

REALIZĂRI ALE INSTITUTULUI NAȚIONAL DE METROLOGIE ÎN DOMENIUL MĂSURĂRII MĂRIMILOR ELECTRICE ÎN CEI 60 DE ANI DE ACTIVITATE

ACHIEVEMENTS OF THE NATIONAL INSTITUTE OF METROLOGY IN MEASURING ELECTRICAL QUANTITIES IN THE 60 YEARS OF ACTIVITY

*Gelu POPOVICI, Liliana CÎRNEANU, Marciana SIMIONESCU,
Dorin FLĂMÂNZEANU, Anca NESTOR*

INSTITUTUL NAȚIONAL DE METROLOGIE/NATIONAL INSTITUTE OF METROLOGY

Rezumat: *Articolul prezintă activitatea Institutului Național de Metrologie (INM) în domeniul măsurării mărimilor electrice pentru asigurarea corectitudinii, a uniformității și a trasabilității măsurărilor în România. Sunt abordate aspecte privind realizarea, dezvoltarea, menținerea etaloanelor naționale și asigurarea trasabilității acestora la sistemul internațional, precum și orientări ale activității laboratorului Mărimi Electrice în ultimii ani.*

Cuvinte cheie: *metrologie, etaloane nationale, CMC*

Abstract: *The paper presents the main activities carried out in measuring electrical quantities at the National Institute of Metrology (INM), to assure the correctness, the uniformity and the traceability of measurements in Romania. Aspects are approached to active realize, develop, maintain national standards and their traceability to the international system, laboratory activity and guidelines of electrical quantities in recent years.*

Key words: *metrology, national standards, CMC*

1. INTRODUCERE

Dezvoltarea asigurării metrologice necesită o activitate centralizată și în mare măsură adaptată particularităților economico-sociale la momentul dat, în care rolul laboratoarelor naționale de metrologie este hotărâtor. Ele au sarcina de a elabora baza tehnico-științifică a unicității măsurărilor pentru fiecare domeniu în parte, începând de la etalonul național și până la ultima treaptă a „piramidei” transiterii unității de măsură. Acest indiciu comportă atât elemente materiale (etalone, instalații etc.) cât și cunoștințele necesare aplicării acestora, consemnate într-o literatură adecvată (standarde, norme etc.) [1].

Aceste obiective au stau la baza activității Institutului Național de Metrologie încă de la înființarea sa, în anul 1951.

Ca urmare a dezvoltării mijloacelor de măsurare electrice utilizate în industrie, în cercetarea științifică, în diverse domenii de activitate, aplicarea metodelor electrice de măsurare și în alte domenii decât electrotehnica au impus realizarea unor etaloane de mare exactitate în domeniul mărimilor electrice și elaborarea unor metode adecvate de etalonare și

1. INTRODUCTION

The development of metrological assurance requires centralized activity that is largely adapted to the social-economical characteristics at the given time and in which the role of the national metrological laboratories is decisive. The metrological laboratories have the task to elaborate the technical scientific base of the unique measurements for each domain, starting with the national standard and ending with the bottom of the dissemination “pyramid” of measurement units.

This structure contains both physical elements (standards, installations, etc) and the knowledge necessary to use them, written into an adequate literature (normes, rules, etc). [1].

This objectives have been representing the base of the INM activity since its establishing in 1951.

As an effect of the development of electrical measurement methods used in industry, in scientific research, in various fields, the creation of great precision standards in the electrical measurements domain and the elaboration of adequate standardization and measurement methods have been necessary for applying the

măsurare. Pentru realizarea acestor obiective, au fost create și dezvoltate laboratoarele de mărimi electrice din institut. Primul înființat a fost laboratorul de curent continuu, în cadrul căruia s-au realizat primele etaloane naționale de tensiune și rezistență electrică. Mai târziu, a fost înființat laboratorul de curent alternativ, care a preluat problemele legate de curent și tensiune în domeniul alternativ, putere, energie, capacitate, inductanță etc. [2].

În continuare, odată cu dezvoltarea dotării tehnice și de personal, s-a dezvoltat și o bază de etaloane de vârf ale principalelor mărimi electrice și magnetice. Materializarea acestora se bazează pe faptul, cunoscut, că cea de-a patra unitate fundamentală a SI, amperul, se realizează practic prin intermediul etaloanelor de tensiune și rezistență electrică. Astfel, în anii '70 - '80, unitățile de măsură ale principalelor mărimi electrice (curent electric, putere electrică, energie electrică, capacitate electrică, inductanță, inducție magnetică, flux magnetic) se obțineau prin derivare de la două unități electrice, unitatea de tensiune electrică și unitatea de rezistență electrică și două unități mecanice, unitatea de lungime și unitatea de timp. Unitățile de măsură ale tensiunii și rezistenței erau preluate de la BIPM și astfel era asigurată independența sistemului național de etaloane electromagnetice, respectiv dependența sa exclusiv de etaloanele BIPM, ceea ce garanta corelarea optimă cu unitățile de măsură legale ale altor țări [1].

2. REALIZAREA ETALOANELOR NAȚIONALE

Etalonul național de tensiune electrică era format, până în anul 2006, din grupuri de elemente Weston. Prima etalonare a unui grup de elemente Weston, denumit *grup 1937*, a avut loc la BIPM în anul 1937. Cel mai vechi certificat de etalonare emis de BIPM, existent în arhivele laboratorului, datează din 29 octombrie 1956 și se referă la etalonarea unui grup de 5 elemente Weston, *grup 1954*, de fabricație românească [3].

După 1956, unitatea de tensiune electrică a fost conservată prin valorile medii ale grupurilor de elemente Weston care erau etalonate la BIPM. *Grupului 1954* i-au urmat alte grupuri de elemente (grupul 1964, un grup de elemente monotubulare) asigurându-se astfel trasabilitatea la BIPM și transmiterea unității de tensiune electrică. Până în anul 2006, grupul etalon național era constituit din elemente Weston, care au avut o stabilitate foarte bună. Incertitudinea asociată unității de măsură a fost

electrical measurement methods in other fields than electricity. The electrical laboratories have been created to fulfill these tasks. The first one was the DC electrical laboratory, where the first national standards for voltage and electrical resistance were established. Later, the AC laboratory was established, who took over measurement tasks in the fields of alternative voltage and current, power, energy, capacity, inductance, etc. [2].

In the following period, together with the development of the technical equipment and the increase of the number of employees, a base for top standards of the main electrical and magnetic quantities was established. The existence of all these was based on the well known fact that the fourth fundamental unit of SI, the ampere was practically derived by the voltage and electrical resistance standards. Thus, in the 70s - 80s, the main units of electrical quantities (power, electric power, electricity, capacitance, inductance, magnetic induction, magnetic flux) was obtained by derivation from two electrical units, of voltage and electrical resistance and two mechanical units, of length and unit time. The units of voltage and resistance were traced back to the BIPM providing, thus, the independence of the system of national standards in the electromagnetic field and, respectively, its exclusive dependence on the BIPM standards that guaranteed an optimal correlation with the legal units of other countries [1].

2. THE ACHIEVEMENT OF NATIONAL STANDARDS

The *national voltage standard* was set of groups of Weston elements, until in 2006. Calibration of the first group of Weston elements, named *group 1937*, was performed at BIPM, in 1937. The earliest calibration certificate issued by BIPM, existing in the laboratory archives, is dated 29 October 1956 and refers to the calibration of a group of 5 Weston elements, *group 1954*, which was manufactured in Romania [3].

After 1956, the DC voltage unit was maintained by the mean of groups of Weston elements that were calibrated at BIPM. *Group 1954* was followed by other groups of elements (group 1964, a group of single-pipe elements) thereby ensuring traceability to the BIPM as well as the dissemination of the voltage unit. Until 2006, the national standard group was composed of elements Weston, who had a very good stability. The uncertainty associated with the measurement unit for DC

de $1\mu\text{V}/\text{V}$.

Dar elementele Weston aveau următoarele dezavantaje:

- erau fragile, deci trebuiau manipulate cu o grijă deosebită; trebuiau ferite de zdruncinări, vibrații, loviri sau șocuri mecanice;

- trebuiau să fie ferite de expunerea la lumină ;

- nu trebuiau răsturnate sau înclinate, deoarece se puteau combina substanțele din interior, ducând la distrugerea pilei electrice;

- curentul debitat la borne trebuia să fie mai mic de 10^{-8} A ;

- valoarea tensiunii electromotoare (t.e.m.) a elementelor era puternic dependentă de temperatură ;

- valoarea tensiunii electromotoare (t.e.m.) a elementelor era afectată de fenomenul de histerezis termic; timpul de revenire la valoarea inițială a tensiunii după modificarea temperaturii fiind de 10 – 30 zile.

În consecință, se impunea înlocuirea acestor etaloane, cu unele mai robuste și mai puțin dependente de condițiile de mediu. În acest scop, în laboratorul Mărimi Electrice s-a desfășurat o activitate continuă de cercetare în vederea păstrării, caracterizării metrologice și perfecționării etalonului național și a etaloanelor de referință, precum și a reproducerii, conservării și transmiterii unității de măsură.

Astfel, în anul 2006, elementele Weston din componența etalonului național au fost înlocuite cu etaloane de tensiune cu diodă Zener. Acestea au următoarele avantaje:

- sunt stabile în timp;

- generează două tensiuni continue cu valori nominale de: 1,018 V (corespunzător tensiunii elementelor Weston) și 10 V (tensiune de referință pentru majoritatea multimetrelor digitale și calibratoarelor);

- sunt ideale ca etaloane itinerante;

- au acumulator, fapt ce le conferă o independență a alimentării timp de 72 ore;

- sunt robuste și fiabile, fiind rezistente la șocuri mecanice și zdruncinări;

- influența temperaturii ambiante este minimă, având termostatare incorporată;

- pot fi utilizate conectate sau deconectate de la rețeaua electrică,

- caracteristicile metrologice nu se modifică la o scurtcircuitare accidentală a bornelor.

Un avantaj important al grupului a fost scăderea incertitudinii de măsurare ($0,5\mu\text{V}/\text{V}$ pentru valoarea de 1,018 V și $0,15\mu\text{V}/\text{V}$ pentru valoarea de 10 V). Asigurarea trasabilității la SI se face la BIPM, prin intermediul unui etalon

voltage wa was $1\mu\text{V}/\text{V}$.

The Weston elements had the following disadvantages:

- they were fragile, and therefore had to be handled with great care, to be protected from shock, vibration, impact or mechanical shocks;

- they had to be protected from exposure to light;

- they should not be overturned or inclined, because the substances inside could combine, resulting in electrical damage of the cell;

- the terminal current should be less than 10^{-8} A ;

- the thermoelectric motive force (t.e.m.f.) voltage of the elements was strongly dependent on temperature;

- the thermoelectric motive force (t.e.m.f.) voltage of the elements was affected by thermal hysteresis, the time to recover to the baseline voltage after a change of temperature was of 10 – 30 days.

As a result, it was necessary to replace these standards, with ones more solid and less dependent on environmental conditions. For this purpose, the electrical quantities laboratory has continuously carried out studies in order to preserve, characterize and improve the national standard and the reference standards, as well as to allow for the maintenance and the dissemination of the unit.

Therefore, in 2006, the Weston elements which formed the national standard were replaced with Zener diode voltage standards. They have the following advantages:

- they have a good stability over time;

- they generate two nominal DC voltage values: 1.018 V (corresponding to the voltage of Weston elements) and 10 V (reference voltage for the majority of digital multimeters and calibrators);

- standards are ideal for traveling;

- they are battery-operated, which gives them independence power for 72 hours;

- they are robust and reliable, being resistant to mechanical shock and shaking;

- the ambient temperature influence is minimal, with thermostatic built;

- they can be used either connected or disconnected from the mains;

- the metrological characteristics are not altered and do not change if an accidental shortcircuit of terminals occurs.

An important advantage of the group was a lower measurement uncertainty ($0.5\mu\text{V}/\text{V}$ and 0.15 V value of $1.018\mu\text{V}/\text{V}$ for the 10 V). Traceability to the BIPM and is provided

itinerant.

Etalonul primar în domeniul tensiunii electrice în c.c. este cel bazat pe efect Josephson.

through a itinerary standard.

The primary standard in the DC voltage field is based on the Josephson effect.



Fig. 1: Instalație de tensiune electrică în curent continuu, bazată pe efect Josephson

Încă din anul 1982 a fost inițiat un studiu în vederea realizării unui astfel de etalon, în colaborare cu Institutul de Fizică și Tehnologia Materialelor, dar studiul nu a putut fi finalizat datorită nivelului necorespunzător al tehnologiei din acea perioadă. După 1990, laboratorul și-a propus ca obiectiv important achiziționarea instalației bazate pe efectul Josephson și în cursul anului 2011 acesta va fi realizat.

Etalonul național de rezistență electrică este un etalon de grup, constituit din rezistoare de valoare unică. Prima etalonare a unui rezistor etalon de 1Ω , fabricație Siemens & Halske, aparținând Direcției de Măsuri și Greutăți, a avut loc la BIPM în anul 1937 [3]. Următorul certificat de etalonare emis de BIPM, existent în arhivele laboratorului, datează din 29 octombrie 1956 și se referă la etalonarea aceluiași rezistor.

Din anul 1958, institutul dispune de grupuri de rezistoare etalon cu valori nominale de la $0,1 \text{ m}\Omega$, până la $10 \text{ k}\Omega$. Etalonul național de rezistență electrică este etalon de grup cu valoare nominală de 1Ω , care prezintă cele mai bune caracteristici metrologice și este utilizat pentru preluarea unității de la BIPM și pentru diseminarea unității de rezistență electrică. De aceea, până în anul 2006, grupul etalon național era constituit din rezistoare de 1Ω .

Ca lucrări deosebit de importante pentru îmbunătățirea performanțelor etaloanelor de rezistență, sunt: realizarea unui set de rezistoare etalon de transfer, tip Hamon în 1992 – 1994, determinarea coeficienților de temperatură ai rezistoarelor din componența etalonului național și de referință de 1Ω , la $23 \text{ }^\circ\text{C}$, în anul 2004

Since 1982 a study was initiated to achieve such a standard, in collaboration with the Institute of Physics and Technology of Materials, but the study could not be completed due to improperly levels of technology at that time. After 1990, the laboratory has set as an important objective the purchase of an installation based on the Josephson effect, which will be achieved in 2011.

The national DC resistance standard is a standard group, consisting of electrical resistors of single value. The first calibration of a standard resistor of 1Ω , manufactured by Siemens & Halske and belonging to the Romanian Department of Weights and Measures was performed at BIPM in 1937 [3]. The next calibration certificate issued by BIPM, existing in the laboratory archives, date from October 29, 1956 and relate to the same calibration resistor.

From the year 1958, the institute has standard resistors groups with nominal values from $0.1 \text{ m}\Omega$ to $10 \text{ k}\Omega$. The national standard is the standard electrical resistance group with a nominal value of 1Ω , which presents the best metrological characteristics and is used to transfer the unit from BIPM and to disseminate the unit of electrical resistance. Therefore, until 2006, the national standard group consisted of 1Ω resistors.

As a very important work to improve the performance of resistance standards, we mention the achievement of a set of resistors type Hamon transfer standard during 1992 - 1994, the determining of the temperature coefficient of resistors of in the reference and national standard groups of 1Ω , at $23 \text{ }^\circ\text{C}$ in 2004

(necesară în urma modificării temperaturii de referință din laborator de la 20 °C la 23 °C) și dezvoltarea etalonului național în anul 2006, prin includerea unui grup de rezistoare cu valoarea nominală de 10 kΩ, pe lângă cel de 1 Ω, deja existent. Mai poate fi menționată achiziționarea unei punți comparator automate, având ca efect micșorarea incertitudinii de măsurare cu un ordin de mărime (de la 0,3 μΩ/Ω la 0,03 μΩ/Ω).

Etalonul național de tensiune electrică în curent alternativ a fost realizat în Institutul National de Metrologie, prin cercetare proprie în perioada 1977-1978. În perioada 1986-1987, acest etalon a fost perfecționat și adus la standarde internaționale, atât funcțional cât și ca nivel al exactității de măsurare.

În 1990 laboratorul a participat la o comparație a etalonului de tensiune electrică în curent alternativ cu etalonul similar de la VNIIM-URSS cu rezultate bune. În 1993 etalonul a fost atestat fiind format la vremea aceea dintr-un grup de convertoare termoelectrice monojoncțiune cu tensiuni nominale de 1V și 2 V, la frecvențe cuprinse între 20 Hz și 100 kHz. În 1995 a avut loc o nouă comparație bilaterală între PTB-Germania și INM-România cu rezultate care au demonstrat transmiterea corectă a unității de măsură dar care au impus automatizarea completă a măsurărilor. Din acest motiv, în anul 2006 procesul de măsurare a fost automatizat și în 2007 etalonul a fost îmbunătățit prin achiziționarea a trei convertoare multijoncțiune planare, cu tensiunea nominală de 3 V.

În 2009 a fost validată metoda de măsurare automatizată, în prezent, ca obiectiv principal este creșterea limitei superioare a tensiunii măsurate și dezvoltarea unui etalon național de curent electric în domeniul curentului alternativ.

Etalonul național de capacitate electrică este un grup de condensatoare cu dielectric din cuarț topit, având capacitatea nominală de 10 pF, construite în laborator în anul 1972. Acest grup a fost completat în anul 2008 cu două perechi de condensatoare etalon tip AH 11 A cu dielectric din cuarț topit, prevazute cu termostate proprii și având capacitatea nominală de 10 pF și respectiv de 100 pF. Asigurarea trasabilității la unitatea SI este realizată prin substituție față de un etalon de transfer prevăzut cu termostat propriu, etalonat la BIPM sau PTB. Utilizarea comparatorului de capacitate tip AH 2700A permite obținerea unei incertitudini de etalonare mai bune de 8 μF/F pentru condensatoarele tip AH 11 A.

(required by changes in the laboratory reference temperature from 20 °C to 23 °C) and the development of national standard in 2006, including a group of resistors to the nominal value of 10 k Ω, in addition to 1 Ω already existing. It also can be mentioned the acquisition of an automatic comparator bridge, having as a result the reduction of the measurement uncertainty by one degree (from 0.3 μΩ /Ω to 0.03 μΩ / Ω).

The national standard AC voltage was realized at the National Institute of Metrology, through its research during 1977-1978. During 1986-1987, this standard was developed and aligned to international standards, both functionally and as scope of measurement accuracy.

In 1990 the laboratory has participated in a comparison of the standard AC voltage with similar standard belonging to VNIIM-USSR with good results. In 1993 the standard certified at that time as consisting in a group of thermoelectric single junctions converters with nominal voltages of 1V and 2 V, at frequencies between 20 Hz and 100 kHz. In 1995 there was a new comparison between PTB-Germany and INM-Romania with results that showed the correct transmission of the unit of measurement, but have imposed full automation of measurements. For this reason, in 2006 the measurement process was automated and in 2007 the standard has been improved by the acquisition of three planar multiple junctions converters range, with the nominal voltage of 3 V.

In 2009 the automated method of measurement was validated and the laboratory has now set its sights on increasing the upper limit of measured voltage and developing a national standard power in the AC.

The national standard electrical capacity is a group of fused silica dielectric capacitors, with nominal capacity of 10 pF, made in the laboratory in 1972. This group was completed in 2008 with two pairs of type AH 11 A fused silica standard capacitors, equipped with their own thermostats and having a nominal capacity of 10 pF and 100 pF respectively. The traceability to the SI units is provided by substitution against a transfer standard equipped with own thermostat calibrated at BIPM and PTB. The use of the AH2700 capacity comparator allows for calibration uncertainty better than 8 μF/F for the type AH 11 A capacitors.

Etalonul național de inductanță este un grup de inductoare etalon, în majoritate de construcție toroidală având valoarea nominală de 10 mH, elementele constituente fiind inductoare comerciale tipurile Tinsley (din 1972), P596 (din 1979), și 1482-H (din 2006 și 2009) și respectiv, construite în laboratorul INM în anul 1986. Asigurarea trasabilității la unitatea SI este realizată prin substituție față de un etalon de transfer din grupul inductoarelor construite în INM care este etalonat periodic la INRIM sau PTB la frecvențele de 120 Hz, 1 kHz și 10 kHz. Metoda de etalonare a grupului național este metoda substituția, utilizând un RLC-metru digital, pe funcția de măsurare L serie-R serie, obținându-se incertitudini de etalonare de 4 $\mu\text{H}/\text{H}$ la frecvențele de 120 Hz și 1 kHz și respectiv 106 $\mu\text{H}/\text{H}$ la 10 kHz. Scara de valori ale inductanței cuprinsă între 10 μH și 10 H este formată cu ajutorul unor inductoare etalon tip P 596 și INM care constituie referința pentru diseminarea unității către utilizatorii din industrie, laboratoare de etalonări și institute de cercetare.

3. ORIENTAREA ACTIVITĂȚII LABORATORULUI ÎN ULTIMII ANI

Din anul 1990, activitatea laboratorului s-a diversificat. Au apărut probleme noi, care au îmbogățit tematica activității de cercetare.

Sistemul calității a fost implementat în 2002–2003. Aceasta a impus o activitate intensă de elaborare a unei documentații a calității care să satisfacă cerințele standardului SR EN/ISO 17025 (manualul calității, proceduri de etalonare etc.). Laboratorul a fost acreditat în octombrie 2003 și reacreditat în 2008 de către organismul german de acreditare DKD pentru mărimile: tensiune electrică în c.c., rezistență electrică în c.c, curent electric în c.c., impedanță, tensiune electrică în c.a., curent electric în c.a., putere și energie electrică în c.a. la frecvența de 50 Hz.

Activități EURAMET: România este membru deplin al EUROMET din 2004. Laboratorul Mărimi Electrice participă activ în cadrul Comitetului Tehnic *Electricitate și Magnetism* din anul 2003. Această activitate s-a concretizat prin realizări importante în ceea ce privește demonstrarea capabilității de măsurare și recunoașterea acestei capabilități în cadrul procesului CIPM-MRA. Astfel, CMC-urile declarate în anul 2003 au fost evaluate de către experți din EUROMET și din APMP (organizația regională Asia-Pacific), aprobate, și în final publicate în martie 2006 pe site-ul BIPM în Anexa C a Bazei de Date a Comparațiilor Cheie (KCDB).

The national standard of inductance is a group of standard inductors, mainly with toroidal layout having the nominal value of 10 mH, its elements being both commercial inductors types Tinsley (1972), P596 (1979), and 1482-H (2006 and 2009) and inductors made in the INM laboratory in 1986. The traceability to SI units is provided by substitution against a group of transfer standard inductors built at INM, which is calibrated periodically at INRIM or PTB at frequencies of 120 Hz, 1 kHz and 10 kHz. The calibration method applied for the group of national standards is the substitution method using a digital RLC meter, on the measurement function L series-R series, resulting in calibration uncertainty of 40 $\mu\text{H}/\text{H}$ at frequencies of 120 Hz and 1 kHz and 106 $\mu\text{H}/\text{H}$ respectively at 10 kHz. The scale of inductance values between 10 μH and 10 H is formed using standard inductors of types INM and P 596 which form the reference for the unit dissemination to users in industry, calibration laboratories and research institutes.

3. LABORATORY ACTIVITY ORIENTATION IN THE LAST YEARS

Since 1990, laboratory work has diversified. New problems have appeared that have enriched the research topic.

The quality system was implemented in the laboratory from 2002 to 2003. This has required an extensive work in order to develop a quality documentation to meet requirements of EN / ISO 17025 (quality manual, procedures for calibration, etc.). The laboratory was accredited in October 2003 and reaccredited in 2008 by the German accreditation body DKD for the quantities: DC voltage, DC electrical resistance, electric current, impedance, AC voltage and current, AC power and energy and current ratio at 50 Hz.

EURAMET activities: Romania is a full member of EUROMET, since 2004. The electrical quantities laboratory actively participate in the Technical Committee Electricity and Magnetism, since 2003. This activity resulted in significant achievements in terms of demonstrating the capability of measurement and recognition of these capabilities in the CIPM-MRA process. Thus, the CMCs declared by the laboratory in 2003 were evaluated by experts from EUROMET and APMP (Asia-Pacific Regional Organization), approved, and finally published in March 2006 on the BIPM website in Appendix C of the Key Comparisons Data Base (KCDB).

În 2006 laboratorul a participat la comparații internaționale, unele dintre acestea fiind inițiate chiar de INM:

- nr. 687 EURAMET.EM-K5.1: "Comparație de putere activă la $f = 50$ Hz" – (supliment la comparația cheie CCEM-K5) – 11 participanți, pilot: UME Turcia;
- nr.846: EURAMET.EM.BIPM-K11.6: "Comparație de tensiune în c.c. la 1,018 V și 10 V" - comparație cheie, BEV, INM, UME, pilot: BEV Austria, coordonator: INM;
- nr 851: EURAMET.EM-K2 "Comparare de rezistoare etalon de 10 M Ω și 1 G Ω "; comparație cheie, 21 participanți, pilot: METAS Elveția;
- BIPM.EM-K13.a "Etalonarea a două rezistoare itinerante de 1 Ω " - Comparație bilaterală INM-BIPM, [4]
- BIPM BIPM.EM-K13.b "Etalonarea a două rezistoare itinerante de 10 k Ω " - Comparație bilaterală: INM-BIPM, [4]
- nr. 889: EURAMET.EM-K3 Comparatie de inductanta de 10 mH - Comparatie trilaterală: NCM-BG, PTB-DE, INM-RO;
- nr. 816: EURAMET.EM-S20 "Comparatie de inductanță de 100 mH, 1 kHz", 16 participanți.

Cea mai recentă comparație cheie din cadrul EURAMET în domeniul rezistențelor electrice în curent continuu este EURAMET.EM-S-32 pentru valorile nominale de 1 T Ω și 100 T Ω , la care măsurările efectuate de laboratorul Mărimi Electrice au avut loc în anul mai 2010.

4. CONCLUZII

Un pas important în îmbunătățirea activității viitoare a laboratorului reprezintă achiziționarea în acest an a etalonului primar de tensiune electrică în c.c. bazat pe efect Josephson.

La nivel european, actualul etalon național pentru această mărime este folosit ca etalon de transfer al unității, de la etalonul primar, la etaloanele secundare. Pe de altă parte, comparațiile cheie care sunt în domeniul tensiunii electrice în c.c. sunt destinate exclusiv institutelor naționale care dețin etalon primar. Această situație creează dificultăți în ceea ce privește activitatea INM în cadrul CIPM-MRA (menținerea CMC declarate, declararea unor noi CMC). De aceea modernizarea etalonului național de tensiune electrică în c.c. va permite alinierea INM cu institutele naționale din Europa.

Rezultatele obținute în decursul timpului de laboratorul Mărimi Electrice, demonstrează

In 2006 the laboratory has participated in international comparisons, some of which being initiated by INM:

- No. 687 EURAMET. EM-K5.1: "Comparison of active power at $f = 50$ Hz" - (supplement to the key comparison CCEM-K5) - 11 participants, pilot: UME Turkey;
- Nr.846: EURAMET.EM.BIPM-K11.6: "Comparison of DC voltage at 1.018 V and 10 V" - key comparison, BEV, NIM, UME, pilot: BEV Austria, coordinator: INM;
- No 851: EURAMET.EM-K2 "Comparison of standard resistors 1 G Ω and 10 M Ω " key comparison, 21 participants, Pilot Metas Switzerland;
- BIPM.EM-K13.a "Calibration of a two itinerant 1 Ω resistors" - INM-BIPM bilateral comparison, [4];
- BIPM.EM-K13.b "Calibration of a two itinerant 1 Ω resistors" - INM-BIPM bilateral comparison, [4];
- No. 889: EURAMET.EM-K3 Comparison of inductance at 10 mH - Trilateral Comparison: NCM-BG, PTB-DE, INM-RO;
- No. 816: S20 EURAMET.EM, "Comparison of inductance of 100 mH, 1 kHz" 16 participants;

The most recent key comparison in the EURAMET in the field of DC electrical resistance is EURAMET.EM-S-32 for nominal values 1 T Ω and 100 T Ω for which the laboratory measurements were performed in May 2010.

4. CONCLUSIONS

An important step in improving the future activity of the laboratory is the acquisition this year of the primary standard for voltage DC based on the Josephson effect.

At European level, the current national standard for this electrical quantity is used as a standard transfer unit, from the primary standard to secondary standards. On the other hand, the key comparisons that take place in the field of DC voltage are intended solely for the national institutes who have the primary standard. This situation creates difficulties in the INM activity in the CIPM-MRA process (maintaining the CMCs declared, declaring new CMCs). Therefore modernizing the national standard DC voltage will allow the alignment of the institute to other national institutes in Europe.

The results obtained during in time, demonstrate the calibration capabilities of the

capabilitățile de etalonare ale laboratorului în conformitate cu cerințele SR ISO 17025, măresc încrederea în certificatele de etalonare emise și susțin astfel, toate măsurările electrice trasabile la INM.

BIBLIOGRAFIE

- [1] *Millea, A.* Contribuții ale INMB la dezvoltarea asigurării metrologice în domeniul mărimilor electromagnetice, *Metrologia aplicată vol. XXVIII, 1981, nr. 3-4*
- [2] *Millea, A.* Realizări ale Secției Mărimi Electrice din Institutul de Metrologie, *Metrologia aplicată vol. 13, 1966*
- [3] *Ilie, P. Simionescu, M. Cîrneanu, L.* – Considerații asupra etaloanelor naționale de tensiune și rezistență electrică din România, *Metrologie vol. XLIV, nr.4/1998*
- [4] *Gelu Popovici, Liliana Cîrneanu, Marciana Simionescu,* Capabilități de măsurare a rezistenței electrice în curent continuu, *Metrologie, vol. LVI, nr. 3/2009*

Revizia științifică:

Dragoș BOICIUC, doctor, cercetător științific gradul I, e-mail: dragos.boiciuc@inm.ro

Despre autori:

Gelu Popovici, cercetător științific II
Liliana Cîrneanu, cercetător științific III la INM, e-mail: liliana.cirneanu@inm.ro
Marciana Simionescu, cercetător științific III la INM, e-mail: marciana.simionescu@inm.ro
Dorin Flămânzeanu, cercetător științific III la INM, e-mail: doru.flamanzeanu@inm.ro
Anca Nestor, doctor, cercetător științific gradul II la INM, e-mail: anca.nestor@inm.ro

electrical quantities laboratory in accordance with the requirements of ISO 17025, increase the confidence in calibration certificates issued and support all electrical measurements traceable to INM.

REFERENCES

- [1] *Millea, A.* Contribuții ale INMB la dezvoltarea asigurării metrologice în domeniul mărimilor electromagnetice, *Metrologia aplicată vol. XXVIII, 1981, nr. 3-4*
- [2] *Millea, A.* Realizări ale Secției Mărimi Electrice din Institutul de Metrologie, *Metrologia aplicată vol. 13, 1966*
- [3] *Ilie, P. Simionescu, M. Cîrneanu, L.* – Considerații asupra etaloanelor naționale de tensiune și rezistență electrică din România, *Metrologie vol. XLIV, nr.4/1998*
- [4] *Gelu Popovici, Liliana Cîrneanu, Marciana Simionescu,* Capabilități de măsurare a rezistenței electrice în curent continuu, *Metrologie, vol. LVI, nr. 3/2009*

Scientific revue:

Dragoș BOICIUC, doctor, scientific researcher Ist degree, e-mail: dragos.boiciuc@inm.ro

About the authors:

Gelu Popovici, scientific researcher IInd degree
Liliana Cîrneanu, scientific researcher IIIrd degree, e-mail: liliana.cirneanu@inm.ro
Marciana Simionescu, scientific researcher IIIrd degree, e-mail: marciana.simionescu@inm.ro
Dorin Flămânzeanu, scientific researcher IIIrd degree, e-mail: doru.flamanzeanu@inm.ro
Anca Nestor, doctor, scientific researcher IIIrd degree, e-mail: anca.nestor@inm.ro