

АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА ЕТАЛОНИРАЊА ЕТАЛОНА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ У СИСТЕМУ ЕПС

**Т. Цинцар-Вујовић, Дирекција за мере и драгоцене метале, Србија
Д. Хорват, Дирекција за мере и драгоцене метале, Србија**

УВОД

Еталонирање је скуп поступака којима се, у одређеним условима, успоставља однос између вредности величина које показује мерило или мерни систем и одговарајућих вредности остварених еталонима. [1]

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].

Метролошка следивост електричне енергије у нашој земљи обезбеђује се према успостављеној хијерархијској шеми непрекинутим ланцем поређења између српског еталона и еталона и мерила у нашој држави [2, 4]. Ланцем еталонирања (поређења) према хијерархијској шеми, путем преношења вредности са еталона вишег реда на еталоне нижег реда па све до мерила, гарантује се тачност еталона и мерила у науци и привреди. Овакав непрекинути ланац еталонирања према успостављеној хијерархијској шеми еталона везује свако мерење са националним еталонима, чиме се обезбеђује веродостојност мерења а самим тим и квалитет услуга и производа.

Метролошким обезбеђењем, које подразумева и доношење и усаглашавање низа прописа са међународним препорукама и стандардима, осигурава се веродостојност мерења у области метрологије електричне енергије у земљи. Постизањем мерног јединства, тј. усаглашавањем услова мерења и метода мерења уз поштовање прописа и препорука, омогућиће се да се мерни резултати могу међусобно упоређивати, користити и признавати [5].

МЕТОДА МЕРЕЊА

Метода мерења је логичан редослед поступака, општеописаних, који се обављају приликом мерења. [1] Методе мерења могу да се квалификују на различите начине, а овде је реч о директној методи поређења еталонираног еталона са српским еталонима. Поступак мерења је скуп поступака, посебно описаних, који се обављају код појединачних мерења сагласно датој методи. [1]

ЕТАЛОНИ У МЕРНОЈ МЕТОДИ

За еталонирање еталона електричне енергије користи се трофазни компаратор следећих карактеристика:

- опсег електричне струје од 0,001 A до 160 A
- опсег електричног напона од 10 V до 500 V
- опсег фреквенције од 15 Hz до 75 Hz за основне хармонике и до 3500 Hz за више хармонике
- граница дозвољене грешке овог еталона је $\pm 0,01 \%$, за струју, напон и снагу

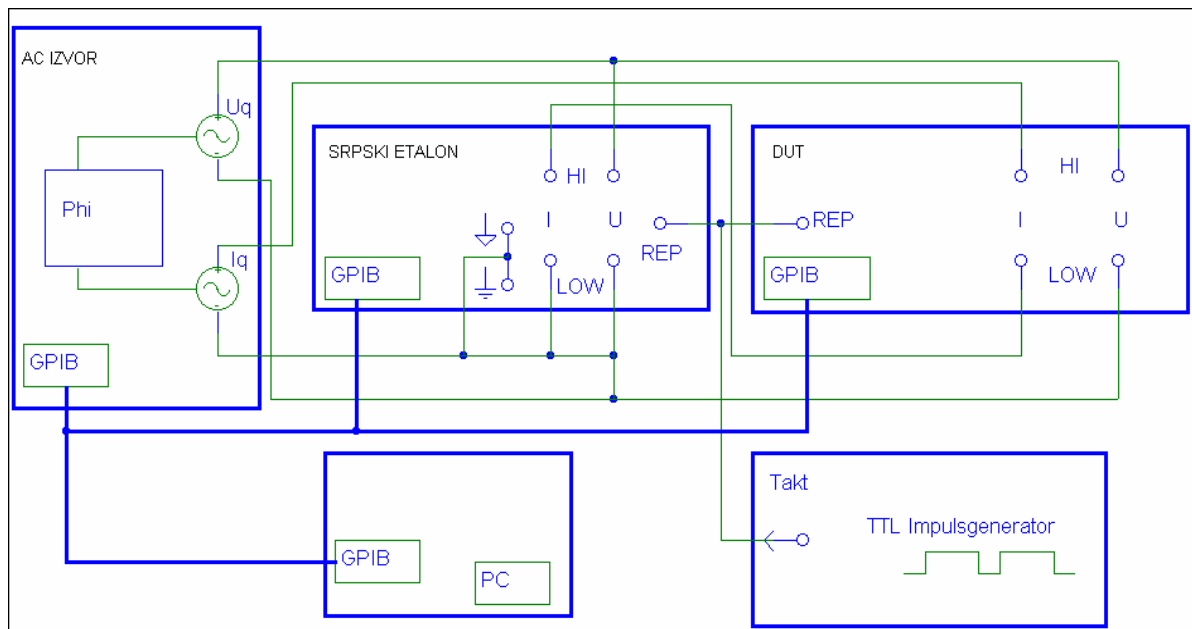
Овај еталон има метролошку следивост до националног еталона Немачке, мерну несигурност од $100 \mu\text{Wh}/\text{VA}$. Мерна несигурност за :

- електричну струју и електрични напон $< 0,005\%$,
- електричну енергију $< 0,01 \%$,
- фазни угао $< 0,005^\circ$.

Референтни услови су услови употребе прописани за испитивање могућности мерила или за међусобно поређење резултата мерења. [1] Референтни услови углавном обухватају референтне вредности или референтне опсеге за утицајне величине које делују на еталон или мерило. Мерења су вршена у лабораторијским условима при температури околине 23°C и релативној влажности ваздуха: $65 \% \pm 10 \%$.

Упрошћена блок шема веза дата је на слици 1.

СЛИКА 1 – Шема веза



РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА

Да би се статистичком методом израчунала мерна несигурност типа A, неопходно је да имамо више резултата мерења. Код еталонирања еталона електричне енергије, поступак дефинише велики број тачака које треба испитати па се препоручује да сваку мерну тачку измеримо десет пута.

МЕРНА НЕСИГУРНОСТ

Мерна несигурност и грешке представљају различите појмове. Резултат мерења има грешку (позитивног или негативног знака) која је дефинисана као разлика измерене и (условно) тачне вредности. Мерна несигурност је позитивна величина и преписује се целокупном мерном процесу, односно инструменту који се примењује.

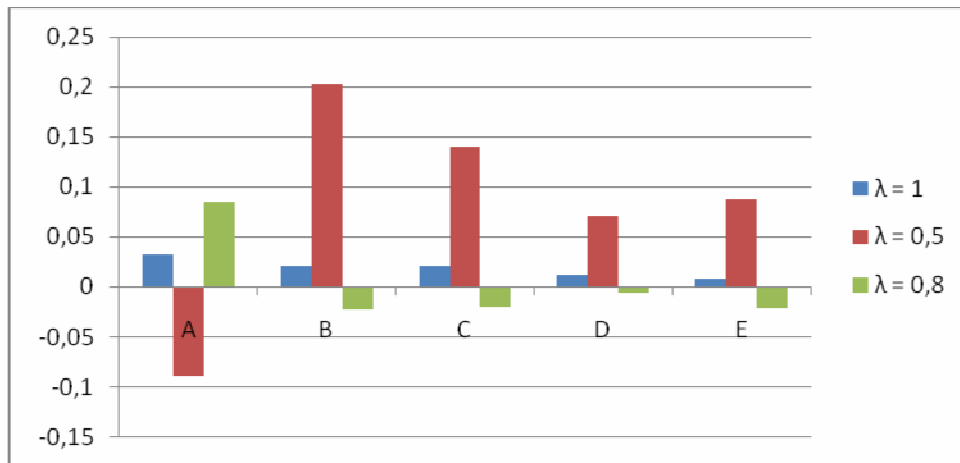
Постоје два основна типа несигурности: тип A и тип B. Ова подела је заснована искључиво на основу метода којима се несигурности одређују. [6]

Да би се статистичком методом израчунала мерна несигурност типа А, неопходно је да имамо више резултата мерења. Код еталонирања еталона електричне енергије, поступак мерења, сагласно методи мерења, дефинише број тачака које треба испитати. Препоручује се десет мерења тј. десет резултата за сваку мерну тачку.

У овом раду приказан је део резултата мерења добијених у поступку еталонирања еталона активне и реактивне електричне енергије који се користе у систему ЕПС-а.

На графику 1 приказане су средње вредности релативне грешке пет узастопних мерења активне електричне енергије за електрични напон 230 V, и за електричну струју 5 А, при фактору снаге 1, 0,5 и 0,8 за еталоне истог произвођача и типа који се користе у систему ЕПС-а. (еталони А, В, С, D и Е).

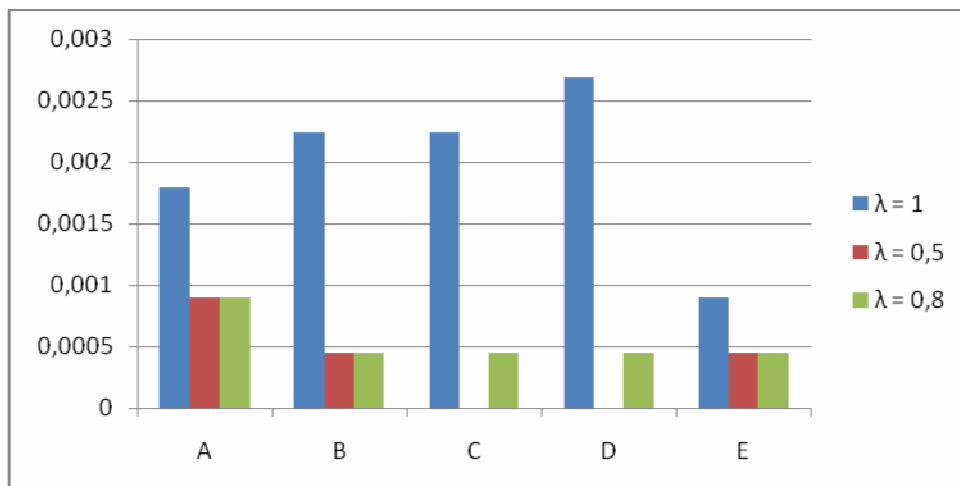
ГРАФИК 1 – Средње вредности релативне грешке за пет узастопних мерења



МЕРНА НЕСИГУРНОСТ ТИП А

Мерна несигурност тип А одређује се методом статистичке обраде резултата. Такође се назива експериментално стандардно одступање и једнако је одговарајућем стандардном одступању. Од резултата поновљених мерења, израчунато је стандардно одступање појединих резултата мерења. Израчунавањем, за сваку мерну тачку добијају се вредности стандардних одступања (u_A (%)) појединих резултата мерења и мерна несигурност типа А. За вредност електричног напона 230 V и електричну струју 5 А за факторе снаге ($\lambda=1, 0,5$ и $0,8$) у табели 1. дате су вредности мерне несигурности тип А, u_A (%), за еталоне електричне енергије који се користе у систему ЕПС-а.

ГРАФИК 2 – Мерна несигурност типа А



МЕРНА НЕСИГУРНОСТ ТИП Б

Мерна несигурност тип Б одређује се свим осталим методама, изузев статистичке анализе серије поновљених мерења. То претпоставља употребу свих расположивих података и сазнања коришћеној мерној опреми, о утицају параметара окружења на мерење о разним врстама сметњи и др.

У овом раду приказана су три елемента мерна несигурности тип Б.

Први елемент мерне несигурности тип Б, u_{B1} , је мерна несигурност мерења електричне енергије одређена еталонирањем српског еталона електричне енергије који је следив до националног еталона Немачке.

Узимањем у обзир да је расподела правоугаона, користимо формулу

$$u_{B1} = \frac{0,01\%}{\sqrt{3}}$$

а израчунавањем се добија вредност $u_{B1} = 0,005774 \%$

Други елемент мерне несигурности тип Б, u_{B2} , је утицај резолуције компаратора.

За декларисану резолуцију 0,0001 и узимањем у обзир да је расподела правоугаона према формули

$$u_{B2} = \frac{100 \cdot \frac{0,0001}{U \cdot I} / 2}{\sqrt{3}}$$

израчунавањем за одговарајуће вредности електричног напона и електричне струје се добија

$$u_{B2} = 2,18693 \cdot 10^{-7}$$

Трећи елемент мерне несигурности тип Б, u_{B3} је утицај дрифта који је декларисао произвођач.

За декларисани дрифт 0,003 и узимањем у обзир да је расподела правоугаона према формули

$$u_{B3} = \frac{0,003\%}{\sqrt{3}}$$

израчунавањем се добија вредност $u_{B3} = 0,001732051 \%$

Укупна мерна несигурност тип Б израчунава се према формули

$$u_B = \sqrt{(u_{B1}^2 + u_{B2}^2 + u_{B3}^2)}$$

КОМБИНОВАНА СТАНДАРДНА МЕРНА НЕСИГУРНОСТ

Комбинована стандардна мерна несигурност u_C се користи када се резултат добија на основу већег броја прикупљених података. Комбинована стандардна мерна несигурност u_C се израчунава према формули

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$$

ПРОШИРЕНА МЕРНА НЕСИГУРНОСТ

Проширена мерна несигурност U представља умножак стандардне мерне несигурности и коефицијента проширења који зависи од расподеле. Проширеној мерној несигурности одговара висока вредност статистичке сигурности.

Различити елементи мерне несигурности дају различите степене слободе. Да би се израчунала проширена мерна несигурност резултата морамо најпре израчунати ефективан број степени слободе. Ефективни број степени слободе рачуна се према формули

$$v_{\text{eff}} = \frac{u_C^4}{\frac{u_A^4}{n-1} + \frac{u_B^4}{\infty}}$$

Израчунавањем v_{eff} за сваку мерну тачку (табела 1) можемо израчунати проширену мерну несигурност, која се добија се множењем комбиноване мерне несигурности фактором обухвата $k = 2$ који за t – расподелу вероватноће одговара нивоу поверења од 95 %. (Табела 2)

ТАБЕЛА 1 – Ефективан број степени слободе

	$\lambda = 1$	$\lambda = 0.5$	$\lambda = 0.8$
A	595,1251359	8712,002	8712,002079
B	259,9200575	136242	136242,0329
C	515,2050809	1,13E+12	284635,1725
D	262,2686551	1,13E+12	284635,1725
E	284639,88	18074,06	284639,88

ТАБЕЛА 2 – Укупна мерна несигурност

	$\lambda = 1$	$\lambda = 0.5$	$\lambda = 0.8$
A	0,01%	0,01%	0,01%
B	0,02%	0,01%	0,01%
C	0,02%	0,02%	0,02%
D	0,02%	0,02%	0,02%
E	0,02%	0,02%	0,02%

ЗАКЉУЧАК

Развија се и примењује метода еталонирања која је међународно призната. Применом ове методе детаљно су дефинисане метролошке карактеристике радног еталона који је еталониран. Овако добијени резултати имају већи значај од појединачног резултата. Поред основне грешке која је израчуната, статистичким путем, помоћу резултата добијених поновљеним мерењима, одређена је средња вредност и мерна несигурност типа А. Проучени су систематски ефекти који утичу на несигурност мерења и тако су дефинисани елементи мерне несигурности типа В. Од међусобно некорелисане мерне несигурности типа А и типа В одређена је укупна комбинована мерна несигурност и проширена мерна несигурност. Несигурност овог типа мерења окарактерисано је као лабораторијско мерење већег значаја.

Српски еталон електричне енергије одговара тренутним и будућим потребама наше привреде и науке и кроз ланац еталонирања учињен је приступачним крајњим корисницима. Помоћу ланца непрекидног еталонирања свако практично мерење се доводи у везу са еталоном најбољих карактеристика у држави. Обезбеђена је метролошка следивост у држави и са светом, у складу са међународним захтевима.

Развијене су техничке и мерне способности потребне држави и електропривреди да би се обезбедило периодично еталонирање еталона из области електричне енергије. Сви еталони

електричне енергије у држави могу да буду у складу са еталонима које користе инострани партнери наше привреде, кроз интеркомпарације и сарадњу са сличним установама у свету. Корисницима је омогућено унапређење мерења електричне енергије у истраживањима, производњи, трговини и прилагођење међународним захтевима. Остваривање међународне препознатљивости лабораторија са оваквим еталонима електричне енергије кроз међусобне интеркомпарације.

КЉУЧНЕ РЕЧИ

Електрична енергија, могућности еталонирања, систем менаџмента

ЛИТЕРАТУРА

1. З. Марковић, Г. Данковић, В. Живковић, М. Радисављевић, : Међународни речник основних и општих термина у метрологији, (Савезни завод за мере и драгоцене метале, Београд, 1996.)
2. Document International No 5, Principes pour l'etablissement 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. О мерној несигурности, Драган Станковић, Зборник радова XLVI Конференција ЕТРАН, Бања Врућица – Теслић, 4-7 јуна 2002, том III