

ENTROPIA INFORMAȚIONALĂ – PARAMETRU CARACTERISTIC ÎN EVALUAREA CALITĂȚII ENERGIEI ELECTRICE

Nicolai STANCIU¹, Willibald SZABO²

¹S.C. FDEE Electrica Distribuție Transilvania Sud S.A.

²Universitatea „Transilvania“ din Brașov

Rezumat. Energia electrică *durabilă* nu poate fi decât o energie electrică de *calitate*. În prezent, asigurarea calității energiei electrice revine în egală măsură producătorilor, transportatorilor, distribuitorilor, dar și utilizatorilor. La toate nivelurile acest proces se bazează pe *informații*. Cantitatea de informații este determinantă în cunoașterea sistemului energetic. În teoria informației, gradul de incertitudine în cunoașterea unui sistem este denumit *entropie informațională*. Evaluarea obiectivă a calității energiei electrice se realizează prin măsurarea și monitorizarea unor parametri specifici. În esență, măsurare este proces de obținere și transmitere a unor informații. Cantitatea, natura și prelucrarea lor pot descrie destul de bine fenomenele din rețele, iar uneori poartă amprenta cauzei perturbatoare. Acuratețea măsurărilor este cu atât mai ridicată cu cât *entropia informațională specifică măsurării* este mai mică. Orice proces de măsurare este însoțit de erori. Caracterul dinamic al mărimilor fizice, caracteristic energiei electrice, precum și variația mărimilor de influență (din mediul ambiant) pun probleme în obținerea unor rezultate verosimile. Variația erorilor de măsurare, conform *teoriei măsurărilor*, determină *incertitudinea de măsurare*. Prin similitudine, *incertitudinea de măsurare* reprezintă, într-un proces de măsurare, *entropia informațională*. Este necesar ca la evaluarea calității energiei electrice, parametrul *entropia informațională*, implicat parametrul *incertitudinea de măsurare* (ca subdiviziune) să fie cât mai reduse. În lucrare, sunt prezentate o serie de aspecte ce contribuie la *scăderea entropiei informaționale* specifice în evaluarea calității energiei electrice. Cunoașterea fenomenelor din rețele electrice constituie condiția necesară în procesul de asigurare a calității energiei electrice, a energiei electrice durabile.

Cuvinte cheie: entropie informațională, erori de măsurare, incertitudine de măsurare, etalonare, calitatea energiei electrice.

Abstract. *Sustainable Power* can only be *Power Quality* (PQ). At present, PQ assurance falls equally among electricity producers, transporters, distributor, and users. At all levels, the process is based on *information*. The amount of information is crucial in knowing the energy system. In Information Theory, the uncertainty in the knowledge of a system is called *the information entropy*. The objective assessment of PQ is achieved by measuring and monitoring specific parameters. Essentially, the measurement is a process to obtain and transmit information. The information quantity, nature and processing can describe quite well the phenomena of networks, and sometimes bears the imprint of the distortion cause. The lower *the specific information entropy of measurement* is, the higher the measurement accuracy is. Any measurement process is accompanied by errors. The dynamic nature of physical quantities, characteristic to power, as well as the influence of quantities variation (in the environment) raise problems when it comes to obtain credible results. The variation of measurement errors, according to *measurement theory*, determines *the uncertainty of measurement*. Similarly, *the uncertainty of measurement* is, in the measurement process, *the information entropy*. It is necessary that in order to assess the PQ, the *information entropy* parameter, including the *measurement uncertainty* parameter (the second) should be as minimized. This paper presents a series of issues that contribute to *the decrease in specific informational entropy* PQ assessment. Knowledge of electrical phenomena in networks is a key prerequisite for PQ, as well as for the sustainable electricity.

Keywords: informational entropy, measurement errors, measurement uncertainty, calibration, power quality.

Energia electrică durabilă, printre altele, trebuie să îndeplinească o serie de condiții dintre care amintim:

□ disponibilitatea, pe termen lung, a surselor de energie electrică și totodată garanția de a satisface nevoile consumatorilor în prezent și viitor;

□ eficiența energetică în lanțul de procese „producere – transport – distribuție – utilizare”, în care, per ansamblu, cantitatea de energie produsă nu trebuie să depășească cantitatea de energie consumată de această sursă;

□ necesitatea asigurării unei calități corespunzătoare a energiei electrice.

Conceptul *calitatea energiei electrice* acoperă un ansamblu de caracteristici care se referă la „*produsul*”, „*livrarea produsului*” și „*responsabilizarea utilizării produsului*”, prin produs înțelegându-se, firește, *energia electrică* [1].

Abordarea problematicii privind calitatea energiei electrice necesită evaluări care au în vedere cunoașterea [2]:

➤ *mediului electromagnetic* în care funcționează receptoarele electrice;

➤ *nivelului de emisie al perturbațiilor* în Punctul Comun de Cuplare (PCC) al instalației distribuitorului cu instalația de utilizare a consumatorului;

➤ *nivelului de imunitate al fiecărui tip de receptor electric* la diferite tipuri de perturbații ce pot să apară în PCC;

➤ *măsurilor de asigurare a calității necesare în PCC* la o anumită etapă de dezvoltare a rețelei de alimentare și pentru diferite scenarii de dezvoltare a sistemului energetic.

Evaluarea calității energiei electrice poate fi abordată în două moduri, prin [3]:

➤ anchete asupra gradului de satisfacere a cerințelor clienților, ca mod *subiectiv* de apreciere a calității produsului și livrării lui;

➤ cuantificarea *indicatorilor de calitate*, determinanți pentru situații specificate, ca mod *obiectiv* de apreciere a calității energiei electrice.

Evaluarea obiectivă a calității energiei electrice se face pe baza unor indicatori specifici, care reprezintă un ansamblu de parametri fizici și tehnici, asociați energiei electrice în timp. Cuantificarea acestor indicatori se realizează prin procese de „*măsurare și contorizare*”, sau „*măsurare și analiză*”. Din această perspectivă, se poate afirma că *procesul de măsurare* este determinant în aprecierea nivelului calitativ al energiei electrice. Cu alte cuvinte, se poate afirma că, în mod implicit, în evaluarea obiectivă a calității energiei electrice, *calitatea măsurărilor este esențială*.

Măsurarea este, în esență, un proces de obținere și de transmitere a unor informații [5]. Informațiile vehiculate în procesele de măsurare sunt *informații de măsurare*. Aplicarea teoriei informației în procesele de măsurare permite o interpretare intuitivă, dar bazată pe o fundamentare riguroasă întemeiată pe principalele concepte din domeniul măsurărilor.

Inițial, *entropia informațională*¹ este relativ mare existând doar o apreciere prin intermediul căreia se alege domeniul de măsurare (de exemplu mărimea fizică tensiune electrică în curent alternativ / valori efective) și intervalul de măsurare.

După efectuarea măsurării, aplicarea corecțiilor și evaluarea incertitudinii de măsurare *entropia informațională* scade semnificativ.

Diferența dintre cele două entropii informaționale reprezintă *cantitatea de informații de măsurare acumulate*, care sunt *reprezentări matematice ale cantității de informație*.

Teoria matematică a informației [5], studiază doar așa-numita „*informație statistică*”, adică ocurențele informaționale ale mesajului (măsura informațiilor transmise prin mesaj, în sensul de mărime matematică ce exprimă *incertitudinea înlăturată* prin realizarea unor evenimente dintr-un set de evenimente posibile).

¹ *Entropia informațională* – este noțiunea care descrie *starea de nedeterminare* a unui sistem, sau *gradul de incertitudine* în cunoașterea sistemului. Cu cât se cunoaște mai puțin despre un sistem, cu atât entropia este mai mare [6].

Pe lângă cantitatea de informație, în domeniul măsurărilor, se lucrează și cu *debitul de informație*², noțiune care prezintă importanță pentru anumite categorii de măsurări, din care face parte, printre altele și „*măsurarea mărimilor variabile în timp*”, specifice domeniului de evaluare a calității energiei electrice.

Obținerea unor rezultate adecvate scopului determinărilor este condiționată de *scăderea entropiei informaționale* prin acumularea de informații specifice măsurandului, sistemelor de măsurare, condițiilor de măsurare, erorilor și incertitudinii de măsurare.

În procesele de măsurare, specifice parametrilor calității energiei electrice, proveniența erorilor de măsurare poate fi de la [7]:

- ❖ definierea incorectă a măsurandului;
- ❖ instabilitatea măsurandului;
- ❖ sistemul de măsurare (*PMD*);
- ❖ interacțiunea măsurand – sistem de măsurare;
- ❖ influențe exterioare.

Evaluarea contribuției acestor erori la incertitudinea de măsurare se face prin raportarea la [8]:

- valoarea incertitudinii de măsurare instrumentală, dacă măsurările se efectuează cu un sistem de măsurare (lanț de măsurare) etalonat pe canale (pentru fiecare canal există un traductor de măsurare identificabil după seria de fabricație); în Certificatul de Etalonare se regăsesc informațiile de măsurare referitoare la valori ale incertitudinii extinse (cu factorul de multiplicare utilizat) pentru domenii nominale sau valori nominale corespunzătoare sistemului de măsurare;

- valoarea erorii tolerate împărțită la factorul corespunzător distribuției de probabilitate a erorii, dacă măsurările se efectuează cu un sistem de măsurare (lanț de măsurare) neetalonat.

Domeniul de variație aleatorie a erorilor de măsurare, ca semn și magnitudine, reprezintă *incertitudine de măsurare*. O estimare a incertitudinii de măsurare este caracterizarea despre ceea ce cunoaștem statistic despre erorile de măsurare. Prin urmare, un rezultat al unei măsurări este complet numai atunci când este însoțit de o declarație documentată a incertitudinii de măsurare [9].

Incetitudinea de măsurare, la determinări ale parametrilor ce caracterizează calitatea energiei electrice, este calculată pentru a sprijini decizii bazate pe măsurări, în funcție de scopul acestora (conform CEI 61000-4-30, pe clase ale metodelor de măsurare). Se impune deci, ca evaluarea incertitudinii de măsurare să reflecte realist procesul de măsurare. În acest sens, persoana însărcinată cu efectuarea analizei bugetului incertitudinii de măsurare trebuie să dețină cunoștințe temeinice despre procesul de măsurare (modelul fenomenului descris de măsurand, capabilitățile de măsurare și estimarea surselor de incertitudine).

Primul pas, în orice analiză privind evaluarea incertitudinii de măsurare, la determinări ale parametrilor calității energiei electrice, este de a identifica corect mărimea fizică sau parametrul a cărui valoare este estimată prin măsurare [10]. Această mărime poate fi o valoare măsurată direct sau indirect, determinată prin măsurarea altei / altor variabile. În cazul lanțurilor de măsurare este imperios necesară analiza compatibilității elementelor de măsurare, la nivelul cărora se produce conversia și prelucrarea semnalelor. În mod nemijlocit, trebuie estimată influența factorilor de mediu și aprofundarea procedurii de măsurare. Acest nivel de informare, premergător măsurării este util pentru a identifica potențiale surse de erori de măsurare.

După cum s-a mai spus, erorile de măsurare sunt elementele de pornire în procesul de analiză a incertitudinii. La fel de importantă este și natura statistică a erorilor de măsurare, modul în care acestea se manifestă. După o identificare documentată și o înțelegere justă a distribuțiilor statistice aferente erorilor, se poate estima incertitudinea de măsurare.

Modul de evaluare a incertitudinii de măsurare caracterizează „*nivelul calitativ*” al măsurării. Importanța măsurărilor pentru evaluarea calității energiei electrice, impune obținerea unor rezultate corecte și complete, adecvate scopului, ceea ce face necesară o investigație a dependențelor incertitudinii de măsurare – reducerea entropiei informaționale specifică aplicației în cauză.

² *Debit de informație* – noțiune prin care se exprimă cantitatea de informație transmisă în unitatea de timp [6].

Reducerea corespunzătoare a entropiei informaționale în procesele de evaluare a parametrilor calității energiei electrice, obținerea unor rezultate cât mai apropiate de valorile reale creează premisele unor potențiale efecte cu caracter eficace.

În acest sens, evaluarea incertitudinii de măsurare, în vederea obținerii și furnizării de rezultate verosimile ale măsurărilor la determinarea parametrilor ce caracterizează CEE, facilitează următoarele:

□determinări corecte ale indicatorilor de calitate în vederea clasificărilor față de limitele prestabilite; astfel, valorile acestora, în funcție de natura lor, vor caracteriza în mod obiectiv:

- *continuitatea alimentării cu energie electrică;*
- *calitatea tensiunii electrice de alimentare.*

□diagnosticări corecte ale cauzelor generatoare de perturbații și distorsiuni; exactitatea și precizia rezultatelor măsurărilor, în asociere cu analiza armonică, sunt elemente de bază în investigarea cauzelor, deoarece fiecare cauză are o „amprentă” specifică;

□informații relevante pentru adoptarea soluțiilor de limitare a distorsiunilor; informațiile de măsurare obținute se transferă către activități de proiectare și realizare a mijloacelor de limitare a distorsiunilor; dimensionarea filtrelor pasive, active sau hibride, ori adoptarea altor soluții, în acest scop, depind în mod nemijlocit de calitatea informațiilor de măsurare;

□diminuarea daunelor; în mod implicit, adoptarea unor soluții corecte, privind limitarea regimului deformant, precum și dimensionarea corectă a protecțiilor, au ca efect diminuarea daunelor, care ar putea însemna reducerea producției planificate (în procese industriale), deteriorarea unor echipamente ori afectarea unor activități în mediul social;

□reducerea pierderilor de energie electrică și creșterea eficienței utilizării energiei electrice; regimurile deformante sau regimurile de funcționare cu abateri de la condițiile nominale, pot determina consumuri suplimentare de energie electrică, precum și funcționări anormale ale unor receptoare; identificarea corectă a cauzelor și aplicarea unor măsuri eficiente (amintite mai sus) influențează pozitiv reducerea pierderilor și creșterea eficienței utilizării energiei electrice;

□creșterea satisfacției utilizatorului de energie electrică.

Toate efectele scontate, menționate anterior, conduc spre o potențială creștere a calității și eficienței utilizării energiei electrice, ceea ce poate însemna o **energie electrică durabilă**.

Bibliografie

- [1] Golovanov, N., Postolache, P., Toader, C., *Eficiența și calitatea energiei electrice*, Editura AGIR, București, 2007.
- [2] Golovanov, I., C., *Măsurarea mărimilor electrice în sistemul electroenergetic*, Editura Academiei Române, Editura AGIR, București, 2009.
- [3] Vatră, F., Postolache, P., Poida, A., *Calitatea energiei electrice. Manual pentru profesioniști*, Volumul 1, Ed. SIER, București, 2013.
- [4] Millea, A., *Măsurări electrice. Principii și metode*, Editura Tehnică, București, 1980.
- [5] Shannon, C. E., Weaver, W., *The Mathematical Theory of Communication*, University of Illinois Press – Urbana, Ed. 1964 (Copyright 1949).
- [6] Munteanu, R., Todoran, G., *Teoria și practica prelucrării datelor de măsurare*, Editura Mediamira, Cluj-Napoca, 1997.
- [7] Stanciu, N., Szabo, W., *Metodologie de evaluare și exprimare a incertitudinii de măsurare la determinări ale calității energiei electrice*, Revista Energetica, nr. 11/2011, ISSN 1453-2360, București, 2011.
- [8] Stanciu, N., Stănescu, D., Szabo, W., *Evaluating measurement uncertainty in electric current measurement in PQ determination*, IEEE EUROCON 2013 Conference, ISBN: 978-1-4673-2231-7, Zagreb, 2013.
- [9] *** *Incertitudine de măsurare. Partea 3: Ghid pentru exprimarea incertitudinii de măsurare (GUM:95)*, SR Ghid ISO/CEI 98-3:2010.
- [10] Stanciu, N., *Evaluarea și exprimarea incertitudinii de măsurare a parametrilor ce caracterizează calitatea energiei electrice*, Teză de doctorat, Universitatea „Transilvania” din Brașov, 2013.