

УДК 621.34

С.Г. Семенов¹, О.В. Петров², С.О. Єнгалічев³¹ Національний технічний університет «ХПІ», Харків² Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків³ Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ІДЕНТИФІКАЦІЙНИХ ВИМІРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ОКРЕМИХ ІМОВІРНІСНО-ЧАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛІВ

Проведений аналіз сучасних методів ідентифікаційних вимірів. Синтезовані основні підходи, які можуть бути використані при ідентифікаційних вимірах. Розроблена структура ідентифікаційної шкали. Приведена класифікація засобів ідентифікаційних вимірів. Наведені основні принципи, що є основою побудови засобів ідентифікаційних вимірів. Перелічені основні вимоги щодо складових елементів системи ідентифікаційних вимірів. Зроблені висновки про можливість використання окремих імовірнісно-часових характеристик сигналів для ідентифікаційних вимірів.

Ключові слова: ідентифікаційні виміри, сигнал, структурна та параметрична ідентифікація.

Вступ

Постановка проблеми. Розпізнавання, як інформаційна процедура, властива всім живим природним об'єктам, є їх природною, "вбудованою" функцією і направлена на адаптацію організму до умов зовнішнього і внутрішнього середовища. Проте, якщо в живій природі функція розпізнавання виконується швидко, ефективно і на інтуїтивному рівні, то навчити технічну систему виконувати теж саме є складною проблемою.

Аналіз літератури [1 – 5] показав, що існує чималий круг завдань, прямо або побічно пов'язаних з розпізнаванням сигналів, які є носієм інформації, про стан об'єктів або процесів. Найбільш характерними в цьому відношенні є завдання, пов'язані з виміром форми вхідного сигналу, оскільки від цього залежить вибір оптимальних алгоритмів перетворення даних і обчислення саме тих параметрів, які найточніше оцінюють досліджувані властивості об'єкту або процесу. Тому дуже часто всі класи завдання розпізнавання сигналів зводяться до завдання виміру форми сигналів і їх характеристик. В більшості джерел інформації [2 – 4] ці виміри названі ідентифікаційними вимірами.

Основна частина

Як показали дослідження [3] у теорії вимірів визначення параметрів моделі (параметрична ідентифікація) реалізується шляхом вимірів з використанням спеціальних засобів. Визначення ж структури (структурна ідентифікація) моделі здійснюється апріорі або сумісно з експериментом, шляхом прямої вказівки призначення даного засобу виміру в його технічному паспорті. Поняття виміру використовується для того, щоб підкреслити методологічну єдність процедур кількісного оцінювання будь-якої фізичної величини і величини, що характеризується поняттям "Форма сигналу" [2, 3].

В деяких джерелах [2 – 4] були сформульовані основні ідеї, які можуть бути використані при ідентифікаційних вимірах, це в першу такі:

– будь-який аналоговий (безперервний в часі) сигнал повністю характеризується своєю формою.

– форма реалізації сигналу є інтегрованою характеристикою стану сигналу за час спостереження. Сигнал є його реалізація, спостережувана на безколичному інтервалі.

– форма сигналу не міняється при зміні зсуву і масштабу по осі амплітуд, якщо при цьому на інтервалі спостереження зберігається весь сигнал.

– форма сигналу не міняється при зміні зсуву і масштабу по осі часу, якщо при цьому на інтервалі спостереження зберігається весь сигнал.

– будь-який аналоговий (безперервний в часі) сигнал після рівномірної дискретизації за часом частково характеризується розподілом миттєвих значень (РМЗ).

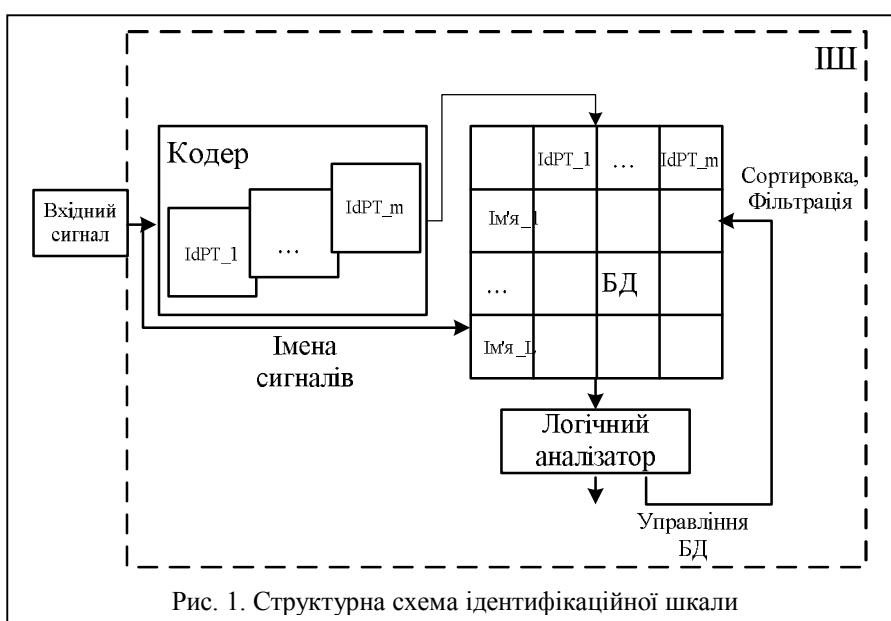
– будь-який аналоговий (безперервний в часі) сигнал після рівномірного квантування по рівню частково характеризується сукупністю розподілів часових інтервалів (РЧІ) кожного рівня.

– РМЗ і РЧІ в сукупності повністю характеризують форму окремої реалізації (часового ряду спостережень) сигналу.

– при відомій і постійній на інтервалі спостережень формі реалізації сигналу, повна інформація про сигнал поміщена в одному з розподілів (РМЗ або РЧІ).

– форма визначає інформаційний вміст сигналу і не пов'язана безпосередньо з енергетикою цього сигналу.

Вказані положення дозволяють сформулювати умови, необхідні для реалізації технологій ідентифікаційних вимірів сигналів. Перша умова пов'язана з необхідністю мати інструменти виміру РМЗ і РЧІ. Друга умова вимагає наявності інструментів встановлення логічних зв'язків кількісних оцінок РМЗ і РЧІ з якісним станом сигналу. Ці умови об'єднуються в особливий структуру (рис. 1), названу ідентифікаційною шкалою.



Як показали дослідження ідентифікаційна шкала (ІШ) складається з кодерів ідентифікаційних параметрів, бази даних (БД) і логічного аналізатора (ЛА). Імена сигналів і, пов'язані з ними, чисельні оцінки ідентифікаційних параметрів утворюють реляційну БД. Можна сказати, що ІШ є база даних, що автоматично керується вхідним сигналом. У загальному випадку управління такою БД полягає в пересортуванні первинного списку імен і їх фільтрації. При впорядкуванні чисел (IdP) автоматично ранжируються імена (Ім'я₁) і, відповідно, ті властивості об'єкту або процесу, які ці імена і числа представляють [2, 3].

Таким чином, в ІШ відбувається об'єднання технології виміру і технології БД для вирішення завдань розпізнавання образів сигналів. На підставі розглянутої структурної схеми введемо наступне визначення: Ідентифікаційними називатимемо такі шкали, які за допомогою числових показників упорядковують лінгвістичні характеристики, наприклад, імена, об'єктів або процесів.

Оскільки імена в максимально стислій, компактній формі відображують деяку сукупність властивостей об'єктів або процесів, то виходить, що, по-перше, ІШ здійснюють компресію інформації і, по-друге, реалізують кількісне оцінювання якісного стану об'єкту дослідження.

Впорядкованість числових відміток і, пов'язаних з ними, імен, по-перше, дає можливість інтерполяції положення невідомих об'єктів в рамках шкали, по-друге, виявляє структуру зв'язків цього об'єкту з еталонними об'єктами, представленими іменами відміток і, в третій, здійснює розкладання імені досліджуваного об'єкту в спектр імен еталонних відміток.

З формальної точки зору ІШ відображує деяку множину, наприклад, часовий ряд спостережень $F(t)$, в ідентифікаційне число $(G) - G:F(t) \rightarrow G$. Основною властивістю цього числа є те, що воно не залежить від лінійних перетворень вихідної множини. Дана властивість характеризує масштабну інва-

ріантність ІШ.

Особливістю відображення $F(t) \rightarrow G$ є його неоднозначність, при якій одне і те ж ідентифікаційне число може належати різній вихідній множині. Ця особливість властива багатьом перетворенням, зв'язаним, наприклад, з інтеграцією або зміною розмірності. Досить пригадати обчислення моментних характеристик випадкових сигналів, коли однакові числові показники типа математичного сподівання або дисперсії, можуть бути отримані від сигналів різної структури. Усунення

або зменшення неоднозначності є основною метою розробників систем розпізнавання [2, 3].

Інший варіант інтерпретації ІШ [2-4] полягає в її зображенні у вигляді впорядкованого списку кортежів атрибутів із структурою: {Ім'я(об'єкту); Ранг(об'єкту); Значення(IdP)}. Якщо в кортежі відсутній елемент <Значення(IdP)>, то отримуємо структуру "не вимірюваної величини", якою відповідає, наприклад, впорядкований за алфавітом список співробітників деякої установи. Якщо виміряти зростання і упорядкувати тих же співробітників по цьому показнику, то отримуємо повну структуру кортежу, відповідну "вимірюваній величині".

В рамках даної моделі операцію виміру можна розглядати як сукупність двох процедур. Перша процедура полягає в переформатуванні, відповідно до вимірюваного значення ідентифікаційного числа, первинного списку еталонів ІШ. Друга процедура полягає в привласненні досліджуваному об'єкту або імені найближчого еталону з вказівкою числової оцінки відстані між ними, або зіставленні повного списку імен еталонів, збудованих в порядку, залежному від вимірюваного ідентифікаційного числа (спектральне представлення).

Оскільки технологія роботи із списками відноситься до інформаційних технологій БД, то з'являється реальна можливість розповсюдити цю технологію для обробки "класичних" сигналів, що представляються часовими рядами спостережень.

У таких умовах синтез ІШ є неформальною і багатоваріантною процедурою. Тому найбільш важливою проблемою розробки ІШ є проблема вибору системи ідентифікаційних числових показників, які б, з одного боку, адекватно відображували на шкалу особливості досліджуваних сигналів, а з іншої – мали б ясний "фізичний" сенс.

В основу побудови засобів ідентифікаційних вимірів (ЗІВ) покладено два основні принципи [2-5]:

1. Масштабна інваріантність відображення множини (сигналу) $F(t)$ в число G , при якій

$$\text{Id}[F(t)] = \text{Id}[A + BF(Ct)] = G,$$

де $\text{Id}[\dots]$ – операція ідентифікації сигналу, A, B, C – постійні коефіцієнти.

2. Еквівалентність форм характеристик порівнюваних сигналів, при якій, якщо $G1 = \text{Id}[F1(t)]$, $G2 = \text{Id}[F2(t)]$, то при $G1 = G2$, маємо $F1(t) \equiv F2(t)$, де знак " \equiv " означає, що ці сигнали еквівалентні в ідентифікаційному просторі.

Аналогом даного принципу у вимірювальній техніці є компарування сигналів змінного струму сигналами постійного струму, що реалізовується, наприклад, на базі електротеплових перетворювачів.

Класифікація ЗІВ представлена в табл. 1.

Таблиця 1

Класифікація засобів ідентифікаційних вимірів

Найменування ЗІВ	Функція перетворення вхід-вихід
Тестери (кодери)	Сигнал (масив) – число
	Сигнал (масив) – вектор
Конвертери (декодери)	Число – сигнал (масив)
	Вектор – сигнал (масив)
Перетворювачі	Сигнал (масив) – сигнал (масив)
Генератори	Ім'я – сигнал (масив)

Тестери ідентифікаційних параметрів (кодери) є елементарними засобами ідентифікаційних вимірів. У тестерах здійснюється перетворення масиву чисел в одне, ідентифікаційне число. Алгоритм подібного перетворення служить математичною моделлю тестера. Цей алгоритм може бути заданий або аналітично, або у вигляді деякої програмної структури.

Основними вимогами до кодерів є [2,3]:

а) незалежність експериментальних даних від лінійних перетворень вихідної множини;

б) однозначність відображення множин, які належать заданому діапазону зміни їх імен.

Ці вимоги визначають загальне правило побудови будь-яких інших ЗІВ, яке формується таким чином: "Допустимі будь-які операції з формою сигналу, якщо при цьому значення ідентифікаційного параметра не змінюється".

Тестери є універсальними ЗІВ в тому сенсі, що дозволяють кількісно оцінювати форму вибіркової реалізації масивів числових даних довільної фізичної природи і є складовими частинами складніших інструментів.

Ці ж тестери можна використовувати для виміру форми не лише часових, але і спектральних і (або) кореляційних характеристик сигналів. В цьому випадку вийде набір з декількох ідентифікаційних параметрів, які можуть розглядатися як проекції деякого ідентифікаційного вектора.

Таким чином, можна усунути або істотно зменшити неоднозначність, що виникає при відображенні множини в одне число. Тестери, на виході

яких формується два і більш ідентифікаційних числа, називатимемо векторними.

Конвертерами (декодерами) називатимемо такі ЗІВ, в яких здійснюється перетворення числа в сигнал (масив чисел). Функція перетворення конвертерів є зворотною до функції перетворення кодерів. Умовою реалізації конвертерів є приналежність числа, що задається, діапазону зміни ідентифікаційних чисел a . Конвертер, що має два і більш числових входів, відноситься до групи векторних ЗІВ.

Перетворювачами називаються такі ЗІВ, на вході і виході яких присутні однорідні величини, наприклад, число – число або сигнал (масив) – сигнал (масив). У простому випадку перетворювач є послідовним з'єднанням кодера і конвертера. Види (імена) сигналів на вході і виході перетворювача можуть відрізнятися, але усередині нього (вихід кодера і вхід IdP-конвертера) дотримується умова рівності ідентифікаційних параметрів кодера і IdP-конвертера.

Генераторами називаються такі ЗІВ, які створюють на своєму виході сигнал (масив), відповідний вхідному імені деякого віртуального сигналу (масиву). На відміну від інших ЗІВ, генератори містять, явним чином, в своїй структурі базу даних. Тому генератори в якнайповнішому вигляді представляють структуру (рис. 1), звану ідентифікаційною шкалою.

Висновки

Таким чином, в ході проведеної роботи визначено, що розподіли миттєвих значень та розподіли часових інтервалів є характеристиками, які можуть бути використані при ідентифікаційних вимірах об'єктів управління.

Список літератури

1. Карабутов Н.Н. Структурная идентификация систем: анализ динамических структур / Н.Н. Карабутов. – М.: МГИУ, 2008. – 160 с.

2. Кликушин Ю.Н. Технологии идентификационных шкал / Ю.Н. Кликушин // Материалы 7-ой Международной конференции «Актуальные проблемы электронного приборостроения- АПЭП-2004». Т. 3. – Н-ск: Изд-во НГТУ, 2004. – С. 52-57.

3. Кликушин Ю.Н. Основы идентификационных измерений [Электронный ресурс] / Ю.Н. Кликушин, В.Ю. Кобенко // Журнал радиоэлектроники. – 2006. – № 5. – Режим доступа к статье: <http://jre.cplire.ru/win/nov06/2/text.html>.

4. Кузнецов О.О. Методи обробки сигналів даних та зображень: Навч. посібник / О.О. Кузнецов, Г.А. Кучук, С.Г. Семенов. – Х: НТУ "ХПИ", 2011. – 310 с.

5. Семенов А.Д. Идентификация объектов управления: учебн. пос. / А.Д. Семенов, Д.В. Артамонов, А.В. Брюхачев. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2003. – 211 с.

Надійшла до редколегії 23.02.2011

Рецензент: канд. фіз.-мат. наук, с.н.с. О.О. Можаяв, Національний технічний університет «ХПИ», Харків.

**РАЗРАБОТКА ОБЩЕЙ СТРУКТУРЫ ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТДЕЛЬНЫХ ВЕРОЯТНОСТНО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛОВ**

С.Г. Семенов, Р.В. Королев, С.А. Енгаличев

Проведен анализ современных методов идентификационных измерений. Синтезированы основные подходы, которые могут быть использованы при идентификационных измерениях. Разработана структура идентификационной шкалы. Приведена классификация средств идентификационных измерений. Приведены основные принципы, которые являются основой построения средств идентификационных измерений. Перечислены основные требования относительно составных элементов системы идентификационных измерений. Сделаны выводы о возможности использования отдельных вероятностно-временных характеристик сигналов для идентификационных измерений.

Ключевые слова: идентификационные измерения, сигнал, структурная и параметрическая идентификация.

**DEVELOPMENT of GENERAL STRUCTURE OF IDENTIFICATION MEASUREMENTS
WITH THE USE OF SEPARATE VEROYATNOSTNO-VREMENNYKH DESCRIPTIONS OF SIGNALS**

S.G. Semenov, R.V. Korolyov, S.A. Engalychev

The analysis of modern methods of the identification measurements is conducted. Basic approaches which can be used for the identification measurements are synthesized. The structure of identification scale is developed. Classification of facilities of the identification measurements is resulted. Basic principles which are basis of construction of facilities of the identification measurements are resulted. The basic requirements are transferred in relation to the component elements of the system of the identification measurements. Conclusions are done about possibility of the use of separate probabilistic-temporal descriptions of signals for the identification measurements.

Keywords: identification measurements, signal, structural and self-reactance authentication.