins în timpul golului) și durata lor, așa cum este indicat în Fig. 1.

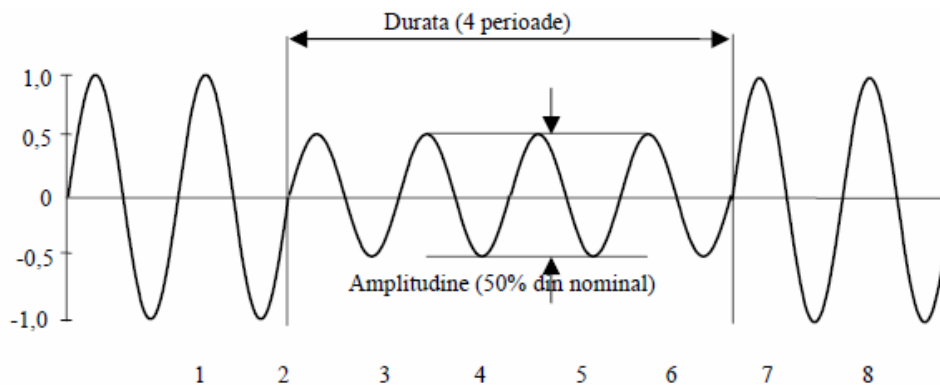


Fig.1. Golurile de tensiune

Tensiunea remanentă 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.

Există două **cauze principale** pentru apariția golurilor de tensiune:

- conectarea unei sarcini foarte mari locale sau la un alt consumator racordat pe același circuit
- defecte pe alte ramuri ale rețelei.

Goluri de tensiune pot apărea atât în rețelele furnizorului, cât și în cele ale utilizatorilor de energie electrică, apariția lor fiind inevitabilă și aleatoare.

Căderile (scăderile) de tensiune sunt reduceri de tensiune de o durată mai mare și sunt în majoritatea cazurilor datorate unei reduceri voite a tensiunii de către furnizor pentru a reduce puterea în momentele de sarcină maximă sau în condițiile unei alimentări slab dimensionate în raport cu sarcina.

2. Cauzele și efectele golurilor de tensiune

2.1. Goluri de tensiune determinate de sarcini mari

Când se conectează o sarcină mare, de exemplu motoarele de mare putere, curentul de pornire este mare, de mai multe ori, față de curentul nominal. Deoarece alimentarea și conductoarele instalației sunt dimensionate pentru curentul normal de funcționare, curentul de pornire determină o cădere de tensiune atât în rețeaua de alimentare, cât și în instalație.

Amploarea efectului depinde de „cât de puternică” este rețeaua, adică cât este de mică impedanța în punctul comun de cuplare (PCC) și de impedanța conductoarelor din instalație.

Golurile determinate de curenții de pornire se caracterizează prin aceea că sunt mai puțin adânci și cu o durată mult mai mare decât cele datorate defectelor din rețea – care de regulă au o durată de una până la câteva secunde sau zeci de secunde, mai degrabă sub o secundă.

Sunt ușor de rezolvat problemele datorate unei rezistențe prea mari a conductoarelor din instalație.

Soluții

1. Sarcinile mari vor trebui racordate direct la sursa de tensiune cea mai apropiată, fie în PCC sau în secundarul transformatorului de alimentare. Dacă problema este cauzată de impedanța din PCC adică alimentarea este prea „slabă” trebuie luate alte măsuri.
2. O soluție, dacă este posibil a fi aplicată echipamentului respectiv, este prevederea unui “soft starter” astfel încât curentul de pornire să fie limitat la o valoare mai mică, dar va necesita o durată de pornire mai mare.
3. O altă soluție constă în a negocia cu furnizorul o alimentare cu o impedanță mai mică – dar aceasta poate fi costisitoare depinzând de structura rețelelor din zonă. În cazul în care cauza reducerii de tensiune nu poate fi controlată, trebuie prevăzut un echipament special pentru a o compensa. Exemplu: stabilizatoare de tensiune electromecanice tradiționale sau stabilizatoare electronice și regulatoare dinamice de tensiune.

2.2. Goluri de tensiune determinate de defecte în rețea

Rețeaua de alimentare este foarte complexă. Amploarea unui gol de tensiune datorat unui defect într-o altă parte a rețelei depinde de topologia rețelei și de impedanțele surselor în punctul de defect, de impedanțele sarcinilor și ale generatoarelor la punctul lor comun de cuplare.

În Fig.2 se prezintă un exemplu.

Un defect în punctul F3 conduce la un gol de tensiune de 0 % la sarcina 3, de 64 % la sarcina 2 și 98 % la sarcina 1.

Un defect în F1 va afecta utilizatorii cu 0 % la sarcina 1 și 50 % pentru toate celelalte sarcini.

De reținut că un defect la nivelul 1 afectează mai mulți consumatori și mai sever decât un defect la nivel 3. Probabil că sarcinile conectate la nivelul 3 vor suferi mai multe goluri de tensiune decât cele conectate la nivelul 1, deoarece sunt mai multe potențiale locuri în care pot să apară defecte care să-i afecteze: nivelul 1 și nivelul 2. Sarcinile la nivelul 2 și 1 sunt – progresiv – mai puțin sensibile la defectele de la nivelul 3.

În general, cu cât o sarcină este mai „aproape” de sursă cu atât va suferi mai puține goluri de tensiune și cu atât vor fi ele mai puțin severe.

Durata unui gol depinde de durata în care sistemele de protecție reușesc să detecteze și să izoleze defectul și este, în mod obișnuit, de ordinul a câtorva sute de milisecunde. Dacă defectele sunt trecătoare, ca de exemplu căderea unei crengi de copac pe o linie, defectul

poate fi eliminat foarte repede după ce s-a produs. Dacă circuitul ar rămâne deconectat permanent de către echipamentul de protecție, toți consumatorii de pe circuit vor suferi o întrerupere până când circuitul va fi verificat și reconectat. Reanclanșarea automată rapidă (RAR) poate face situația mai ușoară, dar produce și o creștere a numărului de goluri. Un RAR așteaptă până să reconecteze curentul un timp scurt (sub 1 secundă) după acționarea protecției. Dacă defectul a fost eliminat, reanclanșarea va fi reușită și alimentarea restabilă. Sarcinile de pe acest circuit suferă un gol de tensiune de 100 % între deconectare și reanclanșare automată, în timp ce alte sarcini suferă un gol de tensiune mai mic și mai scurt între momentul în care defectul a apărut și momentul în care a fost eliminat, așa cum s-a arătat mai sus. Dacă defectul nu a fost eliminat când RAR a reconectat circuitul, echipamentul de protecție va acționa din nou, procesul se poate repeta conform cu modul de programare a reanclanșării. De fiecare dată când RAR va reconecta linia cu defect, va rezulta un nou gol de tensiune, astfel că unii consumatori vor suporta mai multe goluri de tensiune în serie.

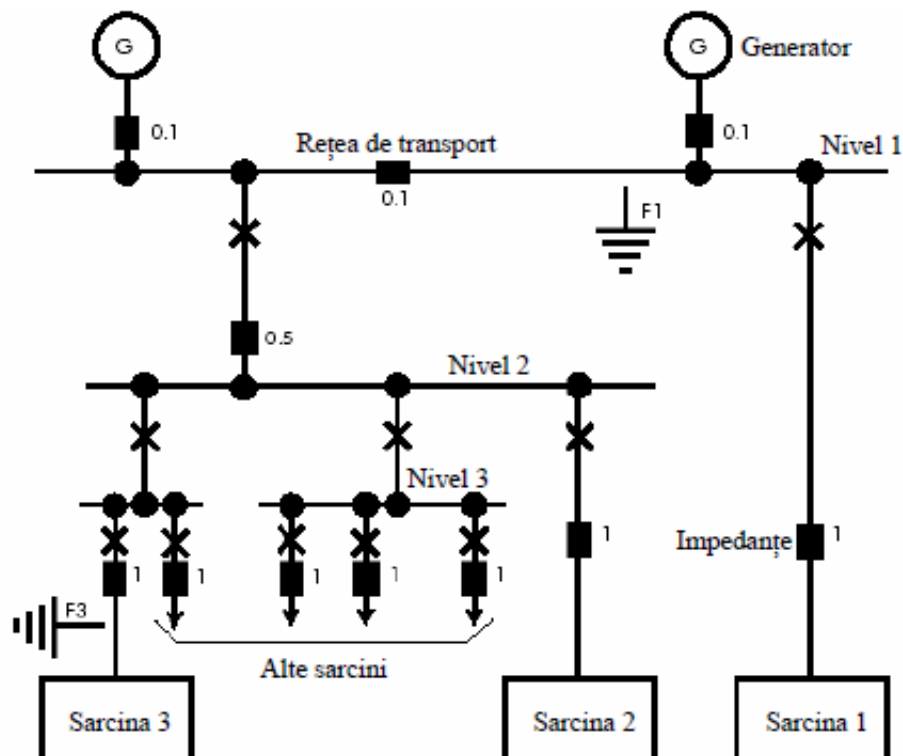


Fig.2. Cauze ale golurilor de tensiune

Performanțele societăților de distribuție a energiei electrice în piața dereglementată sunt parțial – în unele țări ca Anglia, exclusiv – evaluate după media „minute întrerupere la consumator”, luând în considerare – de regulă – întreruperile de peste un minut. Pentru a reduce aceste valori la minim dispozitivele RAR au fost utilizate pe scară largă, cu mărirea probabilității de apariție a golurilor de tensiune. Cu alte cuvinte disponibilitatea pe termen lung a fost maximizată însă în dauna calității.

2.3. Efecte

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.

Un gol de tensiune produce întotdeauna modificări ale regimului staționar normal de funcționare, ceea ce conduce la apariția unor regimuri de funcționare tranzitorii. Variațiile mărimilor de stare pe durata regimurilor tranzitorii pot avea diferite efecte, care se pot caracteriza prin următoarele aspecte:

- pierderea stabilității funcționării, receptoarele cele mai afectate sunt motoarele electrice,
- creșterea solicitărilor termice datorită supracurenților care apar pe intervalul proceselor tranzitorii,
- creșterea solicitărilor produse de forțele electrodinamice ca urmare a șocurilor de curent,
- apariția unor suprasolicitări mecanice produse de șocuri de cuplu sau accelerații mari în cazul sistemelor de acționări electrice,
- afectarea serviciilor auxiliare, ca de exemplu pierderea presiunii uleiului de ungere sau a debitului fluidelor de răcire,
- afectarea mărimilor de ieșire și deci înrăutățirea calității serviciilor utile.

3. Frecvența golurilor de tensiune

Analiza DISDIP UNIPEDE

Comitetul de Studii pentru rețeaua de distribuție a UNIPEDE 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.

Tabelul 1– Datele ale DISDIP UNIPEDE: 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)

Tens. 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

4.Susceptibilitatea (sensibilitatea) echipamentelor

Calculatoarele sunt acum esențiale pentru toate activitățile fie ca stații de lucru, ca servere de rețea sau sisteme de control în industrie. Introducerea calculatoarelor a pus în evidență, pentru prima dată, amploarea problemei golurilor de tensiune (de fapt, cele mai multe probleme de calitate a energiei electrice) și primele echipamente au fost afectate de defectări aparent aleatoare ceea ce a necesitat un efort de mentenanță considerabil.

Realizarea de către *Computer and Business Equipment Manufacturers Association* (CBEMA) a **curbei CBEMA** din fig.3 este rezultatul acestei experiențe. Această curbă a fost modificată în timp și ea este cunoscută în prezent sub denumirea de **curba ITIC** – *Information Technology Industry Council* (fig.4), iar o versiune a fost standardizată de American National Standards Institute (**curba ANSI**).

Durata unui eveniment este corelată cu tensiunea raportată la tensiunea nominală a alimentării și curbele definesc înfășurătoarele în interiorul cărora echipamentul trebuie să funcționeze fără întrerupere sau pierderi de date.

Dacă este vorba de goluri de tensiune este interesantă limita inferioară. Această linie reprezintă demarcația dintre goluri suportabile și cele nesuportabile.

Într-un mediu ideal ar exista o singură curbă reprezentând performanțele rețelei de alimentare la care ar trebui să se conformeze toate echipamentele. În realitate, deoarece numai o parte dintre echipamente îndeplinesc cerințele uneia sau alteia dintre curbele standard, performanțele rețelelor de alimentare scad foarte mult.

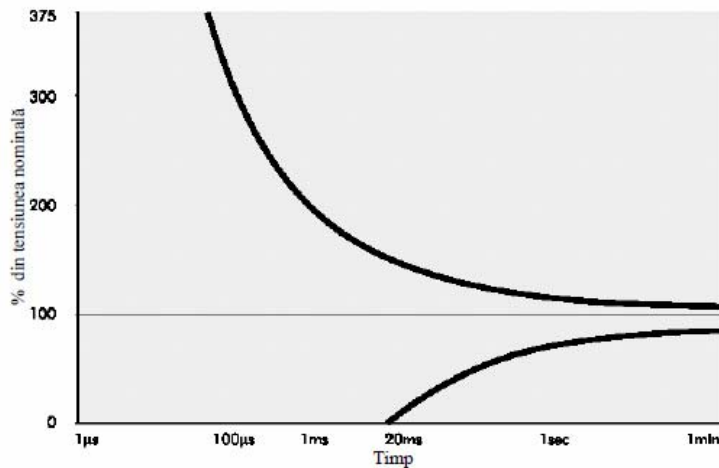


Fig.3. Curba CBEMA

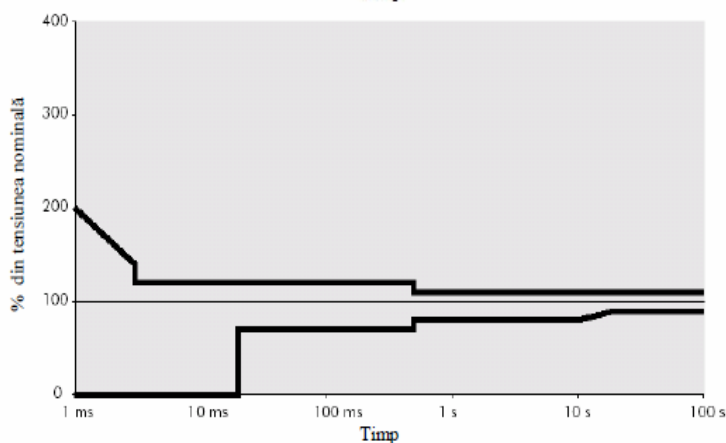


Fig.4. Curba ITIC

5. Standarde și norme pentru goluri 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 și este mai apropiat de standardele CEI 61000-4-11 și CEI 61000-4-34.

Cerințele standardului SEMI F47-0706 sunt indicate în tabelul 2.

Tabelul 2– Valorile de încercare ale Std. SEMI F47-0706 (numai pentru goluri de tensiune pe fază și între 2 faze)

Goluri de tensiune	Durata la 50 Hz
50%	10 perioade
70%	25 perioade
80%	50 perioade

Limitele de imunitate ale receptoarelor electrice la goluri de tensiune sunt în general precizate de către fabricanți, în funcție de clasa de imunitate a receptorului respectiv.

Exemple:

- redresoare cu semiconductoare cu clasa de imunitate A admit variații de tensiune de scurtă durată (0,5...30 perioade) în domeniul $\pm 15\%U_N$ iar cele de clasa B și C în domeniul $-10...+15\%U_N$,
- convertizoarele cu semiconductoare, care funcționează în regim de inverter, admit următoarele variații de tensiune;
 - cele cu clasă de imunitate A : $\pm 15\%U_N$;
 - cele cu clasă de imunitate B : $-10...+15\%U_N$;
 - cele cu clasă de imunitate C : $-7,5...+15\%U_N$.
- calculatoare, sisteme de comandă și control și automatizări, golul de tensiune de orice durată nu trebuie să depășească 10% din U_N .

În ceea ce privește stabilirea unor **norme contractuale în punctul de delimitare între furnizorii și consumatorii de energie electrică** părerile sunt împărțite, atât în privința necesității introducerii în contractele de furnizare a unor norme cu privire la goluri de tensiune, cât și cu privire la indicatorii care ar putea fi normați, deci controlați și garantați.

6. Indicatori pentru aprecierea golurilor de tensiune

Definirea golului de tensiune se face sub aspectul profunzimii (denumită și amplitudine negativă sau pe scurt **amplitudine**) și a **duratei golului**.

Amplitudinea golurilor de tensiune poate fi definită ca diferență între tensiunea pe durata golului și tensiunea nominală, exprimată în procente din tensiunea nominală. Se pot utiliza diferiți indicatori pentru calculul amplitudinii unui gol de tensiune, cum ar fi de exemplu:

- amplitudinea golului de tensiune pe fază: se calculează dacă se cunoaște variația tensiunii de fază pentru diferite tipuri de incidente, cu relația:

$$\Delta U_g = \frac{\Delta U_g}{U_{Nf}} = \frac{U_{Nf} - U_f}{U_{Nf}} = 1 - u_f, \quad (1)$$

unde U_f reprezintă modulul aceleia dintre tensiunile de fază care se ia în considerare pe durata golului, u_f - tensiunea reziduală de fază a golului, U_{Nf} - tensiunea nominală pe fază a rețelei;

- amplitudinea golului de tensiune directă, care se calculează cu relația:

$$\Delta U_d = \frac{\Delta U_d}{U_{Nf}} = \frac{U_{Nf} - U_d}{U_{Nf}} = 1 - u_d, \quad (2)$$

unde U_d este modulul tensiunii de succesiune pozitivă pe durata golului iar u_d este tensiunea reziduală directă a golului.

Durata golurilor de tensiune de o anumită amplitudine se poate exprima prin relația:

$$t_g = t_f - t_i \quad [s], \quad (3)$$

unde t_i și t_f reprezintă momentul inițial, respectiv, cel final al golului.

În România, prin gol de tensiune se înțelege o variație negativă a valorii efective a tensiunii unei rețele, având o amplitudine cuprinsă între o valoare minimă sesizabilă de aproximativ 20% U_N și 100%, durata variației de tensiune fiind de cel mult 3 secunde.

În România, golurile de tensiune de amplitudine 100% U_N precum și situațiile eliminate prin sistemele automate (AAR, RAR și DAS), nu sunt considerate întreruperi în alimentare.

Caracterul inevitabil al golurilor de tensiune, pe rețelele electrice de alimentare, presupune o anumită frecvență de apariție a acestora în diferitele noduri din sistem.

Frecvența de apariție a golurilor de tensiune se poate exprima prin numărul de goluri de o anumită amplitudine și durată, care apar într-un punct oarecare al rețelei, într-o anumită perioadă de timp:

$$f_g = \frac{N_g}{T}. \quad (4)$$

Toleranța echipamentelor de proces este, de multe ori, ilustrată utilizând așa numită curbă de toleranță la goluri - vezi fig. 5 pentru automate programabile (*programmable logic controllers* – PLC). Suprafața de sub curbă reprezintă aria în care golurile de tensiune determină o funcționare necorespunzătoare a PLC.

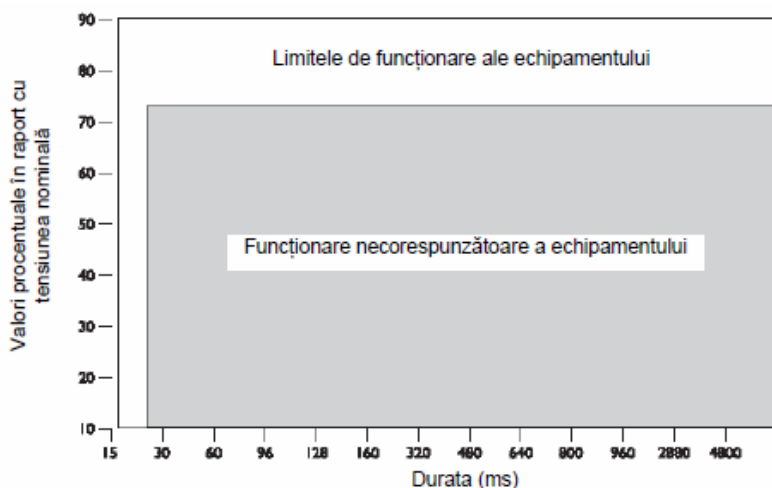


Fig.5 - Curbă de toleranță la goluri pentru unități PLC sensibile

Conform Std. IEEE 1346, liniile de contur pot fi trasate pentru a reprezenta numărul de evenimente care pot să apară. Dacă curba de toleranță la goluri este suprapusă peste graficul coordonat (fig. 6), 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/an, fiecare dintre acestea este posibil să determine o funcționare necorespunzătoare.

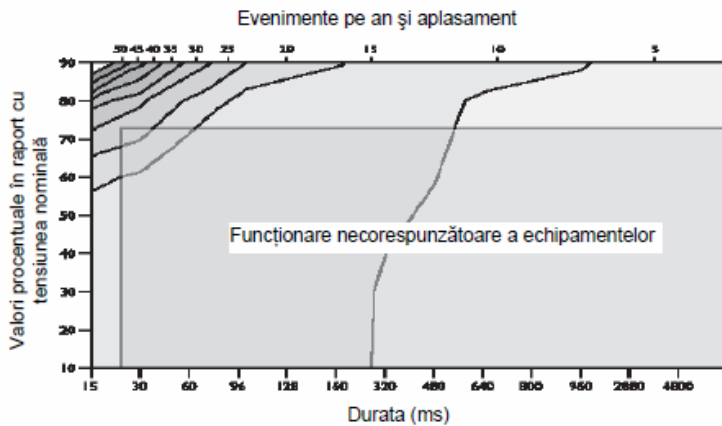


Fig. 6 – Curba de toleranță la goluri stabilită de graficul de contur al golurilor de tensiune

7. Caracteristicile susceptibilității (sensibilității) echipamentului

Alimentările cu energie electrică a echipamentelor electronice, ca cele utilizate pentru calculatoarele personale și automatele programabile care utilizează un condensator de filtrare pentru netezirea vârfurilor curbei redresate, ar trebui să elimine integral golurile de scurtă durată. Cu cât capacitatea condensatorului este mai mare și cu cât diferența dintre tensiunea la bornele condensatorului și minimul necesar pentru funcționarea convertoarelor de tensiune este mai mare cu atât reziliența va fi mai bună.

Proiectanții vor căuta întotdeauna să reducă dimensiunile capacității pentru a reduce dimensiunile, greutatea și costul, asigurându-se că sarcina electrică înmagazinată este suficientă la tensiunea minimă și sarcina maximă.

Pentru a face față la golurile de tensiune este necesar un condensator mult mai mare, cel puțin dublu pentru a permite echipamentului să le suporte o perioadă și de 100 ori mai mare dacă ar trebui să le suporte timp de o secundă.

O altă strategie a proiectantului constă în a considera tensiunea la intrare la nivelul cel mai mic posibil pentru a maximiza durata de menținere a sistemului. Este soluția adoptată în lipsa unor echipamente destinate să funcționeze într-o bandă largă de tensiune. Durata de menținere va fi mult mai mare dacă la intrare este o tensiune de 230 V față de o alimentare de 110 V. Nu este o problemă tehnică să se realizeze o alimentare care fie imună la goluri de tensiune, dar aceasta nu se realizează deoarece utilizatorii nu o discută cu fabricanții și sunt implicații de costuri. Totuși, cheltuielile necesare pentru protejarea unui calculator sau a unui automat programabil la goluri de tensiune de o secundă sunt foarte reduse în raport cu cheltuielile necesare pentru îmbunătățirea resurselor rețelei pentru evitarea golurilor de tensiune.

Acțiunile cu variatoare de viteză pot fi de asemenea afectate de golurile de tensiune și sunt uzual prevăzute cu detectoare de tensiune minimă care le deconectează la tensiuni cu 15 % până la 30 % sub tensiunea nominală.

Motoarele de inducție au o inerție care le permite să suporte sarcina pe perioada unui gol de scurtă durată, generând energie pe măsură ce încetinesc. Dar această energie trebuie să

fie recuperată atunci când motorul reacelerează, iar dacă viteza a scăzut la mai puțin de 95 % el va absorbi aproape echivalentul curentului de pornire; cum toate motoarele repornesc deodată, aceasta poate fi cauza altor probleme.

Releele și contactoarele sunt, de asemenea, sensibile la golurile de tensiune și adesea pot fi elementul slab al sistemului. S-a stabilit că un echipament poate fi scos din funcțiune la un gol de tensiune chiar dacă tensiunea remanentă este peste tensiunea minimă de funcționare în regim staționar. Reziliența (stabilitatea funcționării) contactoarelor la goluri depinde nu numai de tensiunea remanentă și de durată, ci și de punctul de pe curba de tensiune în care s-a produs golul, efectul fiind minim la vârful curbei.

Lămpile cu vapori de sodiu au o tensiune de amorsare mult mai ridicată dacă sunt calde decât atunci când sunt reci, astfel că o lampă caldă nu poate reporni după un gol de tensiune. Mărirea golului care va duce la stingerea lămpii poate fi mai mic de 2 % la o lampă la sfârșitul duratei ei de viață sau de peste 45 % când este nouă.

Cele mai multe dintre echipamente sau instalații încorporează unul sau mai multe elemente din cele menționate și vor ridica probleme legate de golurile de tensiune.

În fig.7 este indicat faptul că este mai ieftin și mult mai sigur să se proiecteze un echipament cu reziliență la goluri, decât să încerci să faci rezilient tot procesul, toate instalațiile sau tot sistemul de distribuție.

Costul soluției crește repede dacă punctul de rezolvare se deplasează de la echipament la întreprindere și la infrastructură.

8. Caracteristicile golurilor în tensiunea de alimentare

Probabilitatea de apariție a golurilor de tensiune, precum și amplitudinea lor probabilă depind de topologia rețelei din vecinătatea amplasamentului analizat. Deoarece nu există o statistică cu privire la golurile de tensiune pentru un anumit amplasament, este dificilă selectarea unui anumit amplasament din punct de vedere al siguranței.

Evident, un amplasament aproape de o centrală (sau două) și conectat la medie tensiune prin cablu subteran va fi o alegere mai bună decât un amplasament depărtat racordat printr-o linie aeriană lungă; însă până unde se extind aceste principii? Este ușor să se evalueze, de exemplu, calitatea elementelor rețelei de transport și acest factor este adesea luat în considerare ca un criteriu de alegere a unui anumit amplasament, dar este mai greu de evaluat calitatea infrastructurii electrice.

Amplasamentele în zone libere prezintă probleme speciale deoarece acolo nu există instalații ca referință. Pe de altă parte ele prezintă o oportunitate de a realiza o infrastructură adecvată, atâta timp cât compania de furnizare a energiei electrice este dispusă și capabilă să realizeze această infrastructură (folosind banii publici!).

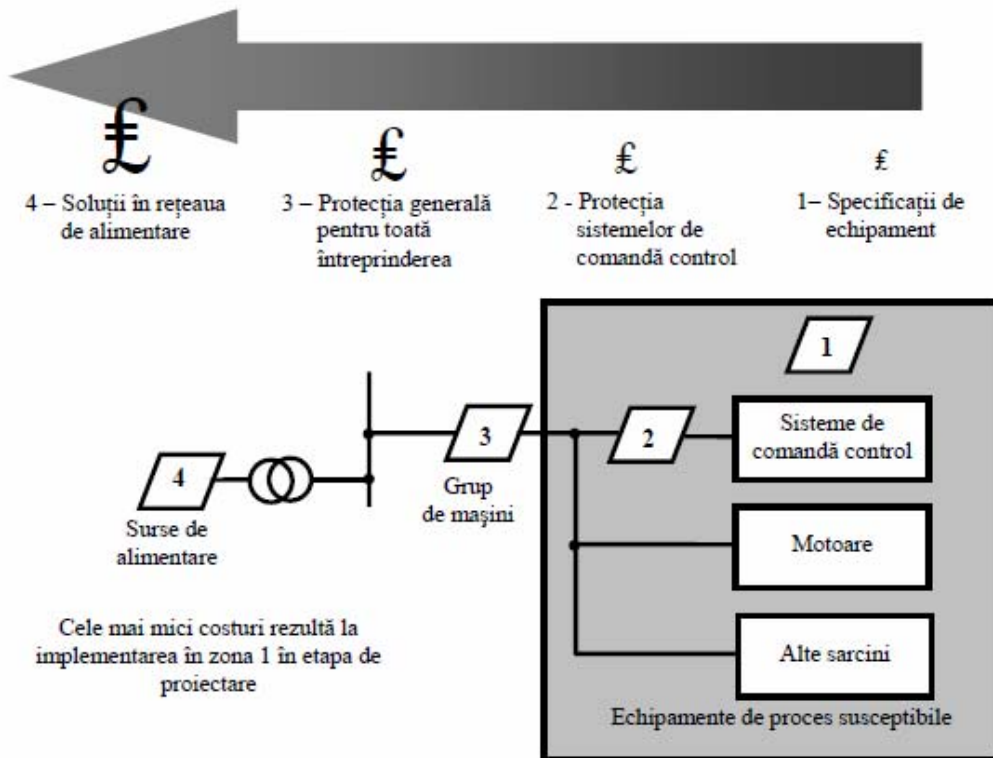


Fig. 7 – Costuri la creșterea imunității la goluri de tensiune

Studiile efectuate arată că durata golurilor de tensiune este ceva mai mare decât cea indicată în curbele de imunitate (toleranță) pentru echipamentele menționate anterior. În figura 8 este indicată durata și amplitudinea probabilă pentru golurile de tensiune dintr-o rețea tipică. Este prezentată și curba ITIC pentru a permite comparația.

Se observă că, în realitate, echipamentele informatice trebuie să fie de 100 ori mai bune decât impune curba ITIC, așa cum rezultă din „curba de imunitate (toleranță) necesară”. Este de precizat că probabil nici un echipament nu satisface aceste cerințe!

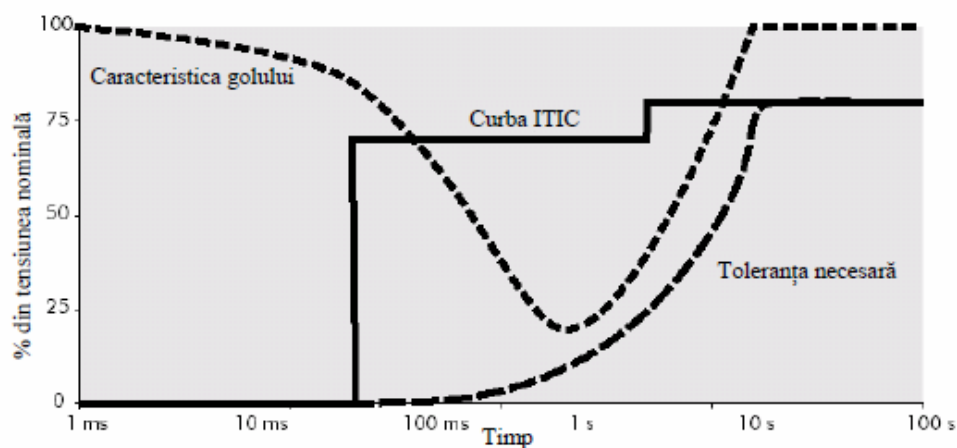


Fig. 8 – Gol de tensiune tipic în rețeaua de alimentare și curba ITIC

9. Soluții de limitare a golurilor de tensiune

Există diferite strategii pentru limitarea efectelor golurilor de tensiune:

- ◆ Condiționere 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.
- ◆ Condiționere 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 condiționere 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.