

**TEZĂ de DOCTORAT ÎN DOMENIUL METROLOGIEI SUSȚINUTĂ ÎN
ANUL 2007**

Elena DUGHEANU: Contribuții la evaluarea incertitudinii de măsurare a etaloanelor de referință de lungime, naționale

Universitatea „Politehnica” din București, Facultatea de electronică și Telecomunicații.
Conducător științific *prof.univ. dr.* Ion M. POPESCU

Lucrarea „Contribuții la evaluarea incertitudinii de măsurare a etaloanelor de referință de lungime, naționale” prezintă rezultatele obținute în urma activității de cercetare – dezvoltare efectuate în scopul demonstrării și consolidării capacităților metrologice ale etaloanelor de referință de lungime, naționale, alinierea acestora la nivelul celor deținute de institute de metrologie similare celor din Uniunea Europeană în vederea asigurării trasabilității la unitățile SI de lungime și a recunoașterii internaționale a rezultatelor măsurărilor din domeniul Lungimi. Aceste cercetări s-au efectuat prin îmbunătățirea și dezvoltarea metodelor de măsurare de exactitate ridicată din domeniul lungimii, prin modalitățile originale de evaluare a incertitudinii de măsurare pentru unele dintre cele mai reprezentative etaloane de lungime utilizate și prin prezentarea modalității de evaluare a incertitudinii standard compuse asociată metodei de măsurare prin utilizarea generatorului pieptene, aplicată în cazul comparării etalonului național de lungime, participant la comparația cheie BIPM K-L11/2005 în vederea asigurării trasabilității etalonului național de lungime la etaloanele internaționale ale unității de lungime.

Teza cuprinde fundamentarea teoretică a unor metode moderne de măsurare specifice domeniului Lungimi, îmbunătățirea performanțelor de măsurare ale instalației pentru măsurarea riglelor de înaltă exactitate cu lungimi cuprinse între 0,1 mm până la 1 m, și pune în special accentul pe elaborarea bugetelor de incertitudini pentru cele mai reprezentative mijloace de măsurare, conform schemei de diseminare a unității de lungime, însoțite de algoritmi de calcul creați special pentru a facilita direct calculul incertitudinii de măsurare doar prin introducerea datelor primare.

În urma unei analize detaliate referitoare la metodele de măsurare care se utilizează la nivel internațional pentru măsurarea cu exactitate foarte ridicată a riglelor cu repere foarte fine și a rețelelor gradate foarte precis, a fost concepută o modalitate de a moderniza comparatorul longitudinal cu laser He-Ne stabilizat în frecvență, care este o instalație unicat realizată în cadrul INM și care servește la diseminarea unității de lungime la măsurile cu repere, iar îmbunătățirea performanțelor comparatorului a condus la o incertitudine de măsurare obținută de laboratorul Lungimi al INM similară cu incertitudinea de măsurare a riglelor și rețelelor gradate obținută de laboratoarele de metrologie dezvoltate. Astfel, se ajunge ca acest comparator să permită măsurări cu o incertitudine de măsurare de 0,2 μm pentru lungimi până la 100 mm. Măsurile etalon cu repere, în conformitate cu schema de diseminare a unității de lungime, constituie măsuri de lungime care stau la baza etalonării unor aparate prevăzute cu scări gradate, iar diseminarea unității de lungime la măsurile de lungime etalon cu repere se realizează cu acest comparator longitudinal cu laser He-Ne stabilizat în frecvență, care în raport cu alte sisteme de măsurare oferă următoarele avantaje:

- folosesc ca unitate de măsură, lungimea de undă a laserului He-Ne stabilizat în frecvență, care poate prelua unitatea de măsură de la etalonul național (laser He-Ne stabilizat în frecvență, racordat la etalonul de frecvență cu Cs și la viteza luminii în vid);
- reproductibilitate înaltă a unității de măsură (10^{-10} ... 10^{-8});
- rezoluție digitală cu incremenți mici (de 0,1 μm...0,01 μm);
- ușurința alinierii fasciculului laser cu direcția de măsurare.

O altă contribuție se referă la modul de determinare a parametrilor funcționali ai lentilelor pentru care a fost prezentată o metodă de măsurare simultană a proprietăților optice și geometrice ale lentilelor și microlentilelor prin care se mărește exactitatea de măsurare a caracteristicilor optice și geometrice de circa 10 ori față de sistemul clasic cu bancul optic.

Lucrarea aduce, de asemenea, contribuții la analiza, fundamentarea teoretică și îmbunătățirea practică a incertitudinii de măsurare prin elaborarea unor modele originale de calcul a bugetelor de incertitudine pentru unele dintre cele mai reprezentative etaloane, național și de referință din domeniul Lungimi. Întocmirea acestor bugete de incertitudine au la bază prevederi ale standardelor internaționale și naționale privind evaluarea incertitudinii de măsurare și sunt bazate pe un studiu aprofundat al mai multor articole de specialitate internaționale și pe experiența proprie a autoarei, dobândită prin participarea la comparațiile internaționale din domeniu.

Pentru etaloanele de referință și de lucru prezentate în cuprinsul lucrării, au fost elaborați algoritmi de calcul care permit evaluarea directă a incertitudinii de măsurare doar prin introducerea datelor experimentale, ceea ce ușurează activitatea în laboratoare, sunt ușor de aplicat și foarte accesibili utilizatorilor, putând constitui baza pentru elaborarea de noi programe de calcul pentru alte etaloane de referință și de lucru. Reprezentative între aceste programe sunt cele de calcul al incertitudinii de măsurare pentru cale plan paralele măsurate interferențial și comparativ, rigle gradate și calibre inel, întrucât aceste etaloane se regăsesc de regulă în dotarea fiecărui laborator de metrologie din domeniul Lungimi.

Teza prezintă o serie de propuneri de viitor pentru a menține etalonul național de lungime în rândul etaloanelor internaționale avansate în ceea ce privește exactitatea de măsurare. În acest sens se menționează calea de urmat pentru a folosi metoda de măsurare a frecvențelor laserului prin comparație cu orologiul de cesiu (etalonul primar de timp) pentru a se ajunge la o valoare a incertitudinii relative de măsurare de ordinul 10^{-15} . Într-un viitor mai îndepărtat se va impune utilizarea generației laserelor pieptene femtosecundă care a devenit în ultimii câțiva ani o tehnică puternic utilizată pentru măsurarea frecvențelor optice, tehnică existentă în laboratoarele de metrologie de vârf. În această interpretare, frecvența luminii formează unica bază de măsurare a lungimii, înlocuind lungimea de undă a luminii. Dezvoltarea rapidă a acestei tehnici are deja un impact profund în multe aspecte ale metrologiei și crește potențialul implementării definiției metrului în lumea întreagă, astfel că noua metodă diseminează direct unitatea cu o excelentă exactitate de măsurare, spre un domeniu cât mai larg de etaloane.

Lucrarea, prin tematica abordată, aduce contribuții la analiza, fundamentarea teoretică și îmbunătățirea practică a evaluării incertitudinii de etalonare a mijloacelor de măsurare prezentate în cuprinsul lucrării, iar cercetările efectuate în ceea ce privește modalitatea de evaluarea a incertitudinii standard compuse asociată metodei de măsurare a frecvenței prin utilizarea generatorului pieptene reprezintă cea mai modernă modelare matematică a procesului de etalonare studiat, cu aplicabilitate practică directă în studiul incertitudinii celorlalte etaloane de referință din domeniul lungimii.

Susținută în data de: 8 octombrie 2007