

ОПРЕДЕЛЕНИЯ И БАЗОВАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В работе с позиции системного подхода описана базовая классификация измерительных систем. Даны определения измерительным системам, описано многообразие измерительных систем по базовым классификационным признакам, отражающим их особенности и многообразие.

Работа представляет интерес для ученых-метрологов, специалистов, магистров и аспирантов, изучающих измерительные системы, их базовые структуры, конфигурации структур измерительных каналов и средств измерений, виды измерительных систем, методы обработки данных и их визуализация, используемые технологии и платформы и т.п.

Ключевые слова: измерительная система, классификация, классификационные признаки, структура, используемые технологии и платформы.

V.T. KONDRATOV

V.M. Glushkov Institute of cybernetics of National academy of Science of Ukraine

DEFINITIONS AND BASE CLASSIFICATION OF MEASURING SYSTEMS

Abstract — In the paper it is noticed, that the concept «measuring system» is base. All other concepts and definitions (information, diagnostic etc.) are connected with specific features of system and its appointment.

From uniform positions of the system approach definitions of concepts are offered: «measuring system» and «informatively-redundant measuring system» that is caused by existence of two strategy of measurements: strategy of direct measurements and strategy of redundant measurements, and also concepts «measuring information system», «monitoring supervising measuring system», «diagnostic measuring system», «measuring system of recognition» and «measuring system of identification».

Base classification of measuring systems with use of typical and new classification signs is resulted. So, for example, to a classification sign «a class of solved problems» measuring systems subdivided on the systems intended for the decision of measuring problems and system, intended for the decision of metrological problems.

Author's definition of concept «a metrological problem» is resulted. The signs of division of measuring system which has been not resulted in classification are opened; features of these measuring system are described. The special attention is given description of measuring system with wireless communication lines, and also to measuring platforms.

Keywords: measuring system, classification, classification features, structure, used technologies and platforms.

Введение

С 2001 года наступила новая эра развития метрологии и измерительной техники. Достигнутые успехи в развитии теории измерений, техники и технологий обусловили необходимость оценки корректности и пересмотра существующих терминов и определений понятий «информационно-измерительная система» и «измерительная информационная система». Кроме того, назрела потребность в новой классификации измерительных систем, отражающей современные достижения научно-технического прогресса и тенденции по созданию этих систем.

Немного истории. В 1970 году в СССР был введен в действие ГОСТ 16263-70 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Термины и определения [1]. Данный ГОСТ определял понятие «измерительная система» (ИС) как «совокупность средств измерений (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей) и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи, предназначенная для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и/или использования в автоматических системах управления».

Главенствующая роль отводилась измерительной системе. Действительно, без ИС невозможно функционирование иных систем, — контролирующих, диагностических, управляющих, распознавания образов, идентификации и т.п. С развитием вычислительной техники и АСУ ТП роль измерительных систем стала понижаться. Они стали не основными, а составными частями указанных систем. К сожалению, Госстандарт согласился с таким положением дел.

1 июля 1982 года в СССР был введен ГОСТ 8.437-81 «Государственная система обеспечения единства измерений. Системы информационно-измерительные. Метрологическое обеспечение. Основные положения» [2]. Понятие «информационно-измерительная система» приняло нормативный характер, — как совокупность функционально объединенных измерительных, вычислительных и других вспомогательных технических средств для получения измерительной информации, ее преобразования, обработки с целью представления потребителю (в том числе ввода в АСУ) в требуемом виде либо автоматического осуществления логических функций контроля, диагностики, идентификации.

В «Примечании» было подчеркнута второстепенная роль ИС: «В зависимости от выполняемых функций ИИС реализуются в виде измерительных систем (ИС), систем автоматического контроля (САК), технической диагностики (СТД), распознавания образов (идентификации) (СРО). В СТД, САК, СРО измерительная система входит как подсистема». Роль измерений стала вторичной, хотя вычислительная техника всегда обслуживала и будет обслуживать измерительную технику в части обработки результатов измерений свойств объектов макро-, микро- и наномира и управления процессами измерений. То же можно

сказать и о системах автоматического контроля и управления, где основную роль играли измерения, а управление осуществляли различного рода исполнительные механизмы, управляемые с помощью ЭВМ по результатам измерений.

В последующие годы на практике повсеместно стал применяться некорректный термин «информационно-измерительная система». Всем метрологам известно, что информацию не измеряют, ее получают в результате измерений. В те годы Законодательная метрология допустила принципиальную ошибку, признав этот термин и аббревиатуру «ИИС», включив их в соответствующие стандарты и нормативные документы.

В начале нового тысячелетия ГОСТ 8.437-81 утратил силу на территории РФ. Однако это не послужило толчком к отказу от термина «информационно-измерительные системы». Беда в том, что многие кафедры ВУЗов стран СНГ до сих пор имеют название «Кафедра информационно-измерительной техники», «Кафедра информационно-измерительной техники и технологии» и т.п. Это порождает ошибочные мнения у молодых специалистов, будущих метрологов.

В 2002 году Росстандарт РФ отказался от термина «информационно-измерительные системы» и выпустил ГОСТ Р 8.596-2002 [3], посвященный метрологическому обеспечению измерительных систем. Признав некорректность термина «информационно-измерительная система», ученые поменяли порядок слов и получили новый, более корректный, термин «измерительная информационная система», сохранив аббревиатуру «ИИС». При этом предполагается, что измерительная информационная система — система, в которой предусмотрена возможность представления информации оператору [4, 5]. В работе [5] автор дает определение «измерительной информационной системы» по ГОСТ 8.437-8, т.е. определение, идентичное для «информационно-измерительной системы». Автор, очевидно, не знал о вводе в 2002 году в действие «ГОСТ Р 8.596-2002. Метрологическое обеспечение измерительных систем», где дается новое определение понятию «измерительная система», — как совокупность измерительных, связующих, вычислительных компонентов, образующих измерительные каналы, и вспомогательных устройств (компонентов измерительной системы), функционирующих как единое целое, предназначенная для:

- получения информации о состоянии объекта с помощью измерительных преобразований в общем случае множества изменяющихся во времени и распределенных в пространстве величин, характеризующих это состояние;
- машинной обработки результатов измерений;
- регистрации и индикации результатов измерений и результатов их машинной обработки;
- преобразования этих данных в выходные сигналы системы в разных целях [3].

Таким образом, базовым является понятие «измерительная система». Все остальные определения (информационная, диагностическая и т.д.) связаны с ее назначением.

Приведенные выше определения не полностью отражают сущность измерительной системы, ее особенности. С каждым новым ГОСТ определения усложняются. Однако они не отражают сущности понятия «измерительная система» с позиции общенаучной методологии системного подхода. Ниже приводятся классификация ИС и авторские определения понятиям измерительная система, измерительная информационная система, контролирующая измерительная система, диагностическая и др.

Объект исследований — обобщение и классификация измерительных систем.

Предмет исследований — формализованное описание понятия «измерительная система» и классификация измерительных систем на основе новой совокупности базовых классификационных признаков.

Целью работы является ознакомление ученых и специалистов с новыми определениями и классификацией измерительных систем с позиции общенаучной методологии системного подхода.

Результаты исследований

С позиции системного подхода нами предложено определение понятиям «измерительная система» и «информативно-избыточная измерительная система». Это обусловлено существованием двух стратегий измерений: стратегии прямых измерений и стратегии избыточных измерений.

Определение

Измерительная система (ИС) — это совокупность определенным образом соединенных сенсоров, измерительных каналов и/или средств измерений, генераторов зондирующих или тестовых сигналов, мер и/или стандартных образцов, средств дискретно-аналоговой и вычислительной техники, линий связи, баз знаний и/или экспертных систем и интеллектуальных интерфейсов, функционально объединенных системным и прикладным программным обеспечением, реализующая стратегию прямых измерений, обеспечивающая автоматическое получение измерительной информации, системы знаний (структурированных данных) и карт знаний о независимых и зависимых свойствах, приращении свойств, зависимостях свойств и о характеристиках распределенных в пространстве объектов измерений, служащая достижению системы целей и выступающая как одно целое по отношению к окружающей среде.

Определение

Информативно-избыточная измерительная система (ИИИС) — это совокупность определенным образом соединенных сенсоров, измерительных каналов и/или средств измерений, мер и/или стандартных образцов, средств дискретно-аналоговой и вычислительной техники, линий связи, баз знаний и/или экспертных систем и интеллектуальных интерфейсов, функционально объединенных системным и

прикладним програмним забезпеченням, реалізуюча стратегію избыточних и/или сверхизбыточных измерений, и обеспечивающая автоматическое получение измерительной информации, системы знаний (структурированных данных) и карт знаний о независимых и зависимых свойствах, приращениях свойств, зависимостях свойств и/или о характеристиках распределенных в пространстве объектов измерений, о параметрах функций преобразования измерительных каналов, о состоянии и метрологической надежности используемых измерительных каналов, средств измерений и системы в целом, служащая достижению заданной системы целей и выступающая как одно целое по отношению к окружающей среде.

В основу классификации положены следующие признаки: реализуемая стратегия измерений, виды решаемых задач, гибкость структур ИС, тип организационных структур, тип структуры ИК и СИ, наличие управления параметрами функции преобразования, процедура измерений, вид измеряемых свойств, степени интеллектуализации, класс ИС, метод измерения физических величин, измеряемые величины, область применения ИС, назначение, реализуемый принцип измерений, пространственная протяженность (распределённость) системы, открытость аппаратных средств и операционных систем, наличие процедуры структурирования обработанных данных, типы объектов визуализации, реализуемая (используемая) технология создания ИС, используемая программно-аппаратная платформа.

На сегодня известны две стратегии измерений: стратегия прямых и стратегия избыточных измерений [6]. Реализация методов прямых и избыточных измерений имеет свои особенности. В этой связи все ИС делятся на ИС, реализующие стратегию прямых измерений и ИС (точнее информативно-избыточные ИС), реализующие стратегию избыточных измерений. Существенные отличия состоят в наличии в информативно-избыточных ИС формировавателей физических величин, многоядерных процессоров и экспертных систем и/или баз знаний. В информативно-избыточных ИС реализуются не одно, а система уравнений избыточных измерений, решается метрологическая задача, связанная с достижением системы целей, в том числе задача прогнозирования и определение текущей метрологической надежности ИС (см. рисунок 1).

По классификационному признаку «виды решаемых задач» ИС делятся на системы, предназначенные для решения измерительных задач и системы, предназначенные для решения метрологических задач (см. рисунок). Метрологическая задача — задача определения значений физической величины и текущих значений параметров функции преобразования измерительного канала путем измерительного преобразования нескольких рядов физических величин с требуемой точностью и в данных условиях измерений, дополненная операциями вычислительной обработки результатов промежуточных преобразований согласно уравнениям избыточных измерений и предусматривающая определение метрологических характеристик и параметров метрологической надежности [7, 8].

По своей архитектуре ИС, как правило, состоят из конечной совокупности функциональных модулей (ФМ) — измерительных каналов, СИ, АЦП, ЦАП, устройств управления, коммутаторов и т.д., связанных определенным образом между собой и, через соответствующие интерфейсы, с ЭВМ. Последняя выполняет функции управления, обработки и выдачи информации. Каждый ФМ обеспечивает выполнения своих функций в законченном виде. Для организации взаимодействия его с другими ФМ не требуется знания внутренних структур ФМ и особенностей их функционирования. По своей организационной структуре различают ИС с одноступенчатой, двухступенчатой и многоступенчатой структурой (на рисунке не показано). ИС с одноступенчатой структурой делятся, в свою очередь, на несколько типов: с цепочной структурой, с радиальной структурой, с магистральной структурой и с централизованным управлением, с магистральной структурой и с децентрализованным управлением, с магистральной петлевой структурой с централизованным управлением и с радиально-магистральной структурой с централизованным управлением. Магистраль содержит внутрисистемные шины связи, по которым передаются сигналы взаимодействия между ФМ.

Согласно [9], в ИС с цепочной структурой управление работой последующего ФМ производится после окончания преобразования в предыдущем ФМ; в ИС с радиальной структурой управление работой ФМ ведется централизованно от одного устройства управления (например, ЭВМ); в ИС с магистральной структурой и с централизованным управлением все ФМ через соответствующие интерфейсы связаны с устройством управления (ЭВМ) через общую шину; в ИС с магистральной структурой и с децентрализованным управлением ФМ через соответствующие интерфейсы связаны через двунаправленную общую шину с двумя и более локальными устройствами управления и обработки данных (с микро-ЭВМ, микроконтроллером или микрокон-вертором); в ИС с магистральной петлевой структурой и с централизованным управлением ФМ через интерфейсы подключены к общей шине, которая распределена в пространстве в виде петли, а управление системой осуществляется централизованно от одного устройства управления (ЭВМ); в ИС с радиально-магистральной структурой и с централизованным управлением ФМ через интерфейсы радиально подключены к устройству управления, а через магистральную шину — с устройствами передачи и обработки данных. Общая шина содержит: шину управления, которая принимает и подает управляющие сигналы на функциональные блоки, определяет режим их работы; шину данных, которая служит для приема, передачи основных данных результатов измерений; шину адреса, которая однозначно определяет блоки, обменивающиеся информацией.

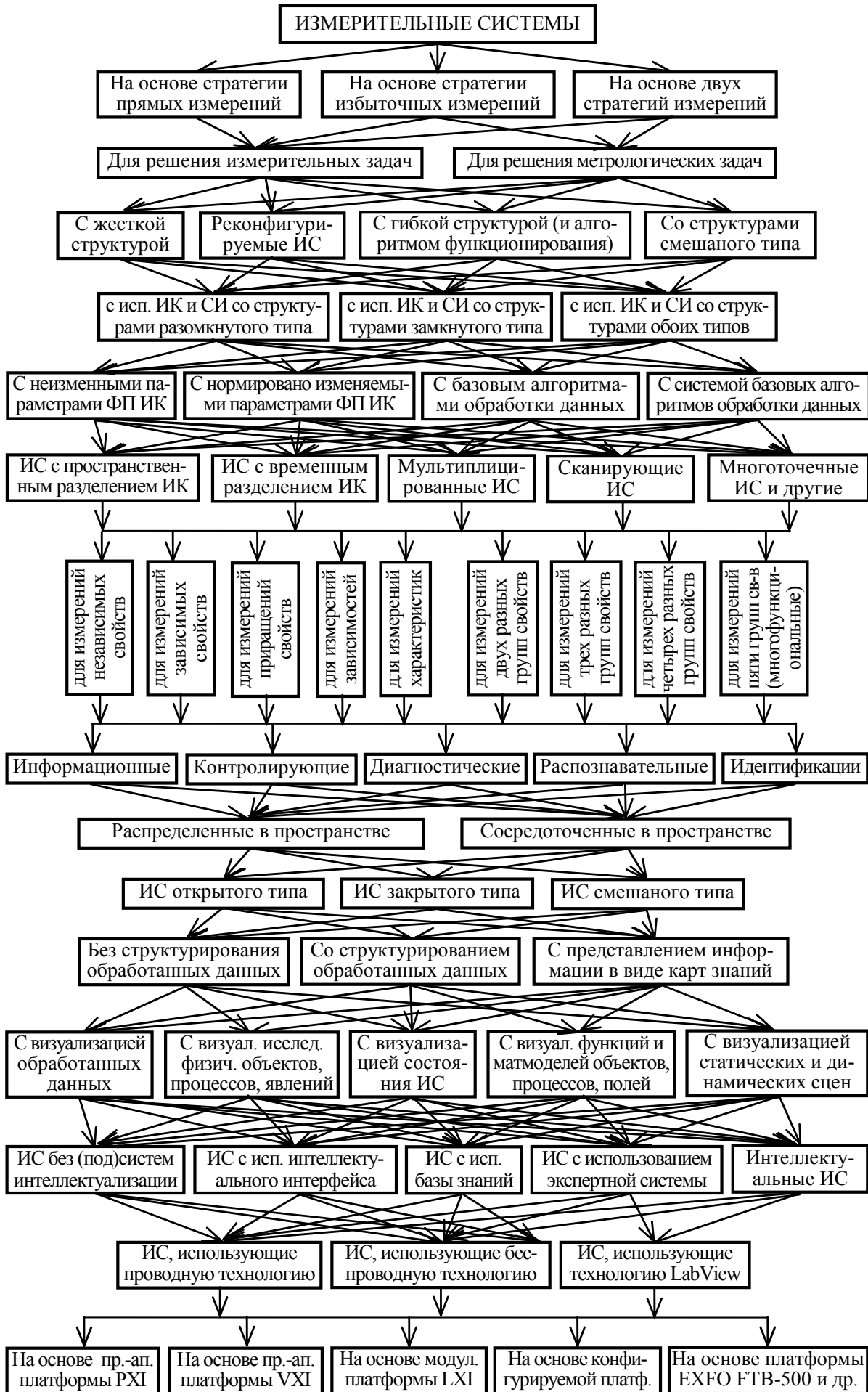


Рис. 1. Базовая классификация измерительных систем

На сьогодніснують ІС з різними властивостями структур. По ознаці «гнучкість структури ІС» розрізняють ІС з жорсткою структурою і жорстким алгоритмом функціонування, реконфігуровані з програмуваним алгоритмом функціонування, ІС з гнучкою структурою і адаптивним алгоритмом функціонування, а також структури змішанного типу.

В вимірних системах з жорсткою структурою алгоритм роботи системи не змінюється. Тому така система застосовується для дослідження об'єктів, працюючих в певному режимі.

В вимірних системах з реконфігурованою структурою алгоритм роботи змінюється в відповідності з раніше заданою програмою, яка складається априорно в залежності від умов функціонування об'єкта вимірювань.

В вимірних системах з гнучкою структурою алгоритм роботи, а іноді і структура системи змінюються, пристосовуючись до змін вимірюваних величин і умов роботи об'єкта дослідження. Тому ІС з гнучкою структурою (або адаптивна система) можуть застосовуватися для дослідження об'єктів вимірювань, що відрізняються за своїми характеристиками. При їх побудові потрібно менше кількість попередньої інформації, ніж при побудові ІС з жорстким алгоритмом функціонування. Це має велике значення при дослідженні нових об'єктів вимірювань, характеристики яких ще мало відомі [10].

Звернемо увагу, що під гнучкістю розуміємо здатність або властивість ІС швидко перебудовуватися для рішення тих або інших завдань, адаптуватися до змін умов експлуатації і т.п. в межах передбачених технічних можливостей. При цьому гнучкість, як властивість ІС, має чотири основні ознаки [11]:

1) *повторюваність* — здатність ІС багаторазово повертатися до виконання своїх функцій після завершення кожного етапу вимірювання;

2) *універсальність* — здатність ІС обробляти результати як однократних, так і багаторазових вимірювань і в різних кількостях без змін структури системи;

3) *приспосабливаність* — здатність ІС до перенастроювання на новий режим роботи (наприклад, для дослідження об'єктів, що відрізняються за своїми характеристиками або вимірювання при підвищеному рівні шумів) за командою мікропроцесора або шляхом самонастроювання;

4) *адаптивність* — здатність ІС пристосовуватися до змін дійства зовнішніх або внутрішніх факторів в певних межах без порушення власного функціонування або втрати якості вимірювань.

За типом структур розрізняють ІС, що складаються з СИ і ІК з роз'єднаними структурами, з структурами замкнутого типу і з структурами змішанного типу. В останньому випадку в ІС одні вимірні канали і засоби вимірювань можуть мати структуру роз'єданого типу, а інші — замкнутого.

В вимірних системах з роз'єднаною структурою обмін інформацією між об'єктом вимірювань і ІК здійснюється при відсутності зворотного зв'язку, а в системах з замкнутою структурою — при наявності зворотного зв'язку по впливу на об'єкт вимірювань (ОІ). Вплив на ОІ може здійснюватися заздалегідь встановленою жорсткою програмою або за програмою, що враховує реакцію ОІ. В першому випадку реакція об'єкта не впливає на характер впливу, а, відповідно, і на хід експерименту. В другому випадку результати реакції відображаються на характері впливу, тому обробка даних ведеться в реальному часі.

При реалізації надлишкових вимірювань має місце нормоване зменшення чутливості ІК і кількості алгоритмів обробки результатів проміжних вимірювань. В цьому зв'язку розрізняють ІС двох видів: 1) реалізуючі методи прямих вимірювань при незмінних значеннях параметрів функції перетворення вимірних каналів, і 2) реалізуючі методи надлишкових (або надлишкових) вимірювань з нормованим зменшенням значення крутизни перетворення ІК. В ІС першого виду використовується один базовий алгоритм обробки результатів вимірювань, в ІС другого виду — система базових рівнянь надлишкових вимірювань, що забезпечує визначення не тільки дійсних значень шуканої і інших входних величин, а також часу наробки СИ (або ІК) на метрологічний брак по закінченні зміни, тижня, місяця, року і т.д.

За процедурою вимірювань ІС діляться на системи з просторовим розділенням каналів, з часовим розділенням каналів, багатоточкові, мультипліцировані і скануючі.

ІС з просторовим розділенням вимірних каналів і/або приладів, т.е. з паралельною структурою, є багатоканальними і призначені для одночасного вимірювання ряду однорідних або різноманітних фізичних величин. Широке поширення багатоканальних ІС обумовлено можливістю використання стандартних, відносно простих вимірних приладів і каналів, найбільш високою надійністю ІС, можливістю отримання найбільшого швидкого результату при одночасному отриманні результатів вимірювання від одного або від кількох ОІ, а також можливістю індивідуального вибору приладів до вимірюваних величин. Вихідні сигнали ІК перетворюються в коди чисел і обробляються, як правило, в одному обчислювальному пристрої. При великих масивах отриманої інформації використовуються багатоядерні процесори.

ІС з часовим розділенням ІК призначені для вимірювань фізичних величин або параметрів сигналів різної фізичної природи і різного рівня. При часовому розділенні каналів

используется два и более датчика и один измерительный канал или прибор, к входу которого в определенной последовательности подключаются выходные сигналы сенсоров. Выходной сигнал ИК поступает на вход АЦП, где преобразуется в последовательность кодов чисел. В таких ИС важнейшую роль играет система синхронизации, алгоритм работы которой каждый раз выбирается индивидуально для принятого способа временного объединения каналов, способа импульсной модуляции, структуры сигналов синхронизации и т.д. [12]. В ряде случаев между информационными временными интервалами необходимы защитные временные интервалы во избежание взаимного влияния канала на канал, т.е. проходов или перекрестных искажений. В других случаях аналого-цифровое преобразование выходного сигнала АЦП осуществляется с некоторой задержкой, зависящей от времени протекания переходных процессов, особенно в узкополосных ИК. Это повышает точность измерений за счет уменьшения действия указанных факторов.

К ИС с временным разделением каналов относятся и системы (приборы) с периодическим и коммутационно-модуляционным преобразованием сигналов [12, 13]. Эти преобразования связаны с разным соотношением частот входных сигналов и частоты коммутации (или дискретизации). Дискретизация — это процесс получение мгновенных значений сигнала (отсчетов) через определенные промежутки времени (т.е. с определенной частотой).

Многоточечные ИС или ИС последовательно-параллельного действия применяются для измерений однородных и/или разнородных свойств сложных объектов. Их основным признаком является наличие множества распределенных в пространстве сенсоров, которые циклически подключаются к входу, как правило, одного ИК с помощью измерительного коммутатора. Выход ИК подключается к АЦП, который может быть автономным или встроенным в микроконтроллер или в микроконвертор, входящий в состав ИС. ИК должен обладать высокими метрологическими характеристиками — постоянным коэффициентом передачи, высоким быстродействием, высоким входным сопротивлением. При автономном АЦП обработка данных осуществляется с помощью микропроцессора или микро-ЭВМ, к одному из портов которого он подключен. В многоточечных ИС быстродействие существенно ниже, чем в ИС с параллельной структурой. Это связано с использованием коммутатора аналоговых сигналов.

К мультиплицированным ИС относятся ИС развертывающего уравнивания с общей образцовой величиной, в качестве которой используется линейно изменяющаяся величина, воспроизводимая управляемой мерой. Различают аналоговые и цифровые мультиплицированные ИС. Аналоговые позволяют в течение одного цикла развертки (изменения известной величины) выполнить сравнение со всеми измеряемыми величинами (определенное множество измеряемых величин без применения коммутирующих узлов). В цифровых мультиплицированных ИС используется развертка не в виде линейно изменяющейся величины, а со ступенчато изменяющейся величиной X_k . Кроме повышенной точности, такие ИС позволяют упростить получение результата измерения в цифровом виде [9]. В мультиплицированных ИС используется меньшее число элементов, чем в ИС параллельного действия, но они уступают по быстродействию. Недостатком является большое число элементов сравнения, равных числу измеряемых величин. При низком уровне сигналов, поступающих на элемент сравнения, ужесточаются требования к схемотехническому решению элементов сравнения, что приводит к их существенному усложнению.

Сканирующие ИС — это системы последовательного действия. В них операции получения информации выполняются последовательно во времени, причем с помощью одного ИК. Если измеряемая физическая величина распределена в пространстве или координаты точки этого пространства, например, теплового поля, являются объектом измерения, то восприятие информации в таких системах выполняется с помощью одного сканирующего сенсора. Сканирующие ИС находят широкое применение при расшифровке графиков и графических изображений. Их особенностью является наличие робота или манипулятора, управляемого от ЭВМ, которые обеспечивают перемещение сенсора в пространстве по априори установленной траектории. Траектория может быть заранее запрограммирована (пассивное сканирование), либо изменяться в зависимости от полученной в процессе сканирования информации (активное сканирование). При использовании сканирующих ИС можно получить количественную оценку значений параметров полей в заданных точках, определить экстремальные значения полей либо найти участки полей, которые имеют равные значения по измеряемому параметру [14].

По виду измеряемых свойств и характеристик различают ИС, предназначенные как для измерений независимых свойств, зависимых свойств, приращений свойств, зависимостей и характеристик, так и для измерений двух разных групп упомянутых свойств, трех разных групп свойств, четырех разных групп упомянутых свойств и многофункциональные (— пяти групп свойств) (см. рисунок). Такие различия в ИС и их структурах обуславливают и многообразие названий ИС, например, весоизмерительная система, фазометрическая система, влагоизмерительная система, ИС для определения температурных зависимостей свойств, ИС для определения вероятностных характеристик случайных величин, ИС для определения статистических характеристик случайных величин и т.д.

По признаку «типы ИС» различают измерительные информационные системы, контролирующие ИС, диагностические ИС, распознавательные ИС и ИС идентификации. Приведем определения указанным ИС.

Измерительная информационная система

Определение

Измерительная информационная система (ИИС) — это выступающая как одно целое по отношению к окружающей среде совокупность определенным образом соединенных сенсоров, измерительных каналов

и/или средств измерений, генераторов зондирующих или тестовых сигналов, мер и/или стандартных образцов, линий связи, средств дискретно-аналоговой и вычислительной техники, функционально объединенная системным и прикладным программным обеспечением, реализующая стратегию прямых и/или избыточных измерений, служащая достижению заданной системы целей и обеспечивающая автоматическое получение измерительной информации, системы знаний (структурированных данных) и карт знаний о независимых и зависимых свойствах, приращениях свойств, зависимостях свойств и/или о характеристиках распределенных в пространстве объектов измерений, а также о параметрах функции преобразования и о состоянии и метрологической надежности тех измерительных каналов и средств измерений, которые реализуют методы избыточных измерений.

ИИС, в свою очередь, делятся (на рисунке не показано):

а) по методу измерений физических величин, — на ИИС, осуществляющие:

- измерения электрических величин электрическими методами;
- измерения неэлектрических величин электрическими методами;
- измерения неэлектрических величин неэлектрическими методами (например, ИС длины, угла, массы, силы, температуры и перемещений на основе использования для их создания материалов с эффектами неэлектрической природы; ИС на основе использования эффектов памяти формы, сверхупругости, вязкоупругости, магнитоstriction, капиллярности, поверхностного натяжение жидкостей, смачивания, теплового расширения, эффекта Пойтинга, эффекта Александра и др.; микро- или наномеханические ИС на основе использования неэлектрических свойств наноматериалов, а также неэлектрических видов энергии (механической, химической, тепловой);

б) по измеряемым физическим величинам, — на ИИС, реализующие методы прямых и/или избыточных измерений:

- геометрических величин (измерения малых и больших длин, перемещений, макро- и микроразмеров и их приращений, расстояний, углов, площадей, изменений размеров во времени и др.);
 - механических величин (в том числе измерение кинематических и динамических величин, механических свойств материалов и веществ, механических свойств и форм поверхностей и т.д.);
 - параметров потока, расхода, уровня, объема веществ;
 - избыточного и абсолютного давления, перепада давления, атмосферного давления, артериального давления, различных уровней вакуума, тяги, напора жидкости или газа и т.п.;
 - физико-химического состава и свойств веществ (измерение pH, массы вещества, концентрации вещества, остаточного содержания материала, количества граммов материала в растворе, начальной концентрации солей металлов и неметаллов, скорости осаждения и т.д. и т.п. (см., например, [15]);
 - теплофизических и других величин, используемых при температурных измерениях (теплоты, температуры, температуропроводности, теплоемкости, теплопроводности, яркостной температуры, внутренней энергии, энергии Гельмгольца, энергии Гиббса, энтальпии, энтропии, калорических и термических свойств веществ и материалов и других, приведенных, например, в работе [16]);
 - времени и частоты (больших и малых времен, длительности и фронтов импульсов, частоты сигналов и т.д.);
 - электрических и магнитных величин (параметров электрических и магнитных полей, параметров электрических цепей, характеристик электромагнитных волн, электрических и магнитных свойств веществ и материалов и т.д.);
 - радиотехнических величин, параметров и отношений, т.е. количественных и качественных показателей) (измерения параметров цепей и трактов радиотехнических устройств: динамического диапазона, полосы пропускания, чувствительности, адмиттанса, волнового сопротивления, добротности, диаграммы направленности, девиации частоты; коэффициента нелинейных искажений, коэффициента направленного действия, коэффициента отражения, коэффициента и передачи; коэффициентов бегущей волны, амплитудной модуляции, мощности; коэффициента усиления антенн, параметров формы и спектра радиосигналов и т.д.);
 - параметров и показателей качества работы¹ радиоэлектронных устройств, электронных приборов и элементов в широком диапазоне (например, от 10^{-8} до 10^3 В по напряжению, от 10^{-16} до 10^8 Вт по мощности, от 10^{-4} до 10^{12} Гц по частоте). Отметим, что методы радиоизмерений основываются на методах измерений электрических величин [17], но имеют свою специфику. В задачу радиоизмерений входит [18, 19]:
- 1) определение параметров отдельных элементов радиотехнических устройств;
 - 2) определение величин, характеризующих режим работы, а именно: тока, напряжения, мощности, частоты, коэффициента модуляции и т. д.;
 - 3) определение качественных показателей радиоустройств;
 - 4) определение характера помех и установление причин, их порождающих;
 - 5) измерение напряженности поля и снятие диаграмм направленности;
- акустических величин (величин физической акустики и акустических свойств веществ и

¹ определяемых через отношения величин электрической природы

матеріалов, інтенсивності ультразвукових коливань, рівня звукового тиску, рівня звукової потужності, тонов серця, шумов легких і т.д.);

- оптичних і фотометричних величин, оптичних властивостей речовин і матеріалов, величин фізичної оптики, величин когерентної оптики, величин нелінійної оптики (довжини хвилі, освітленості, періода і частоти коливань, показателя заломлення, інтенсивності світлового потоку, сили і швидкості світла, кута заломлення або відбиття променя, фокусна відстань, величини, що характеризують оптичне випромінювання, оптичну густина матеріалов в проходять або відбитому світлі, втрати в пасивних компонентах волоконно-оптичних системах передачі інформації і т.д.);

- характеристик іонізуючих випромінювань і ядерних констант (поглищеної дози випромінювання, активності радіоактивного джерела, кінетичної енергії частинок, довжини пробігу частинки в різних середовищах, властивостей іонізуючих випромінювань, періода напіврозпаду, характеристик гамма- і рентгеновського випромінювань, ядерно-фізичних констант урану і т.д.);

в) по області застосування, — на ІИС, призначені:

- для наукових досліджень;
- для випробувань і контролю складних виробів;
- для управління технологічними процесами [20].

Контролююча вимірювальна система

Визначення 1

Контролююча вимірювальна система (КІС) — це сукупність визначеною способом з'єднаних датчиків, вимірювальних каналів і/або засобів вимірювань, генераторів зондувальних або тестових сигналів, мір і/або стандартних зразків, ліній зв'язу, засобів дискретно-аналогової і висхідної техніки, функціонально об'єднаних системним і прикладним програмним забезпеченням, що реалізує стратегію прямих і/або надлишкових вимірювань, що забезпечує отримання вимірювальної інформації, системи знань (структурованих даних) і карт знань, необхідних для оцінки стану контролюваного об'єкта, системи або процесу і встановлення відповідності їх параметрів нормативно-технічної документації (стандартам, нормам, правилам і т.д.), параметрам зразків-еталонів або вимогам технічних умов, що служить досягненню заданої системи цілей, в тому числі і самооцінки стану і метрологічної надійності вимірювальних каналів, і виступає як одне ціле по відношенню до оточуючого середовища.

Визначення 2 (спрощене)

Контролююча вимірювальна система (КІС) — це ІИС, що забезпечує отримання вимірювальної інформації, системи знань (структурованих даних) і карт знань, необхідних для оцінки стану того або іншого об'єкта, системи або процесу і встановлення відповідності їх параметрів нормативно-технічної документації (стандартам, нормам, правилам і т.д.), параметрам зразків-еталонів або вимогам технічних умов.

Контролюючі ІС діляться на системи: вимірювального контролю; стерео-відео контролю [21]; телевізійного контролю; оптичного контролю, в тому числі і на стробоскопічні системи контролю; ультразвукового контролю; акустичного контролю; радіоелектронного контролю; радіотехнічного контролю.

Діагностическа вимірювальна система

Визначення 1

Діагностическа вимірювальна система (ДІС) — це сукупність визначеною способом з'єднаних датчиків, вимірювальних каналів і/або засобів вимірювань, мір і/або стандартних зразків, генераторів зондувальних або тестових сигналів, засобів дискретно-аналогової і висхідної техніки, функціонально об'єднаних системним і прикладним програмним забезпеченням, що реалізує стратегію прямих і/або надлишкових вимірювань репрезентативних властивостей, що забезпечує отримання вимірювальної інформації, системи знань (структурованих даних) і карт знань, необхідних для оцінки стану того або іншого об'єкта, системи або процесу і встановлення причин, що викликали зміну цього стану, що служить досягненню заданої системи цілей, в тому числі і самооцінки стану і метрологічної надійності вимірювальних каналів, рішення основних завдань діагностики² і виступає як одне ціле по відношенню до оточуючого середовища.

Визначення 2 (спрощене)

Діагностическа вимірювальна система (ДІС) — це ІС, що забезпечує отримання вимірювальної інформації, системи знань (структурованих даних) і карт знань, необхідних для оцінки стану того або іншого об'єкта, системи або процесу і встановлення причин, що викликали зміну цього стану, а також що служить досягненню заданої системи цілей і рішення основних завдань діагностики.

По застосуванню діагностическі ІС діляться на: технічні; медичні діагностическі системи; медико-біологічні діагностическі системи; системи моніторингу оточуючого середовища; оптико-електронні діагностическі системи; діагностическі стерео-відео системи; діагностическі радіотехнічні системи (томографи і т.п.); тепловізійні діагностическі системи; ультразвукові

² Основною завданням, наприклад, технічного діагностування, є забезпечення безпеки, функціональної надійності і ефективності роботи технічного об'єкта, а також скорочення витрат на його технічне обслуговування і зменшення витрат в результаті відмов і передчасних виводів в ремонт [22].

диагностические системы; акустические диагностические системы и др.

Измерительная система распознавания

Определение 1

Измерительная система распознавания (ИСП) — это совокупность определенным образом соединенных сенсоров, измерительных каналов и/или средств измерений, мер и/или стандартных образцов, генераторов зондирующих или тестовых сигналов, линий связи, средств дискретно-аналоговой и вычислительной техники, функционально объединенных системным и прикладным программным обеспечением, реализующая стратегию прямых и/или избыточных измерений, обеспечивающая получение измерительной информации, системы знаний (структурированных данных) и карт знаний, необходимых для распознавания образов объектов, сигналов, ситуаций, явлений, процессов или их репрезентативных свойств, служащая достижению заданной системы целей, в том числе и самооценки состояния и метрологической надежности измерительных каналов, решению типовых задач распознавания и установления принадлежности объекта, сигнала, ситуации, явления или процесса к определенному классу и выступающая как одно целое по отношению к окружающей среде.

Определение 2 (упрощенное)

Измерительная система распознавания (ИСП) — это ИС, обеспечивающая получение измерительной информации, системы знаний (структурированных данных) и карт знаний, необходимых для распознавания образов объектов, сигналов, ситуаций, явлений, процессов или их репрезентативных свойств, служащая достижению заданной системы целей и решению типовых задач распознавания и установления принадлежности объекта, сигнала, ситуации, явления или процесса к определенному классу.

ИС распознавания делятся, в свою очередь, на: электронные; оптико-электронные (в том числе и голографические [23, 24]); телевизионные (в том числе и стереовизионные); тепловые; тепловизионные; акустические; ультразвуковые; радиолокационные; радиотехнические [19].

Измерительная система идентификации

Определение 1

Измерительная система идентификации (ИСИ) — это совокупность определенным образом соединенных сенсоров, измерительных каналов и/или средств измерений, мер и/или стандартных образцов, генераторов зондирующих или тестовых сигналов, линий связи, средств дискретно-аналоговой и вычислительной техники, функционально объединенных системным и прикладным программным обеспечением, реализующая стратегию прямых и/или избыточных измерений, обеспечивающая получение измерительной информации, системы знаний (структурированных данных) об идентификаторах, т.е. об уникальных общих и частных признаках и о репрезентативных свойствах объекта³, системы или процесса, необходимых для установления их тождественности известному объекту, системе или процессу (или их модели) на основании совпадения полученных признаков и свойств с присвоенными (модельными), служащая достижению заданной системы целей, в том числе и самооценки состояния и метрологической надежности измерительных каналов, решению типовых задач структурной и/или параметрической идентификации и выступающая как одно целое по отношению к окружающей среде.

Определение 2 (упрощенное)

Измерительная система идентификации (ИСИ) — это ИС, обеспечивающая получение измерительной информации, системы знаний (структурированных данных) об идентификаторах, т.е. об уникальных общих и частных признаках и о репрезентативных свойствах объекта, системы или процесса, необходимых для установления их тождественности известному объекту, системе или процессу (или их модели) на основании совпадения полученных признаков и свойств с присвоенными (модельными), служащая достижению заданной системы целей и решению типовых задач структурной и/или параметрической идентификации.

По используемым принципам измерений различают следующие ИС идентификации [25]: радиотехнические; радиочастотные; телевизионные; тепловизионные; телеметрические; акустические; ультразвуковые; оптические и др.

По применению ИС идентификации делятся на [25 – 27]:

- ИС голосовой идентификации;
- ИС бесконтактной идентификации и регистрации объектов;
- ИС бесконтактной идентификации для складских приложений и логистики;
- ИС идентификации и фальсификации винодельческой продукции;
- ИС идентификации свежих фруктов и овощей;
- ИС бесконтактной идентификации автотранспорта;
- ИС идентификации личности;
- ИС биометрической идентификации по электрофизиологическим характеристикам;
- ИС идентификации органических соединений;
- ИС криминалистической идентификации и др.

Современное развитие ИС идет в направлении перехода от статических измерений независимых свойств и/или приращений свойств к измерениям изменяющихся во времени и в пространстве зависимых

³ живой или неживой природы

свойств, зависимостей и характеристик. При этом получают большое количество результатов измерений, обработка которых осуществляется, как правило, централизованно, согласно уравнений прямых или избыточных измерений без или с статистической обработкой результатов многократных измерений. В этой связи различают сосредоточенные и распределенные в пространстве ИС (см. рисунок).

При измерениях изменяющихся во времени одного или нескольких свойств непротяженного в пространстве объекта измерений, используются сосредоточенные в пространстве ИС с множеством сенсоров. Это имеет место при наличии априорной определенности момента времени и/или пространственного положения объекта измерений.

При измерениях изменяющихся во времени и в пространстве свойств, зависимых свойств, зависимостей и характеристик, как правило сложных и протяженных в пространстве физических объектов и процессов, используются ИС с распределенными в пространстве сенсорами и даже целыми измерительными каналами или автономными средствами измерений. В этом случае отсутствует определенность момента времени, так как изучается динамика свойств наблюдаемого физического объекта или процесса во времени.

Распределенные в пространстве ИС — это системы, у которых совокупность определенным образом соединенных сенсоров, измерительных каналов и/или средств измерений расположена на протяженных, одном или нескольких, объектах измерений (в том числе и в местах контроля параметров технологических процессов) в соответствии с решаемой измерительной или метрологической задачей.

По признаку открытости различают ИС открытого, закрытого и смешанного типов. Открытой называется модульная система, которая допускает замену любого модуля на аналогичный модуль другого производителя, имеющийся в свободной продаже по конкурентоспособным ценам, а интеграция системы с другими системами (в том числе с пользователем) выполняется без преодоления чрезмерных проблем» [28, 29]. Другими словами, в ИС должна быть обеспечена, при необходимости, возможность легкого внесения дополнений и изменений без нарушения ее целостности.

Открытость ИС системы можно рассматривать на разных уровнях иерархии аппаратного и программного обеспечения системы и ее функциональных блоков. Открытыми могут быть, например: диапазоны изменения аналоговых сигналов, средства связи аппаратуры с программным обеспечением, форматы данных, физические интерфейсы, протоколы обмена, методы контроля ошибок, языки программирования контроллеров, операционные системы, конструкционные элементы (шкафы, стойки, корпуса, разъемы, расширительные гнезда, крепежные элементы); системы, включающие в себя перечисленные выше элементы [28, 29]. Это позволяет устанавливать конфигурацию ИС в соответствии с требованиями технического задания, легко ее модифицировать и развивать.

Необходимыми условиями открытости являются: модульность; соответствие стандартам и наличие в свободной продаже аналогичных систем других производителей (подсистем, модулей) по конкурентоспособным ценам. ИС закрытого типа не допускает возможность замены любого ее модуля или операционной системы на аналогичный модуль другого производителя, не позволяет ее модифицировать, развивать, иметь доступ к операционной системе.

ИС смешанного типа — это система, отдельные части которой, например, сенсоры и измерительные каналы или только интерфейсы и операционная система могут изменяться и совершенствоваться.

На сегодня проблема структурирования данных (результатов измерений), информации и знаний об объекте исследований является комплексной. Ее решают как прикладную проблему на стыке многих отраслей знаний и технологий. Неструктурированные данные не несут информации, порождают беспорядок, алогизм, хаос. Данные образуют структурную основу информации. Неструктурированная информация искажает смысл результатов измерений, их целенаправленность. Если данные — это текст в некотором алфавите, то информация — это сведения, имеющие определенный смысл.

Информация как сообщение и объект анализа в процессе принятия решений образует основу знаний для целеустремленного человека. Структурирование информации — сложный и неоднозначный процесс, протекающий на более высоком системном уровне, чем работа со структурами данных. Полученные знания являются инструментом для решения проблемы целеустремленным человеком [30, 31].

В этой связи, по признаку «методы получения новых знаний», следует различать ИС трех уровней интеллектуализации: без структурирования обработанных данных, с их структурированием и с представлением информации в виде конкретных знаний и карт знаний.

В этой связи ИС без структурирования обработанных данных обеспечивают получение только результатов измерений, как основы информации. Они являются системами нижнего уровня интеллектуализации. Им характерен определенный способ представления, хранения и простейшей обработки данных. Обработка осуществляется, как правило, по уравнениям измерений.

ИС с структурированием данных — это системы второго уровня интеллектуализации, поскольку они обеспечивают не только получение и обработку данных, но и их структурирование. В результате получают первичные (элементарные) знания об одном или нескольких объектах исследований.

ИС с представлением информации в виде конкретных систем знаний и карт знаний — это системы третьего уровня интеллектуализации. Они осуществляют не только структурирование информации и новых знаний, но и выдают рекомендации по принятию конкретных решений. Знания — это информация в действии целеустремленной личности [30]. Неструктурированные знания перестают работать.

Структурирование знаний с использованием возможностей ИС дает возможность получить карту

знаний (в електронному виді или на паперовому носії), більш ефективно думати і приймати рішення, а також більш якісно і оперативно.

Всі види вимірювань дають результат, який в тому или іншому виді відображає інформацію о кількісних властивостях фізичних об'єктів, процесів і явищ і необхідні знання про них.

В метрології для спостереження за системами, процесами і об'єктами, для створення образів і вимірювання їх властивостей оптичними методами широко використовується візуалізація. Візуалізація – це процес створення видимих образів невидимих і важкодоступних об'єктів і процесів реального і віртуального світу з метою наступної кількісної і якісної цифрової обробки їх зображень, оцінки властивостей, станів, характеристик, структури, фізичних і віртуальних полів, координат об'єктів, а також зменшення невизначеності отриманих результатів [32].

По ознаці «об'єкт візуалізації» розрізняють шість підвидів ІС: з візуалізацією оброблених даних; з візуалізацією оброблених даних і спостережуваних об'єктів, процесів і явищ; з візуалізацією оброблених даних, станів і метрологічної надійності ІС; з візуалізацією оброблених даних, функцій і математичних моделей об'єктів, процесів, полів; з візуалізацією оброблених даних, статических і динамічних сцен; ІС з комбінацією підвидів візуалізації (останні на малюнку не показані).

Слід відзначити, що ІС, реалізуючі прямі методи вимірювань, не можуть визначити значення параметрів функції перетворення вимірних каналів, забезпечити візуалізацію станів ІС і її метрологічної надійності. Це під силу тільки ІС, реалізуючі методи надлишкових вимірювань, оскільки ступінь «інтелектуальності» цих ІС вище, так як вона пов'язана з інтелектуалізацією вимірювань за рахунок введення інформативної надлишковості, управління і досягнення системи цілей. В інтелектуальних інформативно-надлишкових ІС використовуються датчики і вимірні канали з управляємими параметрами. Іншими словами, інтелект системи, при інших рівних умовах, забезпечується завдяки можливості управління функціями перетворення, т.е. використання їх гнучкості. Чим більше гнучких вигинів (станів) у датчиків, тим умніше ІС.

В той же час для підвищення інтелекту ІС широко використовується процес інтелектуалізації, пов'язаний не безпосередньо з вимірюваннями, а з рішенням інших вимірних функцій (обробки даних, аналізу, управління і т.д.) і завдань сервісу з використанням підсистем штучного інтелекту, — інтелектуальних інтерфейсів, бази знань і експертних систем. При цьому процес інтелектуалізації представляє собою послідовність операцій, кожна з яких повинна бути забезпечена відповідними програмними і апаратними засобами.

По використовуваним засобам інтелектуалізації розрізняють ІС без (під)систем інтелектуалізації, ІС з використанням інтелектуального інтерфейсу, ІС з використанням бази знань, ІС з використанням експертної системи і ІС змішанного підвиду, — інтелектуальні ІС (див. рис. 1).

Створення ІС пов'язано з використанням тієї или іншої технології. По використовуваній технології розрізняють: ІС, що використовують провідну технологію; ІС, що використовують невідому технологію; ІС, що використовують технологію Lab View і, можливо, змішані технології.

Провідна технологія — це типова технологія створення ІС і приладів, що передбачає з'єднання функціональних блоків і елементів між собою з допомогою провідникових ліній зв'язу і/или провідникових шин (— з'єднані лінії зв'язу з заданим числом провідників). В випадках забезпечення гальванічної розв'язки каналів или блоків використовується оптична зв'язь.

Невідомі технології — це технологія створення ІС з розподіленими в просторі датчиками, вимірними каналами, виконавчими механізмами і автономними засобами вимірювань, з'єднані невідомими приєму-передаючими лініями зв'язу. Так, наприклад, ІС з невідомою сенсорною мережею представляє собою розподілене множинство датчиків і виконавчих пристроїв, з'єднаних між собою засобом радіоканала. Причому область покриття складає від декількох метрів до декількох кілометрів. ІС з з'єднаною в невідому сенсорну мережу датчиками утворюють територіально-розподілену самоорганізуючу систему збору, обробки і передачі інформації. Невідомі ІС складаються з мініатюрних обчислювальних пристроїв – мотів, обладаних датчиками і прийомопередатчиками сигналів, що працюють в заданому радіодіапазоні.

Широке поширення отримали технології невідомої передачі даних, засновані на родині стандартів IEEE 802.11 і 802.15 или стандартах невідомої зв'язу : Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee і nanoNet [33]. Працюють вони в діапазоні 2.4 ГГц.

Технологія Wi-Fi заснована на стандарті IEEE 802.11. В її основу покладено сотову архітектуру. Данна технологія має високе по порівнянню з іншими стандартами споживання енергії, що зменшує час життя батарей.

Технологія Bluetooth, заснована на стандарті IEEE 802.15.1, визначає функціонування компактних систем зв'язу на невеликих відстанях між мобільними персональними комп'ютерами, мобільними телефонами і іншими портативними пристроями. Данна технологія використовує недорогий радіо-інтерфейс з низьким енергоспоживанням для організації персональних мереж. Забезпечує передачу в режимі реального часу як цифрових даних, так і звукових сигналів.

Технологія ZigBee представляє набір протоколів мережного рівня, що використовують маломощні радіопередатчики, засновані на стандарті IEEE 802.15.4. Технологія націлена на застосування, яким

требуется длительное время автономной работы от батарей и высокая безопасность при достаточно невысоких скоростях передачи данных.

Технология nanoNet, основанная на стандарте IEEE 802.15.4a, является частным решением для построения беспроводных сетей, разработанных компанией Nanotron Technologies. Работает на высоких скоростях и с повышенной надежностью передачи данных.

Следует отметить, что на стандарте ZigBee базируются, в основном, беспроводные сенсорные сети. Технология ZigBee имеет достаточно скромные показатели скорости передачи данных и расстояния между узлами, но имеет следующие преимущества [33]:

- ориентирована на использование в системах распределенного микропроцессорного управления со сбором информации с интеллектуальных сенсоров, где вопросы минимизации энергопотребления и процессорных ресурсов являются определяющими;
- предоставляет возможность организации самоконфигурируемых сетей со сложной топологией, в которых качество связи автоматически определяется на аппаратном уровне;
- обеспечивает масштабируемость — автоматический ввод в работу узла или группы узлов сразу после подачи питания на узел;
- поддерживает встроенные аппаратные механизмы шифрования сообщений AES-128.

ИС на базе технологии LabView RT, разработанной фирмой National Instruments, создаются средствами графического программирования LabView как системы жесткого реального времени [34]. В них обработка информации проводится за определённый конечный период времени. Технология LabView RT предусматривает взаимодействие LabVIEW-программы, работающей на обычном персональном компьютере, и сверхбыстрого и сверхкомпактного приложения, выполняющегося на микроконтроллере. LabView поддерживает передачу данных по каналу общего пользования (КОП, GPIB), по USB, Ethernet, Firewire (IEEE 1394) и последовательным портам.

По используемой платформе различают ИС на основе программно-аппаратных платформ PXI и VXI, модульной платформы LXI, конфигурируемой платформ, например, конфигурированного ввода-вывода Rtconfigurable Input/Output (RIO), универсальной измерительной платформы TXFO FTB-500 и т.д.

PXI — это магистрально-модульная измерительная платформа, предназначенная для создания многофункциональных и высокопроизводительных автоматизированных измерительных систем. В основе PXI-платформы лежат стандартные компьютерные технологии: шина PCI/PCI Express, процессор и периферийные устройства. Архитектурно PXI состоит из шасси, в которое устанавливаются модульные приборы, контроллеры или интерфейсы для удаленного управления платформой [35].

Платформа PXI основана на широко распространенном стандарте CompactPCI и обеспечивает эффективное взаимодействие с тысячами модулей CompactPCI. Ее особенностью является надежная платформа с фронтальной загрузкой модулей, встроенные возможности по синхронизации и тактирования отдельных устройств, специально разработанных для решения задач тестирования и измерений.

PXI является международным стандартом. Высокая производительность, малый размер и низкая цена сделали магистрально-модульную измерительную платформу PXI одной из наиболее быстро развивающихся платформ в технологии тестирования и измерений.

Стандарт VXI (VMEbus eXtention for Instrumentation — VXI) создан в середине 80-х годов XX века в связи с развитием технологии стандартизированного оборудования и программного обеспечения, подчиняющихся принципам магистрально-модульных систем и стандарту «Plug and Play» для решения задач создания высокоточного контрольного и диагностического оборудования. Термин Plug&Play дословно означает «включай и играй (работай)», а в прикладном смысле — ничего не нужно настраивать, достаточно подключить устройство к компьютеру. Стандарт (технология) Plug and Play («Включил-и-Работай») устанавливает требования по автоматическому распознаванию нового устройства или добавленной платы в компьютер, их автоматическому конфигурированию и настройке для работы в данной системе.

Технологии и стандарт VXI обеспечивают комплексный подход к созданию информационных, измерительных, диагностических и контрольных системы любого уровня сложности на основе единых принципов. Существующие системы легко расширяются. Несколько систем могут быть объединены в одну. Архитектура систем легко перестраивается и изменяется. Обмен данными между модулями происходит быстро и максимально эффективно. Системы обладают отличными показателями качество/цена при высокой точности измерений и высокой помехозащищенности, функциональной законченности приборов [36].

Стандарт VXI удовлетворяет требованиям военно-промышленных стандартов, требованиям ряда промышленных стандартов (ISO 9000) и стандартам различной помехо-, магнито- и электрозащищенности. Все эти требования учитываются на стадии проектирования измерительных и диагностических магистрально-модульных систем и не требуют дополнительных затрат при сборке и эксплуатации аппаратуры.

Коммуникационный стандарт LXI (LAN eXtensions for Instrumentation) предназначен для разработки сетей и систем передачи данных, связывающих различные сенсоры, исполнительные механизмы, промышленные контроллеры и т.д. Стандарт используется в автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУТП) и предполагает использование стандартных сетей Ethernet [37, 38]. Стандарт предусматривает подключение к беспроводным, кабельным или оптическим сетям Ethernet с использованием стандартных Ethernet разъемов RJ45.

В отличие от устройств PXI и VXI, которые ограничены заданными размерами модулей, устройства

на базе стандарта LXI могут иметь произвольный вид. Для тех устройств, которые встраиваются в стойки, рекомендуется придерживаться спецификации IEC. Согласно ей, ширина модуля должна соответствовать стандартному размеру стойки 19 дюймов или ее половине.

ИС на основе конфигурируемой платформы — это программно-ориентированные измерительные системы с функциональностью, задаваемой пользователем, с учетом существующих стандартов. Конфигурируемые платформы появились в связи с ужесточением требований к измерительным системам и комплексам в части их функциональности и с использованием традиционных узкоспециализированных средств измерений. Наибольший интерес представляют типовые, встраиваемые в персональные и промышленные компьютеры многофункциональные устройства, выполненные на основе как традиционных схем, так и на основе концепции конфигурируемого ввода-вывода (Rtconfigurable Input/Output (RIO)) [39]. В этих устройствах, выпускаемых корпорацией National Instruments, используются ПЛИСы, программируемые разработчиками на этапе создания прикладных систем и интеграции в эти системы функциональных модулей ввода-вывода, предназначенных как для измерений, так и для генерации аналоговых сигналов, сбора и формирования цифровых сигналов и т.п.

Универсальная измерительная платформа TXFO FTB-500 способна вместить все измерительные модули (до 8 шт.) и приложения, которые могут потребоваться для тестирования на каждом шаге жизненного цикла сети: при строительстве, приемо-сдаточных испытаниях, активации сервиса, обслуживании, диагностике и устранении неисправностей [40]. Предназначена для тестирования всех существующих типов волоконно-оптических линий связи. Платформа FTB-500 создана для сетевых экспертов и позволяет проводить тестирование самых современных сетей на физическом уровне, оптическом, транспортном и на уровне данных.

В качестве других платформ можно назвать, например, контрольно-измерительные платформы JDSU [41]. ИС на их основе предназначены для работ в полевых условиях, связанных с измерениями параметров широкополосных сетей и сетей Triple Play. Сменные оптические модули позволяют выполнять все типы измерений, включая рефлектометрию (OTDR), измерения уровней мощности, спектральный анализ (OSA) и идентификацию оптических волокон (CD, PMD, AP, IL, IRL, контроль волокон и коннекторов) в сетях малой и большой дальности, FTTx, CWDM, DWDM и ROADM. Модульная конструкция обеспечивает широчайшие возможности по выбору и изменению конфигурации ИС в зависимости от практических потребностей. При создании ИС для измерений параметров ВОЛС и транспортных сетей используются и универсальные измерительные платформы MTS-6000 и MTS-6000A [42].

Выводы

Понятие «измерительная система» является базовым. Все остальные понятия и определения (информационная, диагностическая и т.д.) связаны с индивидуальными особенностями системы и ее назначением.

С единых позиций системного подхода предложены определения понятий: «измерительная система» и «информативно-избыточная измерительная система», что обусловлено существованием двух стратегий измерений: стратегии прямых измерений и стратегии избыточных измерений, а также понятий: «измерительная информационная система», «контролирующая измерительная система», «диагностическая измерительная система», «измерительная система распознавания» и «измерительная система идентификации».

Приведена базовая классификация измерительных систем с использованием типовых и новых классификационных признаков. Так, например, по классификационному признаку «класс решаемых задач» измерительные системы делятся на системы, предназначенные для решения измерительных задач и системы, предназначенные для решения метрологических задач.

Приведено авторское определение понятия «метрологическая задача».

Раскрыты признаки деления ИС, не приведенные в классификации; описаны особенности данных ИС.

Особое внимание уделено описанию ИС с беспроводными линиями связи, а также измерительным платформам.

Литература

1. ГОСТ 16263-70 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Термины и определения. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-16263-70>.
2. ГОСТ 8.437-81 «Государственная система обеспечения единства измерений. Системы информационно-измерительные. Метрологическое обеспечение. Основные положения» [2]. Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/46/46659.shtml>.
3. ГОСТ Р 8.596-2002. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Режим доступа: http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/10/10995/index.php.
4. Измерительные системы. Редим доступа: <http://toe-kgeu.ru/mcc/91-metrology>.
5. Раннев Г. Г. Измерительные информационные системы: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г. Г. Раннев. — М.: Издательский центр «Академия», 2010. — 336 с.
6. Виды измерений. Классификация. Рекомендация. МИ 2222-92 <http://bestpravo.ru/rossijskoje/ys->

akty/g4b.htm .

7. Метрологическая задача. Режим доступа: <http://kondratov.com.ua/index.php/novosti/novosti-fundamentalnoj-metrologii/2011-2015-gg>].

8. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений: решение метрологических задач при линейной функции преобразования измерительного канала. Сообщение 1.1/ В.Т.Кондратов // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2012.– № 4. – С. 125-137

9. Информационно-измерительные системы. Режим доступа: [10. Информационно-измерительные системы. Режим доступа: <http://solo-project.com/articles/category/5/message/163/>.](http://www.google.com.ua/url?sa=t&rcct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fivk.ulstu.ru%2Ffiles%2F%25D0%2598%25D0%25B7%25D0%25BC%25D0%25B5%25D1%2580%25D0%25B8%25D1%2582%25D0%25B5%25D0%25BB%25D1%258C%25D0%25BD%25D0%25BE%25D0%25B8%25D0%25BD%25D1%2584%25D0%25BE%25D1%2580%25D0%25BC%25D0%25B0%25D1%2586%25D0%25B8%25D0%25BE%25D0%25BD%25D0%25BD%25D1%258B%25D0%25B5%2520%25D1%2581%25D0%25B8%25D1%2581%25D1%2582%25D0%25B5%25D0%25BC%25D1%258B%2520%25D0%25B8%2520%25D1%2582%25D0%25B5%25D1%2585%25D0%25BD%25D0%25BE%25D0%25BB%25D0%25BE%25D0%25B3%25D0%25B8%25D0%25B8%2F%25D0%259B%25D0%25B5%25D0%25BA%25D1%2586%25D0%25B8%25D0%25B8%2520%25D0%2598%25D0%2598%25D0%25A1%25D0%25A2.doc&ei=-CVXVKCzKMHaPeK6gZgB&usg=AFQjCNHDLmuuKbcr6AlicGrcwOy0opQQ&sig2=4IMyqdtQssdnrvTwUoMCVw&bvm=bv.78677474.d.ZWU .</p>
</div>
<div data-bbox=)

11. Гибкие производственные процессы и роботизированные производства. Режим доступа: http://chemanalytica.com/book/novyy_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/12_obshchie_svedeniya/6308.

12. Скрипник Ю. А. Модуляционные измерения параметров сигналов и цепей. — М., «Сов. радио», 1975. — 320 с.

13. Принцип временного разделения каналов. Режим доступа: http://sernam.ru/book_tec.php?id=133.

14. Сканирующие ИС. Режим доступа: <http://tigach.narod.ru/16-20.html>.

15. Рабочая программа, методические указания и контрольные задания к изучению дисциплины «Физико-химические измерения» для студентов направления 6.051002 – «Метрология, стандартизация та сертификация», специализация МГ901 заочной формы обучения / Сост.: В.В. Величко, Н.М. Великонская, Ю.Д. Стогний — Днепропетровск: НМетАУ, 2013 — 68 с.

16. Номенклатура теплофизических величин. Обозначение. Единицы измерения. Режим доступа: http://tw.mpei.ac.ru/tthb/2/OIVT/HB_v201/Chapter1/11m.pdf.

17. Радиоизмерения. Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/125727/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F>.

18. Балихин А.К. Радиоизмерения. Воен. издат. МВС СССР. М., 1949. Режим доступа: <http://library.psu.kz/fulltext/buuk/a151.pdf>.

19. Тема 1. Введение. Радиотехнические измерения. Режим доступа: http://phys.bspu.unibel.by/static/um/inf/elektronika/radio_electronika/lekcii/tema1.pdf

20. Парахуда Р. Н., Литвинов Б. Я. Информационно-измерительные системы: Письменные лекции. — СПб.: СЗТУ, 2002, — 74 с. Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/491/40491/files/153.pdf>.

21. BotCam стерео-видео система. Режим доступа: http://translate.google.com.ua/translate?hl=ru&sl=en&u=http://www.pifsc.noaa.gov/cred/stereo_video.php&prev=search .

22. Техническая диагностика. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%B4%D0%B8%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0

23. Гинзбург В.М. Голографические измерения. М.: 1981. — 296 с. Режим доступа: <http://rkniga.ru>.

24. Измерения голографические. Режим доступа: <http://www.vniiofi.ru/services/m-10-accreditation.html>.

25. RFID и системы идентификации. Режим доступа: <http://www.kit-e.ru/articles/rfid.php./knigi/spravochnik/izmereniya/206-golograficheskie-izmereniya.html>.

26. Физическая идентификация PLU. Режим доступа: http://www.znaytovar.ru/s/Fizicheskaya_identifikaciya_PLU.html

27. Предложена новая система идентификации личности. Режим доступа: <http://www.membrana.ru/particle/4566> .

28. Понятие открытой системы. Режим доступа: http://www.bookasutp.ru/Chapter1_3.aspx.

29. Кондратов В.Т. Разработка концепции построения и архитектуры измерительных систем для экспресс-диагностики состояния физических и биологических объектов. Сообщение 3. / В.Т.Кондратов // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. — 2014. — № 6. — С. 123-139.

30. Учебный курс «Информационные технологии: фазы обработки информации - источники, поиск, сбор, анализ и представление. Раздел 2. Знание и управление знаниями. Режим доступа: http://vladimir.socio.msu.ru/1_KM/theme_07.htm.

31. Работают ли знания на практике или как заставить знания работать? Режим доступа: <http://www.brainity.ru/projects/interactive2/?author=1&authorName=%D0%A1%D0%BE%D1%84%D0%B8%D1%8F>.

32. Кондратов В.Т. Визуализация в метрологии: уровни, направления, цели, задачи, методы и программное обеспечение. /В.Т.Кондратов //Вимірвальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2011. – № 1. – С. 7-21.

33. Микроконтроллеры сбора данных и управления. 5.1. Информационно-измерительные системы. Режим доступа: http://edu.dvgups.ru/METDOC/GDTRAN/YAT/AT/M_I-U_S/METHOD/UP/frame/5.htm.

34. LabVIEW. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>

35. PXI модульная измерительная платформа. Режим доступа: <http://www.mka.ru/?p=40046/>.

36. Измерительные технологии VXI. Режим доступа: <http://vxi.su/>.

37. LXI — Стандарт информационных и контрольно-измерительных технологий. Режим доступа: <http://lxi.su/>.

38. Кондратов В.Т., Кондратов Ю.Т. Классификация интерфейсов измерительных систем и приборов /В.Т.Кондратов, Ю.Т.Кондратов//Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. — 2014. — № 4. — С. 85 – 97.

39. LabView FPGA. Реконфигурируемые измерительные и управляющие системы. — М.: ДМК Пресс, 2009. — 448 с. Режим доступа:

<http://books.google.com.ua/books?id=OmwwAgAAQBAJ&pg=PA116&lpg=PA116&dq=%D0%B2%D1%81%D0%B5+%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5+%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%8B&source=bl&ots=gz4OjCR9eK&sig=wZDWbXPvBRQekNsNQERvtUErYY&hl=ru&sa=X&ei=CjdcVIOQGMXtO5iXgLAN&ved=0CB4Q6AEwATgK#v=onepage&q=%D0%B2%D1%81%D0%B5%20%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%8B&f=false>

40. Универсальная измерительная платформа EXFO FTB-500. Режим доступа: http://www.tehencom.com/Companies/EXFO/FTB-500/EXFO_FTБ-500.htm.

41. Контрольно-измерительные платформы. Режим доступа: <http://www.jdsu.com/ru-ru/Test-and-Measurement/Products/field-network-test/fiber/test-platforms/Pages/default.aspx#.VFw2H2fUfQM>.

42. Измерительное оборудование для ВОЛС и транспортных сетей. Режим доступа: <http://www.en4tel.com/measuring-platform/mts6000/>.

References

1. GOST 16263-70. Gosudarstvennaja sistema obespechenija edinstva izmerenij. Metrologija. Terminy i opredelenija. Rezhim dostupa: <http://docs.cntd.ru/document/gost-16263-70>.

2. GOST 8437-81 «Gosudarstvennaja sistema obespechenija edinstva izmerenij. Sistemy informatsionno-izmeritelnyje. Metrologicheskoe obespechenije. Osnovnyje polozenija». Rezhim dostupa: <http://vsogost.com/Catalog/46/46659.shtml>.

3. GOST P8.596-2002. Metrologicheskoe obespechenije izmeritelnykh sistem. Rezhim dostupa: http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/10/10995/index.php.

4. Izmeritelnyje sistemy. Rezhim dostupa: <http://toe-kgeu.ru/mcc/91-metrology>.

5. Raneev G. G. Izmeritelnyje informatsionnyje sistemy: uchebnik dlja stud. vysch. ucheb. zavedenij / G. G. Raneev. — М.: Izdatelskij tsentr «Akademija», 2010. — 336 s.

6. Vidy izmerenij. Klassifikatsija. Rekomendatsija. MI 2222-92. Rezhim dostupa <http://bestpravo.ru/rossijskoje/ys-akty/g4b.htm>.

7. Metrologicheskaja zadacha. Rezhim dostupa: http://kondratov.com.ua/index.php/novosti/novosti_fundamentalnoj-metrologii/2011-2015-gg.

8. Kondratov V.T. Teorija izbytochnykh izmerenij: reshenije metrologicheskikh zadach pri linejnoj funktsii preobrazovanija izmeritel'nogo kanala. Soobschenije 1.1/ V.T.Kondratov // Visnyk Khmel'nitskogo natsionalnogo universytetu. Tekhnichni nauky. – 2012.– № 4. – S. 125-137

9. Informatsionno-izmeritelnyje sistemy. Rezhim dostupa: <http://www.google.com.ua/url?sa=t&rc=1&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fivk.ulstu.ru%2Ffiles%2F%25D0%2598%25D0%25B7%25D0%25BC%25D0%25B5%25D1%2580%25D0%25B8%25D1%2582%25D0%25B5%25D0%25BB%25D1%258C%25D0%25BD%25D0%25BE%25D0%25B8%25D0%25BD%25D1%2584%25D0%25BE%25D1%2580%25D0%25BC%25D0%25B0%25D1%2586%25D0%25B8%25D0%25BE%25D0%25BD%25D0%25BD%25D1%258B%25D0%25B5%2520%25D1%2581%25D0%25B8%25D1%2581%25D1%2582%25D0%25B5%25D0%25BC%25D1%258B%2520%25D0%25B8%2520%25D1%2582%25D0%25B5%25D1%2585%25D0%25BD%25D0%25BE%25D0%25B%25D0%25BE%25D0%25B3%25D0%25B8%25D0%25B8%2F%25D0%259B%25D0%25B5%25D0%25BA%25D1%2586%25D0%25B8%25D0%25B8%2520%25D0%2598%25D0%2598%25D0%25A1%25D0%25A2.doc&ei=-CVXVKCzKMHaPeK6gZgB&usq=AFQjCNHDLmuuKbc6r6AliCgRcwOy0opQQ&sig=4lMyqdtQssdnrvTwUoMCVw&bvm=bv.78677474.d.ZWU>.

10. Informatsionno-izmeritelnyje sistemy. Rezhim dostupa: <http://solo-project.com/articles/category/5/ message/163/>.

11. Gibkie proizvodstvennye processy i robotizirovannye proizvodstva. Rezhim dostupa: http://chemanalytica.com/book/novyy_spravochnik_khimiya_i_tekhnologiya/12_obshchie_svedeniya/6308.

12. Skripnik Yu. A. Moduljatsionnyje izmerenija parametrov signalov i tsepej. — М., «Sov. radio», 1975. — 320 s.

13. Printsip vremennogo razdelenija kanalov. Rezhim dostupa: http://sernam.ru/book_tec.php?id=133.

14. Skaniryuschie IS. Rezhim dostupa: <http://tigach.narod.ru/16-20.html>.

15. Rrabochaja programma, metodicheskije ukazanija i kontrolnyje zadanija k izucheniju distsipliny «Fiziko-khimi-cheskije izmerenija» dlja studentov napravlenija 6.051002 — «Metrologija, standartizatsija ta sertifikatsija», spetsializatsija MG901 zaochnoj formy obuchenija / Sost.: V.V. Vekichko, N.M. Velikonskaja, Yu.D. Stognij – Dnepropetrovsk: NMetAU, 2013 – 68 s.

16. Nomenklatura teplofizicheskikh velichin. Oboznachenije. Edinitsy izmerenija. Rezhim dostupa: http://tw.mpei.ac.ru/tthb/2/OIVT/HB_v201/Chapter1/11m.pdf.

17. Radioizmerenija. Rezhim dostupa: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/125727/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F>.

18. Balikhin A.K. Radioizmerenija. Voen. izdat. MVS SSSR. М., 1949. Rezhim dostupa: <http://library.psu.kz/fulltext/boek/a151.pdf>

19. Tema 1. Vvedeniye. Radiotekhnicheskije izmereniya. Rezhim dostupa: http://phys.bspu.unibel.by/static/um/inf/elektronika/radio_electronika/lekcii/tema1.pdf.
20. Parakhuda R. N., Litvinov B. Ya. Informatsionno-izmeritelnyje sistemy: Pismennyje leksii. — Spb.: SZTU, 2002, — 74 s. Rezhim dostupa: <http://window.edu.ru/resource/491/40491/files/153.pdf>.
21. BotCam stereo-video sistema. Rezhim dostupa: http://translate.google.com.ua/translate?hl=ru&sl=en&u=http://www.pifsc.noaa.gov/cred/stereo_video.php&prev=search.
22. Tekhnicheskaja diagnostika. Rezhim dostupa: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%B4%D0%B8%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.
23. Ginsburg V.M. Golograficheskije izmereniya. M.: 1981. — 296 s. Rezhim dostupa: <http://rkniga.ru/knigi/spravochnik/izmereniya/206-golograficheskije-izmereniya.html>.
24. Izmereniya golograficheskije. Rezhim dostupa: <http://www.vniiofi.ru/servises/m-10-accreditation.html>.
25. RFID i sistemy identifikatsii. Rezhim dostupa: <http://www.kit-e.ru/articles/rfid.php>.
26. Fizicheskaja identifikatsija PLU. Rezhim dostupa: http://www.znaytovar.ru/s/Fizicheskaya_identifikaciya_PLU.html
27. Predlozhenaja novaja sistema identifikatsii lichnosti. Rezhim dostupa: <http://novostey.com/science/news/274240.html>.
28. Ponjatije otkrytoj sistemy. Rezhim dostupa: http://www.bookasutp.ru/Chapter1_3.aspx.
29. Kondratov V.T. Razrabotka kontseptsii postroeniya i arkhitektury izmeritelnykh sistem dlja ekspres-diagnostiki sostojanija fizicheskikh i biologicheskikh obektov. Soobshchenije 3. / V.T.Kondratov // Visnyk Khmel'nitskogo natsionalnogo universytetu. Tekhnichni nauky. — 2014. — № 6. — S. 123-139.
30. Uchevnyj kurs «Informatsionnyje tekhnologii: fazy obrabotki informatsii — istochniki, poisk, sbor, analiz i predstavlenije. Razdel 2. Znaniye i upravlenije znaniyami. Rezhim dostupa: http://vladimir.socio.msu.ru/1_KM/theme_07.htm.
31. Rabotayut li znaniya na praktike ili kak zastavit znaniya rabotat? Rezhim dostupa: <http://www.brainity.ru/projects/interactive2/?author=1&authorName=%D0%A1%D0%BE%D1%84%D0%B8%D1%8F>.
32. Kondratov V.T. Vizualizatsiya v metrologii: urovni, napravleniya, tseli, zadachi, metody i programmnoje obespechenije /V.T. Kondratov //Vymiryvalna ta obchyslyvalna tekhnika v tekhnologichnykh protsesakh. — 2011. — № 1. — S. 7-21.
33. Mikrokontrollery sbora dannykh i upravleniya. 5.1. Informatsionno-izmeritelnyje sistemy. Rezhim dostupa: http://edu.dvgups.ru/METDOC/GDTRAN/YAT/AT/M_I-U_S/METHOD/UP/frame/5.htm.
34. LabVIEW. Rezhim dostupa: <https://ru.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>.
35. PXI modulnaja izmeritelnaja platforma. Rezhim dostupa: <http://www.mka.ru/?p=40046/>.
36. Izmeritelnyje tekhnologii VXI. Rezhim dostupa: <http://vxi.su/>.
37. LXI — Standart informatsionnykh i kontrolno-izmeritelnykh tekhnologij. Rezhim dostupa: <http://lxi.su/>.
38. Kondratov V.T., Kondratov Yu.T. Klassifikatsiya interfeisov izmeritelnykh sistem i priborov /V.T. Kondratov, Yu.T. Kondratov //Visnyk Khmel'nitskogo natsionalnogo universytetu. Tekhnichni nauky. — 2014. — № 4. — S. 85 – 97.
39. LabView FPGA. Rekonfiguriruemye izmeritelniya i upravljajuschije sistemy. — M.: DMK Press, 2009. — 448 s. Rezhim dostupa: <http://books.google.com.ua/books?id=OmwAgAAQBAJ&pg=PA116&lpg=PA116&q=%D0%B2%D1%81%D0%B5+%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5+%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%8B&source=bl&ots=gz4OjCR9eK&sig=wZDWbXPvbRQekNsNQRvtUErYY&hl=ru&sa=X&ei=CjdcVIOQGMXtO5iXgLAN&ved=0CB4Q6AEwATgK#v=onepage&q=%D0%B2%D1%81%D0%B5%20%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%8B&f=false>
40. Universalnaja izmeritelnaja platforma EXFO FTB-500. Rezhim dostupa: http://www.tehencom.com/Companies/EXFO/FTB-500/EXFO_FT-500.htm.
41. Kontrolno-izmeritelnyje platformy. Rezhim dostupa: <http://www.jdsu.com/ru-ru/Test-and-Measurement/Products/field-network-test/fiber/test-platforms/Pages/default.aspx#.VFw2H2fUfQM>.
42. Izmeritelnoje oborudovaniye dlja VOLS i transportnykh setej. Rezhim dostupa: <http://www.en4.tel.com/measuring-platform/mts6000/>.

Рецензія/Peer review : 10.10.2014 р.

Надрукована/Printed : 16.11.2014 р.