

призначення, що розподіляють потоки між клієнтами мережі у цілях підвищення її швидкодії. Таким системам потрібні для роботи спеціально орієнтовані для даних цілей ОС та спеціально розроблені програмні продукти. Більшість проблем з мережами, а саме та, що розглядається, проблема перевантаження мережі, можна вирішити за допомогою використання кластерних систем. Одним із вдалих прикладів кластерних систем загального призначення є продукт компанії «Novell – Cluster Services». Вона представляє собою систему для кластеризації серверів, що забезпечує доступність даних та змогу керування важливими даними на досить високому рівні, включаючи як дані на серверах так і їх сервіси, служби, додатки. Novell – Cluster Services – це багатовузловий кластерний продукт для NetWare 6, підтримуючим eDirectory, режими «перенос при збої» (failover), та «повернення після відновлення» (failback), а також міграцію (балансування навантаження) окремих ресурсів.

Кластерні служби Novell Cluster Services (NCS), що входять до поставки NetWare 6, мають ліцензію на використання двох комп'ютерів у кластері, але існує можливість розширення цієї кількості до 32-х вузлів. NCS забезпечує захист від збоїв та балансування навантаження критичних мережевих ресурсів, включаючи дані, що містяться на сервері, додатків, серверних ліцензій, служб і т.д.

Один кластер NetWare може містити в собі сервери з різноманітним обладнанням. Адміністратори мережі можуть точно вказати, який із серверів кластера візьме на себе функції серверу, що вийшов з ладу, тим самим розподілити визначені додатки та дані по найбільш відповідним серверам в кластері.

Висновок

Актуальність даної теми в наш час очевидна, так як постійне зростання робочих станцій збільшує навантаження на мережу та програмно-апаратні засоби, потрібно створити ефективний механізм для забезпечення стабільної роботи інформаційно-обчислювальних систем та мереж.

Поряд з вже розглянутими методами існує ще декілька «гібридних» методів та маловідомих рішень. При порівняльному аналізі вищеописаних методів, найбільшу увагу заслуговує програмно-апаратний комплекс LocalDirector від компанії Cisco, так як він є своєрідним «гібридом», що забезпечує виконання своїх функцій найефективніше, маючи можливість виконувати роботу як на апаратному так і на програмному рівні.

Література

1. Аллан Леинванд Конфигурирование маршрутизаторов Cisco / Аллан Леинванд, Брюс Пински; [пер. с англ.] – [2-е изд.]: М.: Вильямс, 2001. – 368 с.
2. Моисеев Т.Н., Распределение информационных потоков данных в распределенных многосерверных системах / Моисеев Т.Н. – Воронеж: Научная книга, 2005. – 145 с.
3. Рогачко Е.С. Динамическое распределение нагрузки в сетях массового обслуживания / Рогачко Е.С. – Саратов, 2007. – 102 с.
4. Французов Д. Оценка производительности вычислительных систем. Открытые системы / Французов Д. – М., 1996. – С. 58-66.

Надійшла 23.5.2010 р.

УДК 389: 638.011.54

В.Т. КОНДРАТОВ

Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины

МЕТОДЫ ИЗБЫТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ: ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

У статті викладена сутність методів надлишкових вимірювань, основні визначення і класифікація. Наведено конкретний приклад створення методу надлишкових вимірювань при лінійній функції перетворення вимірювального каналу. Показано, що дійсно вони забезпечують досягнення системи цілей та отримання системи знань про вимірювальну фізичну величину і про стан засобу вимірювань.

In present paper the essence of redundant measurements methods, the basic definitions and classification is stated. The concrete example of creation of redundant measurements methods is resulted at linear function of transformation of the measuring channel. It is shown, that is valid they provide achievement of system of the purposes and reception of system of knowledge of required physical size and about a measuring apparatus condition.

Ключові слова: избыточные измерения, классификация.

Введение

Третье тысячелетие – это тысячелетие новой эры высокоточных измерений, поскольку на основе общенаучной методологии системного подхода и информативной избыточности в 2001 году была создана новая стратегия измерений, инвариантных к воздействиям внешних дестабилизирующих факторов. Данная стратегия гарантирует получение точности измерений, соизмеримой с точностью физических величин (ФВ), воспроизводимых мерой или стандартными образцами, а также высокую метрологическую надежность

измерительных систем (ИС) типа «объект измерений – средство избыточных измерений» («ОИ – СИИ»), реализующих методы избыточных измерений (МИИ).

Новая стратегия измерений описана в виде физической теории избыточных измерений (ТИИ) независимых и зависимых свойств разной физической природы, приращений свойств, зависимостей и характеристик. Главной ее особенностью является измерительное преобразование не одной физической величины (ФВ), а нескольких рядов ФВ искусственно сформированных из искомой и нормированной по значению, размеры которых подчинены определенным закономерностям, с последующим вычислением действительного значения искомой ФВ и параметров уравнения состояния ИС в соответствие с априори выведенными уравнениями избыточных измерений. Такой подход обеспечивает автоматическое исключение систематических составляющих погрешности результата избыточных измерений (ИИ) при нелинейных и нестабильных функциях преобразования (ФП) сенсоров, биосенсоров, измерительных преобразователей (ИП) или измерительного канала (ИК) в целом, при сохранении их высокой чувствительности. Применение многократных измерительных преобразований ФВ и статистической обработки полученных результатов обеспечивает существенное уменьшение неопределенности конечного результата ИИ ФВ и параметров уравнения состояния ИС.

Создание новой, инвариантной к воздействиям внешних дестабилизирующих факторов, стратегии «измерений», а точнее новой стратегии достижения системы целей, связанной с определением действительных значений не только искомой ФВ, но и значений параметров ФП измерительного канала (ИК) и параметров метрологической надежности данной измерительной системы (ИС), обусловило необходимость более глубокого рассмотрения сущности методов избыточных измерений (МИИ).

В настоящей статье описываются основные определения ИИ и методы избыточных измерений (МИИ), проводится классификация этих методов.

Объект и предмет исследований

Объектом исследований являются процессы избыточных измерений величин разной физической природы.

Предметом исследований является анализ сущности МИИ, их классификация по заданным признакам и пример разработки.

Постановка задачи (цель статьи)

Целью настоящей статьи является ознакомление ученых и специалистов в области метрологии и измерительной техники с сущностью и многообразием МИИ величин разной физической природы.

Полученные результаты

Новая стратегия измерений предусматривает использование методов прямых измерений рядов ФВ при решении задач ИИ, хотя основное преимущество принадлежит методам измерительных преобразований этих величин. В порядке напоминания, на рис. 1 приведена классификация методов прямых измерений.

В основу классификации положены следующие существенные признаки: наличие и направленность масштабирования измеряемых ФВ, способ сравнения ФВ, используемые свойства мер и памяти, вид и методы прямых измерений. Данная классификация описывает все многообразие методов прямых измерений.

Избыточные измерения и методы избыточных измерений

Избыточные измерения – это новое фундаментальное направление измерений, имеющее свои особенности по получению и обработке дополнительной информации об искомой ФВ и о состоянии ИС «объект измерений – средство избыточных измерений» («ОИ – СИИ»), отличающееся избыточным числом преобразуемых или измеряемых ФВ с априори установленными закономерными связями между ними и законами получения искомого свойства и параметров уравнения состояния ИС.

В работе [1] дан ряд определений ИИ ФВ с позиции системного подхода. Однако в них не был сделан акцент на первоначальную операцию формирования (воспроизведения или выбора) рядов ФВ заданной структуры с составляющими ее свойствами, внутренними связями и соотношениями. Эта операция является весьма существенной и отличает ИИ от прямых. С учетом данного замечания запишем еще одно определение ИИ:

Определение избыточным измерениям (системное, обобщенное)

ИИ ФВ, параметров уравнения состояния ИС «ОИ – СИИ» и параметров ее метрологической надежности¹ – это конечная совокупность операций формирования² из искомой и образцовых³ ФВ нескольких рядов однородных или однородных и сопряженных ФВ заданной структуры с определенными составляющими ее свойствами, внутренними связями и соотношениями, операций восприятия, линейного или нелинейного измерительного преобразования сформированных ФВ, нахождения соотношения (в явном или неявном виде) между размерами искомой и образцовой ФВ, искомыми параметрами и образцовой ФВ с последующим определением действительного значения искомой ФВ и/или функционально измененного ее значения, действительных значений параметров уравнения состояния ИС и параметров метрологической надежности ИС в соответствие с уравнениями избыточных измерений.

¹ в частности, времени наработки до метрологического отказа

² воспроизведения или выбора

³ одной или нескольких ФВ заданных размеров

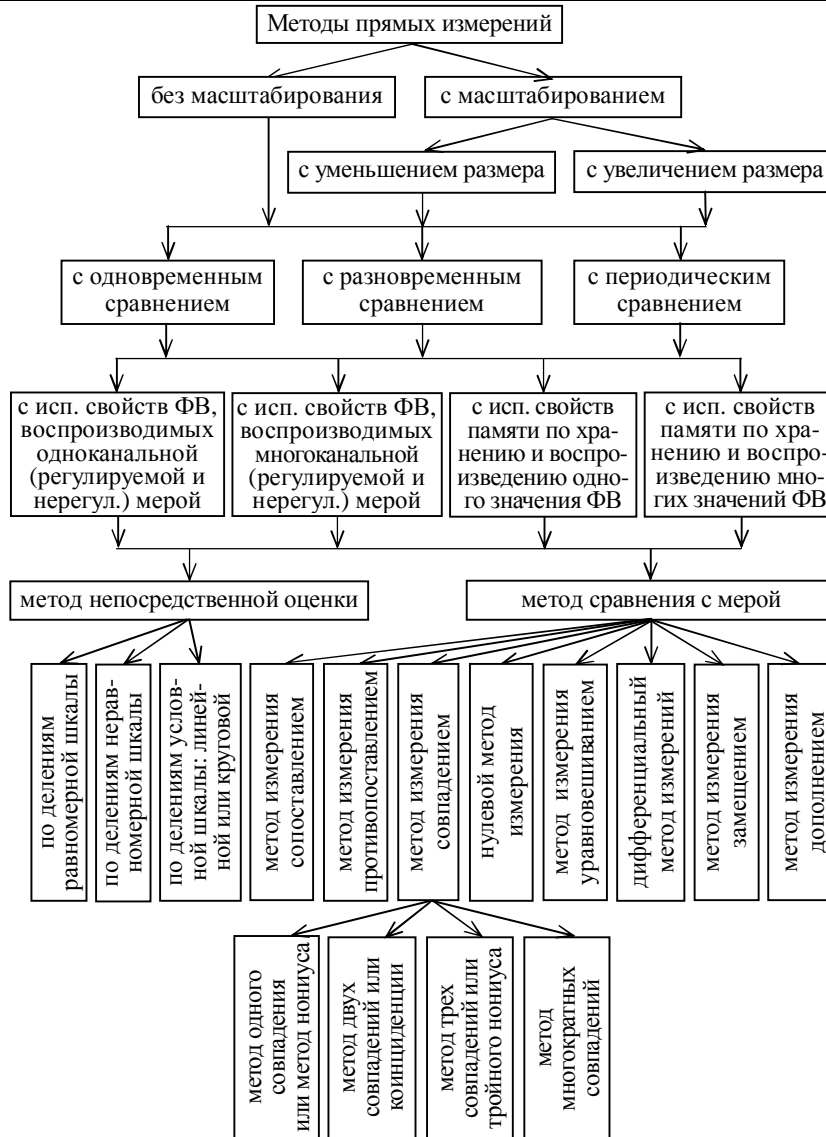


Рис. 1. Классификация прямых методов измерений

Определение метода избыточных измерений (базовое)

Метод избыточных измерений – это совокупность приемов использования физических эффектов и явлений, принципов и особенностей воспроизведения, формирования и измерительного преобразования рядов ФВ при неизменном или нормировано измененном значении параметров ФП первичного измерительного преобразователя, а также способов вычислительной обработки результатов измерительного преобразования рядов ФВ, направленные на достижение системы целей и получение системного эффекта при приписанной или не приписанной ОИ математической модели.

В основу ИИ положено использование реакции ИС «ОИ – СИИ» на закономерные, инвариантные дискретные воздействия на ее вход нескольких рядов ФВ, одна из которых искомая, и использование полученных данных для определения как искомой ФВ, так и параметров уравнения состояния ИС, ее метрологических характеристиках (МХ) и характеристиках метрологической надежности (МН).

Стратегия избыточных измерений предполагает следующее дуальное развитие МИИ: а) по пути непосредственного использования известных методов (и средств) прямых измерений сформированных рядов ФВ, – на начальном этапе познания сущности МИИ и освоения новой стратегии измерений и б) по пути использования только методов измерительного преобразования рядов ФВ, – после усвоения сущности новой стратегии измерений.

В первом случае МИИ можно рассматриваются как совокупность прямых измерений нескольких рядов измеряемых ФВ, размеры которых взаимосвязаны между собой по определенным правилам с последующей обработкой результатов промежуточных измерений по априори выведенному уравнению избыточных измерений.

Во втором случае вместо измерения рядов ФВ осуществляется их измерительное преобразование: а) при неизменном значении параметров ФП сенсора или ИП; б) при дискретно измененном на заданное нормированное значение параметре (одном или нескольких) ФП сенсора (реже ИП).

Приведем соответствующие частные определения МИИ:

Определение 1 (при измерениях рядов ФВ)

МИИ – методы измерений ФВ без или с приписанной ОИ математической моделью, – это конечная совокупность операций воспроизведения и формирования, на базе искомой и образцовых ФВ, рядов однородных ФВ, размеры которых связаны между собой по законам арифметической и/или геометрической прогрессий, или по иным закономерностям, операций одно- или многократных измерений рядов сформированных ФВ, при известном виде ФП* ИК, операции сравнения** с образцовой ФВ и обработки полученных данных в соответствие с априори полученными уравнениями избыточных измерений, заданными условиями, ограничениями, используемыми физическими эффектами и явлениями, направленная на достижение системы целей и получение системного эффекта.

Определение 2 (при измерительных преобразованиях рядов ФВ)

МИИ – методы измерений ФВ без или с приписанной ОИ математической моделью, – это конечная совокупность операций воспроизведения и формирования, на базе искомой и образцовых ФВ, рядов однородных и сопряженных ФВ, размеры которых связаны между собой по законам арифметической и/или геометрической прогрессий, или по иным законам, операций одно- или многократного измерительного восприятия и преобразования полученных рядов ФВ при известном виде ФП¹ ИК, преимущественно в коды чисел, операции сравнения² с образцовой ФВ в соответствие с априори полученными уравнениями избыточных измерений, заданными условиями, ограничениями, используемыми физическими эффектами и явлениями, направленная на достижение системы целей и получение системного эффекта.

МИИ обеспечивают определение действительного значения искомой или функционально преобразованной по значению ФВ, параметров ФП ИК или ИС «ОИ – СИИ» в целом, ее МХ и характеристик или параметров МН. МИИ дают нам возможность получать новые знания об искомой ФВ и об ИС.

В МИИ используется последовательное, параллельное, последовательно-параллельное, параллельно-последовательное однократное или многократное восприятие и линейное и/или нелинейное измерительные преобразования рядов ФВ [2, 3].

Следует отметить, что уравнение избыточных измерений (одно или несколько), аналитически описывающее результат решения систем (ы) нелинейных уравнений величин, представляет собой общую (виртуальную) ФП ИС. Для её получения используются алгоритмические (АЛ-методы) и функционально-алгоритмические (ФАЛ-методы) методы системной линеаризации (или деформации). Подробно они описаны в работах [2-11].

Приведем еще два более лаконичных и одно расширенное определение МИИ.

Определение 3 (при измерениях рядов ФВ)

МИИ – совокупность операций воспроизведения, формирования и одно- или многократного измерения нескольких рядов однородных ФВ, содержащих искомую и образцовые ФВ, размеры каждого из которых составляют арифметическую и/или геометрическую прогрессии, операций обработки и сравнения результатов промежуточных измерений со значением образцовой ФВ в соответствие с априори полученными уравнениями избыточных измерений, направленная на достижение системы целей и получение системного эффекта.

Определение 4 (при измерительных преобразованиях рядов ФВ)

МИИ – совокупность операций воспроизведения, формирования, измерительного восприятия и одно- или многократного преобразования³ нескольких рядов однородных и сопряженных ФВ, содержащих искомую и образцовые ФВ, размеры каждого из которых составляют арифметическую и/или геометрическую прогрессии, при неизменных и/или дискретно измененных на нормированные значения параметрах ФП сенсора (реже вторичного измерительного преобразователя), операций обработки и сравнения с образцовой ФВ в соответствие с априори составленными уравнениями избыточных измерений и представления результатов сравнения в виде, удобном для дальнейшего отображения, хранения, преобразования и передачи на расстояние.

Определение 5 (расширенное)

МИИ – методы, основанные на выводе виртуальной ФП ИС «ОИ – СИИ» (с известным видом НФП ИК и с не приписываемой или приписываемой ОИ математической моделью) на основе алгоритмических (АЛ-) или функционально-алгоритмических (ФАЛ-) методов системной линеаризации (или деформации) общей (виртуальной) ФП ИС, на воспроизведении нормированной по значению ФВ и формировании, совместно с искомой, рядов однородных ФВ или рядов однородных и сопряженных ФВ, размеры которых связаны между собой по законам арифметической и/или геометрической прогрессий, или иными закономерностями, на однократных и/или многократных пространственно-временных измерительных преобразованиях (или измерениях) рядов сформированных ФВ преимущественно в коды соответствующих чисел, на операциях физического или виртуального сравнения предварительно обработанных результатов со значением образцовой ФВ в соответствие с априори полученными уравнениями избыточных измерений, условиями, ограничениями, используемыми эффектами и явлениями, направленные на достижение системы целей и получение новых знаний об искомом свойстве, о параметрах уравнения состояния ИС «ОИ – СИИ», ее МХ и характеристиках или параметрах МН данной системы (или СИИ в частности).

¹ в общем случае – НФП

² физического или виртуального

³ при заданном виде модельной НФП ИК

Процесс разработки МИИ включает в себя:

- 1) анализ ОИ и определение наличия или отсутствия приписываемой ему ММ;
- 2) выбор физического принципа измерений (на основе электрических эффектов и явлений, оптических эффектов и явлений, акустических и т.д.);
- 3) теоретически обоснованное составление (на базе функции преобразования ИК известного вида) математических моделей измерительной системы «ОИ – СИИ» в виде систем когерентных нелинейных (реже линейных) уравнений величин, характеризующих состояние измерительной системы, и их решение;
- 4) дополнительный выбор конечной совокупности однородных образцовых ФВ, воспроизводимых мерой или стандартными образцами с заданной точностью;
- 5) принятие решения об использовании сопряженных (одной или нескольких) ФВ, в случае невозможности физического воспроизведения той или иной измеряемой ФВ;
- 6) выбор способа формирования рядов физически реализуемых измеряемых ФВ (от двух-трех и до 5 (8-10) и более), включающих образцовые ФВ и, в явном или неявном виде, искомую ФВ, с целью достижения заданной закономерной взаимосвязи размеров сформированных рядов ФВ;
- 7) выбор способа формирования ФВ, сопряженной с одной из ряда измеряемых, но физически не реализуемых ФВ;
- 8) конечную совокупность определенных действий, условий, ограничений и операций измерительного восприятия и преобразования ФВ, выполняемых в заданной последовательности во времени и в пространстве;
- 9) измерительное преобразование ФВ при неизменных и/или дискретно измененных на нормированные значения параметрах ФП сенсора (реже ИП);
- 10) определение действительного значения искомой ФВ и параметров НФП ИК согласно уравнениям избыточных измерений;
- 11) определение показателей метрологической надежности СИИ.
- 12) запоминания полученных данных для их последующей структуризации и получения новых знаний.

Методы избыточных измерений – это интеллектуальные методы измерений

Интеллектуальность МИИ состоит в том, что они:

- во-первых, только за счет обработки обеспечивают точность измерения того же порядка, что и точность воспроизведения образцовой ФВ мерой или стандартным образцом;
- во-вторых, инвариантны к воздействиям внешних дестабилизирующих факторов. МИИ учитывают изменения параметров НФП ИК во времени и инвариантны к ним. Благодаря этому свойству (эффекту) при обработке результатов промежуточных преобразований или измерений рядов однородных ФВ обеспечивается исключение дополнительной погрешности результата измерений;
- в-третьих, обеспечивают получение новых знаний о текущем состоянии измерительной системы в дискретные моменты времени;
- в-четвертых, дают возможность «отслеживать» изменения чувствительности ИК, как важнейшей МХ, во времени;
- в-пятых, дают возможность по результатам измерений ФВ и чувствительности ИК прогнозировать метрологическую надежность СИИ;
- в-шестых, обеспечивают метрологическую сверхнадежность измерительной системы, реализующей МИИ, соизмеримую, по значению, с функциональной надежностью.

Классификация методов избыточных измерений

Классификацию МИИ можно проводить по различным классификационным признакам. Нами используются следующие: измеряемые свойства, тип информативной избыточности, наличие приписываемой ОИ ММ, способ системной линеаризации (деформации), вид используемых рядов ФВ, тип или характер закономерной связи между размерами ФВ каждого ряда, основная операция, кратность однотипных измерительных преобразований или измерений,

вид ФП ИК, изменяемый параметр, род измерений, решаемая метрологическая задача.

На рис. 2 приведена классификация МИИ ФВ по перечисленным признакам. Согласно приведенной классификации, по признаку «измеряемые свойства», выделяют пять направлений развития МИИ: МИИ независимых и зависимых свойств, приращений свойств, зависимостей свойств и характеристик на каждом из четырех уровней познания свойств: уровнях наномира, микромира, макромира и мегамира.

Природа свойств такова, что в ряде случаев она сопровождается естественной избыточностью. Это особенно характерно для периодических процессов разной физической природы. В этой связи, по признаку «тип информативной избыточности», МИИ делятся на методы с использованием естественной информативной избыточности, искусственной информативной избыточности и с использованием информативной избыточности комбинированного типа.

Существование двух категорий ОИ обусловили выделение такого классификационного признака, как «наличие приписываемой ОИ ММ». По данному признаку различают МИИ без приписываемой ОИ ММ и с приписываемой ОИ математической модели (ММ).

Следующий признак «используемый способ системной линеаризации (деформации)» насколько нетрадиционный и обусловлен, с одной стороны, – обычным способом решения систем когерентных нелинейных уравнений величин [3, 4], описывающих состояние ИС в дискретные моменты времени, и

обеспечивающим получение действительного значения искомой ФВ, ее функционально измененного значения или параметра уравнения состояния ИС (т.е. результатов избыточных измерений), а с другой, – способом решения систем нелинейных уравнений величин с использованием уравнений замены величин [5-11].

До данному признаку различают МИИ, основанные на алгоритмических (АЛ-) методах системной линеаризации или деформации виртуальной ФП СИИ, и МИИ, основанные на функционально-алгоритмических (ФАЛ-) методах системной линеаризации или деформации виртуальной ФП СИИ (рис. 2). Подробно данные методы и способы решения систем когерентных нелинейных уравнений величин будут опубликованы в последующих статьях.

При НФП ИК системная линеаризация или деформация виртуальной ФП СИИ возможна только в случаях измерения конечного числа рядов ФВ (обычно по три ФВ в ряде), размеры которых определенным образом подобраны, воспроизведены или получены с помощью технических средств.

В этой связи, по признаку «вид используемых рядов ФВ», выделяются МИИ с использованием рядов ФВ, размеры которых составляют: арифметические прогрессии; геометрические прогрессии; прогрессии комбинированного типа, т.е. используют ряды ФВ, размеры которых составляют арифметическую и геометрическую прогрессию, а также МИИ рядов ФВ, размеры которых составляют иные закономерности.

Новая стратегия измерений допускает использование методов прямых измерений рядов ФВ. Она не противоречит принципу преемственности знаний и рассматривает использование прямых измерений как некоторую необходимость. С другой стороны, реализация МИИ наиболее эффективна при использовании только измерительного преобразования рядов ФВ, как основной операции ИИ, т.е. степенью достаточности процесса ИИ является измерительное преобразование ФВ. В связи с изложенным, различают МИИ, в основу которых положено измерительное преобразование рядов ФВ или их измерение.

Огромное значение на весь процесс получения новых знаний оказывает вид используемой ФП ИК. Он него зависит сложность вывода в явном или в неявном виде уравнений избыточных измерений и, как следствие, возможность решения поставленной метрологической задачи. Поэтому следует различать МИИ при линейной ФП ИК; при НФП ИК, содержащей линейную составляющую, а также при НФП ИК, не содержащей линейную составляющую (рис. 2). Используемые походы будут описаны в последующих статьях.

Особенностью процесса ИИ является сложность формирование рядов сопряженных и когерентных величин той или иной физической природы, например, тепловой. Для упрощения этой задачи в ИИ используют дискретное изменение параметра сенсора, линии связи или ОИ. Чаще всего используется параметр $S_{л}$ (чувствительность или крутизна преобразования) при линейной составляющей ФП сенсора.

Действительно, установка нового значения данного параметра, например, $S'_{л} = k_{л} S_{л}$ или $S'_{л} = S_{л}(\gamma_{л}^0 + \gamma_{л})$, где $k_{л}$ – коэффициент линеаризации (целое или дробное число), $\gamma_{л} = \Delta S_{л} / S_{л}$ – относительное нормированное изменение параметра $S_{л}$, а $k_{л} = \gamma_{л}^0 + \gamma_{л}$, отличающегося от $S_{л}$ в $k_{л}$ раз, эквивалентно измерению размера ФВ во столько же раз. В результате существенно повышается быстродействие процесса восприятия сенсором ФВ нормировано измененной по размеру. В ряде случаев имеется возможность нормировано изменять размер искомой ФВ путем нормированного воздействия на ОИ. Такие приемы облегчают решение задач ИИ ФВ. В этой связи различают МИИ без нормированного изменения значения того или иного параметра ФП сенсора, линии связи или ОИ, и МИИ с нормированным дискретным изменением значения соответствующего параметра сенсора, линии связи или ОИ (рис. 2).

Для решения задач автоматического исключения систематических и/или случайных составляющих погрешности результата измерений были разработаны МИИ I-го, II-го и III-го родов [12, 13]. МИИ I-го рода – это методы, использующие в каждом из n тактов однократное измерительное преобразование (или измерение) ФВ при условии наличия систематической и инфранизкочастотной (весьма медленно изменяющейся во времени) случайной составляющей, но при пренебрежительно малом значении высокочастотной составляющей погрешности измерительного преобразования (и ли измерения) ФВ.

МИИ II-го рода – это методы, использующие в каждом из n тактов многократное (m_1 раз) измерительное преобразование (или измерение) ФВ при наличии как систематической, так и случайной составляющих погрешности измерительного преобразования (или измерения) ФВ. Ограничение состоит в том, что случайная составляющая погрешности должна представлять собой стационарный эргодический процесс.

МИИ III-го рода – это методы избыточных измерений II-го рода, повторяемые m_2 раза и используемые при наличии как систематической, так и нестационарной по характеру случайной составляющей погрешности измерительного преобразования (или измерения) ФВ. Число m_2 повторяемых циклов избыточных измерений зависит от характера или закона изменения во времени математического ожидания нестационарной по характеру случайной составляющей погрешности.

В связи с вышеизложенным, нами выделен такой существенный классификационный признак, как «род измерений». По данному признаку все МИИ делятся на МИИ I-го, II-го и III-го родов.

И, наконец, по решаемой метрологической задаче различают: МИИ искомой или функционально преобразованной ФВ; МИИ параметров уравнения состояния ИС «ОИ – СИИ»; МИИ метрологических характеристик ИС; МИИ параметров метрологической надежности ИС и другие.

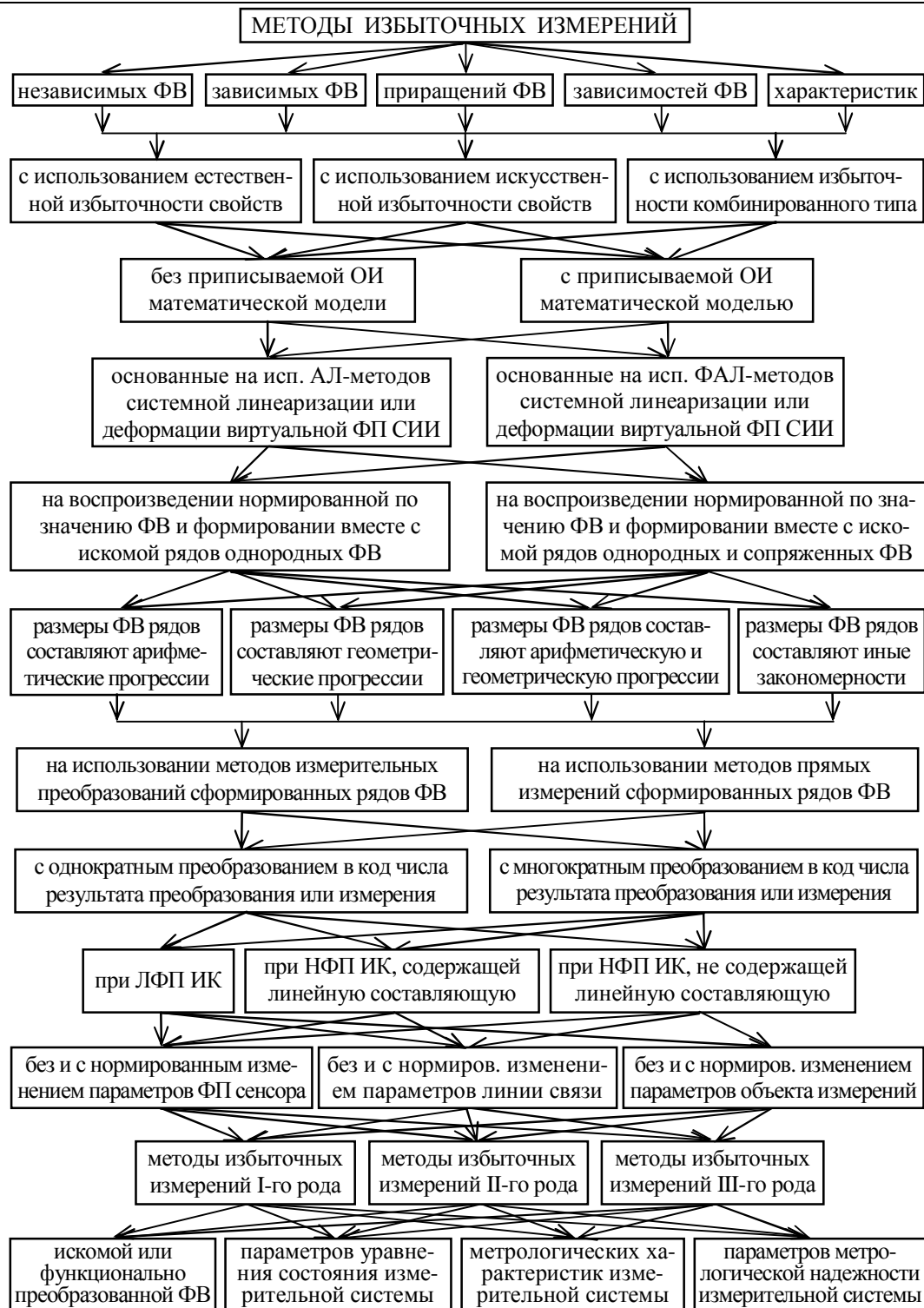


Рис. 2. Классификация методов избыточных измерений

Конечно, можно было бы выделить и такие классификационные признаки, как наличие операций усреднения и фильтрации, способы усреднения и фильтрации результатов промежуточных измерений, используемые виды синхронизации и другие (см. например, [10]). Это привело бы к перенасыщению классификации.

Таким образом, приведенная классификация обогащает наши знания новыми методами избыточных измерений величин разной физической природы.

МИИ свойственны следующие отличительные особенности [12].

Во-первых, в основу МИИ положена общенаучная методология системного подхода и информативной избыточности, рассматривающая ОИ и СИИ как сложную ИС «ОИ – СИИ»;

Во-вторых, состояние ИС «ОИ – СИИ» описывается системой уравнений состояний ИС в определенные дискретные моменты времени. Без нее невозможно создание МИИ. В общем случае уравнения состояния представляют собой нелинейные ФП известного вида с неизвестными значениями

параметров.

В-третьих, для реализации МИИ необходим подбор системы физически реализуемых рядов ФВ, в число которых входят искомая и образцовые ФВ. По размерам все ФВ каждого ряда должны быть связаны между собой определенной закономерностью.

В-четвертых, МИИ обеспечивают получение действительного значения ФВ x_i , приведенного к входу ИК СИИ.

В-пятых, МИИ обеспечивают не только определение действительного значения искомой ФВ, но и параметров ИС «ОИ – СИИ», а также значение времени наработки до метрологического отказа и, при известной прогнозной функции распределения нормируемых погрешностей, на метрологический отказ.

В-шестых, погрешность результата ИИ линейно зависит от погрешности воспроизведения образцовых ФВ (например, нулевого размера, единичного размера, других наперед заданных размеров) мерой или стандартными образцами свойств и состава веществ и материалов.

В-седьмых, МИИ обеспечивают высокоточные измерения ФВ с использованием ИК как с линейной, так и с нелинейной ФП. Наибольший интерес, конечно, представляет использование высокочувствительных сенсоров и биосенсоров с нелинейной ФП, обеспечивающие высокую чувствительность ИК СИИ.

В-восьмых, МИИ обеспечивают не только линейное, но и нелинейное измерительное преобразование ФВ. При нелинейной ФП ИК, описываемой, например, многочленом третьей степени, данные методы обеспечивают высокоточное определение не только действительного значения $\{x_i\}$ искомой ФВ x_i , но и значений $\{x_i\}^2$ и/или $\{x_i\}^3$, причем без использования арифметических операций возведения в квадрат и/или куб. При других видах ФП ИК возможно получение иных функционально измененных значений измеряемой ФВ.

В-девятых, МИИ разрабатываются на основе АЛ- и ФАЛ-методов системной линеаризации общей ФП ИС «ОИ – СИИ». Их многообразие определяется видом нелинейной ФП, выбранной системной измеряемых ФВ и методами решения систем нелинейных уравнений величин. Со многими из разработанных МИИ можно ознакомиться на сайте Европейского патентного офиса [16].

В-десятых, в ТИИ выделены МИИ I-го, II-го и III-го родов. МИИ I-го рода обеспечивают автоматическое исключение систематических составляющих погрешности результата ИИ, МИИ II-го рода – систематических и случайных составляющих, последние из которых представляют собой стационарный эргодический процесс, а МИИ III-го рода – систематических и случайных составляющих, которые представляют собой нестационарный и неэргодический процесс (с ненулевым математическим ожиданием).

В-одиннадцатых, автоматическое исключение погрешностей осуществляется в процессе обработки результатов промежуточных измерений конечного числа (от 3-х до 8 (10)-ти) однородных или однородных и сопряженных ФВ согласно априори выведенным уравнениям ИИ или уравнениям числовых значений.

В-двенадцатых, эффективность МИИ по сравнению с методами прямых измерений составляет 1-3 порядка при условии идентичности параметров НФП сравниваемых методов.

В заключение приведем конкретный пример решения метрологической задачи измерения некоторой ФВ x_i МИИ при линейной ФП ИК вида $y_l = S_l x_i + \Delta y_l$, где x_i – входная величина ИК; y_l – выходная величина ИК; S_l – крутизна преобразования или чувствительность ИК; Δy_l – смещение ФП.

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

$$y'_l = S'_l (1 + \gamma_l) x_i + \Delta y_l + \Delta_{ад} = S_l x_i + \Delta y_l + (\Delta_{мп} + \Delta_{ад}) = S'_l x_i + \Delta y'_l, \quad (1)$$

где y'_l – выходная величина ИК; $\gamma_l = \Delta S_l / S_l$ – относительное изменение крутизны преобразования (чувствительности) ИК; $\Delta_{мп} = \Delta S_l x_i$ – мультипликативная составляющая систематической погрешности измерительного преобразования (или измерения) ФВ x_i ; $\Delta_{ад}$ – аддитивная составляющая систематической погрешности. Знаки составляющих систематической погрешности могут быть любые.

Разработка МИИ при линейной ФП (1) ИК состоит в следующем. Поскольку идеальная ФП ИК состоит из трех неизвестных (– ФВ x_i и параметров S_l и Δy_l ФП ИК), то для получения дополнительной информации и определения их значений достаточно использовать три однородных ФВ x_1, x_2 и x_3 , образующие два арифметических ряда ФВ – x_1 и x_2 , x_2 и x_3 (по два члена в ряду) с размерами:

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

Следовательно, данные МИИ предполагает выполнение трех тактов измерительного преобразования или измерения: искомой ФВ x_i , ФВ x_2 , отличающейся от ФВ x_i на приращение x_0 и образцовой ФВ x_0 , воспроизводимой мерой. При этом первый результат даст оценку искомой ФВ, по которой, в принципе, может быть выбран диапазон измерений или установлено близкое к ФВ x_i значение

образцовой ФВ x_0 , – с целью обеспечения равной точности измерительных преобразований или измерений ФВ.

При создании МИИ весьма важным является обеспечение физической реализации выбранных рядов ФВ, т.е. способа формирования и воспроизведения ФВ с установленными размерами (2).

Затем составляют и записывают системы линейных уравнений величин, описывающие состояние ИС:

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

– для МИИ I-го рода, т. е. при условии отсутствия случайной составляющей погрешности измерения, или в виде

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

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

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

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

и

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

где $\overline{S'_{л}}$ – усредненный по значениям искомый параметр $S'_{л}$ линейной ФП (1); $+k_{01}^{S_{л}} \Delta_{Sc1}^A$ и $-k_{02}^{S_{л}} \Delta_{Sc2}^A$ – границы рассеяния значений параметра $S'_{л}$ в пределах полосы неопределенности; $k_{01}^{S_{л}}$ и $k_{02}^{S_{л}}$ – 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 (3) и (4), соответственно, получим (для МИИ I-го и II-го родов):

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

и

$$\overline{x_i} = \frac{\overline{y_{л2}(x_2)} - \overline{y_{л3}(x_3)}}{\overline{S'_{л}}}, \quad (8)$$

где $\overline{x_i}$ – усредненная по значениям искомая ФВ;

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

$$x_i = x_0 \frac{y_{л2}(x) - y_{л3}(x)}{y_{л2}(x) - y_{л1}(x)} \quad (9)$$

и

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

где $+k_{o1}^{\bar{x}_i} \Delta_{xc1}^A$ и $-k_{o2}^{\bar{x}_i} \Delta_{xc2}^A$ – границы рассеяния значений искомой ФВ (образцовой ФВ) 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 ФВ; Δ_{xc1}^A и Δ_{xc2}^A – стандартные отклонения для верхней и нижней доверительных границ действительных значений искомой ФВ, вычисленные, например, по типу A .

Следует отметить, что уравнение избыточных измерений (9) также необходимо записывать через стандартные отклонения, поскольку воспроизводимые мерой значения образцовой ФВ x_0 (точнее \bar{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) может принять, например, вид:

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

где $\pm \Delta_{x_{oc1}}^A$ – стандартные симметричные отклонения действительных значений образцовой ФВ вычисленные, например, по типу A ; $\pm k_o^{\bar{x}_0} \Delta_{x_{oc1}}^A$ – симметричные границы рассеяния значений образцовой ФВ (в пределах полосы неопределенности); $k_o^{\bar{x}_0}$ – коэффициент охвата, выбранный равным, например,

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

Для МИИ III-го рода уравнение избыточных измерений (10) примет вид (при повторении цикла ИИ II-го рода еще m или n раз):

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

где $+k_{o1}^{\bar{x}_i} \Delta_{xc1}^A$ и $-k_{o2}^{\bar{x}_i} \Delta_{xc2}^A$ – границы рассеяния значений искомой ФВ 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 ФВ; Δ_{xc1}^A и Δ_{xc2}^A – стандартные отклонения для верхней и нижней доверительных границ действительных значений искомой ФВ, вычисленное, например, по типу A .

Смещение ФП определяется согласно уравнений избыточных измерений

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

и

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

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:

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

и

$$\overline{v_{S_i}} = \frac{\overline{S'_{л}(t_{i+1})} + \begin{cases} +k_{o1}^{\bar{S}_i} \Delta_{Sc12}^A(t_{i+1}) \\ -k_{o2}^{\bar{S}_i} \Delta_{Sc22}^A(t_{i+1}) \end{cases} - \overline{S'_{л}(t_i)} - \begin{cases} +k_{o1}^{\bar{S}_i} \Delta_{Sc11}^A(t_i) \\ -k_{o2}^{\bar{S}_i} \Delta_{Sc21}^A(t_i) \end{cases}}{\Delta t_i}, \quad (17)$$

где $\Delta_{Sc11}^A(t_i)$, $-\Delta_{Sc21}^A(t_i)$ и $\Delta_{Sc12}^A(t_{i+1})$, $-\Delta_{Sc22}^A(t_{i+1})$ – 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

$$T_{до} = t_{i+1} \left| \begin{array}{l} \text{при } +k_{o1}^{sн} \Delta_{Sc1}^A(t_{i+1}) \geq +\Delta_{нд1Sл} \\ \text{при } -k_{o2}^{sн} \Delta_{Sc2}^A(t_{i+1}) \leq -\Delta_{нд2Sл} \end{array} \right. - t_i \left| \begin{array}{l} \text{при } k_{o1}^{sн} \Delta_{Sc1}^A(t_i) < +\Delta_{нд1Sл} \\ \text{при } -k_{o2}^{sн} \Delta_{Sc2}^A(t_i) > -\Delta_{нд2Sл} \end{array} \right. , \quad (18)$$

где $+k_{o1}^{sн} \Delta_{Sc1}^A(t_{i+1})$, $-k_{o2}^{sн} \Delta_{Sc2}^A(t_{i+1})$ и $+k_{o1}^{sн} \Delta_{Sc1}^A(t_i)$ и $-k_{o2}^{sн} \Delta_{Sc2}^A(t_i)$ – стандартные отклонения для верхней и нижней доверительных границ чувствительности ИК в моменты времени t_{i+1} и t_i вычисленные, например, по типу А;

$\Delta_{нд1Sл}$ и $-\Delta_{нд2Sл}$ – 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 ФП ИК осуществляется путем обработка результатов трех однократных (для МИИ I-го рода) или многократных (для МИИ II-го рода) измерительных преобразований или измерений ФВ x_1 , x_2 и x_3 согласно уравнений ИИ (9), (5), (14), (16) и (10), (6), (15), (17) или по соответствующим уравнениям числовых значений:

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

и

$$N_{xcp} = \{x_0\} \frac{N_{cp2} - N_{cp3}}{N_{cp2} - N_{cp1}} + \left\{ \begin{array}{l} +k_{o1}^{xi} \Delta_{xc1}^A \\ -k_{o2}^{xi} \Delta_{xc2}^A \end{array} \right. , \quad (20)$$

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

и

$$N_{Scp} = \frac{N_{2cp} - N_{1cp}}{\{x_0\}} + \left\{ \begin{array}{l} +k_{o1}^{sн} \Delta_{Sc1}^A \\ -k_{o2}^{sн} \Delta_{Sc2}^A \end{array} \right. , \quad (22)$$

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

и

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

$$N_{vSi} = \frac{N_{Sл}(t_{i+1}) - N_{Sл}(t_i)}{N_{\Delta ti}} \quad (25)$$

и

$$N_{cpvSi} = \frac{N_{Scp}(t_{i+1}) + \left\{ \begin{array}{l} +k_{o1}^{sн} \Delta_{Sc12}^A(t_{i+1}) \\ -k_{o2}^{sн} \Delta_{Sc22}^A(t_{i+1}) \end{array} \right. - N_{Scp}(t_i) - \left\{ \begin{array}{l} +k_{o1}^{sн} \Delta_{Sc11}^A(t_i) \\ -k_{o2}^{sн} \Delta_{Sc21}^A(t_i) \end{array} \right.}{N_{\Delta ti}} , \quad (26)$$

$$N_{Tдо} = \{t_{i+1}\} \left| \begin{array}{l} \text{при } +k_{o1}^{sн} \Delta_{Sc1}^A(t_{i+1}) \geq +\Delta_{нд1Sл} \\ \text{при } -k_{o2}^{sн} \Delta_{Sc2}^A(t_{i+1}) \geq -\Delta_{нд2Sл} \end{array} \right. - \{t_i\} \left| \begin{array}{l} \text{при } k_{o1}^{sн} \Delta_{Sc1}^A(t_i) < +\Delta_{нд1Sл} \\ \text{при } -k_{o2}^{sн} \Delta_{Sc2}^A(t_i) < -\Delta_{нд2Sл} \end{array} \right. , \quad (27)$$

где N_1, N_2 и N_3 – числовые значения результатов однократных измерений ФВ x_1 , x_2 и x_3 соответственно; N_{1cp}, N_{2cp} и N_{3cp} – 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 ФВ, 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. МИИ обеспечивают достижение системного эффекта повышения точности измерений. Устанавливаемые ограничения – за время измерений указанных ФВ параметры ФП ИК должны быть постоянными.

Из приведенного примера видно, что МИИ действительно обеспечивают достижение системы целей

и получение системы знаний о искомой ФВ и о состоянии СИИ.

Выводы

Теорию избыточных измерений можно рассматривать и как теорию инвариантных измерительных преобразований избыточного числа однородных и/или однородных и сопряженных ФВ заданной структуры, размеры которых закономерно связаны между собой, в коды чисел виртуального (числового) пространства с последующим определением действительного значения искомой ФВ, параметров НП ИК и параметров метрологической надежности ИС путем вычислительной обработкой полученных результатов преобразования в соответствие с уравнениями числовых значений, полученными из априори выведенных уравнений избыточных измерений. Методы этой теории не требуют непосредственного физического сравнения значений искомой ФВ со значением ФВ, воспроизводимой мерой. В то же время они не опровергают использование результатов измерений рядов ФВ для определения искомого свойства и параметров уравнения состояния ИС.

Если в основу прямых измерений положено физическое сравнение значений искомой ФВ со значением ФВ, воспроизводимой мерой, то в основу избыточных измерений положено измерительное преобразование рядов ФВ, в том числе и ФВ, воспроизводимой мерой, с последующим их виртуальным сравнением.

Приведены системное, обобщенное определение ИИ, базовое, расширенное и несколько частных определений МИИ, что обогатило наши знания о теории и методах ИИ.

Показано, что процесс разработки МИИ включает в себя двенадцать составных элементов.

Установлено, что методы избыточных измерений – это интеллектуальные методы измерений, поскольку обеспечивают достижение системы целей и получение системного эффекта. В работе приведено шесть признаков интеллектуальности МИИ.

Предложена классификация МИИ на базе следующих классификационных признаков: измеряемые свойства, тип информативной избыточности, наличие приписываемой ОИ ММ, используемый метод системной линеаризации (деформации), вид используемых рядов ФВ, тип или характер закономерной связи между размерами ФВ каждого ряда, основная операция, кратность однотипных измерительных преобразований или измерений, вид ФП ИК, род измерений и решаемая метрологическая задача. Это дало возможность в достаточной мере изложить все многообразие МИИ.

Данные материалы, совместно с уже опубликованными [1-19], свидетельствуют о существовании новой стратегии измерений, – стратегии ИИ ФВ с автоматическим исключением погрешностей при нелинейных и нестабильных ФП сенсоров или ИК в целом; о глубине проведенных на сегодняшний день теоретических и прикладных исследований и множестве решенных прикладных задач; о наличии явных преимуществ МИИ; о существовании двух равноправных направлений развития МИИ, – линейного и нелинейного измерительных преобразований ФВ; о широких функциональных возможностях МИИ не только по высокоточному определению действительных значений искомой ФВ, но и действительных значений параметров уравнения состояния ИС, параметров МХ СИИ и нелинейных измерительных преобразователей (НИП), а также параметров МН СИИ и НИП и т.д.

Полученные знания дают основания для: пересмотра существующей стратегии развития современной метрологии, как науки об измерениях с погрешностью того же порядка, что и погрешность воспроизведения образцовой ФВ; совершенствования теории и методов ИИ и выделения данного направления как приоритетного направления развития метрологии в первом столетии третьего тысячелетия; приоритетного развития науки сенсорики и микро- и нанотехнологий создания сенсоров и биосенсоров с управляемыми параметрами; приоритетного развития эталонной базы страны; направления усилий ученых и разработчиков на создание, в общем случае, новых методов и средств воспроизведения ФВ заданного размера (многозарядных регулируемых мер, многозарядных обратных измерительных преобразователей типа „код-физическая величина” и т.д.), модуляторов сигналов разной физической природы и, естественно, отечественных многозарядных сигнальных мультипроцессоров, спецпроцессоров и т.п.; приоритетного развития науки программирования (программной инженерии) для решения измерительных и метрологических задач.

Рассмотрен пример создания МИИ при линейной ФП ИК. Показано, что МИИ действительно обеспечивают достижение системы целей и получение системы знаний об искомой ФВ и о состоянии СИИ. Данный пример может послужить началом широкого внедрения МИИ в практику измерений.

Литература

1. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений: универсальное уравнение измерений / В. Т. Кондратов // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2009. – № 5. – С. 116-130.
2. Кондратов В.Т. Основы теории автоматической коррекции систематических погрешностей измерения физических величин при нестабильной и нелинейной функции преобразования сенсора: дис.... докт. техн. наук / В. Т. Кондратов. – К. 2001. 501 с.
3. Кондратов В.Т. Методы избыточных измерений физических величин / В. Т. Кондратов // Засоби комп'ютерної техніки з віртуальними функціями і нові інформаційні технології: зб. наук. пр. / НАН України, Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова, Наук. рада НАН України з пробл. «Кібернетика»; [редкол.: Романов

В.О. (відп. ред.) та ін.] – К. 2002. – Т. 1. – 112 с.

4. Кондратов В.Т. Методы избыточных измерений: определения и классификация / В. Т. Кондратов // Научные труды IX Междунар. науч. – практ. конф. Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики [отв. ред. В.Д. Ивченко]. – М.: МГУПИ, 2006. Дополнительный сборник “Приборостроение”. – С. 42–57.

5. Кондратов В.Т. Автоматическая коррекция систематических погрешностей измерения яркости при степенной функции преобразования фотоэлектрического преобразователя. Часть 1. Теоретические и практические проблемы измерения яркости. Линеаризация общей функции преобразования и вывод уравнения избыточных измерений яркости // Праці Ін-у електродинаміки НАН України. Електротехніка: зб. наук. пр. – К.: ІЕД НАН України, 1999. – С. 246-251.

6. Kondratov V.T., Mikhalevich V.S., Palagin A.V., Skripnik Yu.A. Correction of the Systematic Errors Introduced by Semiconductor Sensors of the Physical Quantities // Proc. of the Third International Symposium on Measurement and Control in Robotics. AMMA-Via Vela 17 – Torino, Italy. September 21-24, 1993.

7. Kondratov V.T., Skripnik Yu.A. Error correction in nonlinear transducers // Proc. of the Fourth International Symposium on Measurement and Control in Robotics (ISMCR'95). Smolenice Castle, Slovakia. June 12-16, 1995.

8. Kondratov V.T. The problem error correction under the nonlinear model sensor transfer function // Proc. 6th International Symposium on “Measurement and Control in Robotics /ISMCR'96/. Brussels, Belgium, 1996.

9. Kondratov V.T. The Systematic Error Correction in Measurement Transduction of the Physical Quantities x , x^2 and x^3 // Proc. Of the Joint Conference: “ IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference & ІМЕКО Technical Committee 7” / ІМТС / 96 /. Brussels, Belgium, 1996.

10. Кондратов В.Т. Алгоритмы коррекции погрешностей нелинейных измерительных преобразователей / В. Т. Кондратов // Новые технологии, материалы, оборудование (исследования, разработки, внедрение): первые международные академические чтения. (Посвящаются памяти М.П. Носова), Киев, 21-23 ноября 1995. – Донецк: ДРО УТА, 1996. – С. 42-50.

11. Кондратов В.Т. Особенности коррекции систематических погрешностей при показательной функции преобразования датчика / В. Т. Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1999. – № 1 – С. 150-156.

12. Кондратов В.Т. Классификация функционально-алгоритмических методов линеаризации градуировочных характеристик нелинейных датчиков / В. Т. Кондратов // Перспективні засоби обчислювальної техніки та інформатики. Праці Інституту кібернетики НАН України, 1999. – С. 57-63.

13. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений // Метрологическое обеспечение измерительных систем./ Сборник докладов международной научно-технической конференции // [под ред. А.А.Данилова]. – Пенза, 2005. – С. 191-210.

14. Кондратов В.Т. Математические модели избыточных измерений I-го, II-го и III-го родов / В. Т. Кондратов // Научные труды X-й Юбилейной Междунар. науч. – техн. конф. Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики. – М.: МГУ ПИ, 2007. – С. 134-143.

15. Кондратов В.Т. Фундаментальная теория избыточных измерений: особенности и обобщенная структура / В. Т. Кондратов // Законодательная и прикладная метрология. – 2009. – № 4. – С. 15-30.

16. // Сайт Европейского патентного офиса Патенты В.Т. Кондратова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://v3.espa-cenet.com/results?sf=a&DB=EPODOC&PGS=10&CY=ep&LG=en&ST=advanced&IN=KONDRATOV+VLADYSLAV&FIRST=1>.

Надійшла 21.5.2010 р.

УДК 621.376

О.О.ДРЮЧИН, В.М.КИЧАК, НАССІР АБУХАМУД

Вінницький національний технічний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИБОРУ РЕЖИМУ КЕРОВАНОЇ РЕАКТИВНОСТІ

Проаналізовано застосування коливань першого та другого роду в керованих реактивностях. Визначено умови обрання оптимального режиму активного елемента. Наведені рекомендації з вибору оптимального режиму активного елемента.

Application of vibrations of the first and second family is analysed in guided reactivity. Certainly terms of electing of the optimum mode of active element. Resulted recommendation from the choice of the optimum mode of active element.

Ключові слова: частотний модулятор, режим керованість, транзиторий індуктивний елемент.

Постановка задачі

Лінеаризація керованої реактивності з поширеним діапазоном і протяжною лінійною ділянкою дозволяє значно покращити модуляційну характеристику частотних і фазових модуляторів, збільшити точність перетворень в частотних перетворювачах засобів вимірювання і контролю.

На сучасному етапі найбільш розповсюдженою є керована реактивність на основі варикапа, який будучи ввімкнутим в контур автогенератора забезпечує девіацію частоти автогенератора в певному