

Філософські аспекти

УДК 389

А.И. Колбасин

Национальный научный центр «Институт метрологии», Харьков

ИСТИННОЕ ЗНАЧЕНИЕ И МЕТРОЛОГИЯ

В статье обсуждается целесообразность использования в метрологии одного из основополагающих понятий – истинного значения физической величины. Показано, что в современных условиях сложность описания исследуемых объектов, их свойств, процессов и сигналов в некоторых случаях не позволяет однозначно выделить модель, которая в количественном смысле в наибольшей степени идеально согласовывалась бы с качественным описанием свойств. Сделан вывод о том, что понятие "истинное значение" не играет решающей роли в метрологии.

Ключевые слова: метрология, физическая величина, измерение, истинное значение, погрешность, неопределенность.

Вы не найдете в природе ничего простого, все в ней перепутано и слито.

Р. Фейнман

Введение

Ключевым в метрологии, как в науке об измерениях, является понятие физической (измеряемой) величины и нахождение размера физической величины путем измерения. При этом идеальным результатом конкретного измерения считается получение истинного значения физической величины. Неидеальность процесса измерения («...путем эксперимента и вычислений с помощью специальных технических средств» [1, п.3.24]) приводит к появлению погрешности, равной разности измеренного и истинного значений. В связи с тем, что истинное значение неизвестно, невозможно установить и точность измерений, а значит, и погрешность измерения. Попытки ввести в рассмотрение условно истинное значение являются завуалированным способом избежать ссылки на неизвестное истинное значение («... настолько приближающееся к истинному...» [1, п.3.25] (насколько?)).

Использование термина «действительное значение» только переносит вопрос отношения к истинному значению (не решая его) в сферу средства измерительной техники более высокого уровня точности.

В концепции неопределенности измерения [2] вообще отказались от использования понятия истинного значения. Налицо конфликт концепций в основополагающих понятиях метрологии.

Следует заметить, что в ряде работ различие понятий погрешности и неопределенности измерения считается зеркальным, а значит, несущест-

венным. Однако такое представление является слишком упрощенным, поскольку истинное значение (которое вообще не используется в концепции неопределенности) в общем случае может лежать и вне интервала значений, задаваемого стандартной или расширенной неопределенностью измерения.

Таким образом, неизбежно возникает вопрос о роли истинного значения в метрологии.

Изложение основного материала

В работе сделана попытка анализа содержания понятия «истинное значение» с точки зрения его необходимости при проведении измерений и анализе точности полученных результатов измерений.

Истинное значение появляется при попытке выразить количественно некоторое качественное свойство в исследуемом объекте, состоянии объекта, процессе или сигнале.

Важным при этом является выбор определенной модели исследуемого объекта, состояния объекта или процесса. Числовые характеристики такой модели являются основанием для экспериментального их определения, то есть для проведения измерений.

В физических измерениях основанием выбора модели являются известные законы физики. К примеру, масса является следствием использования законов Ньютона или Эйнштейна; частота и фаза появляются при рассмотрении колебательных процессов, сопротивление – как следствие закона Ома и т.п.

Однако на современном этапе развития науки и техники выбор соответствующей модели является неоднозначным процессом, зависящим от учета,

как правило, нескольких факторов. Это объясняется во многом тем, что стало возможным давать углубленное описание сложных динамических систем, анализировать изменение во времени свойств материальных объектов и т.п. Кроме того, существенным является то, что, например, стандарты частоты, меры напряжения постоянного тока (и даже международный эталон массы) обязательно характеризуются изменением воспроизводимых значений во времени.

Классическим примером является такая физическая величина как частота. Качественно «частота» отражает разную степень повторяемости или возникновения одинаковых (похожих) событий, движений, колебаний и т.п. за один и тот же интервал времени. Единицей физической величины «частота», как известно, является Герц.

Однако известно несколько определений частоты, дающих в общем случае различные числовые значения частоты [3 - 8] (зависящие к тому же от анализируемого интервала времени), и только в простейшем случае синусоидальных колебаний использование разных определений дает совпадающие результаты. То есть в зависимости от модели исследуемого процесса получаются разные истинные значения частоты, и в общем случае априори неизвестно, какое из них является «более истинным». При этом особенно впечатляет разница в точности эталонов единиц частоты и девиации частоты. Оба эталона воспроизводят единицу Герц, однако эталоны времени и частоты характеризуются погрешностями порядка 10^{-12} – 10^{-13} , а эталоны единицы девиации частоты – порядка 10^{-3} . Можно, конечно, сделать скидку на то, что девиация частоты – это только переменная часть суммарной мгновенной частоты, однако в лучшем случае это соотношение не меньше 1/50, т.е. на уровне всего одного – двух порядков.

Аналогичным примером может служить также появление таких величин, как фликер в электроэнергетике или джиттер в цифровых системах передачи информации, характеризующих степень изменчивости сигналов и отличающихся достаточно сложными алгоритмами работы измерительных приборов.

Еще один пример можно привести из области электрических измерений. Активное сопротивление участка цепи характеризуется тем, что при прохождении электрического тока напряжение на этом участке и сила тока связаны между собой законом Ома, который при некоторых допущениях является следствием более точных законов Максвелла. Отсюда следует вывод, что для достижения более точных результатов измерений следует использовать законы Максвелла, однако в них уже нет места напряжению, а, следовательно, и актив-

ному сопротивлению – появляются иные величины, характеризующие электромагнитные поля. То есть при уточнении модели пропадает та величина, которую надо измерить. Кроме того, с учетом общих свойств электропроводящих материалов необходимо учитывать зависимость сопротивления от температуры, а также появление шумов, в том числе тепловых шумов Найквиста [9]. Наличие шумов приводит к тому, что исследуемое сопротивление участка цепи ведет себя как изменяющееся во времени по случайному закону. При этом появляется зависимость шумов от температуры и от полосы пропускания измерительных приборов. То есть в этом случае также становится непонятным, какая величина будет играть роль истинного значения, а без этого проблематичным является совершенствование методик измерения и измерительных приборов.

С еще более сложной ситуацией приходится сталкиваться в области электрических измерений при измерении реактивной мощности и энергии. Известно, что кроме активных элементов в электрических цепях неизбежно присутствуют реактивные элементы (индуктивности и емкости), отличающиеся тем, что они, получая от источника энергию, накапливают ее в магнитном или электрическом поле, а при соответствующих условиях отдают энергию назад источнику. При этом в электрических сетях наблюдаются «бесполезные» перетоки энергии, вызывающие дополнительные потери.

В простейших случаях, при известных конфигурациях сетей и синусоидальных токах и напряжениях, не вызывает большого затруднения провести разделение потоков энергии на активные и реактивные составляющие. Ситуация резко меняется при наличии нелинейных и параметрических цепей и в сетях с неизвестной структурой. Многочисленные попытки создать методы разделения активных и реактивных составляющих до сих пор не увенчались успехом [10 - 13]. И это находит отражение в современных счетчиках электроэнергии – некоторые модели выпускаются с возможностью использования разных алгоритмов измерения реактивной энергии.

При этом опять-таки заранее неизвестно, какой из методов измерения позволяет ближе приблизиться к истинному значению – ведь в реальных условиях эксплуатации зачастую нет возможности проконтролировать дополнительные параметры и характеристики.

Ситуация усугубляется тем, что при проверке точности измерительных приборов (поверке или калибровке) создаются режимы работы, отличающиеся от условий эксплуатации, - в том числе за счет использования «рафинированных» измери-

тельных сигналов. В результате погрешности рабочих средств измерений при эксплуатации могут «незапланировано» превышать нормируемые показатели. В этом случае, очевидно, необходимо при разработке как рабочих средств, так и методик их метрологической аттестации учитывать разнообразие реальных измерительных сигналов, а при поверке (калибровке) использовать измерительные сигналы, приближающиеся к реальным.

В результате, если воспользоваться философским принципом бритвы Оккама ("То, что можно объяснить посредством меньшего, не следует объяснять посредством большего"), то понятие "истинное значение" является излишним.

Что касается повышения точности измерений физических величин, то пути его достижения в общем-то общеизвестны:

а) это сравнение разных моделей, в которые входят измеряемые величины, в применении к различным объектам или процессам в различных условиях, охватывающих как можно более широкий круг реальных измерительных задач, и выбор среди них наиболее универсальных и, конечно, реализуемых при современном уровне развития техники;

б) совершенствование методик измерений с учетом выбранных моделей;

в) разработка и совершенствование средств измерительной техники на основе использования результатов разработок по пп. а) и б).

Выводы

Использование понятия «истинное значение физической величины» в метрологии в ряде случаев не является необходимым.

Концепция неопределенности, в которой не используется это понятие, является более продуктивной по сравнению с концепцией погрешности.

Список литературы

1. ДСТУ 2681-94. Державна система забезпечення єдності вимірювань. Метрологія. Терміни та визначення.
2. JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement.
3. ДСТУ 2870-94. Державна система забезпечення єдності вимірювань. Метрологія. Вимірювання часу та частоти. Терміни та визначення.
4. Кнорринг В.Г. Частота / В.Г. Кнорринг // Приборы и системы управления. – 1978. – № 3. – С. 19 - 20.
5. Вайнштейн Л.А. Разделение частот в теории колебаний и волн / Л.А. Вайнштейн, Д.Е. Вакман – М.: Наука, 1983.
6. Hoffmann M.H.W. On Modulation Theory and FM Spike Noise. / M.H.W. Hoffmann // AEU, Band 35, Heft 9, 1981, pp. 334 – 342.
7. Колбасин А.И. Модели модулированных сигналов / А.И. Колбасин // Измерительная техника. – 1990. – №8. – С. 56.
8. B. Boashash, editor, "Time-Frequency Signal Analysis and Processing – A Comprehensive Reference", Elsevier Science: Oxford, 2003.
9. Робинсон Ф.Н.Х. Шумы и флуктуации в электронных схемах и цепях / Ф.Н.Х. Робинсон – М.: Атомиздат, 1980.
10. Emanuel A.E. Power Definitions and the Physical Mechanism of Power Flow / A.E. Emanuel – John Wiley & Sons, Ltd, 2010
11. Асанбаев Ю.А. Основы теории энергетических процессов в преобразовательных установках: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.09.12 / Асанбаев Юрий Алексеевич. – СПб., 2002.
12. Лохов С.П. Энергетические составляющие мощности вентиляционных преобразователей. Однофазные цепи: Учебное пособие / С.П. Лохов – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 1999. – Ч.1. – 106 с.
13. Агунов М.В. Энергетические процессы в электрических цепях с несинусоидальными режимами и их эффективность / М.В. Агунов – Кишинев – Тольятти: МолдНИИТЭИ, 1997. – 84 с.

Поступила в редколлегию 1.03.2013

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

ІСТИННЕ ЗНАЧЕННЯ ТА МЕТРОЛОГІЯ

О.І. Колбасін

У статті обговорюється доцільність використання в метрології одного з базових понять – істинного значення фізичної величини. Показано, що в сучасних умовах складність опису об'єктів, що досліджуються, їх властивостей, процесів та сигналів в деяких випадках не дозволяє однозначно виділити модель, яка б в кількісному сенсі в найбільшій мірі ідеально погоджувалась з якісним описом властивостей. Зроблено висновок, що поняття «істинне значення» не відіграє вирішальної ролі в метрології.

Ключові слова: метрологія, фізична величина, вимірювання, істинне значення, похибка, невизначеність.

TRUE VALUE AND METROLOGY

A.I. Kolbasin

In this paper the expediency of using one of the basic concept in metrology - true value of physical quantity - is discussed. It's shown, that in modern conditions the description's complexity of researched objects, of their properties, of processes and signals doesn't allow in some cases to allocate a model unequivocally, which would be ideally agreed with the qualitative properties' description at quantitative sense and at the greatest degree. It was concluded that concept "true value" doesn't play a main role in metrology.

Key words: metrology, physical quantity, measurement, true value, error, uncertainty.