



PROBLEME ACTUALE PRIVIND CALITATEA ENERGIEI ELECTRICE ÎN SISTEMELE ELECTROENERGETICE

Bălan Gheorghe, Pencioiu Paul, Golovanov Nicolae
Comitetul Național Român pentru Consiliul Mondial al Energiei

Rezumat – Calitatea energiei electrice furnizată utilizatorilor este unul dintre elementele importante care determină eficiența activităților acestora și deci a profitului. În acest sens, funcția principală a sistemelor energetice moderne constă în asigurarea energiei electrice necesară utilizatorilor, cantitativ și la un nivel acceptabil al calității. Sistemele moderne de utilizare a energiei electrice, prezența surselor regenerabile de energie precum și aspecte specifice sistemelor de transport și de distribuție a energiei electrice determină apariția unor perturbații electromagnetice importante care pot afecta nivelul calității energiei electrice în nodurile sistemului electroenergetic.

În cadrul lucrării sunt analizate principalele perturbații electromagnetice, modul în care pot fi evaluate, problemele actuale privind determinarea acestor indicatori și unele soluții existente pentru asigurarea calității energiei electrice la nivelul impus de normativele internaționale.

Cuvinte cheie – calitatea energiei electrice, perturbații electromagnetice, indicatori de calitate

CURRENT ISSUES POWER QUALITY IN POWER SYSTEMS

Bălan Gheorghe, Pencioiu Paul, Golovanov Nicolae
World Energy Council, Romanian Member Committee

Abstract – Power quality provided for users is one of the important elements that determine the effectiveness of their activities and therefore profits. In this respect, the main function of modern energy systems is to provide electricity to the users, quantity and quality to an acceptable level. Modern systems for electricity, renewable energy presence and specific aspects of transmission and distribution of electricity causes of major electromagnetic disturbances that may affect the power quality power system nodes.

The paper analyzes the main disturbance, how they can be evaluated, current issues regarding the determination of these indicators and some existing solutions for providing power quality to the level required by international standards.

Keywords – power quality, electromagnetic interference, quality indicators.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПО КАЧЕСТВУ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Балан Георгий, Пенчою Паул, Голованов Николай
Румынский национальный комитет всемирного энергетического совета

Реферат – Качество электрической энергии поставляемой потребителям является одно из наиболее важных элементов, которые определяют эффективность их действий, следовательно, их прибыль. В этом контексте, главная задача современных энергетических систем состоит в обеспечении электрической энергии потребителей в нужном количестве и приемлемым качеством. Современные системы использования электрической энергии, присутствие возобновляемых источников энергии, а также специфические аспекты, связанные с системами транспорта и распределения электрической энергии определяют появление некоторых существенных электромагнитных помех, которые могут влиять на качество электрической энергии в узлах энергосистемы.

В работе анализированы главные электромагнитные помехи, каким образом они могут быть оценены, современные проблемы при определении этих индикаторов и некоторые существующие решения для обеспечения качества электроэнергии на уровень требуемого международными стандартами.

Ключевые слова. Качество электрической энергии, электромагнитные помехи, индикатор качества.

1. INTRODUCERE

Nivelul calității energiei electrice în nodurile sistemului electroenergetic este rezultatul perturbațiilor determinate în sistemul propriu al utilizatorilor, în rețelele de transport și de distribuție și în sistemele actuale de producere a energiei electrice din surse regenerabile. Însumarea perturbațiilor individuale se face pe baza unor reguli

specifice fiecărei perturbații, iar furnizorul de energie electrică trebuie să se asigure că nivelul de calitate rezultat este în concordanță cu reglementările internaționale și cu așteptările utilizatorilor finali. În calculele efectuate se consideră faptul că la bornele generatoarelor mari din sistemul electroenergetic rezultă un nivel ideal al calității energiei electrice.

Procesele specifice sistemelor electroenergetice determină abateri față de calitatea ideală a energiei electrice. În acest sens, utilizatorii finali trebuie să accepte acest nivel al calității, cu riscul corespunzător privind daunele induse sau să adopte măsuri pentru creșterea calității energiei electrice, ceea ce implică costurile corespunzătoare.

Funcționarea utilizatorului la nivelul de calitate specific fiecărui utilizator asigură obținerea unor daune acceptabile la abateri de la nivelul ideal al calității și, în consecință, profitul estimat al activității depuse.

Alegerea nodului de conectare la sistemul public (PCC) determină calitatea serviciului de alimentare cu energie electrică și implică acceptarea condițiilor de calitate oferite de sistemul electroenergetic.

Măsurile de creștere a calității pot fi adoptate la nivelul utilizatorului dar pot fi solicitate și furnizorului ca un serviciu suplimentar, cu costurile corespunzătoare.

2. PERTURBAȚII ELECTROMAGNETICE

Principalele componente ale calității energiei electrice și perturbațiile electromagnetice care pot afecta calitatea energiei electrice în sistemele electroenergetice sunt prezentate în figura 1.

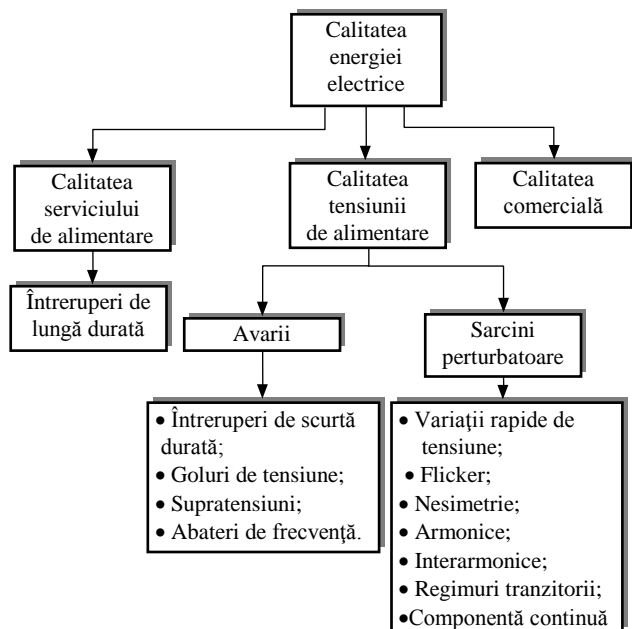


Fig. 1. Componente ale calității energiei electrice.

Din punct de vedere practic, perturbațiile electromagnetice care sunt luate în considerare în analiza calității energiei electrice se limitează la componente de frecvență mai mică de 9 kHz.

Aspectele privind calitatea comercială, deși foarte importante pentru relațiile dintre furnizorul de energie electrică și utilizatori nu fac obiectul acestei lucrări.

3. DISTORSIUNEA MĂRIMILOR ELECTRICE

În prezent, practic în niciun nod al rețelei electrice nu sunt înregistrate forme ideale sinusoidale ale curbelor de tensiune și de curent electric. Evaluarea nivelului de distorsiune se face, de cele mai multe ori, utilizând

transformarea Fourier pentru descompunerea armonică a curbelor distorsionate. Evaluarea este însă aproximativă deoarece mărimile din sistemul electroenergetic nu îndeplinesc condițiile Dirichlet [1], curbele de tensiune și de curent electric nefiind periodice.

În acest sens, în cazul general mărimile nesinusoidale din sistemul electroenergetic pot fi definite de o funcție de forma:

$$y(t) = c_0 + \sum_{h=1}^{\infty} \sqrt{2} \cdot C_h \cdot \sin(h \cdot \omega_1 \cdot t + \alpha_h) + \sum_{m=1}^{\infty} \sqrt{2} \cdot C_m \cdot \sin(\omega_m \cdot t + \beta_m), \quad (1)$$

în care prima parte a relației se referă la armonice și partea a doua a relației se referă la interarmonice.

Lipsa unor metode teoretice pentru analiza curbelor distorsionate dar neperiodice, specifice sistemului electroenergetic, a determinat elaborarea de metode de evaluare utilizând proceduri bazate pe transformarea Fourier. Utilizarea procedurilor, adoptate pe plan internațional, apare ca necesară pentru a asigura comparabilitatea datelor înregistrate prin măsurători [2].

Se consideră că o fereastră de 10 perioade ale mărimilor electrice analizate poate fi considerată că îndeplinește condițiile Dirichlet și deci poate fi descompusă în serie Fourier de forma:

$$y(t) = c_0 + \sum_{m=1}^{\infty} c_m \cdot \sin\left(\frac{m}{N} \cdot \omega \cdot t + \alpha_m\right) \quad (2)$$

în care $N = 10$ este lățimea ferestrei luată în calcul, iar m – rangul componentei spectrale (armonica fundamentală corespunde componentei spectrale de rang 10).

Utilizarea relației (2) în cazul determinărilor din nodurile sistemelor electroenergetice conduce la înregistrarea de armonice și interarmonice (fig. 2).

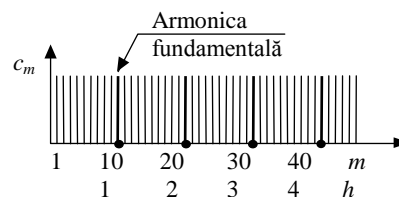


Fig. 2. Componente spectrale și componente armonice.

Informațiile privind distorsiunea curbelor de tensiune și de curent electric din sistemul electroenergetic sunt puternic influențate de caracteristicile lanțului de măsurare (fig. 3).

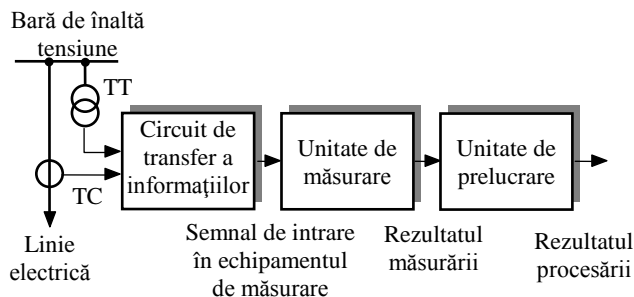


Fig. 3. Lanțul de măsurare într-o instalație electrică.

Transferul datelor prin intermediul lanțului de măsurare este influențat în mare măsură de caracteristicile de frecvență ale transformatoarelor de măsurare din rețeaua electrică. Utilizarea largă a transformatoarelor de măsurare capacitive (tip TECU), cu caracteristică de frecvență corespunzătoare practic numai pentru 50 Hz (fig. 4) determină ca informațiile privind tensiunea în circuitele de înaltă tensiune să fie puternic distorsionate. Datele din figura 4 pun în evidență faptul că utilizarea transformatoarelor de măsurare capacitive poate conduce la informații incerte privind forma curbelor de tensiune. Pentru limitarea distorsiunilor curentului electric determinat de utilizatorii perturbatori există, în prezent, soluții tehnice eficiente. Utilizarea filtrelor active și a circuitelor cu absorbție de curenți sinusoidali permite încadrarea nivelului de distorsiune în limitele acceptate. Ca exemplu, în figura 5 sunt indicate curbele de curent electric determinate de o lampă cu LED-uri, înainte și după implementarea unui circuit de control al factorului de putere, care asigură atât corectarea formei curentului electric cât și limitarea defazajului dintre curbele de tensiune și de curent electric.

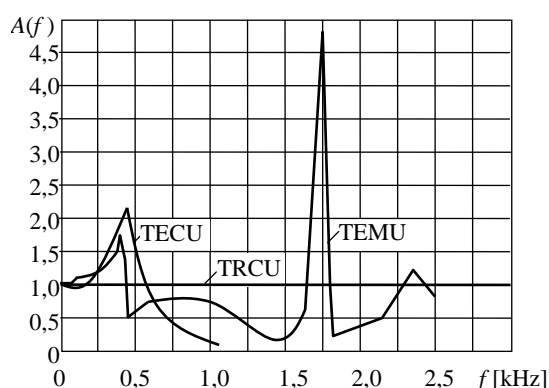


Fig. 4. Caracteristici de frecvență ale unor transformatoare de măsurare de tensiune, cu tensiunea nominală de 420 kV: TECU – transformator de măsurare capacitiv; TEMU– transformator de măsurare inductiv; TRCU – divizor de tensiune RC paralel.

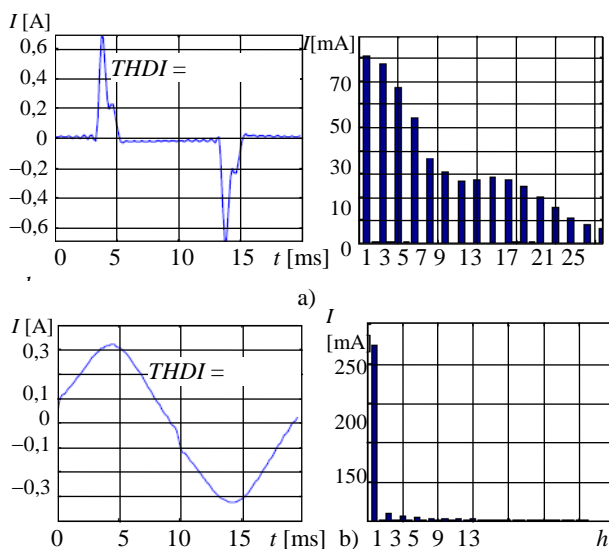


Fig. 5. Forma curentului electric absorbit de o lampă cu LED fără circuit de control PFC (a) și cu circuit de control PFC (b) și spectrul armonic corespunzător

Cunoașterea și evaluarea distorsiunii curbelor de tensiune și de curent electric necesită continuarea studiilor teoretice și experimentale pentru rezolvarea următoarelor probleme:

- elaborarea unei metodologii practice de evaluare a curbelor distorsionate, pentru cazul practic al mărimilor neperiodice;
- dezvoltarea și implementarea sistemelor de măsurare a mărimilor electrice distorsionate cu bandă de frecvență de cel puțin 10 kHz; în acest sens, sistemele de măsurare pe baza unor fenomene optice, sistemele de măsurare cu divizor de tensiune capacitiv, sistemele de măsurare bazate pe efectul Hall și sistemele de măsurare cu cordon Rogowski, pot asigura exigențele de măsurare în domeniul mărimilor distorsionate;
- promovarea legislației pentru limitarea accesului la rețeaua electrică publică a utilizatorilor care determină perturbații inadmisibile;
- elaborarea unui sistem practic de măsurare a inter-armonicilor.

4. NESIMETRIA ÎN REȚELELE ELECTRICE

Noțiunea de nesimetrie bazată pe descompunerea în componente simetrice Fortesque se referă la mărimi sinusoidale:

$$\begin{pmatrix} U^0 \\ U^+ \\ U^- \end{pmatrix} = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{pmatrix} \quad (3)$$

Pe baza descompunerii în componente pozitivă, negativă și zero sunt definiți factorii de nesimetrie pozitivă și zero:

$$k_u^- = \frac{U^-}{U^+} \cdot 100 [\%], \quad (4)$$

$$k_u^0 = \frac{U^0}{U^+} \cdot 100 [\%].$$

Având în vedere faptul că în rețeaua electrică nu mai sunt mărimi sinusoidale, evaluarea aproximativă pe baza relațiilor (4) ar putea fi luată în considerație doar pentru curbele de tensiune care, în multe cazuri, au o formă apropiată de sinusoidă. În mod obișnuit, în cazul curbelor de curent electric, utilizarea definițiilor (4) poate conduce la informații distorsionate.

Pentru a depăși aceste probleme, normativele internaționale [3] definesc nesimetria pe baza relațiilor (4) pentru armonica fundamentală, ceea ce impune ca inițial să se asigure descompunerea curbelor analizate în armonice, cu problemele specifice acestora.

Definirea conceptului de nesimetrie pe baza componentelor fundamentale determină dificultăți de evaluare practică a nivelului nesimetrie. Ca exemplu, în figura 6 sunt indicate trei tensiuni cu aceeași componentă fundamentală dar componente spectrale diferite, având forme diferite și dificil de evaluat practic ca fiind mărimi simetrice.

Existența pe piață a echipamentelor de măsurare a nesimetriei pe baza definiției IEEE [4]:

$$k_{ns} = \frac{\text{Abaterea maxima fata de } U_{med}}{U_{med}}, \quad (5)$$

poate determina confuzii privind valoarea factorului de nesimetrie.

Valorile determinate pe baza relației (5) iau în considerație numai diferențele privind valoarea efectivă a mărimilor, fără a lua în considerație forma distorsionată a curbelor și nici diferențele între trecerile prin zero ale curbelor analizate.

Informațiile determinate pe baza relațiilor (4) și (5) sunt diferite și nu pot fi corelate, astfel încât la datele obținute prin măsurare trebuie să fie atașat algoritmul utilizat pentru procesarea datelor.

Dificultățile în evaluarea nivelului de nesimetrie pe baza componentelor simetrice și caracterizarea incompletă la utilizarea definiției IEEE necesită continuarea studiilor pentru elaborarea unui indicator practic pentru definirea nesimetriei.

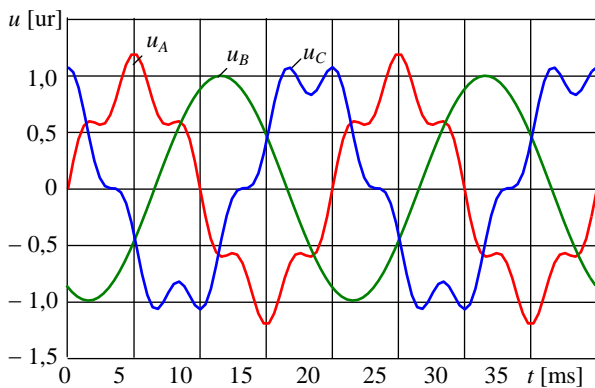


Fig.6. Tensiuni cu componente fundamentale simetrice.

Aceste studii sunt deosebit de utile în special în zona rețelilor de joasă tensiune unde, prezența unui mare număr de receptoare monofazate, determină încărcări diferite ale fazelor active și o încărcare inadmisibilă a conductorului neutru. De asemenea, apar nesimetrii importante în rețeaua de înaltă tensiune din care se alimentează calea ferată electrificată, dacă nu sunt adoptate măsuri speciale de simetrizare.

Limitarea nesimetriei în rețelele electrice prin mijloace tehnice impune ca, într-o primă etapă să se asigure limitarea distorsiunii sistemului de mărimi analizat.

5. FLUCTUAȚII DE TENSIUNE (EFECT DE FLICKER)

Fluctuațiile de tensiune au fost datorate în special funcționării, în rețeaua electrică a cuptoarelor cu arc electric. Creșterea numărului și puterii acestora a determinat depășirea, în rețeaua de foarte înaltă tensiune, a nivelului admis al nivelului de flicker de lungă durată (fig. 7). Datele din figura 7 pun în evidență depășirea valorii admise ($P_{lt} = 1$) la barele de 400 kV ale stației electrice de alimentare.

Dezvoltarea surselor regenerabile de energie și, în special, a surselor eoliene, datorită variabilității importante a

puterii generate, poate determina importante perturbații sub formă de fluctuații de tensiune [6]. Monitorizarea nodurilor din rețeaua electrică în care sunt conectate parcuri eoliene permite controlul perturbațiilor sub formă de flicker induse de funcționarea acestor surse.

Indicatorii de flicker pe termen scurt P_{st} și pe termen lung P_{lt} au fost determinați pe baza senzației vizuale a ochiului uman la variațiile fluxului luminos al lămpilor cu incandescentă [5]. Eliminarea de pe piață a lămpilor cu incandescentă face ca, în prezent, să fie necesară o nouă abordare a indicatorilor de flicker cu raportare la echipamente care sunt afectate de variațiile de tensiune. Deoarece cea mai mare parte a echipamentelor actuale sunt mai puțin sensibile la variațiile de tensiune, limita $P_{lt}=1$ ar putea fi modificată.

Trebuie remarcat faptul că determinările efectuate prin intermediul transformatoarelor capacitive de măsurare, face ca valorile înregistrate să aibă un grad ridicat de incertitudine, fiind probabil ca valorile reale din rețeaua de înaltă tensiune să fie mai mari decât cele înregistrate de către echipamentele de monitorizare.

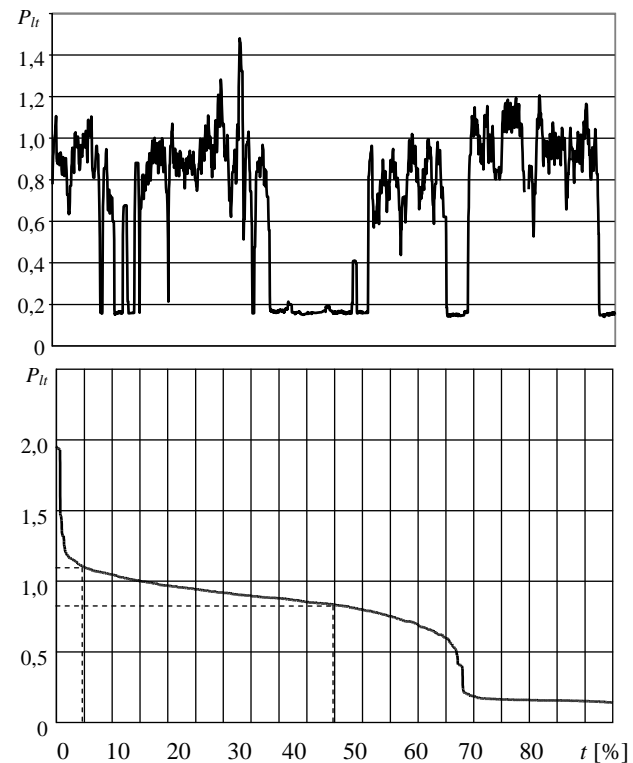


Fig. 7. Variația nivelului de flicker pe termen lung pe durata unei săptămâni și curba de probabilitate cumulată corespunzătoare ($P_{lt 95\%} = 1,101$; $P_{lt 50\%} = 0,834$).

6. VARIAȚII LENTE DE TENSIUNE

Variațiile lente de tensiune, determinate în special de variațiile de sarcină, pot conduce, în rețelele de joasă sau medie tensiune la valori ale nivelului de tensiune în afara valorilor admise. Aceste fenomene sunt larg întâlnite în cazul rețelilor rurale, de medie sau de joasă tensiune, de lungime mare astfel că în orele de vârf de sarcină tensiunea scade sub nivelul minim admis (uneori sub 180 V, în rețelele de joasă tensiune).

Pentru asigurarea unui nivel corespunzător al tensiunii la bornele echipamentelor utilizatorilor finali au fost adoptate unele soluții care pot asigura menținerea nivelului de tensiune în limitele admise ($\pm 10\%$ față de tensiunea normată)

- creșterea secțiunii conductoarelor liniilor electrice de alimentare;
- creșterea tensiunii rețelei de distribuție (există soluții de alimentare cu tensiunea de 690 V sau cu tensiunea de 1000 V);
- alimentarea la medie tensiune a utilizatorilor dispersați;
- utilizarea de echipamente stabilizatoare de tensiune.

În special în localitățile amplasate pe văile unor râuri, soluția de alimentare la medie tensiune (fig. 8) poate determina importante avantaje atât din punct de vedere al investiției cât și din punct de vedere al calității energiei electrice furnizată utilizatorilor.

În cazul rețelelor de medie tensiune cu neutrul tratat cu bobină Petersen se poate utiliza soluția indicată în figura 9.

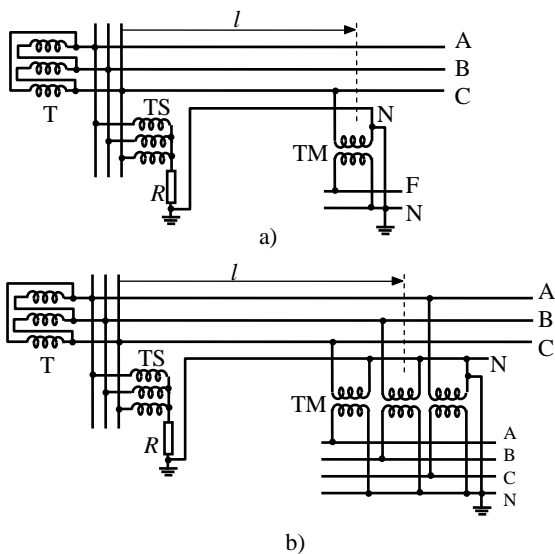


Fig. 8 – Conectarea unui utilizator monofazat (a) sau a unui utilizator trifazat (b) la rețeaua de medie tensiune tratată cu rezistor.

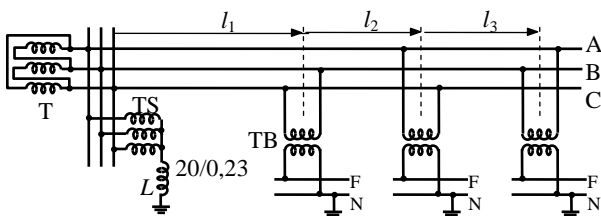


Fig. 9. Alimentarea utilizatorilor dispersați cu rețeaua de medie tensiune cu neutrul tratat cu bobină Petersen.

Încărcarea corespunzătoare a transformatoarelor monofazate ale schemei asigură și limitarea nesimetriei la barele de alimentare de medie tensiune.

Soluția de alimentare cu transformatoare monofazate este larg aplicată în lume, cu deosebit succes și începe să fie utilizată și în sistemul electroenergetic din România.

În cazul în care soluțiile de rețea nu sunt posibile, utilizatorul poate să-și instaleze un echipament de reglare a tensiunii [7].

Încercările experimentale utilizând instalația din figura 10 au arătat posibilitatea menținerii în limitele admise ale tensiunii U_3 de alimentare a utilizatorului, pentru variații importante ale tensiunii U_2 în punctul de alimentare din rețeaua de joasă tensiune (fig. 11).

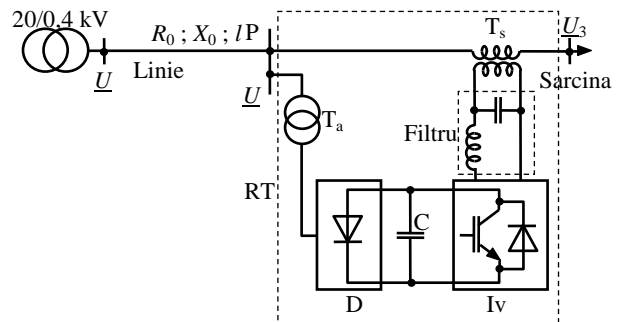


Fig. 10 – Schema de principiu a regulatorului de tensiune.

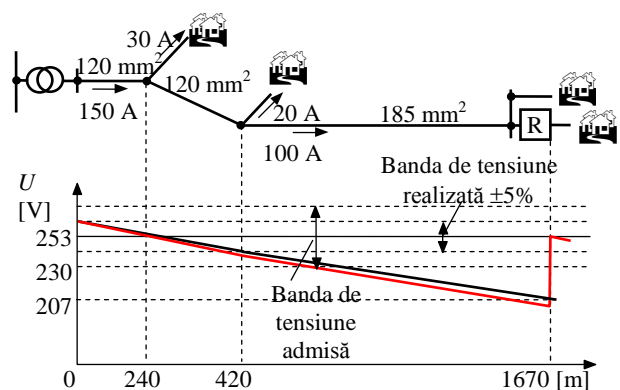


Fig. 11. Variația de tensiune în rețeaua electrică analizată

Utilizarea schemei din figura 10 asigură unor utilizatori sensibili la variații de tensiune menținerea în banda de $\pm 5\%$ pentru variații importante ale tensiunii în punctul de conectare.

7. CONTROLUL FACTORULUI DE PUTERE

În scopul penalizării acoperirii necesarului de putere reactivă din sistemul public de alimentare normativele în vigoare impun ca la barele de alimentare ale utilizatorului să se asigure un factor de putere egal cu cel neutral. În acest scop este larg utilizată montarea de baterii de condensatoare în trepte, controlate în mod automat. Având în vedere faptul că mărimile electrice din sistemul electroenergetic nu sunt sinusoidale, este necesar să se facă o distincție netă între „cos ϕ ” ca defazaj între curbele sinusoidale de tensiune și de curent electric și factorul de putere PF definit ca raport între puterea activă absorbită și puterea aparentă.

$$PF = \frac{P}{S} = \frac{\sum_{h=1}^{\infty} U_h \cdot I_h \cdot \cos \phi_h}{U \cdot I} \quad (6)$$

Echipamentele actuale de măsurare determină și valoarea factorului de putere DPF (Displacement power factor)

pentru armonicile fundamentale de tensiune și de curent electric:

$$DPF = \frac{P_1}{S_1} = \frac{U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1}{U_1 \cdot I_1} = \cos \varphi_1. \quad (7)$$

Deși încă este larg utilizată, noțiunea de „cosφ” nu are, în prezent o semnificație reală, având în vedere faptul că mărimile electrice din sistemul electroenergetic nu sunt sinusoidale. Poate fi utilizată mărimea $DPF = \cos \varphi_1$ pentru a avea o imagine a defazajului dintre componentele fundamentale de tensiune și de curent electric.

În unele cazuri, utilizarea mărimilor PF și DPF este deficitară conducând la efecte contrarii în cazul compensării puterii reactive cu ajutorul bateriilor de condensatoare. Astfel sunt dese cazurile în care între cele două valori sunt diferențe importante, fiecare valoarea având o semnificație diferită ($PF=0,69$, $DPF=1$ în cazul unor motoare alimentate cu convertor de frecvență).

În mod obișnuit valoarea PF este luată în considerație la facturarea energiei electrice în contoarele moderne care determină puterea reactivă Q din relația:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}, \quad (8)$$

Utilizarea informației privind valoarea PF pentru dimensionarea instalației de compensare a puterii reactive poate conduce la efecte contrarii. Dacă tensiunea este distorsionată, curentul absorbit din rețeaua electrică prezintă o amplificare a distorsiunii și deci reducerea factorului de putere. Dacă tensiunea este practic sinusoidală iar curentul electric este puternic distorsionat este posibilă trecerea curbei de curent electric în regim capacitiv cu creșterea facturii de energie electrică.

În cazul rețelelor trifazate cu încărcare inegală a celor trei faze, factorul de putere trifazat definit conform relației (6) nu are o valoare unică, având în vedere faptul că puterea aparentă trifazată nu are o valoare unică.

Sunt întâlnite echipamente care determină

– puterea aparentă aritmetică $S_{trifazat}^a$

$$S_{trifazat}^a = |S_A| + |S_B| + |S_C|, \quad (9)$$

– puterea aparentă geometrică $S_{trifazat}^g$

$$S_{trifazat}^g = |S_A + S_B + S_C|. \quad (10)$$

– puterea aparentă echivalentă $S_{trifazat}^e$

$$S_{trifazat}^e = 3 \cdot U_e \cdot I_e, \quad (11)$$

în care

$$U_e = \sqrt{\frac{U_A^2 + U_B^2 + U_C^2}{3}};$$

$$I_e = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2}{3}}.$$

– puterea aparentă medie $S_{trifazat}^m$

$$S_{trifazat}^m = 3 \cdot 1,1 \cdot U_{med} \cdot 1,1 \cdot I_{med}, \quad (12)$$

în care

$$U_{med} = \frac{U_A + U_B + U_C}{3};$$

$$I_{med} = \frac{I_A + I_B + I_C}{3}.$$

Existența unor moduri diferite de definire a puterii aparente trifazate conduce la valori diferite ale factorului

de putere și deci la valori diferite ale facturii de energie electrică reactivă. În acest sens, utilizarea valorilor înregistrate ale factorului de putere, cu ajutorul contoarelor de energie sau cu ajutorul echipamentelor de monitorizare necesită cunoașterea algoritmului de calcul al acestuia.

8. ÎNTRERUPERI DE SCURTĂ ȘI LUNGĂ DURATĂ

Întreruperile în alimentarea cu energie electrică sunt evenimente nepredictibile, neplanificate, determinate de defecte ale componentelor sistemului, lovituri de trăsnet în instalațiile electroenergetice, intervenții neautorizate (distrugerii), manevre incorecte în sistem.

În unele cazuri, apar întreruperi planificate impuse de operatorul de rețea, în general pentru efectuarea operațiilor de mentenanță sau pentru intervenții în structura rețelei. De multe ori, întreruperile planificate au rolul de a asigura performanțe superioare ale alimentării cu energie electrică a utilizatorilor.

Deoarece în cazul întreruperilor planificate, daunele induse pot fi limitate prin măsuri specifice adoptate, cele două tipuri de întreruperi sunt analizate și evaluate separat.

Se consideră că o întrerupere este de scurtă durată dacă are o durată sub 3 minute și de lungă durată dacă tensiunea de alimentare este nulă pentru mai mult de 3 minute.

Durata unei întreruperi în alimentarea cu energie electrică este însă evaluată în mod diferit de către furnizorul de energie și de către utilizatori. Pentru furnizorul de energie electrică, durata întreruperii corespunde intervalului de timp în care tensiunea în punctul de alimentare a utilizatorului are valoare nulă. Pentru utilizator durata întreruperii în alimentare poate fi mult mai mare, corespunzând duratei dintre momentul în care tensiunea devine nulă și momentul în care poate fi reluată producția. De exemplu, la o linie de fabricație o întrerupere de 1 minut poate determina repornirea producției în interval de ore, după eliminarea rebuturilor și pregătirea producției de bază.

Limitarea daunelor datorate întreruperilor de scurtă și lungă durată impune adoptarea la utilizator a unor măsuri specifice. Toate schemele îmbunătățite de alimentare cu energie electrică se bazează pe existența unei surse de energie de siguranță sau de rezervă, care asigură energia necesară pe durata întreruperii alimentării principale din rețeaua publică.

9. CONCLUZII

Calitatea energiei electrice este un factor important în asigurarea performanțelor utilizatorilor și a profitului întreprinderii. Sistemul electroenergetic nu poate asigura o calitate ideală a energiei electrice, astfel că fiecare nod din rețeaua electrică trebuie să fie cunoscut prin indicatorii săi de calitate. Pentru utilizatorii care necesită un nivel superior de calitate există, în prezent soluții, pentru a obține parametrii de calitate necesari. Aceste soluții trebuie să fie justificate printr-un calcul tehnico-economic

în care sunt analizate daunele probabile pentru nivelul de calitate oferit de sistemul electroenergetic și investiția necesară creșterii nivelului de calitate.

Eforturile depuse în sistemele electroenergetice pentru creșterea nivelului calității energiei electrice trebuie să fie însoțite de studii legate de o definiție mai precisă a indicatorilor de calitate. Este necesară dezvoltarea unor mijloace teoretice de definiție mai concretă a nivelului distorsiunii curbilor mărimilor electrice, o definiție mai practică a nivelului nesimetriei, definirea mai concretă a puterii aparente trifazate precum și o definiție a fenomenului de flicker care să nu fie legată de lampa cu incandescență.

Bibliografie

- [1] C.I.Mocanu, *Teoria circuitelor electrice*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1979.
- [2] *** *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4-7: Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto*, IEC 61000-4-7:2002.
- [3] *** *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 3-13: Limits – Assessment of emission limits for the connection of unbalanced installations to MV, HV and EHV Power Systems*, IEC 61000-3-13:2008.
- [4] *** *IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*, IEEE Std. 1159-1995
- [5] *** *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4-15 : Testing and measurement techniques – Flickermeter –Functional and design specifications*, IEC 61000-4-15: 2009.
- [6] ****Wind Turbines, Part 21: Measurement and assessment of power quality characteristics*, IEC 61400-21:2007.

- [7] A. Marinescu, M. Rădulescu, N. Golovanov, *Automatic regulation of supply voltage at low voltage extended network users*, FOREN 2012, rap. S3-18.



Gheorghe Balan (n. 1929) este Directorul General Executiv al Comitetului National Roman al Consiliului Mondial al Energiei incepand cu anul 2000. In perioada 1974-2000 a ocupat functiile de director stiintific, director de programe, director proiect complex in cadrul ICEMENERG, avand contributii deosebite intr-o gama variata de probleme din domeniul energetic precum: cercetare aplicativa, puneri in functiune, ingineria calitatii energiei si echipamentelor energetice, energetica nucleara s.a.



Paul Pencioiu este director la Institutul pentru Studii și Cercetări Electrotehnice, absolvent al facultății de Electronică. A desfășurat o amplă activitate științifică concentrată pe circuitele electronice ale instalațiilor regenerabile de energie, automobilul electric și ale sistemelor moderne de utilizare a energiei electrice. Are un mare număr de lucrări științifice publicate și o participare activă în domeniul inovării.



Nicolae Golovanov (n.1939) este profesor la facultatea Energetică a Universității Politehnica București Este recunoscut ca specialist în domeniul calității energiei electrice, a eficienței energetice și a surselor regenerabile de energie. A desfășurat o amplă activitate tehnică și științifică concretizată în peste 150 contracte de cercetare, peste 25 cărți și manuale, 3 patente, peste 100 lucrări publicate în reviste din țară și străinătate.