

УДК 389.001.4

Н.Т. Бойматов¹, Р.Р. Джаббаров¹, О.Ш. Хакимов²¹Научно-исследовательский институт стандартизации, метрологии и сертификации, Ташкент, Республика Узбекистан²Государственное учреждение Центр национальных эталонов Республики Узбекистан, Ташкент

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ПОВЕРКИ АНАЛОГОВЫХ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ

Рассматривается вопрос внедрения концепции неопределенности измерений при проведении поверки аналоговых электроизмерительных приборов прямого действия на примере аналоговых вольтметров. Оценена неопределенность нахождения основной погрешности вольтметров, являющейся одним из основных показателей при оценке соответствия.

Ключевые слова: неопределенность измерения, погрешность, критерий соответствия, максимально допустимая погрешность, стандартная неопределенность, суммарная стандартная неопределенность, расширенная неопределенность.

Введение

Внедрение концепции неопределенности измерений при проведении поверки, калибровки средств измерений в целом, и в частности аналоговых электроизмерительных приборов прямого действия, является один из злободневных вопросов. В [1] рассмотрен вопрос внедрения концепции неопределенности измерений при проведении процедур утверждения типа и поверки.

Целью данной статьи является исследование методов расчета неопределенности измерений, основанных на статической интерпретации результатов при поверке вольтметров, применяемых или предназначенных к применению в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора, установленных Законом Республики Узбекистан «О метрологии», и разработка критерия соответствия, учитывающего неопределенность измерений.

Для каждой метрологической характеристики средств измерений (СИ) существует своя максимально допустимая погрешность (МДП). Если погрешность измерений не превышает МДП каждой характеристики, то результат измерений соответствует нормам.

Таким образом, вольтметр, характеристики которого соответствуют нормам, можно применять в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора.

Основной материал

Ниже рассмотрена оценка неопределенности определения основной погрешности вольтметров, являющейся одним из основных показателей при оценке соответствия.

Оценка неопределенности определения основной погрешности вольтметров. Порядок определения основной погрешности вольтметров проводится согласно ГОСТ 8.497 [2]. Основную погрешность вольтметров в процентах от нормирующего значения вычисляют по формуле:

$$\gamma = \frac{V_{\text{ИЗМ}} - V_{\text{Д}}}{V_{\text{Н}}} \cdot 100 = (V_{\text{ИЗМ}} - V_{\text{Д}}) \cdot \frac{100}{V_{\text{Н}}}, \quad (1)$$

где $V_{\text{ИЗМ}}$ – значение измеряемой величины, определяемое по показаниям поверяемого вольтметра; $V_{\text{Д}}$ – действительное значение измеряемой величины, определяемое по показаниям образцового средства измерений; $V_{\text{Н}}$ – нормирующее значение.

Основную погрешность вольтметров классов точности 0,05; 0,1; и 0,2 определяют на каждой числовой отметке шкалы. Для вольтметров класса точности 0,5 и менее точных, а также для вольтметров с равномерной шкалой, у которых числовых отметок более 10, допускается определять основную погрешность показаний лишь на пяти отметках шкалы, равномерно распределенных по диапазону измерений.

Согласно [2] оцененные значения x_i входных величин X_i определяют по результатам однократного ($n = 1$) наблюдения по формуле:

$$x_i = \bar{x}_i. \quad (2)$$

Поскольку информация о величинах является нестатистической (однократное наблюдение) стандартную неопределенность входных величин X_i оценивают по типу В.

Составляющими неопределенности измерения при определении основной погрешности вольтметров в процентах от нормирующего значения являются:

– неопределенность измерения значения измеряемой величины, определяемого по показаниям поверяемого вольтметра, $u_B(V_{изм})$;

– неопределенность измерения действительно значения измеряемой величины, определяемого по показаниям образцового средства измерений, $u_B(V_D)$.

Согласно Руководству [3] неопределенность измерения измеряемой величины вычисляется при известных неисключенной систематической погрешности (НСП, $u_{НСП}$) и среднеквадратическом отклонении (СКО, $u_{СКО}$) вольтметров. То есть, $u_B(V)$ определяют по формуле:

$$u_B(V) = \sqrt{(u_{НСП}(V))^2 + (u_{СКО}(V))^2}, \quad (3)$$

так как измерение является однократным, $u_{СКО}(V) = 0$:

$$u_{НСП}(V) = \frac{\Delta_{НСП}}{\sqrt{3}}, \quad (4)$$

где $\Delta_{НСП}$ – НСП, задаваемая пределом допускаемого значения (классом точности вольтметров поверяемого и образцового).

Входные величины X_i не коррелированы, следовательно, нет необходимости оценки степени их корреляции.

Оценка основной погрешности поверяемых вольтметров в процентах от нормирующего значения рассчитывается по формуле (1).

Суммарную стандартную неопределенность $u_c(\gamma)$ результата измерения γ определяют из стандартных неопределенностей оценок входных величин по формуле [3]:

$$u_c(\gamma) = \sqrt{\sum_{i=1}^N u_i^2(\gamma)}, \quad \text{где } u_i(\gamma) = \frac{\partial \gamma}{\partial V_i} \cdot u(V_i), \quad (5)$$

где N – число стандартных неопределенностей; $c_i = \frac{\partial \gamma}{\partial V_i}$ – коэффициент чувствительности.

Применяя (5) к (1) получим

$$u_c(\gamma) = \sqrt{(c_1 \cdot u_B(V_{изм}))^2 + (c_2 \cdot u_B(V_D))^2} = \frac{100}{V_H} \cdot \sqrt{(u_B(V_{изм}))^2 + (u_B(V_D))^2}. \quad (6)$$

Подставляя значения стандартных неопределенностей входных величин в (6) получим значение суммарной стандартной неопределенности и, умножая ее на коэффициент охвата k , получим расширенную неопределенность основной погрешности вольтметров в процентах от нормирующего значения.

Критерий соответствия при поверке вольтметров. В табл. 1 показана связь результатов изме-

рений с максимально допустимой погрешностью и критерии соответствия без учета неопределенности измерений.

Таблица 1

Связь результатов измерений, максимально допустимой погрешности и критерии соответствия без учета неопределенности измерений

№ ситуации	Показание		Основная погрешность поверяемого прибора, γ %	Критерий соответствия без учета неопределенности результатов измерений
	поверяемого СИ, класс точности 0,01	образцового СИ, класс точности 0,002		
1	10	9,998	0,003	соответствует
2	20	20,002	-0,003	соответствует
3	30	30,000	0,000	соответствует
4	40	40,007	-0,012	не соответствует
5	50	49,995	0,008	соответствует
6	60	60,010	-0,017	не соответствует

Для наглядности на рис. 1 показана связь полученных основной погрешности результатов измерений с максимально допустимой погрешностью и критерием соответствия без учета неопределенности измерений, представленных в табл. 1.



Рис. 1. Связь результатов измерений, максимально допустимой погрешности и критерии соответствия без учета неопределенности измерений

Среди результатов измерений 1, 2, 3 и 5-я ситуации не превышают МДП. В этом случае, исходя из имеющейся информации, можно судить о том, что результат соответствует нормам. Но по данным 4, 6-й ситуаций, метрологическая характеристика вольтметра не соответствует требованиям НД.

В табл. 2 показана связь полученных основной погрешности результатов измерений по ситуациям 1–6, неопределенности, максимально допустимой погрешности и критерия соответствия с учетом неопределенности измерений.

Для наглядности на рис. 2 показана связь полученных основной погрешности результатов измерений с максимально допустимой погрешностью и критерием соответствия с учетом неопределенности измерений, представленных в табл. 2.

Таблиця 2

Связь результатов измерений, максимально допустимой погрешности и критерии соответствия с учетом неопределенности измерений

№ ситуации	Показание		Основная погрешность поверяемого прибора и расширенная неопределенность результата измерения при P=95	Критерий соответствия с учетом неопределенности результатов измерений
	поверяемого СИ, класс точности 0,01	образцового СИ, класс точности 0,002		
1	10	9,998	0,003±0,003	соответствует
2	20	20,002	0,003±0,007	соответствует
3	30	30,000	0,000±0,010	соответствует
4	40	40,007	-0,012±0,013	спорно
5	50	49,995	0,008±0,016	спорно
6	60	60,010	-0,017±0,020	спорно



Ситуация 1, 2 и 3: результат нахождения основной погрешности и неопределенность результатов измерений не превышают МДП. В этой ситуации результат соответствует нормам.

Ситуация 5: результат измерения и неопределенность результатов измерений не превышают МДП, но часть неопределенности превышает МДП. Согласно действующему законодательству, результат соответствует нормам, так как пока заключение базируется на значении результата измерения. Если же неопределенность измерений учитывается, то результат измерения может не соответствовать нормам.

Ситуация 4 и 6: результат измерения превышает МДП, следовательно, по законодательству результат не соответствует нормам. Если же неопределенность измерения учитывается, то часть ее не превышает МДП и результат может оцениваться как соответствующий нормам.

Анализируя ситуации 4, 5 и 6, возникает вопрос, как определить соответствие, учитывая неопределенность.

Выводы

МДП – понятие, которое было принято в те времена, когда неопределенность измерений еще не обсуждалась. Для внедрения концепции неопределенности измерений, может быть, следует внести кое-какие дополнения и изменения в понятие МДП.

Список литературы

1. Маринака Х. Неопределенность измерений утвержденного типа и поверке / Х. Маринака, пер. М.В. Шабанова // Метрология и приборостроение. – 2006. – № 1. – С.36-40.
2. ГОСТ 8.497-83. Государственная система обеспечения единства измерений. Амперметры, вольтметры, ваттметры, варметры. Методы и средства поверки.
3. Guide to the Expression of Uncertainty in measurement/First edition-ISO/Switzerland. 1993/-101 p. Руководство по выражения неопределенностей измерения / Русский перевод; научный редактор В.А. Слаев. – СПб: НПО ВНИИМ им. И.М.Менделеева, 1999. – 134 с.

Поступила в редколлегию 23.04.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И. В. Руженцев, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ПОВІРКИ АНАЛОГОВИХ ЕЛЕКТРОВІМІРЮВАЛЬНИХ ПРИБОРІВ ПРЯМОЇ ДІЇ

Н.Т. Бойматов, Р.Р. Джаббаров, О.Ш. Хакімов

Розглядається питання впровадження концепції невизначеності вимірювань при проведенні повірки аналогових електровимірювальних приладів прямої дії на прикладі аналогових вольтметрів. Оцінено невизначеність знаходження основної похибки вольтметрів, що є одним з основних показників при оцінці відповідності.

Ключові слова: невизначеність вимірювань, похибка, критерій відповідності, максимально допустима похибка, стандартна невизначеність, сумарна стандартна невизначеність, розширена невизначеність.

UNCERTAINTY OF VERIFICATION OF ANALOG ELECTRIC DEVICES OF DIRECT ACTION

N.T. Boymatov, R.R. Djabbarov, O.Sh. Khakimov

The question of introduction of the concept of uncertainty of measurements is considered at carrying out of verification of analog electric devices of direct action on an example of analogue voltmeters. Uncertainty of defining of the basic error of the voltmeters which are one of the basic indicators at an estimation of conformity is evaluated.

Keywords: uncertainty of measurement, an error, fitting criterion, extreme error, standard uncertainty, the total standard uncertainty, the expanded uncertainty.