

основи ширококугових сигналів, що формуються процесами зі змінними імовірнісними характеристиками / Мельничук С.І., Козленко М.І. (Україна). – заявка № а 2008 01274 ; заявл. 01.02.2008 ; опубл. 27.12.2010, Бюл. № 24.

5. Козленко М.І. Аналіз сучасного рівня розробки статистичних методів обміну даними на основі шумоподібних сигналів / М.І. Козленко, С.І. Мельничук // Наукові вісті Інституту менеджменту та економіки "Галицька академія". – Івано-Франківськ : Інститут менеджменту та економіки "Галицька академія", 2006. – 2006. – № 2(10). – С. 33–38.

6. Мельничук С.І. Дослідження статистичних характеристик випадкових сигналів провідникових та радіоканалів обміну даними розподілених систем контролю / С.І. Мельничук, М.І. Козленко // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький : ХНУ – 2005. – № 4. – Ч. 1. – Т. 2. – С. 62–65.

7. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М. : Наука, 1977. – 832 с.

Надійшла 21.6.2012 р.

Рецензент: д.т.н. Адамовський Б.І.

УДК 389.001(075.8)

В.Т. КОНДРАТОВ

Інститут кібернетики ім. В.М.Глушкова НАН України

ТЕОРИЯ ИЗБЫТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ: РЕШЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПРИ ЛИНЕЙНОЙ ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА СООБЩЕНИЕ 1.1

В сообщении 1.1 рассмотрены пути и методы решения метрологических задач при линейной функции преобразования измерительного канала и без приписываемой объекту измерений математической модели.

In the message 1.1 methodology, ways and methods of the decision of metrological problems are considered at linear function of transformation of the measuring channel and without attributed to object of measurements of mathematical model.

Ключевые слова: метрологические задачи, методология, методы решения, избыточные измерения.

Введение

Раздел теории избыточных измерений «решение метрологических задач» является одним из основных разделов, поскольку в нем описываются практические вопросы разработки и реализации методов избыточных измерений величин разной физической природы ненаправленного и направленного действия, с приписываемой или с не приписываемой объекту измерений математической моделью, при линейной и нелинейных функциях преобразования измерительного канала, при наличии или отсутствии действия стационарных и нестационарных шумов, помех, наводок и т.д.

Современный период развития фундаментальной метрологии требует формулировок основных понятий «измерительная задача» и «метрологическая задача». Теория прямых измерений обусловила возможность формулировки измерительных задач, а теория избыточных измерений — метрологических задач.

Определение

Измерительная задача — задача, заключающаяся в определении значений физической величины путем ее измерения с требуемой точностью в данных условиях измерений [1, 2].

В нормативных документах отсутствует понятие «метрологическая задача». В работе [3] сделана попытка разобраться в сущности «метрологической задачи», однако определение данному понятию не приводится. В частности, утверждается, что «в метрологических задачах исследуемый объект, в простейшем случае, предполагается неизменным, имеющим строго определенное значение измеряемой величины. В соответствии с этим всякое отклонение результата измерения от этого значения рассматривается как погрешность измерения [3].

На наш взгляд, метрологическая задача — это задача, направленная не только на определение действительного значения физической величины, но и параметров функции преобразования измерительного канала, обеспечивающее получение данных о состоянии, метрологических характеристиках, параметрах и показателях метрологической надежности измерительного канала. С позиции теории избыточных измерений предлагается следующее определение понятию «метрологическая задача».

Определение

Метрологическая задача — задача определения значений физической величины и текущих значений параметров функции преобразования измерительного канала путем измерительного преобразования¹ нескольких

¹ однократного или многократного

рядов¹ физических величин с требуемой точностью и в данных условиях измерений, дополненная операциями вычислительной обработки результатов промежуточных преобразований согласно уравнениям избыточных измерений² и предусматривающая определение метрологических характеристик и параметров метрологической надежности.

Понятие «метрологическая задача» шире понятия «измерительная задача». Оно дополнено новой целевой функцией, — получение дополнительной информации о состоянии измерительной системы «объект измерений – средство избыточных измерений» («ОИ – СИИ»). Решение метрологических задач возможно только путем реализации методов избыточных измерений, описанных, например, в [4].

Приведенное понятие «метрологическая задача» расширяет и понятие предмета метрологии, под которым ранее понималось только «извлечение количественной информации о свойствах объектов и процессов с заданной точностью и достоверностью» [5]. В отличие от [5], в работе [6] нами было дано следующее определение предмета метрологии: «предметом метрологии является извлечение количественной информации о характеристиках и свойствах объектов и процессов с заданным качеством измерений (точностью, достоверностью, оперативностью (быстродействием), сопоставимостью (правильностью, сходимостью, воспроизводимостью) и стабильностью)», т.е. подчеркивается необходимость говорить о качестве измерений, а не о его двух показателях. В приведенных определениях ничего не говорится о необходимости получения текущей информации о состоянии используемого средства измерений, поскольку от него зависит и качество измерений. В этой связи предлагается новая редакция определения «предмет метрологии».

Определение

Предметом метрологии является извлечение количественной информации о характеристиках и свойствах объектов и процессов, а также о состоянии средства измерений (измерительной системы) с заданным качеством измерений.

Ниже рассматриваются конкретные примеры решения метрологических задач на основе методов избыточных измерений. Основное внимание уделяется методам формирования рядов физических величин, получению уравнений избыточных измерений и реализации методов избыточных измерений при линейной функции преобразования измерительного канала.

Объект исследований — процесс избыточных измерений.

Предмет исследований — пути и методы решения метрологических задач при линейной функции преобразования измерительного канала.

Целью работы является ознакомление ученых и специалистов с методологией, путями и методами решения метрологических задач при линейной функции преобразования измерительного канала.

Результаты исследований:

1. Методология решения задач избыточных измерений

Методология прямых измерений не в полной мере обеспечивает выполнение современных требований к качеству измерений и к качеству средств измерений. К числу причин относится и та, что прямые методы измерений предполагают использование измерительных каналов только с линейной функцией преобразования. Нелинейность должна быть сведена к минимуму любым из известных методов (например, путем введения отрицательных обратных связей, формирования корректирующих сигналов, введения поправок и т.д.). Как правило, ее влияние на результат измерений записывается отдельной строкой в паспорте на средство измерений как погрешность нелинейности. Решение задачи линеаризации функции преобразования сенсора или измерительного канала в целом требовало и требует значительных временных и финансовых затрат. Одним из преимуществ избыточных измерений является то, что они могут быть реализованы как при линейных, так и при нелинейных функциях преобразования измерительного канала и обеспечивают получение результата избыточных измерений пропорционального значению искомой физической величины.

Разработка математической модели, структурной или функциональной схемы технического решения средства избыточных измерений при линейной или нелинейной функции преобразования измерительного канала предполагает задание следующих исходных данных, требований и условий:

1) категории объектов измерений — пассивные или активные объекты измерений. Это необходимо для определения содержания физического осуществления измерений;

2) класса объектов измерений — объект измерений без приписываемой математической модели или объект измерений с приписываемой математической моделью;

3) категории измерительных задач, т.е. что подлежит измерениям, — измерение независимых свойств, измерение зависимых свойств, измерение зависимостей свойств, измерение приращений свойств или измерение характеристик;

4) категории метрологических задач, т.е. какие параметры функции преобразования измерительного канала, какие метрологические характеристики, параметры и показатели метрологической надежности подлежат измерениям и определению;

5) требований к качеству измерений — по точности, правильности, сходимости, воспроизводимости,

¹ по числу неизвестных

² с априори выведенными

стабильность или оперативности измерений. Возможны требования к выполнению ограниченного числа или всех характеристик качества;

6) требований к качеству разрабатываемого средства избыточных измерений, т.е. по классу точности, по метрологическим и функциональным отказам;

7) задание значений основной и дополнительной погрешностей и неопределенности результата избыточных измерений, необходимые для выбора принятого опорного значения величины, воспроизводимой мерой или стандартным образцом, а также рода избыточных измерений;

8) задание допустимых значений неопределенности результатов избыточных измерений и, в этой связи, числа проводимых многократных измерений в каждом такте и цикле;

9) задание напряжения питания измерительного канала, необходимое для выбора допустимого уровня аналоговых выходных сигналов измерительного канала и установления диапазона значений входных сигналов аналого-цифрового преобразователя;

10) вида функции преобразования измерительного канала, необходимого для составления математической модели процесса избыточных измерений;

11) требований к содержанию математических моделей — учет в всего или ограниченного числа параметров дестабилизирующих воздействий, учет вида приписываемой математической модели объекта измерений, учет в модели других неинформативных параметров, обеспечивающие создание математической модели, адекватной реальному процессу избыточных измерений, и ее точное решение относительно определяемых величин и параметров;

12) требований по достижению одной или системы целей избыточных измерений, связанных с обеспечением качества измерений.

13) требований к характеристикам средствами вычислительной техники, используемой в базовой комплектации средства избыточных измерений;

14) рекомендаций по выбору типовых или созданию новых сенсоров, измерительных каналов, мер, стандартных образцов и т.д. с заданными характеристикам;

15) требований по созданию как структурной, так и функциональной схем средства избыточных измерений, — с использованием структур разомкнутого или замкнутого типов, в том числе с последовательно соединенными звеньями, мостовых, с отрицательными обратными связями, генераторных, регенеративных и других структур;

16) требований по формированию рядов измеряемых физических величин, размеры которых связаны между собой по законам арифметической или/и геометрической прогрессий;

17) требований по описанию работы разработанного технического решения средства избыточных измерений и подтверждению ожидаемых метрологических характеристик.

Следовательно, методология решения задач линейного и нелинейного измерительных преобразований

величин разной физической природы при линейной и нелинейной функциях преобразования измерительного канала имеет свои специфические особенности.

На рис. 1 приведена одна из возможных структур данных, характеризующая пути и методы решения метрологических задач. Как видно из приведенного рисунка, прежде всего, изучается объект измерений в части наличия или отсутствия приписываемой ему математической модели. Это необходимо для правильного выбора принципа измерения, метода измерительного преобразования рядов физических величин, метода составления и решения математической модели процесса избыточных измерений физических величин. Например, некоторые из принципов измерения тока, напряжения или давления не предполагают приписывания им математической модели, а принцип измерения, например, концентрации веществ в бинарных растворах, должен учитывать закон Бугера – Ламберта – Бера, который при определении концентрации оптическими методами служит приписываемой математической моделью. Напомним, что закон Бугера – Ламберта – Бера — физический закон, определяющий ослабление параллельного монохроматического потока оптического излучения заданной длины волны при распространении его в поглощающей среде.

На следующем этапе решения метрологических задач необходимо установить, связана ли поставленная техническая задача с определением размеров искомой ФВ x_i и текущих значений параметров функции преобразования измерительного канала или с определением размеров функционально преобразованной физической величины и текущих значений параметров функции преобразования измерительного канала.

Далее устанавливается вид функции преобразования измерительного канала. Он во многом определяется функцией преобразования сенсора. При использовании в измерительном канале функционального преобразователя, например, квадратичного, результирующая функция преобразования примет еще более сложный вид.

Знание вида результирующей функции преобразования измерительного канала с сенсором является обязательным условием реализации методов избыточных измерений, поскольку от него зависит и вид системы математической модели процесса избыточных измерений и методы ее решения.

На практике могут встречаться такие нелинейные функции преобразования, как алгебраические (целые и дробные рациональные и иррациональные функции) и трансцендентные функции (рис. 1).

Вид функции преобразования обычно определяется путем эксперимента. По полученным дискретным

данным с помощью аппроксиматора устанавливается аналитическое выражение функции преобразования, график которой с заданными значениями среднеквадратического отклонения, среднего значения и коэффициента корреляции наиболее близок к экспериментально полученной кривой.

После установления всех закономерностей, записывается функция измерительного преобразования физической величины, которая используется для создания математической модели процесса избыточных измерений в дискретные моменты времени функционирования измерительной системы «ОИ – СИИ».

Следует отметить, что состояние измерительной системы в каждый момент времени определяется не видом данной функции, а реакцией системы на входное воздействие, т.е. на действие входной ФВ x_i .

Следующим этапом является создание математической модели процесса избыточных измерений. При прямых измерениях функция преобразования описывается как $y_{л} = S_{л}x_i + \Delta y_{л} = f_{л}(x_i)$, причем ее параметры априори известны и априори установлены пределы их изменений.

При избыточных измерениях нелинейная функция преобразования состоящая, например, из линейной и двух нелинейных составляющих с неизвестными значениями параметров, в общем виде записывается как $y_{н} = f(x_i, S_{л}, S_{н1}, S_{н2}, \Delta y_{н})$.

Фундаментальное отличие методов избыточных измерений от методов прямых измерений состоит в разной форме записи функции преобразования измерительного канала, связанной с числом неизвестных, значения которых подлежат определению.

При создании математической модели подсчитывается число n неизвестных функции преобразования входной физической величины и составляется система из n или $n+1$ нелинейных уравнений величин.

На этапе создания математической модели процесса избыточных измерений устанавливается также связи между измеряемыми физическими величинами, при которых возможно решение данной математической модели относительно искомой ФВ x_i и относительно неизвестных параметров нелинейной функции преобразования. Полученная система нелинейных уравнений величин анализируется на предмет возможности ее решения без преобразования системы координат или с преобразованием системы координат (рис. 1).

В тех случаях, когда решение системы может быть осуществлено только путем преобразования системы координат, то для этих целей используются уравнения замены величин. Конкретные примеры решений приводятся ниже. Следующим шагом решения измерительных задач является выбор метода избыточных измерений, который будет реализован: I-го, II-го или III-го рода (рис. 1). Решение метрологической задачи будет неполным, если априори не будет решена задача выбора метода измерительного преобразования физических величин и сигналов. На сегодняшний день в приборостроении используются измерительные каналы прямого (временного или частотного) преобразования, каналы с двойным или тройным преобразованием физических величин и сигналов, каналы с коммутационно-модуляционным, каналы с периодическим преобразованием физических величин и сигналов и другие (рис. 1).

Одновременно с выбором метода измерительного преобразования, решается задача выбора структуры измерительного канала и всего средства избыточных измерений в целом. Возможны измерительные каналы со структурой разомкнутого или замкнутого типа.

Особенностью методов избыточных измерений является использование сенсоров с неуправляемыми и с дискретно управляемыми параметрами функции преобразования. В последнем случае, например, легко решается задача формирования рядов физических величин, размеры которых связаны между собой по закону геометрической прогрессии.

Разработка средств избыточных измерений предполагает широкое использование средств вычислительной техники: микропроцессоров, сигнальных процессоров, микроконтроллеров,

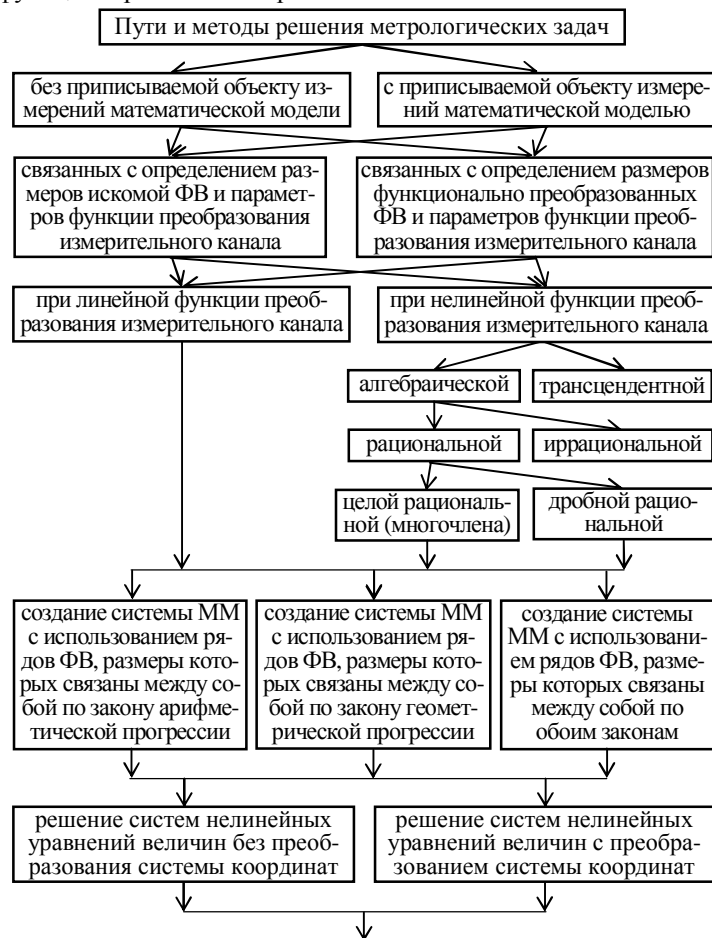


Рис. 1. Классификация путей и методов решения метрологических задач

микроконверторов, оперативных и постоянных запоминающих устройств, жидкокристаллических индикаторов (буквенно-графических дисплеев), интерфейсов связи и т.д.

Базовая структура любого средства избыточных измерений включает в себя средства вычислительной техники.

Одновременно с технической реализацией средства избыточных измерений требуется разработка специального программно-алгоритмического обеспечения данной измерительной задачи с целью достижения поставленной совокупности целей избыточных измерений.

Современный этап развития приборостроения шестого и седьмого поколений направлен на создание компьютеризованных средств измерений без визуализации и с визуализацией объекта измерений и исследуемых физических процессов. Поэтому решение задач избыточных измерений непрерывно связано с разработкой структурных и функциональных схем соответствующих средств избыточных измерений. При этом особое внимание уделяется созданию средств избыточных измерений с визуализацией свойств и параметров микро- и нано-объектов.

Окончательный этап решения метрологических задач предполагает проверку полученной системы математических моделей, тестирование программно-алгоритмического обеспечения и моделирование разработанного технического решения в части достижения заданных целей (рис. 1): единственной цели — определение действительного значения физической величины, ограниченной совокупности целей или всей совокупности целей избыточных измерений.

Теоретическая проработка всех этапов решения метрологических задач является за-логом успешного создания средств избыточных измерений.



Рис. 2. Продолжение классификации путей и методов решения измерительных задач

2. Пути и методы решения метрологических задач без приписываемой объекту измерений математической модели

Различные подходы, пути и методы решения метрологических задач при линейной и нелинейной функциях преобразования ИК обуславливают две категории объектов измерений, — объекты измерений без приписываемой математической модели и объекты измерений с приписываемой математической моделью. При этом учитывается природа измеряемой величины и данные о том, является ли физическая величиной направленное или ненаправленного действия.

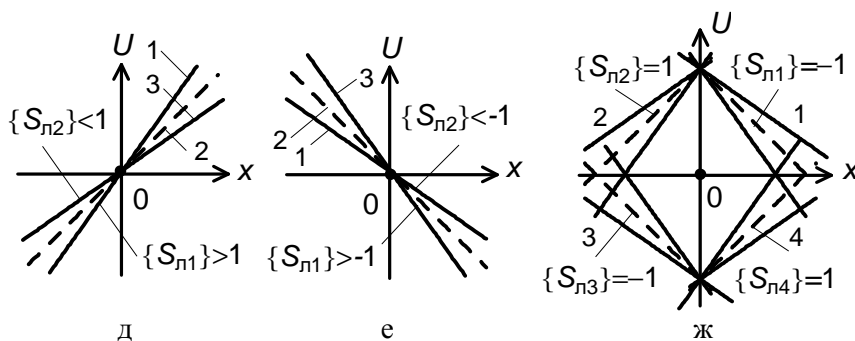
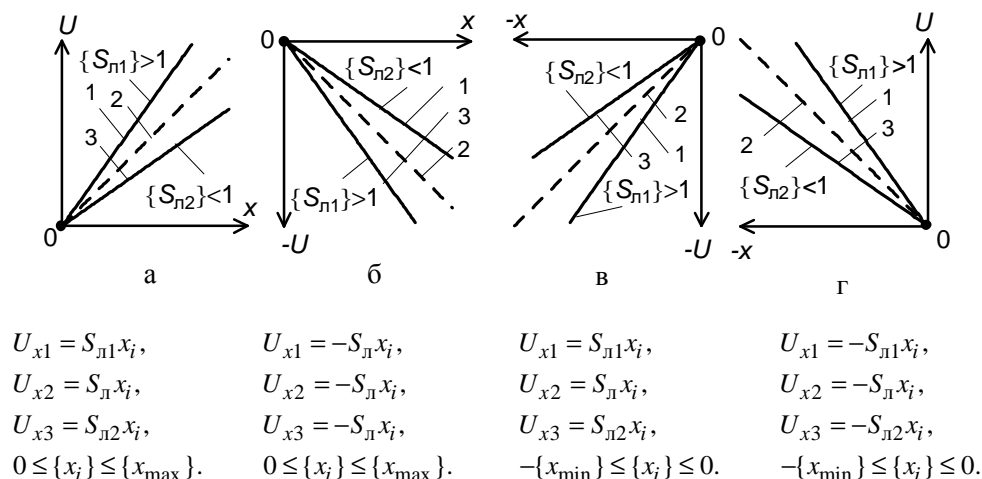
Прежде всего, рассмотрим пути и методы решения задач избыточных измерений физической величиной направленного действия при линейной функции преобразования ИК. Графики возможных вариантов линейной функций преобразования и их аналитические выражения представлены на рис. 3, ..., рис. 6. Причем на рис. 3 приведены графики, отличающиеся между собой значениями крутизны преобразования, а на рис. 4 – рис. 6 — значениями напряжения смещения. Если первые отображают угловую, то вторые — линейную симметрию пар графиков относительно исходного, изображенного пунктирной линией.

На рис. 3, а – рис. 3, г, рис. 3, д – рис. 3, ж представлены графики и соответствующие аналитические выражения для линейных функций преобразования физических величин при разных приращениях значений крутизны преобразования относительно графика с единичным значением крутизны преобразования $\{S_{\text{д}}\} = \text{tg}45^\circ = 1$ (см. графики в виде пунктирных линий). Причем, одни графики соответствуют диапазону значений физических величин $0 \leq \{x_i\} \leq \{x_{\text{max}}\}$, а другие — диапазону значений $\{-x_{\text{min}}\} \leq \{x_i\} \leq 0$ (см. рис. 3, а – рис. 3, г). Для сравнения приведены графики линейных функций преобразования с углами наклона,

симметричными относительно идеального графика при $\{S_{л}\}=1$, т.е. с равными по значению, но противоположными по знаку приращениями крутизны преобразования $S_{л}$.

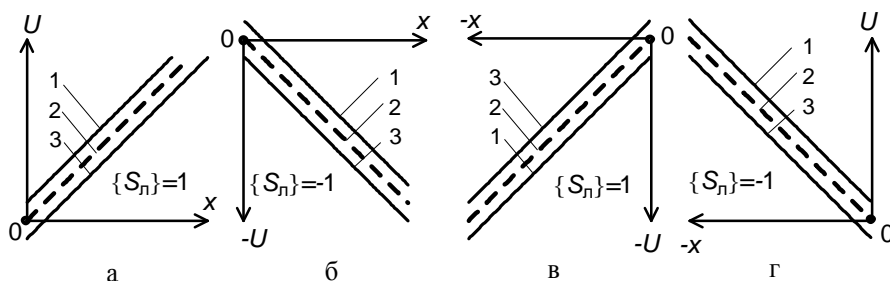
На рис. 3, д – рис. 3, ж, представлены графики и линейные функции преобразования физических величин для всего диапазона значений физических величин $-\{x_{\min}\} \leq \{x_i\} \leq \{x_{\max}\}$ при тех же значениях приращений крутизны преобразования. Все они пересекаются в точке, соответствующей нулевому значению физической величины.

Симметрию графиков можно получить при введении в функцию преобразования смещения заданного значения, но противоположных знаков (см. рис. 4, а – рис. 4, ж).



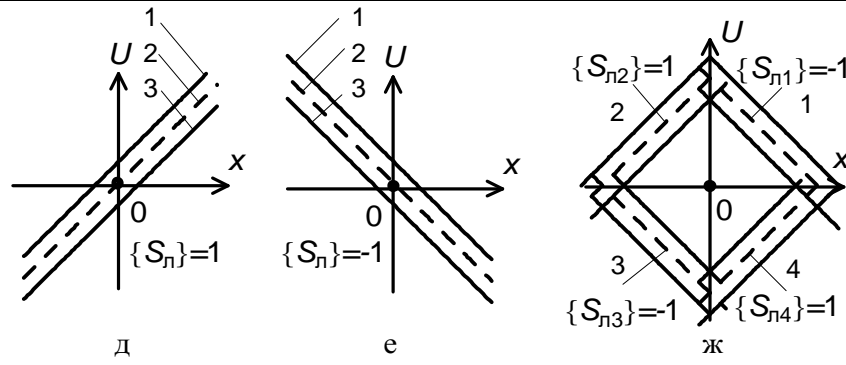
$U_{x1} = S_{л1}x_i, \quad U_{x1} = -S_{л1}x_i, \quad U_{x1} = -S_{л1}x_i + U_{\max}; \quad 0 \leq \{x_i\} \leq \{x_{\max}\},$
 $U_{x2} = S_{л2}x_i, \quad U_{x2} = -S_{л2}x_i, \quad U_{x2} = S_{л2}x_i + U_{\max}; \quad -\{x_{\min}\} \leq \{x_i\} \leq 0,$
 $U_{x3} = S_{л2}x_i, \quad U_{x3} = -S_{л2}x_i, \quad U_{x3} = -S_{л3}x_i - U_{\max}; \quad -\{x_{\min}\} \leq \{x_i\} \leq 0,$
 $-\{x_{\min}\} \leq \{x_i\} \leq \{x_{\max}\}. \quad -\{x_{\min}\} \leq \{x_i\} \leq \{x_{\max}\}. \quad U_{x4} = S_{л4}x_i - U_{\max}; \quad 0 \leq \{x_i\} \leq \{x_{\max}\}.$

Рис. 3. Графики линейной функции преобразования с разными значениями параметра $S_{л}$ и их математическое описание



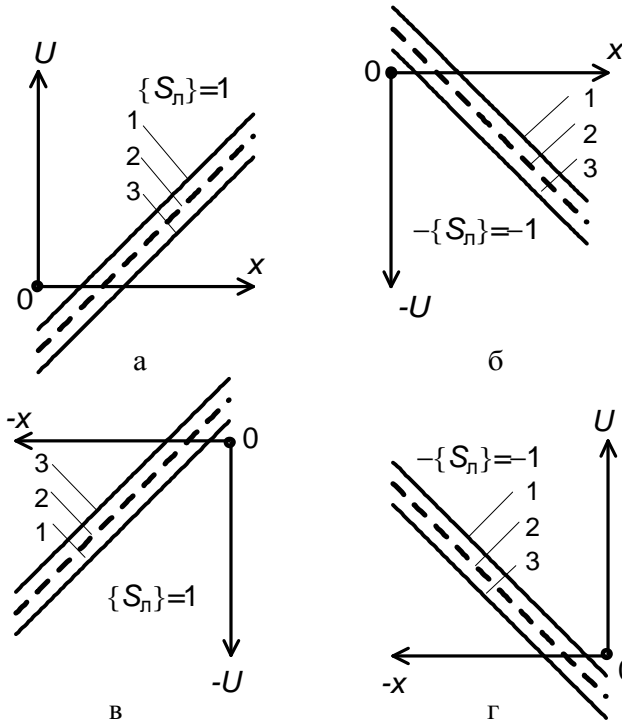
$U_{x1} = S_{л}x_i + \Delta U_0, \quad U_{x1} = -S_{л}x_i + \Delta U_0, \quad U_{x1} = S_{л}x_i + \Delta U_0, \quad U_{x1} = -S_{л}x_i + \Delta U_0,$
 $U_{x2} = S_{л}x_i, \quad U_{x2} = -S_{л}x_i, \quad U_{x2} = S_{л}x_i, \quad U_{x2} = -S_{л}x_i,$
 $U_{x3} = S_{л}x_i - \Delta U_0, \quad U_{x3} = -S_{л}x_i - \Delta U_0, \quad U_{x3} = S_{л}x_i - \Delta U_0, \quad U_{x3} = -S_{л}x_i - \Delta U_0,$
 $0 \leq \{x_i\} \leq \{x_{\max}\}. \quad 0 \leq \{x_i\} \leq \{x_{\max}\}. \quad -\{x_{\min}\} \leq \{x_i\} \leq 0. \quad -\{x_{\min}\} \leq \{x_i\} \leq 0.$

Рис. 4. Графики линейной функции преобразования с разными значениями смещения ΔU_0 и их математическое описание



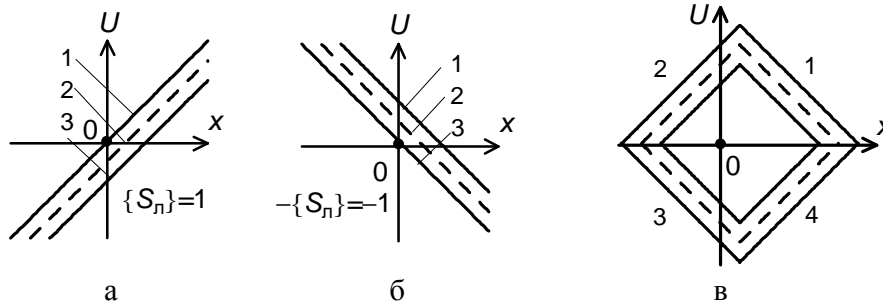
$$\begin{aligned}
 U_{x1} &= S_l x_i + \Delta U_0, & U_{x1} &= -S_l x_i + \Delta U_0, & U_{x1} &= -S_{l1} x_i + U_{\max}; 0 \leq \{x_i\} \leq \{x_{\max}\}, \\
 U_{x2} &= S_l x_i, & U_{x2} &= -S_l x_i, & U_{x2} &= S_{l2} x_i + U_{\max}; -\{x_{\min}\} \leq \{x_i\} \leq 0 \\
 U_{x3} &= S_l x_i - \Delta U_0, & U_{x3} &= -S_l x_i - \Delta U_0, & U_{x3} &= -S_{l3} x_i - U_{\max}; -\{x_{\min}\} \leq \{x_i\} \leq 0, \\
 & & & & & -\{x_{\min}\} \leq \{x_i\} \leq \{x_{\max}\}. & U_{x4} &= S_{l4} x_i - U_{\max}; 0 \leq \{x_i\} \leq \{x_{\max}\}.
 \end{aligned}$$

Рис. 4. Графики линейной функции преобразования с разными значениями смещения ΔU_0 и их математическое описание (продолжение)



$$\begin{aligned}
 U_{x1} &= S_l(x_i + x_0) + \Delta U_0, & U_{x1} &= -S_l(x_i + x_0) + \Delta U_0, & U_{x1} &= S_l(x_i + x_0) + \Delta U_0, \\
 U_{x2} &= S_l(x_i + x_0), & U_{x2} &= -S_l(x_i + x_0), & U_{x2} &= S_l(x_i + x_0), \\
 U_{x3} &= S_l(x_i + x_0) - \Delta U_0, & U_{x3} &= -S_l(x_i + x_0) - \Delta U_0, & U_{x3} &= S_l(x_i + x_0) - \Delta U_0, \\
 0 \leq \{x_i\} \leq \{x_{\max}\}. & & 0 \leq \{x_i\} \leq \{x_{\max}\}. & & -\{x_{\min}\} \leq \{x_i\} \leq 0. \\
 U_{x1} &= -S_l(x_i + x_0) + \Delta U_0, & & & & \\
 U_{x2} &= -S_l(x_i + x_0), & & & & \\
 U_{x3} &= -S_l(x_i + x_0) - \Delta U_0, & & & & \\
 -\{x_{\min}\} \leq \{x_i\} \leq 0. & & & & &
 \end{aligned}$$

Рис. 5. Смещенные по обеим осям координат графики линейной функции преобразования и их математическое описание



	$U_{x1} = S_l(x_i + x_0) + \Delta U_0,$	$U_{x1} = -S_l(x_i + x_0) + \Delta U_0,$	$U_{x1} = -S_{л1}(x_i + x_0) + U_{\max}; 0 \leq \{x_i\} \leq \{x_{\max}\},$
	$U_{x2} = S_l(x_i + x_0),$	$U_{x2} = -S_l(x_i + x_0),$	$U_{x2} = S_{л2}(x_i + x_0) + U_{\max}; -\{x_{\min}\} \leq \{x_i\} \leq 0$
а)	$U_{x3} = S_l(x_i + x_0) - \Delta U_0,$	$U_{x3} = -S_l(x_i + x_0) - \Delta U_0,$	$U_{x3} = -S_{л3}(x_i + x_0) - U_{\max}; -\{x_{\min}\} \leq \{x_i\} \leq 0,$
	$-\{x_{\min}\} \leq \{x_i\} \leq \{x_{\max}\}.$	$-\{x_{\min}\} \leq \{x_i\} \leq \{x_{\max}\}.$	$U_{x4} = S_{л4}(x_i + x_0) - U_{\max}; 0 \leq \{x_i\} \leq \{x_{\max}\}.$

Рис. 6. Смещенные по обеим осям координат графики линейной функции преобразования во всем диапазоне значений входных величин и их математическое описание

На рис. 5, а – рис. 5, г и рис. 6, а – рис. 6, в представлены графики и соответствующие аналитические выражения для линейных функций преобразования физических величин при смещенной на x_0 входной величины при разных приращениях значений крутизны преобразования относительно графика с единичным значением

Независимо от того, какой вид (из приведенных) имеет функция преобразования сенсора, результат измерений всегда может быть представлен в виде положительного или отрицательного числа. Для этого в уравнения избыточных измерений полученные числовые значения напряжения записываются с необходимым знаком.

В целом приведенные графики отражают положение и поведение линейной функции преобразования при изменениях значений ее параметров.

2. Методы решения задач избыточных измерений физических величин направленного действия

В теории избыточных измерений развиваются методы решения измерительных задач без преобразования и с линейным или нелинейным преобразованием системы координат. Данные направления связаны с выбранными рядами измеряемых физических величин и с их физической реализуемостью, с видом математической модели, приписываемой объекту измерений, с видом нелинейной функции преобразования сенсора и измерительного канала, а также с математическими моделями, описывающими процесс избыточных измерений.

Ниже приводится описание методов решения метрологических задач без указания «что дано и что нужно определить».

Метрологическая задача 1

Рассмотрим подробно пример решения задачи избыточных измерений I-го, II-го и III-го рода для физической величины x_i направленного действия при линейной функции преобразования измерительного канала вида

$$U_{л} = S_{л}x_i + \Delta U_{л},$$

где x_i — входная величина ИК; $U_{л}$ — выходная величина ИК; $S_{л}$ — крутизна преобразования (чувствительность ИК); $\Delta U_{л}$ — смещение функции преобразования, и покажем возможность достижения двенадцати стратегических целей избыточных измерений.

Предположим, что в результате воздействия внешних и внутренних дестабилизирующих факторов и процессов старения функциональных блоков и элементов ИК значения параметров функции преобразования изменились относительно номинальных (полученных на момент ввода СИИ в эксплуатацию). В этом случае реальная функция преобразования ИК примет вид

$$U_{л} = S_{л}(1 + \gamma_{л})x_i + \Delta U_{л} + \Delta_{ад} = S'_{л}x_i + \Delta U'_{л}, \quad (1)$$

где $U_{л}$ — выходная величина ИК; $\gamma_{л} = \Delta S_{л} / S_{л}$ — относительное изменение крутизны преобразования (чувствительности) ИК; $\Delta_{мп} = \Delta S_{л}x_i$ — мультипликативная составляющая систематической погрешности измерительного преобразования (или измерения) ФВ x_i ; $\Delta_{ад}$ — аддитивная составляющая систематической погрешности. Знаки составляющих систематической погрешности могут быть любыми.

В общем случае идеальная функция преобразования состоит из трех неизвестных (ФВ x_i и параметров $S_{л}$ и $\Delta U_{л}$ функции преобразования). Для получения дополнительной информации о состоянии

измерительного канала и определения значений всех неизвестных достаточно использовать три однородных ФВ x_1, x_2 и x_3 , образующие два арифметических ряда физических величин — x_1 и x_2, x_2 и x_3 (по два члена в ряде) с размерами:

$$\left. \begin{aligned} \{x_1\} &= \{x_i\}, \\ \{x_2\} &= \{x_i\} + \{\Delta x_0\}, \\ \{x_3\} &= \{\Delta x_0\}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

В данном случае метод избыточных измерений предполагает выполнение трех тактов измерительного преобразования или измерения искомой ФВ x_i , ФВ x_2 , отличающейся от ФВ x_1 на приращение x_0 , и опорной ФВ Δx_0 , воспроизводимой мерой. Результат измерений, полученный в первом такте, даст оценку искомой ФВ, по которой, в принципе, может быть выбран или уточнен диапазон измерений или установлено близкое к ФВ x_i значение опорной ФВ Δx_0 (при условии наличия регулируемой меры), — с целью обеспечения равной точности измерительных преобразований физических величин.

При создании метода избыточных измерений весьма важным является обеспечение физической реализуемости выбранных рядов физических величин, т.е. способа формирования и воспроизведения физических величин (2) с установленными размерами.

После выбора системы измеряемых физических величин, составляются и записываются системы линейных уравнений величин, описывающие состояние измерительной системы «ОИ – СИИ»:

$$\left. \begin{aligned} U_{л1}(x_1) &= S'_{л} x_i + \Delta U'_{л}, \\ U_{л2}(x_2) &= S'_{л} (x_i + \Delta x_0) + \Delta U'_{л}, \\ U_{л3}(x_3) &= S'_{л} \Delta x_0 + \Delta U'_{л}, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

— для метода избыточных измерений I-го рода, т. е. при условии отсутствия случайной составляющей погрешности измерения, или в виде

$$\left. \begin{aligned} \overline{U_{л1}(x_1)} &= \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m U_{л1j}(x_1) + \left\{ \begin{aligned} &+k_{01}^{y1} \Delta_{c11}^A, \\ &-k_{02}^{y1} \Delta_{c21}^A, \end{aligned} \right. \\ \overline{U_{л2}(x_2)} &= \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m U_{л2j}(x_2) + \left\{ \begin{aligned} &+k_{01}^{y2} \Delta_{c12}^A, \\ &-k_{02}^{y2} \Delta_{c22}^A, \end{aligned} \right. \\ \overline{U_{л3}(x_3)} &= \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m U_{л3j}(x_3) + \left\{ \begin{aligned} &+k_{01}^{y3} \Delta_{c13}^A, \\ &-k_{02}^{y3} \Delta_{c23}^A, \end{aligned} \right. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где m — число измерений в каждом такте (в данном случае они выбраны одинаковыми для всех трех тактов измерительных преобразований физических величин); k_{01}^{y1} и $k_{02}^{y1}, \dots, k_{01}^{y3}$ и k_{02}^{y3} — коэффициенты охвата для верхней и нижней доверительных границ полосы неопределенности каждого из 3-х полученных результатов усреднения $\overline{U_{л1}(x_1)}, \overline{U_{л2}(x_2)}$ и $\overline{U_{л3}(x_3)}$; Δ_{c11}^A и $-\Delta_{c21}^A, \Delta_{c12}^A$ и $-\Delta_{c22}^A, \Delta_{c13}^A$ и $-\Delta_{c23}^A$ — стандартные отклонения, вычисленные, например, по типу A , для верхней и нижней доверительных границ,

— для метода избыточных измерений II-го рода, т. е. при условии наличия случайной составляющей погрешности измерения, обусловленной, например, флуктуациями чувствительности и дрейфом нуля ИК.

После получения системы уравнений величин (3) или (4), решают их относительно всех неизвестных.

Вначале выводят уравнение избыточных измерений параметра $S'_{л}$ из разности третьего и первого уравнений величин системы (3) или (4). Для метода избыточных измерений I-го и II-го родов решения получают, соответственно, в виде:

$$S'_{л} = \frac{U_{л2}(x_2) - U_{л1}(x_1)}{\Delta x_0} \quad (5)$$

и

$$S'_{л} = \frac{\overline{U_{л2}(x_2)} - \overline{U_{л1}(x_1)}}{\Delta x_0} + \left\{ \begin{aligned} &+k_{01}^{sn} \Delta_{Sc1}^A, \\ &-k_{02}^{sn} \Delta_{Sc2}^A, \end{aligned} \right. \quad (6)$$

где $\overline{S'_{л}}$ — усредненный по значениям искомой параметр $S'_{л}$ линейной функция преобразования (1); $+k_{01}^{sn} \Delta_{Sc1}^A$ и $-k_{02}^{sn} \Delta_{Sc2}^A$ — границы рассеяния значений параметра $S'_{л}$ в пределах полосы неопределенности; k_{01}^{sn} и k_{02}^{sn} — коэффициенты охвата для верхней и нижней доверительных границ полосы неопределенности

каждого из полученных усредненных результатов; Δ_{Sc1}^A и $-\Delta_{Sc2}^A$ — стандартные отклонения для верхней и нижней доверительных границ линейной составляющей чувствительности ИК, вычисленное, например, по типу A .

Из разницы третьего и второго уравнений величин систем (1.3) и (1.4), соответственно, получим базовые уравнения избыточных измерений (для методов избыточных измерений I-го и II-го родов) в виде:

$$x_i = \frac{U_{л2}(x_2) - U_{л3}(x_3)}{S'_{л}} \quad (7)$$

и

$$\bar{x}_i = \frac{\overline{U_{л2}(x_2)} - \overline{U_{л3}(x_3)}}{S'_{л}}, \quad (8)$$

где \bar{x}_i — усредненная по значениям искомая физическая величина;

Подставляя в (7) и (8) аналитические выражения (5) и (6) соответственно, окончательно получим уравнения избыточных измерений для методов избыточных измерений I-го и II-го родов, соответственно, в виде:

$$x_i = \Delta x_0 \frac{U_{л2}(x_2) - U_{л3}(x_3)}{U_{л2}(x_2) - U_{л1}(x_1)} \quad (9)$$

и

$$\bar{x}_i = \Delta x_0 \frac{\overline{U_{л2}(x_2)} - \overline{U_{л3}(x_3)}}{\overline{U_{л2}(x_2)} - \overline{U_{л1}(x_1)}} + \begin{cases} +k_{o1}^{\bar{x}_i} \Delta_{xc1}^A \\ -k_{o2}^{\bar{x}_i} \Delta_{xc2}^A \end{cases}, \quad (10)$$

где $+k_{o1}^{\bar{x}_i} \Delta_{xc1}^A$ и $-k_{o2}^{\bar{x}_i} \Delta_{xc2}^A$ — границы рассеяния значений искомой физической величины в пределах полосы неопределенности; $k_{o1}^{\bar{x}_i}$ и $k_{o2}^{\bar{x}_i}$ — коэффициенты охвата; Δ_{xc1}^A и Δ_{xc2}^A — стандартные отклонения для верхней и нижней доверительных границ действительных значений искомой физической величины, вычисленные, например, по типу A .

Следует отметить, что уравнение избыточных измерений (9) также необходимо записывать через стандартные отклонения, поскольку воспроизводимые мерой значения опорной ФВ Δx_0 (точнее $\overline{\Delta x_0}$) имеют некоторое рассеяние размеров, описываемое, например, через стандартную неопределенность, стандартную суммарную неопределенность или через расширенную неопределенность. В этой связи, уравнение избыточных измерений (9) можно записать в виде:

$$x_i = \left(\Delta x_0 \pm \Delta_{\Delta x_{oc1}}^A \right) \frac{U_{л2}(x_2) - U_{л3}(x_3)}{U_{л2}(x_2) - U_{л1}(x_1)} = \Delta x_0 \frac{U_{л2}(x_2) - U_{л3}(x_3)}{U_{л2}(x_2) - U_{л1}(x_1)} \pm k_o^{\bar{x}_0} \Delta_{\Delta x_{oc1}}^A, \quad (11)$$

где $\pm \Delta_{\Delta x_{oc1}}^A$ — стандартные симметричные отклонения принятых значений опорной физической величины, вычисленные, например, по типу A ; $\pm k_o^{\bar{x}_0} \Delta_{\Delta x_{oc1}}^A$ — симметричные границы рассеяния принятого значения опорной физической величины (в пределах полосы неопределенности); $k_o^{\bar{x}_0}$ — коэффициент охвата, выбранный равным, например,

$$k_o^{\bar{x}_0} = \frac{U_{л2}(x_1) - U_{л3}(x_3)}{U_{л2}(x_2) - U_{л1}(x_1)}. \quad (12)$$

Для метода избыточных измерений III-го рода уравнение избыточных измерений (11) примет вид (при повторении цикла ИИ II-го рода еще m или n раз):

$$x_i = \Delta x_0 \frac{\overline{U_{л2}(x_2)} - \overline{U_{л3}(x_3)}}{\overline{U_{л2}(x_2)} - \overline{U_{л1}(x_1)}} + \begin{cases} +k_{o1}^{\bar{x}_i} \Delta_{xc1}^A \\ -k_{o2}^{\bar{x}_i} \Delta_{xc2}^A \end{cases}, \quad (13)$$

где $+k_{o1}^{\bar{x}_i} \Delta_{xc1}^A$ и $-k_{o2}^{\bar{x}_i} \Delta_{xc2}^A$ — границы рассеяния значений искомой физической величины в пределах полосы неопределенности; $k_{o1}^{\bar{x}_i}$ и $k_{o2}^{\bar{x}_i}$ — коэффициенты охвата для верхней и нижней доверительных границ полосы неопределенности искомой физической величины; Δ_{xc1}^A и Δ_{xc2}^A — стандартные отклонения для верхней и нижней доверительных границ действительных значений искомой физической величины, вычисленное, например, по типу A .

Смещение функция преобразования определяется согласно уравнений избыточных измерений

$$\Delta U_{л} = (U_{л1}(x_1) + U_{л3}(x_3)) - U_{л2}(x_2) \quad (14)$$

и

$$\overline{\Delta U_{\text{л}}} = (\overline{U_{\text{л1}}(x_1)} + \overline{U_{\text{л3}}(x_3)}) - \overline{U_{\text{л2}}(x_2)}. \quad (15)$$

Определив текущие значения чувствительности ИК за равные интервалы времени $\Delta t_i = t_{i+1} - t_i$, не сложно определить и скорость изменения чувствительности во времени:

$$v_{S_i} = \frac{S'_{\text{л}}(t_{i+1}) - S'_{\text{л}}(t_i)}{\Delta t_i} \quad (16)$$

и

$$\overline{v_{S_i}} = \frac{\overline{S'_{\text{л}}(t_{i+1})} + \left\{ \begin{array}{l} +k_{\text{о1}}^{\overline{S_{\text{л}}}} \Delta_{\text{Sc12}}^A(t_{i+1}) \\ -k_{\text{о2}}^{\overline{S_{\text{л}}}} \Delta_{\text{Sc22}}^A(t_{i+1}) \end{array} \right\} - \overline{S'_{\text{л}}(t_i)} - \left\{ \begin{array}{l} +k_{\text{о1}}^{\overline{S_{\text{л}}}} \Delta_{\text{Sc11}}^A(t_i) \\ -k_{\text{о2}}^{\overline{S_{\text{л}}}} \Delta_{\text{Sc21}}^A(t_i) \end{array} \right\}}{\Delta t_i}, \quad (17)$$

где $\Delta_{\text{Sc11}}^A(t_i)$, $-\Delta_{\text{Sc21}}^A(t_i)$ и $\Delta_{\text{Sc12}}^A(t_{i+1})$, $-\Delta_{\text{Sc22}}^A(t_{i+1})$ — стандартные отклонения для верхней и нижней доверительных границ значений чувствительности ИК, вычисленные, например, по типу A в моменты времени t_i и t_{i+1} соответственно.

По параметрам v_{S_i} и $\overline{v_{S_i}}$ прогнозируется время наступления первого метрологического отказа.

При ИИ II-го рода определение времени наработки до первого метрологического отказа осуществляется согласно уравнению измерений вида

$$T_{\text{до}} = t_{i+1} \left| \begin{array}{l} \text{при } +k_{\text{о1}}^{\overline{S_{\text{л}}}} \Delta_{\text{Sc1}}^A(t_{i+1}) \geq +\Delta_{\text{нд1}S_{\text{л}}} \\ \text{при } -k_{\text{о2}}^{\overline{S_{\text{л}}}} \Delta_{\text{Sc2}}^A(t_{i+1}) \leq -\Delta_{\text{нд2}S_{\text{л}}} \end{array} \right. - t_i \left| \begin{array}{l} \text{при } k_{\text{о1}}^{\overline{S_{\text{л}}}} \Delta_{\text{Sc1}}^A(t_i) < +\Delta_{\text{нд1}S_{\text{л}}} \\ \text{при } -k_{\text{о2}}^{\overline{S_{\text{л}}}} \Delta_{\text{Sc2}}^A(t_i) > -\Delta_{\text{нд2}S_{\text{л}}} \end{array} \right., \quad (18)$$

где $+k_{\text{о1}}^{\overline{S_{\text{л}}}} \Delta_{\text{Sc1}}^A(t_{i+1})$, $-k_{\text{о2}}^{\overline{S_{\text{л}}}} \Delta_{\text{Sc2}}^A(t_{i+1})$ и $+k_{\text{о1}}^{\overline{S_{\text{л}}}} \Delta_{\text{Sc1}}^A(t_i)$ и $-k_{\text{о2}}^{\overline{S_{\text{л}}}} \Delta_{\text{Sc2}}^A(t_i)$ — стандартные отклонения для верхней и нижней доверительных границ чувствительности ИК в моменты времени t_{i+1} и t_i вычисленные, например, по типу A ; $\Delta_{\text{нд1}S_{\text{л}}}$ и $-\Delta_{\text{нд2}S_{\text{л}}}$ — верхняя и нижняя граничные значения полосы неопределенности чувствительности ИК.

Следует отметить, что с течением времени эксплуатации СИИ верхние и нижние границы доверительных интервалов расширяются и устанавливаются все большими и большими.

Из уравнения измерений (18) следует, что время наработки до первого метрологический отказ наступает в момент времени достижения рассеяния чувствительности верхней или нижней граничных значений.

Определение действительных значений искомой ФВ x_i и параметров функция преобразования ИК осуществляется путем обработка результатов трех однократных (для метода избыточных измерений I-го рода) или многократных (для метода избыточных измерений II-го рода) измерительных преобразований или измерений ФВ x_1 , x_2 и x_3 согласно уравнений избыточных измерений (9), (5), (14), (16) и (10), (6), (15), (17) или по соответствующим уравнениям числовых значений:

$$N_x = \{\Delta x_0\} \frac{N_2 - N_3}{N_2 - N_1} \quad (19)$$

и

$$N_{\text{хср}} = \{\Delta x_0\} \frac{N_{\text{ср2}} - N_{\text{ср3}}}{N_{\text{ср2}} - N_{\text{ср1}}} + \left\{ \begin{array}{l} +k_{\text{о1}}^{\overline{S_{\text{л}}}} \Delta_{\text{xc1}}^A \\ -k_{\text{о2}}^{\overline{S_{\text{л}}}} \Delta_{\text{xc2}}^A \end{array} \right\}, \quad (20)$$

$$N_S = \frac{N_2 - N_1}{\{x_0\}} \quad (21)$$

и

$$N_{\text{Scр}} = \frac{N_{2\text{ср}} - N_{1\text{ср}}}{\{\Delta x_0\}} + \left\{ \begin{array}{l} +k_{\text{о1}}^{\overline{S_{\text{л}}}} \Delta_{\text{Sc1}}^A \\ -k_{\text{о2}}^{\overline{S_{\text{л}}}} \Delta_{\text{Sc2}}^A \end{array} \right\}, \quad (22)$$

$$N_{\Delta y} = (N_1 + N_3) - N_2 \quad (23)$$

и

$$N_{\Delta y} = (N_{1\text{ср}} + N_{3\text{ср}}) - N_{2\text{ср}}, \quad (24)$$

$$N_{v_{S_i}} = \frac{N_{S_{\text{л}}}(t_{i+1}) - N_{S_{\text{л}}}(t_i)}{N_{\Delta t_i}} \quad (25)$$

и

$$N_{\text{срвSi}} = \frac{N_{\text{Scp}}(t_{i+1}) + \begin{cases} +k_{o1}^{sn} \Delta_{\text{Sc12}}^A(t_{i+1}) \\ -k_{o2}^{sn} \Delta_{\text{Sc22}}^A(t_{i+1}) \end{cases} - N_{\text{Scp}}(t_i) - \begin{cases} +k_{o1}^{sn} \Delta_{\text{Sc11}}^A(t_i) \\ -k_{o2}^{sn} \Delta_{\text{Sc21}}^A(t_i) \end{cases}}{N_{\Delta ti}}, \quad (26)$$

$$N_{T\text{до}} = \{t_{i+1}\} \begin{cases} \text{при } +k_{o1}^{sn} \Delta_{\text{Sc1}}^A(t_{i+1}) \geq +\Delta_{\text{нд1Sл}} \\ \text{при } -k_{o2}^{sn} \Delta_{\text{Sc2}}^A(t_{i+1}) \geq -\Delta_{\text{нд2Sл}} \end{cases} - \{t_i\} \begin{cases} \text{при } k_{o1}^{sn} \Delta_{\text{Sc1}}^A(t_i) < +\Delta_{\text{нд1Sл}} \\ \text{при } -k_{o2}^{sn} \Delta_{\text{Sc2}}^A(t_i) < -\Delta_{\text{нд2Sл}} \end{cases}, \quad (27)$$

где N_1, N_2 и N_3 – числовые значения результатов однократных измерений ФВ x_1, x_2 и x_3 соответственно; $N_{1\text{ср}}, N_{2\text{ср}}$ и $N_{3\text{ср}}$ – средние значения результатов многократных измерений ФВ x_1, x_2 и x_3 соответственно.

Как видно из уравнений избыточных измерений (9), (10), (13) и уравнений числовых значений (19) и (20), за счет выполнения операций вычитания достигается исключение аддитивной составляющей систематической погрешности результата измерений искомой физической величины, а за счет операции деления – мультипликативной составляющей. Результирующая полоса неопределенности также автоматически уменьшается за счет статистической обработки результатов многократных измерений ФВ x_1, x_2 и x_3 и выполнения указанных математических операций. Метод избыточных измерений обеспечивают достижение системного эффекта повышения точности измерений. Устанавливаемые ограничения – за время измерений указанных физической величины параметры функция преобразования ИК должны быть постоянными.

Из приведенного примера видно, что метод избыточных измерений действительно обеспечивают достижение системы целей и получение знаний об искомой физической величине и о состоянии СИИ.

На рис. 6 приведена обобщенная структурная схема измерительной системы «ОИ – СИИ», реализующего описанный метод избыточных измерений физических величин направленного действия при линейной функции преобразования ИК. Она построена на основе обобщенной структурной схемы СИИ. В данной схеме используются следующие обозначения: СУ – суммирующее устройство; КК – коммутатор каналов; ПИП – первичный измерительный преобразователь (с неуправляемой функцией преобразования); ИП – измерительный преобразователь; ИК – измерительный канал; СП – сигнальный процессор со встроенным аналого-цифровым преобразователем; М – мера; ЖКИ – жидкокристаллический индикатор; ОЗУ – оперативное запоминающее устройство; ОШ – общая шина.

Далее, для простоты, будем говорить о средстве избыточных измерений (СИИ), подразумевая, что с позиции системного подхода оно вместе с ОИ является сложной технической системой.

В приведенной на рис. 7 структурной схеме СИИ используется неуправляемая мера М, воспроизводящая принятое значение опорной ФВ Δx_0 направленного действия. В качестве формирователя ФВ x_2 ($\{x_2\} = \{x_i\} + \{\Delta x_0\}$) используется простейший формирователь физических величин, состоящий из суммирующего устройства СУ и управляемого от сигнального процессора СП коммутатора каналов КК.

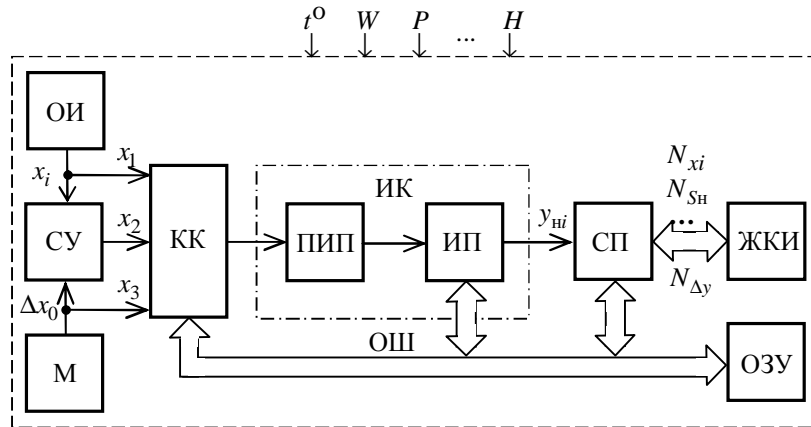


Рис. 7. Структурная схема измерительной системы «ОИ – СИИ»

Последний обеспечивает поочередное воздействие измеряемых физических величин направленного действия на первичный измерительный преобразователь ПИП (сенсор). Конструктивное исполнение коммутатора каналов КК видоизменяется с учетом природы (электрической или механической) измеряемых величин направленного действия (тока, потока, силы, давления и т.д.).

Введение оперативного запоминающего устройства ОЗУ связано с необходимостью запоминания большого массива данных, их обработки и структурирования. Управление коэффициентом усиления измерительного преобразователя ИП осуществляется при решении дополнительных задач метрологического самоконтроля параметров СИИ.

Работа СИИ (рис. 7) осуществляется в соответствии с описанным выше математическими моделями

избыточных измерений I-го, II-го и/или III-го рода. Процесс избыточных измерений осуществляется согласно программы, записанной в запоминающем устройстве сигнального процессора СП, в соответствие с системами линейных уравнений величин (3) или (4).

Выводы

Впервые с позиции теории избыточных измерений дано определение понятию «метрологическая задача».

Предложена новая редакция определения «предмет метрологии», под которым понимается извлечение количественной информации не только о характеристиках и свойствах объектов и процессов с заданным качеством измерений, но и о состоянии средства измерений (измерительной системы).

Показано, что разработка математической модели, структурной или функциональной схемы технического решения средства избыточных измерений при линейной или нелинейной функции преобразования измерительного канала предполагает задание соответствующих исходных данных, требований и условий.

Приведены графические портреты (графики) всевозможных вариантов линейной функций преобразования и многообразие форм записи их аналитических выражений.

Разработана классификация путей и методов решения метрологических задач. Показано, что теоретическая проработка всех этапов решения метрологических задач является залогом успешного создания средств избыточных измерений.

Рассмотрен пример решения метрологической задачи без приписываемой объекту измерений математической модели и для случая измерения физических величин направленного действия при линейной функции преобразования измерительного канала.

Литература

1. РМГ 29-99. Метрология. Термины и определения. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Минск, 2002. – С. 8.
2. Измерительная задача [Электронный ресурс]. – Ресурс доступа : <http://slovari.yandex.ru/~книги/Естественные%20науки/Измерительная%20задача/>
3. Метрологическая задача [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ngpedia.ru/id25218p1.html>
4. Кондратов В.Т. Методы избыточных измерений: основные определения и классификация [Электронный ресурс] / Кондратов В.Т. – Режим доступа : http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Vchnu_tekh/2010_3/47kon.pdf.
5. Предмет и задачи метрологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ks-invest.ru/metrology/gl-3.html>.
6. Кондратов В.Т. Научный прорыв в фундаментальной метрологии / В.Т. Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2011. – № 2. – С. 7–22.

Надійшла 27.6.2012 р.

Статтю представляє: д.т.н. Кондратов В.Т.

УДК 681.325

Т.О. ЗАВЕДЮК, Я.М. НИКОЛАЙЧУК, А.Р. ВОРОНИЧ

Інститут мікропроцесорних систем НАН України

САМОВІДНОВЛЮВАНА СИСТЕМА ПЕРЕДАВАННЯ СИГНАЛІВ МОДЕЛІ БІОНЕЙРОННОГО АКСОНА У БАЗИСІ КРЕСТЕНСОНА

Викладені методологія та теоретичні засади створення математичної теоретико-числової моделі самовідновлюваної системи передавання сигналів моделі біонейронного АКСОНА, які обґрунтовують принципові пояснення існування ефектів самовідновлення інформації за наявності пошкоджень чи відмови окремих нейронів.

The stated methodology and theoretical background to create a mathematical theoretical and numerical models of self-healing system of signal transmission bio-neural fibers that justify the fundamental reasons for having an effect of self-healing information in the presence of damage or failure of individual neurons.

Ключові слова: нейрон, самовідновлення сигналів, базис Крестенсона.

Вступ

Біонейронні системи глибоко досліджуються у всьому світі з позицій біології, нейрокібернетики, теорії сигналів, теорії кодування інформації [1]. При цьому важливою задачею є комп'ютерне моделювання особливостей функціонування біонейронних систем, отримання, перетворення та зберігання ними інформації.

При дослідженні біологічних об'єктів встановлена особливість передавання сигналів в нейронних