

МОГУЋНОСТ ЕТАЛОНИРАЊА ЕТАЛОНА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ ЗА БАЗУ ПОДАТАКА МЕЂУНАРОДНОГ БИРОА ЗА ТЕГОВЕ И МЕРЕ

Татјана Цинцар-Вујовић
Дирекција за мере и драгоцене метале, Београд, Република Србија

Кључне речи: електрична енергија, могућности еталонирања, систем менаџмента

КРАТАК САДРЖАЈ

Дирекција за мере и драгоцене метале (ДМДМ) као члан EUROMET-а, мора да докаже да је имплементирала Систем менаџмента (СМ) сагласно стандарду JUS/ISO IEC 17025, да би могућности еталонирања (СМС) у својим лабораторијама пријавила за базу података Међународног бироа за тегове и мере (BIPM). Један од услова је да за наведена еталонирања постоје радна упутства и да је остварена следивост до међународних еталона.

Сагласно документима СМ ДМДМ, написано је радно упутство за еталонирање еталона електричне енергије које садржи све тачке предвиђене СМ.

У овом раду приказане су могућности еталонирања ДМДМ у области електричне енергије, које су пријављене у бази података BIPM. Обухваћена су еталонирања једнофазних и трофазних еталона активне електричне енергије у опсегу од 0,4 Ws до 4800000 Ws са мерном несигурношћу од 116 $\mu\text{Wh}/\text{VAh}$ до 129 $\mu\text{Wh}/\text{VAh}$ са фактором обухвата 2 и једнофазних и трофазних еталона реактивне електричне енергије у опсегу од 0,4 vars до 4800000 vars са мерном несигурношћу од 116 $\mu\text{varh}/\text{VA}$ до 129 $\mu\text{varh}/\text{VAh}$ са фактором обухвата 2.

CALIBRATION POSSIBILITY IN FIELD OF ENERGY METERS FOR THE BIPM KEY COMPARISON DATABASE

Tatjana Cincar-Vujovic
Directorate of Measures and Precious Metals, Belgrade, Serbia

Keywords: electrical energy, calibration possibility, system management

The Directorate of Measures and Precious Metals (DMPM) as approximant of EUROMET, has to approve that all requirements of appropriated standard JUS/ISO IEC 17025 are comply. We announced calibration capability (CMC) of our laboratories for the BIPM key comparison database. One of the conditions is that we have working instructions and achieved traceability to international standards.

According to documents SM of DMPM, working instructions for energy meters has written and contains all points anticipated SM.

Calibration possibility in field of electric energy is presented in this paper. Calibrations include one phase and three phase active energy meter range from 0,4 Ws to 4800000 Ws with uncertainty of measurements from 116 $\mu\text{Wh}/\text{VAh}$ to 129 $\mu\text{Ws}/\text{VA}$ with $k = 2$ and one phase and three phase reactive energy meter range from 0,4 vars to 4800000 vars with uncertainty of measurements from 116 $\mu\text{varh}/\text{VAh}$ to 129 $\mu\text{varh}/\text{VAh}$ with $k = 2$.

УВОД

Испуњење захтева Стандарда JUS ISO/IEC 17025 [1] у лабораторијама које желе да докажу своју компетентност у пословима еталонирања је постао услов у националним метролошким институцијама широм Европе и у свету. Чланице и придружени чланови Европске асоцијације за метрологију (EUROMET) морају да докажу да су имплементирале Систем менаџмента (СМ) сагласно наведеном стандарду, уколико желе да могућности еталонирања (СМС) у својој лабораторији пријаве за базу података Међународног бироа за тегове и мере (BIPM). Поред четрнаест тачака захтева СМ, потребно је доказати да су испуњени и имплементирани сви технички захтеви који су применљиви у лабораторији за еталонирање.

Дирекција за мере и драгоцене метале (ДМДМ) је члан EUROMET-а од 25. маја 2005. године. Свака земља чланица EUROMET-а као и придружене чланице имају за циљ да се њен СМС нађе у бази података BIPM-а. Да би се овај циљ остварио потребно је, поред приказаног и имплементираног СМ, пријављени СМС проследити на рецензију у оквиру EUROMET-а. Након позитивне рецензије од стране компетентних експерата СМС се поставља у базу података BIPM-а. СМС постављен на сајту BIPM-а подразумева да су еталонирања која наведена лабораторија изврши за своје клијенте, у оквиру објављеног СМС, призната од свих земаља потписница Уговора о међусобном признавању резултата еталонирања (MRA). Овај уговор у име наше државе потписао је директор ДМДМ децембра 2002. године.

За наведена еталонирања постоје радна упутства (ПУ), у оквиру којих је дат прорачун буџета мерне несигурности. Поступак еталонирања еталона електричне енергије се спроводи у складу са захтевима стандарда JUS/ISO IEC 17025.

Лабораторија за електричну енергију је пријавила свој СМС. Процес рецензије је успешно завршен и пријављени СМС је постављен у апендиксу Ц (Appendix C of the KCDB - The BIPM key comparison database) [2].

СЛЕДИВОСТ

Један од услова је да је за наведена еталонирања остварена следивост до међународних еталона. Метролошка следивост се дефинише као особина резултата мерења или вредности еталона помоћу које еталон може да се доведе у везу са назначеним референцама, обично са националним или међународним еталонима, посредством непрекинутог ланца поређења (ланац следивости), која сва имају назначене мерне несигурности. [1-3]. Мерна несигурност се за сваки корак у ланцу следивост одређује сагласно препорученим методама [3]. Ланац поређења се почиње примарним еталонима који остварују међународне јединице или еталонима који имају документовану следивост до примарног еталона [3-4].

Следивост није довољно показати само на основу једног еталонирања. Она се мора доказати на основу вишегодишњег одржавања, праћења и еталонирања у одговарајућим компетентним лабораторијама. Подаци о следивости еталона у области електричне енергије, са сертификатима о еталонирању налазе се у картонима еталонске опреме. Евиденција о функцијском одржавању еталона такође се бележе у овим картонима.

МОГУЋНОСТИ ЕТАЛОНИРАЊА

У табели 1. су дате могућности еталонирања које су покривене СМ (Appendix C of the KCDB - The BIPM key comparison database). То подразумева да су испуњене све тачке Стандарда JUS ISO/IEC 17025.

ТАБЕЛА 1 - МОГУЋНОСТИ ЕТАЛОНИРАЊА КОЈЕ СУ ПОКРИВЕНЕ СМ

Мерни опсег	Мерна несигурност	Еталонирање или мерни сервис	Радно упутство
од 0,4 Ws до 4800000 Ws	од 116 μ Wh/VAh до 129 μ Wh/VAh	једнофазни еталони активне електричне енергије	ПУ-Е21 за еталонирање еталона електричне енергије
од 0,4 vars до 4800000 vars	од 116 μ varh/VAh до 129 μ varh/VAh	једнофазни еталони реактивне електричне енергије	ПУ-Е21 за еталонирање еталона електричне енергије

од 0,4 Ws до 4800000 Ws	од 116 $\mu\text{Wh}/\text{VAh}$ до 129 $\mu\text{Wh}/\text{VAh}$	трофазни еталони активне електричне енергије	ПУ-Е21 за еталонирање еталона електричне енергије
од 0,4 vars до 4800000 vars	од 116 $\mu\text{varh}/\text{VAh}$ до 129 $\mu\text{varh}/\text{VAh}$	трофазни еталони реактивне електричне енергије	ПУ-Е21 за еталонирање еталона електричне енергије

РАДНО УПУТСТВО

Еталонирање еталона електричне енергије се обавља у Лабораторији за електричну енергију у Дирекцији за мере и драгоцене метале. Сва мерења се одвијају у дефинисаним референтним условима.

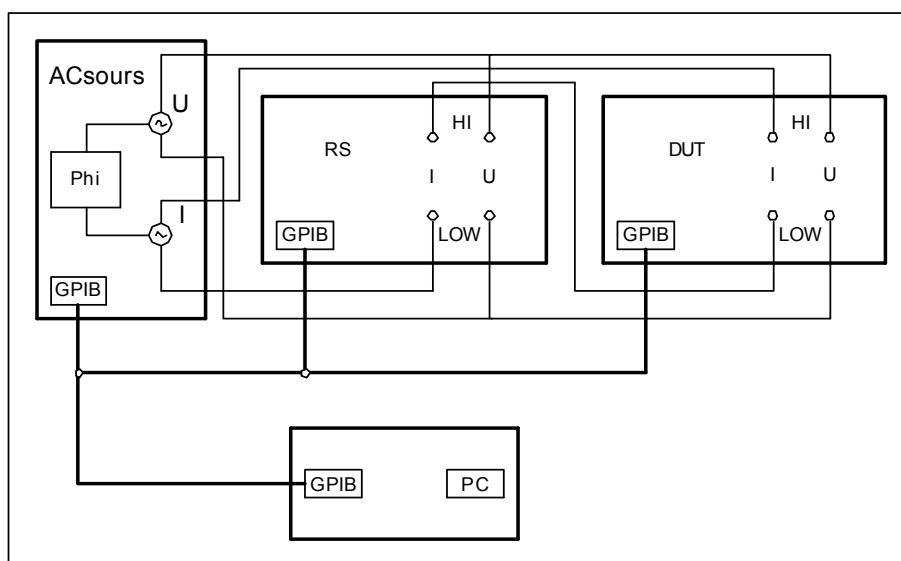
Еталонирани еталон електричне енергије и опрема која се користи за еталонирање мора се стабилизovati у референтним условима најмање 24 часа пре почетка еталонирања. Референтни услови за време еталонирања морају се одржавати у истом референтном опсегу.

Сва опрема која се користи се укључује пре почетка еталонирања онолико раније колико је специфицирано у документацији произвођача. То се мора испоштовати како би се постигле одговарајуће метролошке карактеристике.

Опрема која се користи за еталонирање обухвата трофазни компаратор, производње ZERA, тип SOM3003, као референтни еталон и трофазни извор наизменичног електричног напона, произвођача ZERA.

Еталон електричне енергије који се еталонира се визуелно прегледа како би се евентуално уочила видљива оштећења која могу утицати на промену његових метролошких карактеристика. У поступку еталонирања еталона електричне енергије користи се метода поређења са референтним еталоним. Блок шема је приказана на слици 1.

СЛИКА 1. Блок шема мерења



Дефинисање мерних тачака, је неопходно, како би се број мерних тачака и ниво мерне несигурности усагласили са декларисаним метролошким карактеристикама и употребом еталона.

Полази се од основног опсега на еталонираним еталону електричне енергије. На трофазном извору се постави одговарајући електрични напон, електрична струја, фазни угао и период интегралнења који се у исто време доводи на улазе референтног еталона и еталонираног еталона електричне енергије. После 10 узастопних мерења, читава се средња вредност мерења електричне енергије и стандардна девијација. Резултати еталонирања се бележе у Excel датотекама.

Затим се прелази на друге опсеге и понавља горе поменути поступак за све тачке специфициране у радном упутству за еталонирање. У оквиру једног мерног опсега, полази се од

најмањег оптерећења, еталонирање се врши при трофазном оптерећењу и при једнофазном оптерећењу, за различите факторе снаге.

Уколико вредности које се добијају еталонирањем нису у оквиру дозвољених граница које су дефинисане у спецификацији произвођача, мора се извршити подешавање. Подешавање доводи уређај у стање да очитане вредности буду у границама које су дефинисане у упутству произвођача и мора се урадити у складу са методом препорученом од стране произвођача.

После подешавања, понавља се претходна процедура еталонирања, с тим што би време између подешавања и поновног еталонирања требало да буде краће од 24 часа уколико није другачије специфицирано у упутству произвођача.

Уколико су на уређају извршени одређени захвати, као што је сервисирање које може у знатној мери променити његове метролошке карактеристике, прво се врши подешавање, а тек након подешавања еталонирање.

АНАЛИЗА МЕРНЕ НЕСИГУРНОСТИ МЕРЕЊА

Грешка мерења електричне енергије еталонираног еталона електричне енергије G_{EP} се изражава као:

$$G_{EP} = G_{EPokazano} + \delta E_{PTest} + \Delta E_{PEtalon} + \Delta E_{PEtalonPTB} \quad (1)$$

где је:

$G_{EPokazano}$	Израчуната релативна грешка, коју показује RS, као средња вредност десет мерења, мерна несигурност тип А
δE_{PTest}	Корекција услед резолуције DUT
$\Delta E_{PEtalon}$	Корекција услед грешке референтног еталона у складу са спецификацијом произвођача
$\Delta E_{PEtalonPTB}$	Корекција вредности позната из резултата еталонирања референтног еталона RS са мерном несигурношћу датом у сертификату о еталонирању са фактором обухвата $k = 2$

БУЏЕТ МЕРНЕ НЕСИГУРНОСТИ

Укупна мерна несигурност u_c се рачуна по формули:

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^N c_i^2 u_i^2} \quad (2)$$

где су:

- N – укупан број елемената мерне несигурности,
- c_i – коефицијент осетљивости појединих мерних несигурности,
- u_i – вредност појединих мерних несигурности,

Мерне несигурности су:

1) Мерна несигурност (u_1) услед израчунавања експерименталне стандардне девијације средње вредности мерења електричне енергије $G_{EPokazano}$ за 10 поновљених мерења (мерна несигурност типа А, нормална расподела, 9 степени слободe).

За сваку мерну тачку узето је десет мерења и израчуната средња грешка и експериментална стандардна девијација. Средња вредност грешке и придружена експериментална стандардна девијација су унети у Excel табелу. Та вредност експерименталне стандардне девијације се дели са квадратним кореном броја мерења и добија се експериментална стандардна девијација средње вредности, тип А, 9 степени слободe.

2) Мерна несигурност (u_2) услед резолуције еталонираног еталона δE_{Ptest} (мерна несигурност типа Б, униформна расподела, ∞ број степени слободe).

$$u_2 = \frac{r_2}{2\sqrt{3}}, \quad (3)$$

где је r_2 резолуција еталонираног еталона.

3) Мерна несигурност (u_3) услед грешке референтног еталона $\Delta E_{Petalon}$, (мерна несигурност типа Б, униформна расподела, ∞ број степени слободe).

$$u_3 = \frac{r_3}{\sqrt{3}}, \quad (4)$$

где је r_3 у складу са спецификацијом произвођача.

4) Мерна несигурност (u_4) је корекција вредности позната из резултата еталонирања референтног еталона $\Delta E_{PEtalonPTB}$, са мерном несигурношћу датом у сертификату о еталонирању са фактором обухвата $k = 2$, (мерна несигурност типа Б, униформна расподела, ∞ број степени слободe).

$$u_4 = \frac{r_4 \cdot U \cdot I}{100 \cdot 2} \quad (5)$$

где је r_4 у складу са сертификатом о еталонирању, а U и I су задати електрични напон и задатака електрична струја на извору.

Резултати еталонирања се уносе у Excel табелу и рачунају се поједине мерне несигурности.

Коефицијенти осетљивости појединих мерних несигурности се израчунавају као:

$$c_1 = \frac{\partial G_{EP}}{\partial (G_{EPokazano})} = 1, \text{ коефицијент за } u_1$$

$$c_2 = \frac{\partial G_{EP}}{\partial (\delta E_{PTest})} = 1, \text{ коефицијент за } u_2$$

$$c_3 = \frac{\partial G_{EP}}{\partial (\Delta E_{PEtalona})} = 1, \text{ коефицијент за } u_3$$

$$c_4 = \frac{\partial G_{EP}}{\partial (\Delta E_{PEtalonPTB})} = 1, \text{ коефицијент за } u_4$$

Проширена мерна несигурност U се израчунава по формули:

$$U = k \cdot u_c \quad (6)$$

где је:

k – фактор обухвата за интервал поверења од 95 %, и добија се из Студентове t – расподеле за ефективни број степени слободe – ν_{eff} који се рачуна по формули:

$$\nu_{eff} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{u_i^4(x)}{\nu_i}} \quad (7)$$

где је:

$u_c(y)$ – укупна стандардна мерна несигурност мерене величине,

$u_i(x)$ – стандардна мерна несигурност појединих утицајних величина,

ν_i – број степени слободe појединих утицајних величина.

У Табели 2. је дат пример буџета мерне несигурности за једну тачку еталонирања еталона електричне енергије

ТАБЕЛА 2 - Пример Буџета Мерне Несигурности

Quantity	Value	$u(x_i)$	Degrees of freedom	c_i	$c_i \cdot u(x_i)$
$G_{EPokazano}$	-7,32 Ws	0,2078 Ws	9	1	0,2078 Ws
δE_{PTest}	0,0 Ws	0,0029 Ws	∞	1	0,0029 Ws
$\Delta E_{PEtalon}$	0,0 Ws	0,0058 Ws	∞	1	0,0058 Ws
$\Delta E_{PEtalonPTB}$	0,0 Ws	0,021 Ws	∞	1	0,021 Ws
G_{EP}	-7,32 Ws	$u_c = 0,66$ Ws	$\nu_{eff} = 902,01$		

ЗАКЉУЧАК

Пријављени СМС у области електричне енергије је признат и одобрен од стране EUROMET-а и RMO и званично је објављен у апендиксу Ц (Appendix C of the KCDB - The BIPM key comparison database) Међународне базе података BIPM-а. С обзиром да је ДМДМ потписник Уговора о међусобном признавању резултата еталонирања (MRA), Уверења о еталонирању ДМДМ су призната у целој Европи. Наш циљ је да одржимо компетентност за наведена еталонирања и да могућности повећавамо сагласно потребама еталонирања у овој области.

Наведени СМС придружује се већ објављеним могућностима еталонирања у области једносмерног електричног напона, електричне отпорности, наизменичног електричног напона, електричне снаге, једносмерне електричне струје, наизменичне електричне струје и фазног угла.

ЛИТЕРАТУРА

1. JUS ISO/IEC 17025, Општи захтеви за компетентност лабораторија за испитивање и лабораторија за еталонирање, Завод за стандардизацију, 2001., Београд
2. Document International No 5, Principes pour l'établissement des sistemas de hierarchie des instruments de mesure, (Organisation International de Metrologie Legale, Paris, France, 1982.)
3. Guide to the Expression of Uncertainty in measurement, (International Organization for Standardization, Switzerland, 1993.)
4. Traceability of Measuring and Test Equipment to National Standards, (European Cooperation for Accreditation of Laboratories (EAL), Publication Reference EAL-G12, 1995.)
5. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Measuring instruments, (Commission of the European Communities, Brussels, 15.09.2000., COM(2000)566, 2000/0233 (COD))
6. Document International No 5, Principes pour l'établissement des sistemas de hierarchie des instruments de mesure, Organisation International de Metrologie Legale, Paris, France, 1982.
7. TC4, Committee Draft IOML/CD, Traceability of Measurements to National Standards – Principles for the Establishment of Hierarchy Schemas for Measuring Instruments, Organisation International de Metrologie Legale, Slovakia, 1988.
8. Guide to the Expression of Uncertainty in measurement, International Organization for Standardization, Switzerland, 1993.
9. Директиве Европског Парламента Савета о мерним инструментима, Комисија Европских заједница, Брисел, 15.09.2000. , COM(2000)566, 2000/0233 (COD)
10. Traceability of Measuring and Test Equipment to National Standards, European cooperation for Accreditation of Laboratories (EAL), Publication Reference EAL-G12, 1995.