

CONTRIBUȚII PRIVIND ESTIMAREA INCERTITUDINII DE MĂSURARE LA METODE DE ETALONARE DE EXACTITATE RIDICATĂ PENTRU MĂRIMI ACTIVE ÎN CURENT ALTERNATIV

*Doctorand: ing. Elvira BUZAC – cs III, Institutul Național de Metrologie
Conducător științific: Prof.dr.ing. Costin CEPIȘCĂ,
Facultatea de Inginerie Electrică, Universitatea „Politehnica”, București*

Într-o societate modernă, un mare accent se pune pe calitate, fie ca ne referim la calitatea produselor sau a serviciilor, fie că ne referim la calitatea muncii, la calitatea mediului sau la calitatea vieții.

Calitatea măsurărilor reprezintă o cerință, care, în conformitate cu sistemul de management al calității, la care face referire standardul EN ISO/CEI 17025 : 2005, facilitează cooperarea dintre laboratoarele de încercări/etalonări, ajută la schimbul de informații și experiență precum și la armonizarea standardelor, a procedurilor și a altor acte normative utilizate în domeniul măsurărilor. O abordare unitară, general recunoscută, a conceptului de calitate a măsurărilor, devine o condiție sine-qua-non a competitivității.

Deși este cunoscut faptul că o măsurare corectă este costisitoare, o măsurare incorectă poate avea implicații mult mai mari în ceea ce privește costurile, deoarece rezultatele diferitelor măsurări afectează viața fiecărui cetățean. Națiunile avansate cheltuiesc sume importante pentru diverse activități legate de măsurări.

Metrologia, ca parte a infrastructurii unei societăți moderne, garantează că se poate acorda încredere măsurărilor care susțin activitățile de fabricare și schimburi de produse, analizele specifice fenomenelor chimice și fizice, măsurărilor din domeniile de interes public, cum sunt sănătatea, protecția mediului etc. și are ca preocupare permanentă protejarea consumatorilor împotriva efectului nociv al unor măsurări incorecte sau false.

Interdependența strânsă dintre știință și tehnică a condiționat și impulsionează dezvoltarea tehnicilor de măsurare și a aparatului aferente. Beneficiind de progresele tehnico-științifice, tehnica măsurărilor reprezintă astăzi un capitol fundamental al cunoașterii și practicii curente, beneficiind de tehnicile de vârf și influențându-le în mod substanțial. Evoluția tehnologică pe plan mondial este caracterizată prin creșterea continuă a performanțelor mijloacelor

de măsurare, determinată de cerințele tot mai înalte ale industriei. Dacă în urmă cu câteva decenii aparatele analogice reprezentau o categorie de aparate de măsurat cu o largă răspândire, iar o exactitate de măsurare de 0,05% părea o limită greu de depășit, astăzi apariția aparatelor de măsurat numerice au condus la performanțe spectaculoase în domeniul măsurărilor. Performanțele lor tehnice constructive și de funcționare, precum și posibilitatea de interconectare a acestora cu calculatorul, determină utilizarea cu succes a acestor aparate în procesul de măsurare, în foarte multe domenii de activitate.

Teza de doctorat tratează atât problematica cât și realizările obținute în urma activității susținute în domeniul măsurărilor mărimilor electrice active, în curent alternativ. Teza este structurată în 6 capitole și cuprinde o bibliografie vastă în care 32 sunt lucrări elaborate de autor și prezentate la conferințe sau simpozioane naționale și internaționale susținute în țară sau în străinătate.

În teză s-a prezentat și exemplificat detaliat modalitatea de determinare a erorilor și de estimare a incertitudinii de măsurare. S-a tratat în mod special problematica legată de etalonarea calibratoarelor multifuncție și a aparatelor de măsurat numerice de curent alternativ, arătând realizările care s-au obținut în acest domeniu.

În capitolul 1, intitulat “Metrologia mărimilor electrice de curent alternativ” se face o scurtă introducere în care se prezintă metrologia ca știință a măsurării și obiectivele acestei științe. Se face referire la metrologie ca parte a infrastructurii unei societăți moderne, esențială pentru viața noastră cotidiană și la importanța efectuării unor măsurări de calitate. Tot în acest capitol se prezintă de asemenea, un scurt istoric privind activitatea de metrologie, în general, amintindu-se câteva date importante:

- anul 1600, când se înregistrează realizări importante în ceea ce privește construirea unor aparate perfecționate pentru navigatori, prin studierea efectelor de natură magnetică;

- anul 1799, când Franța, crează Sistemului Metric de unități de măsură;

Pentru țara noastră este important anul:

- 1864, când domnitorul Alexandru Ioan Cuza a promulgat « Legea pentru adoptarea Sistemului Metric de greutate și măsuri », primul act oficial de naștere a Metrologiei legale în țara noastră, a 16-a țară în care Sistemul Metric de unități de măsură a fost adoptat;

- 1956, când România devine membru al OIML;
- 1961, când România declară Sistemul Internațional de Unități (SI) ca "singur sistem de unități legal și obligatoriu". România a fost al șaptelea stat în lume care a adoptat SI, iar ca evenimente de dată mai recentă s-a amintit admiterea, în anul 2004, a Institutului Național de Metrologie (INM) ca membru cu drepturi depline al EUROMET, actualmente EURAMET și admiterea României ca membru cu drepturi depline WELMEC în mai 2007.

În capitolul 2, "Stadiul actual privind estimarea incertitudinii de măsurare la etalonarea mijloacelor de măsurare de exactitate ridicată pentru mărimi active în curent alternativ" sunt prezentate câteva considerații privind infrastructura metrologică, care pe plan tehnic și științific trebuie să țină pasul cu progresul tehnologiei și chiar să-l devanseze, pentru a avea o rezervă de exactitate acoperitoare pentru o perioadă de până la un deceniu.

Aparatele de măsurat de exactitate ridicată în curent alternativ sunt:

- convertoare termoelectrice ca-cc;
- multimetre digitale cu $6\frac{1}{2}$, $7\frac{1}{2}$ și $8\frac{1}{2}$ digiți;
- calibratoare multifuncție;
- aparate virtuale.

Mijloacele de măsurare cu afișare numerică au revoluționat tehnica măsurărilor în ultimele decenii. Acestea sunt aparate cu performanțe tehnice și metrologice deosebite, cu ajutorul cărora se poate măsura tensiune, curent, atât în curent continuu cât și în curent alternativ, precum și alte mărimi electrice. Aceste aparate se caracterizează, în afară de exactitatea de măsurare ridicată și prin suplețe, versatilitate, fiabilitate, consum propriu redus de energie electrică. Datorită complexității lor deosebite, calibrarea acestor aparate se face doar prin soft.

Tot în acest capitol se face o comparație între nivelul incertitudinilor de măsurare atinse pe plan internațional și cele declarate de metrologia din România. INM a declarat un număr de 345 CMC-uri (capabilități de măsurare și etalonare) la Comiteele Tehnice ale EURAMET, din care 212 au fost analizate și acceptate de acestea, iar un număr de 45 CMC-uri au fost validate de JCRB (Joint Committee of Regional Metrology Organization) și

BIPM și au fost postate pe site-ul BIPM. S-a efectuat reprezentarea grafică a nivelurilor de măsurare și a incertitudinilor extinse, pentru tensiune și curent electric alternativ, la etalonarea mijloacelor de măsurare de exactitate ridicată prin metoda de transfer termoelectric c.a.-c.c., prin metoda substituției și prin metoda comparației directe (pentru un nivel de încredere de 95% și un factor de extindere $k=2$). Concluzia a fost că România nu se ridică la un nivel foarte înalt în ceea ce privește incertitudinea de măsurare, poziția țării noastre fiind comparabilă cu cea a țărilor vecine: Ungaria, Polonia, Slovenia, dar inferioară Rusiei, Germaniei sau Franței.

În continuarea lucrării s-a făcut referire la mijloacele de măsurare de exactitate ridicată utilizate în c.a., făcând o scurtă descriere a acestora și a modalității de exprimare a erorilor tolerate. S-au prezentat, de asemenea, schemele de montaj utilizate, specificând condițiile tehnice, condițiile metrologice și condițiile de mediu care trebuie să fie îndeplinite în procesul de etalonare.

Capitolul 3 este intitulat "Analiza incertitudinii de măsurare". Noțiunea "incertitudine de măsurare" reprezintă un dubiu referitor la validitatea rezultatului unei măsurări. Acest parametru este asociat rezultatului unei măsurări, iar fără specificarea acestui parametru rezultatele măsurărilor nu pot fi comparate nici între ele și nici cu valorile de referință date în specificații tehnice sau standarde. Este foarte important ca modalitatea de estimare a incertitudinii de măsurare să fie uniformă în întreaga lume pentru ca rezultatele măsurărilor efectuate în diferite țări să poată fi ușor comparate.

În capitolul 4, intitulat "Trasabilitatea măsurărilor" s-a făcut referire la această noțiune care a apărut relativ recent în vocabularul metrologiei românești și care a fost adoptată ca urmare a utilizării frecvente a acesteia în literatura de specialitate din străinătate. Au fost prezentate de asemenea două scheme de trasabilitate, pentru tensiune și curent electric alternativ, aplicabile în cadrul laboratorului Mărimi Electrice. Trasabilitatea și incertitudinea de măsurare sunt noțiuni utilizate astăzi în mod frecvent în literatura de specialitate ca standarde, proceduri, manuale de asigurare a calității. Este important să avem un sistem metrologic coerent și de asemenea este important ca aceleasi proceduri să fie utilizate pentru evaluarea și calcularea incertitudinii de măsurare, ca de exemplu Ghidul ISO (GUM).

În capitolul 5, "Estimarea incertitudinii de măsurare la etalonarea mijloacelor de măsurare de exactitate ridicată pentru mărimi active în curent alternativ", este tratată pe larg această proble-

matică de mare actualitate pe care o reprezintă estimarea incertitudinii de măsurare. Sunt prezentate montajele, elaloanele utilizate și aparatura folosită pentru monitorizarea condițiilor de mediu și a parametrilor rețelei de alimentare la etalonarea mijloacelor de măsurare de exactitate ridicată în curent alternativ. S-au prezentat modelele matematice stabilite pentru estimarea incertitudinii de măsurare la etalonarea calibratoarelor multifuncție, a aparatelor electronice cu afișare numerică, a ampermetrelor și a voltmetrelor analogice, s-au întocmit bugetele de incertitudine și s-a efectuat reprezentarea grafică a varianțelor standard care intră în componența varianței standard compuse și a rezultatelor măsurărilor obținute în urma etalonării mijloacelor de măsurare de înaltă exactitate.

Contribuțiile originale la această Teză de Doctorat sunt cuprinse în capitolul 6. În urma studiilor efectuate în vederea elaborării aceste teze de doctorat s-au adus o serie de contribuții originale în domeniul temei studiate cu privire la estimarea incertitudinii de măsurare la metode de etalonare de exactitate ridicată pentru mărimi active în curent alternativ, după cum urmează:

- elaborarea, pentru prima dată în țară, în cadrul unui colectiv de cercetare, a procedurilor specifice pentru multimetre digitale și pentru calibratoare de tensiune și curent alternativ, pe baza cărora s-a obținut acreditarea internațională a Laboratorului Mărimi Electrice;
- identificarea și analizarea factorilor de influență care afectează etalonarea multimetrelor numerice și a calibratoarelor de tensiune și de curent alternativ ;
- elaborarea modelului matematic pentru exprimarea incertitudinii de măsurare pentru multimetre numerice și calibratoare de c.a.;
- întocmirea bugetelor de incertitudini pentru 120 de puncte de măsurare, pentru generare și măsurare a tensiunii și a curentului electric

alternativ, utilizând metoda substituției și metoda comparației directe;

Capabilitățile de măsurare și etalonare declarate de INM la Comitetele Tehnice EURAMET, secțiunea Electricitate și Magnetism sunt postate pe site-ul BIPM (www.bipm.org), în Matricea 3, Matricea 4, Matricea 7 și Matricea 8. Aceste CMC-uri sunt susținute de procedurile elaborate în domeniu și de acreditarea Laboratorului Mărimi Electrice în vederea implementării Sistemului Calității în Institutul Național de Metrologie, de către un organism internațional de acreditare (DKD-Germania).

- stabilirea unei noi variante a metodei substituției pentru transmiterea unității de măsură volt și amper în curent alternativ și a schemei de diseminare a unității de măsură;
- identificarea și analizarea factorilor de influență care afectează etalonarea calibratoarelor de tensiune și curent electric alternativ;
- stabilirea modelului matematic pentru exprimarea incertitudinii de măsurare;
- elaborarea bugetului de incertitudini;
- elaborarea modelului matematic pentru exprimarea incertitudinii de măsurare la etalonarea voltmetrelor și a ampermetrelor analogice de curent alternativ, care a constat în:
 - identificarea și analizarea factorilor de influență care afectează etalonarea ampermetrelor și a voltmetrelor de curent electric alternativ ;
 - întocmirea bugetelor de incertitudini;
- elaborarea de cursuri în domeniul măsurărilor metrologice, în cadrul programului « *Instruire teoretică și practică a personalului de specialitate din Direcțiile de Metrologie din cadrul Biroului Român de Metrologie* »:

Data susținerii: 17 iunie 2008