

УДК:53.089.68:621.317.322

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕРЖАВНОГО ПЕРВИННОГО ЕТАЛОНА ОДИНИЦІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЗМІННОЇ НАПРУГИ

О. Величко, доктор технічних наук, директор науково-виробничого інституту,
В. Ісаєв, старший науковий співробітник науково-дослідного відділу,
ДП «Укрметрестстандарт», м. Київ

Представлено результати дослідження метрологічних характеристик Державного еталона одиниці електричної змінної напруги. За отриманим масивом даних проведено аналіз результатів щорічного визначення нестабільності, невизначеності вимірювань відносного відхилення переходу від змінної до постійної напруги. Оцінено внесок стандартної невизначеності до сумарної стандартної невизначеності у разі прийняття нормального чи рівномірного розподілів вимірюваної величини, встановлено відповідність досліджуваної нестабільності зазначеного еталона за рік вимогам нормативної та експлуатаційної документації.

According to Ukraine's desire to integrate into global international structures the recognition of the measurement results in the measurement field of electric AC voltage is considered to be necessary. The storage of a unit of electrical AC voltage in accordance with the guidelines helps to meet this demand. One of the main metrological charac-

teristics of any national standard is instability for the year. The article presents the results of fifteen-year work on the annual determination of the instability for the year and the proper measurement uncertainty of the national standard of electrical AC voltage unit from 0,1 to 1000 V in the frequency range from 10 Hz to 1 MHz, which was developed and stored in the SE «Ukrmetrteststandard». This metrological characteristics are determined in accordance with measurement procedure developed by SE «Ukrmetrteststandard». The AC-DC difference measurement results of a precision thermoelectric converter PMJTC, developed at the National Metrology Institute of Germany PTB, are compared every year. During the measurement process a reference thermoelectric comparator 792A, manufactured by Fluke Corporation, is used. An analysis of some metrological characteristics of this Ukrainian national standard was made on the basis of obtained data array. The compliance of the investigated instability for the year of this Ukrainian national standard with the requirements of normative and operational documentation is also established in the article.

Ключові слова: державний еталон, AC-DC відхилення, довготривала нестабільність, термоперетворювач.
Keywords: state standard, AC-DC difference, long-term instability, thermos-converter.

На сьогодні в Україні експлуатується Державний первинний еталон одиниці електричної змінної напруги від 0,1 до 1000 В в діапазоні частот від 10 Гц до 1 МГц (ДЕТУ 08-07-02), створений ДП «Укрметрестстандарт» у 2002 році. ДЕТУ 08-07-02 повинен метрологічно забезпечувати засоби вимірювальної техніки (ЗВТ) у відповідному підвиді вимірювань. Зрозуміло, що державні еталони в першу чергу застосовують для визначення метрологічних характеристик (МХ) вторинних та робочих еталонів, а також деяких прецизійних засобів вимірювання чи відтворення одиниці електричної змінної напруги (одиниці ЕЗН).

У зв'язку з прагненням України до інтеграції до європейських та інших глобальних структур важливого значення набуває узгодження законів, стандартів, результатів робіт у різних галузях життєдіяльності українського суспільства. Так, задля подолання технічних бар'єрів між країнами-членами Світової організації торгівлі, у нашій державі прийнято ряд засадничих законів, нормативно-правових документів, національних стандартів. Зокрема, у сфері прикладної метрології діє узгоджений із міжнародними нормами Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність», прийнятий Верховною Радою України 03.07.2014, який регулює відносини, що виникають у процесі провадження метрологічної діяльності.



О. Величко



В. Ісаєв

ДЕТУ 08-07-02 зберігають та застосовують згідно з правилами зберігання та застосування, які розробляються організацією-зберігачем еталона у відповідності до ДСТУ 3231 [1]. Оскільки ДЕТУ 08-07-02 є складним комплексом ЗВТ, для його стабільного функціонування проводиться періодичне калібрування термоелектричного компаратора *Fluke 792A* [2], а також регулярне технічне обслуговування. За ДСТУ 3231 державні еталони повинні бути атестованими, тобто їхні МХ повинні бути підтвердженими, нестабільність за рік (нестабільність) не повинна перевищувати значень, указаних в експлуатаційній документації на ДЕТУ 08-07-02. Потрібно відзначити, що відповідно до програми ПМА 081/29.18 [3] атестації ДЕТУ 08-07-02 його нестабільність визначається шляхом порівняння щорічних результатів вимірювання відносного відхилення переходу від змінної до постійної напруги (AC-DC відхилення) прецизійного багатоланкового термоелектричного перетворювача планарного типу *PMJTC*.

Мета статті — проведення аналізу результатів дослідження МХ ДЕТУ 08-07-02, зокрема, довготривалої нестабільності й невизначеності вимірювань. Нестабільність є важливою МХ цього еталона, призначеного для забезпечення єдності вимірювань та метрологічної простежуваності результатів вимірювання у підвиді вимірювань електричної напруги змінного струму. У паспорті ДЕТУ 08-07-02 зазначено, що його нестабільність не перевищує значень, які містяться в інтервалі від $2 \cdot 10^{-6}$ до $3,6 \cdot 10^{-5}$ [4].

1. ВИЗНАЧЕННЯ AC-DC ВІДХИЛЕННЯ

AC-DC відхилення, відповідно до усталеної практики, визначається шляхом послідовного прикладення до входу термоелектричного перетворювача напруги різного роду, а саме: подається змінна напруга необхідної частоти, після цього — постійна напруга позитивної полярності, постійна напруга негативної полярності. При цьому необхідно контролювати значення вихідної термо-ЕРС опорного термоелектричного компаратора *Fluke 792A*, яке має нехтовно малу величину дрейфу порівняно з термоперетворювачем *PMJTC*. Значення AC-DC відхилення δ_{AC-DC} розраховується за формулою [5]:

$$\delta_{AC-DC} = \frac{U_{AC} - U_{DC}}{U_{DC}} \Big|_{E_{AC}=E_{DC}}, \quad (1)$$

де U_{AC} — значення вхідної змінної напруги термоперетворювача;

U_{DC} — усереднене значення вхідної постійної напруги термоперетворювача, яке розраховується за формулою:

$$U_{DC} = \frac{(U_{DC})_+ - (U_{DC})_-}{2}, \quad (2)$$

де $(U_{DC})_+$, $(U_{DC})_-$ — значення вхідної постійної напруги позитивної, негативної полярності відповідно;

E_{AC} , E_{DC} — значення вихідної термо-ЕРС термоперетворювача за прикладеної вхідної змінної, постійної напруги відповідно.

Для термоперетворювачів, у конструкції яких використовують термодари, як це має місце у випадку термоперетворювача *PMJTC*, вихідна термо-ЕРС має квадратичну залежність від вхідної напруги:

$$E = K \cdot U^2, \quad (3)$$

де E — значення вихідної термо-ЕРС термоперетворювача; U — значення електричної напруги на вході термоперетворювача; K — характеристичний коефіцієнт термоперетворювача.

У разі, коли U_{AC} відрізняється від U_{DC} несуттєво, залежність вихідної величини від вхідної, відповідно до виразу (3), можливо апроксимувати до лінійного виду у вузькому проміжку значень напруги. У такому випадку можливе таке наближене співвідношення [5]:

$$U_{AC} \approx \frac{U_{AC} + (E_{AC} - E_{DC})}{k}, \quad (4)$$

де k — характеристичний параметр, який визначається співвідношенням:

$$k = \frac{\Delta E}{\Delta U}, \quad (5)$$

де ΔE — змінення значення вихідної термо-ЕРС термоперетворювача, коли незначне змінення напруги ΔU відбувається на його вході.

Підставляючи вирази (4), (5) у рівняння (1), отримуємо рівняння для визначення AC-DC відхилення за умови рівності U_{AC} та U_{DC} для малих значень зміни вхідного та вихідного сигналів:

$$\delta_{AC-DC} \approx - \frac{E_{AC} - E_{DC}}{l \cdot E_{DC}} \Big|_{U_{AC}=U_{DC}}, \quad (6)$$

де l — нормалізований характеристичний параметр, який визначається за формулою:

$$l = \frac{\Delta E \cdot U}{E \cdot \Delta U}. \quad (7)$$

Нормалізований параметр l приблизно дорівнює двійці для термоперетворювачів напруги з квадратичною залежністю [5].

Спосіб визначення AC-DC відхилення за рівнянням (6) відповідає практиці метрологічних центрів на теренах колишнього СРСР згідно з ГОСТ 8.458 [6], ДСТУ 7231 [7], а також сучасній методиці калібрування термоелектричних перетворювачів МКУ 060-29/08 [8], розробленій ДП «Укрметртестстандарт», з тією відмінністю, що замість МХ δ_{AC-DC} розраховують γ , яка дорівнює δ_{AC-DC} з протилежним знаком.

2. ВИМІРЮВАННЯ АС-DC ВІДХИЛЕННЯ ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧА РМЖТС

Результати вимірювання АС-DC відхилення є вихідними даними для визначення нестабільності шляхом щорічного порівняння результатів вимірювання АС-DC відхилення термоперетворювача РМЖТС, який виготовлений Інститутом фізики високих технологій (ІФНТ, Німеччина) та має сертифікат про калібрування від 2001 року, виданий Національним метрологічним інститутом (РТВ, Німеччина). Під час вимірювання АС-DC відхилення термоперетворювача РМЖТС повинні бути враховані поправки за частотою термоелектричного компаратора Fluke 792A, які отримують із його сертифіката, виданого акредитованою у системі *Deutscher kalibrierdienst (DKD)* авторизованою калібрувальною лабораторією *Fluke Deutschland GmbH*.

Від моменту введення в експлуатацію ДЕТУ 08-07-02 проведено вимірювання АС-DC відхилення у 2004—2016 роках за формулою (6) у ДП «Укрметртестстандарт», а також вимірювання цієї МХ за формулою (1) у РТВ. Потрібно зазначити, що описана вище процедура вимірювання АС-DC відхилення термоперетворювача РМЖТС, а також сам термоперетворювач використовувалися у 2004—2005 роках під час двосторонніх звірень державних еталонів одиниці ЕЗН України та Російської Федерації за затвердженою темою КОOMET № 273 / RU-а / 03 [9].

Результати вимірювання АС-DC відхилення термоперетворювача РМЖТС, отримані під час визначення нестабільності ДЕТУ 08-07-02 за 2001—2016 роки, представлено у таблиці 1.

Під час дослідження проведено аналіз отриманих з 2001 до 2016 року результатів вимірюван-

ня АС-DC відхилення у частотному діапазоні від 0,01 до 1000 кГц. Отримані дані свідчать щодо суттєвого відхилення розподілу від нормального виду для частот 0,04, 1 та 100 кГц, а на частотах 0,01, 10 та 1000 кГц розподіл АС-DC відхилення має вид, більш подібний до нормального.

3. ОЦІНКА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ

Припускаючи незмінність АС-DC відхилення термоперетворювача РМЖТС за досліджуваний період, можна розрахувати розширену невизначеність вимірювань АС-DC відхилення за таблицею 1. Відповідно до МКУ 060-29/08-2011 рівняння зв'язку для одиничного значення АС-DC відхилення γ має вид:

$$\gamma = \gamma_{AC-DC} - \delta_{792A} - \Delta_S, \quad (8)$$

де γ_{AC-DC} — некориговане одиничне значення АС-DC відхилення, яке визначається за формулою (6);

δ_{792A} — значення поправки опорного термоелектричного компаратора Fluke 792A за сертифікатом калібрування;

Δ_S — узагальнений параметр, який ураховує короткотермінову нестабільність опорного термоелектричного компаратора Fluke 792A, вимірювачів вихідної термо-ЕРС, джерел постійної та змінної напруги зі складу ДЕТУ 08-07-02.

Відповідно до рівняння зв'язку бюджет невизначеності складено у таблиці 2.

У таблиці 2 застосовано такі позначення:

$\bar{\gamma}_{AC-DC}$ — середнє арифметичне значення АС-DC відхилення, розраховане за МКУ 060-29/08-2011;

$S_{\bar{\gamma}_{AC-DC}}$ — середнє квадратичне відхилення $\bar{\gamma}_{AC-DC}$, розраховане за МКУ 060-29/08-2011;

Таблиця 1. Результати вимірювань АС-DC відхилення термоперетворювача РМЖТС за 2001—2016 роки, ppm.

Table 1. Measurement results of AC-DC difference of thermoconverter РМЖТС for 2001—2016 years, ppm.

Рік	Значення АС-DC відхилення залежно від частоти у кГц					
	0,01	0,04	1	10	100	1000
2001	-2,8	0	0	-0,3	-1,0	19,4
2004	0	-2,2	2,0	1,5	-5,0	16,0
2005	5,2	5,4	0	2,0	-6,5	14,2
2006	3,0	10,3	2,9	0,2	-7,7	12,7
2007	4,0	9,3	2,6	5,4	-7,0	14,0
2008	8,0	14,6	2,7	3,7	-5,0	9,0
2009	5,0	8,8	1,1	2,5	-6,2	6,0
2010	2,0	1,6	0	0,9	-2,4	8,6
2011	2,5	1,6	0	1,0	-2,0	9,0
2012	2,9	2,1	0,5	1,9	-2,9	10,0
2013	6,8	14,0	2,7	2,7	-5,5	9,1
2014	8,8	13,6	2,1	3,0	-5,7	10,9
2015	0,2	1,9	2,8	2,8	-5,0	5,0
2016	2,0	-2,8	1,7	3,0	-7,0	-4,6

Таблиця 2. Бюджет невизначеності вимірювань AC-DC відхилення

Table 2. Budget of measurement uncertainty of AC-DC difference

Вхідна величина		МХ вхідної величини		Розподіл	Коефіцієнт чутливості	Алгоритм для стандартної невизначеності	Внесок у невизначеність
Позначення	Оцінка	Позначення	Оцінка				
γ_{AC-DC}	$\bar{\gamma}_{AC-DC}$	$S_{\gamma_{AC-DC}}$	за протоколом калібрування	норм.	1	$S_{\gamma_{AC-DC}}$	за протоколом калібрування
$\delta_{792,A}$	за сертифікатом калібрування	$U_{\delta_{792,A}}$	за сертифікатом калібрування	норм.	1	$\frac{U_{\delta_{792,A}}}{2}$	за табл. 3.3 МКУ 060-29/08-2011
Δ_S	за протоколом дослідження ДЕТУ 08-07-02	$S_{\epsilon,\Sigma,0}$	за МКУ 060-29/08-2011	норм.	1	$S_{\epsilon,\Sigma,0}$	за табл. 3.4 МКУ 060-29/08-2011

$U_{\delta_{792,A}}$ — розширена невизначеність вимірювань від застосування термоелектричного компаратора Fluke 792A;

$S_{\epsilon,\Sigma,0}$ — середнє квадратичне відхилення вимірювання під час передавання розміру одиниці ЕЗН від ДЕТУ 08-07-02 до термоперетворювача.

У таблиці 3 наведено значення сумарної стандартної невизначеності вимірювань, визначеної за МКУ 060-29/08-2011, згідно з таблицею 1. Оскільки метою роботи є оцінювання довготривалої нестабільності ДЕТУ 08-07-02, варто порівняти значення сумарної стандартної невизначеності, розрахованої за МКУ 060-29/08-2011, із внеском до невизначеності розсіяння щорічних результатів вимірювання.

Відповідно до центральної граничної теореми теорії ймовірностей, загальний розподіл випадкової величини нормально розподілених декількох випадкових величин також прямує до нормального. Навіть у разі відхилення розподілу складових від нормального, результувальний згорнутий розподіл часто можна апроксимувати до нормального. Потрібно зазначити, що, приймаючи нормальний закон розподілу ймовірностей, можна розрахувати стандартну невизначеність вимірювання

AC-DC відхилення відповідно до настанови з вираження невизначеності вимірювань за формулою [10]:

$$S_{\gamma_{AC-DC}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\gamma_i - \bar{\gamma}_{AC-DC})^2}{n \cdot (n-1)}}, \quad (9)$$

де n — кількість результатів вимірювання AC-DC відхилення ($n = 13$).

Відзначимо, що, прийнявши рівномірний закон розподілу, стандартну невизначеність вимірювання AC-DC відхилення u_{AC-DC} можна розрахувати за формулою [10]:

$$u_{AC-DC} = \frac{\gamma_{\max} - \gamma_{\min}}{2 \cdot \sqrt{3}}, \quad (10)$$

де γ_{\max} , γ_{\min} — максимальне й мінімальне значення AC-DC відхилення за таблицею 1 для відповідної частоти.

4. ДОВГОТРИВАЛА НЕСТАБІЛЬНІСТЬ ДЕРЖАВНОГО ПЕРВИННОГО ЕТАЛОНА ДЕТУ 08-07-02

За методикою атестації ДЕТУ 08-07-02 щорічно оцінюються МХ: середнє квадратичне відхилення під час відтворення одиниці ЕЗН, невилучена систематична

Таблиця 3. Невизначеність вимірювань AC-DC відхилення від 2001 до 2016 років, ppm.

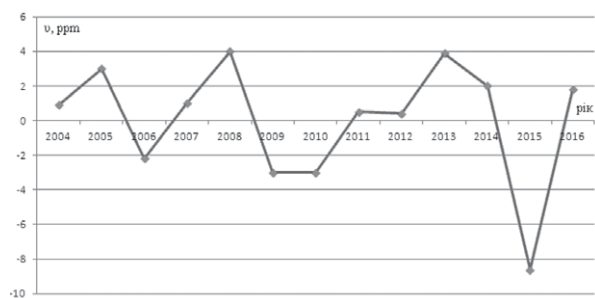
Table 3. Measurement uncertainty of AC-DC difference for 2001 — 2016 years, ppm.

Невизначеність вимірювань	Частота, кГц					
	0,01	0,04	1	10	100	1000
$S_{\gamma_{AC-DC}}$	0,9	1,6	0,4	0,5	0,6	1,6
$U_{\delta_{792,A}}$	11,0	6,0	4,0	4,0	8,0	38,0
$S_{\epsilon,\Sigma,0}$	5,2	3,0	2,0	2,0	4,0	19,0
u_{AC-DC}	3,3	5,0	1,4	2,0	1,9	6,9
Сумарна стандартна невизначеність за нормальним законом	7,6	4,5	2,9	2,9	5,7	26,9
Сумарна стандартна невизначеність за рівномірним законом	8,3	6,6	3,2	3,5	6,0	27,7

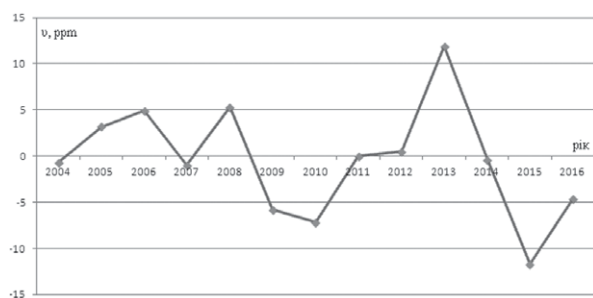
Таблиця 4. Довготривала нестабільність ДЕТУ 08-07-02 у 2004 — 2016 роках, ppm.

Table 4. Instability for the year ДЕТУ 08-07-02 for 2004 — 2016 years, ppm.

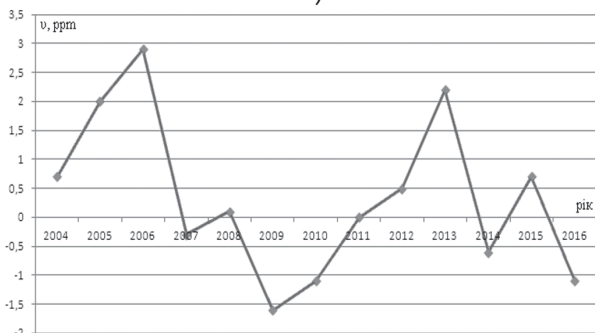
Рік	Значення нестабільності за рік залежно від частоти у кГц					
	0,01	0,04	1	10	100	1000
2004	0,9	-0,7	0,7	0,6	-1,3	-1,1
2005	3	3,2	2	3,5	-1,5	-1,8
2006	-2,2	4,9	2,9	-1,8	-1,2	-1,5
2007	1	-1	-0,3	5,2	0,7	1,3
2008	4	5,3	0,1	-1,7	2	-5
2009	-3	-5,8	-1,6	-1,2	-1,2	-3
2010	-3	-7,2	-1,1	-1,6	3,8	2,6
2011	0,5	0	0	0,1	0,4	0,4
2012	0,4	0,5	0,5	0,9	-0,9	1
2013	3,9	11,9	2,2	0,8	-2,6	-0,9
2014	2	-0,4	-0,6	0,3	-0,2	1,8
2015	-8,6	-11,7	0,7	-0,2	0,7	-5,9
2016	1,8	-4,7	-1,1	0,2	-2	-9,6
Середнє значення	0,1	-0,4	0,3	0,4	-0,3	-1,7



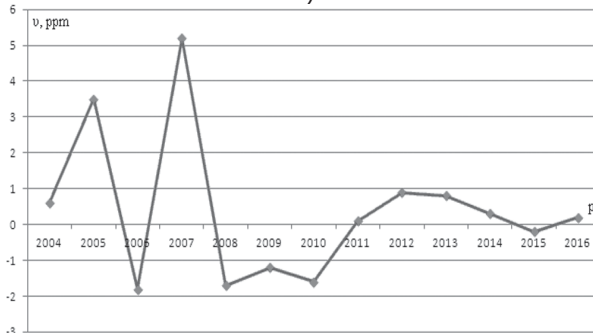
а)



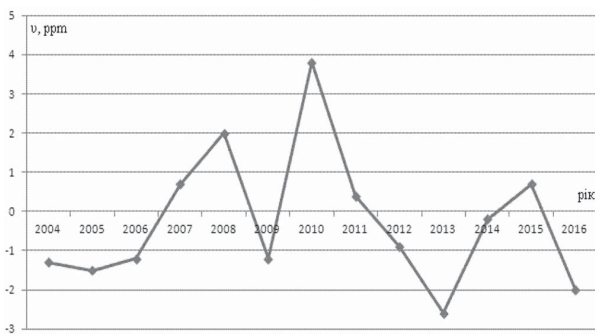
б)



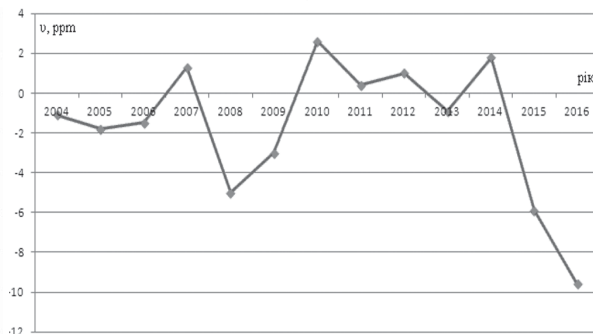
в)



г)



д)



е)

Нестабільність ДЕТУ 08-07-02 на частоті: а) 0,01 кГц; б) 0,04 кГц; в) 1 кГц; г) 10 кГц; д) 100 кГц; е) 1000 кГц
 Instability of ДЕТУ 08-07-02 at frequency: а) 0,01 kHz; б) 0,04 kHz; в) 1 kHz; д) 10 kHz; д) 100 kHz; е) 1000 kHz

похибка, нестабільність, — на предмет дотримання нормованих вимог з метою забезпечення метрологічної простежуваності у відповідному підвиді вимірювань [3].

Важко переоцінити значення нестабільності ДЕТУ 08-07-02, адже відхилення відтворюваної одиниці ЕЗН від нормованих границь може негативно вплинути на достовірність результату вимірювання й поставити під сумнів єдність вимірювань, а це, у свою чергу, загрожує невизнанням результатів у міжнародному контексті.

У таблиці 4 наведено розраховані значення нестабільності від 2001 до 2016 року, а також середні значення за частотами. Із цієї таблиці випливає, що максимальне значення нестабільності в інтервалі від 2001 по 2016 рік становило: $-8,6$ ppm у 2015 році за частоти 0,01 кГц; $11,9$ ppm у 2013 році за частоти 40 Гц; $2,9$ ppm за частоти 1 кГц; $5,2$ ppm у 2007 році за частоти 10 кГц; $3,8$ ppm у 2010 році за частоти 100 кГц; $-9,6$ ppm у 2016 році за частоти 1000 кГц. Варто наголосити, що отримане найбільше значення нестабільності ДЕТУ 08-07-02 має трикратний запас відносно до максимально допустимого значення із паспорта ДЕТУ 08-07-02, що складає 36 ppm.

Рисунок побудовано відповідно до таблиці 4 та відображає характер довготривалої нестабільності ДЕТУ 08-07-02 залежно від частоти (горизонтальна вісь — зміна років, а вертикальна — значення нестабільності \cup у ppm).

Потрібно звернути увагу на хаотичність характеру довготривалої нестабільності. Це можливо пояснити різною конфігурацією уземлення складових досліджуваного ДЕТУ 08-07-02, неоднаковістю значень температури та відносної вологості навколишнього повітря, ймовірним застосуванням різних з'єднувальних провідників, різною тривалістю роботи ЗВТ зі складу ДЕТУ 08-07-02, поточним ремонтом деяких ЗВТ, а також невизначеним законом зміни

МХ термоперетворювача РМЖС та опорного термоелектричного компаратора Fluke 792A.

ВИСНОВКИ


За результатами проведеної від 2001 до 2016 року роботи потрібно відзначити, що стандартна невизначеність вимірювання АС-DC відхилення незначна порівняно із сумарною стандартною невизначеністю для всіх точок спостереження нестабільності у разі прийняття нормального закону розподілу ймовірностей. Результати розрахунку стандартної невизначеності, у разі прийняття рівномірного закону розподілу, свідчать щодо суттєвого внеску довготривалої нестабільності до сумарної стандартної невизначеності; зокрема, для частот 0,04 та 10 кГц результат вимірювання спотворюється більше ніж на 10 відсотків.

Також встановлено відповідність значень нестабільності вимогам нормативної та експлуатаційної документації. Так, середні значення нестабільності за частотами не перевищують $2 \cdot 10^{-6}$, а максимальне значення, зафіксоване у 2013 році на частоті 0,04 кГц, становить — $1,19 \cdot 10^{-5}$, що не виходить за межі нормованого інтервалу від $2 \cdot 10^{-6}$ до $3,6 \cdot 10^{-5}$. Тим не менше, варто покращити якість виконуваних операцій під час дослідження ДЕТУ 08-07-02 на частотах 0,04 та 10 кГц. Оскільки на поточний час спостереження за нестабільністю в описаний вище спосіб ведеться за номінальної напруги 1,5, 3 та 10 В, необхідно доповнити програму метрологічної атестації ДЕТУ 08-07-02 ще кількома точками спостереження за високими значеннями напруги.

Додатковою інформацією стосовно нестабільності ДЕТУ 08-07-02 є значення АС-DC відхилення, які представлено у сертифікаті калібрування високоточного термоелектричного компаратора Fluke 792A. За результатами обчислення даних трьох сертифікатів калібрування зазначеного ЗВТ також підтверджено відповідність вимогам його МХ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. ДСТУ 3231:2007 Метрологія. Еталони одиниць вимірювань державні, первинні та вторинні. Основні положення, порядок розроблення, затвердження, реєстрації, зберігання та застосування. [Текст]. — К.: Держспоживстандарт України (DSTU 3231:2007 Metrology. The standards of units of measuring state, primary and secondary. Substantive provisions, order of development, statement, registration, storage and application. — Kyiv: Derzhstandard of Ukraine), — 2007. — 24 с/р.
2. Копшин В.В. Неопределенность государственных эталонов единицы напряжения / В.В. Копшин, В.Н. Кикало, Ю.П. Дарменко, Р.В. Вендичанский // Системи обробки інформації. Харків (Kopshyn V.V. Uncertainties of state standards of units of voltage / V.V. Kopshyn, V.N. Kikalo, Yu.P. Darmenko, R.V. Vendichanskiy // Systemy obrobky informatsii. Kharkiv).— 2006. — № 7(56). — С/Р. 40—42.
3. ПМА 081/29.18-01 Програма і методика метрологічної атестації Державного еталона одиниці електричної напруги від 0,1 до 1000 В змінного струму у діапазоні частот від 10 Гц до 1 МГц (ДЕТУ 08-07-02). [Текст]. — К.: УкрЦСМ (PMA 081/29.18-01 Program and methodology of metrology attestation State primary standard of unit of AC electrical voltage in range from 0.1 to 1000 V in frequency range from 20 Hz to 1 MHz (DETU 08-07-02). — Kyiv: UkrCSM), 2001. — 70 с/р.
4. Паспорт Державного еталона одиниці електричної напруги від 0,1 до 1000 В змінного струму у діапазоні частот від 10 Гц до 1 МГц (ДЕТУ 08-07-02). [Текст]. — К.: Державний комітет стандартизації, метрології та сертифікації України (Passport of State primary standard of unit of AC electrical voltage

- in range from 0.1 to 1000 V in frequency range from 20 Hz to 1 MHz (DETU 08-07-02). — Kyiv: Derzhstandard of Ukraine), — 2002. — 3 с/р.
5. A Guide for establishing primary AC-DC transfer standard using ET2001 ADS system (Tentative version 2.01, 12/Apr./2007) / Nano-electronics research institute // AIST, Japan. [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://staff.aist.go.jp/hitoshi-sasaki/ET2001/Download/TechReference.pdf> — Назва з екрана.
 6. ГОСТ 8.458-82 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Преобразователи и компараторы термоэлектрические образцовые. Методы и средства поверки. [Текст]. — М.: Государственный комитет СССР по стандартам (GOST 8.458-82 State system of providing of unity of measuring (GSI). Transformers and comparators thermo-electric references. Methods and facilities of verification. — Moscow: Gosstandard of USSR), — 1982. — 18 с/р.
 7. ДСТУ 7231:2011 Метрологія. Перетворювачі та компаратори термоелектричні еталонні. Методика повірки (калібрування). [Текст]. — К.: Держспоживстандарт України (DSTU 7231:2011 Metrology. Transformers and comparators thermo-electric standard. Methodology of verification (calibration). — Kyiv: Derzhspozhyvstandard of Ukraine), — 2011. — 14 с/р.
 8. МКУ 060-29/08-2011 Метрологія. Измерительные преобразователи напряжения. Методика калибровки. [Текст]. — К.: ГП «Укрметртестстандарт» (MKU 060-29/08-2011 Метрологія. Измерительные преобразователи напряжения. Методика калибровки. — Kyiv: SE «Ukrmetrteststandard»), — 2011. — 23 с/р.
 9. Telitchenko G. Supplementary bilateral comparison of the national ac/dc voltage transfer references between vniim (Russia) and ukrmetrtteststandard (Ukraine) / G. Telitchenko, V. Shevtsov, Yu. Darmenko, V. Kopshyn // 2006 Conference on precision electromagnetic measurements. — July 2006. — P. 198—199.
 10. JCGM 100:2008// GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement [Електронний ресурс] — Режим доступу: http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf — Назва з екрана. 

Отримано / received: 11.08.2017.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Л.В. Коломійцем (Україна).
 Prof. L.V. Kolomiets, D. Sc. (Techn.), Ukraine, recommended this article to be published.

22-Й МІЖНАРОДНИЙ СИМПОЗИУМ ТК 4 ІМЕКО



14–15 вересня 2017 року в м. Ясси (Румунія) відбувся 22-й Міжнародний симпозиум ТК 4 Міжнародної конфедерації з вимірювань (ІМЕКО) «Пізнання світу через електричні та електронні вимірювання», організований Технічним університетом Ясс ім. Георга Асачі.

До складу Міжнародного програмного комітету Симпозиуму входило 40 представників із 29-ти країн. Головою його Організаційного комітету був представник Румунії професор Александру Салсеану.

Тематика Симпозиуму охоплювала всі напрями діяльності ТК 4 «Вимірювання електричних величин» ІМЕКО. Обговорення питань відбувалося на таких сесіях:

- калібрування, метрологія та еталони;
 - сигнали та опрацювання зображень;
 - вимірювання в автомобільній промисловості;
 - постійний струм і низькочастотні вимірювання;
 - вимірювання часу та частоти;
 - сенсори та перетворювачі;
 - біометричні вимірювання;
 - досягнення в застосуванні магнітних вимірювань у промисловості та фізичних лабораторіях;
 - вимірювання потужності та енергії;
 - визначення характеристик та придатність вимірювальних систем для клінічних застосувань;
 - вимірювання енергії, —
- і на семінарі щодо АЦП моделювання та тестування.

До Технічної програми Симпозиуму було включено 108 доповідей фахівців із 20 країн. Від України представлено 3 доповіді, зокрема, від ДП «Укрметртестстандарт» дві: О.М. Величко, С.Р. Карпенко, І.О. Карпенко «Особливості оцінювання ефекту дрейфу протягом ключових звірень *COOMET-EM-K5*» і О.М. Величко, С.Р. Карпенко «Дослідження метрологічних характеристик Національного еталона одиниць електричної потужності та коефіцієнта потужності».

На пленарних сесіях заслухано такі доповіді:

- * «Історія ТК 4 ІМЕКО» (М. Савіно, Італія);
- * «Сучасні виклики якості енергії в системах судноплавства – метрологічна перспектива» (М. Міндикувський, Польща);
- * «Бездротові сенсорні мережі» (П.С. Жирано, Португалія);
- * «Підтримка розвитку світу через застосування сучасних магнітних вимірювань у лабораторіях промисловості та фізики» (Д. Попович-Ренелла, Румунія);
- * «Інтернет технології для охорони здоров'я: інтелектуальна фізіотерапія» (О. Посталаче, Португалія);
- * «Вимірювання якості в системах охорони здоров'я» (Ф. Клементе, Італія).

Доповіді учасників Симпозиуму надруковано у матеріалах Симпозиуму й увійдуть до Міжнародної наукометричної бази «Scopus».

(За матеріалами ДП «Укрметртестстандарт», м. Київ)