

# Вимірювання електричних і магнітних величин

УДК 621.317

О.О. Волков<sup>1</sup>, И.П. Захаров<sup>2</sup>, А.Н. Лапченко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГП «Донецкстандартметрология», Донецк, Украина

<sup>2</sup>Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина

## ОЦЕНИВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ПОВЕРКЕ (КАЛИБРОВКЕ) ЦИФРОВЫХ ОММЕТРОВ

Рассмотрена модель передачи размера единицы сопротивления при поверке (калибровке) цифровых омметров на постоянном токе, описана процедура оценивания неопределенности измерений, приводится бюджет неопределенности. Обсуждаются различия оценивания неопределенности при поверке и калибровке цифровых омметров. Описан пример оценивания неопределенности измерений при поверке (калибровке) резистомата с помощью эталонной катушки сопротивления.

**Ключевые слова:** цифровой омметр, катушка сопротивлений, поверка, калибровка, неопределенность измерения, бюджет неопределенности.

### Введение

**Постановка проблемы.** В Украине эксплуатируется большое количество цифровых омметров (ЦО), которые применяются в различных областях народного хозяйства и промышленности. Поверку этих приборов осуществляют региональные центры стандартизации, метрологии, сертификации. В связи с вступлением Украины в ВТО, введением новой редакции «Закона о метрологии и метрологической деятельности», актуальным является проведение их калибровки. При этом необходимо производить оценивание неопределенности измерений в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 17025:2005 [1]. Следует отметить, в стране практически отсутствуют аккредитованные калибровочные лаборатории, поэтому неопределенность измерений часто, по требованию заказчика, указывают в свидетельствах о поверке [2]. При этом процедуры оценивания неопределенности измерений, как при калибровке, так и при поверке ЦО, отсутствуют.

**Целью статьи** является рассмотрение вопросов оценивания неопределенности измерений при проведении поверки (калибровки) ЦО.

### 1. Метод и модель измерения

В процессе осуществления поверки (калибровки) ЦО осуществляется определение разности между результатом измерения сопротивления эталонного резистора с помощью калибруемого ЦО и номинальным значением сопротивления эталонного резистора [3]. Схема поверки (калибровки) приведена на рис. 1.

Метод измерения основан на прямом однократном измерении сопротивления эталонного резистора с помощью ЦО.

Модельное уравнение в этом случае имеет вид:

$$\Delta = (R_c + \Delta_c) - (R_s + \Delta_s), \quad (1)$$

где  $\Delta$  – оценка систематической погрешности ЦО в точке поверки (калибровки);  $R_c$  – значения сопротивления, которое было измерено калибруемым ЦО;  $\Delta_c$  – поправка на неисключенную систематическую погрешность (НСП) квантования ЦО;  $R_s$  – номинальное значение эталонного резистора;  $\Delta_s$  – поправки на дополнительные НСП эталонного резистора, которые связаны с дрейфом значения сопротивления с момента последней поверки (калибровки)  $\Delta_{\bar{a}}$ , отклонением в температуре окружающей среды  $\Delta_t$ , изменением напряжения питания, подаваемого на резистор  $\Delta_{\bar{t}}$ .

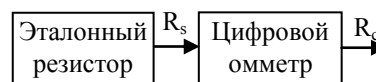


Рис. 1. Схема поверки (калибровки) ЦО

С учетом этих параметров, модельное уравнение будет иметь вид:

$$\Delta = (R_c + \Delta_c) - (R_s + \Delta_{\bar{a}} + \Delta_t + \Delta_{\bar{t}}). \quad (2)$$

Необходимо заметить, что математические ожидания приведенных поправок  $\Delta_c$ ,  $\Delta_{\bar{a}}$ ,  $\Delta_t$ ,  $\Delta_{\bar{t}}$  равны нулю.

### 2. Оценивание неопределенности измерения

Модельному уравнению (2) будет соответствовать следующее выражение для суммарной стандартной неопределенности измерения [4]:

$$u(\Delta) = \sqrt{u^2(\Delta_c) + u^2(R_s) + u^2(\Delta_a) + u^2(\Delta_t) + u^2(\Delta_i)}, \quad (3)$$

где  $u(\Delta_c) = \theta / 2\sqrt{3}$  –

стандартная неопределенности квантования ЦО, причем  $\theta$  – шаг квантования ЦО при измерении  $R_s$ ;  $u(R_s)$  – стандартная неопределенность эталонного резистора;

$$u(\Delta_a) = \frac{\delta_a \cdot R_s}{\sqrt{3} \cdot 100\%} \quad (5)$$

стандартная неопределенность, связанная с дрейфом значения сопротивления с момента последней поверки (калибровки), причем  $\delta_a$  – относительное отклонение сопротивления эталонного резистора от его номинального значения за счет дрейфа [5];

$$u(\Delta_t) = R_s \left[ \alpha \cdot \theta_t + \beta \cdot \theta_t^2 \right] / \sqrt{3} \quad (6)$$

стандартная неопределенность, связанная с отклонением температуры окружающей среды при калибровке ЦО, где  $\alpha$  и  $\beta$  – температурные коэффициенты сопротивления эталонного резистора, приведенные в свидетельстве о его поверке (калибровке);  $\theta_t$  – допустимая граница отклонения температуры среды в помещении от нормальной (20 °C) при поверке (калибровке) ЦО, которая приведена в [6];

$$u(\Delta_i) = \frac{\delta_i \cdot R_s}{\sqrt{3} \cdot 100\%} \quad (7)$$

стандартная неопределенность, связанная с изменением мощности питания, причем  $\delta_i$  – относительное отклонение сопротивления эталонного резистора от его номинального значения за счет изменения

мощности питания от номинальной до максимально допустимой [5]. Следует отметить, что значение стандартной неопределенности эталонного резистора  $u(R_s)$  при поверке и калибровке ЦО будет рассчитываться по-разному.

При поверке ЦО

$$u(R_s) = \frac{\delta_s \cdot R_s}{\sqrt{3} \cdot 100\%}, \quad (8)$$

где  $\delta_s$  – относительное отклонение сопротивления эталонного резистора от его номинального значения за счет неточности подгонки, которое приведено в его техническом описании [5].

При калибровке ЦО

$$u(R_s) = \frac{U(R_s)}{2}, \quad (9)$$

где  $U(R_s)$  – значение расширенной неопределенности калибровки эталонного резистора, указываемого в его свидетельстве о калибровке.

Расширенная неопределенность измерения при поверке (калибровке) ЦО будет определяться из выражения:

$$U(\Delta) = k u_c(\Delta), \quad (10)$$

где  $k = 2$  – коэффициент охвата для вероятности 0,95.

Бюджет неопределенности измерений при калибровке ЦО приведен в табл. 1. Запись результата измерения при калибровке ЦО осуществляется в следующем виде:

$$\Delta = \left[ \hat{\Delta} \pm U(\Delta) \right] \text{ Ом, } p = 0,95. \quad (11)$$

Таблица 1

Бюджет неопределенности измерений при поверке (калибровке) ЦО

Входная величина	Оценка входной величины	Стандартная неопределенность	Коэффициент чувствительности	Вклад неопределенности
$R_c$	$\hat{R}_c$	–	–	–
$\Delta_c$	0	(4)	1	$u(\Delta_c)$
$R_s$	$\hat{R}_s$	(8), (9)	1	$u(R_s)$
$\Delta_a$	0	(5)	1	$u(\Delta_a)$
$\Delta_t$	0	(6)	1	$u(\Delta_t)$
$\Delta_i$	0	(7)	1	$u(\Delta_a)$
Выходная величина	Оценка выходной величины	Суммарная стандартная неопределенность	Коэффициент охвата	Расширенная неопределенность
$\Delta$	(2)	(3)	2	(10)

### 3. Пример оценивания неопределенности измерений

Производится поверка ЦО типа 2318 (Resistomat) в точке 1 МОм с помощью катушки электрического сопротивления P310 №134625 с номинальным значением  $R_i = 1$  МОм, классом точности 0,01, температурными коэффициентами сопротивления  $\alpha = 4,6 \cdot 10^{-6}$

$1/^\circ\text{C}$ ,  $\beta = -0,39 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}^2$ , которые взяты из свидетельства о его поверке. Допустимое отклонение сопротивления катушки P310 от его номинального значения за счет неточности подгонки  $\delta_s$  составляет 0,01%; дрейф сопротивления катушки с момента последней поверки  $\delta_a$  – не больше 0,002%; отклонение сопротивления резистора за счет изменения мощности от номиналь-

ной до максимально допустимой  $\delta_i$  – не больше 0,005%; изменение температуры окружающей среды при поверке  $\pm 2$  °C [7]; Показания ЦО во время поверки составляют  $R_{\bar{n}} = 0,9999$  Ом.

Бюджет неопределенности измерений при поверке ЦО в точке 1 мОм приведен в табл. 2.

Результата измерения имеет вид:  
 $\Delta = [-0,000100 \pm 0,000014]$  мОм,  $p = 0,95$ .

Таблица 2

Бюджет неопределенности измерений при поверке ЦО типа 2318 в точке 1 мОм

Входная величина	Оценка входной величины, мОм	Стандартная неопределенность, мОм	Коэффициент чувствительности	Вклад неопределенности, мОм
$R_c$	0,9999	–	–	–
$\Delta_c$	0	$2,88675 \cdot 10^{-05}$	1	$2,88675 \cdot 10^{-05}$
$R_s$	1	$5,7735 \cdot 10^{-05}$	1	$5,7735 \cdot 10^{-05}$
$\Delta_a$	0	$1,1547 \cdot 10^{-05}$	1	$1,1547 \cdot 10^{-05}$
$\Delta_t$	0	$4,41096 \cdot 10^{-06}$	1	$4,41096 \cdot 10^{-06}$
$\Delta_{\bar{t}}$	0	$2,88675 \cdot 10^{-05}$	1	$2,88675 \cdot 10^{-05}$
Выходная величина	Оценка выходной величины, мОм	Суммарная стандартная неопределенность, мОм	Коэффициент охвата	Расширенная неопределенность, мОм
$\Delta$	– 0,0001	$7,09853 \cdot 10^{-05}$	2	$1,41971 \cdot 10^{-05}$

## Выводы

1. Калибровочные лаборатории, аккредитованные на соответствие стандарту ISO 17025:2005, а также поверочные лаборатории ЦСМС, в соответствии с требованиями заказчика, должны указывать неопределенность измерения в свидетельствах о калибровке (поверке) цифровых омметров.

2. Рассмотрены основные этапы оценивания неопределенности измерений при поверке (калибровке) ЦО, указаны отличия в оценивании стандартной неопределенности эталонного резистора при поверке и калибровке ЦО, составлен бюджет неопределенности, который может служить основой для создания программного средства для автоматизации оценивания неопределенности измерений при поверке (калибровке) ЦО.

3. В качестве примера произведен расчет неопределенности измерений при поверке ЦО типа 2318 (Resistomat).

## Список литературы

1. ISO/IEC 17025:2005 General requirement for the competence of testing and calibrating laboratories.

### ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ

#### ПІД ЧАС ПОВІРКИ (КАЛІБРУВАННЯ) ЦИФРОВИХ ОММЕТРІВ

О.О. Волков, І.П. Захаров, А.М. Лапченко

Розглянуто модель передачі розміру одиниці опору під час повірки (калібрування) цифрових омметрів на постійному струмі, описано процедуру оцінювання невизначеності вимірювань, наводиться бюджет невизначеності. Обговорюються різниця оцінювання невизначеності вимірювань під час повірки та калібрування цифрових омметрів. Описано приклад оцінювання невизначеності вимірювань під час повірки резистомату за допомогою еталонної катушки опору.

**Ключові слова:** цифровий омметр, катушка опору, повірка, калібрування, невизначеність вимірювання, бюджет невизначеності.

### EVALUATION OF MEASUREMENT UNCERTAINTY CLEARING VERIFICATION (CALIBRATION) DIGITAL OHMMETERS

O.O. Volkov, I.P. Zakharov, A.N. Lapchenko

A model of the transmission unit size for resistance testing of digital ohmmeters on DC was considered, describes the pro-

2. Волков О.О. Оценивание неопределенности измерений при поверке мер электрического сопротивления многозначных, применяемых в цепях постоянного тока / О.О. Волков, И.П. Захаров, А.Н. Лапченко // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2011. – Вип. 1 (91). – С. 135-138.

3. Захаров И.П. Методы, модели и бюджеты оценивания неопределенности измерений при проведении калибровок / И.П. Захаров, С.Е. Водотыка, Е.Н. Шевченко // Измерительная техника. – 2011. – № 4. – С. 20-27.

4. ДСТУ-Н РМГ 43:2006. Метрологія. Застосування «Руководства по выражению неопределенности измерений». – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 20 с.

5. 0.140.370 Т0. Катушки электрического сопротивления измерительные Р310, Р321, Р331. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Краснодар, РИП. – 7 с.

6. ДСТУ 3712-98. Державна повірочна схема для засобів вимірювань електричного опору. – К.: Держстандарт України, 1998. – 6 с.

7. ДСТУ ГОСТ 8.366:2009. ГСИ. Омметры цифровые. Методы и средства поверки. – М.: издательство стандартов, 2009. – 14 с.

Поступила в редколлегию 27.08.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.И. Кондрашов, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков, Украина.

*cedure for evaluation of measurement uncertainty, given the uncertainty budget. The difference between verification and calibration problems of digital ohmmeters are discussing. An example of the evaluation of measurement uncertainty in the verification (calibration) of Resistomat with a standard resistance coil was described.*

**Key words:** *digital ohmmeter, resistance coil, verification, calibration, measurement uncertainty, uncertainty budget.*