

УДК 001.4 : 389.1

О.Н. Величко

ГП «Всеукраинский государственный научно-производственный центр стандартизации, метрологии, сертификации и защиты прав потребителей», научно-производственный институт метрологического обеспечения измерений электромагнитных величин, Киев

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОЦЕНКИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В МЕЖДУНАРОДНЫХ И НАЦИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТАХ

В документах и рекомендациях международных и региональных организаций по вопросам метрологии, стандартизации и аккредитации лабораторий широко используются положения международного руководства по оценке неопределенности измерений (GUM). В национальных стандартах и других нормативных документах также широко используются положения GUM. Проведенный анализ показал некорректное использование положений GUM в некоторых международных стандартах. Приведены рекомендации по корректному использованию положений GUM при разработке проектов международных стандартов.

неопределенность, метрология, стандарт

Введение

В метрологической практике широкое внедрение нашло международное руководство по оценке неоп-

ределенности измерений (GUM) [1], которое приобрело статус неформального международного стандарта, способствует стандартизации процессов обработки и

отображения результатов измерений и широко используется во многих сферах деятельности.

Положения GUM применяются в документах и рекомендациях международных и региональных организаций по вопросам метрологии, стандартизации и аккредитации лабораторий.

В работах [2 – 4] проведен анализ и показаны особенности применения руководства GUM в документах и рекомендациях международных и региональных организаций. Актуальным является вопрос применения этого руководства в международных стандартах, которые регламентируют основные требования к средствам измерений, так как положения этих стандартов становятся основой национальных стандартов при проведении их соответствующей гармонизации [5].

1. Сравнение терминологии в руководстве GUM, словаре VIM, межгосударственных и национальных стандартах

Термин “*неопределенность измерений*” в соответствии с п. 3.9 международного метрологического словаря (VIM) [6] – это параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий разброс значений, которые могли бы быть обосновано приписаны измеряемой величине. Такое определение содержится как в п. 2.27 проекта третьей редакции VIM [7], так и в п. 9.20 межгосударственного нормативного документа РМГ 29 [8].

Национальный стандарт ДСТУ 2681-94 [9] содержит несколько другое определение указанного термина: *неопределенность измерений* – это оценка, которая характеризует диапазон значений, в котором находится истинное значение измеряемой величины (п. 5.15), поэтому требуется изменение определения этого термина при пересмотре этого стандарта.

Кроме термина “*неопределенность измерений*” в GUM используются и другие связанные термины, такие как: стандартная неопределенность; общая стандартная неопределенность; расширенная неопределенность; коэффициент охвата, которые отсутствуют во второй редакции VIM, однако, уже введены в проект третьей редакции VIM.

Указанные термины приведены и в межгосударственной рекомендации РМГ 43 [10], которая гармонизована в национальном стандарте ДСТУ-Н РМГ 43 [11] со сроком внедрения в Украине в 2007 г. Рекомендации РМГ 43 содержат положения по применению руководства GUM и отображают соответствие между нормами представления результатов измерений, принятых в основополагающих нормативных документах стран СНГ и формой, принятой в GUM.

В проекте третьей редакции VIM вводится новый термин, связанный с оценкой неопределенности измерений: *неопределенность определения* – минимальная неопределенность измерений как ре-

зультат конечной детализации определения измеряемой величины (п. 2.28) [7]. Любые изменения детализации измеряемой величины требуют применения другой модели и, соответственно, приводят к другой неопределенности определения.

В примечании к термину неопределенность определения указывается, что этот термин есть эквивалентным термину *действительная неопределенность*, который определен в международном стандарте IEC 60359 [12] Международной электротехнической комиссии (МЭК) как минимальная неопределенность, которая может быть приписана измеряемой величине (п. 3.1.11). В стандарте МЭК IEC 61557-12 этот же термин определяется как неопределенность **средства измерений** при использовании его в нормальных условиях (п. 2.2.2) [13], при этом в примечании говорится, что это процент измеренной величины в отношении с другими влияющими величинами в нормальных условиях, если другие не установлены.

Однако, в международном документе OIML D 16 [14] Международной организации законодательной метрологии (МОЗМ) указывается, что неопределенность измерений связана с процессом измерения, а не только с самим средством измерений (п. 3.1).

Сам термин “*неопределенность*” в стандартах МЭК имеет разные определения: параметр, характеризующий дисперсию значения величины как атрибут измеренной величины, основанной на использованной информации (IEC 60359, п. 3.1.4) [12]; максимум ожидаемой девиации измеренной величины по отношению к действительной величине (IEC 61000-4-30, п. 3.17) [15]. В примечании к определению термина в стандарте IEC 60359 отмечается, что указанный параметр, например, может быть стандартной девиацией или половиной интервала установленного доверительного уровня.

В проекте третьей редакции VIM введен новый термин *инструментальная неопределенность* – компонент неопределенности измерений, который возникает в связи с используемыми средствами измерений или измерительными системами, и получаемый посредством их калибровки (4.23). В примечании к термину отмечается, что эта неопределенность оценивается по типу В GUM и что информация о ее величине представляется в спецификации на средство измерений.

Указанный термин широко применяется и развивается в стандартах МЭК: *действительная инструментальная неопределенность* – неопределенность средства измерений, которое используется в нормальных условиях (IEC 60359, п. 3.2.10); *абсолютная инструментальная неопределенность* – неопределенность результата непосредственных измерений измеряемой величины, обладающей несущественной действительной неопределенностью (IEC 60359, п. 3.1.12).

В стандартах МЭК используются также и такие термины: *операционная неопределенность* – неопре-

деленность в конкретных условиях работы (IEC 61557-12, п. 2.2.6); операционная инструментальная неопределенность – инструментальная неопределенность в конкретных условиях работы (IEC 60359, п. 3.2.11); предел неопределенности измерений – величина, которая ограничивает значение инструментальной неопределенности для оборудования, которое работает в специфических (отличных от нормальных) условиях (IEC 60359, п. 3.3.6).

Анализ представленных в стандартах МЭК терминов показывает, что в них предпринята попытка простой замены ранее существующих терминов, относящихся к понятию погрешности измерений (инструментальная погрешность, основная и дополнительная погрешности и т. д.) на термины, относящихся к понятию неопределенности измерений. Этот вывод становится показательным при анализе подходов, применяемых при оценке неопределенности для средств измерений в международных стандартах МЭК.

2. Основы корректной оценки неопределенности измерений в международных стандартах

В соответствии с действующей редакцией VIM [6], погрешность измерения – это разница между результатом измерения и истинным значением измеряемой величины (п. 3.10). В проекте новой редакции VIM [7] сохранено такое же определение погрешности измерения (п. 2.17).

В международном стандарте IEC 60359 (п. 4.1) и старой редакции (1997 г.) первой части международного стандарта IEC 61557-1 относительно электрической безопасности низковольтных распределительных систем до 1000 В переменного и 1500 В постоянного тока общая операционная погрешность определялась выражением:

$$B = \pm \left(|A| + 1,15 \sqrt{E_i^2} \right), \quad (1)$$

где A – действительная (основная) погрешность; E_i – составляющие дополнительной погрешности; i – соответствующее число составляющих погрешности.

Эта формула была основой для нормирования и вычисления погрешностей при измерении разных электрических величин, которые регламентировались другими частями указанного стандарта. При расчетах погрешностей отличия в формулах заключались только в количестве составляющих (вариаций) погрешности и их расшифровке.

При пересмотре в 2006 – 2007 гг. всех частей стандарта IEC 61557 выражение (1) не было изменено, однако, им уже регламентировалось вычисление операционной неопределенности, где A уже представляло действительную неопределенность, а E_i – составляющие операционной погрешности, т.е. проведена простая замена термина “погрешность” на термин “неопределенность”.

Проведенная замена не соответствует основным положениям GUM [1] и требует приведения указанного выражения с ним в соответствие.

Так оценка стандартной неопределенности по типу А единичного измерения i -й входной величины $u_{A,i}$ осуществляют по формуле [1]:

$$u_{A,i} = \sqrt{\frac{1}{n_i - 1} \sum_{q=1}^{n_i} (x_{iq} - \bar{x}_i)^2}, \quad (2)$$

где $\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{q=1}^{n_i} x_{iq}$ – среднее арифметическое ре-

зультатов измерения i -й входной величины, а при оценке стандартной неопределенности $u_A(x_i)$ измерения i -й входной величины без учета корреляции входных величин результат определяют как среднее арифметическое по формуле:

$$u_{A,i}(x_i) = \sqrt{\frac{1}{n_i(n_i - 1)} \sum_{q=1}^{n_i} (x_{iq} - \bar{x}_i)^2} \dots \quad (3)$$

Оценку стандартной неопределенности по типу В $u_B(x_i)$ при равномерном законе распределения возможных значений этой величины в указанных (нижний и верхний) пределах (b_{i-} , b_{i+}) для i -й входной величины для симметричных пределов ($\pm b_i$) осуществляют по формуле [1]:

$$u_B(x_i) = \frac{b_i}{\sqrt{3}}. \quad (4)$$

Оценку общей стандартной неопределенности u_C осуществляют по формуле [1]:

$$u_C = \sqrt{\sum_{i=1}^m u_i^2}; \quad (5)$$

$$U_p = k \cdot u_C, \quad (6)$$

где u_i – составляющие общей неопределенности; U_p – расширенная неопределенность; k – коэффициент охвата.

С учетом выражений (2) – (6) необходимо преобразовать выражение (1), что будет соответствовать положениям GUM, определив при этом и необходимый коэффициент охвата при необходимом доверительном интервале.

Кроме того, в соответствии с п. 7.2.2 GUM не рекомендуют отображать результат оценки неопределенности со знаком “±”, так как традиционно такая форма применяется для указания интервала, который отвечает высокому уровню доверия и, соответственно, может быть попутан с расширенной неопределенностью.

Выводы

Проведенный сравнительный анализ показал некорректное использование положений GUM в некоторых международных стандартах, поэтому при разработке проектов международных стандартов необходимо точно следовать положениям указанного руководства и корректно осуществлять оценку неопределенности измерений.

Список литературы

1. *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM): First edition.* – ISO, 1993. – 101 p.
2. Величко О. М. Невизначеність вимірювань: сучасний стан застосування // Укр. метролог. журнал. – 1999. – Вип. 4. – С. 5-9.
3. Величко О.Н. Неопределенность измерений: применение в руководствах международных и региональных организаций // Укр. метролог. журнал. – 2005. – Вип. 4. – С. 10-16.
4. Величко О.Н. Применение неопределенности измерений в руководствах международных и региональных организаций // Неопределенность измерения: норматив., научные, методолог. и производ. аспекты. Тез. докл. – X.: ХНУРЕ. – 2005. – С. 4-6.
5. Величко О.М. Гармонізація національних стандартів: основні завдання та проблеми діяльності ТК // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2006. – № 6. – С. 17-20.
6. *International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology (VIM).* – Second edition. – ISO, 1993. – 59 p.
7. *ISO VIM (DGUIDE 99999.2) International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology (VIM).* – Third edition. – ISO, 2006. – 145 p.
8. РМГ 29-99 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.
9. ДСТУ 2681-94. Метрологія. Терміни та визначення.
10. РМГ 43–2001. ГСИ. Применение „Руководства по выражению неопределенности измерения”.
11. ДСТУ–Н РМГ 43:2006. Метрологія. Застосування “Руководства по выражению неопределенности измерений”.
12. IEC 60359:2001. *Electrical and electronic measurement equipment.* – Expression of performance.
13. IEC 61557-12:2007. *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1000 V a. c. and 1500 V d. c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures.* – Part 12: Combined performance measuring and monitoring devices for electrical parameters.
14. OIML D 16:1986. *Principles of assurance of metrological control.*
15. IEC 61000-4-30:2003. *Electromagnetic capability (EMC).* – Part 4-30: Testing and measurement techniques. Power quality measurement method.
16. IEC 61557-1:1997. *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1000 V a. c. and 1500 V d. c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures.* – Part 1: General requirements.

Поступила в редколлегию 22.04.2007

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