

Вниманию читателей предлагается окончание подборки статей по материалам VII Всероссийской научно-технической конференции «Метрологическое обеспечение измерительных систем» (начало подборки см. «Измерительная техника», № 11, 2012 г.).

681.518

О метрологии больших систем учета энергоресурсов

Э. М. ШЕЙНИН

Сибирский научно-исследовательский институт метрологии, Новосибирск, Россия,
e-mail: sheinin@sniim.nsk.ru

Рассмотрены возможности разработки процедур метрологического контроля информационной части информационно-измерительных систем учета энергоресурсов с использованием критериев годности, основанных на анализе достоверности измерительной информации.

Ключевые слова: информационно-измерительная система, критерии годности, достоверизация информации, метрологический контроль.

The possibilities of development of procedures of the metrological control of an informational part of information-measuring systems of power resources records with use of validity criterion based on the analysis of the measuring information reliability are considered.

Key words: information-measuring system, validity criterion, information verification, metrological control.

Метрологическое обеспечение средств измерений (СИ) и измерительных систем, в частности, подразумевает установление соответствия метрологических характеристик типа или конкретного экземпляра СИ заявленным на различных этапах его жизненного цикла. Для этого применяют процедуры метрологического контроля, по результатам которого СИ признается метрологически исправным, т. е. пригодным к выполнению функций назначения, или непригодным к эксплуатации.

Признание пригодности или непригодности происходит на основании критериев, определяемых, как правило, соответствующими методиками испытаний, поверки. Установление этих критериев является одной из важных задач прикладной метрологии и, как показывает опыт, далеко не всегда имеет однозначное решение.

Представляя измерительную систему как совокупность СИ (измерительных каналов), объединенных общей измерительной задачей, будем считать обобщенным критерием годности системы способность решать эту задачу. При этом, в зависимости от конкретной измерительной задачи, могут использоваться различные частные критерии, например, связанные с годностью (метрологической исправностью) измерительных каналов, входящих в систему. На основе этих критериев многоканальные измерительные системы можно разделить на несколько условных классов.

Системы класса А. Для них критерий годности предполагает при контроле метрологическую исправность всех измерительных каналов. Как правило, это системы, предназначенные для автоматизированного выполнения косвенных, совокупных или совместных измерений. Выход из строя одного из каналов приводит (при отсутствии резервирования

или избыточности) к невозможности определения искомой величины или зависимости по результатам прямых измерений. Наглядным примером такой системы является теплоизмерительная система — теплосчетчик, реализующий косвенный метод измерений тепловой энергии на основе прямых измерений температуры расхода и давления теплоносителя. При метрологическом контроле теплосчетчиков применяют поканальные (поэлементные) методы. Метрологическая неисправность любого измерительного канала приводит к непригодности всей теплоизмерительной системы.

Системы класса В. Для них критерий годности предполагает при контроле метрологическую исправность минимально необходимого количества измерительных каналов, которое определяется для каждого конкретного случая применения. Чаще всего это экспертные измерительные системы, предназначенные для автоматизированного получения результатов многоканальных измерений одной или нескольких физических величин, которые используются для оценки характеристик или состояния объекта исследования. Выход из строя одного или нескольких каналов приводит к снижению достоверности оценки, но до определенного предела не является критическим. Примером служат многоканальные измерительные системы температурного контроля сложных технических объектов, системы прочностных испытаний летательных аппаратов и температурного контроля состояния криолитозоны. Методы контроля метрологических характеристик, как правило, поканальные, с возможностью осуществления выборочного контроля.

Предлагается ввести в эту классификацию *системы класса С*, критерии годности которых не зависят от метрологической исправности отдельных измерительных каналов, в

том числе сложных, в качестве которых могут выступать и системы класса А. Речь идет о информационно-измерительных системах (ИИС), выход из строя любого количества каналов которых никак не влияет на функционирование и характеристики оставшейся части и на способность системы в целом решать поставленную измерительную задачу. Примером являются автоматизированные информационно-измерительные системы (АИИС) коммерческого учета энергоресурсов (КУЭР) при отсутствии необходимости определения потребления энергоресурсов по группе точек поставки.

Очень часто такие системы могут содержать сотни, тысячи, а порой и десятки тысяч измерительных каналов, достоверный контроль исправности которых традиционными поканальными методами сопряжен со значительными ресурсными затратами. Измерительные системы, затраты на метрологическое обслуживание которых сравнимы или превышают затраты на их создание, будем называть большими. Под это определение подпадает АИИС коммерческого учета электрической энергии (КУЭ) на розничном рынке бытового потребителя.

Действительно, возьмем для примера простейшую операцию — проверку наличия действующих результатов поверки всех измерительных компонентов, входящих в систему, предусмотренную во всех без исключения методиках поверки, включая [1]. Средняя по размерам АИИС КУЭ на 10000 точек измерения со счетчиками трансформаторного включения может содержать до 20000 измерительных компонентов. Учитывая набирающую силу тенденцию введения указанной выше системы в состав АИИС КУЭР, куда входят каналы измерения и электрической энергии, и других потребляемых энергоресурсов, таких как холодная и горячая вода, тепловая энергия, газ, число измерительных компонентов возрастает многократно. Понятно, что в ручном режиме в разумные сроки, с какой-либо приемлемой степенью достоверности такую проверку провести невозможно. Трудозатраты на проверку достоверности передачи информации от счетчика до сервера сбора данных, выполняемую практически во всех проанализированных методиках путем сравнения информации, считанной тем или иным способом непосредственно со счетчика, с информацией, записанной в базу данных, также нетрудно себе представить.

Существенное отличие больших систем от общего класса измерительных систем заключается в том, что первые изначально имеют динамически изменяемый состав. При большом количестве каналов постоянно происходят отказ какой-то части измерительных компонентов, ремонт или замена, отключение для периодической поверки, подключение новых абонентов, исключение ряда абонентов из системы учета. При этом возникает проблема идентификации системы, которая самым тесным образом связана с проблемой легитимного изменения состава. Понятно, что соблюдение порядка изменения состава, в частности, увеличения числа измерительных каналов, предусмотренного в [2], вполне справедливого для АИИС КУЭ оптового рынка электроэнергии и мощности и приведет к полнейшему коллапсу легитимного применения этой же системы на розничном рынке бытового потребителя.

Следующая проблема, возникающая при метрологическом контроле больших систем, — установление частных критериев годности, связанных с метрологической исправностью измерительных каналов. В самом деле, признавать ли годной АИИС КУЭР, имеющую в составе 10000 каналов, у

которой при проведении операции «проверка информационного обмена» обнаружилось отсутствие передачи данных по одному измерительному каналу, официально не выведенному из коммерческого учета? А если таких каналов не один? Можно привести еще много примеров, показывающих сложность применения традиционного подхода [3] к процедурам метрологического контроля больших систем, но и представленных выше достаточно, чтобы понять необходимость поиска альтернативных методов, возможно разных для систем, созданных на базе существующих приборов учета или «с чистого листа».

В качестве основы альтернативного подхода для систем, построенных на базе имеющихся счетчиков энергоресурсов, предлагается принять ряд постулатов:

счетчики энергоресурсов осуществляют измерения и подвержены всем видам метрологического контроля вне системы и вне зависимости от наличия системы. В рамках ИИС они являются цифровыми первичными измерительными преобразователями (ПИП) и определяют метрологические характеристики измерительных каналов системы;

результаты измерения по отдельным каналам не коррелированы и не используются для получения результата косвенных, совокупных или совместных измерений;

существует или должен быть разработан регламент конфигурирования системы, включающий перечень сведений, предоставление которого необходимо для подключения ПИП к системе.

Первый постулат фактически определяет поэлементный метод проверки характеристик системы при метрологическом контроле и устанавливает границы элементов по разъемам цифровых интерфейсов ПИП.

Можно считать, что эта граница делит ИИС на измерительную и информационную части. Измерительная часть — это уровень ПИП, нижний уровень системы. Как отмечено в первом постулате, вопросы метрологического обеспечения элементов нижнего уровня решены и можно сосредоточиться только на оставшемся информационном элементе системы.

Аналогично принятому выше постулату о независимости функционирования измерительных компонентов нижнего уровня от ИИС, построенной на их основе, можно потребовать функциональной независимости информационной части от измерительных компонентов нижнего уровня. Операции контроля информационной части системы в рамках поэлементного метрологического контроля ИИС, по-видимому, должны заключаться в проверке выполнения предписанных функций, которые, в свою очередь, вытекают из измерительной задачи или назначения информационной части.

Определим назначение информационной части АИИС как предоставление конечному пользователю без существенных задержек достоверной измерительной и служебной информации от произвольного числа измерительных компонентов ПИП в пределах ограниченного (или неограниченного) множества. При этом существенной считаем задержку, при которой измерительная информация теряет свою актуальность. Например, неполучение данных при регламентном опросе архивов счетчиков, но получение их в течение учетного интервала будет считаться несущественной задержкой.

Непосредственно из определения назначения вытекают критерии годности информационной части системы, установив которые, можно разработать методы контроля, позволяющие подтверждать соответствие системы этим критериям.

Критерий 1 — достоверность информации, предоставляемой конечному пользователю. Удовлетворение этого критерия предполагает, что полученная конечным пользователем информация сопровождается статусным признаком, как достоверная или недостоверная.

Критерий 2 — тотальность информации, удовлетворяющей критерию достоверности. Это предполагает, что проверке по критерию 1 подвергается измерительная информация, поступающая по всем измерительным каналам от всех измерительных компонентов из ограниченного (или неограниченного) множества.

Критерий 3 — актуальность информации. Удовлетворение этого критерия предполагает способность системы предоставлять измерительную информацию, соответствующую критериям 1 и 2, так, чтобы на момент ее получения конечным пользователем она не теряла актуальности.

При соответствии этим критериям можно говорить, что информационная часть АИИС решает поставленную перед ней измерительную задачу и удовлетворяет обобщенному критерию годности. Таким образом, контроль информационной части как элемента всей системы в рамках ее метрологического контроля должен заключаться в проверке выполнения перечисленных критериев.

Для соблюдения критерия 1 система должна выполнять процедуру, которую будем называть достоверизацией или верификацией и которая означает способность системы анализировать принимаемую информацию, с точки зрения ее достоверности. Для этого достаточно проверить способность системы отличать достоверную информацию от недостоверной на основе заданных критериев. Для этой цели может формироваться тестовый файл, имитирующий информацию, поступающую со счетчика, в котором поочередно, известным образом нарушаются критерии достоверности. Выявление всех имитируемых нарушений подтверждает выполнение информационной частью системы функции достоверизации. В качестве таких критериев принимается соответствие полученной информации некоторым априорным сведениям, предоставление которых системе предусмотрено (см. третий постулат). Подобными сведениями могут быть результаты идентификации источника информации; сведения о нахождении измеряемых величин в допустимых диапазонах; сведения о легитимности применяемых СИ, в том числе действующие результаты поверки; результаты анализа журнала событий, отражающего состояние компонентов системы нижнего уровня, с целью выявления нештатных ситуаций за период достоверизации и др. При включении в АИИС в качестве ПИП интеллектуальных счетчиков возможно использование результатов их собственного анализа достоверности.

С учетом важности функции достоверизации, должны быть приняты меры, защищающие АИИС от случайных или преднамеренных несанкционированных воздействий с обязательным занесением в журнал санкционированных воздействий, приводящих к потере или искажению измерительной информации. В свою очередь, для исключения влияния процедуры достоверизации на содержание принятой информации ее проводят при извлечении информации из базы данных в соответствии с принятым регламентом.

Чтобы гарантировать получение конечным пользователем достоверной информации, проверка на достоверность должна быть тотальной — всей значимой информации, поступающей по всем каналам, т. е. необходимо удовлетворение частного критерия 2. Такая проверка сводится к определению информационной емкости и нагрузочной способности аппаратных средств, реализующих алгоритм достоверизации, а также проверке выполнения критерия 1 при различных изменениях в системе.

Способности системы (автоматически или с помощью оператора) сохранять или восстанавливать свои функциональные (в том числе функцию достоверизации) и метрологические характеристики при изменении состава и числа измерительных каналов определяет свойство адаптивности. Проверка этого свойства в части изменения состава возможна методами физического моделирования при подключении к системе новых цифровых ПИП (счетчиков) или при помощи имитаторов драйверов гипотетических счетчиков, через которые осуществляется пробная передача данных из тестового файла с одновременной проверкой достоверизации. Выполнение функции достоверизации в этом случае подтверждает свойство адаптивности, как оно было сформулировано для системы.

Установление соответствия критерию 3 осуществляется экспериментально-расчетным путем, подтверждающим, что при любом допустимом количестве каналов и любом предусмотренном объеме данных время получения информации конечным пользователем не выходит за регламентированные пределы.

При подтверждении соответствия системы перечисленным частным критериям годности можно считать, что подтверждена способность информационной части как элемента АИИС в автоматическом режиме с достаточным быстродействием получать измерительную информацию и оценивать ее качество от любого, заранее неизвестного количества измерительных каналов. Такой элемент системы должен быть признан метрологически исправным вне зависимости от метрологической исправности отдельных измерительных каналов. Следовательно, информационная часть системы способна решать поставленную измерительную задачу и удовлетворяет обобщенному критерию годности.

Проверка этих критериев рассмотренными выше методами является основой оценки соответствия информационной части системы, проводимой при ее метрологическом контроле.

Предложенные методы контроля информационной части АИИС КУЭР положены в основу методик испытаний и первичной и периодических поверок систем коммерческого учета тепловой энергии (КУТЭ) «СИБЭКО» (Новосибирск), насчитывающей в пусковом комплексе около 5000 ПИП-теплосчетчиков и рассчитанной на расширение их числа до 20000. Система успешно прошла испытания в целях утверждения типа и занесена в Госреестр СИ.

Программное обеспечение АИИС КУТЭ, построенное на основе программно-технического комплекса «АСТРА» компании «Астра Инжиниринг» (С.-Петербург), включает специализированный модуль «Метрология», в функции которого входят процедуры достоверизации всей измерительной информации, а также проверки выполнения функций достоверизации и адаптации системы к изменению количества и состава измерительных каналов. В реализованной версии модуля «Метрология» в качестве сведений, на основании

которых проводится идентификация источника информации, используются тип, заводской номер и место установки ПИП. В целях проверки легитимности применяемых СИ в базу данных системы вводятся даты очередной поверки теплосчетчика и его измерительных компонентов, а также начала и окончания допуска узла учета к эксплуатации. Для использования в качестве критериев достоверности результатов измерений в базе данных системы хранятся допустимые значения верхних и нижних границ диапазонов измерения давления, расхода и температуры, а также разницы расходов и температур для каждого типа измерительного компонента и каждого трубопровода, на котором этот компонент установлен. В целом в системе используется 52 различных параметра, в том числе для достоверизации результатов измерения количества теплоты и параметров теплоносителя.

Реализация методов контроля, основанных на проверке функций достоверизации, адаптивности и защищенности, заложенных в методику поверки, позволили сократить время поверки системы, включающей на настоящий момент около 7000 измерительных каналов, с нескольких месяцев до нескольких дней с соответствующим снижением стоимости поверки.

Подходы к достоверизации, адаптивности и защищенности информационной части больших систем учета энерго-

ресурсов, рассмотренные выше, предложены в виде требований к метрологическому обеспечению АИИС КУТЭ аналогичного назначения и включены в качестве приложения в утвержденный для добровольного применения национальный стандарт [4], разработанный в ФБУ «Томский ЦСМ» (дата введения: 1 марта 2013 г.)

Л и т е р а т у р а

1. **МИ 3000—2006.** ГСИ. Системы автоматизированные информационно-измерительные коммерческого учета электрической энергии. Типовая методика поверки.
2. **МИ 2999—2011.** Рекомендация. Системы автоматизированные информационно-измерительные коммерческого учета электрической энергии. Рекомендации по составлению описания типа.
3. **ГОСТ Р 8.596—2002.** ГСИ. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения.
4. **ГОСТ Р 8.778—2011.** ГСИ. Средства измерений тепловой энергии для водяных систем теплоснабжения. Метрологическое обеспечение.

Дата принятия 30.08.2012 г.

621.317

Калибровка измерительных каналов измерительных систем после их градуировки

А. А. ДАНИЛОВ, Ю. В. КУЧЕРЕНКО

ФБУ «Пензенский ЦСМ», Пенза, Россия, e-mail: aa-dan@mail.ru

Рассмотрены вопросы определения параметров функции преобразования измерительных каналов измерительных систем, введения корректирующих поправок и последующего оценивания их метрологических характеристик.

Ключевые слова: измерительные системы и каналы, метрологические характеристики, функция преобразования.

The problems of determination of the transformation function parameters of measuring channels in measuring systems, of inserting corrections and subsequent evaluation of their metrological characteristics are considered.

Key words: measuring systems and channels, metrological characteristics, transformation function.

При проведении периодической проверки состояния метрологического обеспечения (МО) эксплуатируемых средств измерений (СИ) с целью повышения их точности выполняется градуировка функции преобразования СИ с последующим введением корректирующих поправок. В тех случаях, когда градуировка СИ (рис. 1) является одним из этапов их калибровки (или поверки, которая, по сути, та же калибровка, но с принятием заключения о соответствии метрологических характеристик (МХ) установленным нормам), приходится считаться с некоторыми особенностями МО СИ. На

рис. 1 темным фоном выделена цепь последовательно выполняемых при этом процедур, которые будут рассмотрены ниже.

Известно [1], что градуировку и калибровку СИ целесообразно проводить с использованием различных (не менее двух) экземпляров рабочих эталонов (РЭ). В качестве примера относительно немногих СИ, для которых реализована подобная процедура, можно привести электронные весы, в комплект поставки которых включена градуировочная гиря. При этом МХ весов определяют при помощи гирь из другого набора.