

Springer-Verlag, 2008. – 908 p. 7. Hollsapple C. W. *Decision support systems* / C. W. Hollsapple, A. B. Winston. – Saint Paul: West Publishing Company, 1996. – 860 p. 8. Tsay R. S. *Analysis of financial time series* / R. S. Tsay. – Hoboken: Wiley & Sons, Inc., 2010. – 715 p. 9. Bidyuk P. I. *Methods of Forecasting* / P. I. Bidyuk, O. S. Menyailenko, O. V. Polovcev. – Lugansk: Alma Mater, 2008. – 608 p. 10. Bidyuk P. I. *Models for credit risk estimation* / P. I. Bidyuk, Ye. O. Matros // *Cybernetics and Computing Techniques*, 2008. – Vol. 153. – P. 87–95. 11. De Jong P. *Generalized Linear Models for Insurance Data* / P. De Jong, G. Z. Heller. – New York: Cambridge University Press, 2008. – 197 p. 12. Gilks W. R. *Markov chain Monte Carlo in practice* / W. R. Gilks, S. Richardson, D. J. Spiegelhalter. – New York: Chapman & Hall/CRC, 2000. – 486 p. 13. Jensen F. V. *Bayesian Networks and Decision Graphs* / F. V. Jensen, Th. D. Nielsen. – New York: Springer, 2007. – 457 p. 14. Zgurovsky M. Z. *Method of constructing Bayesian networks based on scoring functions* / M. Z. Zgurovsky, P. I. Bidyuk, O. M. Terentyev // *Cybernetics and System Analysis*, 2008. – Vol. 44. – No. 2. – P. 219-224.

УДК 004.4, УДК 621.317.089.6

О. Олесків, І. Микитин

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра інформаційно-вимірвальних технологій

МЕТРОЛОГІЧНА ПЕРЕВІРКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ З РІЗНИМИ СТРУКТУРАМИ

© Олесків О., Микитин І., 2015

Розглянуто класифікацію програмного забезпечення засобів вимірювання. Проведено класифікацію структур засобів вимірювання. Проаналізовано можливість проведення метрологічної перевірки певного типу програмного забезпечення засобів вимірювання відповідно до методів метрологічної перевірки програмного забезпечення.

Ключові слова: засіб вимірювання, програмне забезпечення, метрологічна перевірка, структурна схема, вбудована система керування, кіберфізична система.

We consider the classification of software measuring instruments. Classification of their structures is performed. The possibility of verification a certain type of the metrological software for measuring instruments is analyzed.

Key words: measuring instrument, software, verification, block diagram, embedded system control, cyber-physical system.

Вступ

Застосування програмного забезпечення (ПЗ) та мікроконтролерів дозволило зменшити аналогову та цифрову частину засобів вимірювання (ЗВ). Основне опрацювання результатів вимірювання, а саме усереднення, апроксимація, фільтрація, інтерполяція, перетворення Фур'є тощо, реалізуються переважно програмним способом. Некоректна програмна реалізація алгоритмів розрахунку та опрацювання результатів вимірювання, невідповідність ПЗ вимірвальній задачі приладу, випадкова або навмисна зміна функцій ПЗ можуть призвести до виникнення додаткової похибки вимірювання. Тому доцільно здійснювати перевірку програмного забезпечення засобів вимірювання для визначення його впливу на метрологічні характеристики ЗВ.

Структура засобу вимірювання може впливати на процес, а інколи і на можливість проведення метрологічної перевірки ПЗ. Не завжди є доступ до ПЗ, що ускладнює, а в деяких випадках і унеможливує перевірку ПЗ. З іншого боку, відсутність доступу до ПЗ покращує його захищеність, оскільки немає можливості його навмисної зміни або пошкодження. Якщо доступ до

ПЗ певною мірою (через додатковий вхід, програматор або операційну систему) є відкритим, то всі проникнення у програмні файли або зміни повинні реєструватися.

Метою роботи є дослідження впливу структур засобів вимірювання на можливість проведення метрологічної перевірки програмного забезпечення.

Класифікація ПЗ ЗВ. За матеріалами рекомендацій та інших метрологічних документів [1, 2, 3] класифікація ПЗ не є однозначною. За [1] першочерговою класифікаційною ознакою є поділ на основі апаратної конфігурації на інтегроване та прикладне програмне забезпечення.

Інтегроване ПЗ ЗВ – ПЗ у складі автономного приладу цільового призначення, що має строго встановлений набір вимірювальних функцій, причому перетворення фізичної величини, що вимірюється, та обробка результатів вимірювань виконуються тільки з використанням апаратних та програмних засобів [2].

Основні характеристики інтегрованого ПЗ ЗВ [1, 3]:

- розроблено для проведення вимірювань;
- інтерфейс користувача призначений тільки для вимірювальних цілей;
- переважно зберігається в постійній пам'яті;
- програмне середовище постійне, відсутні засоби для програмування або зміни ПЗ;
- операційна система, що має призначену для користувача оболонку, відсутня;
- може підтримуватися збереження вимірюваних даних на інтегрованому, віддаленому або знімному накопичувачі даних.

Прикладне ПЗ – ПЗ, що розміщується на жорстких носіях та працює під управлінням певної операційної системи [2].

Основні характеристики прикладного ПЗ ЗВ [1, 3]:

- може виконуватися на будь-якій операційній системі;
- на додаток до ПЗ ЗВ, яке не може модифікуватися після затвердження типу, в системі можуть також встановлюватися або постійно зберігатися в пам'яті інші ПЗ, які можуть бути модифіковані;
- переважно є доступ до файлів ПЗ;
- у ПЗ може бути передбачена можливість отримання даних для опрацювання з файлів;
- інтерфейс користувача може перебувати в двох режимах: режимі вимірювання та режимі загального користування;
- збереження даних може бути локалізованим, або віддаленим;
- є можливість видалення і переустановлення ПЗ.

Враховуючи особливості інтегрованого та прикладного ПЗ ЗВ, підходи до метрологічної перевірки ПЗ є різними та вимагають аналізу структур ЗВ.

Структури засобів вимірювання з програмним забезпеченням. За структурою ЗВ умовно можна розділити на:

- автономні ЗВ;
- ЗВ, які функціонують на базі ПК;
- інформаційно-вимірювальні системи;
- вбудовані системи керування;
- кіберфізичні системи.

Автономні ЗВ (рис. 1) є цільовими пристроями, що мають встановлений набір вимірювальних функцій. Перетворення вимірюваної величини й опрацювання вимірювальних даних виконується з використанням внутрішніх апаратних і програмних засобів. Автономні ЗВ характеризуються такими загальними технічними особливостями: закритий корпус (всі компоненти ЗВ всередині корпусу, можливо опечатування (таврування)); інтерфейс для передавання даних на різні пристрої; результати вимірювань можуть зберігатися на зовнішніх накопичувачах тощо [1, 2].

Програмне забезпечення автономного ЗВ є інтегрованим, а тому недоступним для перевірки під час експлуатації. Проводиться тільки перевірка ЗВ загалом: аналогової, цифрової і програмної частини. Метрологічна перевірка ПЗ можлива лише на етапі проектування ЗВ.



Рис. 1. Структурна схема автономного ЗВ

Як один з різновидів автономного ЗВ можна розглядати **автономний ЗВ з додатковим входом** (рис. 2), що дозволяє реалізувати необхідне тестування програмного забезпечення не лише на етапі розроблення ЗВ, а й під час експлуатації. Без введення додаткового входу метрологічна перевірка інтегрованого ПЗ стає важковирішуваним завданням [3].

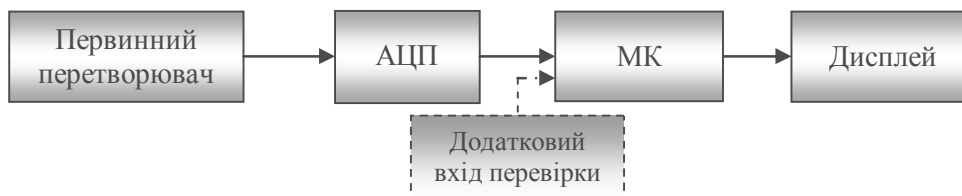


Рис. 2 Структурна схема автономного ЗВ з додатковим входом

ЗВ на базі ПК. Основною особливістю ЗВ на базі ПК (рис. 3) є те, що до складу ЗВ входить персональний комп'ютер [2, 4]. Причому опрацювання результатів вимірювання може проводитися:

- 1) тільки на ПК;
- 2) частково на МК та частково на ПК.

Обмін інформацією між ПК та мікроконтролерною частиною ЗВ може відбуватися через будь-який стандартний інтерфейс ПК. Якщо опрацювання результатів вимірювання відбувається лише на ПК, то немає перешкод для метрологічної перевірки ПЗ. Існує можливість подавання зразкових тестових послідовностей чисел через інтерфейс до ПЗ, яке проводить опрацювання результатів вимірювань за певним алгоритмом. Отриманий результат опрацювання тестової послідовності програмним забезпеченням, що перевіряється, порівнюється із зразковим результатом та робиться висновок про придатність ПЗ до подальшого використання. Для метрологічної перевірки ПЗ можуть також використовуватись інші методи [5]. У випадку, коли частина ПЗ розміщена на мікроконтролері, його перевірка є аналогічною перевірці ПЗ автономних ЗВ.

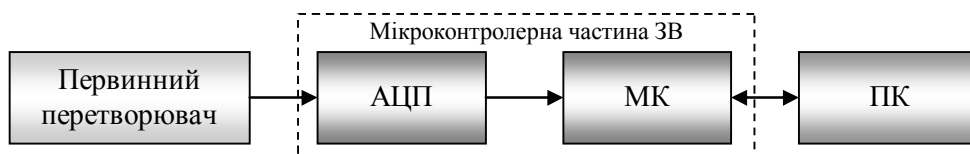


Рис. 3. Структурна схема ЗВ на базі ПК

Інформаційно-вимірювальні системи (ІВС) (рис. 4) є сукупністю функціонально об'єднаних вимірювальних, обчислювальних та інших допоміжних технічних засобів, що призначені для отримання вимірювальної інформації, її перетворення, опрацювання для представлення споживачу в необхідному вигляді, а також автоматичного контролю, діагностування, ідентифікації тощо [6].

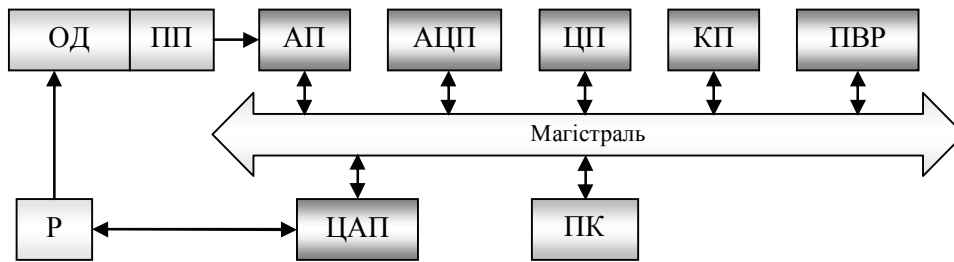


Рис. 4 Узагальнена структурна схема інформаційно-вимірювальної системи: ОД – об’єкт дослідження; ППІ – первинні перетворювачі; Р – регулятори; АП – аналогові перетворювачі; АЦП – аналогово-цифрові перетворювачі; ЦАП – цифро-аналогові перетворювачі; ЦП – цифрові прилади; КП – канали передавання; ПВР – пристрої відображення та реєстрації; ПК – персональний комп’ютер [6]

У разі реалізації ІВС для конкретної вимірювальної задачі наявність всіх функціональних блоків (рис. 4) не є обов’язковою. Характерними областями застосування ІВС є управління технологічними процесами, наукові дослідження тощо. Якщо в ІВС відбулися структурні зміни, що змінили алгоритм опрацювання результатів вимірювання, то така система, і ПЗ зокрема, можуть потребувати повторної метрологічної перевірки.

Програмне забезпечення інформаційно-вимірювальних систем, залежно від конфігурації, може бути вбудованим в ІВС (інтегроване) та міститися на ПК (прикладне). У першому випадку доступ до ПЗ переважно закритий і такий блок ІВС потрібно перевіряти загалом. У другому випадку перевірка ПЗ може проводитися із використанням зразкової тестової послідовності чисел, що подаються на ПК, або іншими методами [5].

Вбудовані системи керування (ВСК) – системи керування, конструктивно інтегровані в устаткування (рис. 5). Обов’язковий для багатьох ВСК компонент – інтерфейс із системою керування вищого рівня – промисловим комп’ютером. Наявність такого інтерфейсу дозволяє вирішувати завдання комплексної автоматизації групою одиниць технологічного устаткування, будувати розподілені системи керування [7].

Характерні особливості ВСК:

- вирішують певні специфічні завдання;
- будуються на основі різноманітного асортименту процесорів та архітектур;
- чутливі до обмежень за вартістю, габаритами, відмовами живлення, тепловиділенням тощо;
- є системами реального часу (з відповідним програмним забезпеченням, зокрема операційною системою);
- потребують менше ресурсів для свого функціонування, ніж звичайний комп’ютер;
- переважно зберігають ПЗ в постійній пам’яті.

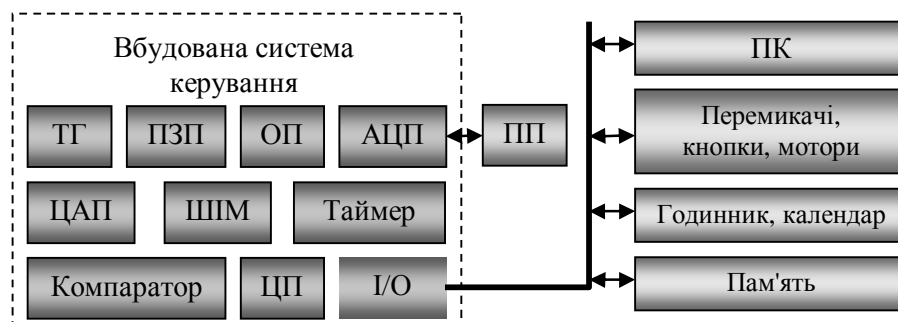


Рис. 5 Архітектура типової вбудованої системи: ППІ – первинні перетворювачі; ОП – оперативна пам’ять; ПЗП – постійний запам’ятовуючий пристрій; ТГ – тактовий генератор; ШІМ – широтно-імпульсний модулятор; ЦП – центральний процесор; I/O – пристрої вводу-виводу

Як і для ІВС, програмне забезпечення ВСК може бути як інтегрованим, коли опрацювання результатів вимірювання відбувається тільки у ВСК, так і прикладним, якщо частина опрацювання відбувається на ПК. ВСК перевіряється загалом, а ПЗ, яке розміщене на комп'ютері, – із використанням зразкової тестової послідовності чисел або іншими методами.

Кіберфізичні системи (КФС) – це системи, що об'єднують інформаційні та програмні компоненти з механічними або електронними компонентами, які “спілкуються” за допомогою комунікаційної інфраструктури, такої як Інтернет, в режимі реального часу (рис. 6) [8].

Базові технології КФС можна знайти в різних сферах інформатики: вбудованих системах керування, інтернет-технологіях і сенсорних мережах. Елементну базу КФС становлять електронні, оптичні, механічні та інші фізичні компоненти. Контрольні фізичні компоненти КФС зазвичай реалізуються на вбудованих системах керування, які охоплюють автономне керування, функції регулювання і спостереження [8].

Основними особливостями КФС вважаються:

- робота в реальному масштабі часу;
- різні, часто важкі, умови експлуатації;
- автономність роботи (відсутність оператора, обмеження електроживлення);
- високі вимоги до надійності і безпеки функціонування;
- обмежені ресурси;
- критичні застосування, пов'язані зі здоров'ям і життям людини [7].

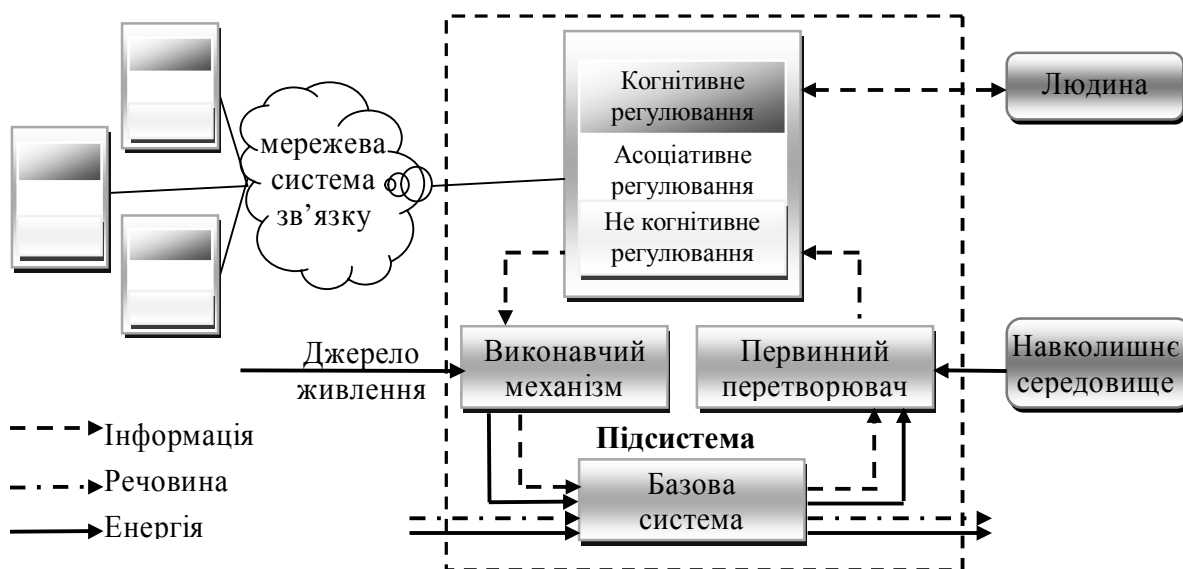


Рис. 6. Узагальнена структурна схема кіберфізичної системи [9]

Складність і питома вага програмної складової в КФС стрімко зростає. В перспективі компоненти КФС, використовуючи можливості Інтернету, можуть змінювати свою конфігурацію та об'єднуватися в єдину систему для виконання певної задачі. Під час конфігурації змінюються функції КФС та використовуються інші блоки та програмні засоби. Тому для коректної роботи такої системи після конфігурації потрібно проводити метрологічну перевірку засобів вимірювання КФС. Завдяки Інтернету такі системи можна перевіряти через віддалений доступ. Перевірка компонент КФС може бути реалізована програмно, однією із компонент КФС, або оператором, задаванням певних сигналів або команд перевірки, та оцінки правильності їх виконання.

Враховуючи результати класифікації ЗВ за структурою та можливості доступу до ПЗ, можна зробити висновок про те, що в будь-якому ЗВ використовується або інтегроване, або прикладне, або разом інтегроване та прикладне ПЗ. Відповідно до цього запропоновано зв'язок між методами

метрологічної перевірки програмного забезпечення засобів вимірювання та типом програмного забезпечення засобів вимірювання (рис. 7).

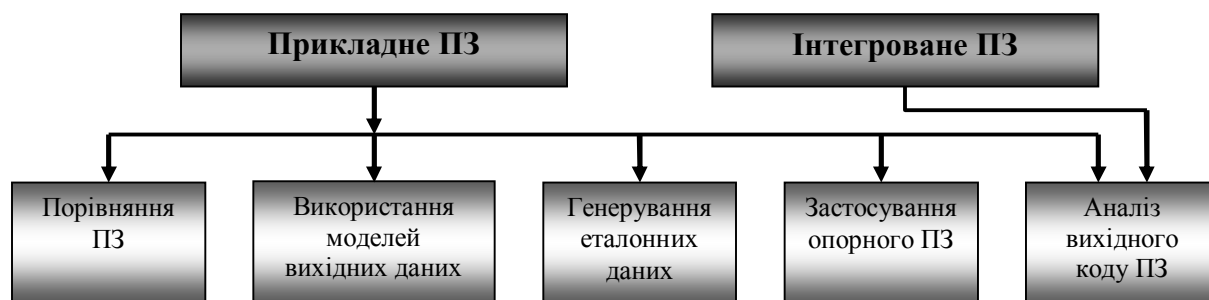


Рис. 7. Зв'язок між типом програмного забезпечення засобів вимірювання та методами метрологічної перевірки програмного забезпечення засобів вимірювання

Висновки

Розглянуто класифікацію програмного забезпечення засобів вимірювання на основі апаратної конфігурації. Запропоновано класифікацію структур засобів вимірювання та проведено оцінку можливостей доступу до програмного забезпечення засобів вимірювання. Проведені дослідження показали, що різні структури засобів вимірювання потребують відповідної перевірки залежно від можливості доступу до програмного забезпечення. Засоби вимірювання, які мають інтегроване програмне забезпечення, можна перевіряти тільки загалом. Програмне забезпечення, що розміщене на комп'ютері, перевіряється зразковими тестовими послідовностями чисел або іншими методами перевірки. Запропоновано використання методів перевірки програмного забезпечення засобів вимірювання відповідно до типів програмного забезпечення засобів вимірювання.

Надалі планується розглянути проблематику метрологічної перевірки кіберфізичних систем.

1. ВЭЛМЭК – 7.2 Руководство по программному обеспечению (основано на Директиве по измерительным приборам 2004/22/ЕС). – М., 2009. – 130 с. 2. Порядок атестації програмного забезпечення засобів вимірювальної техніки. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до інформації: http://www.uazakon.com/documents/date_9k/pg_izcgxm.htm. 3. Классификация программного обеспечения средств измерений. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до інформації: http://testrussia.ru/doc/classification_soft.pdf. 4. Віртуальний вимірювальний комплекс для дослідження перехідних процесів в електричних колах довільної конфігурації. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до інформації: <http://dSPACE.nbiu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/50831/09-Tarasenko.pdf?sequence=1>. 5. Аналітичний огляд процедур та методів метрологічної перевірки програмного забезпечення засобів вимірювання / Ольга Олесків, Ігор Кунець, Ігор Микитин. 6. Измерительные системы [Електронний ресурс]. – Режим доступу до інформації: <http://toekgei.ru/mcc/91-metrology>. 7. Проектування вбудованих комп'ютерних систем. Одеса 2008 – 89 с. 8. Cyber-physische Systeme [Електронний ресурс]. – Режим доступу до інформації: <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-enzyklopaedie/lexikon/informationssysteme/Sektorspezifische-Anwendungssysteme/cyber-physische-systeme>. 9. Technologie-Konzept. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до інформації: <http://www.its-owl.de/technologie-netzwerk/strategie/technologie-konzept/>.