

**MINISTRY OF SCIENCE AND EDUCATION OF UKRAINE
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF UKRAINE
«IGOR SIKORSKY KYIV POLYTECHNIC INSTITUTE»**

XI INTERNATIONAL CONFERENCE

**GYROTECHNOLOGY, NAVIGATION,
MOVEMENT CONTROL AND AEROSPACE
TECHNIC ENGINEERING**

Reports

Section: Information Technology



This project has been funded with support from the European Commission

This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein

**April 13-14, 2017
Kyiv, Ukraine**

XI International Scientific Conference "Gyrotechnology, Navigation, Movement Control And Aerospace Technic Engineering": Collection of reports. K.: Igor Sikorsky KPI, 2017.

This collection contains materials of plenary, sectional and poster presentations, which were presented at the XI International Scientific Conference "Gyrotechnology, Navigation, Movement Control And Aerospace Technic Engineering", held 13-14 April 2017 in Kyiv.

Chief Editor: Zbrutsky O.V.

Editor: Dobroliubova M.V.

Technical Editor: Tsiumrak M., Yurchushun I.

PROGRAM COMMITTEE

Chairman of the Program Committee:

Zgurovsky M.Z., academician, Rector of "Igor Sikorsky KPI" Ukraine

Co-Chairman of the Program Committee:

Zbrutsky O.V., professor, Ukraine

Members:

Tuz Yu., professor, Ukraine

Sukhov V., professor, Ukraine

Fedorov O., academician, Ukraine

Likholt M., academician, Ukraine

Lebedev D., professor, Ukraine

Korostyljov O., professor, Ukraine

Narkiewicz J., professor, Poland

Wang Wei, professor, China

ORGANIZING COMMITTEE

Chairman of the Organizing Committee:

Marynoshenko O.P.

Executive committee members:

Yaremchuk N.A.

Fedorov V.M.

Dobroliubova M.V.

Prokhorchuk O.V.

Myroliubov A.V.

Signed for publication 02/04/2017

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КІЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

XI Міжнародна науково-технічна конференція

**ГІРОТЕХНОЛОГІЇ, НАВІГАЦІЯ, КЕРУВАННЯ
РУХОМ І КОНСТРУЮВАННЯ АВІАЦІЙНО-
КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ**

ДОПОВІДІ

Секція: Інформаційні технології



Цей проект фінансується за підтримки Європейської Комісії

**Публікації відображають лише точку зору авторів і Комісія не може нести
відповідальність за будь-яке використання інформації, що міститься в збірнику**

**13-14 квітня 2017
Київ, Україна**

XI Міжнародна науково-технічна конференція «Гіротехнології, навігація, керування рухом і конструювання авіаційно-космічної техніки»: Збірка доповідей. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017.

Дана збірка містить матеріали пленарних, секційних та стендових доповідей, які були представлені на XI Міжнародній науково-технічній конференції «Гіротехнології, навігація, герування рухом і конструювання авіаційно-космічної техніки», що проводилася 13-14 квітня 2017 р. в м. Києві.

Відповідальний редактор: Збруцький О.В.

Редактор: Добролюбова М.В.

Технічні редактори: Цюмрак М.Ю., Юрчишин І.В.

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова програмного комітету:

Згурівський М.З., академік НАН України, ректор Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Заступник голови програмного комітету:

Збруцький О.В., д.т.н., професор, декан факультету

Члени програмного комітету:

Туз Ю.М., д.т.н., професор, завідувач кафедри

Сухов В.В., д.т.н., професор, завідувач кафедри

Федоров О.П., д.ф.-м.н., член-кор. НАНУ

Ліхоліт М.І., д.т.н., член-кор. НАНУ

Лебедев Д.В., д.т.н.

Коростильов О.П., д.т.н.

Наркевич Я., д.т.н., професор

Wang Wei, академік ВАН

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова організаційного комітету:

Мариношенко О.П., к.т.н., доцент

Члени організаційного комітету:

Яремчук Н.А. – к.т.н., доцент, завідувач кафедри

Федоров В.М. – к.т.н., доцент, завідувач кафедри

Добролюбова М.В. – к.т.н., доцент

Прохорчук О.В. – к.т.н., доцент

Миролюбов А.В. – інженер

Підписано до друку 02.04.2017.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ УКРАИНЫ
«КИЕВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ ИГОРЯ СИКОРСКОГО»**

XI Международная научно-техническая конференция

**ГИРОТЕХНОЛОГИИ, НАВИГАЦИЯ,
УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ И
КОНСТРУИРОВАНИЕ АВИАЦИОННО-
КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ**

ДОКЛАДЫ

Секция: Информационные технологии



Проект финансируется при поддержке Европейской Комиссии

Публикации отражают только точку зрения его авторов и Комиссия не может нести ответственность за любое использование информации, содержащейся в сборнике

**13-14 апреля 2017
Киев, Украина**

XI Международная научно-техническая конференция «Гиротехнологии, навигация, герування движением и конструирование авиационно-космической техники»: Сборник докладов. К.: КПИ им. Игоря Сикорского, 2017.

Данный сборник содержит материалы пленарных, секционных и стеновых докладов, которые были представлены на XI Международной научно-технической конференции «Гиротехнологии, навигация, герування движением и конструирование авиационно-космической техники», которая проводилась 13-14 апреля 2017 в г.. Киеве.

Ответственный редактор: Збручкий А.В.

Редактор: Добролюбова М.В.

Технический редактор: Цюмрак М.Ю., Юрчишин И.В.

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Председатель программного комитета:

Згурівський М.З., академік НАН України, ректор Національного технічного університета України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Заміститель председателя программного комитета:

Збручкий А.В., д.т.н., професор, декан факультета

Члены программного комитета:

Туз Ю.М., д.т.н., професор, заведующий кафедрой

Сухов В.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой

Федоров О.П., д.ф.-м.н., член-кор. НАНУ

Лихолит Н.И., д.т.н., член-кор. НАНУ

Лебедев Д.В., д.т.н

Коростильев О.П., д.т.н.

Наркевич Я., д.т.н., профессор

Wang Wei, академик ВАН

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель организационного комитета:

Мариноженко А.П., к.т.н., доцент

Члены организационного комитета:

Яремчук Н.А., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой

Федоров В.Н., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой

Добролюбова М.В., к.т.н., доцент

Прохорчук А.В., к.т.н., доцент

Миролюбов А.В., инженер

Подписано в печать 02.04.2017

CONTENTS

Section “Information Technology”

VELYCHKO O.M., SHEVKUN S.M., KULISH I.U.M., DOBROLIUBOVA M.V.	
Assessment of uncertainty in the calibration phase angle generators on the State primary standard phase angle between two voltages at the fundamental frequency range.	13
VOLODARSKY IE.T, SNYRA A.V.	
Robust estimate of experimental results.	19
VOLODARSKY IE.T, YUDIN O.N.	
Certification metrological characteristics of the optical fiber sensor position.	23
HAPON M.V.	
Speech quality measurement methods in the acoustic data transmission system.	27
GLADKOV M.M., KOZYR O.V.	
National Instruments technologies in education and innovation.	30
HRASHCHENKO M.V., SHUMKOV Y.S.	
Generation of exponential splines in linear electric circuits.	34
ZINCHENKO S.V., ZINCHENKO V.P.	
To the problem of scheduling tasks in real-time systems.	40
ZINCHENKO S.V., ZINCHENKO V.P.	
Features of real-time systems.	48
IVANOVA Kh.O., SHANTYR D.S.	
Information measurement system of noise interference monitoring.	58
KIRASH O.Yu.	
System modeling parameters perturbed motion of planes when resetting cargo.	61
KOBZYAR D.A., TUZ Yu.M.	
Modeling of high-voltage broadband measuring amplifier.	64
KOZYR O.V.	
Transient temperature measurement of short-term high temperature gas flow.	68
KONOTOP D.I., ZINCHENKO V.P.	
Knowledge-based geometric modeling of complex technical objects.	72
KROTEVICH M.V.	
Reduction of impact thickness measurement of dielectric permeability.	76
LEBED M.M.	
Increase of exactness of system of the automated account of electric power ...	79

LESHCHENKO V.S.	
Accuracy improvement distance measurement based on rf transmission.....	81
LIVADINA A.Y.	
System for the measuring of the gas pressure in the pipeline.....	83
MAKAROV O.L., TUZ Yu.M., SAMARTSEV Yu.M., KULIKOVSKYY M.M., MOROZ O.O.	
Measurement system of the physical parameters of separable elements.....	85
OLIINYK D.D., BOGOMAZOV S.A.	
Features of implementation of network systems of data acquisition based on COAP protocol.....	92
OKHRIMENKO I.V.	
Automated system assessment physiological state of the human body	95
PORKHUN A.V.	
The calibration of wide range angular rate sensors	98
TESYK Iu., KARASYNSKY O ., PRONSELEVA S., GUMENIUK R.	
New way of setting of norms of uncertainties of facilities of measuring of electric power quality indexes	103
TESYK Iu., KARASYNSKY O ., PRONSELEVA S., GUMENIUK R.	
Analysis of methods and facilities of measurement of electric power quality indexes	106
TUZ Yu.M., SAMARTSEV Yu.M., MAKAROV O.L., KULIKOVSKYY M.M., MOROZ O.O., OULIYANOV A.O.	
Metrology support and control of measuring physical parameters of detachable elements.....	110
KHIMICHENKO B.P.	
Some issues of development of high measuring amplifier for a wide frequency range	115
KHIMICHENKO B.P., BABENKO R.I.	
Measurement complex for "smart home"	117
CHEMERYS A.T., MONIT Ya.V., DOBROLIUBOVA M.V.	
Information-measuring system "climate control".....	120
CHERNIUK A.A., SHANTYR A.S.	
Research of the influence of quality of software of filling stations on their efficiency.....	127
CHMYKHUN Y.M., YAREMCHUK A.A., BOGOMAZOV S.A.	
A software for the system of marine electromagnetic research.....	129

SHEVCHENKO K. L., GORKUN V.M., ALEKSASHIN O.V.	
Improving the efficiency of heat engines.....	132
SHEVCHENKO K. L., SHTEFURA YU.V., VASYLENKO M. P.	
Improving the accuracy of measurement of the medium speed.....	136
YAREMENKO T.V., SHANTYR A.S.	
Automation of accounting liquefied hydrocarbon gas.....	140

ЗМІСТ

Секція «Інформаційні технології»

ВЕЛИЧКО О.М., ШЕВКУН С.М., КУЛІШ Ю.М., ДОБРОЛЮБОВА М.В.	
Оцінка невизначеності при калібруванні генераторів фази на Державному первинному еталоні кута зсуву фаз між двома напругами в основному діапазоні частот.....	13
ВОЛОДАРСЬКИЙ Є.Т., ШНИРА А.В.	
Робасне оцінювання результатів експериментальних досліджень.....	19
ВОЛОДАРСКИЙ Е.Т., ЮДИН О.Н.	
Аттестація метрологіческих характеристик волоконно-оптических датчиков положения.....	23
ГАПОН М.В.	
Методи оцінки якості мови в системах передачі акустичних даних.	27
ГЛАДКОВ М.М., КОЗИР О.В.	
Використання технологій National Instruments в навчальному та іноваційному процесах.....	30
ГРАЩЕНКО М.В., ШУМКОВ Ю.С.	
Відтворення експоненціальних сплайнів у лінійних електрических колах.	34
ЗИНЧЕНКО С.В., ЗИНЧЕНКО В.П.	
К вопросу планирования задач в системах реального времени.	40
ЗИНЧЕНКО С.В., ЗИНЧЕНКО В.П.	
Особенности систем реального времени.....	48
ІВАНОВА Х.О., ШАНТИР Д.С.	
Система моніторингу рівня шумових завад.	58
КІРАШ О.Ю.	
Система моделювання параметрів збуреного руху літака при скиданні вантажу.....	61
КОБЗЯР Д.А., ТУЗ Ю.М.	
Моделювання високовольтного широкосмугового вимірювального підсилювача.	64
КОЗИР О.В.	
Вимірювання нестационарної температури високотемпературних газових потоків.....	68
КОНОТОП Д.І., ЗИНЧЕНКО В.П.	
Знання-орієнтована побудова геометричних моделей складних технічних об'єктів.	72

КРОТЕВІЧ М.В.	
Зменшення впливу товщини матеріалу при вимірюванні діелектричної проникності.....	76
ЛЕБЕДЬ М.В.	
Підвищення точності системи автоматизованого обліку електроенергії	79
ЛЕЩЕНКО В.С.	
Підвищення точності вимірювання відстані за допомогою радіосигналу... ...	81
ЛІВАДІНА А.Ю.	
Система вимірювання тиску газу в газопроводі.....	83
МАКАРОВ О.Л., ТУЗ Ю.М., САМАРЦЕВ Ю.М., КУЛІКОВСЬКИЙ М.М., МОРОЗ О.О.	
Система вимірювання фізичних параметрів відокремлювальних елементів.....	85
ОЛІЙНИК Д.Д., БОГОМАЗОВ С.А.	
Особливості реалізації мережевих систем збору даних на основі протоколу СОАР.	92
ОХРІМЕНКО І.В.	
Автоматизована система оцінки фізіологічного стану організму людини.....	95
ПОРХУН А.В.	
Калібрування вимірювальних перетворювачів кутової швидкості з широким діапазоном вимірювання	98
ТЕСИК Ю.Ф., КАРАСІНСЬКИЙ О.Л., ПРОНЗЕЛЕВА С.Ю., ГУМЕНЮК Р.В.	
Новий підхід до нормування похибок засобів вимірювання параметрів якості електроенергії	103
ТЕСИК Ю.Ф., КАРАСІНСЬКИЙ О.Л., ПРОНЗЕЛЕВА С.Ю., ГУМЕНЮК Р.В.	
Аналіз методів і засобів контролю параметрів якості електроенергії	106
ТУЗ Ю.М., САМАРЦЕВ Ю.М., МАКАРОВ О.Л., КУЛІКОВСЬКИЙ М.М., МОРОЗ О.О., УЛЬЯНОВ А.О.	
Метрологічне забезпечення та контроль системи вимірювання фізичних параметрів відокремлюваних елементів.	110
ХІМІЧЕНКО Б.П.	
Деякі питання розробки високовольтного вимірювального підсилювача для широкого діапазону частот.....	115
ХІМІЧЕНКО Б.П., БАБЕНКО Р.І.	
Вимірювальний комплекс для «розумного дому».....	117
ЧЕМЕРИС А.Т., МОНІТ Я.В., ДОБРОЛЮБОВА М.В.	
Інформаційно-вимірювальна система «клімат-контроль».....	120

ЧЕРНЮК А.А., ШАНТИР А.С.	
Дослідження впливу якості програмного забезпечення автозаправних комплексів на їх ефективність	127
ЧМИХУН Є.М., ЯРЕМЧУК А.А., БОГОМАЗОВ С.А.	
Програмне забезпечення системи морських електромагнітних досліджень	129
ШЕВЧЕНКО К.Л., ГОРКУН В.М., АЛЕКСАШИН О.В.	
Підвищення ефективності роботи теплових двигунів	132
ШЕВЧЕНКО К.Л., ШТЕФУРА Ю.В., ВАСИЛЕНКО М.П.	
Підвищення точності вимірювання швидкості переміщення середовищ...136	
ЯРЕМЕНКО Т.В., ШАНТИР А.С.	
Автоматизація обліку скрапленого вуглеводневого газу.....	140

УДК 17.220.20

ВЕЛИЧКО¹ О.М., ШЕВКУН¹ С.М., КУЛІШ¹ Ю.М., ДОБРОЛЮБОВА² М.В.

**ОЦІНКА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПРИ КАЛІБРУВАННІ ГЕНЕРАТОРІВ ФАЗИ
НА ДЕРЖАВНОМУ ПЕРВИННОМУ ЕТАЛОНІ КУТА ЗСУВУ ФАЗ МІЖ
ДВОМА НАПРУГАМИ В ОСНОВНОМУ ДІАПАЗОНІ ЧАСТОТ**

¹ДП «Укрметртестстандарт», м. Київ, Україна, velychko@ukrcsm.kiev.ua,
shevkun@ukrcsm.kiev.ua, tifesmetric@gmail.com

²Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, st-marina@yandex.ru

Представлені матеріали щодо оцінки невизначеності при калібруванні генераторів фази на Державному первинному еталоні кута зсуву фаз між двома напругами в основному діапазоні частот.

Ключові слова: еталон, кут зсуву фаз, оцінка невизначеності.

Предоставлены материалы по оценке неопределенности при калибровке генераторов фазы на Государственном первичном эталоне угла сдвига фаз между двумя напряжениями в основном диапазоне частот.

Ключевые слова: эталон, угол сдвига фаз, оценка неопределенности.

Materials by the assessment of uncertainty in the calibration phase angle generators on the State primary standard phase angle between two voltages at the fundamental frequency range is provided.

Keywords: standard, phase angle, assessment of uncertainty.

Постановка проблеми. Одним із найважливіших завдань для усіх галузей науки і техніки є досягнення високих метрологічних характеристик, що забезпечуються перетвореннями електричних процесів та величин у фазовий зсув гармонічних сигналів у широкому діапазоні частот.

Висока точність та простежуваність фазових вимірювань вимагаються в галузі вимірювання часу і частоти, синхронізації електронних пристрій, радіолокації та радіонавігації, авіаційній та космічній техніці, геодезії, машинобудуванні, приладобудуванні, зв'язку, неруйнівному контролі, при відтворенні розмірів одиниць опору на змінному струмі, ємності та індуктивності, при створенні мостів змінного струму тощо [1].

На підприємствах України експлуатується значна кількість засобів вимірювальної техніки кута зсуву фаз, що потребують простежуваності до Державного первинного еталону одиниці кута зсуву фаз між двома напругами, а саме: калібратори фазових зсувів Ф1-4 (від 5 Гц до 10 МГц), Ф 5224 (від 10^{-3} Гц до 2×10^6 Гц), Ф 5125 (від 20 Гц до 10^3 Гц), цифрові фазометри Ф2-4 (від 20 Гц до 10^7 Гц), вимірювачі різниці фаз ФК2-12 (від 0,1 ГГц до 10^9 Гц), Ф2-34 (від 10^{-3} Гц до 10^7 Гц), фазометри Ф5131 (від 10^{-3} Гц до 2×10^5 Гц), вимірювачі різниці фаз та

СЕКЦІЯ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

відношення рівнів ФК2-33 тощо. Більшість засобів вимірювальної техніки, які знаходяться в експлуатації, перекривають діапазон частот від 0,01 до 10 МГц.

Для метрологічного забезпечення повного спектру зазначених завдань у ДП «Укрметртестстандарт» створено Державний первинний еталон одиниці кута зсуву фаз між двома напругами (далі – Державний еталон) [2].

Для міжнародного визнання результатів калібрування необхідне документальне засвідчення простежуваності вимірювань до міжнародних еталонів одиниць фізичних величин та розрахунок невизначеності, який охоплює усі фактори, що впливають на точність результату вимірювань [3].

Метою статті є оцінка невизначеності при калібруванні генераторів фази на Державному еталоні.

Основний зміст досліджень. Для оцінки невизначеності вимірювання генератора фази проводяться вимірювання методом прямих вимірювань за допомогою частини комплекту обладнання, що входить до складу Державного первинного еталона на основному діапазоні частот.

Державний первинний еталон складається з комплексу засобів вимірювальної техніки, що створюють дві групи відтворення, збереження та передачі одиниці кута зсуву фаз в основному діапазоні частот (від 5 Гц до 100 кГц) та розширеному діапазоні частот (від 0,01 Гц до 10 МГц) [4] (рисунок 1):

- вимірювач-перетворювач кута зсуву фаз 6000A (CLARKE-HESS);
- стандарт фази 5500-2 (CLARKE-HESS);
- калібрувальні мости 5002 (CLARKE-HESS) (4 од.);
- осцилограф універсальний цифровий TDS 2024 (Tektronix);
- функціональні генератори НМ 8131-2 (Hameg) (2 од.);
- синтезатор частоти НМ 8134-2 (Hameg);
- частотомір Agilent 53132A;
- персональний комп’ютер;
- допоміжне устатковання.

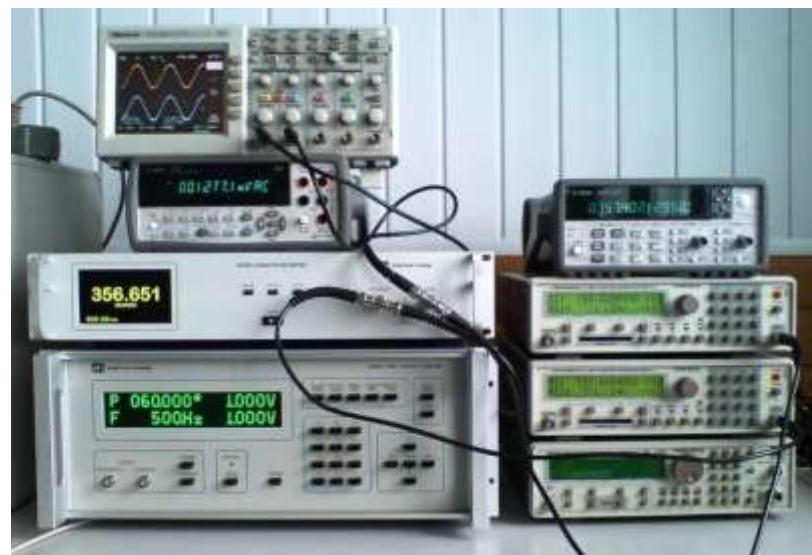


Рис.1. Державний первинний еталон одиниці кута зсуву фаз між двома напругами.

ГІРОТЕХНОЛОГІЇ, НАВІГАЦІЯ, КЕРУВАННЯ РУХОМ І КОНСТРУЮВАННЯ АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

Метрологічними характеристиками державного первинного еталона є:

- діапазон значень кута зсуву фаз, у якому відтворюється, зберігається та передається одиниця вимірювань, становить від 0° до 360° .

- діапазон частот, у якому відтворюється одиниця кута зсуву фаз: основний – від 1 Гц до 200 кГц; розширеній – від 0,01 Гц до 10 МГц.

- стандартна невизначеність вимірювання в основному діапазоні:

$$u_A = 0,001^{\circ},$$

$$u_B = 0,002^{\circ},$$

$$u_C = 0,0022,$$

- розширені невизначеності U відтворення одиниці кута зсуву фаз між двома напругами з коефіцієнтом $k = 2$ та довірчою ймовірністю $p = 0,95$ становить $0,0044^{\circ}$.

- стандартна невизначеність вимірювання в розширеному діапазоні частот від 0,01 Гц до 10 МГц:

$$u_A = (0,001 - 0,01)^{\circ},$$

$$u_B = (0,002 - 0,038)^{\circ},$$

$$u_C = (0,0022 - 0,039)^{\circ},$$

- розширені невизначеності U відтворення одиниці кута зсуву фаз між двома напругами з коефіцієнтом $k = 2$ та довірчою ймовірністю $p = 0,95$ становить від $0,0044^{\circ}$ до $0,078^{\circ}$.

- нестабільність еталона за рік становить:

$$5 \cdot 10^{-5}^{\circ} \text{ – в основному діапазоні;} \quad$$

від $5 \cdot 10^{-3}^{\circ}$ до $7 \cdot 10^{-3}^{\circ}$ в розширеному діапазоні частот від 0,01 Гц до 10 МГц.

Для калібрування генератора фази в основному діапазоні частот використовується схема, зображена на рисунку 2.

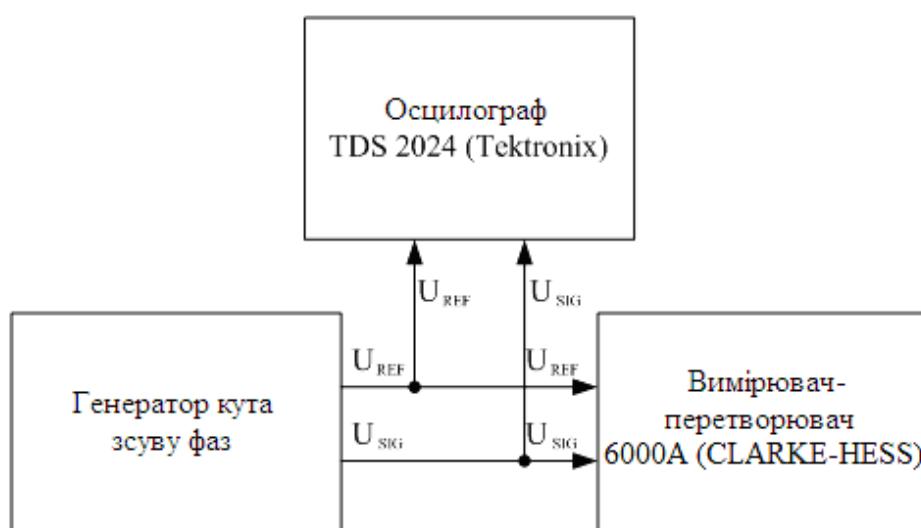


Рис.2. Схема вимірювань при калібруванні генератора фази.

СЕКЦІЯ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

Вимірювання виконуються при значенні напруги 1 В для двох досліджуваних сигналів.

Відповідно до методики калібрування генератора фази [5, 6] між двома напругами маємо:

$$\Delta\phi_X = \Phi_X - \Phi_S + \Delta\phi_{dX} + \Delta\phi_{dS} + \Delta\phi_V + \Delta\phi_f + \Delta\phi_L + \Delta\phi_{TS} + \Delta\phi_{Tx} + \Delta\phi_\gamma, \quad (1)$$

де $\Delta\phi_X$ – відхилення величини кута зсуву фаз, що відтворюється генератором кута зсуву фаз, від номінального значення;

Φ_X – покази кута зсуву фаз калібруючого генератора фази;

Φ_S – значення кута зсуву фаз, виміряного еталонним вимірювачем-перетворювачем кута зсуву фаз 6000А (CLARKE-HESS) (з урахуванням поправки, що вказана в сертифікаті калібрування для даної точки діапазону);

$\Delta\phi_{dX}$ – поправка, обумовлена дискретністю шкали вимірювача-перетворювача;

$\Delta\phi_{dS}$ – поправка, обумовлена дискретністю шкали генератора фази, що калібрується;

$\Delta\phi_V$ – поправка, обумовлена відхиленням напруги в мережі електро живлення;

$\Delta\phi_f$ – поправка, обумовлена відхиленням частоти досліджуваного сигналу;

$\Delta\phi_L$ – поправка, обумовлена різницею довжин (та інших характеристик) кабелів, за допомогою яких подається сигнал (методику визначення характеристик кабелів наведено в [7]));

$\Delta\phi_{TS}$ – поправка, обумовлена температурною залежністю генератора фази, що калібрується;

$\Delta\phi_{Tx}$ – поправка, обумовлена температурною залежністю еталонного вимірювача-перетворювача кута зсуву фаз 6000А (CLARKE-HESS);

$\Delta\phi_\gamma$ – поправка, обумовлена дрейфом характеристик еталонного вимірювача-перетворювача кута зсуву фаз 6000А (CLARKE-HESS) з моменту останнього калібрування.

При розрахунку сумарної стандартної невизначеності враховуються складові типу А і В у вигляді абсолютнох стандартних невизначеностей (відповідно рівняння вимірювання (1)).

Бюджет невизначеності вимірювання при проведенні калібрування генератора фази представлений у загальному вигляді в таблиці 1.

Для забезпечення простежуваності Державного первинного еталону одиниці кута зсуву фаз між двома напругами було здійснено калібрування еталонного стандарту фази CLARKE-HESS 5500-2 та отримано відповідний сертифікат в Фізико-технічній федеральній службі (PTB), м. Брауншвейг, Німеччина, а також підтвержені калібрувальні та вимірювальні можливості під час аудиту КООМЕТ 22 березня 2016 року, які опубліковані у Базі даних ключових звірень (KCDB) ВІРМ (рядки № 36, 38 СМС-таблиці).

ГІРОТЕХНОЛОГІЇ, НАВІГАЦІЯ, КЕРУВАННЯ РУХОМ І КОНСТРУЮВАННЯ АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

Таблиця 1

Бюджет невизначеності вимірювання при калібруванні генератора фази

Величина X_i	Оцінка x_i , град	Стандартна невизначеність $u(x_i)$, град	Закон розділу	Метод оцінки (A, B)	Коефіцієнт чутливості c_i	Внесок у невизначеність $u_i(y)$, град
1	2	3	4	5	6	7
Φ_X	Φ_{Xi}	$u(\Phi_{Xi})$	нормальний	A	1	$u_A(\Phi_{Xi})$
$\Delta\Phi_{dX}$	0	$u(\Delta\Phi_{dX})$	прямокутний	B	1	$u_{B2}(\Delta\Phi_{dX})$
$\Delta\Phi_{dS}$	0	$u(\Delta\Phi_{dS})$	прямокутний	B	1	$u_{B3}(\Delta\Phi_{dS})$
Φ_S	Φ_S	$u(\Phi_S)$	нормальний	B	1	$u_{B1}(\Phi_S)$
$\Delta\Phi_V$	0	$u(\Delta\Phi_V)$	нормальний	B	1	$u_{B4}(\Delta\Phi_V)$
$\Delta\Phi_f$	0	$u(\Delta\Phi_f)$	прямокутний	B	1	$u_{B5}(\Delta\Phi_f)$
$\Delta\Phi_L$	Φ_L	$u(\Delta\Phi_L)$	прямокутний	B	1	$u_{B6}(\Delta\Phi_L)$
$\Delta\Phi_{TS}$	0	$u(\Delta\Phi_{TS})$	прямокутний	B	1	$u_{B7}(\Delta\Phi_{TS})$
$\Delta\Phi_{TX}$	0	$u(\Delta\Phi_{TX})$	прямокутний	B	1	$u_{B8}(\Delta\Phi_{TX})$
$\Delta\Phi_\gamma$	0	$u(\Delta\Phi_\gamma)$	прямокутний	B	1	$u_{B9}(\Delta\Phi_\gamma)$
$\Delta\Phi_X$	$\Delta\Phi_X$					$u_C(\Delta\Phi_X)$

Приклад розрахунку бюджету невизначеності при калібруванні стандарту фази 5500-2 CLARKE-HESS на еталонному фазометрі 6000A CLARKE-HESS наведено в таблиці 2 [8].

Таблиця 2

Бюджет невизначеності при калібруванні стандарту фази 5500-2 CLARKE-HESS

Quantity X_i	Estimate x_i , in degrees	Standard uncertainty $u(x_i)$, in degrees	Probability distribution	Method of evaluation (A, B)	Sensitivity coefficient c_i	Uncertainty contribution $c_i \cdot u(x_i)$, in degrees
1	2	3	4	5	6	7
Φ_{Xi}	120,000	1,58E-03	normal	A	1	1,58E-03
Φ_S	119,9989	1,37E-02	normal	B	1	1,37E-02
$\Delta\Phi_{dX}$	0	2,89E-04	rectang.	B	1	2,89E-04
$\Delta\Phi_{dS}$	0	5,00E-04	rectang.	B	1	5,00E-04
$\Delta\Phi_V$	0	8,50E-06	normal	B	1	8,50E-06
$\Delta\Phi_f$	0	5,00E-04	rectang.	B	1	5,00E-04
$\Delta\Phi_L$	0	5,00E-04	rectang.	B	1	5,00E-04
$\Delta\Phi_{TS}$	0	1,50E-06	rectang.	B	1	1,50E-06

СЕКЦІЯ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7
$\Delta\Phi_{TX}$	0	1,50E-06	rectang.	В	1	1,50E-06
$\Delta\Phi_\gamma$	0,0002	5,00E-04	rectang.	В	1	5,00E-04
$\Delta\Phi_x$	0,00090000					
Combined standard uncertainty						1,38E-02
Effective degrees of freedom				n_{eff}	$>200, k = 2$	
Expanded uncertainty ($p \approx 95\%$)						2,76E-02

Висновки. За результатами проведених досліджень виконано оцінку невизначеності при калібруванні генераторів фази на Державному первинному еталоні кута зсуву фаз між двома напругами [7]. Отримані числові значення характеристик еталонного стандарту фази дозволили опубліковати СМС-рядки чинним порядком на сайті Міжнародного бюро мір і вагів (ВІРМ), Франція, та підтвердити їх під час аудиту, а також залучати еталон до міжнародних звірень.

Отримані простежуваність та точність вимірювань дозволяють у повній мірі організувати простежуваність і достовірність вимірювань кута зсуву фаз в усіх галузях науки і техніки в державі з необхідною точністю.

Література

1. Куц Ю.В. Статистична фазометрія / Ю.В. Куц, Л.М. Щербак. – Тернопіль: Тернопільський держ. техн. ун-т., 2009. – 384 с.
2. МА 081/11.303-2011 Метрологія. Державний первинний еталон одиниць кута зсуву фаз між двома напругами. Методика атестації.
3. ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 Національний стандарт України. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.
4. Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики. Паспорт. Державний первинний еталон одиниці кута зсуву фаз між двома напругами ДЕТУ 09-07-11. м. Київ, 2011, 3 арк.
5. МКУ 121-11/09-2015 Інструкція. Метрологія. Генератори кута зсуву фаз. Методика калібрування.
6. С.М. Шевкун, О.М. Величко, С.Р. Карпенко, М.В. Добролюбова Визначення похибок та оцінка невизначеності для Державного первинного еталона України одиниці кута зсуву фаз між двома напругами // Системи обробки інформації. – 2012. - № 1 (99). – С. 139 – 143.
7. ДСТУ Н РМГ 43-2001 Рекомендации по межгосударственной стандартизации. ГСИ. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений» (Рекомендаций з межодержавной стандартизацией. ДСВ. Застосування «Керівництва з вираження невизначеності вимірювань»).
8. О.М. Величко, С.М. Шевкун, М.В. Добролюбова, Ю.М. Ізбаш Оцінка невизначеності при калібруванні фазометрів на державному еталоні кута зсуву фаз між двома напругами в основному діапазоні частот // Системи обробки інформації. – 2015. - № 2 (127). – С. 86 – 88.

УДК 006.83

ВОЛОДАРСЬКИЙ Є.Т., ШНИРА А.В.

РОБАСНЕ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, shnyra.anna@gmail.com

Наявність в вибірках навіть невеликого числа спостережень, які різко виділяються, здатне кардинально змінити результат дослідження. Виключення аномальних значень призводить до зниження статистичної надійності результату дослідження. Метою даної статті є презентація робастних методів, які враховують викиди і не втрачають статистичну надійність.

Ключові слова: аномальні результати, статистична надійність, робастні критерії.

Наличие в выборках даже небольшого числа наблюдений, которые резко отличаются, способно кардинально изменить результат исследования. Исключение аномальных значений приводит к снижению статистической надежности результатов исследования. Целью данной статьи является презентация робастных методов, которые учитывают выбросы и не теряют статистическую надежность.

Ключевые слова: аномальные результаты, статистическая надежность, робастные критерии.

The presence in the samples of even a small number of observations, which are very different, can dramatically change the outcome of the study. Exception outliers reduces the statistical reliability of research results. The aim of this article is to present robust methods, which take into account outliers and do not lose their statistical reliability.

Keywords: abnormal results of statistical reliability, robust criteria.

Постановка проблеми. Результати статистичного оброблення та висновки, які на них базуються, лише частково можуть бути обґрунтовані наявними експериментальними даними. Також важливу роль в цьому складає вихідне допущення про ситуацію, що досліджується, а саме приписування їй тієї, чи іншої математичної моделі. Мала помилка в математичній моделі може привести до суттєвої помилки/похибики в кінцевому результаті. На практиці експериментальних досліджень традиційно допускають, що закон розподілу вихідних даних є нормальним (Гаусовим) і, виходячи з цього, ведуть статистичну обробку результатів вимірювання [1]. Так як закон розподілу умовно постулюється, то допускається, що всі експериментальні дані мають відповідати цьому закону. В дійсності реальна вибірка може мати деякі розходження з ідеалом – включати деякі значення, які підлягають іншому закону.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. Ще в 60-ті роки минулого сторіччя видатні вчені в галузі математичної статистики на основі детальних досліджень прийшли до висновку, що експериментальні дані, оброблення яких базується на

допущенні їх нормального закону розподілу, як правило, в середньому біля 10 % виключають грубі промахи (викиди) (від 1% до 20%) як в явній, так і в прихованій формі. Для опису такої ситуації Тьюкі [2] запропонував модель яка складається з суміші двох нормальних розподілів з одним і тим же центром μ та різними дисперсіями σ і 3σ . Так звані «хороші» дані з'являються з імовірністю $(1 - \varepsilon)$, а «погані» – ε . Таким чином, реальна модель представляється у вигляді:

$$F(x) = (1 - \varepsilon)\Phi\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right) + \varepsilon\Phi\left(\frac{x - \mu}{3\sigma}\right), \quad (1)$$

де $\Phi(*)$ нормована інтегральна функція.

Для виключення даних, які з точки зору нормальності вихідного розподілу є викидами (анормальними) застосовують різні статистичні критерії, застосування їх хоча і приводить до нормальності розподілу, але може суттєво, особливо при обмеженому об'ємі вибіркових даних, спотворити результат. Тому в останній час приділяється багато уваги розробці робасних методів, які включають клас статистичних процедур, що забезпечують слабку чутливість до невеликих змін у нагальних допущеннях, частіше усього про нормальність розподілу генеральної сукупності, з якої при проведенні експерименту отримані вибіркові дані.

Але тим не менше, параметричний підхід з допущенням, що закон розподілу відомий (має бути нормальним) настільки глибоко ввійшов у практику статистичної обробки даних, що нема сенсу відмовлятися від нього.

Викладення основного матеріалу. В практиці статистичної обробки існують дві оцінки розкиду експериментальних даних:

- середнє квадратичне відхилення (Гаус) $S_n = \left[\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$;
- середнє абсолютноне відхилення (Лаплас) $d_n = \frac{1}{n} \sum |x_i - \bar{x}|$;

При допущенні нормальності розподілу S_n більш ефективна, ніж d_n , так як оцінка S_n збігається до σ , а d_n – до $\sqrt{\frac{2}{\pi}} \approx 0,80\sigma$.

Для оцінювання ефективності цих оцінок при невиконанні допущення про нормальність розподілу введено поняття асимптотичної відносної ефективності АВЕ (російською АОЭ, англійською ARE) статистики d_n по статистиці S_n в залежності від «забруднення» нормального розподілу:

$$ARE = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\begin{pmatrix} D(S_n) \\ \hline (E(S_n))^2 \end{pmatrix}}{\begin{pmatrix} D(d_n) \\ \hline (E(d_n))^2 \end{pmatrix}}, \quad (2)$$

де символи $D(^*)$ та $E(^*)$ означають відповідно дисперсію (варіацію) та математичне сподівання. На рисунку 1 наведена залежність показника ARE від ε .

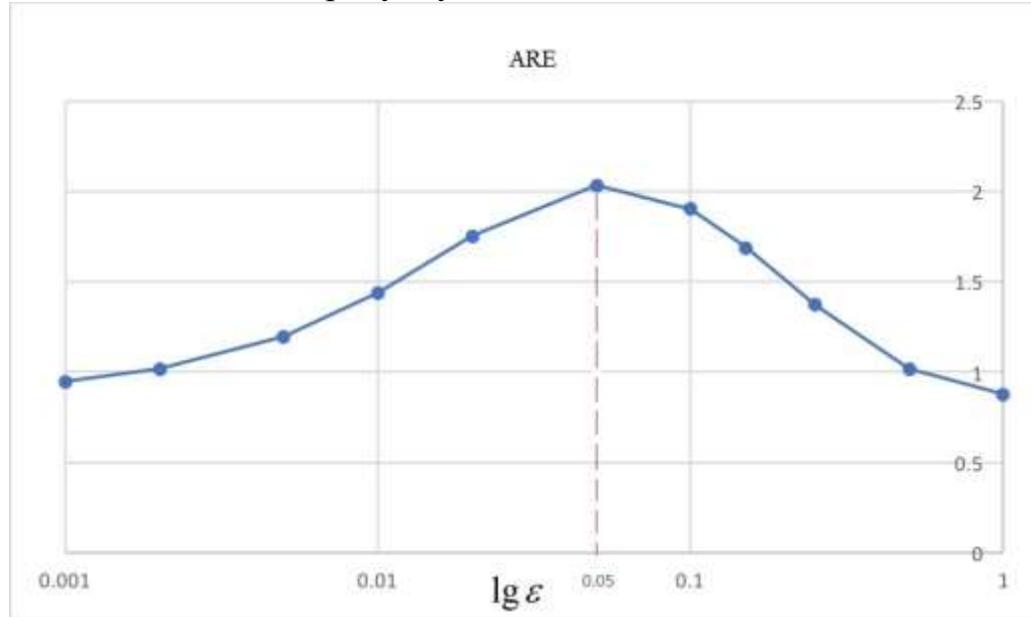


Рис.1. Залежність показника ARE від ε .

Таким чином навіть при двох «поганих» спостереженнях на тисячу достатньо, щоб нівелювати переваги застосування середньоквадратичного відхилення, а при $\varepsilon = 0,05$ (тобто при наявності 5 поганих зі 100 спостережень) $ARE(\varepsilon)$ дорівнює 2, і тільки при $\varepsilon = 0,5$ показник $ARE(\varepsilon)$ знову дорівнює одиниці.

Проведені дослідження показали [3], що найбільш стійкою до викидів є часка даних, що знаходиться між верхнім та нижнім квартилями. Інтерквартильний інтервал IQR, (*inter-quartile mid-range*) є характеристикою розкиду випадкової величини. При допущенні, що закон розподілу є нормальним, довжина цього інтервалу однозначно відповідає дисперсії цього розподілу. Зв'язок базується на використанні абсолютноного медіанного відхилення MAD (*median absolute deviation*),

$$MAD_n = med \{ |x_i - M_n| \}, \quad (3)$$

де $M_n = med \{ x_i \}$, n – число елементів в виборці.

Для великої кількості дослідів (елементів в виборці) n оцінка дисперсії знаходиться як [2] $s^* = 1,483 \cdot MAD_n$, а в якості оцінки параметра береться медіана.

В [4] запропоновано введення спеціального коефіцієнту, який враховує число елементів у виборці :

$$s(x) \equiv \kappa \cdot MAD_n. \quad (4)$$

Значення коефіцієнта κ для случайнých выборок из n елементов

n	$\kappa(n)$	n	$\kappa(n)$	N	$\kappa(n)$
2	2,773	10	1,626	50	1,507
3	2,206	11	1,602	100	1,494
4	2,019	12	1,596	1000	1,484
5	1,800	13	1,581	2000	1,483
6	1,764	14	1,577		
7	1,686	15	1,566		
8	1,671	20	1,544		
9	1,633	25	1,530	∞	1,483

Даний підхід не враховує взаємне розміщення даних на «хвостах» розподілу – вони відразу відкидаються.

Проведений вище аналіз показав переваги середнього квадратичного відхилення та середнього абсолютноого відхилення. Тому доцільно для даних, які знаходяться у центральній частині ранжованого ряду, проводити осереднення, тобто застосовувати метод найменших квадратів. Так як модульний критерій більш стійкий до викидів, то його необхідно застосовувати для даних, що знаходяться на краях ряду, використовуючи у якості границь $c\sigma$. Значення коефіцієнта c залежить від засмічення розподілу. Зазвичай обирають $c=1,5$.

Згідно з вибраними граничними даними проводиться модифікація вихідних даних, а саме:

$$x_i^* = \begin{cases} x_i & \text{при } |x_i - \hat{\mu}| \leq c\sigma, \\ \hat{\mu} - c\sigma & \text{при } x_i < \hat{\mu} - c\sigma, \\ \hat{\mu} + c\sigma & \text{при } x_i > \hat{\mu} + c\sigma. \end{cases} \quad (5)$$

В якості первинної оцінки центру розподілу $\hat{\mu}$, стійкої до викидів, береться вибіркова медіана $med\{x_i\}$, а замість середньоквадратичного відхилення – обчислена з вихідних даних оцінка.

Виходячи з виразу (5) можна за обраним критерієм будувати ітераційні робастні процедури і на кожному кроці оцінювати збіжність алгоритму.

Висновки. При статистичній обробці експериментальних даних наявність, так званих викидів приводить до недостовірності результатів. Застосування робастних методів, які базуються на використанні при певних умовах методу найменших квадратів або найменшого модуля дозволяє підвищити точність результату без зменшення його статистичної надійності.

Література

1. Володарський Е.Т., Кошева Л.О. Статистична обробка даних: навч. Посібник.–К.:НАУ,2008.–308с.
2. Tukey John W. Exploratory Data Analysis.–Addison – Wesley, 1978.
3. Analyst Robust statistics – How Not to Reject Outliers. December 1989, vol. 114.
4. Randa J.: Proposal for KCRV and Degree of Equivalence for GTRF Key Comparisons. NIST, (2000) and update (2005). Preprint dostępny w internecie.
http://pl.wikipedia.org/wiki/Statystyka_odporno%C5B3cowa

УДК 531.083.8 (45)

ВОЛОДАРСКИЙ Е.Т., ЮДИН О.Н.

АТТЕСТАЦІЯ МЕТРОЛОГІЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ПОЛОЖЕНИЯ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна, vet-1@ukr.net

Рассматриваются вопросы контроля нормированных значений выходных параметров оптоволоконных преобразователей деформаций, положения и перемещений. Знание нормированных значений этих параметров дает возможность корректировать результаты и тем самым повышать точность (уменьшать неопределенность) измерений. Для решения этой задачи предлагается использовать дисперсионный анализ.

Ключевые слова: волоконно-оптические датчики, погрешность, дисперсионный анализ.

Розглядаються питання контролю нормованих значень вихідних параметрів оптоволоконних перетворювачів деформацій, положення та переміщення. Знання нормованих значень цих параметрів надає можливість корегувати результати і тим самим підвищувати точність (зменшувати невизначеність) вимірювань. Для вирішення цієї задачі пропонується використовувати дисперсійний аналіз.

Ключові слова: волоконо-оптичні датчики, похибка, дисперсійний аналіз.

The questions of inspectionl normalized values of the output parameters of fiber optic converters strain, position and movement are considered. Knowledge of the normalized values of these parameters makes it possible to adjust the results and thus improve the accuracy (reducing uncertainty) measurement. To solve this problem are encouraged to use analysis of variance.

Keywords: Fibre optic, Error, ANOVA.

Введение. Анализ показал, что перспективным при решении задач навигации является использование волоконно-оптических технологий при создании датчиков, особенно положения и перемещения, таких как гироскопы и акселерометры.

Основными параметрами, характеризующими волоконно-оптические датчики, являются: коэффициент преобразования угла поворота/перемещения в выходной сигнал и дрейф, с учетом времени интегрирования, нулевой линии.

Знание нормированных значений этих параметров дает возможность корректировать результаты и тем самым повышать точность (уменьшать неопределенность) измерений. Поэтому для каждой изготовленной партии изделий необходимо иметь установленные метрологические характеристики: аттестованное значение и граница погрешности и/или расширенная неопределенность аттестованного значения.

Дрейф, обусловленный, в основном, дробовыми шумами фотоприемников, характеризует однородность партии, а рассеивание коэффициентов

Секція «Інформаційні технології»

преобразования – возможные граничные значения эффективного применения датчиков, т.е их точность.

Обобщенная модель аттестованного значения коэффициента передачи x_{CRM} можно записать в виде [1]:

$$x_{CRM} = x_{char} + \delta_{bb} + \delta_{lts} + \delta_{sts}, \quad (1)$$

где x_{char} – установленное значение аттестуемой характеристики экземпляра датчика; δ_{bb} – погрешность, обусловленная рассеянием между экземплярами (определяется качеством стекловолокна и технологии изготовления датчиков) ; δ_{lts} – погрешность от нестабильности.

Основы аттестации метрологических характеристик оптоволоконных преобразователей. Основой аттестации метрологических характеристик датчиков являются результаты исследований n образцов, отобранных случайным образом с учетом объема партии и необходимой (требуемой) статистической надежности получаемых результатов. Для каждого образца фиксируется m результатов измерения заданной угловой скорости ω . Эксперимент желательно проводить за относительно короткий промежуток времени, чтобы исключить влияние возможных изменений условий проведения испытаний.

Модель j -го единичного результата измерения параметра i -го экземпляра отобранный совокупности датчиков имеет вид:

$$x_{ij} = \mu + A_i + \varepsilon_{ij}, \quad (2)$$

где μ – математическое ожидание результата измерения, соответствующее номинальному коэффициенту преобразования; A_i – отклонение от номинального значения коэффициента преобразования i -го датчика, обусловленное неоднородностью оптического волокна и характеризующее рассеивание возможных значений; ε_{ij} – реализация случайной погрешности измерения; j – текущий результат из выборки в m измерений.

Как видно из выражения (2) непосредственная оценка характеристики погрешности невозможна, т.к. в этом случае отклонение A_i от математического ожидания μ смешивается со случайной составляющей погрешности измерения.

В соответствии с выражением (2) рассеивание получаемых результатов при исследовании i -го экземпляра составит:

$$\sigma_{(x_i)}^2 = \sigma_A^2 + \sigma_\varepsilon^2. \quad (3)$$

При исследовании совокупности датчиков в условиях повторяемости [2] можно считать, что $\sigma_{(\varepsilon_i)}^2 = \sigma_r^2$. Это рассеивание обусловлено только влиянием случайной величины – дрейф нулевой линии. Тогда дисперсия среднего результатов измерений характеристик n отобранных экземпляров датчиков будет:

$$\sigma^2(\bar{x}) = \sigma_A^2 + \frac{\sigma_r^2}{n}. \quad (4)$$

Структурно-алгоритмическая организация исследования. Для раздельного оценивания влияния случайной погрешности измерения и неоднородности датчиков используется однофакторный дисперсионный анализ [3], структурная организация которого приведена на рис.1.

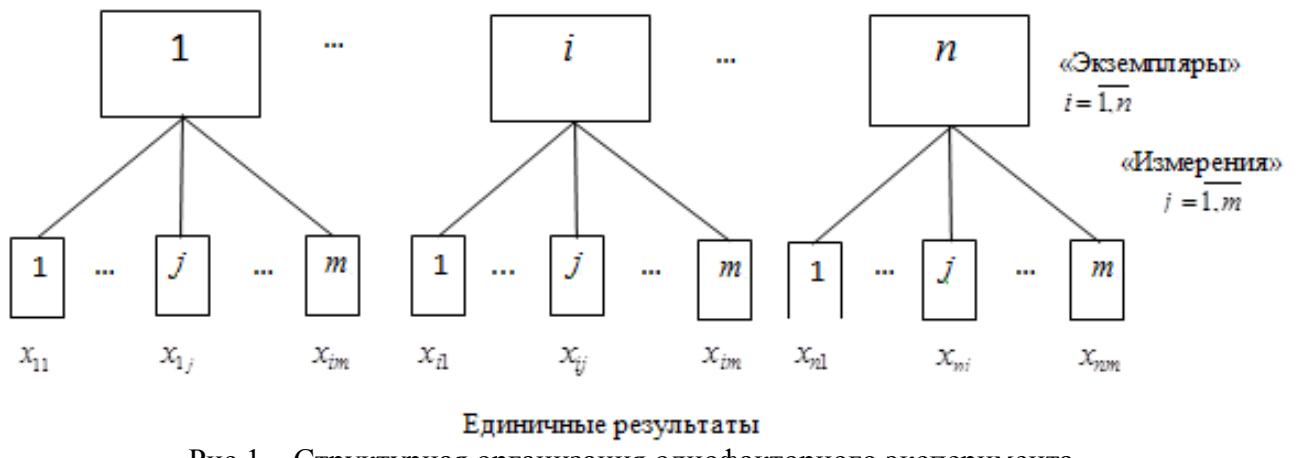


Рис.1 – Структурная организация однофакторного эксперимента.

Исходным является массив данных $x_{ij} \left(j = \overline{1, m} \right)$ из $n \times m$ элементов, которые, как уже отмечалось, из-за влияния случайных величины – дрейфа нулевой линии, и неоднородности датчиков – отличие коэффициентов преобразования, будут рассеяны по отношению к центру, являющемуся оценкой μ – заданного углового ускорения

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{n \cdot m} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij}. \quad (5)$$

Аналитически это рассеивание записывается следующим образом:

$$SS = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 + \sum_{i=1}^n (\bar{x}_i - \bar{\bar{x}})^2. \quad (6)$$

Первое слагаемое в правой части выражения (6) определяется только влиянием случайной величины, а второе обусловлено неоднородностью датчиков и случайной величиной.

Для нормирования точности измерения датчиками для исследуемой партии найдем расширенную неопределенность $U=2 \times u_{bb}$ измерения для вероятности $P=0.95$ и отнесем ее к результату, определенному на основании выражения (5). Это значение характеризует точность партии изготовленных датчиков.

Для выявления нестабильности результатов под воздействием дестабилизирующих факторов проводят дополнительные исследования.

Так как затруднительно сформировать физическую модель, описывающую механизм нестабильности, в качестве эмпирической модели принимают прямолинейную зависимость

$$Y = b_0 + b_1 X, \quad (7)$$

где b_0 –коєфіцієнта преобразования датчика при его аттестации, ($t = 0$), b_1 – коєфіциєнт, показывающий изменение этого параметра во времени.

По результатам исследований определяются оценки коєфіциєнтов уравнения лінійної регресии.

Рассеяние экспериментальных данных y_i по отношению к значениям, вычисляемым на основании линии регресии, определяется из выражения:

$$S^2 = \sum_{i=1}^n \left[y_i - (\hat{b}_0 + \hat{b}_1 \bar{t}) \right]^2 / (n - 2).$$

Располагая оценками коєфіциєнтов и S^2 можно, используя коєфіциєнт $t_{kp}(0,05,n-2)$ Стьюдента, определить статистическую значимость оценки b_1 . Для этого выдвигается нулевая гипотеза $H_0: b_1 = 0$ и рассчитывается коєфіциєнт Стьюдента

$$t_p = \frac{|\hat{b}_1|}{S},$$

значение которого сравнивается с $t_{kp}(0,05,n-2)$.

При статистической значимости этого коєфіциєнта неопределенность, обусловленную нестабильностью необходимо учитывать в суммарной неопределенности аттестованного значения датчика, используя полученную регрессионную зависимость, подставляя в нее дискретные значения t , для которых оценивается неопределенность.

Заключение. Неоднородность стекловолокна и внутренние шумы приводят к разбросу коєфіциєнтов преобразования датчиков положения и перемещения и дрейфу их нулевой линии. Применение аппарата дисперсионного анализа позволяет раздельно оценить такие характеристики точности, как значение коєфіциєнта преобразования и его относительную расширенную неопределенность, которые являются нормирующими величинами при аттестации партии изделий. Это позволяет обосновано гарантировать точность систем навигации и измерения других параметров.

Література

1. ISO Guide 35:1989, IDT.
2. ISO 5725-2: 2002: Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method.
3. J. E. Freund, R. E. Walpole, Mathematical Statistics 4th Ed. Prentice- Hall, Inc., NJ 1987.

УДК 621.372 : 519.72

HAPON M.V.

SPEECH QUALITY MEASUREMENT METHODS IN THE ACOUSTIC DATA TRANSMISSION SYSTEM

National technical university of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv polytechnic institute»,
Kyiv, Ukraine, marynahapon@gmail.com

Described the basic subjective and objective methods of assessing the quality of the speech signal, which is transmitted through the measuring channel speaker system for the acoustic data transmission system.

Keywords: subjective methods for evaluating the quality of the sound signals, objective methods of assessing the quality of audio signals, psychoacoustics methods of quality assessment of audio signals.

Описані основні суб'єктивні та об'єктивні методи оцінки якості мовного сигналу, який передається через вимірювальний канал системи збору акустичної інформації.

Ключові слова: суб'єктивні методи оцінки якості звукових сигналів, об'єктивні методи оцінки якості звукових сигналів, психоакустичні методи оцінки якості звукових сигналів.

Описаны основные субъективные и объективные методы оценки качества речевого сигнала, который передается через измерительный канал системы сбора акустической информации.

Ключевые слова: субъективные методы оценки качества звуковых сигналов, объективные методы оценки качества звуковых сигналов, психоакустические методы оценки звуковых сигналов.

Introduction. The most important task for systems for acoustic data transmission system is the high-quality reproduction of sound information. The system for collecting acoustic information ultimately comes to the system of human auditory perception. Speech is regarded as a random process when it is transmitted through the channels of the system. The characteristics of which determine the parameters of the transmitted signal (dynamic range, band, signal-to-noise ratio). The speech signal is perceived by a person and evaluated subjectively, subject to the laws of psychophysiology of hearing.

Analysis of the problem. The speech signal is perceived by a person and evaluated subjectively, subject to the laws of psychophysiology of hearing.

The quality of the speech signal is objectively evaluated by a number of indicators that can not replace the system of human perception of sound. Objective assessment of the quality of speech should be correlated with a subjective assessment.

The quality of the codec of the acoustic data collection system is estimated:

1. Conservation of objective quality (distortions are determined with the help of hardware).

2. Preservation of subjective quality (distortions are determined by means of subjective-statistical tests). Evaluation of the speech quality of the acoustic data collection system transmitted through a measuring channel.

Problem Formulation. Thus, a qualitative assessment of the reproduced sounds of the acoustic data transmission system is necessary to ensure assessment of subjective

and objective methods. At the moment there are three types of methods for assessing the quality of transmitted audio signals: subjective, objective and psychoacoustic.

Subjective methods. The estimation of signal distortions is made by subjective-statistical tests (SST) with the help of a group of experts. Subjective quality assessments are based on the statistical processing of subjective quality assessments of a sufficiently large number of expert listeners.

Tests for subjective evaluations are carried out with imitation of real conditions, for example, extraneous noise, background speech of other people, etc. The quantitative results of these tests reflect the average quality, level of effort of the listener, intelligibility, natural sounding. Each separate SST outcome is a random event, and the apparatus of probability theory and mathematical statistics is used to analyze the results. However, even considering these measures, it is impossible to repeat the results of the tests exactly. The MOS (Mean Opinion Score) is the subjective measurement defined in ITU-T Recommendation P.800 for assessing the quality of transmission in telephone networks. For different tasks can be used different 5-point rating scales.

Objective methods. Objective assessment methods are based on the degree of difference between the coded and original signals.

- Signal to noise ratio (SNR)

The most common estimate is the signal-to-noise ratio. This method is also called the criterion of the overall signal-to-noise ratio. It takes into account the overall ratio of signal power and noise over the entire duration of the signal. However, at a low intensity of a useful signal on an interval, it can be masked by another section of the signal with a higher intensity of the useful signal, which ultimately distorts the estimate.

- Segment signal / noise ratio (segSNR)

It is the development of the method of signal-to-noise ratio. In this case, the signal-to-noise ratio is estimated at intervals of 15 to 20 ms, which allows a more accurate estimate as a whole due to the fact that the uneven intensity of the signal does not distort the whole picture.

Psychoacoustic methods. Psychoacoustic methods of assessing quality take into account the perception of human perception of sound in general and speech in particular. The peculiarity of these methods is that only the subjective quality of the signal is evaluated with the help of hardware and software. Thus, strictly speaking, they relate to objective methods, but are built on the basis of the features of the subjective perception of sound by man.

The psychoacoustic model is a model that converts the sound signal into its internal representation from the point of view of the human hearing aid, which is compared with the internal representation of the original signal.

The most common is the weighted spectrum distortion (WSS) and the PESQ estimate, as defined in ITU-T Rec. P.862.

The weighted spectral distortion (WSS). The WSS method estimates spectrum distortions in 25 critical hearing bands between the original and distorted signal segments.

First, the signal energy in each of the 25 critical bands is determined and the peak critical band is determined, whose energy is greater than the others. After this, taking into account the information about the peak, the weighting coefficient of each critical band is determined. Further, the estimate is formed taking into account the weight and energy of each critical band.

The PESQ scores. This algorithm is an objective technique for determining the quality of voice communication in systems that predicts the results of a subjective assessment of the quality of this type of communication by expert listeners. To determine the quality of voice transmission in PESQ, a comparison of the input or reference signal with its distorted version at the output of the system is provided.

The result of the comparison of the input and output signals is the evaluation of the communication quality, which is similar to the average MOS (Mean Opinion Score), determined by the expert group according to the ITU-T P.800 specification. The PESQ scores are calibrated using a huge database of MOS estimates.

PESQ has a lot of new developments, which distinguishes its previous algorithms for assessing the quality of speech codecs, for example, PSQM and MNB [ITU-T P.861]. These innovations make it possible to confidently use PESQ to determine the quality of end-to-end voice transmission, and to assess the impact on the quality of communication of individual elements of network equipment, including codecs.

In the process of developing the PESQ standard, ITU-T specialists selected the best methods for determining the quality of voice communication from the point of view of correlation of their results with MOS estimates under various communication condition.

The PESQ algorithm takes into account the following reasons for the deterioration of the signal quality: its distortion during encoding, transmission errors, packet loss, packet transmission delay time and fluctuation of this time, signal filtering in analog network components.

Conclusions. The quality of the reproduced sound signals in the acoustic data transmission system is carried out through objective and subjective methods of evaluation. Objective estimation methods do not always give a better estimate in comparison with subjective methods, because the acoustic information eventually comes to the system of human auditory perception. Therefore, an objective assessment of the quality of speech should correlate with a subjective assessment. The evaluation of the quality of speech transmitted through the system of collecting acoustic information is optimal using psychoacoustic methods. Because they relate to objective methods, but are built on the basis of the features of the subjective perception of sound by man.

Literature

1. Сергеенко В.С., Баринов В.В., Сжатие данных, речи, звука и изображений в телекоммуникационных системах. // – М.: ИП «РадиоСофт», 2009. -С. 230.
2. Рихтер С.Г., Кодирование и передача речи в цифровых системах подвижной связи.//– М.: Горячая линия — Телеком, 2009. –С. 304.
3. Дворкович В.П., Дворкович А.В., Метрологическое обеспечение видеоинформационных систем. // – М.: «Техносфера», 2015. -С. 571.

УДК 621

ГЛАДКОВ М.М.¹, КОЗИР О.В.²

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ NATIONAL INSTRUMENTS В НАВЧАЛЬНОМУ ТА ІНОВАЦІЙНОМУ ПРОЦЕСАХ

Представництво компанії National Instruments в Україні

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, oleg.kozyr@aer.ntu-kpi.kiev.ua

Розглянуто особливості використання новітніх апаратно-програмних технологій в навчальному процесі. Представлено опис апаратного забезпечення компанії National Instruments яке використовується в навчально-педагогічному процесі. Викладено досвід використання віртуальних пристройів при створенні контрольно-повірочної апаратури на основі модульних систем збору і генерації даних.

Ключові слова: віртуальний пристрій, лабораторна робота, модульні вимірювальні системи.

Рассмотрены особенности использования новейших аппаратно-программных технологий в учебном процессе. Представлено описание аппаратного обеспечения компании National Instruments которое используется в учебно-педагогическом процессе. Изложен опыт использования виртуальных устройств при создании контрольно-проверочной аппаратуры на основе модульных систем сбора и генерации данных.

Ключевые слова: виртуальное устройство, лабораторная работа, модульные измерительные системы.

The features of the use of the latest hardware-based and software technologies in academic activity. The description of hardware of National Instruments which is used in educational process is presented. The experience of using virtual instruments in creation of calibration equipment based on modular data acquisition and generation system.

Keywords: virtual instruments, laboratory work, measuring system.

Вступ. Інформаційні технології займають ключове місце при проектуванні, розробці та впровадженні вимірювальних пристріїв та систем. Сучасні тенденції при проведенні експериментальних досліджень в усіх сферах науки і виробництва спрямовані на автоматизацію всіх стадій проведення досліджень, зменшення використовуваних пристріїв для проведення випробувань, використання модульності при створенні вимірювальних систем та віртуалізації самих вимірювальних пристріїв. Актуальним є створення вимірювальних систем на основі конфігуруємих модульних платформ. Всі ці виклики науки і техніки задоволяє продукція компанії National Instruments, яка користується попитом в усіх розвинутих країнах світу. Кафедра «Автоматизації експериментальних досліджень» (АЕД) широко використовує лабораторне устаткування компанії National Instruments в навчально-методичному та науково-дослідному процесах. На базі кафедри АЕД створено навчальний центр National Instruments в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», який є офіційним авторизованим Центром National Instruments.

Аналіз проблеми. Викладення дисциплін при підготовці фахівців метрологічних спеціальностей при сучасному розвитку техніки та технології вимагає використання нового апаратного та програмного забезпечення. Підготовка висококваліфікованих спеціалістів неможлива без знань основ автоматизації, контролю та управління технологічними процесами на основі комп'ютерних технологій вимірювань і обробки експериментальних даних. Розроблена компанією National Instruments концепція віртуальних пристройів змінила підхід до проведення вимірювальних експериментів. Тепер наявне програмне забезпечення і потужності комп'ютерних систем визначає можливості виконання поставленої задачі. Розроблені компанією National Instruments технології збору і обробки даних знайшли широко застосування в усіх сферах наукової і технічної діяльності. Відповідність рівня підготовки інженера вимогам ринку праці є вирішальним фактором його працевлаштування. Тому на сьогодні актуальним є використання технологій National Instruments в навчальному процесі підготовки фахівців.

Постановка задачі. Огляд технологій компанії National Instruments які використовуються в навчальному та інноваційному процесах на кафедрі АЕД.

Використання віртуальних пристройів в навчальному процесі. На кафедрі АЕД при виконанні лабораторних та практичних робіт використовуються сучасні технології розроблені компанією National Instruments.

Плата інтерфейсна NI PCI_6221 (рис. 1, а), M Series DAQ (16 analog inputs, 24 digital I/O, 2 analog outputs). Плата має 16 аналогових входів з вхідною розрядністю 16 біт. Частота оцифровки сигналів 250 кГц. Максимальний вхідний діапазон $\pm 10\text{V}$ розбитий на 4 піддіапазони ($\pm 10\text{ V}$, $\pm 5\text{ V}$, $\pm 1\text{ V}$, $\pm 0,2\text{ V}$). Підтримується також два аналогових виходи по 16 біт (833 кО/с) з вихідною розрядністю 16 біт і 24 цифрових каналі. Плата підтримується операційними працює з програмним забезпеченням C/C++, LabVIEW, LabWindows/CVI, Measurement Studio, Visual Basic, NI Signal Express [1].

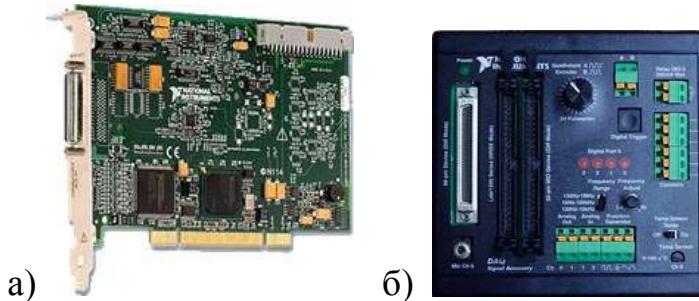


Рис. 1. Розробки компанії National Instruments:

а) Плата інтерфейсна NI PCI_6221; б) Навчальний генератор сигналів DAQ Signal Accessory.

Навчальний генератор сигналів DAQ Signal Accessory (рис. 1, б). Призначений для симуляції джерел вхідних аналогових сигналів і температурних датчиків, може працювати як генератор функцій (синус, меандр) в діапазоні від 100 Гц до

СЕКЦІЯ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

1 МГц з піддіапазонами 100Гц ... 10 кГц, 1 кГц ... 100 кГц, 13 кГц ... 1МГц, обладнаний вбудованим генератором шуму. На корпусі генератора розташовані: 4 світлодіодних індикатори для цифрових тестів, 3,5 мм роз'єм для мікрофона і цифровий тригер [1].

Симулятор приладу-NI Instrument Simulator (рис. 2). Симулює пристрой з GPIB інтерфейсом (G-mode), пристрой з послідовним інтерфейсом (S-mode), виходи з цифрового осцилографа і мультиметра. Сумісний зі стандартами IEEE 488.1 і 488.2. Інтерфейсний модуль GPIB_USB_HS. Являє собою класичний GPIB пристрй, що підключається до USB-роз'ємів комп'ютера і використовується для управління зовнішньою контрольно-вимірювальною апаратурою. Повністю сумісний зі стандартом IEEE 488.2. Може управляти 14 GPIB-приладами. Конфігурація Plug-and-play. Високошвидкісний USB 2.0. Пропускна здатність GPIB: 1.8MB/s для IEEE 488.1 та 7.2 MB/s для HS488. Працює з програмним забезпеченням C/C++, LabVIEW, LabWindows/CVI, Measurement Studio [1].



Рис. 2. Розробки компанії National Instruments: симулятор приладу-NI Instrument Simulator.

Модульна апаратна платформа PXI (рис. 3) (compactPCI extension for Instrumentation – розширення шини Compact-PCI для використання в інструментальних системах). Являє собою модульну апаратну платформу в яку встоено власний персональний комп'ютер – контролер та додаткові слоти для встановлення будь-яких типів вимірювальних модулів.



Рис. 3. Розробки компанії National Instruments: модульна апаратна платформа PXI.

Все перелічене апаратне забезпечення представлене компанією National Instruments використовується в навчальному процесі на кафедрі АЕД і в

навчальному центрі на її базі. В навчальному центрі проводиться навчання студентів, аспірантів, співробітників КПІ ім. Ігоря Сікорського та інших спеціалістів програмуванню в середовищі LabVIEW та роботі з апаратним забезпеченням за офіційними авторизованими програмами і курсами National Instruments. Центр здійснює підготовку слухачів для здачі сертифікаційного екзамену «Certified LabVIEW Associate Developer».

Використання обладнання компанії National Instruments в інноваційному процесі. Кафедра АЕД веде активну участь в розробці сучасних вимірювальних систем для авіаційної та космічної галузей. Так на кафедрі був створений портативний контрольно-повірочний комплекс на базі технології cDAQ. Шасі NI cDAQ-9184 (рис. 4) з Ethernet підключенням, що забезпечує установку до 4 карт вводу/виводу аналогових сигналів. Дане шасі забезпечує сумарно до 128 каналів вводу/виводу аналогових електрических сигналів і має як необхідний потенціал розширення системи, так і достатній запас живучості, у разі пошкодження одного з слотів. Шасі підключається до пристрою управління по мережі Ethernet зі швидкістю до 1000 Мбіт/с, що забезпечує постійний безперебійний потік вимірюваних даних.

Розроблений комплекс використовується як для виконання повірочных робіт багатоканальних інтегрованих авіаційних вимірювальних систем, так і для проведення високоточних вимірювань фізичних величин [2].



Рис. 4. Шасі NI cDAQ-9184.

Висновки. Сучасний розвиток інформаційних технологій вимагає нових підходів при викладанні дисциплін для підготовки фахівців. Використання інноваційних технологій в навчальному процесі дозволяє підготовити високо затребуваних спеціалістів. Ці новітні технології забезпечує продукція компанії National Instruments. В статті представлено апаратне забезпечення яке використовується в навчальному та інноваційному процесах на кафедрі АЕД.

Література

1. www.ni.com.
2. Туз Ю. М. Спосіб визначення динамічних характеристик термопар за допомогою радіоімпульсу струму / Ю. М. Туз, О. В. Козир, А. В. Порхун. // Системи обробки інформації. – 2016. – №6. – С. 164–166.

ГРАЩЕНКО М.В., ШУМКОВ Ю.С.

ВІДТВОРЕННЯ ЕКСПОНЕНЦІАЛЬНИХ СПЛАЙНІВ У ЛІНІЙНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КОЛАХ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, Shumkov_Yuriy@mail.ru

Обґрунтовано застосування експоненціальних випробувальних сигналів з метою одержання уніфікованого відгуку, форма якого є зручною для аналізу та контролю. Наведені основні визначення та методологія синтезу експоненціальних сплайнів, що можуть бути безпосередньо сформовані у вигляді електричного сигналу у лінійних електрических колах.

Ключові слова: випробувальний сигнал спеціальної форми, експоненціальна модель, експоненціальний сплайн.

Обосновано применение экспоненциальных испытательных сигналов с целью получения унифицированного отклика, форма которого является удобной для анализа и контроля. Даны основные определения и методология синтеза экспоненциальных сплайнов, которые могут быть непосредственно сформированы в виде электрического сигнала в линейных электрических цепях.

Ключевые слова: испытательный сигнал специальной формы, экспоненциальная модель, экспоненциальный сплайн.

The grounds of application are given during measuring of parameters linear electric circuits of exponential test signals in order to receive of compatible response, the form which is comfortable for analysis and control. The main definitions and the methodic of synthesis of exponential splines are given, which can be formulated as electric signal in linear electric circuits.

Key words: testing signal of special form, exponential model, exponential spline.

Вступ. В багатьох випадках вимірювання задача формулюється як визначення R, L, C -параметрів багатоелементних лінійних електрических кіл [1]. Такою задачею є наприклад неруйнівний внутрішньосхемний контроль електро-радіоелементів [2]. У загальному випадку моделлю виділених ділянок схеми є багатоелементне двополюсне електричне коло (БДЕК). В умовах масового виробництва особливої актуальності набуває забезпечення високої продуктивності систем контролю.

Використання випробувальних сигналів (ВС) спеціальної форми, а також застосування переходних процесів в електрических колах для реалізації вибіркового перетворення дозволяє визначати параметри БДЕК за допомогою відносно простих технічних засобів та забезпечує мінімальне за часом перетворення. Так принцип вибіркового перетворення шляхом синтезу спеціальної форми ВС реалізовано при вимірах параметрів БДЕК за методом нулів та полюсів [3].

Використовують ВС, які складаються сумою експонент – так звані експоненційні випробувальні сигнали (ЕВС). Операторне зображення таких сигналів за Лапласом є дрібно-раціональною функцією комплексної змінної. Нули та полюси ЕВС в процесі вимірюваного перетворення компенсиують відповідно

полюси та нулі функції імпедансу БДЕК. При цьому відбувається зведення відгуку до заданої форми, зручної для аналізу.

Постановка завдання. Застосування високопродуктивних методів вимірювання та контролю R, L, C -параметрів БДЕК потребує розв'язку ряду актуальних завдань, а саме завдання дискретного синтезу експоненціальних ВС. Клас, властивості апроксимуючих функцій, які використовують при синтезі, визначає якість відтворюваних у вигляді електричного сигналу експоненціальних залежностей. Відповідно є потреба безперервності ЕВС та його похідних.

Метод експоненціальних сплайнів (ЕС) більш відомий як метод сплайн-функцій в обчислювальній математиці [4,5]. При вимірюваннях є близька аналогія. Під методом ЕС в задачах вимірювань розуміємо як апроксимацію досліджуваних процесів для здобуття аналітичної моделі та її використання потім під час обробки вимірювальної інформації, а також використання сплайнів для генерації електричних сигналів ("апроксимант") в якості випробувальних сигналів для реалізації вимірювального перетворення [6]. При цьому актуальним є розробка методології формування ЕВС на основі ЕС, що дозволить застосувати вказані сигнали при вимірах.

Теоретичні положення. Розглянемо наступний вид сплайнів. Нехай на відрізку $[a, b]$ задана система вузлових точок (сітки) $\Delta_N : a = t_0 < t_1 < \dots < t_N = b$. Позначимо через $C^{m-v}[a, b]$ множину $(m - v)$ -раз безперервно диференціюємих функцій на відрізку $[a, b]$.

Визначення 1. Експоненціальний сплайн (ЕС) порядку m класу C^{m-v} ($1 \leq v \leq m$) з вузлами на сітці Δ_N є кусковою функцією $sf_{Gm}(t)$, яка **(а)** – на кожному відрізку $[t_i, t_{i+1}]$, $i = 0, 1, \dots, N-1$ є розв'язком деякого лінійного неоднорідного диференціального рівняння (ЛНДР) з постійними коефіцієнтами

$$\sum_{j=0}^l a_j \cdot D^{l-j} s_i(t) = f_i(t); \quad D^j = \left(\frac{d}{dt} \right)^j \quad (1)$$

з правою частиною вигляду $f_i(t) = P_{k,i}(t) \cdot e^{\lambda_i t}$, $P_{k,i}(t)$ – поліном ступеня k , перетворення Лапласа якого дає дрібно-раціональну функцію; **(б)** – при цьому $sf_{Gm}(t) \in C^{m-v}[a, b]$.

Експоненціальні сплайні можуть бути представлені через систему базисних сплайнів, відмінних від нуля на кінцевому інтервалі.

Визначення 2. Базисні експоненціальні сплайні (БЕС) або G -сплайні порядку m класу $C^{m-v}[a, b]$ – є такі функції $G_{m,i}(t) \in sf_{Gm}(t)$, які $G_{m,i}(t) \neq 0$ на інтервалі $t \in [t_i, t_{i+m}]$ та $G_{m,i}(t) \equiv 0$ поза інтервалом $t \in [t_i, t_{i+m}]$.

Під порядком сплайнів $m = l + k + 1$ – розуміємо "порядок" відтворюючих сплайн-функцій, який визначається числом коренів характеристичного поліному $Q_m(p)$ із врахуванням правої частини ЛНДР.

Інтервал, на якому G -сплайн відмінний від нуля, є мінімальним та однозначно визначається порядком сплайну. Функції $G_{m,i}(t)$, $i = \overline{0, N-1}$ є лінійно незалежні та складають базис у просторі сплайнів $sf_{Gm}(t)$.

Розглянемо рівномірний інтервал дискретизації. Введемо змінну $\bar{t} = i + \varepsilon$ – відносний час, пов'язаний з дійсним часом $\bar{t} = t/h$, де h – інтервал дискретизації; $i = 0, 1, 2, \dots ; 0 \leq \varepsilon \leq 1$.

В якості прикладу наведемо G -сплайн третього порядку:

$$G_3(\bar{t}) = \begin{cases} \frac{1}{\alpha(1-e^{-\alpha})} \left[-1 + \alpha\varepsilon + e^{-\alpha\varepsilon} \right], & \bar{t} \in [0,1]; \\ \frac{1}{\alpha(1-e^{-\alpha})} \left[1 + \alpha + e^{-\alpha} - (1+e^{-\alpha})\alpha\varepsilon - 2e^{-\alpha\varepsilon} \right], & \bar{t} \in [1,2]; \\ \frac{1}{\alpha(1-e^{-\alpha})} e^{-\alpha} \left[-1 + \alpha(\varepsilon-1) + e^{-\alpha(\varepsilon-1)} \right], & \bar{t} \in [2,3]; \\ 0, & \bar{t} < 0, \quad \bar{t} > 3. \end{cases} \quad (2)$$

Сплайн-функція має вигляд:

$$sf_{G3}(\bar{t}) = \frac{1}{\alpha(1-e^{-\alpha})} \left\{ f[i+1] \cdot (-1 + \alpha\varepsilon + e^{-\alpha\varepsilon}) + \right. \\ \left. + f[i] \left[1 + \alpha + e^{-\alpha} - (1+e^{-\alpha})\alpha\varepsilon - 2e^{-\alpha\varepsilon} \right] + f[i-1] e^{-\alpha} \left[\alpha(\varepsilon-1) - 1 + e^{-\alpha(\varepsilon-1)} \right] \right\}. \quad (3)$$

Вказані сплайні створено на кожному відрізку $\bar{t} \in [i, i+1]$ розв'язком

$$h^2 \cdot \left[D^2 + \alpha \cdot D \right] s_i(\bar{t}) = d_i \cdot 1(\bar{t}) \quad (4)$$

Розв'язок ЛНДР (4) на кожному відрізку, як задачі Коші, дає

$$s_i(\bar{t}) = \frac{h^2}{\alpha^2} \left[\alpha S_i(0) + \alpha S'_i(0)(1 - e^{-\alpha\varepsilon}) + (-1 + \alpha\varepsilon + e^{-\alpha\varepsilon})d_i \right], \quad \bar{t} = i + \varepsilon; \quad (5)$$

Розв'язок має три вільних параметра $S_i(0)$, $S'_i(0)$ та d_i . Параметри $S_i(0)$, $S'_i(0)$ можуть бути встановлені по значенням в кінці попереднього відрізка за умовою їх неперервності в i -му вузлі: $S_i(0) = S_{i-1}(1)$, $S'_i(0) = S'_{i-1}(1)$. Параметр d_i на кожному відрізку задається зовнішнім впливом (права частина ЛНДР) та може бути визначений за умовою інтерполювання в $(i+1)$ -му вузлі.

Розглянемо відтворення експоненціальних сплайнів на основі моделей лінійних електрических кол. Сплайн-функцію можна віобразити сумаю деяких зміщених за часом фінітних функцій:

$$sf_{G3}(\bar{t}) = \sum_{j=0}^{\infty} f[j] \cdot G_3(\bar{t} - j), \quad \bar{t} = i + \varepsilon.$$

де $G_3(\bar{t}) = \sum_{k=0}^3 \left(\frac{h^2}{\alpha^2} \right) \left[-1 + \alpha(\bar{t} - k) + e^{-\alpha(\bar{t} - k)} \right]_+ \cdot d_k, \quad \bar{t} = i + \varepsilon, \quad (6)$

$$g(\bar{t})_+ = \left(\frac{h^2}{\alpha^2} \right) \left[-1 + \alpha \cdot \bar{t} + e^{-\alpha \cdot \bar{t}} \right]_+, \quad g(\bar{t})_+ = \begin{cases} g(\bar{t}), & \bar{t} > 0, \\ 0, & \bar{t} \leq 0; \end{cases}$$

є розв'язок ЛНДР (4) за нульових початкових умов, для яких у моменти "включення" у вузлах виконується умова $g(0_+) = 0$; $g'(0_+) = 0$.

Значення функції та її першої похідної у моменти "включення" можуть бути отримані за $\mathbf{L}\{g(t)\} = 1/p^2(p + \alpha_0)$, де $\alpha = \alpha_0 h$, \mathbf{L} – оператор перетворення за Лапласом неперервних функцій. Зображення $W(p) = 1/p^2(p + \alpha_0)$ може бути визначено як приведена передатна функція деякого неперервного формуючого електричного кола, для якого $\lim_{p \rightarrow \infty} \left\{ \left[1/p^2(p + \alpha_0) \right] \times p \right\} = 0$ та

$\lim_{p \rightarrow \infty} \left\{ \left[1/p^2(p + \alpha_0) \right] \times p^2 \right\} = 0$. Отже, функція $G_3(\bar{t})$ буде неперервною і матиме неперервну першу похідну. Таким чином, неперервність визначається вибором ЛНДР або передатною функцією формуючого кола $W(p)$.

Коефіцієнти d_i в рівнянні (6) можуть бути отримані за умови $G_3(\bar{t}) \neq 0$; $\bar{t} \in [0, 3]$ і $G_3(\bar{t}) \equiv 0$; $\bar{t} \notin [0, 3]$. Розглянемо виконання цих умов.

Використавши дискретне перетворення Лапласа [7] по відношенню до зміщених решітчастих функцій (ЗРФ) в обох частинах (6), отримаємо:

$$G_3^*(q, \varepsilon) = H(e^{-q}) \cdot W^*(q, \varepsilon) = H(e^{-q}) \cdot \frac{\frac{h^2}{\alpha^2} \cdot \sum_{k=0}^{m-1} b_k(\varepsilon) \cdot e^{q(m-k)}}{\sum_{j=0}^m a_j \cdot e^{q \cdot j}},$$

де $q = ph$; $m = 3$; $b_0(\varepsilon) = -1 + \alpha\varepsilon + e^{-\alpha\varepsilon}$; $0 \leq \varepsilon \leq 1$;

$$b_1(\varepsilon) = 1 + \alpha + e^{-\alpha} - (1 + e^{-\alpha}) \cdot \alpha\varepsilon - 2e^{-\alpha\varepsilon}; \quad b_2(\varepsilon) = e^{-\alpha} [\alpha(\varepsilon - 1) - 1 + e^{-\alpha(\varepsilon - 1)}];$$

$$H(e^{-q}) = A(\alpha, h) \cdot (1 + d_1 \cdot e^{-q} + d_2 \cdot e^{-2q} + d_3 \cdot e^{-3q}); \quad \sum_{j=0}^3 a_j \cdot e^{q \cdot j} = (e^q - e^{-\alpha})(e^q - 1)^2.$$

Якщо $H(e^{-q}) = A(\alpha, h) \cdot \sum_{j=0}^m a_j \cdot e^{q(j-m)}$, то

$$G_3^*(q, \varepsilon) = H(e^{-q}) \cdot W^*(q, \varepsilon) = A(\alpha, h) \cdot \frac{h^2}{\alpha^2} \cdot e^{-mq} \cdot \sum_{k=0}^{m-1} b_k(\varepsilon) \cdot e^{q(m-k)}, \quad (7)$$

тобто, вираз $G_3^*(q, \varepsilon)$ буде мати виключно нулі [7].

Виразу (7) в часовій області відповідає імпульсна функція $g^*(\bar{t}) \neq 0$ на інтервалі $\bar{t} \in [0, m]$ та $g^*(\bar{t}) = 0$ зовні цього інтервалу [7]. Таким чином, G - сплайн із урахуванням нормуючого множника може бути представлено:

$$G_m(\alpha, \bar{t}) = A(\alpha, h) \cdot g^*(\alpha, \bar{t}) = A(\alpha, h) \cdot \frac{h^2}{\alpha^2} \cdot \mathbf{D}^{-1} \left\{ e^{-mq} \cdot \sum_{k=0}^{m-1} b_k(\varepsilon) \cdot e^{q(m-k)} \right\} \quad (8)$$

де $A(\alpha, h)$ - нормуючий множник, такий що $A(\alpha, h) = \left(\frac{\alpha^2}{h^2} \right) \left/ \left| \sum_{k=0}^{m-1} b_k(\varepsilon) \right|_{\varepsilon=1} \right.$

\mathbf{D}^{-1} - оператор зворотного дискретного перетворення за Лапласом ЗРФ.

Для дискретного перетворення за Лапласом зміна ε виступає як дійсний параметр, що обумовлює зручний перехід в часову область, відповідно до виразу (2). Вираз для сплайн-функції (3) отримаємо сумуванням $G_3(\bar{t})$. Зміна коефіцієнтів $f[i]$ не впливає на форму функцій $G_3(\bar{t})$, тобто результуюча функція також $sf_{G3}(\bar{t}) \in C^1[a, b]$.

Форма відображення (3) для ЕС зручна тим, що коефіцієнти $f[i]$ є дискретними відліками, які подаються на вхід деякого сплайн-апроксимуючого фільтру, передатна функція якого має вигляд $G_3^*(q, \varepsilon)$.

Покажемо, що отримана кускова багаточленна функція $sf_{G3}(\bar{t})$ вигляду (3) є сплайном. За визначенням функція на i -ій ділянці $sf_{G3}(\bar{t}) = sf_{G3}(i, \varepsilon)$, де $\varepsilon \in [0, 1]$. Значення функції у вузлових точках визначається при $\varepsilon = 0$ і $\varepsilon = 1$.

Значення для сплайн-функції в кінці попереднього відрізка $sf_{G3}(i-1, \varepsilon)$ визначається при $\varepsilon = 1$. Для кожного i маємо рівність $sf_{G3}(i-1, 1) = sf_{G3}(i, 0)$. Тобто, виконуються умови неперервності функції в вузлах.

Вираз для першої похідної сплайн-функції:

$$sf'_{G3}(i, \varepsilon) = \frac{f[i+1](1 - e^{-\alpha\varepsilon}) + f[i](-1 - e^{-\alpha} + 2e^{-\alpha\varepsilon}) + f[i-1]e^{-\alpha}(1 - e^{-\alpha(\varepsilon-1)})}{(1 - e^{-\alpha})}$$

Аналогічно отримаємо значення для похідної в кінцевих точках для i -го відрізка при $\varepsilon = 0$ і $\varepsilon = 1$. Значення для похідної в кінці попереднього відрізка $sf'_{G3}(i-1, \varepsilon)$ визначається при $\varepsilon = 1$. При цьому $sf'_{G3}(i-1, 1) = sf'_{G3}(i, 0)$. Тобто, виконуються умови неперервності для першої похідної в вузлах.

З виразу (3) при $\varepsilon = 0$ і $\varepsilon = 1$ випливає, що значення сплайн-функції в вузлах та формою сигналу, який задається дискретними відліками $f[i]$, в моменти дискретизації не збігаються. Таким чином, функцію (3) можна розглядати як априксимуючу.

Можна показати, що відомі сплайні Шенберга $B_n(\bar{t})$ [4] при $n < m$ представляють частковий випадок сплайнів $G_m(\bar{t})$ та можуть бути отримані з $G_m(\bar{t})$ як границя при $\alpha \rightarrow 0$. Параметр α на відміну від $B_n(\bar{t})$ дозволяє змінювати форму експоненціального сплайна.

Висновки. Експоненціальні сплайні це є оптимальний базис апроксимуючих функцій для окресленого класу випробувальних сигналів. Перевагою базису є можливість генерації в реальних електричних колах. Неперервна частина формуючого кола визначає вид сплайнів, забезпечує неперервність функції та її похідних. Дискретна частина забезпечує кінцеву тривалість базисних функцій.

На основі моделей лінійних електрических кіл можна побудувати множину моделей експоненціальних сплайнів. Звичайно також, що використання реальних сигналів знімає ряд обмежень за точністю на відтворення базисних функцій через кінцеву швидкодію елементної бази, а саме кінцевого в смузі частот коефіцієнта підсилення операційних підсилювачів, на базі яких будуються інтегратори.

Існує принципова можливість поліпшити точність відтворення заданої форми випробувальних сигналів при обмеженій розмірності базису для класу експоненціальних сигналів, що описуються такими самими функціями, що й сплайні, що дозволяє поліпшити точність вимірювань.

Доцільним є подальший розвиток методу експоненціальних сплайнів у частині досліджень метрологічних аспектів використання випробувальних сигналів, що сформовані на основі експоненціальних сплайнових моделей, в задачах вимірювань.

Література

1. Байда Н.П., Кузьмин И.В., Шпилевой В.Т. Микропроцессорные системы поэлементного диагностирования РЭА. – М.: Радио и Связь, 1987. – 256 с.
2. Лихтендер Б.Я. Автоматизация поэлементного контроля многополюсных электрических цепей // Измерение, контроль, автоматизация. – М., 1983. – Вып. 3(47). – С. 14 – 24.
3. Туз Ю.М., Осадченко В.П. Некоторые особенности контроля параметров электрических цепей по методу нулей и полюсов // Структурные методы повышения точности, чувствительности и быстродействия измерительных приборов и систем. Респ. науч.-техн. конф., Вып. 1. – Киев. – 1985. – С. 127, 128.
4. Завьялов Ю.С., Квасов Б.И., Мирошиниченко В.Л. Методы сплайн-функций. – М.: Наука, 1980. – 352 с.
5. Маккартин Б.Дж. Применение экспоненциальных сплайнов в вычислительной гидродинамике // Аэрокосмическая техника. – 1984. – №4 (т. 2). – С. 13 - 20.
6. Туз Ю.М., Шумков Ю.С. Метод экспоненциальной сплайн-аппроксимации в задачах измерения и моделирования. //Науково-технічна конф. “Пам'яті академіка М.П.Кравчука” (до 100-річчя з дня народження). – Київ, 1992. – С. 20 – 21.
7. Цыпкин Я.З. Теория линейных импульсных систем. – М.: Физматгиз, 1963. – 968 с.
8. Улахович Д.А. Основы теории линейных электрических цепей. – СПб.: БХВ – Петербург, 2009. – 816 с.

УДК 681.3

ЗИНЧЕНКО С.В.¹, ЗИНЧЕНКО В.П.²

К ВОПРОСУ ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАДАЧ В СИСТЕМАХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

¹Інститут кибернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Київ, zinchenkosv@gmail.com

²КПІ ім. Ігоря Сикорського, Київ, zinchenko.vp@gmail.com

Рассмотрены особенности планирования задач в системах реального времени, условия гарантированного завершения задач, временные моменты и параметры задач; алгоритмы статического и динамического планирования; критерии/ теоремы планируемости; примеры.

Ключевые слова: реальное время, системы задач, планирование, параметры, критерии.

Розглянуто особливості паніровання завдань в системах реального часу, умови гарантованого виконання завдань, часові моменти і параметри завдань; алгоритми статичного і динамічного планування; критерії/ теореми існування планування завдань; приклади.

Ключові слова: реальний час, системи завдань, планування, параметри, критерії.

The features of task scheduling in real-time systems, the conditions of the guaranteed completion of task times and task parameters; algorithms for static and dynamic scheduling; criteria/ the theorem of existence of planning objectives; examples.

Keywords: real time system task scheduling, parameters, criteria.

Введение. Как известно главной задачей СРВ является вовремя реагировать на события на объекте, которые регистрируются датчиками и передаются в модули ввода-вывода СРВ. Получив сигнал, СРВ должна запустить прикладную программу (ПП) обработки этого события. Поэтому ключевым параметром является время реакции СРВ на прерывание. Известно, что время реакции СРВ на события зависит от области применения и варируется от мкс до ч. Общепринятого метода определения этого параметра нет, но его можно предсказать /вычислить по значению его составляющих.

Время выполнения действий не зависит от ОСРВ и целиком определяется аппаратурой, а интервал времени от возникновения запроса на прерывание до выполнения первой инструкции обработчика – определяется целиком свойствами ОС и архитектурой компьютера. Необходимо также учитывать оценки времени реакции ОСРВ на прерывание и обработки параллельных событий.

Целью работы является анализ особенностей выполнения задач и функций СРВ, планирование задач в СРВ; выполнение прикладных программ (ПП); временные характеристики и параметры задач; проблемы построения расписаний.

Планирование задач. СРВ жесткого РВ должна гарантировать завершение выполнения каждой критической задачи для всех возможных сценариев ее работы. Такие гарантии можно обеспечить на основании: исчерпывающего тестирования всех возможных сценариев поведения управляемого объекта и управляющих ПП; построения статического расписания; выбора математически обоснованного динамического алгоритма планирования (АП). При этом, при

выборе АП следует учитывать зависимость задач (имеются: критические секции; ограничения на порядок исполнения).

С практической точки зрения АП зависимых задач более важны, чем АП независимых задач. В случае использования простых микроконтроллеров нет смысла организовывать мультипрограммное выполнение большого количества независимых задач на одном компьютере в силу сложности ПП. Одновременно выполняемые зависимые задачи должны обмениваться информацией и получать доступ к общим данным для достижения общей цели системы. Поэтому установление некоторой последовательности выполнения задач или взаимного исключения является актуальной проблемой для СРВ.

Планировать работу зависимых задач сложно, и ее оптимальное решение требует больших вычислительных ресурсов. Решается эта проблема путем разделения проблемы планирования на две части так, что одна часть выполняется заранее, до запуска СРВ, а вторая, более простая, часть – во время работы СРВ. Например, анализ набора задач со взаимными исключениями может состоять в: выявлении запрещенных областей времени, в течение которых нельзя назначать выполнение задач, содержащих критические секции; введении ограничений на поведения набора задач. При таком подходе планирование приближается к статическому.

Параметры задач. Работа задач характеризуется такими моментами времени: r (release time) – когда возникла необходимость в передаче управления задаче (момент события); d (absolute deadline /абсолютный крайний срок) – к которому задача должна завершить очередную работу; s (start time) – когда задача начала исполняться на МП; c (completion time) – когда задача закончила работу, обработав событие. И такими временными параметрами: D (relative deadline) – относительный крайний срок, $D = d - r$; e (execution time) – время исполнения задачи при выполнении очередной работы, $e = c - s$; R (response time) – время отклика, $R = c - r$.

На рис. 1 представлена диаграмма работы задачи с такими параметрами: $r = 2$, $d = 11$, $s = 5$, $c = 9$, $D = 11 - 2 = 9$, $e = 9 - 5 = 4$, $R = 9 - 2 = 7$.

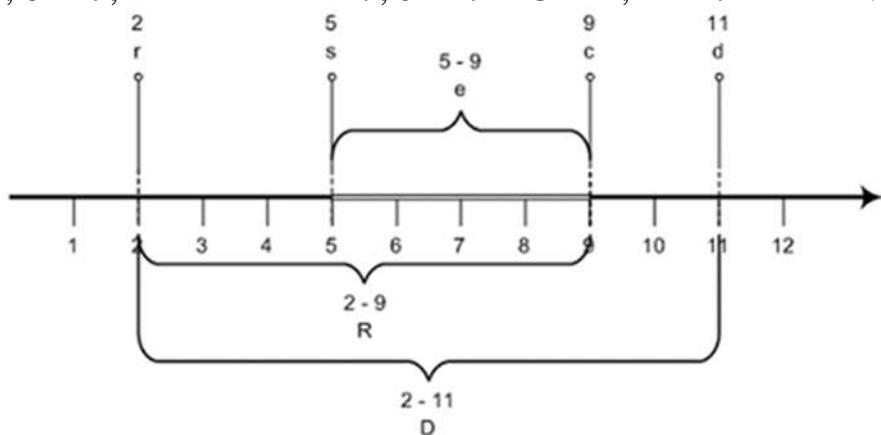


Рис. 1. Параметры задачи.

Секція «Інформаційні технології»

Параметри определяются следующим образом. Время перехода задачи в состояние готовности определяется природой управляемого объекта. Крайние сроки (d, D) определяет разработчик СРВ, исходя из свойств управляемого объекта. Время выполнения задачи e определяется архитектурой МП, его тактовой частотой и конкретной реализацией алгоритма. Для этого используются два подхода: подсчет тактов МП, необходимых на выполнение конкретной задачи; непосредственное измерения времени исполнения.

Характер возникновения событий на управляемом объекте определяется типом задач: периодические; спорадические (непериодические с жестким крайним сроком); апериодические (непериодические с мягким крайним сроком).

Обозначим $\{T_j\}$ – набор задач; $r_{jk} = t$, когда возникает необходимость в выполнении j -й задачи; $T_j[\varphi_j, p_j, e_j, D_j]$ – периодическая задача, где r_{j1} является фазой задачи φ_j . Для периодической задачи возможны такие соотношения между p_j и D_j : $p_j = D_j$; $p_j > D_j$; $p_j < D_j$ (одновременно могут быть $\exists \{\bar{T}_j\}$ несколько экземпляров T_j). Тогда, коэффициент использования времени МП периодической задачей будет таким $u_j = e_j/p_j$, а коэффициент использования МП времени системы периодических задач таким $U = \sum u_j = \sum e_j/p_j$.

Статическое планирование. Расписание является корректным, если соблюдены все крайние сроки. Набор задач $\{T_j\}$ называется планируемым некоторым АП, если этот АП всегда дает корректное расписание для этого набора задач. АП является оптимальным, если для $\forall \{T_j\}$ дает корректное расписание, если такое вообще существует для данного набора задач.

Рассмотрим систему независимых периодических задач $\{T_j\}$, где могут иметься еще апериодические и спорадические задачи как некоторые особые случаи.

Расписание для периодических задач представляет собой таблицу, в которой указано, в какой момент времени какую задачу запускать на исполнение. Такое расписание составляется на промежутке гиперпериода $P = lcm_j(\{p_j\})$. Таким образом, планировщик периодически повторяет последовательность запуска задач, заданную в расписании.

Например, для набора из четырех задач: $T_1[* ,4,* ,1] T_2[* ,5,* ,1.8] T_3[* ,20,* ,1] T_4[* ,20,* ,2]$ $P = 20..$ На его протяжении T_1 должна получить управление 5 раз, T_2 – 4, а T_3 и T_4 – по одному разу. При этом должны быть соблюдены все крайние сроки. Статическое расписание для этой системы задач будет таким (табл. 1), где I – «задача» простоя (Idle task).

Таблица 1

Пример расписания

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
время	0	1	2	3.8	4	5	6	8	9.8	10.8	12	13.8	14.8	16	17	18	19.8
относительное	0.2	1	1	1.8	0.2	1	1	2	1.8	1	1.2	1.8	1	1.2	1	1	1.8
задача	T1	T3	T2	I	T1	I	T4	T2	T1	I	T2	T1	I	T1	I	T2	I

Планировщики, обычно, работают по прерываниям от таймера, а задачи представляют собой ПП, которые вызываются в нужные t обработчиком прерываний. Так как таймер удобно программировать на генерацию прерывания

не через какой-то промежуток времени от начала отсчета времени, а на прерывание через какой-то промежуток времени от текущего момента времени, то «время» в табл. 1 целесообразно представить в ином виде: вместо промежутков времени от начала цикла помещать промежутки относительного времени от одного прерывания до другого, что и приведено в строке «относительное».

Преимущества таких алгоритмов: простота, вызванная отсутствием понятий «процесс» /«поток»; передача управления задаче – это вызов ПП; результаты тестирований и проверок весьма надежны. Благодаря этим качествам, такие алгоритмы применяются в СРВ высокой надежности.

Недостатки: негибкость (любое изменение числа задач, времен исполнения и т.п., требует остановки СРВ, пересчета расписания и перекомпиляции ПП); планировщик «отвязан» от внешнего мира, так как работает по прерываниям от таймера; сложно учитывать спорадические задачи; возможный большой размер таблицы с расписанием.

Динамическое планирование с динамическими приоритетами. Рассмотрим два типа планировщиков с динамическими приоритетами:

Рассмотрим два типа планировщиков с динамическими приоритетами:

- EDF (earliest deadline first) – наивысший приоритет имеет та задача, у которой осталось меньше всего времени до крайнего срока; модификации – с/ без вытеснением/ я задач.

- LLF (least laxity first) – наивысший приоритет имеет задача с наименьшим запасом времени.

Известно, что (теорема) алгоритм EDF оптимален для $\forall\{T_j\}$ (периодических с любым соотношением между p_j и D_j , спорадических), если *all* T_j : независимы; возможно вытеснение; вытеснение не требует временных затрат.

Ее доказательство основывается на том, что если для какого-то набора задач {можно составить корректное расписание, то это расписание всегда можно привести к такому виду при котором оно останется корректным, что порядок исполнения задач будет таким, какой получился бы при использовании EDF. Для алгоритма LLF имеет место подобная теорема.

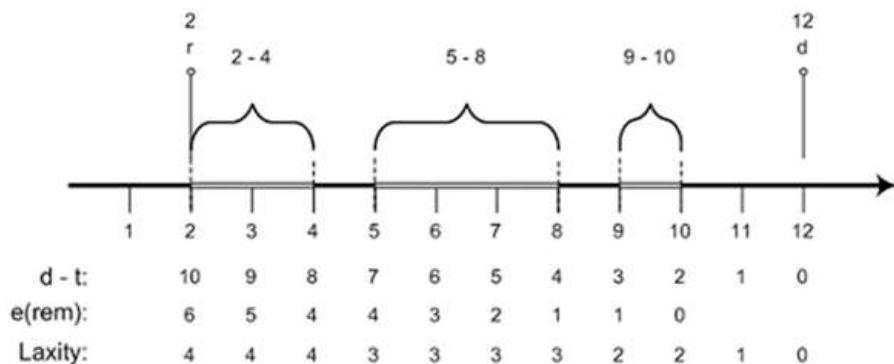


Рис. 2. Резерв времени.

Под понятием резерв /запас времени (laxity) понимается разность между временем, оставшимся до крайнего срока, и временем, которое задаче еще нужно

СЕКЦІЯ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

проработать, то есть $L(t) = (d - t) - e^{(rem)}$. На рис. 2 показана некая работа T_j , которая стала готовой в $t = 2$ и имеет крайний срок в $t = 12$. Задача отработала с вытеснениями. Пока T_j выполняет свою работу, запас времени остается постоянным, так как уменьшается и время до D_j , и количество времени, которое еще нужно проработать – разумеется, на одну и ту же величину. Если же T_j простояивает по причине вытеснения ее другими, более приоритетными задачами, то D_j приближается, а время, которое еще нужно проработать, остается постоянным, поэтому в такие промежутки запас времени, естественно, уменьшается.

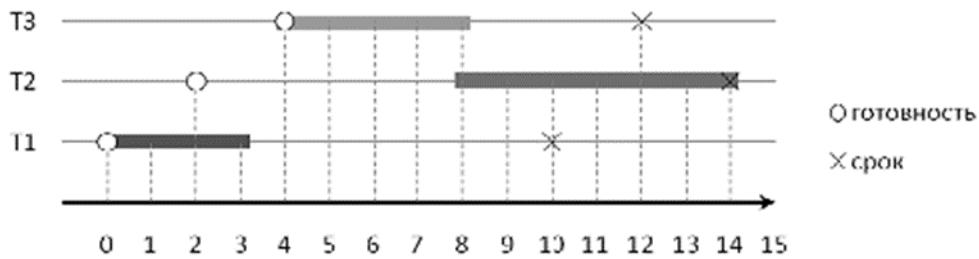


Рис. 3. Расписание для системы трех задач.

Алгоритм EDF без вытеснения не оптимален (теорема). Доказать эту теорему можно, приведя такой $\{T_j\}$ для которого можно составить корректное расписание, а АП EDF без вытеснения даёт некорректное расписание.

Пусть имеем три задачи со такими параметрами $T_j[r, e, d]$: $T_1[0, 3, 10]$; $T_2[2, 6, 14]$; $T_3[4, 4, 12]$, и таким, например, корректным расписанием (рис. 3).

Алгоритм EDF без вытеснения даст следующее расписание (отметим, что моменты принятия решения планировщиком – это t , когда-либо появляется задача в состоянии готовности, либо какая-то задача завершает свою очередную работу) (рис. 4).

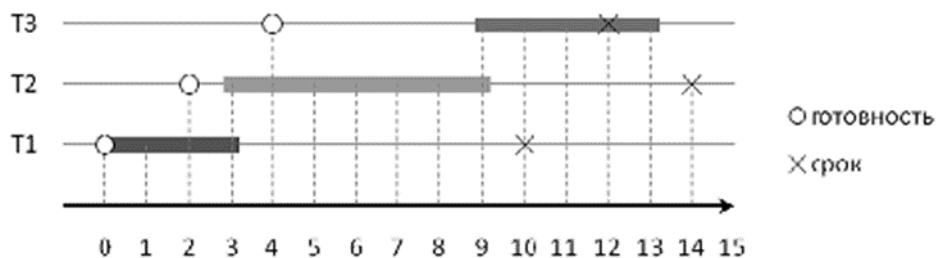


Рис. 4. Расписание EDF-планировщика без вытеснения.

В $t = 3$ готова только T_2 , поэтому она и выбирается для исполнения и не вытесняется до тех пор, пока полностью не сделает свою работу несмотря на то, что в $t = 4$ в состояние готовности переходит T_3 , у которой крайний срок наступает раньше, чем у T_2 . Как видим, из-за этого T_3 пропускает свой крайний срок. Таким образом, алгоритм EDF без вытеснения оптимальным нее является.

Для сравнения приведем расписание, которое составил бы EDF- планировщик с возможностью вытеснения задач (рис. 5).

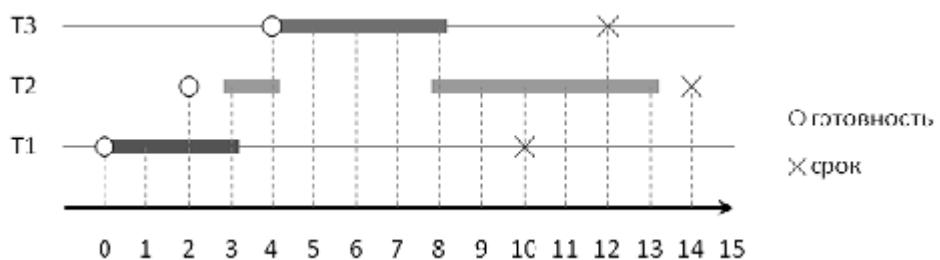


Рис. 5. Расписание EDF-планировщика с вытеснением.

Как видно из рис. 6 *all* T_j успели завершить свои работы до D_j . В $t = 2$ стала готовой T_2 , но она не вытесняет T_1 , так как у T_2 крайний срок наступает позже, чем у T_1 . T_2 получает управление только в $t = 3$. Но появившаяся в $t = 4$ T_3 вытесняет T_2 , так как у T_3 крайний срок наступает раньше, чем у T_2 . В $t = 8$, когда T_3 завершил свою работу, управление вновь получает T_2 .

Из вышесказанного, однако, не следует делать вывод, что EDF без вытеснения безусловно хуже EDF с вытеснением, поскольку доказательство оптимальности последнего проведено в предположении, что собственно само вытеснение задач (например, переключение контекстов) не требует никакого времени, что, подчеркнем, никак с действительностью не согласуется. Поэтому при анализе АП нужно учитывать накладные расходы на планирование, например, включать их во времена исполнения задач e .

Для EDF-планировщика с вытеснением имеет место утверждение о проверке $\{T_j\}$ на предмет возможности составления расписания для нее таким планировщиком (теорема). Для того чтобы система $\{T_j\}$ независимых вытесняемых периодических задач (таких, что для $\forall j: D_j \gg p_j$), была планируема EDF-планировщиком, необходимо и достаточно, чтобы $U \leq 1$.

Если же относительные $D_j \leq p_j$, то данное условие является необходимым, но не достаточным. Например, набор из двух задач $T_j(p, e, D)$: $T_1(2; 1; 1,9)$; $T_2(2; 1; 1,9)$ заведомо не может быть корректно распланирована никаким алгоритмом, хотя для нее $U = 1$. В таких случаях вместо понятия «коэффициент использования процессорного времени» используется понятие «плотность задачи», определяемую как $\delta = e/\min(D, p)$.

Суммарная плотность $\{T_j\}$ определяется как сумма плотностей *all* T_j системы: $\Delta = \sum \delta_j = \sum e_j / \min(p_j, D_j)$.

Для систем такого рода имеет место несколько иное утверждение относительно возможности составления корректного расписания (теорема). Для того чтобы $\{T_j\}$ независимых вытесняемых периодических задач (таких, что для $\forall j: D_j < p_j$), была планируема EDF-планировщиком, достаточно, чтобы $\Delta < 1$.

Отметим, что это условие не является необходимым. Это значит, что если оно выполняется, то для СРВ можно составить корректное расписание; если же это условие не выполняется, то корректное расписание составить нельзя. Например, для $T_1(2; 0,6; 1)$ и $T_2(5; 2,3)$ условие $\Delta \leq 1$ ($\Delta = 0,6/1 + 2,3/5 = 1,06 > 1$) не выполняется, но корректное расписание составить можно.

Динаміческое планирование со статическими приоритетами. Существуют два распространенных способа назначения приоритетов:

- RMS (rate monotonic scheduling) – чем меньше период задачи, тем выше у нее приоритет или чем чаще /rate задача переходит в состояние готовности, тем ее приоритет выше;
- DMS (deadline monotonic scheduling) – чем меньшее относительный крайний срок задачи, тем выше ее приоритет.

На рис. 6 приведен пример расписания, составленного RMS-планировщиком для синхронной системы 3-х периодических задач с такими параметрами: $T_1(3; 0,5)$; $T_2(4; 1)$; $T_3(6; 2)$.

В соответствии с вышеприведенным правилом самый высокий приоритет имеет T_1 , а самый низкий - T_3 . В $t = 0$ имеется 3 готовых задачи, МП получает T_1 . В $t = 0,5$ готовы 2 задачи (T_2 и T_3), управление получает T_2 . В $t = 3$ снова становится готовой T_1 , поэтому T_3 ею вытесняется. В $t = 3,5$ управление вновь получает T_3 как единственную готовую. В $t = 4,0$ готова только T_2 , она и получает управление.

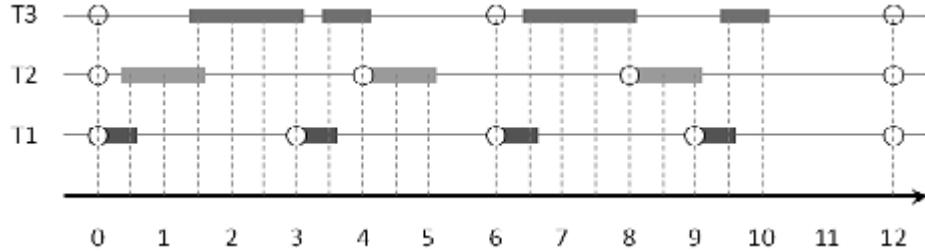


Рис. 6. Расписание RMS-планировщика.

В $t = 6$ готовы две задачи (T_1 и T_3), управление отдается T_1 . Далее работает T_3 , но в $t = 8$ она вытесняется T_2 . В $t = 9$ опять готова T_1 , она отрабатывает и, наконец, в $t = 9,5$ получает управление T_3 . Затем все повторяется сначала (при условии, что число задач в системе неизменное).

Рассмотрим пример расписания, составленного DMS-планировщиком (рис. 7) для следующей системы задач: $T_1(3; 0,5)$; $T_2(4; 1; 2)$; $T_3(6; 2)$. Отличие этой системы от предыдущей только в том, что у T_2 относительный крайний срок нее равен периоду, а < в 2 раза. Согласно правилу назначения приоритетов, самый высокий приоритет будет иметь T_2 , а самый низкий – T_3 .

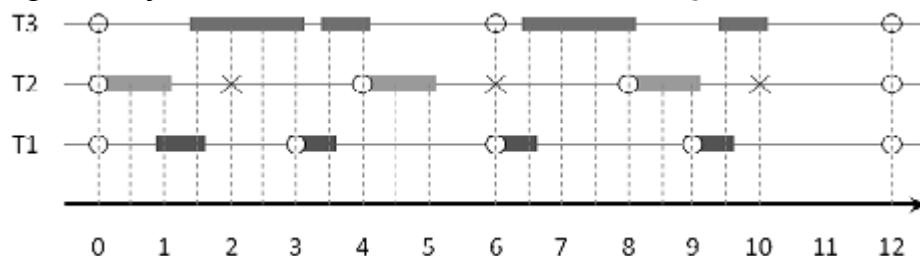


Рис. 7. Расписание DMS-планировщика.

Для рассмотренных правил назначения приоритетов существует следующее утверждение (теорема): алгоритмы DMSS и RMS не являются оптимальными.

Система $\{T_j\}$ периодических задач называется СРВ с простой периодичностью, если для $\forall T_j$ и T_k при $p_i < p_k$ имеет место равенство $p_k \bmod p_i = 0$. Иными словами, периоды всех задач системы попарно делятся нацело друг на друга. Например, $\{T_1(2, 1), T_2(4, 1), T_3(8, 11)\}$ является системой с простой периодичностью, а система $\{T_1(2, 1), T_2(5, 11), T_3(10, 1)\}$ таковой не является ($5 \bmod 2 = 1 \neq 0$).

Известо, что для систем с простой периодичностью справедливо такое утверждение (теорема). Система $\{T_j\}$ независимых вытесняемых задач с простой периодичностью с периодами, не превышающими относительные крайние сроки, планируется на одном МП тогда и только тогда, когда для этой системы $U < 1$.

Для систем с произвольными соотношениями между периодами задач справедливо следующее утверждение (теорема/ критерий проверки планируемости алгоритмом RMS). Система $\{T_j\}$ n независимых вытесняемых периодических задач с $p_j = D_j$ планируется на одном МП, если для этой системы $U \leq n(\frac{21}{n} - 1)$. Это условие является достаточным, но не необходимым.

Выводы. Рассмотрены особенности планирования задач в СРВ, условия гарантированного завершения задач, временные моменты и параметры задач; алгоритмы статического и динамического планирования; критерии/ теоремы планируемости; примеры.

Література

1. Зинченко С.В., Зинченко В.П. Особенности систем реального времени// Настоящий сборник, 2017.
2. Теория расписаний и вычислительные машины/ Под ред. Э.Г.Коффмана. - М.: Наука, 1984.
3. Костенко В.А., Гурьянов Е.С. Алгоритм построения расписаний обменов по шине с централизованным управлением и исследование его эффективности// Программирование, 2005., N6.
4. Организация вычислительных процессов: конспект лекций/ сост. Б.М. Степанов. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2001.
- 5 Теория и реализация вычислительных систем реального времени: сборник / Рос. АН ВЦ. – М.: ВЦ РАН, 1999.
6. V.V. Balashov, V.A. Kostenko, R.L. Smeliansky. A Tool System for Automatic Scheduling of Data Exchange in Real-Time Distributed Avionics Systems// Proceedings of the 2nd EUCASS European Conference for Aerospace Sciences (EUCASS'2007), 2007.
7. Конвой Р. В., Максвелл В. Л., Миллер Л. В. Теория расписаний. – М.: Гл. ред. физ.-математ. лит-ры изд-ва «Наука», 1975.

УДК 681.3

ЗИНЧЕНКО С.В.¹, ЗИНЧЕНКО В.П.²

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

¹Інститут кибернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Київ, zinchenkosv@gmail.com

²Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського, Київ, zinchenko.vp@gmail.com

Рассмотрены особенности систем реального времени (СРВ), функционирования СРВ, операционных систем РВ (ОСРВ) и разработки приложений для них; стандарты СРВ; характеристики и анализ ОСРВ; проблемы расширений РВ на основе Linux и Windows.

Ключевые слова: система, реальное время, программы, операционные системы.

Розглянуті особливості систем реального часу (СРЧ), функціонування СРЧ, операціонних систем РЧ (ОСРЧ) і розробки додатків для них; стандарти СРЧ; характеристики і аналіз ОСРЧ; проблеми розширень РЧ на основі Linux і Windows.

Ключові слова: системи, реальний час, програми, операційні системи.

The features of real-time systems (RTS), the functioning of RTS, real-time operating systems (RTOS) and development of applications for them; RTS standards; data and analysis of real-time operating system RTOS; the problem of RTS extensions based on Linux and Windows.

Keywords: systems, real time, programs, operating systems.

Введение. Системы реального времени (СРВ) – важное и актуальное направление современных технологий, так как все автоматизированные комплексы, от которых зависят жизни и здоровье людей, являются СРВ. Проблемы СРВ затрагивают как фундаментальные вопросы (многозадачность, прерывания, межзадачное взаимодействие и синхронизация), так и детали функционирования [1].

СРВ – это аппаратно-программные комплексы, реагирующие за предсказуемое время на непредсказуемый поток внешних событий. Это означает, что СРВ успевает реагировать на: событие на объекте в течении критического времени (определяется объектом и событием, поэтому время реакции системы должно быть предсказано при ее создании; отсутствие реакции в предсказанное время считается ошибкой); на два /больше одновременно происходящих внешних события в течении критических интервалов времени для этих событий.

Разделяют СРВ на системы жесткого РВ (не допускают никаких задержек реакции ни при каких условиях) и системы мягкого РВ (допускают задержку реакции на события, что может привести к снижению производительности системы в целом). К первым относятся бортовые системы управления, системы аварийной защиты, регистраторы аварийных событий и т.п. Ко вторым относятся компьютерные сети, которые допускают задержку обработки пакетов (повторные посылки). Данные при этом не теряются, но производительность сети снижается.

ОСРВ /RTOS – это ОС которая: имеет необходимые средства для организации работы в условиях жесткого РВ; фиксирует сбой в работе, если не удовлетворены временные ограничения; обеспечивает требуемый уровень сервиса в заданный

промежуток времени (POSIX 1003.1 [2]); обеспечивает не только логическую правильность работы прикладной программы (ПП), но и время получения результата. Отметим, что понятие «РВ» в СРВ отличается от других трактовок [1, 3].

Применяются СРВ в военной, авиа-космической областях; промышленности; автомобилестроении; энергетике, телекоммуникациях; банковском оборудовании; товарах потребления; компьютерном и офисном оборудовании [3].

Целью работы является анализ особенностей и функционирования СРВ, операционных систем РВ (ОСРВ) и разработки прикладных программ (ПП) для СРВ; стандарты СРВ; характеристики и анализ ОСРВ; проблемы расширений РВ на основе Linux и Windows.

Отличие ОСРВ от ОС общего назначения (ОСОН). ОСОН (особенно многопользовательские) ориентированы на оптимальное распределение ресурсов компьютера между пользователями и задачами (системы разделения времени). В ОСРВ – это второстепенная задача, так как главная задача – успеть среагировать на события, происходящие на объекте.

ОСРВ всегда связано с аппаратурой, объектом, событиями на объекте и ориентирована на обработку внешних событий. Именно это приводит к коренным отличиям ОСРВ от ОСОН в структуре, функциях ядра, построении ввода-вывода. Часто внешний интерфейс ОСРВ похож на ОСОН, но ОСРВ устроена совершенно иначе, и ее применение всегда конкретно. ОСОН – это готовый набор приложений, а ОСРВ является инструментом для создания конкретной СРВ.

Характерные функции ОСРВ: многозадачность с вытеснением (preemptable); реализует приоритеты для потоков; поддерживает предсказуемые механизмы синхронизации; обеспечивает механизм наследования приоритетов; поведение известно и предсказуемо (задержки обработки прерываний, переключения задач, драйверов и т.п.); для всех сценариев рабочей нагрузки СРВ определяется максимальное время отклика.

Обработка событий в СРВ. Время реакции СРВ на события зависит от области применения: математическое моделирование – мкс; радиолокация – мс; складской учет – с; торговые операции – мин; управление производством – мин; химические реакции – ч. Очевидно, что времена значительно различаются: для каждой задачи необходимы соответствующие аппаратные средства; события сообщаются СРВ посредством запросов на прерывание (IRQ), поэтому ключевым параметром является время реакции системы на прерывание (interrupt latency). Общепринятого метода определения этого параметра нет, но его можно предсказать /вычислить.

События на объекте регистрируются датчиками, данные с которых передаются в модули ввода-вывода /интерфейсы СРВ. Последние, получив и преобразовав информацию от датчиков, генерируют запрос на прерывание в управляющем компьютере, что и является сигналом о произошедшем событии на объекте.

Секція «Інформаційні технології»

Получив сигнал от модуля ввода-вывода, СРВ должна запустить ПП обработки этого события.

Интервал времени – от события на объекте до выполнения первой инструкции в ПП обработки этого события – это время реакции системы на событие. Проектируя СРВ вычисляется этот интервал по значению его составляющих.

Время выполнения действий – от события на объекте до генерации прерывания не зависит от ОСРВ и целиком определяется аппаратурой, а интервал времени – от возникновения запроса на прерывание до выполнения первой инструкции обработчика – определяется целиком свойствами ОС и архитектурой компьютера. Это время всегда оценивается в худшей для СРВ ситуации, то есть в предположении, что: микропроцессор (МП) загружен; возможны другие прерывания и действия, блокирующие прерывания.

Оценка времен реакции на прерывание ОСРВ ($pSOS+ \leq 4$; $VRTX \leq 5$; $LunxOS \leq 7$; VxWorks, PDOS ≤ 4.5 в мкс) выполняется на основе результатов тестирования целевой СРВ известной архитектуры с известными средствами измерения и точным значениями измеряемых промежутков времени.

Так как все ОСРВ являются многозадачными (одновременно могут обрабатывать несколько событий), то оценка времени обработки параллельных событий зависит от времени переключения контекста ($pSOS+ \approx 122$; $VRTX \approx 145$; $LunxOS \approx 165$; VxWorks ≈ 152 ; PDOS ≈ 90 в мкс).

Отметим, что ОСРВ СРВ выполняется на персональных, промышленных компьютерах (ПрК), контроллерах и встраиваемых системах (составляющая часть оборудования). При выборе МП определяющим является обеспечение требуемой производительности при наименьшей тактовой частоте (тепловыделение). ПрК для управления оборудованием, обычно не имеют монитора и клавиатуры, в связи с чем ОСРВ должна: работать в бездисковом исполнении (важен небольшой объем исполняемого кода); поддерживать как можно больше МП и видов спецоборудования; иметь инструментарий для создания и отладки ПП [4].

Стандарты СРВ. Различия в спецификациях ОСРВ и разнообразие МП привели к проблеме стандартизации с целью упрощение переноса ПП из одной системы в другую. При этом, задача обеспечения максимальной скорости работы и компактности СРВ стоит выше задачи стандартизации. Поэтому, с одной стороны, среди СРВ преобладают системы с уникальным устройством, а с другой стороны, многие стандарты носят весьма общий характер. Отметим, что даже ОСРВ, декларирующие свою совместимость с конкретным стандартом, содержат расширения, выходящие за его рамки. Важность стандартов состоит в том, что они являются аксиоматической базой, задающей определения рассматриваемых объектов и понятий.

Известный стандарт POSIX (IEEE Portable Operating System Interface for Computer Environments, IEEE 1003.1) изначально был разработан для первых версий UNIX-систем. Спецификации POSIX (>30 стандартов) определяют механизмы взаимодействия ПП и ОС. Для ОСРВ важны 7 из них (1003.1a-d/.1j/.21/.2h), и только 3 первых поддерживаются коммерческими ОС.

Некоторые компании предложили в качестве стандарта CPB свои спецификации. Так поступила компания TRON (the RTOS Nucleus, Япония), разработавшая спецификации ITRON1, µITRON и ITRON2 для 8/ 16 /32 -разрядных МП соответственно. Военная и аэрокосмическая отрасли предъявляют жесткие требования к целевым CPB, что изложено в стандартах DO-178B, ARINC-653 (США) и ED-12B (Европа, аналог DO-178B). Распространен стандарт OSEK/VDX (OSEK), первоначально созданный для систем автомобильной индустрии.

Стандарт POSIX был создан как интерфейс сервисов ОС для переносимых ПП, впоследствии расширен особенностями режима РВ, и в настоящее время представляет семейство стандартов IEEE Std 1003.n, а именно: 1003.1a/OS Definition (определяет базовые интерфейсы); 1003.1b /Realtime Extensions (расширения РВ с такими алгоритмами планирования обработки процессов: SCHED_FIFO (до завершения в режиме FIFO); SCHED_RR /Round Robin (процессам выделяются кванты времени); SCHED_OTHER (произвольный и не переносимый); 1003.1c/Threads (многопоточная обработка внутри процесса); 1003.1d (дополнительное расширения РВ; 1003.21 (распределенные CPB); 1003.2h (сервисы) [3].

Стандарт DO-178A /B /C создан RTCA (Radio Technical Commission for Aeronautics) для ПП бортовых авиационных систем. Стандарт предусматривает 5 уровней серьезности отказа (A – катастрофический, B – опасный, C – существенный, D – несущественный, E – не влияющий). На каждом уровне определен набор требований к ПП, которые гарантируют работоспособность CPB при возникновении отказов данного уровня.

Стандарт ARINC-653 (ARINC – Avionics Application Software Standard Interface) определяет универсальный программный интерфейс APEX (Application/Executive) между ОС авиационного компьютера и ПП. Требования к интерфейсу между ПП и сервисами ОС определяются так, чтобы разрешить ПП контролировать диспетчеризацию, связь и состояние внутренних обрабатываемых элементов. В новой редакции ARINC-653 введена архитектура изолированных (partitioning) виртуальных машин [5].

Стандарт OSEK/VDX (OSEK – автомобильный консорциум /BMW, Bosch, Daimler Chrysler, Opel, Siemens, Volkswagen/ и университет в Карлсруэ (Германия); VDX (Vehicle Distributed eXecutive) – французские компании PSA и Renault). Первоначально OSEK/VDX был разработан как стандарта открытой архитектуры ОС и API для автомобильных CPB, и со временем распространился на другие отрасли промышленности. OSEK/VDX включает три стандарта: ОС/OS; коммуникаций (COM); сетевого менеджера (NM). Определен некий реализационный язык (OIL). Эффективность OSEK состоит в интеграции его компонентов [6].

Стандарт SCEPTRE (Standartisation du Coeur des Executifs des Produits Temps Reel Europeens). В нем: изложены спецификации для промышленных ПП; даны

Секція «Інформаційні технології»

определения, методы и подходы, используемые в СРВ; определены задачи ОСРВ: адекватность поставленной задаче, безопасность, минимальная стоимость, максимальная производительность, переносимость, адаптивность, модульность [7].

Сервис ОС в стандарте разделен на следующие группы: коммуникации, синхронизация процессов, контроль и планирование задач, управление памятью, временем, прерываниями и оборудованием ввода-вывода, высокоуровневый интерфейс ввода-вывода и управления периферийными устройствами, управление файлами и транзакциями, обработка ошибок и исключений [8].

Основные группы функций стандарта такие: выделение памяти и адресация объектов, создание и удаление объектов, доступ к другим компьютерам. Задачи делятся на два класса. Прямые /непосредственные задачи обеспечивают интерфейс между ПП и ее внешним окружением, например, задачи ввода-вывода, обработки событий таймера. Такие задачи активизируются непосредственно сигналом, приходящим с управляемого объекта, посредством механизма прерываний. Косвенные /отложенные задачи – это задачи, активизируемые другими задачами, и оперируют данными, полученными от прямых или от других косвенных задач.

Возможные состояния задач: не существует (нет дескриптора); существует (имеет дескриптор); неисполнима (нельзя ни активизировать ни продолжить); исполнима (можно выполнить); не обслуживается (требует активизации или успешно завершена); обслуживается (начинает исполнение и не терминирована); ожидает (ожидает выполнения определенного условия для продолжения работы); активна (ожидает освобождения МП от других задач); готова (активна и ожидает МП); выполняется (использует МП).

Стандартом также определены основные виды межзадачного взаимодействия: обмен сигналами /событиями; коммуникация (посредством очередей); исключения; семафоры; клиент-серверное взаимодействие.

TCSEC (Trusted Computer System Evaluation Criteria) – стандарт критерии оценки компьютерных систем, разработан Министерством обороны США и известен как “Orange Book”. В ряде стран были разработаны аналогичные критерии, на основе которых был создан международный стандарт “Общие критерии оценки безопасности информационных технологий” (Common Criteria for IT Security Evaluation, ISO/IEC 15408).

В “Orange Book” определены 7 уровней защиты: A1 – верифицированная разработка; B3 – домены безопасности; B2 – структурированная защита; B1 – мандатный контроль доступа; C2 – дискреционный контроль доступа; C1 – избирательная защита; D - минимальная защита.

“Common Criteria ...” определяют требования обеспечения безопасности в виде оценочных уровней (Evaluation Assurance Levels – EAL). Их семь: EAL7 – наивысший уровень предполагает формальную верификацию модели объекта оценки; EAL6 – полуформально верифицированный и протестированный; EAL5 – полуформально спроектированный и протестированный; EAL4 – методически

спроектований, протестирований и пересмотренный; EAL3 – методически протестированный и проверенный (более полный чем EAL2); EAL2 – структурно протестированный; EAL1 – функционально протестированный.

В соответствии с требованиями “Common Criteria ...”, например, ОС оцениваются на соответствие ряда функциональных критериев и критериев доверия (профилей защиты). Существуют различные определения профилей защиты в отношении ОС, брандмауэров, смарт-карт и т.п., которые должны соответствовать определенным требованиям безопасности. Например, профиль защиты систем с разграничением доступа (Controlled Access Protection Profile) применяется к ОС и призван заменить уровень защиты C2 стандарт TCSEC. В соответствии с оценочными уровнями доверия сертификация на соответствие более высокому уровню означает более высокую степень уверенности в том, что система защиты работает правильно и эффективно. Уровни 5-7 применяются для тестирования ПП, созданных с применением специализированных технологий безопасности.

Отметим, что большинство оценок безопасности ПП сосредоточены на уровне EAL4 и ниже, что говорит об ограниченном применении формальных методов в этой области. С точки зрения программиста, “Common Criteria ...” можно рассматривать как набор библиотек, с помощью которых пишутся задания по безопасности, типовые профили защиты и т.п.

Существуют и другие стандарты, например: ГОСТ Р ИСО/МЭК 51904-2002; ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-99 [10,11].

Аналіз своїсть ОСРВ. Рассмотрены такие свойства характерны для распространенных ОСРВ:

- соответствие стандарту POSIX на интерфейс ПП, обеспечивающий функционирование в режиме РВ, то есть: обладают вытесняемым ядром; имеют вытесняющий динамический механизм планирования, основанный на использовании статических приоритетов задач (реализуются в виде потоков); предоставляют механизмы синхронизации потоков; кроме POSIX имеют свой собственный API;
- являются модульными и масштабируемыми; можно разместить ядро в постоянно запоминающем устройстве (ПЗУ) встраиваемых систем; возможно добавления средств ввода-вывода, управления файлами, сетевого взаимодействия (например, TCP/IP) и т.п.;
- быстродействие и эффективность достигается за счет: построения концепции микроядра; низких накладных расходов на работу планировщика, переключение контекстов, операции блокировки/ деблокировки мьютексов и т.п.; быстрой реакции на прерывание (несколько мкс); оптимизации критических секций в ядре (участки кода, работающих без вытеснения);
- поддерживают двухэтапную обработку прерываний: сначала исполняется короткая ПП обслуживания прерывания ISR (interrupt service routine), которая ставит в очередь на выполнение более длинную ПП обработки прерывания IHR

Секція «Інформаційні технології»

(interrupt handling routing); первая из них выполняет минимальный объем действий, вторая – более емкие действия, например, передачу данных от внешнего устройства. Отметим, что такой механизм обработки прерываний имеется и в ядрах ОСОН. Например, в Linux подобный механизм называется upper /bottom half (верхняя /нижняя половина). “Bottom” соответствует понятие IHR, “upper” – ISR. В ОС Windows имеется механизм отложенного вызова процедур (DPC). ПП, вызываемая с помощью этого механизма, аналогична IHR;

- обладают более/менее гибкими схемами планирования: уровней приоритетов потоков (≥ 32 согласно POSIX, но бывает 128 и 256); для потоков с одинаковым уровнем приоритета применяются схемы планирования FIFO и RR (round robin); как правило, не поддерживают алгоритм EDF (сложно реализовать по сравнению со статическими планировщиками);
- имеют высокое разрешение таймеров и счетчиков (номинальное – *нс*, реальное – *мкс*);
- содержатся механизмы подкачки и защиты памяти; задачи и ядро исполняются в едином адресном пространстве;
- соответствуют схеме разработки ПП Host-Target или SelfHosted.

Self-Hosted – это системы (применяются на ПрК), в которых программист может разрабатывать ПП, работая в самой ОСРВ. Это предполагает, что ОСРВ поддерживает файловую систему, средства ввода-вывода, пользовательский интерфейс, имеются компиляторы, отладчик, редакторы и т.п. Достоинство таких систем – простой и наглядный механизм создания и запуска ПП, которые работают на том же компьютере, что и пользователь. Недостатком является то, что для ПрК в реальной эксплуатации часто вообще не требуется пользовательский интерфейс и возможность запуска тяжеловесных ПП вроде компилятора. Следовательно, большинство из описанных выше возможностей ОСРВ просто не используются и только зря занимают память и другие ресурсы ПрК.

Host/Target – это системы, в которых ОС и /или компьютер, на котором разрабатываются ПП (host), и ОС и /или компьютер, на котором запускаются ПП (target), различны. Связь между компьютерами осуществляется с помощью СОМ-порта, Ethernet, общей шины VME, compact PCI и др. В качестве host обычно используется компьютер под управлением UNIX /W'NT, в качестве target – ПрК /встраиваемый компьютер под управлением ОСРВ. Существуют системы, в которых на одном компьютере работает ОСОН и ОСРВ. Достоинство таких систем – использование всех ресурсов ОСОН (графический интерфейс, файловая система, быстрый МП и большой объем оперативной памяти) для создания ПП и уменьшение размеров ОСРВ за счет включения только нужных ПП компонент. Недостаток – относительная сложность программных компонент: кросс-компилятора, удаленного загрузчика и отладчика и т.д.

Отметим, что, с одной стороны, рост мощности ПрК позволяет использовать self-hosted на большем числе вычислительных систем. С другой стороны, увеличивающееся распространение встраиваемых систем расширяет сферу

применения host/target систем, где стоимость ПП является определяющим фактором.

Анализ ОСРВ представлен в формат: название, основные характеристики:

- тип;
- архитектура;
- стандарт;
- свойства как ОСРВ;
- ОС разработки (host);
- процессоры (target); линии связи host-target;
- минимальный размер;
- средства синхронизации и взаимодействия;
- средства разработки. Рассмотрены такие ОСРВ: CHORUS; LynxOS; OS-9; pSOS; RTC; VRTX; VxWorks; QNX и др.

Например: LynxOS (Lynx RTS):

- self-hosted;
- микроядро;
- POSIX 1003;
- многозадачность - POSIX 1003; многопроцессорность; уровней приоритетов – 255; планирование – FIFO, round robin, Quantum; preemptive ядро;
- нет;
- Intel 80x86, Motorola 68xxx, SPARC, PowerPC;
- полной /усеченной, только ядро – 256 /124/ 33 Kb;
- POSIX 1003 (семафоры, mutex, condvar);
- комплект разработчика (компилятор C/C++, отладчик, анализатор); X W's/Motif для Linux; Total View (многопроцессный отладчик; ядро – 28 Kb, обеспечивающее диспетчеризацию прерываний, планирование задач и механизмы их синхронизации; допускает добавления KPI (kernel plug-ins), и эту ОСРВ можно использовать как ОСОН типа UNIX для разработки ПП; поддерживает механизмы защиты памяти и подкачки).

Специализированные ОСРВ проектируются под конкретную модель МП / задачу и имеют такие преимущества: высокая производительность, оптимальный состав оборудования, наибольшая компактность. Недостатки: большое время разработки, высокая стоимость, непереносимость. Примерами таких систем являются ОСРВ компаний Sony, Sagem и др., и системы, разработанные под конкретную задачу, например, управление железными дорогами TGV во Франции.

Проблемы адаптации ОСОН к требованиям РВ. Адаптация Linux к требованиям РВ выполняется по следующим направлениям:

- Поддержка стандарта POSIX 1003.xx: 1c - работа с задачами (thread); 1b (расширения РВ) - реализует механизмы управления памятью и планирования задач, но не реализует механизмы работы с таймерами, сигналами, семафорами и очередями сообщений.
- Поддержка специального оборудования, например, шины VME; моста VMEPCI, выполнения Linux из ПЗУ, повышение разрешения таймера системы.
- Реализация механизма preemption для ядра (превращается в СРВ), что является сложным для Linux, так как все UNIX системы, надолго запрещают прерывания при входе в ядро, которое практически невытесняемое (nonpreemptive) [12].

Существуют два пути реализации preemption для ядра Linux:

- переписать ядро, что позволит достичь самых качественных результатов, но на данный момент видимых успехов в этом пока нет, так как требуется выполнить большой объем работы, связанный с большим объемом ядра, и быстро изменяется ядро без учета интересов РВ;

Секція «Інформаційні технології»

- механізм preemption реалізовувати як мікроядро, отвічаючого за диспетчеризацію преривань і задач, де ядро Linux працює як задача з низьким приоритетом, а саме ядро незначально змінюється для попередження блокування ім аппаратних преривань; наприклад, RT-Linux (без X-W's $\leq 2,7\text{МБ}$).

Адаптація W'NT до завдань РВ означала не що інше, ніж спробу використати господарчу програмну технологію для створення застосунків РВ. Огромний набір ПП під W's, потужний програмний інтерфейс WIN32, наявність спеціалістів - естественне стремлення отримати у СРВ всі можливості.

Отметим, що W'NT створювалася як мережева ОС, і в неї основу були заложені елементи РВ, а конкретно – двухрівнева система обробки преривань (ISR і DPC), класи РВ (процесси з приоритетами 16 - 32 планируються в згідності з правилами РВ). Поверхнотичний аналіз W'NT показує, що вона не підходить для створення жестких СРВ (непредсказуема – час виконання системних викликів і реакції на преривання залежить від її завантаження; об'ємна; немає захисту від зависань, т.д.), і навіть у м'яких СРВ W'NT можна використовувати тільки при виконанні ряду обмежень.

Розробка розширень виконувалася в двох напрямках.

1. Використання ядер класичних ОСРВ як доповнення до ядру W'NT для реалізації функцій для зв'язку ПП РВ і W'NT. Таке рішення реалізовано фірмами "LP Elektroniks" і "Radisys", де паралельно з W'NT працює ОС VxWorks або InTime. Для "LP Elektroniks" це виглядає так: вихідне завантаження – W'NT, потім ОС VxWorks і розподіляється необхідна пам'ять. Далі комп'ютер керується VxWorks, надаючи МП ядру W'NT тоді, коли в ньому немає потреби для застосунків VxWorks. Синхронізацію і обмін даними між ОС виконує псевдодрайвер TCP/IP. Технологія використання двох ОС на одному комп'ютері полягає в тому, що роботу з об'єктом виконує ПП РВ, передавши потім результати W'NT для обробки, передачі в мережу, архівування та іншого.

2. Інтегрування РВ в W'NT через виключення задержок і зависань з допомогою розширень РВ. Наприклад, розширення РВ фірми «VenturCom» RTX 4.2 базуються на модифікаціях рівня аппаратних абстракцій W'NT (HAL - Hardware Abstraction Layer) – програмний шар, через який драйвери взаємодіють з апаратурою. Модифікований HAL і доповнительні функції (RTAPI) забезпечують також стабільність і надійність системи, путем виявлення краха W'NT, зависання ПП і блокування преривань. В склад RTX включена підсистема РВ RTSS, яка розширяє W'NT доповнительним набором об'єктів (аналог стандартного, але з атрибутиками РВ). Ці нові об'єкти/ нити (потоки, процесси) РВ, які керуються спеціальним планировщиком РВ (256 приоритетів, алгоритм – приоритетний з видаливанням). RTX дозволяє створювати ПП управління пристроями, використовуючи функції RTAPI роботи з портами ввода-вивода і фізичною пам'ятю. Можна

ГІРОТЕХНОЛОГІЇ, НАВІГАЦІЯ, КЕРУВАННЯ РУХОМ І КОНСТРУЮВАННЯ АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

конфигурировать W'NT и создавать встроенные конфигурации, в т.ч. без дисков, клавиатуры и монитора.

Выводы. Применение в авиационно-космической отрасли цифровых технологий вызывает необходимость в подготовке специалистов, что, в свою очередь, требует наличия учебных пособий, преподавательских кадров и технической базы обучения. Накопленный в Украине опыт применения СРВ при решении задач автоматизации экспериментальных исследований [13 – 15] позволяет организовать обучение для студентов по изучению принципов построения, взаимодействия и реализации компонентов СРВ.

Література

1. Amitava Gupta, Anil Kumar Chandra *Real-Time and Distributed Real-Time Systems: Theory and Applications*. CRC Press, – 2016. – p. 167.
2. *POSIX.1-2008 is simultaneously IEEE Std 1003.1™-2008 and The Open Group Technical Standard Base Specifications, Issue 7*. <http://pubs.opengroup.org/onlinepubs/9699919799/>
3. Ernst-Rudiger Olderog, Henning Dierks *Real-Time Systems: Formal Specification and Automatic Verification*, Cambridge University Press, – 2008. – p. 344.
4. Khan, M.A., Saeed, S., Darwish, A., Abraham, A. *Embedded and Real Time System Development: A Software Engineering Perspective*, Springer, – 2014. – p. 305.
5. Sławomir Samolej *ARINC Specification 653 Based Real-Time Software Engineering*. http://www.scarlettproject.eu/publications/technical/ABS653RTSE_SS1-2011.pdf
6. Joshua Billert *Automotive Operating Systems: OSEK/VDX*. <https://es.cs.uni-kl.de/publications/data/Bill14.pdf>
7. SYSTEMES TEMPS REELS <http://perso.numericable.fr/pdeiberale69/patrick.deiber/pub/os-tr.pdf>
8. Зинченко С.В. Исследование характеристик знание ориентированных интеллектуальных систем мягкого реального времени// Комп'ютерні засоби, мережі та системи. 2012, №11. - С. 13 - 22.
9. Егітко В.М., Зинченко В.П. Метод и инструментальные средства обработки данных эксперимента в реальном времени. – К., 1995. - 24 с. (Препр. / АН України Ін-т кибернетики им. В.М. Глушкова; 95 - 20).
10. ГОСТ Р ИСО/МЭК 51904-2002 Программное обеспечение встроенных систем. Общие требования к разработке и документированию (Докипедия: ГОСТ Р 51904-2002 Программное обеспечение встроенных систем. Общие требования к разработке и документированию) - <http://dokipedia.ru/document/5150996>
11. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-99 Процессы жизненного цикла программных средств <http://www.swrit.ru/doc/iso/12207-99.pdf>
12. Стивенс, У. UNIX: взаимодействие процессов. – СПб.: Питер, 2003. – 576 с.
13. . Зинченко В.П., Зинченко С.В. Алгоритмы и базовые программные модули для управления технологическими модулями Prometheus// УСиМ, 2007. - № 5. – С. 52 – 60.
14. Зинченко В.П. Исследование и реализация алгоритма адаптивного управления экспериментом// Проблемы управления и информатики, 2001. - № 3. – С. 58 – 69.
15. Ли Вэй, Зинченко С.В., Зинченко В.П. и др. Алгоритм управления потоком в аэродинамической трубе// УСиМ, № 3, 2014. – С. 69 – 78.

УДК 621.6

ІВАНОВА Х.О., ШАНТИР Д.С.

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ШУМОВИХ ЗАВАД

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, Kristya-Ivanova@ukr.net, shantyr@meta.ua

Описані та обґрунтовані основні причини та принципи побудови інформаційно-вимірювальної системи моніторингу рівня шумових завад. Наведено структурну схему та розглянуто принцип дії системи.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система, шумомір, децибел, шум.

Описаны и обоснованы основные причины и принципы построения информационно-измерительной системы мониторинга уровня шумовых помех. Приведена структурная схема и рассмотрен принцип действия системы.

Ключевые слова: информационно-измерительная система, шумометр, децибел, шум.

The reasons and basic principles of information and measuring system of noise level meter are described. The block diagram shows and the principle of the system are considered.

Keywords: information-measuring system, noise meter, noise, decibel.

Постановка проблеми. В сучасному світі актуальною є проблема збільшення загального рівня шумових завад в житті людини. Шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів. Шум несприятливо впливає на людину і може спричинити хворобливі наслідки: з'являються симптоми перевтоми, послаблюється увага, підвищується нервова збудливість, знижується працездатність, порушується робота шлунково-кишкового тракту. Шум – це одна з форм фізичного (хвильового) забруднення природного середовища, адаптація до якого організму людини практично не можлива. Для характеристики шумових явищ використовують таку величину, як рівень шуму (звуковий тиск). Для вимірювання рівня шумів використовують шумомір. Рівні шумів визначаються згідно "Санітарних норм виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку" ДСН 3.3.6.037-99.

На сьогоднішній день існує велика кількість пристріїв, що служать для вимірювання рівня шуму й проведення його спектрального аналізу. Найчастіше ці пристрії являють собою складні дорогі програмно-апаратні комплекси, що відрізняються високою точністю й надійністю. Найбільш поширені такі шумоміри, як: Brüel & Kjaer 2238 (з модифікаціями: 2238A, 2238B, 2238C, 2238D, 2238E, 2238F, 2238G, 2238H), аналізатор спектра ОКТАВА-101А, вимірювник шуму й вібрації ВШВ-003-М3, апаратура акустичного контролю VTS.

Наукова новизна. Автором вперше було запропоновано пристрій, який суттєво полегшує процес вимірювання шумових завад. При розробці даної системи було

використано плату інтерфейсну – NI PCI-6221, M Series DAQ, кабель інтерфейсний – Shielded Cable SHC68-86-EP та модуль зв’язку з об’єктом – DAQ Signal Accessory. В модулі DAQ Signal Accessory є спеціальний роз’єм для мікрофону, з якого отримується сигнал для подальшого його модулювання.

Практична застосовність. Розроблений пристрій може застосовуватись для вимірювання рівня шуму на підприємствах з метою попередження його негативного впливу на організм людини, для неперервного акустичного контролю приміщення у режимі інтелектуального датчика, а також може використовуватись працівниками міліції та органів внутрішніх справ з метою фіксування порушень норм щодо максимально припустимого рівня шуму, що визначається відповідними законодавчими актами.

На рисунку 1: ФНЧ – фільтр нижніх частот; ЕОМ – електронна обчислювальна машина; АЦП – аналогово-цифровий перетворювач; ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач

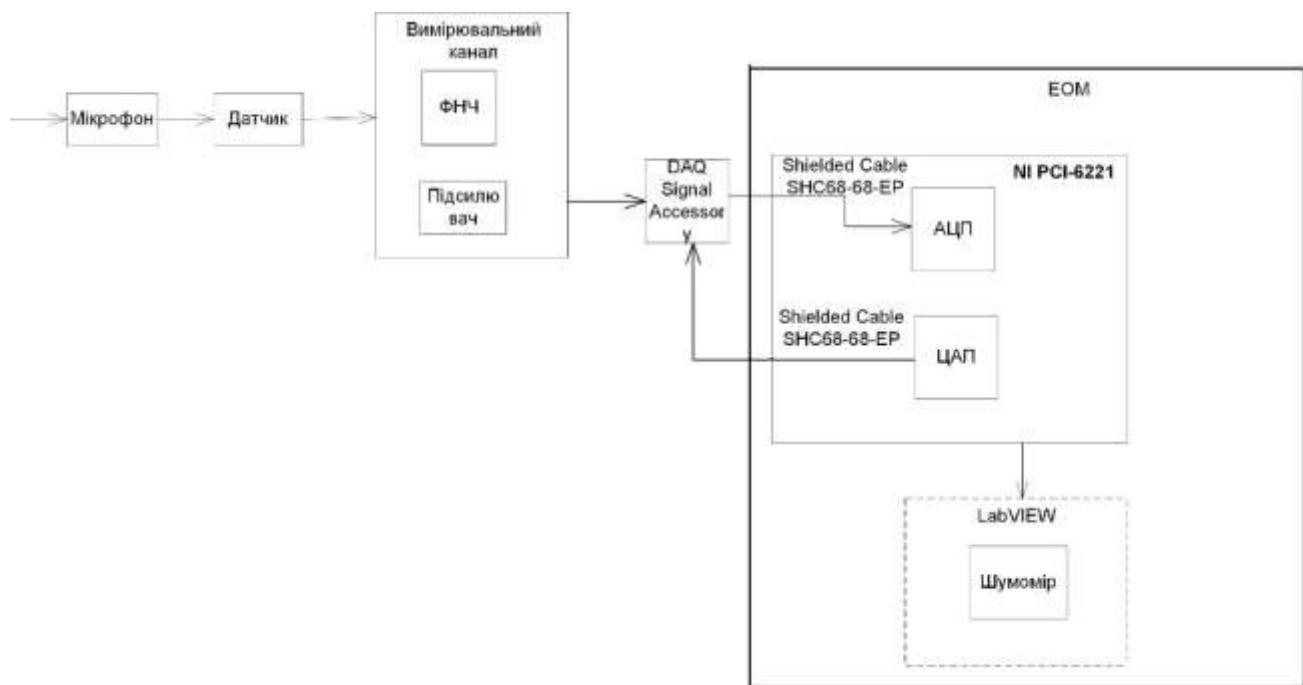


Рис. 1. Структурна схема системи моніторингу шумових завад.

При формуванні модульованих коливань можна застосувати ВП Modulator.vi після чого налаштовується функція, в котрій обирається тип сигналу – синусоїда, встановлюється частота та амплітуда. Також можна побачити блок-схему, що буде моделювати вхідний сигнал в середовищі LabVIEW. Після збільшення кількості проб в секунду можна побачити сигнал, що отримується на одному графіку, та сигнал після модуляції на іншому (рис. 2).

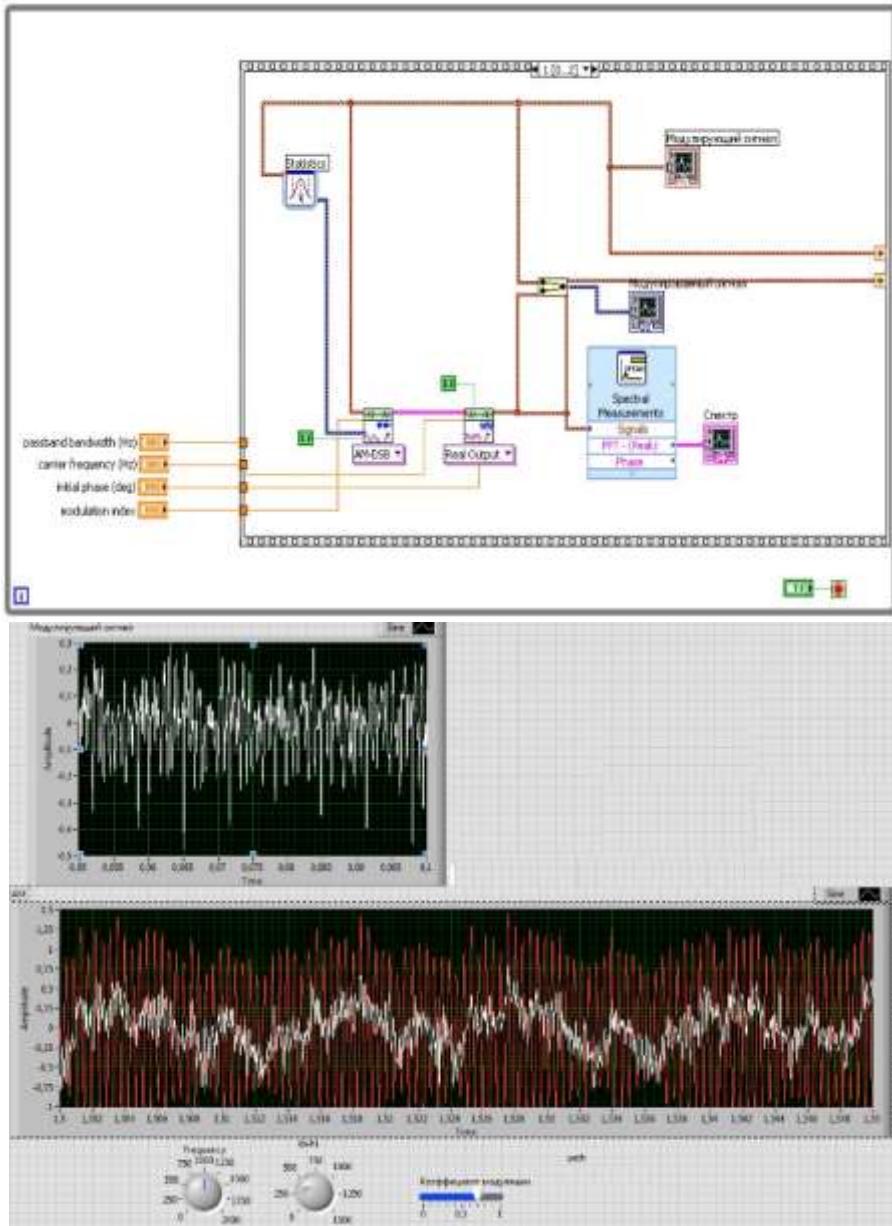


Рис. 2. Блок-схема модулятора та графік модуляції.

Висновок. Розроблений пристрій може застосовуватись для вимірювання рівня шуму на підприємствах з метою попередження негативного впливу шуму на організм людини, для неперервного акустичного контролю приміщення у режимі інтелектуального датчика, а також може використовуватись з метою фіксування порушень норм щодо максимально припустимого рівня шуму, що визначається відповідними законодавчими актами.

Література

1. ГОСТ 17187-71. Шумомеры. Общие технические требования и методы испытаний.
2. DAQ M,X-series Руководство пользователя «Измерения в LabVIEW. Руководство пользователя» 2006г.

УДК 004.415.2.043

КІРАШ О.Ю.

СИСТЕМА МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗБУРЕНого РУХУ ЛІТАКА ПРИ СКИДАННІ ВАНТАЖУ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, a.kirash@mail.ru

Розроблена система моделювання поведінки літака, яка базується на визначені ролі коефіцієнтів впливу зовнішніх та внутрішніх факторів на систему. Виконаний розрахунок методу моделювання поведінки літака при зміні відповідних параметрів у повітрі.

Ключові слова: збурений рух, аеродинамічні коефіцієнти, тангаж.

Разработанная система моделирования поведения самолета, которая базируется на определении роли коэффициентов влияния внешних и внутренних факторов на систему. Выполнен расчет метода моделирования поведения самолета при изменении соответствующих параметров в воздухе.

Ключевые слова: возмущенное движение, аэродинамические коэффициенты, тангаж.

The system behavior modeling aircraft, which is based on determining the role coefficients of influence of external and internal factors on the system. The calculation method of modeling the behavior of the aircraft by changing the relevant parameters in the air.

Keywords: perturbed motion, aerodynamic coefficients, pitch.

Вступ. Одним із способів доставки вантажів в будь-яку точку планети є його транспортування літальним апаратом з подальшим скиданням. При цьому економиться час і забезпечується можливість доставки вантажу в заданий район. Політ літального апарату характеризується багатьма взаємопов'язаними параметрами. При скиданні вантажу літальний апарат переходить в режим збуреного руху, що негативно впливає на рух літака у повітрі. Для збору і обробки вимірювальної та визначеній інформації я застосовую принцип об'єктно-орієнтованого програмування, а також спеціалізовані засоби моделювання та офіційно затверджену інформацію про характеристики літаків.

Аналіз проблеми. Важливим завданням є дослідження параметрів збуреного руху літального апарату при скиданні вантажів, з метою поліпшення його керованості і стійкості. Але даний спосіб є, деякою мірою, небезпечний і може привести до незворотних наслідків, адже різка зміна ваги літального апарату супроводжується його відхиленням, тому дана робота саме і полягає в створенні системи прогнозування поведінки літака в тих чи інших ситуаціях.

Основним призначення розробленої системи імітаційного прогнозування поведінки літака при скиданні вантажу, є завчасне визначення відхилення літака від осі нормального польоту при скиданні вантажу, враховуючи вплив відповідних факторів, та оцінка можливих ризиків такого виду перевезення.

Постановка задачі. Розробка методу і комп'ютерної програми визначення параметрів збуреного руху та аналіз поведінки літака в повітрі. Для якісного

Секція «Інформаційні технології»

вирішення завдання потрібно визначити всі впливові фактори на систему та їх коефіцієнти впливу, обчислити відповідні параметри та впровадити їх в систему аналізу польоту літального апарату в нормальному стані та при скиданні вантажу.

Методика розрахунку параметрів збуреного руху ЛА. Рівняння поздовжнього руху ЛА щодо плоскої нерухомої Землі мають вигляд (1), де m – маса ЛА; V – швидкість; H – висота; L – дальність польоту; g – прискорення вільного падіння; ϕ – кут встановлення двигунів; P – тяга двигуна; X_a – сила лобового опору; Y_a – аеродинамічна підйомна сила; M_z – момент тангажу; θ – кут нахилу траєкторії, α – кут атаки, ϑ – кут тангажу, ω_z – швидкість тангажу; I_z – момент інерції щодо осі OZ .

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{mV} = -gms\sin\theta - X_a + P\cos(\alpha + \phi) \\ \dot{mV\theta} = -gm\cos\theta - Y_a + P\cos(\alpha + \phi); \\ \dot{I_z\omega_z} = M_z \\ \dot{H} = V\sin\theta; \\ \dot{L} = V\cos\theta; \\ \dot{\vartheta} = \omega_z. \end{array} \right. \quad (1)$$

Діючі сили і моменти на ЛА визначаються на підставі значень аеродинамікою коефіцієнтів, отриманих в процесі випробувань моделей ЛА (МЛА) в аеродинамічних трубах.

При польоті по траєкторії і в разі скидання вантажу для визначення параметрів необхідно враховувати демпфуючий момент тангажу:

$$m_{z\theta}\ddot{\vartheta}_z = m_z^{\vartheta_z}\ddot{\vartheta}_z + m_z^\alpha\ddot{\alpha},$$

де $m_z^{\vartheta_z}$ – коефіцієнт моменту поздовжнього аеродинамічного демпфірування; m_z^α – коефіцієнт поздовжнього моменту від запізнювання скосу потоку і його балансуюче значення.

Значення початкової ваги ЛА визначається так:

$$G = G_0 + 0,5G_3 + \sum_{i=1}^k G_2^i, \quad \{G_i\}_{i=0}^3 – споряджена вага ЛА. Поточне центрування і$$

поточний момент інерції ЛА щодо осі OZ визначаються так :

$$x = \left(G_1 X_1 + \sum_{i=1}^k G_2^i x_2^i \right) / G; I_z = I_{z0} + \sum_{i=1}^k I_{z1}^i + (x - x_1)^2 b G_1 / g + \sum_{i=1}^k (x_2^i - x)^2 G_2^i / g, \quad \text{де}$$

$\{I_{z_i}\}_{i=0}^1$ – момент інерції ЛА без вантажу і момент інерції вантажу; $\{x_i\}_{i=0}^7$ –

центрування ЛА вихідна. Висловлюючи масу ЛА через його вагу, перейшовши до розмірних величин, рівняння поздовжнього руху ЛА запишеться як системи звичайних диференціальних рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{V} = \frac{3,6g}{G} [nP \cos(\alpha + \phi) - c_x q S - G \sin \theta]; \\ \dot{\theta} = \frac{207,36g}{VG} [nP \sin(\alpha + \phi) + c_y q S - G \cos \theta]; \\ \dot{\omega}_z = \frac{57,3}{I_z} \{nP_y + q S b [m_z + c_y (x_0 + x_4 - x_3) + \frac{0,0628b}{V} (m_z^{\varpi} \omega_Z + m_z^{\alpha} \dot{\alpha})]\}; \\ \dot{H} = \frac{V}{3,6} \sin \theta; \\ \dot{L} = \frac{V}{3,6} \cos \theta; \\ \dot{\vartheta} = \omega_z; \\ \dot{\alpha} = \omega_z - \dot{\theta}. \end{array} \right. \quad (2)$$

де b – середня аеродинамічна хорда крила; y – плече вектора тяги двигуна щодо осі oz ; $m_z^{\delta_e}$ – похідна коефіцієнта поздовжнього моменту по куту відхилення керма висоти δ_e .

Програмний компонент. Був розроблений WEB-додаток для представлення та обробки інформації. Під час розробки програмного компоненту даної системи обробки інформації використовуються наступні технології: Java, Spring Framework, Spring MVC, Hibernate, XML, JPA, JSP, HTML, CSS, SQL, MySQL тощо.

Висновки. Таким чином було розроблено систему моделювання параметрів збурено руху літака при скиданні вантажу та проведено аналіз поведінки літака в повітрі при впливі зовнішніх факторів. Зокрема за допомогою технологій програмування був створений веб-додаток для представлення та обробки інформації, а за допомогою математичних функцій були розроблені методи для визначення зміни поведінки літака при скиданні вантажу.

Література

1. Зінченко В.П. Інформаційна технологія проектних досліджень складних технічних об'єктів // Наукові вісні НТУУ "КПІ". – 2000. - № 4. – С. 32 – 42.
2. Зинченко В.П. Автоматизированная обработка данных в дозвуковой аэродинамической трубе // Самолетостроение. Техника воздушного флота. - Харьков: ХАИ.-1990.-№ 57.-С.72-76.
3. Уоллс K. Spring в действии. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 752 с.: ил.
4. А. Я. Жуков, В. И. Егоров, А. Л. Ермаков – Динамика полета транспортных летательных аппаратов: учебник для вузов, Москва, Транспорт, 1996 г.

КОБЗЯР Д.А., ТУЗ Ю.М.

МОДЕЛЮВАННЯ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ШИРОКОСМУГОВОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПІДСИЛЮВАЧА

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, dimakobziar@gmail.com

В даній роботі було розглянуто та проаналізовано модель реалізації підсилювача на 1000 В у діапазоні до 100 кГц на основі послідовно адитивно включених операційних підсилювачів. Визначені її основні недоліки, а саме створення форми сигналу на частотах близьких до 100 кГц. Запропоновано метод вирішення цієї проблеми шляхом включення схеми адитивної корекції з внутрішнім суматором. На основі цих досліджень була змодельована і проаналізована принципова схема даного підсилювача в середовищі програми MicroCap.

Ключові слова: операційний підсилювач, адитивна корекція, MicroCap.

В данной работе была рассмотрена и проанализирована модель реализации усилителя на 1000 В в диапазоне до 100 кГц на основе последовательно аддитивно включенных операционных усилителей. Определены ее основные недостатки, а именно искажения формы сигнала на частотах близких к 100 кГц. Предложен метод решения этой проблемы путем включения схемы аддитивной коррекции с внутренним сумматором. На основе этих исследований была смоделирована и проанализирована принципиальная схема данного усилителя в среде программы MicroCap.

Ключевые слова: операционный усилитель, аддитивная коррекция, MicroCap.

In this work we were examined and analyzed implementation model 1000 amplifier in the range up to 100 kHz based on an additive included in series of operational amplifiers. It identified its main drawbacks, namely the waveform distortion at frequencies close to 100 kHz. A method to solve this problem by incorporating an additive correction circuit with an internal adder. On the basis of these studies has been modeled and analyzed the concept of this amplifier MicroCap program environment.

Keywords: operational amplifier, an additive correction, MicroCap.

Вступ. На даний момент промисловістю випускаються генератори сигналів і вимірювальні калібратори. Однією з задач для них є метрологічна атестація термоелектричних перетворювачів, в нашому випадку це ПНТЭ 12, які працюють в діапазоні частот до 100 кГц при напругах 500 В і 1000 В. Найбільш поширені в світі є калібратори американської фірми Fluke та російського заводу РІАП (Н 4-6, Н 4-7). Їх основним недоліком є те, що вони мають обмежений рівень вихідного сигналу, а в той же час для забезпечення вимірювання потрібні більш високі напруги. Тому є необхідним створення вимірювального підсилювача, який би міг би забезпечити вихідну напругу не менше 1000 В в діапазоні до 100 кГц.

Аналіз проблеми. Відомо, що операційні підсилювачі не можуть створювати напругу більшу напруги живлення, і так наприклад самий високочастотний операційний підсилювач PA94 має напругу живлення +450 В, а вихідна напруга сягає не більше 400 В амплітудного значення, що відповідає середньому квадратичному значенню 284 В. Для вирішення цієї проблеми була розглянута

модель реалізації підсилювача на 1000 В в діапазоні до 100 кГц на основі послідовно адитивно включених операційних підсилювачів [1]. Було досліджено кілька варіантів послідовно включених операційних підсилювачів з інвертуючими та неінвертуючими каскадами з залежними і незалежними зв'язками. Аналіз показав, що на 100 кГц через обмежену швидкість наростання сигналу вихідний сигнал спотворюється і замість синусоїдної форми набуває форми близької до трикутної. В зв'язку з цим запропонована схема адитивної корекції з внутрішнім суматором на вході основного підсилювача [2].

Моделювання схеми корекції. Для оптимізації принципової схеми такого підсилювача було застосовано моделювання в пакеті MicroCap. Однією з особливостей MicroCap є безреактивність резисторів. Верхній блок рисунку 1 демонструє принцип включення операційного підсилювача PA94. Результати моделювання даної схеми без ланки адитивної корекції при входній напрузі в 40 В на частоті 100 кГц показали наступний графік вихідного сигналу (рис. 2).

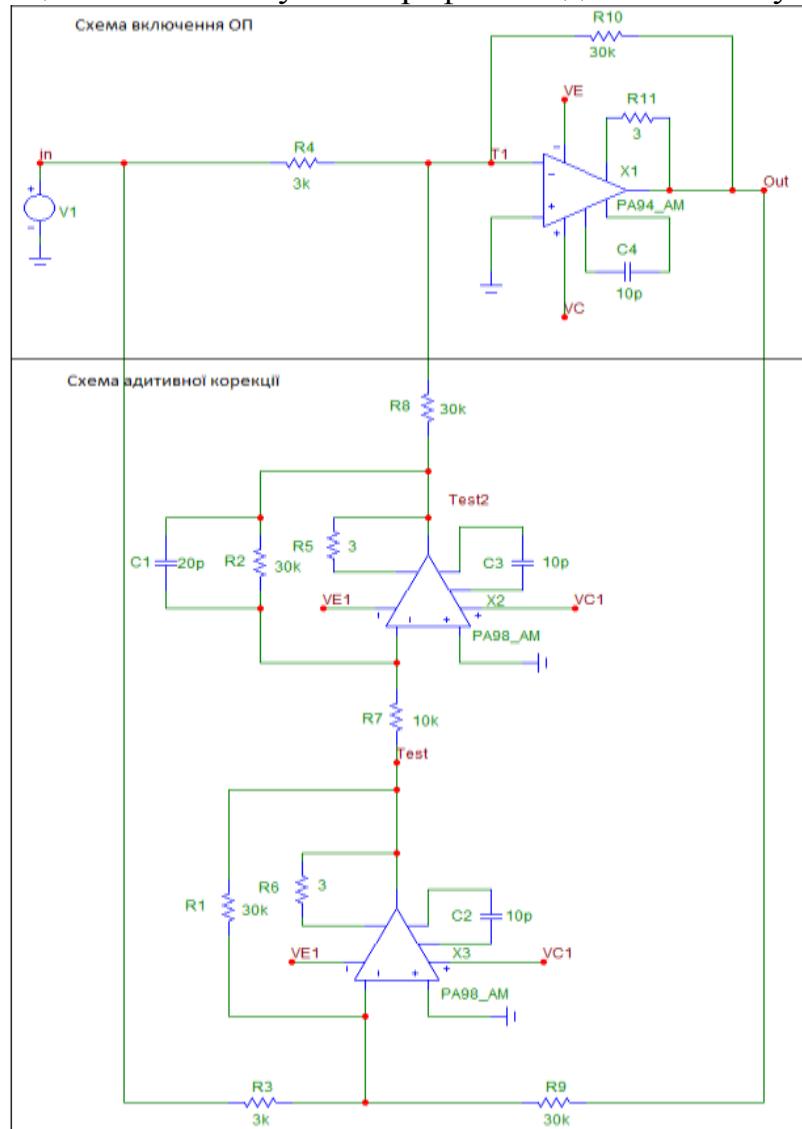


Рис. 1. Схема реалізації алгоритму адитивної корекції.

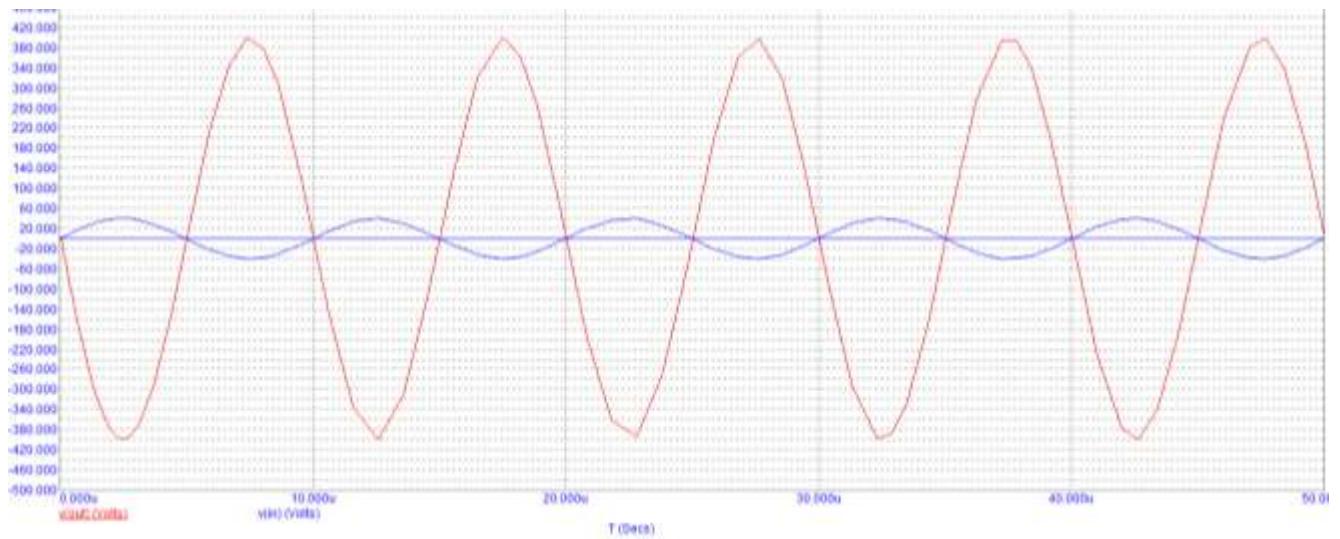


Рис. 2. Форма вихідного сигналу підключення одиничного ОП.

Далі ми реалізуємо алгоритм адитивної корекції (нижній блок). Включення такої схеми призвело до збудження операційного підсилювача.

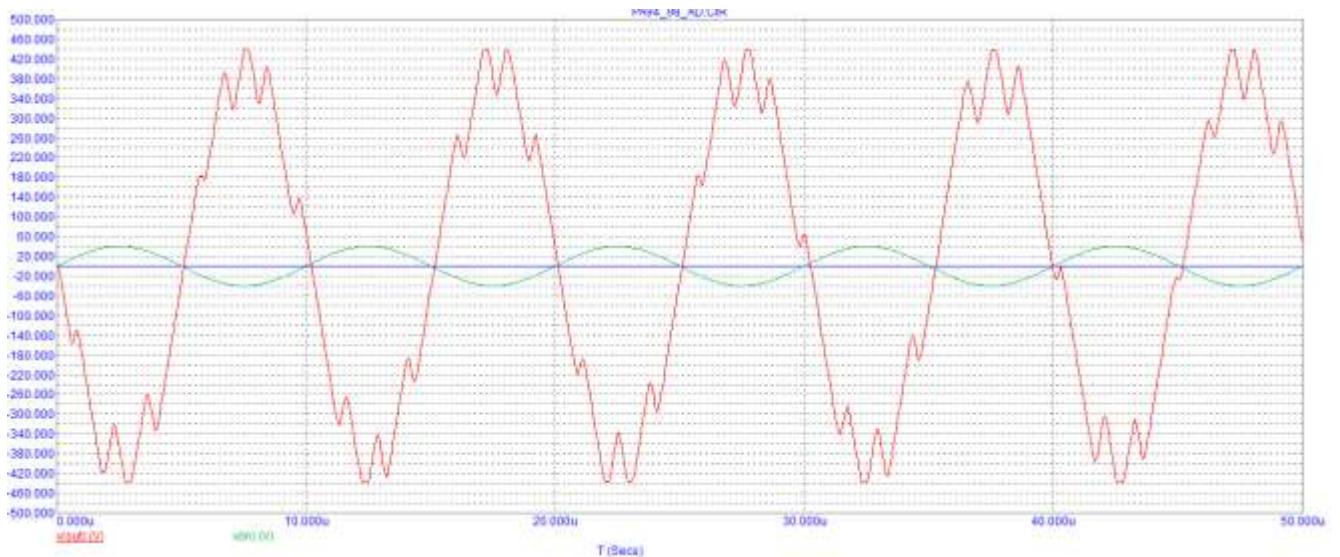


Рис. 3. Форма вихідного сигналу після введення адитивної ланки.

Зменшення петлевого підсилення по ланцюгу зворотнього зв'язку ліквідувало релаксацію (рис. 4), але залишився високочастотний сигнал збудження. Для остаточного усунення збудження було зашунтовано резистор R2 конденсатором (конденсатор C1) в діапазоні від 3 до 30 пФ і обрано оптимальний в 20 пФ. Внаслідок цієї корекції збудження зникло.

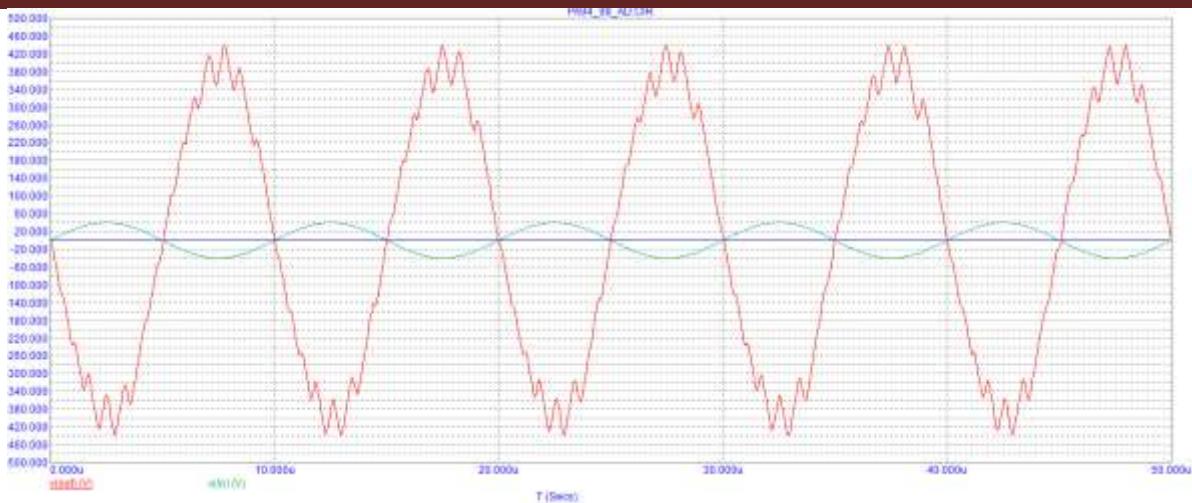


Рис. 4. Форма вихідного сигналу після зменшення петлевого підсилення.

На рисунку 5 зображений графік вихідної форми сигналу після введення схеми адитивної корекції. В якості корекційної ланки використовується більш широкосмугові операційні підсилювачі PA98. В зв'язку з тим що корегуючий сигнал мав межі до 6В, то з'явилась можливість використати більш дешеві, але більш широкосмугові підсилювачі AD811.

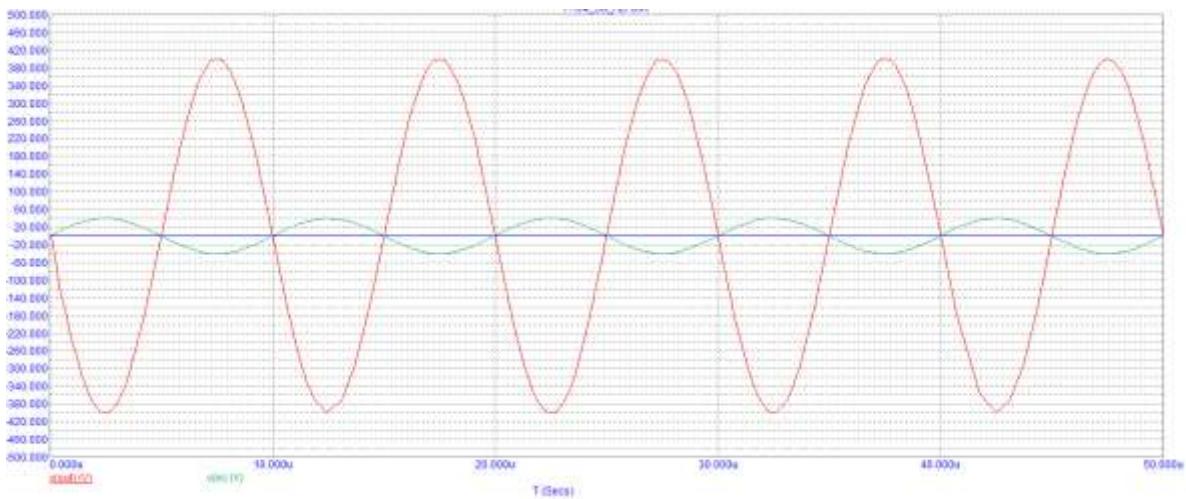


Рис. 5. Форма сигналу після остаточного усунення збудження.

Висновок. Як показують результати, завдяки введенню схеми адитивної корекції з внутрішнім суматором ми суттєво збільшили частотний діапазон роботи нашого підсилювача, що в свою чергу збільшить якість метрологічної атестації термоелектричних перетворювачів.

Література

1. Туз Ю.М., Афанасьев М.А. Широкосмугові високовольтні вімірювальні підсилювачі: монографія / за редакцією Ю.М. Туза. – К.: «Корнійчук», 2012. – 92 с.
2. Туз Ю.М. Структурные методы повышения точности измерительных устройств – Издательское объединение “Выща школа”, 1976, 256 с.

КОЗИР О.В.

ВИМІРЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ГАЗОВИХ ПОТОКІВ

НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського», ФАКС, Кафедра АЕД
Київ, Україна, oleg.kozyr@aer.ntu-kpi.kiev.ua

Розглянуто метод вимірювання нестационарної температури короткотривалих газових потоків на основі вирішення оберненої задачі вимірювання. Запропоновано метод експериментального визначення динамічних характеристик термоперетворювачів, який полягає в створенні ступінчастого тестового впливу на чутливий елемент термоперетворювача, за рахунок опромінення його лазерним променем або за рахунок пропускання радіоімпульсу струму через термоперетворювач і в паралельній реєстрації його переходної характеристики.

Ключові слова: нестационарна температура, ідентифікація динамічних характеристик.

Рассмотрен метод измерения нестационарной температуры краткосрочных газовых потоков на основе решения обратной задачи измерения. Предложен метод экспериментального определения динамических характеристик термопреобразователей, который состоит в создании тестового влияния на чувствительный элемент термопреобразователя, за счет облучения его лазерным излучением или за счет пропускания радиоимпульса тока через термопреобразователь и параллельной регистрации его переходной характеристики.

Ключевые слова: нестационарная температура, идентификация динамических характеристик.

The method of transient temperature measurement of short-term gas flows on the basis of solving the inverse problem of measurement is presented. The proposed technique includes step temperature changing in temperature transducer input by means of laser irradiation of its sensor or by means of cycling passing the radio pulse current through it until the steady state of temperature transducer will be achieved with parallel transient response registration.

Keywords: transient temperature, identification of dynamic features.

Вступ. Вимірювання температури складає значну частину всіх вимірювань в сучасній метрології, що пояснюється як впливом температури на якість виходу багатьох технологічних процесів, на процеси горіння і детонації, а з іншого боку температура є одним із основних факторів, який впливає на точність вимірювання інших фізичних величин.

Вимірювання температури газових продуктів горіння на виході камер згорання двигунів літаків та ракет при стендових або натурних випробуваннях, розжарених газових потоків, які виникають при вибухах (наприклад, при випробуваннях систем від'єднання літальних апаратів тощо), потоку низькотемпературної плазми при взаємодії лазерного випромінювання із твердим матеріалом, виявляється надзвичайно складним завданням для практичної реалізації, в умовах надзвичайно високих тисків і реактивних середовищ, із заданим ступенем точності. Умови даних вимірювань накладають жорсткі обмеження на параметри системи

ГІРОТЕХНОЛОГІЇ, НАВІГАЦІЯ, КЕРУВАННЯ РУХОМ І КОНСТРУЮВАННЯ АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

вимірювання температури, такі як використання мініатюрних первинних перетворювачів, внаслідок малих просторів для монтажу чутливих елементів та їх захисту від надзвичайно небезпечного середовища, наявність додаткових захисних засобів і заходів, спрямованих на збереження вимірювальних каналів і системи в цілому від дії агресивного середовища. Найбільшу трудність становить підбір матеріалів чутливих елементів первинних перетворювачів і захисного обладнання, які з одного боку витримують високі значень температур і тиску, а також не піддаються впливу корозії, а з іншого боку не впливають на характеристики датчиків і каналів системи вимірювання.

Аналіз проблеми. Задоволення вищезгаданих обмежень із збереженням необхідної точності і достовірності вимірювання, оскільки в більшості випадків вимірювання температури викладених вище процесів і явищ має надзвичайно обмежену кількість випробувань, значно зменшує перелік первинних перетворювачів придатних для застосування в цих умовах.

Звідси випливає необхідність дослідження динамічних характеристик термопар і розробки методики відновлення значення температури за значенням термоЕРС термопари в переходному режимі її роботи при відносно невисоких значеннях температури у відповідному діапазоні.

Постановка задачі. Метою статті є вдосконалення методів вимірювання нестационарної температури короткотривалих газових потоків.

Для досягнення поставленої мети потрібно розглянути наступні питання:

- проаналізувати методи вимірювання нестационарних температур газових потоків;
- проаналізувати методи ідентифікації динамічних характеристик термоперетворювачів;
- розглянути методи вимірювання нестационарних температур короткотривалих газових потоків на основі вирішення оберненої задачі вимірювання.

Методи вимірювання температури газових середовищ. В останні десятиліття широкого розповсюдження набули безконтактні методи вимірювання температури. Серед них варто виділити оптичні засоби вимірювання температури. Широке застосування оптичних перетворювачів пов'язане із значним прогресом в області напівпровідникових матеріалів та розширенням функціональних потужностей мікропроцесорної техніки. Перевагами оптичних засобів є відсутність впливу на вимірюване середовище, можливість визначення просторового розподілу температури в значному об'ємі, та головне – це надзвичайно високі значення швидкодії. Проте, перераховані переваги оптичних засобів не дозволили їм витіснити контактні засоби вимірювання температури. Перш за все, це пов'язано із значними методичними похибками при застосування оптичних методів. Носієм інформації про температуру середовища є електромагнітне випромінювання. Залежність температури від інтенсивності і

спектру електромагнітного випромінювання розроблені для математичної абстракції – абсолютно чорного тіла. Існує декілька рівнянь, які описують цю залежність при різному рівні математичної абстракції. В реальних випробуваннях ці рівняння мають обмежене застосування, оскільки спектральна щільність розподілу електромагнітного випромінювання, яку можна використати для визначення температури, залежить від хімічного складу об'єкту вимірювання, його фізичного стану, стану поверхні (границі розділу об'єкта і навколошнього середовища). Також потрібно враховувати той факт, що тільки частина загального випромінювання викликана тепловими процесами, це особливо стосується газових середовищ, де спектр випромінювання може бути викликаний нетепловим випромінюванням (флюарисцентним тощо). Іншою перепоновою на шляху всебічного застосування оптичних засобів є ціна обладнання та затрати на його встановлення. Тому і сьогодні в більшості випадків перевагу віддають контактним методам вимірювання температури. Найбільш поширеними є термоперетворювачі на основі термопар, що пояснюється простотою виготовлення датчиків та побудови вимірювальних каналів. Так, наприклад, на стендових випробуваннях реактивних двигунів застосовуються гребенки із термопар.

Головним недоліком контактних методів вимірювання з використанням термопар є теплова інертність термопар, що не дозволяє проводити вимірювання швидкоплинних нестационарних процесів. Тому, що стосується вимірювання температури газових середовищ дослідник має справу із усередненими в часі значеннями температури. І застосування термопар для вимірювання температури газових потоків при вибуках є неможливим. Також термопари обмежені за діапазоном вимірюваних температур.

Способи визначення динамічних характеристик термопар. Передавальна функція термопар є найбільш інформативною та її найпростіше отримати експериментальним шляхом. Для отримання переходної характеристики термопар використовують метод ідентифікації динамічних характеристик.

Існує декілька методів динамічної ідентифікації [1]. Найбільш точними є методи ідентифікації з використанням радіоімпульсу струму та когерентного оптичного опромінення [2-3]. В основі методів покладено дію тестового ступінчатого сигналу на досліджувану систему. В ролі тестового сигналу виступає стрибкоподібне збільшення температури чутливого елементу термопари. Збільшуючи тривалість тестового впливу при постійній потужності отримують сімейство кривих переходної функції термопари (рис. 1).

Використовуючи методи нелінійної апроксимації, на основі припущення, що переходна характеристика термопари є сумою експонент, отримують модель переходної характеристики. Що дає нам можливість отримати модель імпульсної характеристики. Використовуючи рівняння оберненої згортки можна визначити температуру, яка була на вході термопари (рис. 2).

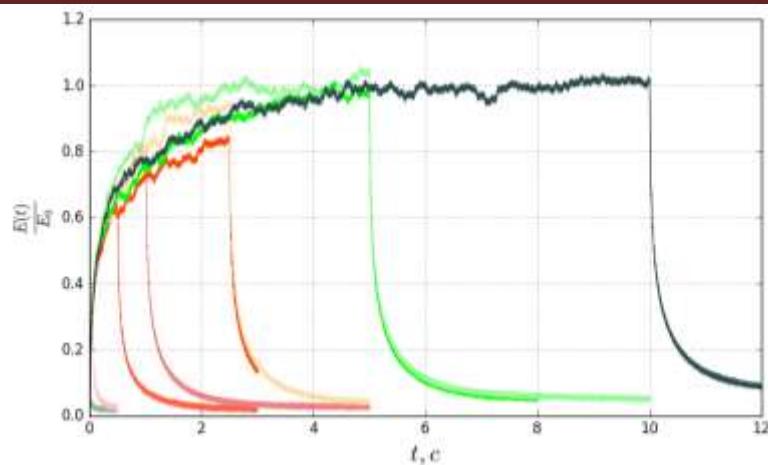


Рис. 1. Перехідні характеристики термопари NANMAC при різній тривалості дії квазіступінчастого лазерного променя.

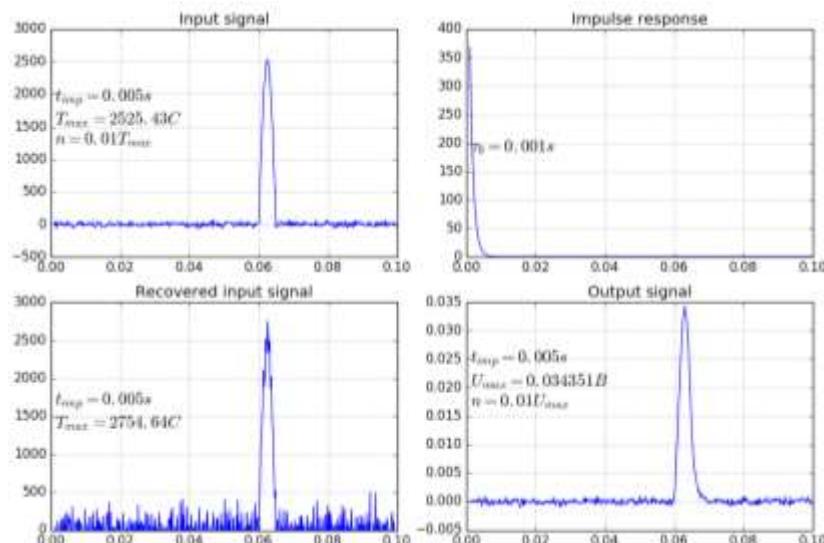


Рис. 2. Відновлення вхідного сигналу з шумом методом зворотної згортки.

Висновки. В статті розглянуто метод визначення температури газового потоку використовуючи термопари в перехідному режимі їх роботи.

Література

1. Туз Ю. М. *Ідентифікація динамічних характеристик термоперетворювачів* / Ю.М. Туз, О.В. Козир, Т.В. Червона // Механіка гіроскопічних систем. – 2015. - № 30. С. 53-61.
2. Туз Ю.М. Автоматизированная система идентификации динамических параметров термопар / Ю.М. Туз, О.В. Козырь, А.В. Порхун // «Инженерные и научные приложения на базе технологий NI NI Days-2015»: Сборник трудов XIV международной научно-практической конференции, Москва 27 ноября 2015 г. – М.: ДМК-пресс, 2015. С. 237-239.
3. Туз Ю. М. Спосіб визначення динамічних характеристик термопар за допомогою радіоімпульсу струму / Ю. М. Туз, О. В. Козир, А. В. Порхун. // Системи обробки інформації. – 2016. – №6. – С. 164–166.

УДК 681.3.06

КОНОТОП Д.І.¹, ЗІНЧЕНКО В.П.²

ЗНАННЯ-ОРИЄНТОВАНА ПОБУДОВА ГЕОМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

¹Державне підприємство «Антонов», Київ, Україна, konotop.dmitriy@gmail.com

²Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, zinchenko.vp@gmail.com

Виконано аналіз методів створення геометричних моделей протягом життєвого циклу складних технічних об'єктів, використовуючи такі інформаційні технології, як CALS та виявлені їхні недоліки. Запропоновано метод знання-орієнтованої побудови геометричних моделей складних технічних об'єктів та його застосування для: керування параметричною інформацією; обміну даними між складовими технології CALS. Метод забезпечує зв'язок: етапів побудови геометричних моделей складного технічного об'єкта; даних з різних CALS.

Ключові слова: знання-орієнтована система, геометрична модель, складний технічний об'єкт, технологія CALS, система PLM, система CAx, база даних, база знань.

Выполнен анализ методов создания геометрических моделей на протяжении жизненного цикла сложных технических объектов, используя такие информационные технологии, как CALS и определены их недостатки. Предложен метод знание-ориентированного построения геометрических моделей сложных технических объектов и его применение для: управления параметрической информацией; обмена данными между разными составляющими технологии CALS. Метод обеспечивает связь: этапов построения геометрических моделей сложного технического объекта; данных из разных CALS.

Ключевые слова: знание-ориентированная система, геометрическая модель, сложный технический объект, технология CALS, система PLM, система CAx, база данных, база знаний.

The analysis of methods for geometric models creation during the life cycle of complex technical objects is performed using such information technology as CALS. The method of knowledge-based geometric modeling of complex technical objects and its application is proposed for: management of parametric information; exchange of data between different components of the CALS technology. The method is provided of link: stages of complex technical objects geometric models creation; data from different CALS.

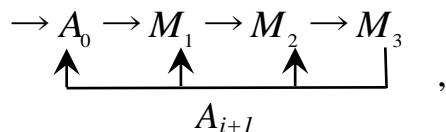
Keywords: knowledge-based system, geometric model, complex technical object, CALS technology, PLM system, CAx system, data base, knowledge base.

Вступ. Досвід побудови геометричних моделей (ГМ) складних технічних об'єктів (СТО) за допомогою технології CALS (continuous acquisition and life cycle support – неперервна інформаційна підтримка життєвого циклу виробу) показує, що актуальними проблемами є [1]: забезпечення надійного зв'язку етапів створення ГМ, етапів проектування та виробництва; спрощення обміну даними між складовими технології CALS; врахування специфіки інших моделей СТО при вирішенні задач великої розмірності. Представлена концепція застосування знання-орієнтованих систем в CALS з метою вирішення названих проблем.

Аналіз проблеми. Незважаючи на широке застосування в проектуванні СТО різноманітних інформаційних технологій (ІТ), зокрема, технології CALS,

залишається слабким зв'язок між різними етапами проектування та при обміні даними між різними складовими технології CALS. Сучасні підприємства використовують технології CALS, що призначенні для уніфікації і стандартизації специфікацій промислової продукції СТО на всіх етапах його життєвого циклу. CALS є засобом, який інтегрує промислові автоматизовані інформаційні системи в єдину багатофункціональну систему. Основою CALS є системи автоматизованого проектування (computer-aided – CAx) та системи керування життєвим циклом продукції (product lifecycle management – PLM), які систематизують дані з систем CAx [2].

Істотне місце в процесі проектування будь-якого СТО з використанням ІТ займає створення ГМ, які є базовою інформацією для функціонального і технологічного аспектів опису СТО. Процес створення ГМ СТО представимо ітераційною процедурою:



де: A_0 – дані етапів розробки технічного завдання (ТЗ) і технічної пропозиції (ТП), M_i – ГМ на етапах розробки ескізного, технічного та робочого етапів проектування СТО, A_{i+1} – змінені параметри, уточнення, які з'являються за результатами наступних етапів, після чого вносяться зміни на попередніх етапах.

Існуючі методи побудові ГМ СТО неефективні тому, що потребують постійно вносити зміни в: ГМ в залежності від результатів одержаних на подальших етапах проектування; дані в різних системах CAx та PLM [3].

Постановка задачі формулюється як розробка методу забезпечення зв'язку етапів побудови ГМ СТО протягом його життєвого циклу та обмін даними між складовими CALS, що можливо за рахунок застосування знання-орієнтованої [4] побудови ГМ СТО для керування параметричною інформацією при побудові ГМ і для обміну даними між різними складовими технології CALS.

Розробка методу знання-орієнтованої побудови геометричних моделей складного технічного об'єкта. Діаграма "сутність-зв'язок" описує відносини між засобами розробленого методу знання-орієнтованої побудови ГМ СТО (рис 1):

- базою знань (БЗ), що містить терміни з області створення ГМ СТО, зв'язки між ними, правила, що встановлюють порядок інтерпретації, умови проведення розрахунків, узгодження з вимогами стандартів, ТЗ та ТП;
- базою даних (БД), що містить ГМ СТО, результати розрахунків та відповідає веденню на підприємстві даних в системі CAx/PLM;
- файловою базою даних, що містить параметри для визначення ГМ СТО.

Тому, ГМ можна представити операцією об'єднання $M_i = \bigcup_{i=1}^N m_i$, де: m_i – компоненти ГМ конструкції, систем та обладнання СТО на відповідному етапі проектування, N - кількість ГМ відповідного етапу проектування.

Секція «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

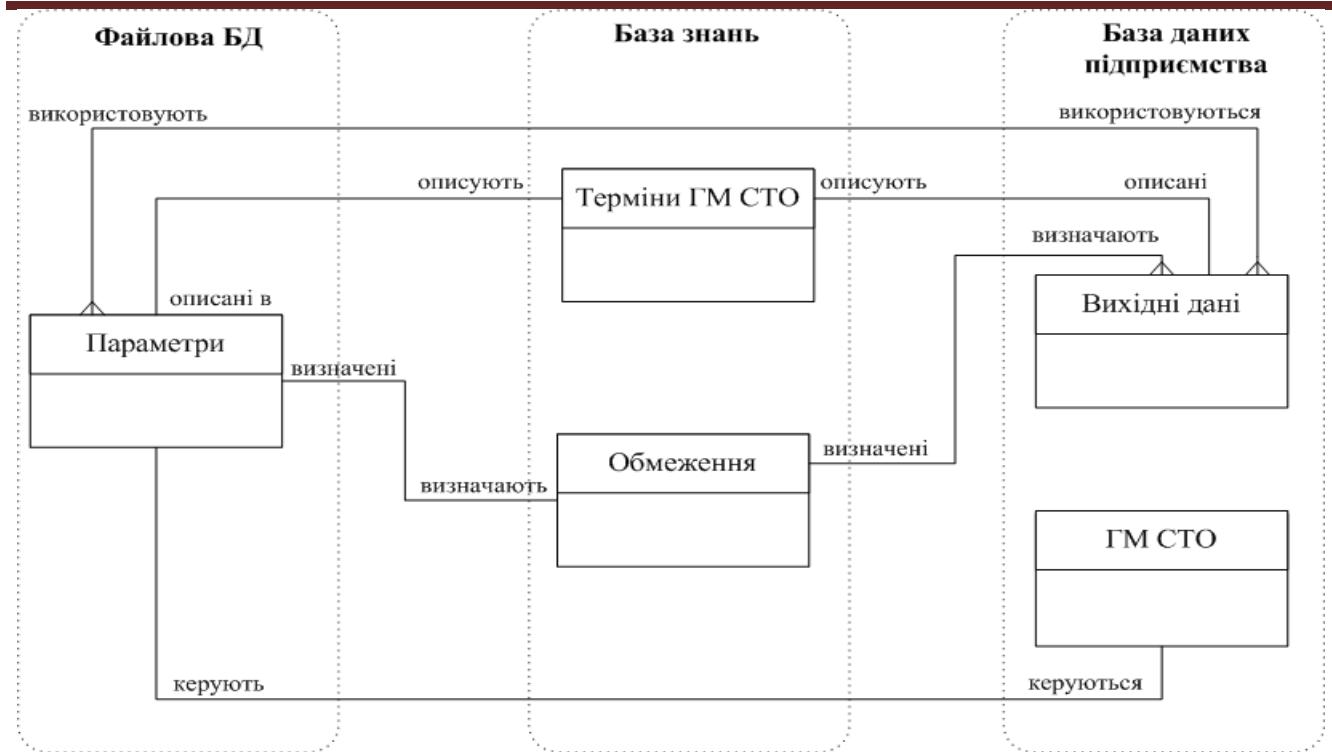


Рис. 1 Діаграма "сущість-зв'язок" основних наборів даних впровадження методу знання-орієнтованої побудови геометричної моделі складного технічного об'єкту.

Розв'язуючи задачу керування параметричною інформацією при побудові ГМ, будь-яку ГМ компонента СТО можна представити у вигляді залежності:

$$m_i = f(P_i),$$

де P_i – параметри відповідного компонента СТО, які зберігаються у файловій БД:

$$P_i = \bigcup_{i=1}^n p_i, \quad (1)$$

де: p_i – параметр ГМ, зокрема: базові точки прив'язки, базові та направляючі лінії, площини, при необхідності – поверхні, n – кількість всіх параметрів, які впливають на ГМ. Загалом, ГМ СТО можна представити наступним чином:

$$m_i = f^i(p_i, i=1\dots n).$$

База знань [5] встановлює зв'язки і співвідношення між частинами процесу створення ГМ і зберігає обмеження на складові файлової БД. Тому, відповідно до виразу (1), множина обмежена евклідовим простором $R^{(3)}$ та замкнена. Простір, в якому буде проводитися побудова ГМ етапів проектування, представимо у вигляді деякої області:

$$O = \bigcup_{t=1}^q (R^{(3)} \setminus K_t) \bigcup O^*,$$

де K_t ($t = 1, 2, \dots, q$; q – кількість областей заборони) – області заборони для розміщення об'єктів в O , O^* – область, геометрична форма та розміри котрої залежать від результату вирішення задачі.

ГІРОТЕХНОЛОГІЇ, НАВІГАЦІЯ, КЕРУВАННЯ РУХОМ І КОНСТРУЮВАННЯ АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

У БЗ знаходяться обмеження параметрів з БД. Простір, в якому проводиться побудова ГМ представимо у вигляді області O . Позначимо параметри з БД, які використовуються при побудові ГМ, та знаходяться в області O через $P_i (i = 1, 2, \dots, n; n - \text{кількість параметрів})$.

Множину об'єктів $\{P_i\}_n$ необхідно розмістити всередині області O :

$$\bigcup_{i=1}^n P_i \cap O = \bigcup_{i=1}^n P_i.$$

Об'єднання $\bigcup_{i=1}^n P_i$, яке відображає параметри в ГМ, будеться з обмеженнями:

- об'єкти $P_i (i = 1, 2, \dots, n)$ мають бути розміщені у межах області O :
 $(P_i \setminus p_i) \cap (R^{(3)} \setminus O) = 0, i = 1, 2, \dots, n$, де p_i – межа об'єкту P_i ;
- при наявності областей заборони $K_t (t = 1, 2, \dots, q)$ для розміщення P_i всередині області $O (\bigcup_{t=1}^q K_t \subset O)$ компоненти ГМ не мають з ними пересікатися:
 $(P_i \setminus p_i) \cap (K_t \setminus k_t) = 0, i = 1, 2, \dots, n; t = 1, 2, \dots, q$, де k_t – межа об'єкту K_t ;
- компоненти ГМ не повинні мати спільних точок перетину:
 $(P_i \setminus p_i) \cap (P_j \setminus p_j) = 0; i, j = 1, 2, \dots, n; i \neq j$, де $p_{i(j)}$ – межа об'єкту $P_{i(j)}$.

Багатоагентне середовище підтримує дуплексний зв'язок із БД і дозволяє: робити запит та отримувати інформацію про складові, правила, умови та обмеження БЗ. Отже, забезпечується зв'язок етапів побудови ГМ СТО протягом його життєвого циклу та обмін даними між складовими CALS за рахунок управління параметричної інформацією та обміном даними.

Висновки. Запропонований метод знання-орієнтованої побудови ГМ СТО забезпечує скорочення термінів проектування та підвищення якості СТО, оптимізує прийняття конструкторських рішень при узгодженні ГМ СТО за рахунок керування параметричною інформацією та обміну даними між різними складовими технології CALS.

Література

1. Информационные технологии в научоемком машиностроении: Компьютерное обеспечение индустриального бизнеса/ Под общ. ред. А.Г. Братухина.- К.: Техніка, 2001. - 728 с.
2. Информационная поддержка научоемких изделий. CALS-технологии / Норенков И. П., Кузьмик П. К. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. - 319 с.
3. Зеленский В. А. Проектирование сложных систем. Самара, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева (нац. исслед. ун-т), 2012 – 96 с.
4. Stokes M.: Managing Engineering Knowledge MOKA: Methodology for Knowledge Based Engineering Application, Professional Engineering Publishing, 2001 – 298 p.
5. T. R. Gruber. A translation approach to portable ontologies. Knowledge Acquisition, 5(2):199-220, 1993.

КРОТЕВІЧ М.В.

ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ ТОВЩИНИ МАТЕРІАЛУ ПРИ ВИМІРЮВАННІ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, mkuprun@gmail.com

Розглянута можливість конструктивної оптимізації НВЧ резонансних коаксіальних датчиків, використовуваних при контролі діелектричної проникності пластин і листових матеріалів.

Ключові слова: діелектрична проникність, коаксіальний, резонатор, датчик.

Рассмотрена возможность конструктивной оптимизации СВЧ резонансных коаксиальных датчиков, используемых при контроле диэлектрической проницаемости пластин и листовых материалов.

Ключевые слова: диэлектрическая проницаемость, коаксиальный, резонатор, датчик.

The possibility of structural optimization of microwave coaxial resonant sensors used in the control of permittivity plates and sheet materials.

Keywords: dielectric constant, coaxial resonator sensor.

Вступ. При контролі діелектричної проникності листових діелектричних матеріалів широко використовуються коаксіальні резонансні датчики. Конструкція коаксіального резонатора забезпечує високу напруженість електромагнітного поля в зоні розташування матеріалу. Завдяки цьому досягається висока чутливість до змін діелектричної проникності. Однак, при цьому значно зростає вплив неінформативних параметрів, зокрема, товщини контролюваного матеріалу.

Об'єкти та методи дослідження. Для контролю діелектричної проникності часто використовують резонансні [1]. На одному з торців резонатора виконане вікно, прикрите пластиною з радіопрозорого матеріалу. При взаємодії з матеріалом, змінюються параметри датчика, зокрема, його резонансна частота. Резонансні датчики такої конструкції зручні з погляду полегшеного доступу до матеріалу. Крім того, на результат вимірювання сильно впливає зміна товщини контролюваного матеріалу, а низька добротність відкритого резонатора істотно знижує точність реєстрації частоти резонансу.

У деяких конструкціях резонансних датчиків матеріал притискають до торцевого вікна металевою пластиною. Цим досягається щільне і рівномірне розташування контролюваного матеріалу біля торцевого вікна датчика. Одночасно, за рахунок зниження розсіювання електромагнітного поля істотно зростає добротність резонатора.

Постановка завдання. Основною метою даної роботи є подальше вдосконалення методів вимірювання діелектричної проникності, конструктивна оптимізація резонансних коаксіальних перетворювачів, яка забезпечує зменшення

впливу змін товщини досліджуваного матеріалу на результат вимірювання діелектричної проникності.

Результати і їх обговорення. Для зниження впливу товщини на результат виміру діелектричної проникності в [2] запропоновано використовувати датчик, що складається з двох резонаторів. Резонатори в датчику розташовані таким чином, що їхні торці знаходяться в одній площині, а роль торцевих кришок виконує металева пластина, що має можливість пласко-паралельно переміщатися щодо площини торців резонаторів. Контрольований матеріал поміщають між торцевим вікном одного з резонаторів і рухливою металевою пластинкою. При товщині матеріалу 1...3 мм забезпечується ефективна компенсація впливу коливань товщини. Однак, при товщині менш 0,5 мм складно забезпечити паралельність переміщення пластини щодо торців через наявність зазорів, що забезпечують рухливість пластини.

В даній роботі розглядається конструкція резонансного датчика, що забезпечує компенсацію змін товщини матеріалу в діапазоні товщин 0,1...2 мм (рис. 1).

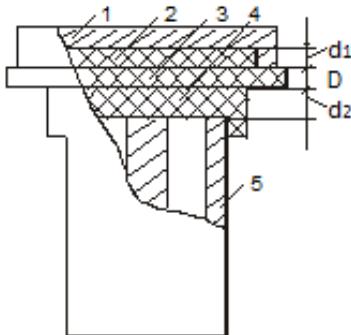


Рис. 1. Коаксіальний резонансний датчик з компенсацією впливу товщини матеріалу.

Датчик містить металевий екран 1, пластини з радіопрозорого матеріалу 2 і 4, контролюваний матеріал 3 і власне коаксіальний резонатор 5.

Резонансна частота коаксіального резонансного датчика визначається значенням його повної ємності C_{Σ} , що складається з розподіленої C_P і зосередженої C_C торцевої ємностей. Величина зосередженої торцевої ємності визначається структурою електричного поля на торці резонатора і властивостями взаємодіючого з ним матеріалу. Саме її зміни впливають на результати вимірювань.

Для показаного на рис. 1 резонансного датчика зосереджена торцева ємність C_C може бути представлена сукупністю двох складових – нормальнюю C_{CN} і дотичною C_C . Складова C_{CN} пропорційна потоку напруженості, нормальному до площини торця резонатора, що замикається через металеву пластину. Складова C_C пропорційна потоку напруженості, дотичному до площини торця і замикається через матеріал. При виконанні умови квазістационарності поля за межами резонатора складова C_{CN} визначається відстанню до металевого екрана і діелектричною проникністю середовища ϵ , що пронизується потоком, а складова

Секція «Інформаційні технології»

C_C – діелектричною проникністю середовища й ефективною площею матеріалу S_K , що пронизується дотичною складовою потоку.

У першому наближенні складові торцевої ємності описуються співвідношеннями

$$C_{CN} = k_1 \frac{\varepsilon S_N}{d_1 + D + d_2}; \quad (1)$$

$$C_{CK} = k_2 \frac{\varepsilon S_K}{l} = k_2 \frac{\varepsilon r(d_1 + D + d_2)}{l}, \quad (2)$$

де k_1 , k_2 – коефіцієнти пропорційності; S_N – площа, що пронизується нормальню складовою потоку; r – середній радіус окружності, концентричної торцевої поверхні електродів; l – середня довжина дуги, по якій проходять уявлювані силові лінії дотичної складової потоку; d_1 , D , d_2 – товщини відповідно торцевої кришки, досліджуваного матеріалу й ізоляційної пластини.

Зіставлення виразів (1) і (2) показує, що зміна товщини матеріалу D викликає протилежну по характеру зміну складових C_{CN} і C_C . Отже, умовою компенсації впливу товщини можна вважати відшукання на кривих зміни C_{CN} і C_C такі ділянки, на яких зміна товщини викликає однакові по абсолютній величині зміни складових C_{CN} і C_C . Критерієм виконання такої вимоги служить рівність кутів нахилу кривих C_{CN} і C_C , задане у вигляді

$$\left| \frac{\partial C_{CN}}{\partial D} \right| = \left| \frac{\partial C_{CK}}{\partial D} \right|. \quad (3)$$

Узяття часткових похідних від виразень (1) і (2) і виконання нескладних перетворень приводить до квадратного рівняння щодо величини d_2 . Рішення цього рівняння відносно товщини торцевої кришки d_2 та використання радіопрозорого матеріалу саме такої товщини забезпечує компенсацію впливу товщини матеріалу при постійній товщині ізоляційної пластини. d_1 .

Висновки. Експериментальна перевірка описаного підходу показала, що при зміні товщини матеріалу від 0,2 до 1 мм відносна зміна показань приладу з запропонованим резонансним датчиком склала 4%. Для резонатора відкритого типу відносні зміни показань перевищили 300%. Таким чином, запропонована конструкція резонансного датчика та оригінальний критерій вибору співвідношення товщин ізоляційної пластини d_1 та торцевої кришки d_2 дозволили майже у 100 разів зменшити вплив зміни товщини досліджуваного матеріалу на результат вимірювання діелектричної проникності.

Література

1. Брандт А. А.. Дослідження діелектриків на СВЧ. -М.: Фізматгіз, 1963, 403 с.
2. Танюк Б.А., Шевченко К.Л. Трехрезонаторный резонансний СВЧ влагомер./ У зб.: Структурні методи підвищення точності, чутливості і швидкодії вимірювальних пристрій і систем. – Житомир, 1985. С. 68.

ЛЕБЕДЬ М.В.

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, marynalebed@ukr.net

Розглянуті методи підвищення точності системи автоматизованого обліку електроенергії шляхом обчислень коригувальних поправок з заміною традиційної аналогової вимірювальної системи цифровою.

Ключові слова: трансформатор струму, вимірювальний канал, похибка вимірювання.

Рассмотрены методы повышения точности системы автоматизированного учета электроэнергии путем вычисления корректирующих поправок с заменой традиционной аналоговой измерительной системы цифровой.

Ключевые слова: трансформатор тока, измерительный канал, погрешность измерения.

Methods for increasing the accuracy of the automated metering system by calculating corrective corrections with the replacement of the traditional analog measuring system with digital one are considered.

Keywords: current transformer, measuring channel, measurement error.

Вступ. Облік енергетичних ресурсів, зокрема електроенергії, є основою енергозбереження і підвищення енергетичної потужності країни. Для цього необхідні сучасні вимірювальні системи для автоматизованого збору та передачі інформації про спожиту активну та реактивну електроенергію в кожній точці обліку. Для вирішення цих задач впроваджуються системи автоматизованого обліку електроенергії.

Об'єкти та методи дослідження. Автоматизована система обліку електроенергії є багатоканальною вимірювальною системою та являє собою сукупність функціонально об'єднаних масштабних вимірювальних перетворювачів (вимірювальні трансформатори струму та напруги), засобів вимірювальної техніки (лічильники електроенергії з цифровим інтерфейсом), пристрій збору та передачі даних, з'єднаних між собою лініями зв'язку.

Метрологічні характеристики системи автоматизованого обліку електроенергії визначаються метрологічними характеристиками засобів вимірювальної техніки та параметрами технічних засобів, що входять до складу системи та впливають на результати та похибки вимірювань параметрів електроенергії, зокрема потужності.

Постановка завдання. Основною метою даної роботи є підвищення точності вимірювання та достовірності передачі даних автоматизованою системою обліку електроенергії. Впровадження заходів щодо зменшення впливу похибок трансформаторів струму в системі автоматизованого обліку електроенергії дозволить скоротити витрати енергоресурсів країни.

Результати і їх обговорення. В ході дослідження виявлено, що в діючих нормативних документах не повністю враховуються зміни напруги, навантаження, частоти струму, несинусоїдальність кривих струму та коливання температури при експлуатації вимірювальних трансформаторів. Таким чином,

Секція «Інформаційні технології»

трансформатори струму вносять додаткову похибку в сумарну похибку вимірювань, що в значній мірі впливає на облік електроенергії.

Також на похибку вимірювального каналу впливає передача аналогового сигналу від трансформатора струму до лічильника.

Одним з ефективних способів підвищення точності вимірювання є введення до вимірювальних значень поправок, які виключають систематичні похибки трансформаторів струму. Це дозволяє зменшити сумарну похибку вимірювального каналу до величин, що відповідає вимогам міжнародних стандартів.

Інформацію про похибки трансформатора струму, які необхідно знати для визначення коригувальних поправок, можна отримати такими способами:

1) експериментальне визначення похибок трансформаторів струму при реальному навантаженні;

2) розрахунок похибки трансформатору струму при реальному вторинному навантаженні за індивідуальними метрологічними характеристиками, встановленими за результатами їхньої метрологічної атестації;

3) розрахунок похибок трансформаторів струму за його параметрами, включаючи і характеристику намагнічування, при реальному вторинному навантаженні.

Пропонується застосовувати трансформатори струму з магнітопроводом із нанокристалічних сплавів та коригувати до достовірних результатів обліку електроенергії на основі розробленої математичної моделі результируючої похибки вимірювального кола.

Також пропонується переводити трансформатори струму з розряду аналогових пристрій в розряд цифрових, шляхом встановлення мікропроцесорного АЦП в безпосередній близькості до трансформатору струму.

Висновок. У результаті впровадження автоматизованої системи обліку електроенергії індукційні лічильники будуть замінені на електронні - типу НІК2303, споживана потужність яких у два рази менше - 2 Вт. У цьому випадку коефіцієнт навантаження трансформатора струму знижується в два рази до значення 1,1 і за рахунок цього знижується похибка трансформатора струму з 1,15% до 0,5%. Впровадження технічних та математичних методів зменшення впливу похибок вимірювального трансформатору струму в системі автоматизованого обліку електроенергії дозволяє розробити заходи для зменшення або уникнення випадкових і систематичних похибок та скоригувати отримані результати технічного обліку, підвищивши їх достовірність. Зниження похибки системи автоматизованого обліку електроенергії приведе до підвищення точності обліку відпущененої споживачам електроенергії, що забезпечить економічний ефект.

Література

1. Трансформатори струму. Програма та методика державної метрологічної атестації. МДУ 001/08-2000.- К.: Укрметртестстандарт, 2000.

2. Концепція побудови автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії в умовах енергоринку затверджена спільним наказом Мінналивенерго, НКРЕ. Держкоменергозбереження, Держстандарту, Держбуду, Держпромполітики № 32/28 / 28/ 276 /75/54 від 17 квітня 2000р.

УДК 621.396.969.11

ЛЕЩЕНКО В.С.

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ ЗА ДОПОМОГОЮ РАДІОСИГНАЛУ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, vitaliaventel@gmail.com

Описані та обґрунтовані основні причини підвищення точності вимірювання відстані. Розглянуто такі основні групи технологій вимірювання відстані: радіолокаційні, оптичні та ультразвукові. Проведений аналіз методів вимірювання відстані, та принцип поєднання цих методів для підвищення точності за допомогою моделі фільтра Калмана.

Ключові слова: радіопередача, відстань, точність, вимірювання.

Описанные и обоснованы основные причины повышения точности измерения расстояния. Рассмотрены следующие основные группы технологий измерения расстояния: радиолокационные, оптические и ультразвуковые. Проведенный анализ методов измерения расстояния, и принцип сочетания этих методов для повышения точности с помощью модели фильтра Калмана.

Ключевые слова: радиопередача, расстояние, точность, измерение.

The reasons of improvement distance measurement are described and justified. Next main group of technologies of distance measurement are reviewed: radar, optical and ultrasonic. The analysis of distance measurement methods, and the principle of combining these methods to improve accuracy with the Kalman filter model.

Keywords: RF transmission, distance, accuracy, measurement.

Постановка проблеми. Дослідження радіосигналу та розвиток засобів контролю відстані обумовлений необхідністю багатьох сфер життєдіяльності людини точного та швидко вимірювання відстані в широкому діапазоні. Відповідно до діапазону вимірювання та необхідної точності існують також оптичні та акустичні методи. Використання радіосигналу в даному випадку має ряд переваг. До них відноситься: швидке встановлення радіозв'язку на значні відстані, висока мобільність радіозв'язку, забезпечення зв'язку з рухомими об'єктами та ряд інших переваг. Методи, що базуються на ньому, знайшли широке застосування в радіолокації, радіоастрономії та системі глобального позиціонування (GPS).

Точне вимірювання відстані між об'єктами є також важливим для автоматизації сфери життєдіяльності людини, галузі машинобудування, для складання деталей літака, ракети. Дані задачі може бути вирішена за рахунок локальних пристройів, що виступають джерелами радіосигналів. В якості таких пристройів можуть бути використані популярні технології: RF передавачі (433 МГц, 868 МГц), ZigBee, Wi-Fi та Bluetooth.

Основні положення. Точне вимірювання відстані в широкому діапазоні досить актуальне завдання в наш час. Для того щоб охопити діапазон 300 м, слід

СЕКЦІЯ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

застосувати RF передавачі. Тому в рамках даного дослідження використовується саме ця технологія для розробки засобу контролю відстані.

Метод вимірювання відстані базується на застосуванні RF передавачів. Для реалізації прототипу вимірювального пристроя було обрано мікроконтролер MSP430G2553 та радіо-модуль CC1101+CC1190 фірми Texas Instruments.

Для підвищення точності визначення відстані було вирішено об'єднати два методи: метод RSSI (визначення потужності прийнятого сигналу) та метод ToF (час польоту радіосигналу). Корекція результатів вимірювання виконується за допомогою реалізованої моделі фільтра Калмана. Для дослідження ефективності обраних методів та точності вимірювання реалізовано прототип програмного забезпечення для ОС Windows.

Принцип роботи IBC, структурна схема (рис. 1): для вимірювання відстані, користувач посилає сигнал з ПК, МК CC2541 отримує його, та формує пакет даних (в якому буде міститися інформація про RSSI об'єкта), які передає спочатку на власний ПП по SPI, який буде на той момент в якості передавача. Коли пакет доходить до іншого ПП, МК MSP430 отримує запит на формування нового пакету з оновленою інформацією про об'єкт, тоді цей пакет відправляється по тому самому шляху. І коли CC2541 отримує пакет даних, то спрацьовує переривання, яке фіксує час польоту пакету з урахуванням похибок ПП та МК, і результуючі дані передаються на ПК, де проходять обробку.

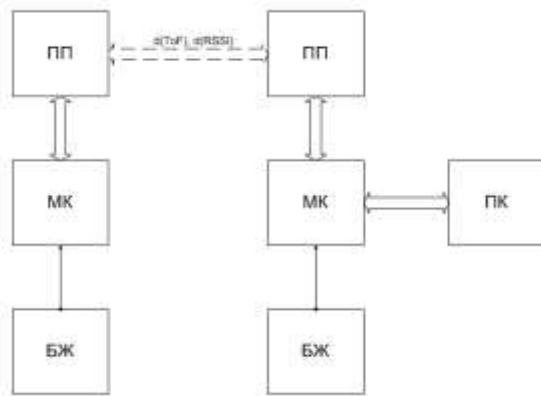


Рис. 1. Структурна схема IBC вимірювання відстані за допомогою радіосигналу.

Висновок. Розроблена система вимірювання відстані в порівнянні з існуючими аналогами дозволить автоматизувати громадський транспорт, використовувати для реалізації безпілотного потягу метрополітену, що знизить вплив людського фактору на життя пасажирів. Також на підприємствах збору літаків та ракет, де кожна похибка має летальний характер, тому підвищення точності вимірювання відстані має високу практичну значимість.

Література

1. Г. Ф. Савинов *О некоторых особенностях алгоритма фильтрации Калмана : Авиакосмическое приборостроение № 6, 2007*
2. Рудзит Я.А., Плуталов В.Н. *Основы метрологии, точность и надежность в приборостроении: Учеб. пособие для студентов приборостроительных специальностей вузов.* –М.: Машиностроение, 1991.- 304 с.

УДК 621.6

ЛІВАДІНА А.Ю.

СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ ГАЗУ В ГАЗОПРОВОДІ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна, e-mail: laju95@mail.ru

Описані та обґрунтовані основні причини та принципи побудови інформаційно-вимірювальної системи тиску газу в газопроводі. Наведено структурну схему та розглянуто принцип дії системи.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система, тиск газу, газопровід.

Описаны и обоснованы основные причины и принципы построения информационно-измерительной системы давления газа в газопроводе. Приведена структурная схема и рассмотрен принцип действия системы.

Ключевые слова: информационно-измерительная система, давление газа, газопровод.

The reasons and basic principles of information-measuring system of the gas pressure in the pipeline are described and justified. The block diagram shows and the principle of the system are considered.

Keywords: information-measuring system, gas pressure, pipeline.

Постановка проблеми. У зв'язку з розвитком газифікації (збільшення протяжності газопроводів, зростання кількості газифікованих квартир, будинків, промислових підприємств тощо), старінням газопроводів і зношенню обладнання мають місце виробничо-технологічні втрати природного газу. Моніторинг діючих на даний момент в паливно-енергетичному комплексі систем показав, що вони не забезпечують на високому рівні відповідного контролю і не сприяють зменшенню втрат сировини. Тому нагальними задачами галузі є створення нових більш ефективних автоматизованих систем. Особливо актуальними останнього часу стають системи комплексного одночасного контролю декількох параметрів. Одним із основних параметрів контролю при транспортуванні газу магістральними трубопроводами та забезпечення населення водою, газом, теплом за допомогою комунальних систем є контроль тиску в цих системах.

Отже, метою статті висвітлення матеріалів щодо створення інформаційно-вимірювальної системи (IBC) з можливістю одночасного моніторингу декількох параметрів.

Основні положення. Одночасне вимірювання і зіставлення декількох параметрів з метою їх комплексного аналізу значно оптимізує роботу газотранспортних систем. Розроблена IBC для моніторингу тиску газу спрямована на підвищення точності вимірювання і швидкодії, зменшення виробничо-технологічних втрат природного газу та одночасний контроль тиску, розрідження та перепадів тиску у газопроводі, а також вимірювання температури. Крім того, в системі передбачена можливість представлення даних в зручній для перегляду та

Секція «Інформаційні технології»

зберігання формі. Розроблена IBC підвищує контроль за транспортуванням газу по трубах, що в середньому сприяє зменшенню технологічних витрат на 2-4 %.

Принцип роботи IBC полягає у наступному: на вхід датчиків, що утворені мембраною, яка деформується під дією прикладеного до неї тиску та передає навантаження на тензорезистори, що утворюють мостове коло, з перших трьох каналів поступає тиск, різниця тисків та розрідження. В результаті зміни опорів тензорезисторів міст розбалансовується, і на виході датчика отримується значення напруги, яке підсилюється і надходить до аналого-цифрового перетворювача (АЦП). На шину обміну даними від мікропроцесора надходить адреса відповідного каналу, в залежності від того, який параметр необхідно виміряти. АЦП, отримуючи сигнал від мікропроцесора, встановлює на шині відповідний до значення тиску код. Для вимірювання температури застосовується температурний датчик, основним параметром якого є шпаруватість імпульсів. Analogovий компаратор, що вбудований в мікропроцесор, приймає значення сигналу з датчика. Для зв'язку IBC з ПК використовується інтерфейс RS-485 (рис. 1). Особливістю системи є те, що вона надає текстове повідомлення оператору про перехід за границі мінімального та(або) максимального значень та утримання протягом визначеного часового проміжку параметрів, які контролюються.

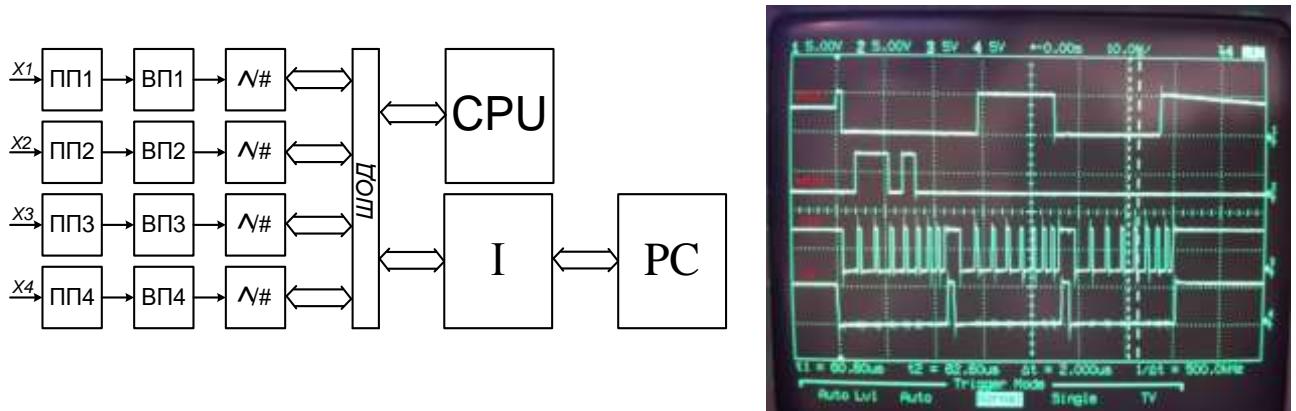


Рис. 1. IBC вимірювання тиску газу в газопроводі

Висновок. Вимірювання і контроль за декількома параметрами одночасно дозволяє значно поліпшити якість контролю за транспортуванням газу (зокрема в магістральних газопроводах) і відповідно зменшити можливі технологічні втрати газу, які займають значну частину у витратах газових підприємств.

Література

1. Поліщук Е. С. Измерительные преобразователи: Учебн. пособие для вузов. - К.: Высш. шк., 1981.
2. Боднер В.А., Алферов А.В. Измерительные приборы (теория, расчет, проектирование): Учебник для вузов: В 2-х т. Т. 2: Методы измерений, устройство и проектирование приборов. – М.: Изд-во стандартов, 1986.

УДК 629.7

МАКАРОВ О.Л.¹, ТУЗ Ю.М.², САМАРЦЕВ Ю.М.², КУЛІКОВСЬКИЙ М.М.¹,
МОРОЗ О.О.¹

СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІДОКРЕМЛЮВАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

КБ «Південне», м. Дніпро, Україна, info@yuzhnoye.com

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, yuriy.samartsev@itcj.kiev.ua

Описані та обґрунтовані головні принципи побудови структур систем вимірювання фізичних параметрів відокремлювальних елементів, що знаходяться у наджорстких умовах. Приведено приклад побудови вимірювальних каналів для вимірювання траекторних параметрів, тиску та температури. Наведено розрахунок параметрів синхронізації для часового узгодження вимірювальних відліків фізичних параметрів з відліками реального часу.

Ключові слова: перевантаження, лінійне прискорення, кутова швидкість, вимірювальна система, синхронізація відліків часу.

Описаны и обоснованы главные принципы построения структур систем измерения физических параметров отделяемых элементов, находящихся в сверхжестких условиях. Приведен пример построения измерительных каналов для измерения траекторных параметров, давления и температуры. Наведен расчет параметров синхронизации для временного согласования измерительных отсчетов физических параметров с отсчетами реального времени.

Ключевые слова: перегрузка, линейное ускорение, угловая скорость, измерительная система, синхронизация отсчетов времени.

The main principles for constructing the structures of systems for measuring the physical parameters of detachable elements in superhard conditions are described and justified. An example of construction of measuring channels for measuring trajectory parameters, pressure and temperature is given. The calculation of the synchronization parameters for the temporal matching of the measuring samples of the physical parameters with the real-time readings was calculated.

Keywords: shock limit, linear acceleration, angular velocity, measuring system, synchronization of time counts.

Вступ. Можливість вимірювань фізичних параметрів відокремлюваних елементів (ВЕ) є однією з найважливіших задач, що виникають у ході проведення експериментальних досліджень при розробці нових зразків техніки у таких галузях, як літакобудування та авіакосмічна техніка. Переваги, що надає така можливість, полягають в тому, що знання достовірної інформації про значення фізичних параметрів ВЕ протягом їх руху дозволяє побудувати достовірну модель поведінки ВЕ з метою аналізу та прогнозування поведінки об'єкта, з яким пов'язаний ВЕ, та їх взаємодії. А це в свою чергу дає можливість скоротити об'єм експериментальних відпрацювань, матеріальні та часові витрати на проведення яких, можуть бути досить значними. В даній доповіді на основі проведенного

СЕКЦІЯ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

аналізу виділено перелік фізичних параметрів, за якими може бути побудована модель поведінки ВЕ, сформульовані основні вимоги до побудови систем вимірювання фізичних параметрів (СВФП) ВЕ, описані та обґрунтовані головні принципи побудови структури СВФП.

Аналіз проблеми. Особливістю СВФП ВЕ є те, що ВЕ протягом свого руху знаходиться в наджорстких умовах, а саме:

- перевантаження до 10000g;
- зовнішня температура газу на поверхні ВЕ від -40°C до +2000°C;
- кліматичні умови експлуатації від помірних до тропічних або полярних.

В таких умовах вимоги до структури СВФП повинні передбачати схемотехнічні засоби захисту вимірювальних каналів (ВК) від впливу вказаних факторів. Аналіз параметрів, які описують поведінку ВЕ, дозволив виділити перелік основних фізичних параметрів, діапазони їх значень та вимоги до точності вимірювань, а саме;

- проекції лінійного прискорення на 3-х вісну систему координат $\pm 20000 \text{ м/с}^2$ в частотному діапазоні $0 \div 2000 \text{ Гц}$ з приведеною основною похибкою $\pm 2 \% \div \pm 5 \%$;
- проекції кутової швидкості на 3-х вісну систему координат $\pm 20000 \text{ °/с}$ в частотному діапазоні $0 \div 2000 \text{ Гц}$ з приведеною основною похибкою $\pm 2 \% \div \pm 5 \%$;
- ударно-хвильовий тиск на поверхні ВЕ $0 \div 120 \text{ кгс/см}^2$ в частотному діапазоні $100 \div 2000 \text{ Гц}$ з приведеною основною похибкою $\pm 2 \%$;
- температура газу на поверхні ВЕ $0 \div 2000 \text{ °C}$ в частотному діапазоні $0 \div 2000 \text{ Гц}$ з приведеною основною похибкою $\pm 2 \%$;
- зусилля елементів кріплення ВЕ $\pm 5000 \text{ Н}$ в частотному діапазоні $10 \div 100 \text{ Гц}$ з приведеною основною похибкою $\pm 2 \%$;
- напруженість магнітного поля Землі $\pm 80 \text{ мкТ}$ в частотному діапазоні $0 \div 100 \text{ Гц}$ з приведеною основною похибкою $\pm 2 \%$.

Кількість точок вимірювання вказаних параметрів визначається конструкцією об'єкта, пов'язаного з ВЕ, і може досягати кілька десятків для кожного типу фізичного параметра. Особливістю вибору структури СВФП є також обмежений простір для розташування ВК СВФП. Обмежений простір разом з необхідністю захисту ВК від впливу таких зовнішніх факторів, як висока температура та перевантаження, визначають вимоги до проектування структури ВК СВФП ВЕ, якими є:

- модульність ВК;
- автономність та незалежність вимірювального процесу кожного ВК;
- незалежність функцій збереження даних процесу вимірювань кожного ВК;
- резервування функцій живлення ВК;
- відновлення процесу вимірювань після можливих перезавантажень або збоїв із збереженням часових міток реального часу;

ГІРОТЕХНОЛОГІЇ, НАВІГАЦІЯ, КЕРУВАННЯ РУХОМ І КОНСТРУЮВАННЯ АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

- керування процесом зарядки/роздядки автономних акумуляторних батарей живлення СВФП протягом терміну експлуатації;
- конструктивний захист ВК від впливу зовнішніх факторів.

Постановка задачі. Аналіз можливості виконання описаних вище вимог дозволяє сформувати структуру СВФП у вигляді набору функціонально автономних модулів ВК зі згрупованими по ознакам близькості фізичними параметрами, що вимірюються. Кількість та координатне розташування модулів ВК залежить від типу об'єкта, пов'язаного з ВЕ. Частотні діапазони змін значень виділених фізичних параметрів визначають частоту опитування кожного з них, яка лежить в межах $400 \div 5000$ Гц. Кожен з ВК СВФП повинен мати власну систему збереження вимірюваної інформації. Особливо важливою є розробка такого формату збереження інформації, який дає можливість синхронізувати відліки кожного з параметрів з реальним часом. Необхідною умовою формату збереження інформації є також можливість виявлення ситуацій збою та відновлення в записах без втрат синхронізації з реальним часом.

Так як СВФП має автономне живлення від акумуляторних батарей, актуальним є вибір останніх за параметрами потужності, ємності та безпеки. Аналіз існуючих типів акумуляторних батарей необхідної ємності $800 \div 1400$ мАгод, струму навантаження до 1200 мА та безпеки експлуатації дає можливість зупинити вибір на акумуляторних батареях типу *Li/MnO₂* з характеристиками;

- напруга вихідна 3,0 В;
- ємність 1500 мАгод;
- струм навантаження постійний до 1500 мА, короткос часовий – до 3000 мА;
- робочий температурний режим $-40^{\circ}\text{C} \div +70^{\circ}\text{C}$.

Особливістю цього типу батарей є вибухобезпечність, що є необхідною вимогою для більшості об'єктів, пов'язаних з ВЕ. СВФП повинна мати можливість виявлення критичного зниження ємності та безпечної підзарядки акумуляторних батарей. Це, а також необхідність контролю за роботою ВК протягом підготовчого терміну висуває вимогу циклічного опитування ВК СВФП зовнішніми технічними засобами без використання функції збереження.

Важливою вимогою до СВФП ВЕ є також виконання заходів метрологічного забезпечення ВК протягом терміну експлуатації без необхідності розбирання конструкції СВФП на складові частини. З цією метою проектування СВФП виконується спільно з проектуванням контрольно-перевірочної апаратури (КПА), яка крім технічного контролю функціонання ВК повинна забезпечувати операції їх метрологічного забезпечення.

Головні елементи структури СВФП та їх реалізація. На рис. 1 представлена функційна схема розробленої СВФП для вимірювання фізичних параметрів ВЕ, що рухається за балістичною траєкторією. ВК СВФП поділені на дві групи – група первинних вимірювальних перетворювачів (ПВП) та група вторинних вимірювальних перетворювачів. Виходи перших та входи других виведені до технологічного роз'єму і з'єднуються там спеціальним кросовим модулем.

СЕКЦІЯ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

Технологічний роз'єм знаходиться в носовій частині ВЕ, так що до нього замість кросового модуля може бути під'єднана КПА. Така структура СВФП дозволяє проводити за допомогою КПА контрольні та метрологічні заходи, маючи одночасний доступ до виходів ПВП та входів ВВП. ВК СВФП згруповані в два функційно автономних модуля Stress та Motion. Розподіл ВК по цим модулям визначається частотним діапазоном зміни фізичних параметрів. Модуль Stress об'єднує вимірювальні канали параметрів, що змінюються стрибкоподібно, а Motion – плавно.

Кожен модуль ВК має у своєму складі запам'ятовуючий пристрій (ЗП), де зберігається вимірювальна інформація. ЗП має власну файлову систему, побудовану таким чином, що кожен збій або переривання безперервного процесу запису інформації до ЗП породжує новий файл.

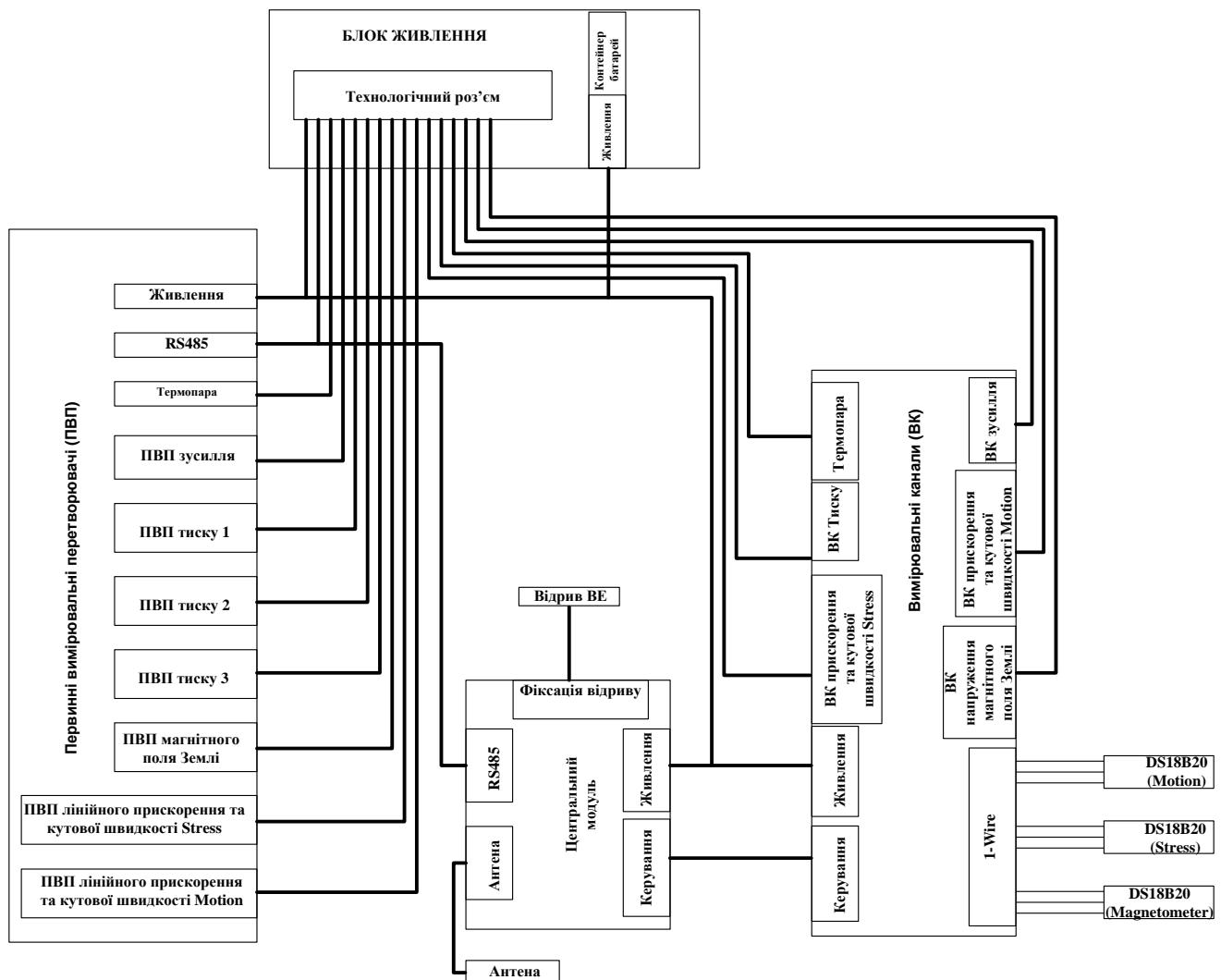


Рис.1. Функційна схема СВФП ВЕ.

Це дає можливість провести синхронізацію вимірювальної інформації з реальним часом так, як файли містять взаємопов'язані часові відліки, отримані один від одного при виникненні цих подій. Можливість такої синхронізації

ґрунтуються на ймовірності того, що виникнення збоїв одночасно двох модулів менша ніж одного з них. Решта блоків СВФП також згруповані у модулі. Кожен модуль є функційно закінченим пристроєм і конструктивно сформований у монолітну конструкцію за допомогою заливки Віксант-68 та наповнювача ВК-9. На рис. 2 показано зовнішній вигляд модулів ВК.

Незважаючи на точність внутрішнього тактового генератора ВК неминуче виникає розбіжність часових відліків. Наприклад, для генератора DSC1101 з частотою 24 МГц абсолютна похибка складає $\pm 2,083$ пс тоді, як максимальна розбіжність двох ВК становитиме $\Delta t_{\max} = 4,167$ пс і за 1 секунду складе 100 мкс. Описана частотна похибка може бути скомпенсована введенням коригуючих коефіцієнтів для часових відліків (timestamp) за формулою:

$$t_i = k_t \cdot T_\delta \cdot \text{timestamp} + b_t,$$

де k_t , b_t – коригуючі коефіцієнти, що визначаються калібрувкою тактових генераторів; T_δ – номінальний період дискретизації ВК СВФП.

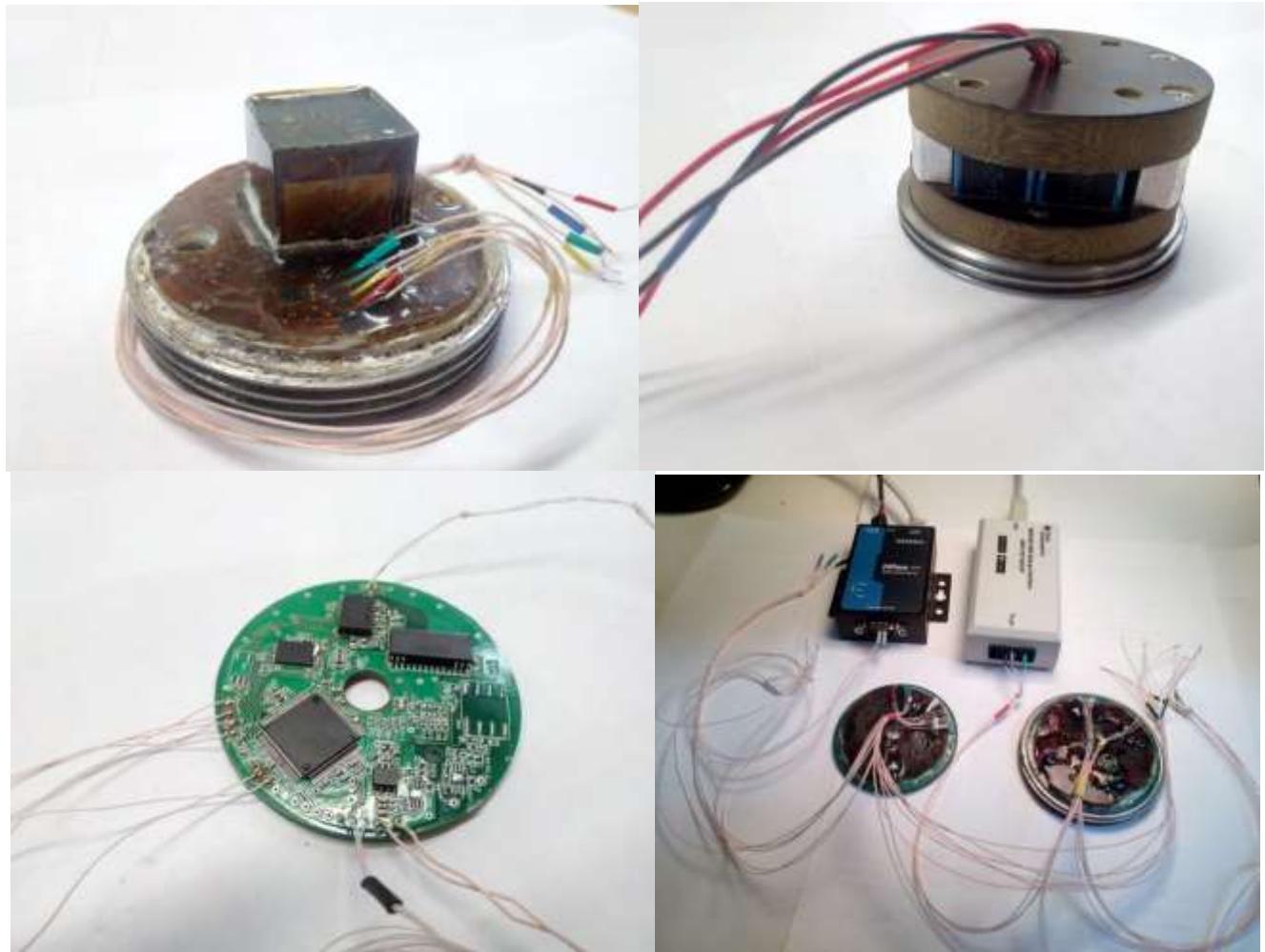


Рис.2. Зовнішній вигляд модулів ВК.

На Рис.3 показано розміщення модулів ВК в корпусі ВЕ.

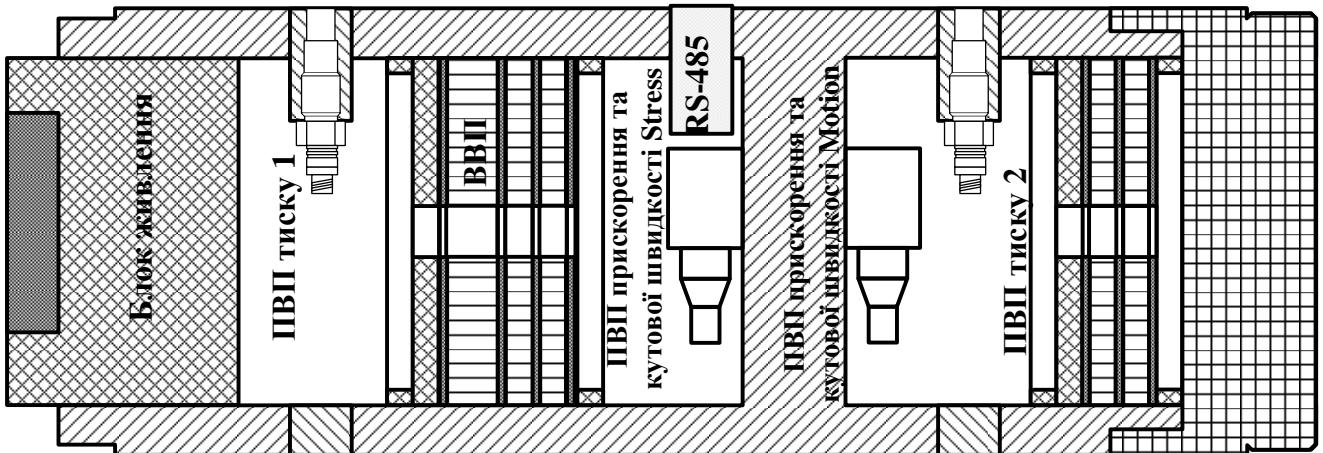


Рис.3. Схема розміщення модулів ВК в корпусі ВЕ.

Вимога забезпечення стійкості до перевантажень 10000g виконується за рахунок заповнення всіх пустот корпуса ВЕ поліуретаном на основі Деколаст 3. Вимірювальна інформація СВФП зчитується за допомогою КПА через центральний модуль (ЦМ). На рис. 4 показана структурна схема системи зчитування вимірювальної інформації СВФП через КПА від ВЕ.

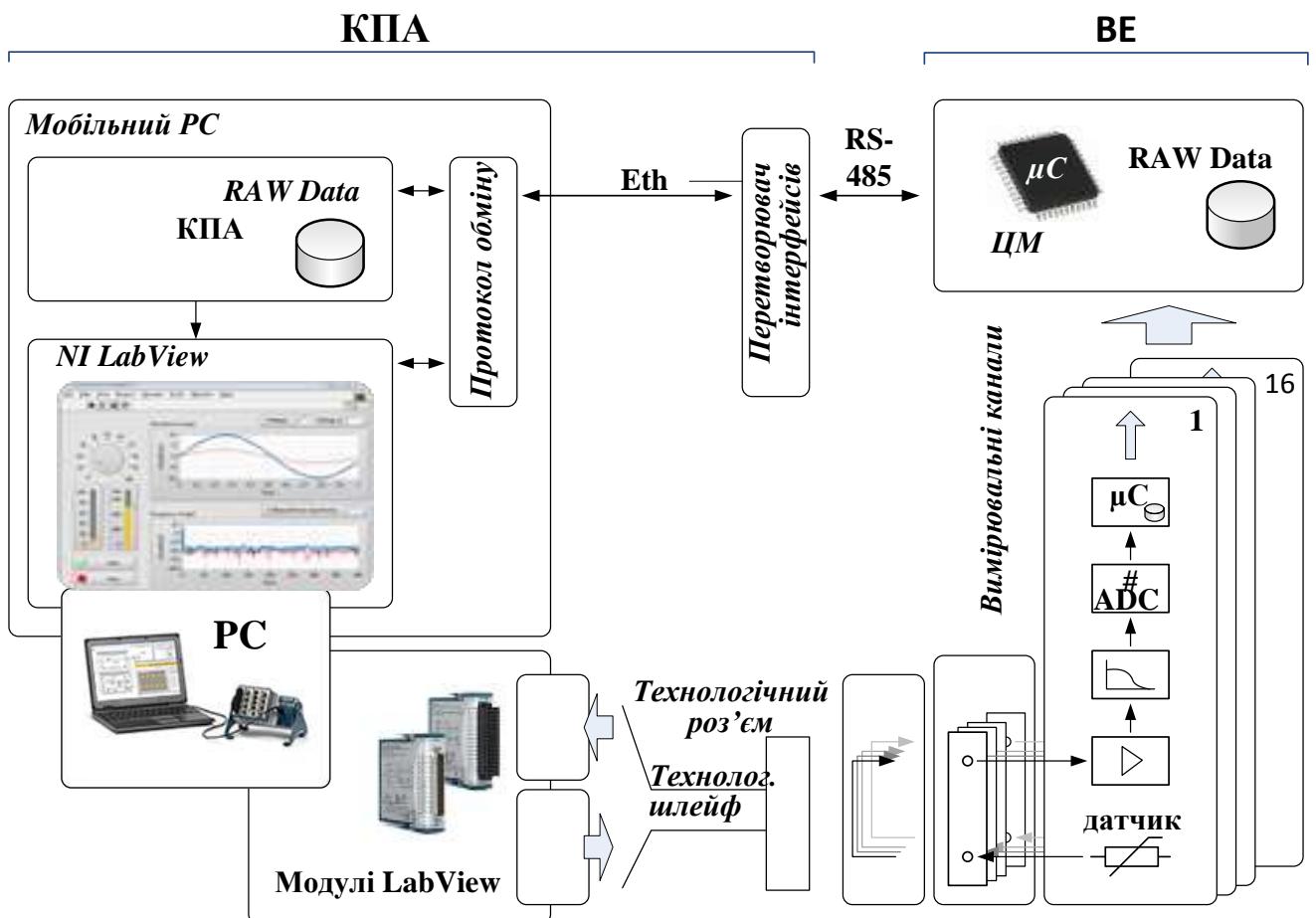


Рис. 4. Структурна схема системи зчитування вимірювальної інформації СВФП.

Результати випробувань, записані в ЗП СВФП, представлені на рис.5.



Рис. 5 Результати вимірювань траєкторних параметрів ВЕ

Висновки. Проведений аналіз вимог до СВФП ВЕ дозволив сформувати головні принципи побудови структур останніх, що знаходяться у наджорстких умовах. Знайдені рішення захисту від зовнішніх впливів дозволили розробити СВФП для вимірювання траєкторних параметрів руху ВЕ, тиску та температури в умовах перевантаження до 1000g та зовнішньої температури поверхні ВЕ до 2000°C. Використання розробленої структури для дослідження поведінки ВЕ рухомих об'єктів, дозволить скоротити об'єм експериментальних відпрацювань та суттєво зменшити часові та матеріальні витрати на розробку нових зразків техніки.

Література

1. https://www.bea.aero/uploads/ttx_scalaetudessecurite/use.of.fdr_01.pdf –C. 55.
2. *Flight Data Recorder. Monitoring Persistent-State Interactions to Improve Systems Management*
<https://people.cs.uchicago.edu/~shanlu/paper/FDR-OSDI-CR-FINAL.pdf> -C. 14.

УДК 681.518.3

ОЛІЙНИК Д.Д., БОГОМАЗОВ С.А.

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ МЕРЕЖЕВИХ СИСТЕМ ЗБОРУ ДАНИХ НА ОСНОВІ ПРОТОКОЛУ COAP

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, danylo.oliinyk@gmail.com

Розглянуто особливості Constrained Application Protocol (CoAP) протоколу та вимоги до системних ресурсів, що потрібні для його реалізації в мережевих системах збору даних. Показано, що використання протоколу CoAP для реалізації мережевих систем збору даних є одним з найбільш перспективних рішень.

Ключові слова: CoAP, мережеві системи збору даних, Інтернет речей

Рассмотрены особенности Constrained Application Protocol (CoAP) протокола и требования к системным ресурсам, которые нужны для его реализации в сетевых системах сбора данных. Показано, что использование CoAP протокола для реализации сетевых систем сбора данных является одним из наиболее перспективных решений.

Ключевые слова: CoAP, сетевые системы сбора данных, Интернет вещей

Examined features of the Constrained Application Protocol (CoAP) protocol and how the use of it affects the change in requirements for system resources that are necessary to implement a network data collection system. Based on the analysis, generalization and systematization of information sources it was shown that the use of the CoAP protocol for implementing network systems of data collection is one of the best and promising solutions.

Keywords: CoAP, network data collection systems, Internet of Things

Вступ. Дуже нагальним питанням в даний час є розробка систем для Інтернету речей [1], складовою яких є мережеві системи збору даних. За статистичними даними у 2016 році до мережі було підключено близько 6.4 мільйони пристрій, а до 2020 року очікується число пристрійв понад 50 мільйонів. Це яскраво показує тенденцію до швидкого розширення даної галузі і потреби людей у розвитку цих технологій. Однією з найбільших проблем для розробки подібних пристрійв є складність використання загальновживаних протоколів. Подібна ситуація має місце у зв'язку з суттєвою обмеженістю системних ресурсів пристрійв.

Аналіз проблеми. Такі системи потребують від мережевого протоколу мінімального набору функціональних можливостей, що зможе забезпечити прийом та передачу даних з найменшими вимогами до системних ресурсів. З цією метою розроблена велика кількість пропрієтарних протоколів, які створені для приватного використання конкретним розробником. Це ускладнює розробку систем мережевого збору даних, адже велику роль при цьому відіграє загальна «екосистема» всього Інтернету речей, яка стає значно складнішою через несумісність подібних протоколів. CoAP [2] являє собою стандартизований (RFC 7252), базований на REST-архітектурі протокол, що має дуже невеликі вимоги до системних ресурсів. Це 10 кБ оперативної пам'яті, 100 кБ пам'яті для

програм та Інтернет-канал з пропускною спроможністю в 10 кБ. На даний момент ці вимоги до системних ресурсів є одними з найменших, що надає можливість значної економії на елементах системи. Це пояснюється тим, що вартість елементів, з яких будуються системи мережевого збору даних, безпосередньо залежить від вимог до системних ресурсів.

Постановка завдання. Основною метою даної роботи є вдосконалення системи мережевого збору даних шляхом аналізу існуючих протоколів та визначення оптимального протоколу для реалізації поставленої задачі.

Результати та їх обговорення. Для зменшення вимог до системних ресурсів було запропоновано використовувати протокол СоAP. Даний протокол прикладного рівня працює поверх транспортного протоколу UDP. Реалізація обміну на основі протоколу UDP надає певні переваги у вигляді зменшенні вимог до Інтернет-каналу, але з іншої сторони погіршує надійність передачі даних. Погіршення якості передачі даних полягає в тому, що транспортний протокол UDP без додаткових опцій працює за принципом надіслав-і-забув (fire-and-forget). При цьому може бути втрачена певна кількість пакетів, але зазвичай це не є критичним в подібних системах. В протилежному випадку існують механізми перевірки надходження пакету для надійної передачі даних з використанням UDP.

Важливою перевагою СоAP протоколу (наприклад, над протоколом HTTP) є наявність опцій observe (спостерігати) та discover (виявляти). Опція observe дозволяє клієнту не робити постійні запити у очікуванні зміни інформації. Після GET-запиту з опцією observe дані будуть надсилятись клієнту кожного разу, коли вони зміняться. Це дає можливість системі забезпечити енергозберігаючий режим. Опція discover дає можливість одним запитом отримати дані з усіх однотипних вузлів. Якщо в системі існує декілька однотипних датчиків, то не потрібно робити запит до кожного з них окремо. Дані опція також покращує енергоефективність системи.

Пакет в СоAP протоколі має простий двійковий формат, розмір якого можна розрахувати за формулою (1):

$$M = h + t + o + p, \quad (1)$$

де M – кінцевий розмір повідомлення (пакету); h – фіксований розмір заголовку, що становить 4 байти; t – токен змінної довжини до 4 байт; o – опції до 4 байт; p – корисний вміст повідомлення.

Якщо порівнювати структуру пакетів в СоAP та HTTP протоколах, варто відзначити помітну спрощеність першого. За рахунок цього реалізація протоколу більш «легка» і потребує менше системних ресурсів. Так, для розробки подібної системи на базі HTTP протоколу доведеться використовувати більше системних ресурсів і отримати велику кількість можливостей, що не будуть використані. На рисунку 1 наведено структуру пакету в СоAP протоколі.

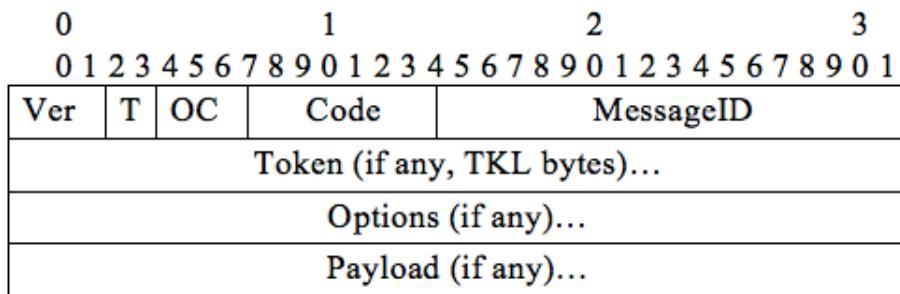


Рис. 1. Структура пакету в СоAP протоколі.

В результаті розроблено мережеву систему збору даних з використанням протоколу СоAP, що побудована на основі Linux-платформи Raspberry Pi. Попередні системи використовували більш складні та «важкі» протоколи (наприклад, HTTP), що призводило до збільшення вимог щодо мінімальних системних ресурсів пристрою, який мав бути під'єднаний до Інтернету речей. В свою чергу, це призводило до додаткових витрат електроенергії, необхідності швидкого та стабільного Інтернет-каналу, тощо. Використання протоколу СоAP дозволило отримати ряд суттєвих переваг. Це невеликі вимоги до системних ресурсів пристрою, що в зменшує вартість та витрати на їх подальше використання. Цей протокол є стандартизованим, та має поширену REST-архітектуру, що значно спрощує розробку програмного забезпечення. Вбудована Linux-платформа на базі Raspberry Pi має вільне розповсюдження та використання, а також весь необхідний функціонал для взаємодії з пристроями, що передають інформацію за допомогою протоколу СоAP.

Висновки. Шляхом аналізу, узагальнення й порівняння показано, що використання СоAP протоколу для реалізації мережевих систем збору даних дозволяє мінімізувати вимоги до системних ресурсів. Таким чином можна зробити висновок, що даний протокол являється одним з найкращих рішень для реалізації систем, що входять до Інтернету речей, зокрема мережевих систем збору даних.

Розроблена система може бути використана у широкому діапазоні галузей промисловості. Зокрема у вимірювальній техніці, господарській галузі, та в будь-яких інших галузях де може знадобитись віддалений збір даних з пристройів, що мають обмежені системні ресурси. Наприклад, це може бути автоматизоване виробництво, де за допомогою даної системи будуть контролюватись певні показники, як то швидкість конвеєрів, або тиск, чи навіть яскравість ламп, що освітлюють приміщення.

Література

1. Cuno Pfister. *Getting Started with the Internet of Things.* // O'REILLY. 2011. -C. 29.
2. Peter Waher. *Learning Internet of Things.* // PACKT. 2015. -C 89

УДК 681.3

ОХРІМЕНКО І.В.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, illia.ohrimenko@gmail.com

Призначенням створюваної системи є автоматизована обробка, аналіз та візуалізація інформації про фізіологічний стан організму людини. Виконано вивчення та аналіз існуючих систем з порівнянням їх доступності та ефективності. Розроблене для системи програмне забезпечення дозволить забезпечити більше функціональність та якість моніторингу в медичних інформаційних системах.

Ключові слова: медичні апаратно-комп'ютерні системи(МАКС), безконтактні методи оцінки фізіологічного стану.

Предназначением создаваемой системы является автоматизированная обработка, анализ и визуализация информации о физиологическом состоянии организма человека. Выполнено изучение и анализ существующих систем со сравнением их доступности и эффективностью. Разработанное для системы программное обеспечение позволит обеспечить более функциональный и качественный мониторинг в медицинских информационных системах.

Ключевые слова: медицинские аппаратно-компьютерные системы (МАКС), бесконтактные методы оценки физиологического состояния.

The purpose of the system is created automated processing, analysis and visualization of information on the physiological state of the human body. Completed the study and analysis of existing systems comparing their availability and effectiveness. Designed for system software will provide more functionality and quality monitoring in medical information systems.

Keywords: medical hardware and computer systems, contactless methods of evaluating the physiological state.

Вступ. В усьому світі організації та заклади, що працюють в галузі охорони здоров'я, все частіше користуються перевагами інформаційних технологій. Трансформація сучасної медицини стала актуальною необхідністю. Поліпшуючи інформаційні потоки та рівень знань, багато медичних установ інвестують в інформаційні технології, які стали невід'ємною частиною сучасної медицини.

Питання впровадження інформаційних технологій в лікарську практику в Україні сьогодні залишається одним з найбільш актуальних. Процеси інформатизації і комп'ютеризації системи охорони здоров'я в нашій країні проходять дуже повільно, хоч і відомо, що без використання комп'ютерних систем все складніше надавати якісну медичну допомогу, оскільки лікарський процес супроводжується обробкою значних обсягів інформації, обслуговуванням великих потоків пацієнтів, а також проведенням складних діагностичних досліджень.

Секція «Інформаційні технології»

Тому для обробки, аналізу, оцінки та візуалізації стану пацієнта актуальним є створення автоматизованої системи оцінки фізіологічного стану організму людини.

Постановка задачі. Для того щоб сформувати актуальний на даний час функціонал для автоматизованої системи оцінки організму людини розглянемо та проаналізуємо аналогічні медико інформаційні системи.

Основна частина. В Україні протягом останніх п'яти років спостерігається незначна позитивна динаміка розвитку ринку медичних інформаційних систем. Слід відзначити, що цей ринок є ризикованим, затрати на розробку сучасних систем значно переважають економічну ефективність від присутності на ньому, тому нові розробники з'являються рідко [1].

Застосування комплексних інформаційних систем, які дозволяють організувати управління медичними закладами на сучасному рівні, суттєво підвищить не тільки якість лікування і рівень медичних послуг, але й ефективність, тобто рентабельність, використання медичних ресурсів.

Незадовільною є ситуація з інформуванням міських управлінь охорони здоров'я, санепідемстанцій та інших установ про епідеміологічну ситуацію чи поточний стан захворюваності, та наявність вільних ліжок в лікарнях тощо. Через відсутність сучасної техніки, програмного забезпечення та засобів зв'язку така інформація є неповною і запізнілою, що не дає можливості оперативно та адекватно попереджати загрози, а також реагувати на проблеми, які виникають у роботі медичних закладів.

На сьогодні на ринку медичних інформаційних систем присутні 10-15 розробників. За кількістю впроваджень слід відзначити: «Медсистеми», CIET, «Укрмедсоф», TherDep.

До українського ринку проявляють інтерес також польські (ABG), російські («Медіалог») та турецькі розробники медичних інформаційних систем. Проте вартість впровадження цих систем є значно вищою, ніж у аналогічних українських систем.

Більшість систем побудовано на основі клієнт-серверної архітектури, яка забезпечує обмежену кількість функцій – переважно підготовку статистичних звітів та стандартних форм МОЗ. У цих системах ведеться електронна історія хвороби, внесення даних до яких здійснюється шляхом набору тексту або вибору фраз з довідників. Такий підхід не дає можливості в подальшому здійснювати поглиблений аналіз. Недоліком цих систем є необхідність звертатися до розробників для внесення змін у вхідні й вихідні форми.

Приємно відзначити появу на ринку вітчизняних розробників систем, які підтримують 3-рівневу архітектуру. Це «Доктор Елекс» та «ЕмсіМед». Ці системи орієнтовані не тільки на державні, але й на приватні медичні заклади. Вони забезпечують інтеграцію електронної карти пацієнта з різноманітним

ГІРОТЕХНОЛОГІЇ, НАВІГАЦІЯ, КЕРУВАННЯ РУХОМ І КОНСТРУЮВАННЯ АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

діагностичним обладнанням, а також забезпечують отримання даних безпосередньо з лабораторних аналізаторів. Внесення в електронну історію хвороби медичних даних здійснюється на основі розроблених лікарями-експертами протоколів. Це відкриває широкі можливості для подальшого всестороннього аналізу всіх даних. В цих системах є конструктор вхідних і вихідних звітних форм; вони забезпечують можливість обміну шаблонами документів [2].

В дослідженні порівняно основні типи медико-інформаційних систем, які працюють в Україні. На основі аналізу можна виділити потребу в таких функціональних можливостях розроблюваної системи:

1. Збирати та аналізувати данні про параметри організму людини.
2. Виділяти корисні складові параметрів для оцінки фізіологічного стану організму людини.
3. На основі критеріїв оцінки ставити оцінку фізіологічного стану організму
4. Забезпечувати зручний моніторинг стану організму, завдяки візуалізації результатів вимірювань параметрів організму людини на основі Web – орієнтованих серверних технологій.

В розроблюваній системі створюється база даних пацієнтів; користувачі мають індивідуальний доступ до своїх даних; право повного доступу має лікар; карта пацієнта містить параметри його організму, різного роду показники(температуру, артеріальний тиск, інші параметри) які можна відсортувати для особистого оцінювання змін в стані організму пацієнта; на основі критеріїв і скарг пацієнта система ставить оцінку фізіологічного стану організму.

Висновок. Розроблювана система автоматизованої оцінки фізіологічного стану організму людини дасть змогу накопичувати, аналізувати стан пацієнта, ставити попередню оцінку, що дасть змогу зменшити навантаження на лікарів, та забезпечить більш доступне візуальне відображення стану організму.

Література

1. Гулиев Я.И. Универсальное решение интеграции медицинских приборов в информационную систему медицинского учреждения / Я.И. Гулиев, А.С. Чубукян // Тез. докл. Международного форума «Информатизация процессов охраны здоровья населения – 2001». - Москва, 2001. - С. 150-151..
2. Рангайян Р.М. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход / Пер. с англ. Под ред. А.П. Немирко. – М.: ФИЗМАТЛИТ. 2007. — 440 с
3. Застосування МІС Доктор Елекс» для автоматизації та управління діяльністю медичної установи: Методичні рекомендації 2008 / МОЗ України, Український інститут стратегічних досліджень МОЗ України. — К, 2008.

ПОРХУН А.В.

КАЛІБРУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ З ШИРОКИМ ДІАПАЗОНОМ ВИМІРЮВАННЯ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, wersalec@bigmir.net

Розглянуті та описані основні методи калібрування перетворювачів кутової швидкості. Наведені основні структурні схеми калібрування гіроскопів. Обґрунтована доцільність застосування альтернативних методів калібрування вимірювальних перетворювачів кутової швидкості з широким діапазоном вимірювання. Описано метод калібрування широкодіапазонного вимірювального перетворювача кутової швидкості за допомогою зразкового вузькодіапазонного.

Ключові слова: гіроскоп, діапазон вимірювання, калібрування.

Рассмотрены и описаны основные методы калибровки преобразователей угловой скорости. Приведены основные структурные схемы калибровки гироскопов. Обоснована целесообразность применения альтернативных методов калибровки измерительных преобразователей угловых скоростей с широким диапазоном измерения. Описан метод калибровки широкодиапазонного измерительного преобразователя угловой скорости при помощи образцового узкодиапазонного.

Ключевые слова: гироскоп, диапазон измерения, калибровка.

In this article the main methods of calibration of rate transformers are observed and described. The main structure schemes of calibration of the gyroscopes are shown. The actuality of involving of alternative rate sensors calibration methods with wide measuring range is substantiated. The rate sensors calibration method with wide measuring range using standard gyroscope with narrow measuring range is described.

Keywords: gyroscope, measuring range, calibration.

Вступ. Вимірювання кутової швидкості (гіроскопів) з високою точністю важливо для забезпечення складних технологічних процесів медицини, верстатобудування, літакобудування та ракетної техніки. Вимірювання кутової швидкості у широкому діапазоні є важливим при дослідженні поведінки відокремлюваних частин літальних апаратів, авіакосмічної техніки з метою визначення траекторії їх руху. Забезпечення заданої точності вимірювання виконує операція калібрування. В даній статті наведені методи калібрування гіроскопів. Проведений аналіз можливостей калібрування гіроскопів для вимірювання кутових швидкостей в широкому діапазоні. Описаний метод калібрування гіроскопів з широким діапазоном за допомогою еталонного гіроскопа з вужчим діапазоном вимірювання.

Аналіз проблеми. Конструктивні особливості вимірювальних модулів відокремлюваних частин літальних апаратів вносять жорсткі вимоги до надійності, міцності, габаритних параметрів гіроскопів та похибок вимірювань останніми. У деяких випадках необхідно забезпечити вимірювання кутової

швидкості в діапазоні понад $20000^{\circ}/\text{s}$. Похибка вимірювання як правило не має перевищувати 1,5 %. Для забезпечення такої точності мають використовуватися гіроскопи з визначеними метрологічними характеристиками, що отримуються в результаті калібрування. Провідні фірми по виготовленню таких гіроскопів, як MEAS надають сертифікат калібрування з метрологічними характеристиками для гіроскопів широкого діапазону вимірювань. Для масового виготовлення вимірювального устаткування з функцією вимірювання кутової швидкості ціна сертифікованих гіроскопів є занадто високою. Фірма Analog Devices пропонує гіроскопи, виготовлені за MEMS технологією, з діапазоном вимірювання до $20000^{\circ}/\text{s}$, у яких метрологічні характеристики фірма-виробник пропонує визначати за допомогою подачі збуджувальних сигналів на структуру гіроскопа. Похибка значення еквіваленту кутової швидкості при подачі тестового сигналу складає $\pm 3\%$, що часто не задовольняє вимогам до точності вимірювання. Фірма-виробник MEMS гіроскопів InvenSense пропонує перетворювачі кутової швидкості зі значенням основної похибки до $\pm 1\%$, але діапазон вимірювання таких перетворювачів становить лише до $\pm 4000^{\circ}/\text{s}$. Калібрування широкодіапазонних гіроскопів є високовартісною та технічно складною процедурою.

Калібрування одновісьових гіроскопів використовують наступні схеми. Гіроскоп, що калібується, встановлюється на калібровочний стенд (центрifuгу) з сертифікованими метрологічними характеристиками, які задовольняють вимогам точності калібрування (рис. 1).

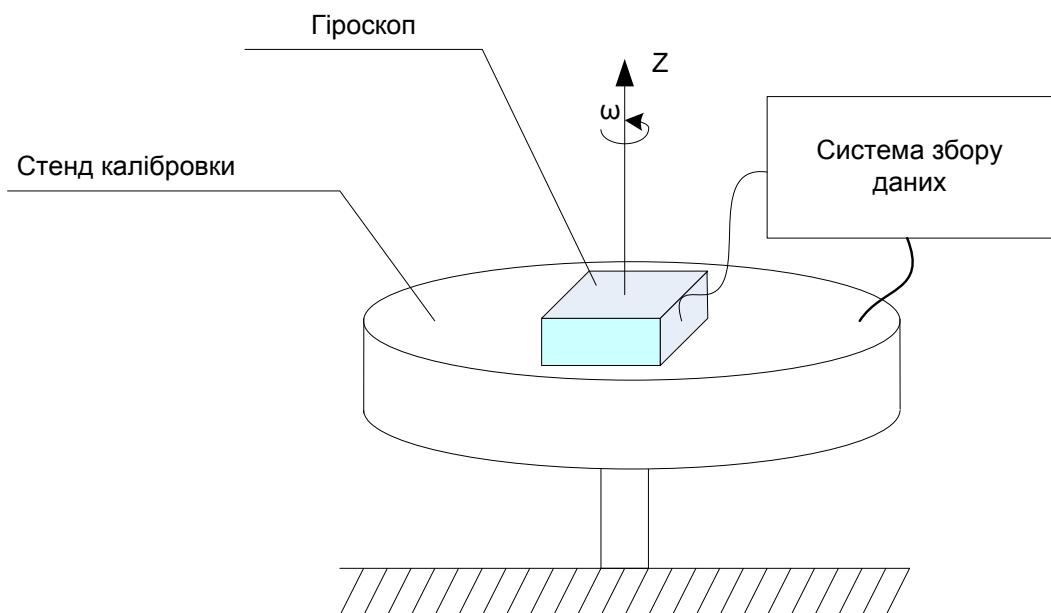


Рис. 1. Схема калібрування гіроскопа з використанням стенду з сертифікованими метрологічними характеристиками.

Іншою схемою калібрування є схема з використанням генератора кутової швидкості (центрифуги) з несертифікованими метрологічними характеристиками та зразкового гіроскопа або тахометра з сертифікованими метрологічними характеристиками (рис. 2).

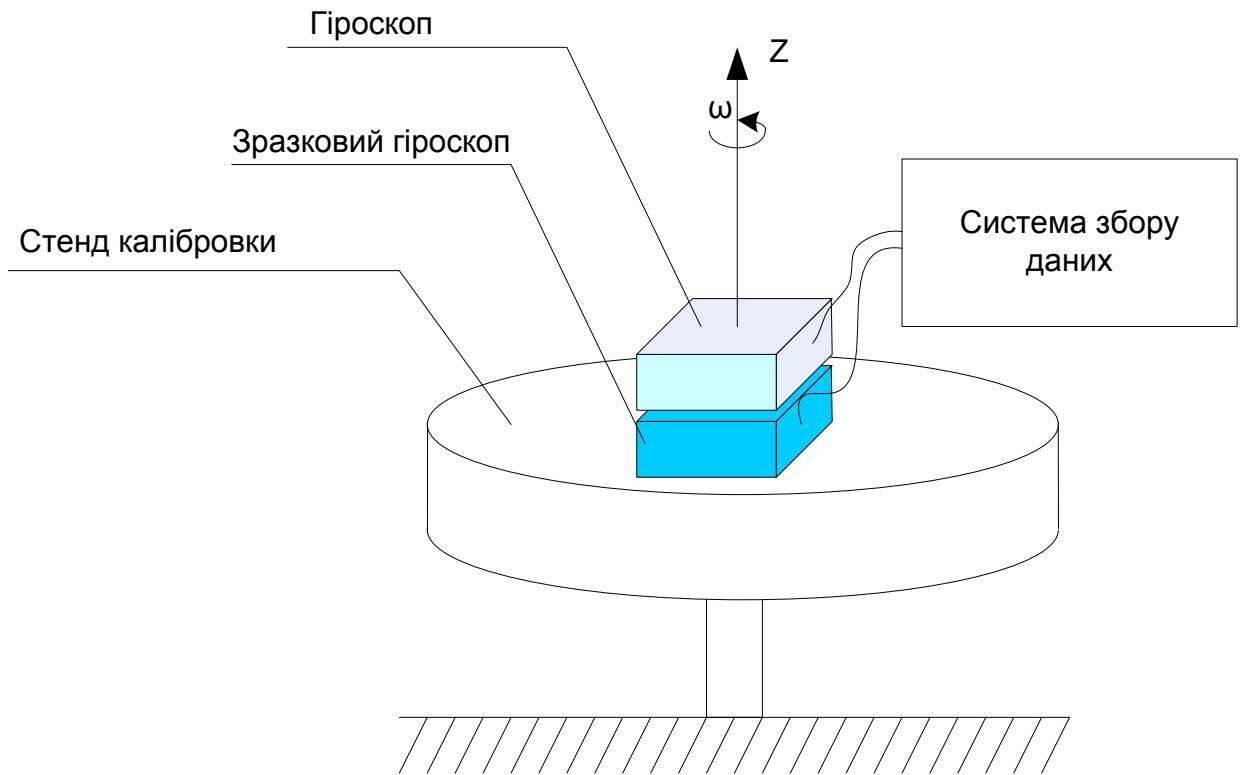


Рис. 2. Схема калібрування гіроскопа з використанням стенду з несертифікованими метрологічними характеристиками та зразкового гіроскопа.

Головним недоліком використання схеми рис. 1 є складність створення стенду зі стабільною частотою обертання у широкому діапазоні, а вартість існуючих дуже висока. Головним недоліком схеми на рис. 2 є висока вартість зразкового широкодіапазонного гіроскопа і складність генерації обертання зі стабільною кутовою швидкістю.

Постановка задачі. З огляду на вищезазначене, існує необхідність створення методу калібрування вимірювального перетворювача кутової швидкості з широким діапазоном за допомогою еталонного гіроскопа з вужчим діапазоном вимірювання. Запропоновано вимірювати кутову швидкість еталонним гіроскопом з вузьким діапазоном вимірювання, розташовуючи його під кутом до вісі обертання широкодіапазонного гіроскопа і таким чином проводити процедуру калібрування. Схема калібровочного стенду за даним методом калібрування приведена на рис. 3. Z та Z' – напрямок вісей чутливості гіроскопів відповідно

гіроскопа, що калібрується, та зразкового, ω та ω' – значення кутової швидкості, що вимірюються.

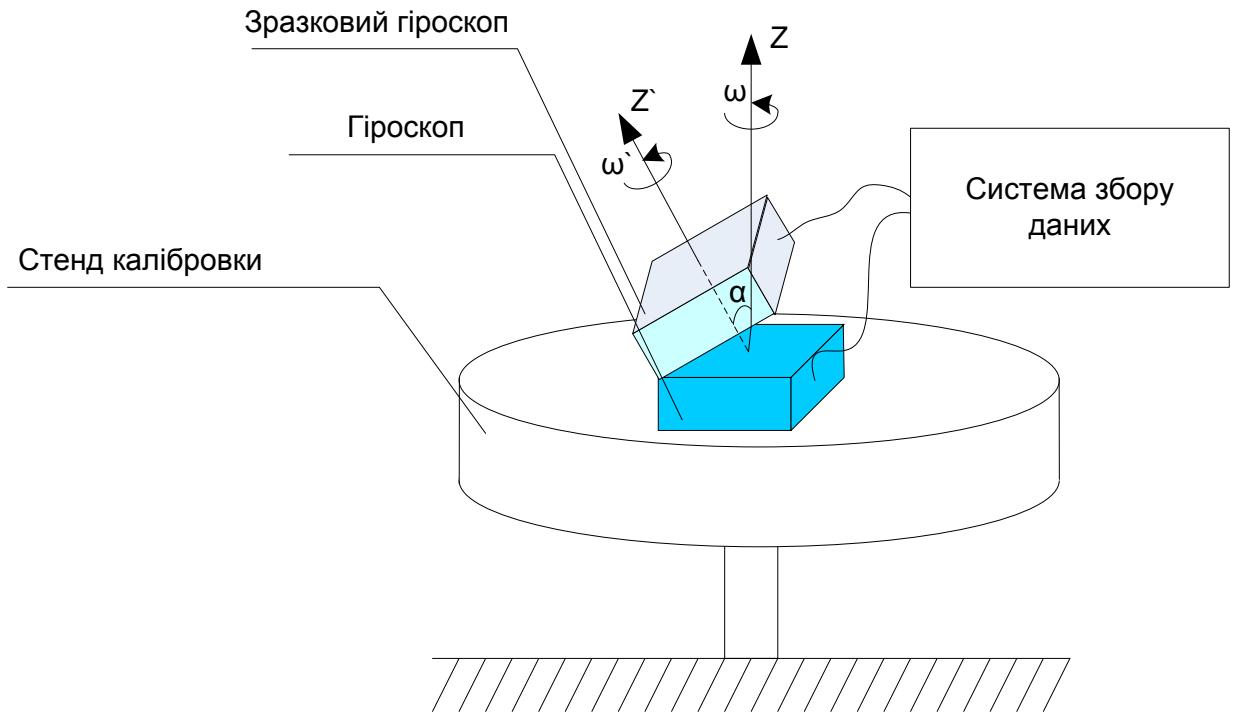


Рис. 3. Стенд калібрування гіроскопа з широким діапазоном за допомогою еталонного гіроскопа з вузьким діапазоном вимірювання.

Значення кутової швидкості обертання за віссю гіроскопа Z , що проходить процедуру калібрування, ω визначатиметься за формулою:

$$\omega = \omega' \cdot \cos \alpha.$$

Похибка вимірювання кутової швидкості зразковим гіроскопом визначається з урахуванням власної похибки вимірювання кутової швидкості ω' зразковим гіроскопом та похибки встановлення кута α .

$$\delta_{zp} = \delta_{\omega'} + \delta_{\alpha}.$$

Іншим джерелом похибки є нестабільність частоти обертання стенду у поєднанні з часовими характеристиками системи збору даних. Сумарний час визначення одного значення кутової швидкості для одного гіроскопа t_{vym} складається з часу перетворення механічної величини в електричний сигнал t_{mn} , час нормуючого перетворення t_{hn} та час аналого-цифрового перетворення t_{aun} .

$$t_{vym} = t_{mn} + t_{hn} + t_{aun}.$$

Для двох гіроскопів значення часу складатиме $2 \cdot t_{vym}$. Це значення має бути меншим за значення коливання частоти обертання стенду у часі.

Для реалізації даного методу калібрування була розроблена система (рис. 4), до складу якої входять взятий за зразковий MEMS гіроскоп з цифровим виходом ICM-20600 з основною похибкою вимірювання $\pm 1\%$ та діапазоном вимірювання $\pm 2000\text{ }^{\circ}\text{c}$ фірми InvenSense та гіроскоп, що калібурується, з цифровим виходом ITG-3701 фірми InvenSense з основною похибкою вимірювання $\pm 3\%$ та діапазоном вимірювання $\pm 4000\text{ }^{\circ}\text{c}$, мікроконтролер STM32F100RB для збору вимірювальних даних, постійний запам'ятовуючий пристрій M95640 та персональний комп'ютер.

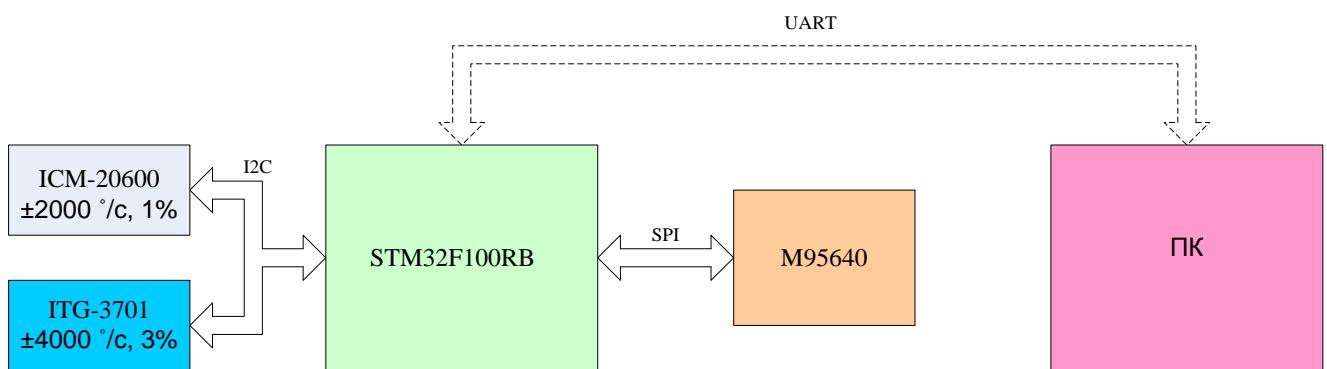


Рис. 4. Структурна схема збору даних

Висновки. У роботі розглянуті основні проблеми калібрування вимірювальних перетворювачів кутової швидкості з широким діапазоном вимірювання. Розглянуті основні методи калібрування гіроскопів та приведені недоліки цих методів. Запропонований метод калібрування вимірювальних перетворювачів кутової швидкості з широким діапазоном гіроскопом з вужчим діапазоном вимірювання, розташованим під кутом. Запропонована структурна схема збору даних для реалізації цього метода.

Література

1. Павловский М.А. *Теория гироскопов: Учебник для вузов*.—Киев: Вища школа, 1986.—303 с.
2. Орнатский П. П. *Автоматические измерения и приборы (аналоговые и цифровые)* 5-е изд., перераб. и доп.—К.; Вища шк. Головное изд-во, 1986.—504 с.
3. Поліщук Е.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О. т ін. *Метрологія та вимірювальна техніка: Підручник; ред. проф. Е.С. Поліщука*. —Львів: Видавництво "Бескид Біт", 2003. - 544 с.

УДК 621. 317

ТЕСИК Ю.Ф., КАРАСІНСЬКИЙ О.Л., ПРОНЗЕЛЕВА С.Ю., ГУМЕНЮК Р.В.

НОВИЙ ПІДХІД ДО НОРМУВАННЯ ПОХИБОК ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Інститут електродинаміки НАН України, м. Київ, Україна, pribor@ied.org.ua

Висвітлено проблеми, пов'язані з запровадженням стандарту на норми якості електроенергії. Обґрунтовано необхідність підвищення точності вимірювання параметрів якості. Показано недоліки стандарту щодо нормування похибок засобів вимірювання параметрів якості електроенергії. Запропоновано новий шлях нормування похибок вимірювання параметрів якості електроенергії.

Ключові слова: електроенергія, стандарт, параметри якості, точність, нормування похибок, недоліки.

Отражены проблемы, связанные с вводом стандарта на нормы качества электроэнергии. Обоснована необходимость повышения точности измерения параметров качества. Показаны недостатки стандарта относительно нормирования погрешностей средств измерения параметров качества электроэнергии. Предложен новый путь нормирования погрешностей измерения параметров качества электроэнергии.

Ключевые слова: электроэнергия, стандарт, параметры качества, точность, нормирование погрешностей, недостатки.

The problems related to the inculcation of standard on norms of quality of electric power are reflected. The necessity of increase of accuracy of measuring of indexes of quality of electric power is grounded. The drawbacks of standard in relation to setting of norms of errors of facilities of measuring of parameters of quality of electric power are shown. The new way of setting of norms of errors of measuring of parameters of quality of electric power is given.

Keywords: electric power, standard, indexes of quality, accuracy, setting of norms of errors, drawbacks.

Постановка проблеми. Проблема якості електричної енергії (ЕЕ) гостро позначилася в Радянському Союзі в шестидесяті роки. Як було доведено академіком Мелентевим, збиток, що наносився нейкісною ЕЕ в СРСР досяг 10% від вартості усієї електроенергії, що вироблялася. Це послужило поштовхом до створення і впровадження в 1967 році першої редакції стандарту на норми семи основних параметрів якості електроенергії (ПЯЕ) [1]. Стандарт було створено, проте повноцінне його впровадження відкладалося. Причина полягала у відсутності механізму його впровадження, який припускав наявність серійних засобів вимірювання ПЯЕ, засобів їх метрологічного забезпечення і нормуючих установок, керованих вихідними сигналами вимірювачів ПЯЕ. Усі ці вироби необхідно було розробляти. В першу чергу було необхідно створити засоби вимірювання показників якості електричної енергії.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. Вже на етапі розробки приладів контролю ПЯЕ проявилися недоліки самого стандарту 13109-67. Розглянемо їх стосовно конкретного параметра якості, а саме, усталеного відхилення фазної напруги мережі. У першій редакції ГОСТ 13109-67 абсолютна похибка

Секція «Інформаційні технології»

вимірювання цього параметра нормувалася на рівні 1%. Орієнтуючись на ці вимоги по точності в 1983 році на ПО "Електровимірювач"(м. Житомир) було створено вимірювач відхилення напруги 43203, який випускався 5 років серіями по 1000 штук в рік. В 1987 р. творці стандарту посилили вимоги по точності, через що усталене відхилення фазної напруги мережі необхідно було вимірювати з абсолютною похибкою, що не перевищує 0,5% [2]. В останній версії стандарту 13109 ці вимоги залишилися незмінними [3]. Виходячи з вимог стандарту, абсолютнона похибка, виражена в одиницях вимірюваної величини, складає 1,1 В, а нормоване значення усталеного відхилення фазної напруги мережі складає 11 В. Таким чином, частка значення абсолютної похибки становить 10 % від нормованого значення вимірюваного параметра якості електроенергії. Таке високе значення похибки вимірювання ПЯЕ є одним із недоліків існуючого стандарту, оскільки найгірше значення з ряду класів точності для вимірювальних пристрій становить 4, а не 10. Отже, прилад з основною похибкою 10 % може бути віднесенний тільки до індикаторних.

Мета доповіді. Показати недоліки ісуючого стандарту 13109-97, проблеми, викликані цими недоліками, і запропонувати нові підходи до нормування похибок вимірювання ПЯЕ.

Викладення основного матеріалу. З виразу [3]

$$\delta U = \frac{U_{1(1)} - U_n}{U_n} \cdot 100 \ , \quad (1)$$

де δU – усталене відхилення фазної напруги мережі, $U_{1(1)}$ – діюче значення фазної напруги основної частоти мережі, U_n – номінальне значення фазної напруги основної частоти мережі, витікає, що значення вимірюваного параметра δU може дорівнювати значенню абсолютної похибки вимірювання і, навіть, значно перевищувати її. То ж ні про які вимірювання у відповідності до цього стандарту не може йти мова.

Високе значення похибки вимірювання ПЯЕ, яке може сягати 50 і 100 % від значення вимірюваного параметра, може викликати юридичні колізії як під час фіксації факту перевищення ПЯЕ над встановленою нормою, так і при визначенні винного у погіршенні якості ЕЕ. Крім того, вихідні сигнали аналізаторів якості, призначенні для керування нормуючими установками, втрачатимуть ефективність використання.

З метою уникнення подібних результатів використання пристрій контролю ПЯЕ в європейському стандарті [4] підвищили в 5 разів нормоване значення точності вимірювання δU . Але на ділянці малих значень діапазону вимірювання все одно знаходитьться значення контролюваного параметра, яке є меншим за величиною від нормованого значення абсолютної похибки вимірювання. Отже, підхід до нормування похибок вимірювання ПЯЕ, запропонований європейським стандартом, також не знімає зазначененої проблеми.

З метою усунення описаного недоліку стандарту пропонується нормувати засоби вимірювання ПЯЕ за допомогою відносних похибок. В цьому випадку похибку вимірювання усталеного відхилення фазної напруги мережі і інших

параметрів можна залишити на рівні 1 %, яка має бути незмінною у всьому діапазоні вимірюваної величини. А поріг чутливості аналізатора відповідного параметра якості встановити поблизу його нульового значення.

Відносна похибка вимірювання $\gamma_{\delta U_A}$ в даному випадку буде визначатися формулою [5]

$$\gamma_{\delta U_A} = \frac{\Delta}{\delta U_A} 100\% , \quad (2)$$

де Δ – абсолютна похибка вимірювання ПЯЕ.

Звичайно, що вимірювання ПЯЕ в цьому випадку відбуваються на межі можливостей вимірювальної техніки, але наявний арсенал методів підвищення точності засобів вимірювання параметрів якості ЕЕ [5,6] дозволяє створювати вимірювальні прилади у відповідності до нових, більш жорстких вимог щодо їх метрологічних характеристик.

Слід зазначити, що з іншими параметрами якості проблема нормування похибок стоїть не менш гостро.

Висновок. Незважаючи на посилення вимог щодо точності вимірювання параметрів якості, перехід на нормування похибок засобів вимірювання параметрів якості електричної енергії за віднесеною похибкою у стандарті 13109-97 суттєво зменшує невизначеність вимірювання ПЯЕ і вносить чіткість фіксації перевищення нормативних значень ПЯЕ. Значне ж підвищення точності вимірювання ПЯЕ буде забезпечене завдяки сучасним методам вимірювання.

Література

1. Нормы качества электрической энергии у ее приемников, присоединенных к электрическим сетям общего назначения. ГОСТ 13109-67/І-1968г. Комитет стандартов и мер при СМ СССР, М., 1968, 21 с.
2. Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения. ГОСТ 13109-87. – [Чинний від 1988-02-26]. – К.: Госстандарт РСФСР, 1988. – 29 с.
3. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. ГОСТ 13109-97. – [Чинний від 1999-06-18]. – К.: Госстандарт Украины, 1999. – 35 с. (Межгосударственный стандарт стран СНГ).
4. ДСТУ IEC 61000-4-30:2013 Електромагнітна сумісність. Частина 4-30. Методи випробування та вимірювання. Вимірювання показників якості електричної енергії.(IEC 61000-4-30: 2008, IDT).
5. Брайко В.В. Методы повышения точности воспроизведения переменных напряжений и токов/ Брайко В.В., Карасинський О.Л., Таранов С.Г., Тесик Ю.Ф., Мирфайзиев О.М., Пронзелева С.Ю. - Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. Збірник наукових праць. Випуск 29, - Київ, 2011.- с.104-111.
6. Pat. 3228200 ФРГ, MKI G 01 R 29/16, G01R19/25. Verfahren zum Messen symmetrischen Spannungskomponenten in einem Mehrphasennetz und Vorrichtungen zur Durchfhrung des Verfahren/ Шидловський А.К., Таранов С.Г., Брайко В.В., Гринберг И.П., Карасинский О.Л., Хусид Р.Б., Невмержицький А.М., Тесик Ю.Ф., Циганок А.М., Яцук В.А. - Опубл. 09.02.84.

УДК 621. 317

ТЕСИК Ю.Ф., КАРАСІНСЬКИЙ О.Л., ПРОНЗЕЛЕВА С.Ю., ГУМЕНЮК Р.В.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Інститут електродинаміки НАН України, м. Київ, Україна, pribor@ied.org.ua

Проведено огляд існуючих методів і засобів вимірювання показників якості електричної енергії. Систематизовано засоби вимірювання параметрів якості за ознаками. Обґрунтовано необхідність розробки робочих засобів вимірювання для масового контролю показників якості електричної енергії. Проведено порівняльний аналіз характеристик засобів обліку параметрів якості. Обрано перспективний напрямок досліджень принципів побудови аналізаторів якості електроенергії.

Ключові слова: електроенергія, методи вимірювання, щитові прилади, параметри якості, точність, недоліки.

Проведен обзор существующих методов и средств измерения показателей качества электрической энергии. Систематизированы средства измерения параметров качества по признакам. Обоснована необходимость разработки рабочих средств измерения для массового контроля показателей качества электрической энергии. Проведен сравнительный анализ характеристик средств учета параметров качества. Выбрано перспективное направление исследований принципов построения анализаторов качества электроэнергии.

Ключевые слова: электроэнергия, электроэнергия, методы измерения, щитовые приборы, параметры качества, точность, недостатки.

The review of existent methods and facilities of measuring of indexes of quality of electric power is conducted. Facilities of measuring of parameters of quality are systematized on signs. The necessity of development of working facilities of measuring of indexes of quality of electric power for total control is based. The comparative analysis of descriptions of facilities of measuring of parameters of quality is conducted. Perspective direction of researches of principles of construction of analyzers of quality of electric power is selected.

Keywords: electric power, measuring methods, shield devices, parameters of quality, exactness, drawbacks.

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку економіки характеризується зростанням енергоємності та енергоозброєння як у промисловості, так і у побуті. Завдяки низці переваг, особливу роль тут відіграє електрична енергія (ЕЕ). Недостатній резерв потужностей та аварійні режими постачання і споживання ЕЕ призводять до зниження показників якості електроенергії (ПЯЕ). В свою чергу погіршення рівня якості електричної енергії призводить до зниження термінів експлуатації дорогої обладнання, зростання кількості аварій, додаткових похибок під час вимірювання інших параметрів ЕЕ. Тому з кожним роком у світі нарощуються обсяги її виробництва. Ціна цього енергоносія на світових ринках також невпинно зростає. Стимуловання відповідного ціні рівня якості ЕЕ, введення в дію нових стандартів, направлених на її покращення, можливе тільки за наявності точних приладів контролю ПЯЕ.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. Значення та похибки вимірювання жорстко нормуються стандартами [1,2], але вимірювання далеко не всіх ПЯЕ

ГІРОТЕХНОЛОГІЇ, НАВІГАЦІЯ, КЕРУВАННЯ РУХОМ І КОНСТРУЮВАННЯ АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

забезпечені відповідними засобами. Особливо це стосується держав, на які розпався Радянський Союз. Україна, як найбільш розвинута з них у галузі інформаційно-вимірювальної техніки, у 80-х роках була в області вимірювань ПЯЕ однією з провідних держав світу. На жаль, на цей час треба на цьому напрямку наздоганяти інші країни. Єдиним напрямком, де Україна не втратила лідеруючих позицій є метрологічне забезпечення засобів вимірювання ПЯЕ. В Україні є єдина в світі міра ПЯЕ, яка дозволяє перевіряти еталонні і робочі засоби вимірювання ПЯЕ з похибкою, що не перевищує 0,01%. Створено мобільні метрологічні установки класу точності 0,05 для перевірки робочих засобів вимірювання в місцях їх використання. Але відсутній серійний випуск щитових аналізаторів ПЯЕ, які б дозволили запровадити тотальний контроль якості електроенергії.

Основною причиною відсутності такого контролю в Україні є надзвичайно високі ціни на щитові аналізатори якості іноземного виробництва, характеристики яких представлені в таблиці 1.

В таблиці розглядаються пристлади, які знаходяться в ціновому діапазоні від 300 до 6000 доларів. Вони відрізняються кількістю та діапазоном вимірюваних параметрів, метрологічними характеристиками та призначенням, але в цілому всі вони відносяться до аналізаторів якості електричної енергії.

Таблиця 1
Характеристики аналізаторів якості електричної енергії

Модель	Фірма, країна	Клас точності	Вартість, грн
DKM-411	Datakom, Туреччина	0.5	18900
PM-135	Satec, Ізраїль	0.5	19236
DIRIS-A40	SOCOMEС, Франція	0.5	15230
Norma LEM 4000	Fluke, США	0.2	110000

Провідні фірми світу програють у точності відтворення параметрів якості ЕЕ, але надзвичайно багато уваги приділяють створенню лабораторних і робочих, а саме, щитових аналізаторів якості. Це є запорукою запровадження нових і удосконалення існуючих стандартів на параметри якості електроенергії. Найбільш відомими фірмами-виробниками у світі [3 - 8] є: Dranetz (США); Lem (Швейцарія), Voltech (Англія), Unipower (Швеція), Chauvin Arnoux (Франція), Walcher (Німеччина), Elcontrol Energy (Італія), Fluke (США) і ін..

З таблиці витікає, що для забезпечення потреб України щитовими пристладами контролю ПЯЕ середнього класу точності, а це з урахуванням промислових підприємств складає 1 млн. одиниць, необхідно вивести з економіки держави майже 1 млрд. доларів США, що в наш час нереально. Отже, залишається надія тільки на власного виробника.

Мета доповіді. Показати ситуацію, яка склалась в Україні з запровадженням Закону України про електроенергетику у частині введення знижок і надбавок до

ціни на електроенергію в залежності від її якості та шлях до вирішення проблеми покращення ПЯЕ.

Викладення основного матеріалу. Існує кілька прямих і непрямих методів вимірювання ПЯЕ. До них відносяться метод симетричних складових [8], метод фільтрації [9-11], метод трьох вольтметрів [2] і ін. Стандартом 13109-97 пропонується саме метод трьох вольтметрів. Структурна схема вимірювання ПЯЕ за цим методом представлена на рис.1. До складу схеми входять три вольтметри U_{AB} , U_{BC} і U_{CA} . Покази вольтметрів за цим методом мають бути одночасно зафіксовані і оброблені комп'ютером за формулами, приведеними в стандарті.

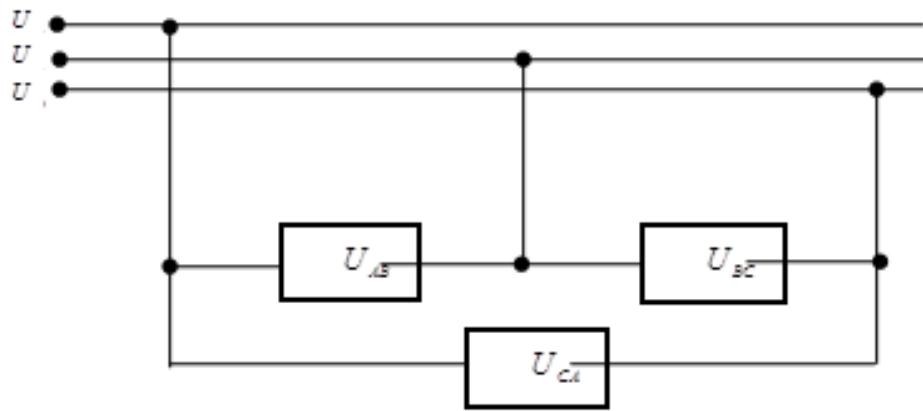


Рис. 1. Структурна схема методу трьох вольтметрів.

Наприклад, коефіцієнт несиметрії напруги за зворотною послідовністю k_{2U} через діюче значення напруги зворотної послідовності основної частоти трифазної системи напруг $U_{2(1)}$ обчислюється за наступною формулою

$$k_{2U} = \frac{U_{2(1)}}{U_H} 100\% = \\ = \frac{100}{U_H} \sqrt{\frac{1}{12} \left[\left(\sqrt{3}U_{AB(1)} - \sqrt{4U_{BC(1)}^2 - \left(\frac{U_{BC(1)}^2 - U_{CA(1)}^2}{U_{AB(1)}} + U_{AB(1)} \right)^2} \right)^2 + \left(\frac{U_{BC(1)}^2 - U_{CA(1)}^2}{U_{AB(1)}} \right)^2 \right]} \quad (1)$$

де $U_{AB(1)}$, $U_{BC(1)}$, $U_{CA(1)}$ – діючі значення міжфазних напруг мережі за основною частотою 50 Гц.

Складність цієї формули, велика кількість обчислень і необхідність застосування дорогих прецизійних вольтметрів діючого значення відкидає можливість створення на основі метода трьох вольтметрів щитових засобів вимірювання ПЯЕ. Більш перспективним, з нашої точки зору, є метод фільтрації

ГІРОТЕХНОЛОГІЇ, НАВІГАЦІЯ, КЕРУВАННЯ РУХОМ І КОНСТРУЮВАННЯ АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

симетричних складових. Застосування цифрових або аналогових фільтрів дозволяє суттєво зменшити ціну, габарити і вагу засобу вимірювання, забезпечити високу точність вимірювання і розширити функціональні можливості.

Щитові прилади треба розвивати у двох напрямках. По-перше, треба створити універсальний щитовий прилад, який би вимірював максимальну кількість параметрів якості, а по-друге, необхідно мати прилади для вимірювання окремих параметрів якості. Це дасть можливість з одного боку знізити ціни на прилади, призначені для вимірювання одного чи кількох ПЯЕ, а з іншого дозволить підприємствам добровільно слідкувати саме за тим параметром, який найбільш докучає підприємству по лінії Держенергонаряду за якістю ЕЕ.

Висновок. З викладеного матеріалу можна зробити наступні висновки:

- для вирішення проблеми покращення рівня якості електроенергії нагальною потребою є створення і запровадження серйого виробництва щитових аналізаторів якості в Україні;
- з метою заохотити більшість підприємств контролювати показники якості ЕЕ необхідно запровадити створення дешевих малофункціональних і дорожчих багатофункціональних щитових приладів контролю якості електроенергії;
- в Україні достатньо наукових установ і підприємств, спроможних опанувати зазначені проблеми.

Література

1. ДСТУ IEC 61000-4-30:2013 Електромагнітна сумісність. Частина 4-30. Методи випробування та вимірювання. Вимірювання показників якості електричної енергії.(IEC 61000-4-30: 2008, IDT).
2. Межгосударственный стандарт ГОСТ 13109-97. «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения», Минск, Издание официальное, 31 с..
3. www.dranetz-bmi.com.
4. www.lem.com.www.voltech.com.
5. www.chauvin-arnoux.fr.
6. www.elcontrol-energy.it.
7. www.unipower.se.
8. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники / Бессонов Л. А. – М.: Высшая школа, 1973. – 752 с.
9. Таранов С. Г. Развитие методов эстремального регулирования применительно к трехфазным сетям / Таранов С. Г., Карасинський О. Л., Тесик Ю. Ф., Пронзелева С. Ю. // Праці Інституту електродинаміки НАН України. – 2014. – вип. 38. – С. 114–120.
10. Брайко В.В. Методы повышения точности воспроизведения переменных напряжений и токов/ Брайко В.В., Карасинський О.Л., Таранов С.Г., Тесик Ю.Ф., Мирфайзиев О.М., Пронзелева С.Ю. - Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. Збірник наукових праць. Випуск 29, - Київ, 2011.- с.104-111.
11. Карасинский О.Л. Имплементация измерения показателей качества электроэнергии в трехфазные счетчики электроэнергии/ О.Л. Карасинский, Ю.Ф. Тесик // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України: зб. наук. пр. – 2006. – № 2(14). – С.40-42.

УДК 629.7

ТУЗ Ю.М.¹, САМАРЦЕВ Ю.М.¹, МАКАРОВ О.Л.², КУЛІКОВСЬКИЙ М.М.²,
МОРОЗ О.О.², УЛЬЯНОВ А.О.³

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА КОНТРОЛЬ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІДОКРЕМЛЮВАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, yuriy.samartsev@itcj.kiev.ua

²ДП «КБ «Південне», Дніпро, Україна, info@yuzhnoye.com

³Корпорація «Науковий парк «Київська політехніка», Київ, Україна

Описані принципи побудови та результати розробки контрольно-повірочної апаратури фізичної моделі відокремлюваного елемента. Запропонований метод створення розбалансу мостової схеми без зміни опорів. Описаний склад контрольно-повірочної апаратури та її метрологічної атестації.

Ключові слова: фізична модель, мостова схема, аналого-цифрове перетворення.

Описаны принципы построения и результаты разработки контрольно-проверочной аппаратуры физической модели отделяемого элемента. Предложен метод разбаланса мостовой схемы без изменения ее сопротивлений. Описан состав контрольно-проверочной аппаратуры и ее метрологической аттестации.

Ключевые слова: физическая модель, мостовая схема, аналого-цифровое преобразование.

The principles of construction and results of developing a calibration equipment of physical model of detachable element are described. The method to unbalance a bridge circuit without changing its resistance is proposed. The composition of the calibration equipment and its metrological certification is described.

Key words: physical model, bridge circuit, analog-to-digital conversion.

Постановка проблеми. Останнього часу набувають поширення фізичні моделі відокремлюваних від носіїв елементів. Фізичні моделі і реальні відокремлювані елементи повинні мати тотожні масогабаритні параметри, включаючи механіко-динамічні характеристики. Фізична модель повинна вимірюти реальні впливи різноманітних фізичних величин, таких, як температура, тиск, зусилля, магнітні поля, вимірювати і зафіксувати, як параметри зовнішніх впливів, так і похідні від них фізичні величини, які дозволяють визначити траекторію польоту відокремлюваного елемента за її складовими такими, як кутова швидкість і прискорення за трьома координатами.

Значення вимірюваних параметрів повинні зберігатись в неруйнівній пам'яті навіть в тому випадку коли сама фізична модель руйнується через тяжкі умови експлуатації і надвеликі прискорення при відокремленні і падінні. Фізичні моделі такого призначення мають високу вартість. До них пред'являються жорсткі вимоги щодо надійності їх функціонування і достовірності отриманих результатів вимірювання.

Мета. В зв'язку з цим паралельно з розробкою фізичних моделей розробляється спеціальна контрольно-повірочна апаратура (КПА), яка застосовується як на етапах проектування і технологічного забезпечення виробництва, так і передстартового контролю відокремленої фізичної моделі, зчитування, розшифровки, відображення і інтерпретації отриманої вимірюальної інформації. До КПА пред'являються вимоги портативності і здатності працювати в тяжких умовах експлуатації зі збереженням своїх метрологічних характеристик. Розробка є оригінальною.

Основний матеріал. Найкращий спосіб метрологічної атестації вимірюального каналу передбачає знаходження залежності вихідного сигналу вимірюального каналу від значень багатозначної міри фізичної величини.

В метрологічній практиці широко застосовується метод по елементної атестації частин вимірюального каналу, а саме атестації перетворювача неелектричної фізичної величини (ПНФВ) за допомогою міри фізичної величини та електричної частини вимірюального каналу з подальшим оцінюванням сукупної похибки.

Для атестації електричної частини вимірюального каналу необхідно створювати імітатор вихідної напруги ПНФВ з найбільш адекватними параметрами до реального ПНФВ.

Імітатор повинен створювати таку саму напругу, мати адекватний вихідний опір, аналогічну несиметричну або симетричну схему підключення, однакові рівні початкової напруги відносно спільної точки при симетричному виході.

Якщо реальний ПНФВ побудований на основі мостової схеми, то імітатор доцільно будувати також у вигляді мостової схеми.

Пропонується створити імітатор мостової схеми таким чином, щоб вихідна напруга створювалась не шляхом зміни опору одного або декількох плечей моста, а шляхом включення послідовно з опором одного плеча мостової схеми додаткової регульованої напруги, яка матиме функцію тестової величини, тобто еквівалента мірі неелектричної фізичної величини.

Оскільки реальні джерела напруги мають ненульовий вихідний опір, то його наявність створить додатковий розбаланс моста. Для усунення додаткового розбалансу, необхідно включити такий самий опір в суміжне плече моста.

Для створення тестової напруги найбільш доцільно використати цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП). При малих значеннях вихідної напруги моста тестову напругу від ЦАП доцільно подавати через подільник напруги, щоб для її створення була задіяна максимальна кількість розрядів ЦАП.

Вихідна напруга рівноплечого збалансованого моста дорівнює 0 та не залежить від напруги його живлення і становить половину тестової напруги, включеної послідовно з опором одного з плеч, якщо вихідний опір джерела тестової напруги нульовий.

Ця властивість мостової схеми дає можливість створити імітатор ПНФВ з найбільш адекватними параметрами, за умови забезпечення напруги живлення моста, вихідного опору та приросту вихідної напруги таких самих, як у реального ПНФВ. Зрозуміло, що вимірювач вихідної напруги ПНФВ повинен мати диференційний вхід.

СЕКЦІЯ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

З наведених вище міркувань, на рис. 1 запропонована принципова схема одного з варіантів імітатора ПНФВ.

Паралельне з'єднання резисторів з однаковими значеннями опору зумовлено міркуваннями уніфікації та найбільшої імовірності ідентичності їх властивостей.

На рис. 2 наведена еквівалентна схема імітатора, яка враховує опори джерел напруги e_1 та e_2 .

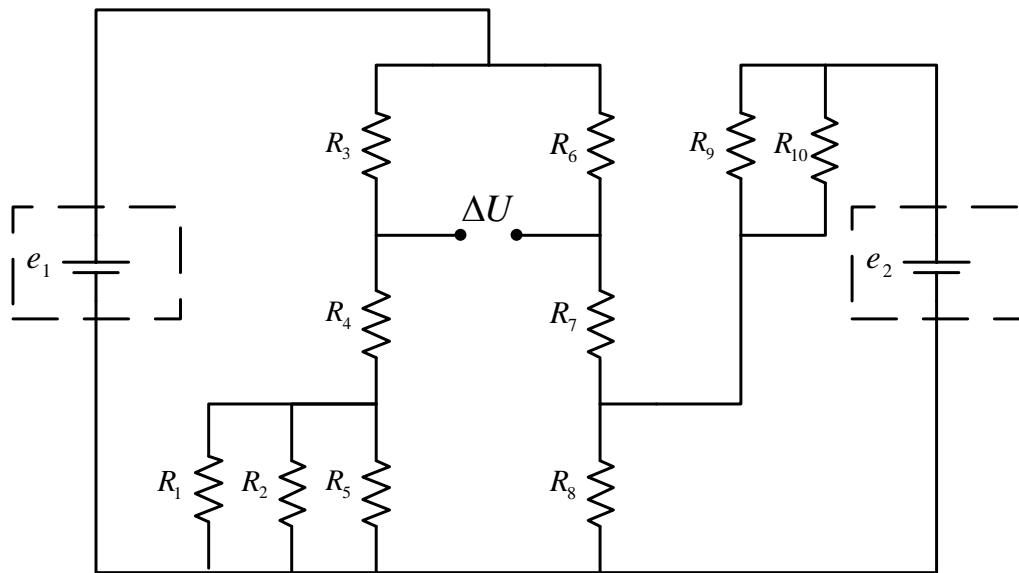


Рис. 1. Принципова схема імітатора ПНФВ з мостовою схемою.

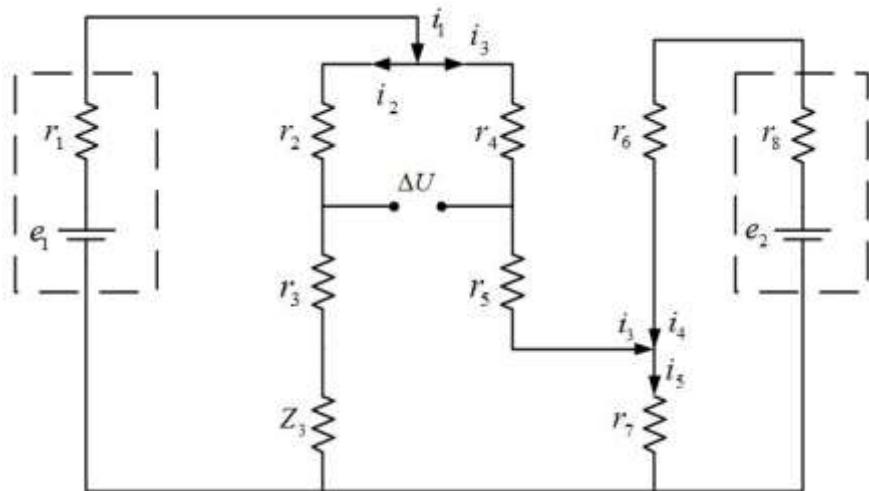


Рис. 2. Еквівалентна схема імітатора ПНФВ з мостовою схемою.

На еквівалентній схемі рис. 2 прийняті такі позначення: r_1, r_8 – вихідні опори джерел напруги e_1 і e_2 відповідно; e_1 – ЕРС джерела живлення мостової схеми; r_6 – верхнє плече подільника напруги; r_7 – нижнє плече подільника напруги, на якому виділяється напруга, що створює вихідну напругу ΔU ; r_2, r_3, r_4, r_5 – резистори чотириплечого моста; Z_3 – симетричний опір, значення якого рівне опору паралельно з'єднаних резистора r_7 з послідовно з'єднаними резисторами r_6 і r_8 ; e_2 – ЕРС цифро-аналогового перетворювача, що створює вихідну напругу ΔU імітатора ПНФВ.

Застосовуючи рівняння Кірхгофа для напруг і струмів отримаємо матричне рівняння для еквівалентної схеми рис. 2.

$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline r_1 & z_5 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & -z_5 & z_4 & 0 & r_7 \\ \hline 0 & 0 & 0 & -z_6 & -r_7 \\ \hline 1 & -1 & -1 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array} x \begin{array}{|c|c|} \hline i_1 \\ \hline i_2 \\ \hline i_3 \\ \hline i_4 \\ \hline i_5 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|} \hline e_1 \\ \hline 0 \\ \hline -e_2 \\ \hline 0 \\ \hline 0 \\ \hline \end{array}, \quad (1)$$

де: r_1 – вихідний опір джерела напруги e_1 ; $z_5 = r_2 + r_3 + z_3$; $z_3 = \frac{r_7 \cdot (r_6 + r_8)}{r_7 + r_6 + r_8}$;

$z_4 = r_4 + r_5$; $z_6 = r_6 + r_8$; r_6 – верхнє плече подільника напруги; r_7 – нижнє плече подільника напруги; $r_2 = r_3 = r_4 = r_5$ – резистори основної схеми моста.

$$\text{Вихідна напруга} \quad \Delta U = i_2 r_2 - i_3 r_4. \quad (2)$$

В свою чергу за правилом Крамера з рівняння (1) отримуємо струми i_2 та i_3

$$i_2 = \det 2 / \det c, \quad (3)$$

$$i_3 = \det 3 / \det c, \quad (4)$$

де: $\det c$ – визначник системи рівняння (1); $\det 2$ – визначник системи, в якому другий стовпчик замінений матрицею стовпчиком правої частини рівняння (1), $\det 3$ – визначник системи, в якому третій стовпчик замінений матрицею стовпчиком правої частини рівняння (1).

Після необхідних перетворень отримаємо залежності вихідної напруги ΔU від електрорушійних сил e_1 та e_2 :

$$\begin{aligned} \Delta U = \frac{1}{\det C} & (r_2 \cdot (-e_2 \cdot r_1 \cdot r_7 - e_1 \cdot r_7 \cdot z_4 - e_1 \cdot r_7 \cdot z_6 - e_1 \cdot z_4 \cdot z_6) - \\ & - r_4 \cdot (e_2 \cdot r_1 \cdot r_7 - e_1 \cdot r_7 \cdot z_5 + e_2 \cdot r_7 \cdot z_5 - e_1 \cdot z_5 \cdot z_6)) \end{aligned} \quad (5)$$

Якщо для імітатора ПНФВ задано необхідне значення ЕРС вихідної напруги ΔU , то необхідне значення ЕРС аналого-цифрового перетворювача знаходитьться за формулою (6).

$$e_2 = -\frac{\det C \cdot \Delta U + e_1 \cdot (r_2 \cdot r_7 \cdot z_4 + r_2 \cdot r_7 \cdot z_6 - r_4 \cdot r_7 \cdot z_5 + r_2 \cdot z_4 \cdot z_6 - r_4 \cdot z_5 \cdot z_6)}{r_2 \cdot (r_1 \cdot r_2 + r_1 \cdot r_4 + r_4 \cdot z_5)} \quad (6)$$

Виділивши мультиплікативну пропорційну ΔU і адитивну пропорційну e_1 складові залежності $e_2(\Delta U)$ отримаємо:

$$e_2 = -\frac{\det C \cdot \Delta U}{r_7(r_1 r_2 + r_1 r_4 + r_4 z_5)} - e_1 \frac{r_2 r_1 z_4 + r_2 r_7 z_6 - r_4 r_7 z_5 + r_2 z_4 z_6 - r_4 z_5 z_6}{r_7(r_1 r_2 + r_1 r_4 + r_4 z_5)}. \quad (7)$$

Враховуючи те, що серійні ЦАП створюють максимальну напругу в вольтовому діапазоні $(\pm 2,5; \pm 5; \pm 10)$ В для відтворення вихідних напруг імітатора ПНФВ

Секція «Інформаційні технології»

мостового типу в мілівольтовому діапазоні ($1 \div 100$) МВ доцільно необхідну ЕРС e_2 подавати до мостової схеми через відповідний подільник напруги (на еквівалентній схемі рис. 2 резистори r_6, r_7) для того, щоб при створені ЕРС e_2 була задіяна максимальна кількість розрядів ЦАП, а значення цієї напруги вимірювалось багатомежевим чутливим АЦП.

Для подальшого аналізу представимо формулу (6) при $r_2 = r_4$ у вигляді мультиплікативної і адитивної складових:

$$e_2 = -\frac{\det C}{r_4 \cdot r_7 \cdot (2 \cdot r_1 + z_5)} \cdot \Delta U - e_1 \cdot \frac{r_7 \cdot z_4 - r_7 \cdot z_5 + r_7 \cdot z_6 + z_4 \cdot z_6 - z_5 \cdot z_6}{r_7 \cdot (2 \cdot r_1 + z_5)}. \quad (8)$$

На основі цих міркувань створена контрольно-повірочна апаратура (КПА), загальний вигляд якої зображений на рис. 3.



Рис. 3. Загальний вигляд контрольно-повірочної апаратури.

До складу КПА входять: цифро-аналоговий перетворювач (16 каналів, ± 10 В, 16 розрядів); аналого-цифровий перетворювач NI 9205 (32 канали, $\pm 0,2$ В, ± 1 В, ± 5 В, ± 10 В, 16 розрядів); адаптер вимірювальних каналів; персональний комп’ютер; перетворювачі інтерфейсів; програмне забезпечення, яке дозволяє заносити тестуючи напруги для всіх каналів відокремлюваного елемента (ВЕ), зчитувати інформацію з пам’яті ВЕ, знаходити реальні коефіцієнти перетворення і використовувати їх для корекції похибок, відображати отриману польотну інформацію в вигляді необхідних графіків і таблиць.

Передбачена можливість фільтрації з метою зменшення впливу завад різного типу.

Метрологічна атестація самого КПА здійснена за допомогою нановольтметра НР 34420 А, який має роздільну здатність $7\frac{1}{2}$ десяткових розрядів та калібратора напруги постійного і змінного струмів Н4-7.

Висновок. Розроблена, налагоджена, метрологічно атестована апаратура, яка дозволяє виконувати налагодження і контроль вимірювальних каналів відокремлюваного елемента на всіх стадіях його виробництва, зчитування і інтерпретацію записаної польотної інформації.

УДК 621.375.9, УДК 621.317

ХІМІЧЕНКО Б.П.

ДЕЯКІ ПИТАННЯ РОЗРОБКИ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПІДСИЛЮВАЧА ДЛЯ ШИРОКОГО ДІАПАЗОНУ ЧАСТОТ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, hbp@aer.ntu-kpi.kiev.ua

Розглядаються шляхи побудови вимірювальних підсилювачів з вихідною напругою 1000 В середньоквадратичного значення в частотному діапазоні від 0 до 100 кГц та струмом навантаження до 100 мА. Основні труднощі розробки пов'язані з необхідністю збереження стабільного коефіцієнта підсилення у всьому діапазоні частот, обмеженими можливостями існуючої елементної бази як за частотою, так і за напругою. Показано, що на високих частотах на параметри підсилювачів найбільш впливають паразитні ємнісні зв'язки між каскадами та ємнісна складова навантаження. Пропонуються шляхи зменшення цих складових та підвищення стабільності високовольтних підсилювачів.

Ключові слова: високовольтний, вимірювальний підсилювач, широкий діапазон частот, стабільність

Рассматриваются пути построения измерительных усилителей с выходным напряжением 1000 В среднеквадратического значения в частотном диапазоне от 0 до 100 кГц и током нагрузки до 100 мА. Основные трудности разработки связаны с необходимостью сохранения стабильного коэффициента усиления во всем диапазоне частот, ограниченными возможностями существующей элементной базы как по частоте, так и по напряжению. Показано, что на высоких частотах на параметры усилителей наиболее влияют паразитные емкостные связи между каскадами и емкостная составляющая нагрузки. Предлагаются пути уменьшения этих составляющих и повышения стабильности высоковольтных усилителей.

Ключевые слова: высоковольтный, измерительный усилитель, широкий диапазон частот, стабильность

The ways of building measuring amplifiers with an output voltage of 1000 V rms in the frequency range from 0 to 100 kHz and load current up to 100 mA. Major development challenges related to the need to maintain a stable gain over the entire range of frequencies existing disabilities components as the frequency and voltage. It is shown that the high frequency amplifier parameters affecting most parasitic capacitive coupling between the stages and capacitive component of the load. Ways of reducing these components and improve the stability of high-voltage amplifiers.

Keywords: high voltage, measuring amplifier, wide frequency range, stability

Постановка проблеми. Високовольтні вимірювальні підсилювачі з широким діапазоном частот використовуються для розширення динамічного та частотного діапазонів засобів відтворення і передачі одиниці Вольта змінної напруги (еталонів, калібраторів, вимірювальних приладів та установок).

Основні труднощі розробки таких підсилювачів пов'язані з необхідністю збереження стабільного коефіцієнта підсилення у всьому діапазоні частот при обмежених можливостях існуючої елементної бази як за частотою, так і за

напругою. При чому на великих напругах такий показник, як швидкість наростання напруги різко зменшується в порівнянні з режимом малого вихідного сигналу, тобто режим великого сигналу має вужчий частотний діапазон ніж режим малого сигналу.

Ще одна проблема – на високих частотах на параметри підсилювачів найбільш впливають паразитні ємністні зв'язки між елементами каскадів підсилювача, самими каскадами та ємнісна складова навантаження.

Всі ці проблеми доводиться вирішувати при розробці.

Актуальність. Розробка вимірювального підсилювачів для діапазону частот 0-100 кГц і діапазону рівнів до 1000 В середньоквадратичного значення є надзвичайно актуальною, як для України так і для світової метрології.

Постановка завдання та його вирішення. Розроблений та впроваджений у виробництво блок розширення частотного та динамічного діапазонів [1] має великі габарити за рахунок застосування великогабаритних пристройів стабілізації напруг живлення з малим ККД, підсилювальних каскадів, самих каскадів та системи їх охолодження. При цьому між елементами блоку виникли досить великі паразитні ємністні зв'язки, боротьба з якими привела до підвищення загальної потужності споживання та зменшення стабільності блоку в цілому.

В результаті аналізу можливих варіантів та проведених досліджень було запропоновано використання імпульсних блоків живлення з широтно-імпульсною модуляцією та стабілізацією високовольтної постійної напруги за рахунок зворотного зв'язку безпосередньо з високовольтного виходу живлення каскаду підсилення. Такий підхід до вирішення проблеми дозволив підвищити ККД блоку живлення та стабілізації до 0,87 %, суттєво зменшити габарити як блоку живлення та стабілізації, так і підсилювальної частини та системи охолодження. Головне, що різко зменшились паразитні ємністні зв'язки між елементами каскадів підсилювача, самими каскадами та ємнісна складова навантаження.

Як наслідок збільшився коефіцієнт зворотного зв'язку вимірювального підсилювача на високих частотах і, відповідно, його метрологічні властивості на високих частотах та навантажувальна здатність, що показали результати випробувань.

Література

1 Туз Ю.М., Літвіх В.В., Добролюбова М.В., Хіміченко Б.П., Рахмайлів О.В. Основные проблемы точного измерения напряжения переменного тока. // VI Міжнародна науково-технічна конференція "Метрологія та вимірювальна техніка (Метрологія-2008)" 14-16 жовтня 2008 р., Том 1. – Харків. – 2008.

УДК 621.317.79

ХІМІЧЕНКО Б.П., БАБЕНКО Р.І.

ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ «РОЗУМНОГО ДОМУ»

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, hbp@aer.ntu-kpi.kiev.ua

В доповіді розглядається специфіка побудови вимірювального комплексу для «розумного дому», а саме для будинків з автономним опаленням, котеджів. Для таких будинків головною функцією вимірювального комплексу повинно бути забезпечення безпеки життєдіяльності. На другому місці іде забезпечення комфортних умов проживання, функції охорони території та інші питання. Пропонуються шляхи побудови вимірювального комплексу та зручності керування та користування «розумним домом».

Ключові слова: розумний дім, вимірювальний комплекс, забезпечення безпеки життєдіяльності, котедж.

В докладе рассматривается специфика построения измерительного комплекса для «умного дома», а именно для домов с автономным отоплением, коттеджей. Для таких домов главной функция измерительного комплекса должно быть обеспечение безопасности жизнедеятельности. На втором месте идет обеспечение комфортных условий проживания, функции охраны территории и другие вопросы..Предлагаются пути построения измерительного комплекса и удобства управления и пользования «умным домом».

Ключевые слова: умный дом, измерительный комплекс, обеспечение безопасности жизнедеятельности, коттедж.

In the report the specifics of building measuring complex for "smart home", namely for buildings with independent heating, cottages. For these main buildings функции measuring complex should be the safety of life. Second place goes to provide comfortable living conditions, the functions of the territory and other issues. Ways of measuring complex construction and facilities management and use "smart home".

Keywords: smart house, measuring system, ensuring life safety, cottage.

Актуальність. Останнім часом питання покращення умов існування стойть на одному з передових місць. У сучасних будинках, особливо в будинках з автономним опаленням, котеджах використовується різне досить складне обладнання, упоратись з яким відносно клопітно. На допомогу приходить так звана система «розумний дім». Ця система допомагає більш широко реалізувати більшість служб, які наразі поширені в кожному домі.

Постановка проблеми. Огляд існуючих рішень подібних систем показав, що такі системи практично застосовуються тільки для підтримання комфортних температурних умов, водопостачання та освітлення. Але в будинках з автономним опаленням, котеджах найважливішим завданням повинно бути забезпечення безпеки життєдіяльності.

Рішення. Для отримання найвищого рівня безпеки у вимірювальному комплексі пропонується застосовувати датчики контролю чадного газу, витоку

газу при газопостачанні, контролю наявності вогню. Цим датчикам присвоюється найвищий рівень приоритету. При виникненні аварійної ситуації система своєчасно відключить подачу газу, включить сигналізацію, вентиляцію і вимкне електроенергію, залишивши тільки аварійне освітлення, проінформує Вас про виниклу аварію, додзвонившись по телефонній лінії і голосом повідомить про причину виклику, а також відправить тривожне SMS-повідомлення.

При спрацьовування датчика витоку газу або датчика пожежі – надходить сигнал на порт системи. Порт формує сигнал на головний блок системи. Головний блок видає команду на клапани перекриття газу і на автодозвін. Клапан перекриває газ. Автодозвін в цей час робить дозвін по позначених Вами телефонах і голосом або SMS повідомляє про аварію, що трапилася. У пам'яті системи записується інформація про подію, а також всі вжиті системою заходи. Цю інформацію Ви зможете переглянути на пульті системи або на своєму комп'ютері.

Організована таким чином система «розумного дому» дозволить знізити збиток від можливого вибуху і загоряння приміщення (будинку) і як наслідок – врятувати життя мешканцям.

Вимірювальний комплекс складається з 16 вимірювальних каналів та мікроконтролера STM32F103CBT6, що виконує наступні функції:

- формування сигналів для опитування пристрій на вимірювальних каналах;
- прийом результатів опитування;
- обробка результатів;
- формування сигналів для передачі на ПК.

Контролер [1] працює за принципом децентралізації.

При децентралізації всі елементи працюють самі по собі, і поломка одного елемента не сприяє виходу з ладу всіх елементів. Вони обмінюються інформацією і посилають один одному команди, тому на цій базі немає єдиного центру. За таким принципом система більш стійка до збоїв.

Використання ПК надає можливість вирішити безліч різних завдань в рамках однієї системи. Завдяки програмному забезпечення, бібліотекам, фреймворкам, система є багатофункціональною, надає можливість організувати систему пріоритетів. Наприклад, в системі електропостачання котеджів використовується різне електричне обладнання – це системи вентиляції, водоочищенні в басейнах, різні освітлювальні прилади, антикригові системи для дахів і доріг. Все це обладнання споживає значну кількість електроенергії, а мережі, найчастіше, не витримують подібне навантаження. Система дає можливість організувати систему пріоритетів.

ГІРОТЕХНОЛОГІЇ, НАВІГАЦІЯ, КЕРУВАННЯ РУХОМ І КОНСТРУЮВАННЯ АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

Протестувавши все включене в мережу обладнання і, виявивши, що резерв вичерпує свої можливості, вона відключить прилад, якому було присвоєно нижчий пріоритет.

Підсистема освітлення включає в себе наступні можливості управління:

- включення / вимикання світла при знятті / постановці системи на повну охорону;
- включення / вимикання різних джерел світла по таймеру;
- управління освітленням по датчикам руху з установкою часу затримки на виключення світла.

Таке управління освітленням встановлюється в основному в «проходних» приміщеннях (тамбур, коридор тощо), при появі в зоні датчика руху людини світло включається. Через заданий інтервал часу після того як датчик перестав «бачити» людину, світло вимикається. Сценарне освітлення управляє всіма джерелами світла згідно заданому Вами алгоритму (настройка сценарного освітлення проводиться тільки через комп'ютер). Сценарним освітленням можна управляти як з ІЧ-пультом, так і за допомогою звичайних вимикачів, підключених до системи «Майстер». При цьому ці вимикачі можна перепрограмувати згідно способу життя. Також можливе управління великою кількістю різних джерел світла за допомогою двох вимикачів.

Підсистема опалення дозволяє управляти опаленням декількох приміщень. Кожне приміщення працює за окремою тижневою програмою, де можна задати режим управління опаленням у робочі та вихідні дні. Доба розбита двома тимчасовими установками – умовно названими «ніч» / «день» і «день» / «ніч».

Система обробляє сигнали від підключених датчиків і включає (вимикає) підключення джерела тепла (електричні теплі підлоги, ІЧ-панелі, електричні конвектори), залежно від значення поточної температури, доводячи тим самим температуру в приміщенні до заданої.

На чолі стоїть головний блок (MAIN), обмін інформацією його з портом і з пультом здійснюється через загальну шину SST-BUS. Датчики температури і джерела тепла підключаються до порту, який веде з ними обмін інформацією (приймає сигнали від датчиків і включає або вимикає джерела тепла).

Збереження в пам'яті заданих параметрів необмежено довго навіть при вимкненій мережевій напрузі.

Висновки. Запропонована структура вимірювального комплексу для «розумного дому» надає можливість отримання максимальної безпеки життєдіяльності для мешканців та надійності цілісності будинку.

Література

1. www.waveshare.com/wiki/Open103C

ЧЕМЕРИС А.Т., МОНІТ Я.В., ДОБРОЛЮБОВА М.В.

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА «КЛІМАТ-КОНТРОЛЬ»

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, nastyachee@gmail.com, yaroslav_monit@outlook.com

Описані та обґрунтовані основні причини та принципи побудови інформаційно-вимірювальної системи моніторингу температурних параметрів оточуючого середовища. Наведено структурну схему та розглянуто принцип дії системи.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система, температурні показники, розумний дім.

Описаны и обоснованы основные причины и принципы построения информационно-измерительной системы мониторинга температурных параметров окружающей среды. Приведена структурная схема и рассмотрен принцип действия системы.

Ключевые слова: информационно-измерительная система, температурные показатели, умный дом.

The reasons and basic principles of information-measuring system for monitoring the temperature parameters of the environment are described and justified. The block diagram shows and the principle of the system are considered.

Keywords: information-measuring system, gas pressure, smart house.

Постановка проблеми. В сучасному світі важко уявити продуктивну діяльність людини без автоматизованих систем, які допомагають їй в повсякденній роботі. Вони сповіщають всю необхідну інформацію про стан системи, надають можливість віддаленого збору даних, а також дозволяють виконувати автоматично певні дії в залежності від отриманих даних, що часто супроводжується не лише зручністю у використанні, а й значною економією ресурсів. Саме тому ці системи набули такого широкого використання, від підприємств з високим рівнем вимог щодо відповідності параметрів до побутового призначення. Їх все більше використовують в місцях підвищеної небезпеки, промислової автоматизації, системах «розумний будинок» або з метою моніторингу вимірювальних параметрів.

Розробкою систем моніторингу «клімат-контроль» займаються і вітчизняні, і закордонні компанії протягом тривалого періоду, проте з часом їх актуальність не втрачається, а навпаки тільки привертає все більше уваги [1-8].

Інформаційно-вимірювальна система (ІВС) «клімат-контроль» на базі мікроконтролерного модуля безпосередньо пов'язана з концепцією Інтернету речей – концепцією створення «розумних будинків», «розумних міст», «розумних автівок» тощо, – сучасним і перспективним способом зробити життя людини більш комфорtnим [9].

Актуальність розробки обумовлена тим фактом, що технології створення «розумних будинків» є хоча і розвиненими, але не користуються достатнім попитом у вітчизняних споживачів по-перше, через свою доволі високу ціну, а по-друге, через нерозуміння того, що саме вони хочуть отримати від такої системи.

Окрім того, розробка важлива і з точки зору імпортозаміщення, оскільки більша частина програмного забезпечення, яке використовується при створенні подібних систем, іноземного виробництва, тому достатньо коштовне, а в багатьох випадках і закрите від модифікацій. Тому сучасні дослідження і розробки в цій сфері спрямовані на створення у складі систем «розумний будинок» IBC «клімат-контроль» вітчизняного виробництва. Одночасно з цим, розробка дозволяє більш ефективно контролювати температуру у побутових та виробничих приміщеннях, забезпечує економне витрачання енергоресурсів та сприяє створенню комфортних умов за рахунок вбудованої в її програмне забезпечення можливості сповіщати користувача про відхилення показників від встановлених.

Основні положення. Впровадження автоматизованої системи моніторингу виконується з метою здійснення контролю за кліматичними параметрами житлових та виробничих приміщень, що сприяє підвищенню ефективності споживання та раціонального використання ресурсів.

Розроблена IBC задовільняє наступні вимоги:

- визначення об'єкта спостереження;
- обстеження виділеного об'єкта спостереження;
- створення інформаційної моделі для об'єкта спостереження;
- планування спостережень;
- оцінка стану об'єкта спостереження та ідентифікація його інформаційної моделі;
- прогнозування зміни стану об'єкта спостереження;
- надання інформації в зручній для використання формі і доведення її до користувача системи.

Розроблені IBC моніторингу температурних показників оточуючого середовища та мікроконтролерні міні-модулі збору даних і керування складаються з апаратної та програмної частин.

Апаратна частина системи моніторингу. Структурна схема IBC на базі мікроконтролерного модуля для вимірювання температури оточуючого середовища зображена на рисунку 1 [10, 11].

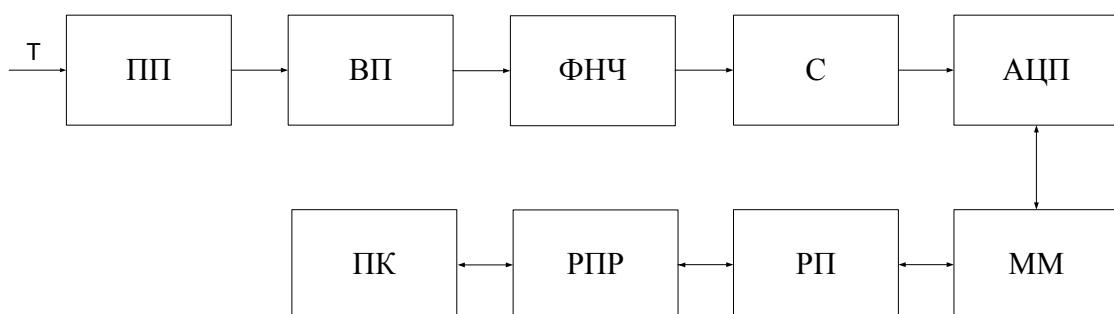


Рис. 1. Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи на базі мікроконтролерного модуля:

ПП – первинний перетворювач; ВП – вимірювальний підсилювач; С – суматор; ФНЧ – фільтр нижніх частот; АЦП – аналогово-цифровий перетворювач; ММ – мікроконтролерний модуль; РП – радіопередавач; РПР – радіоприймач; ПК – персональний комп’ютер.

Мікроконтролер виконує наступні функції:

- керування роботою аналого-цифрового перетворювача;
- прийом кодів;
- обробка результатів вимірювання;
- передача оброблених результатів до UART.

Для розробки системи та мікроконтролерного модуля використаний мікроконтролер компанії Atmel серії ATmega 328P-AU [13]. Серед великої кількості аналогів саме він найбільш розповсюджений на території України та Європи, має низьку вартість і супроводжується великою кількістю документації та співдружностей.

Мікроконтролер має запатентовану архітектуру ядра під назвою Advanced Virtual RISC (AVR), яка забезпечує продуктивність до 1 MIPS/МГц, що в свою чергу дозволяє досягнути оптимального відношення продуктивності до витраченої енергії. ATmega 328P-AU має розрядність 8 біт, а максимальна частота, на якій може працювати мікроконтролер, складає 20 МГц. Одна повноцінна інструкція виконується за один такт процесору. Мікроконтролерний модуль виконує вимірювання температури за допомогою терморезистора NTC 103 [14]. Опір даного терморезистора має експоненціальну залежність від температури. Після зчитування та обробки даних готові результати передаються на сервер за допомогою інтерфейсу RS-485 та протоколу Modbus RTU або радіопередавача серії NRF24L01 компанії Nordic Semiconductor. Дані радіопередавачі відносяться до серії Low-Power, що дозволяє використовувати їх в системах з автономним живленням. Частота, на якій працюють модулі складає 2.4 ГГц, що дозволяє використовувати їх при побудові систем, без отримання дозволу на діапазон радіочастот.

Обраний підхід при створенні IBC «клімат-контроль» на базі мікроконтролерних міні-модулів збору даних і керування дозволяє вимірювати температуру в інтервалі від -30 °C до +70 °C з точністю до 0,1 °C.

Програмна частина системи моніторингу. Для розробки програмного забезпечення системи моніторингу температурних показників оточуючого середовища «Розумний будинок» на базі мікроконтролерних міні-модулів збору даних і керування використано популярну платформу Arduino IDE, яка дозволяє користувачу застосовувати відкриті бібліотеки для реалізації типових завдань збору даних та керування, спростити і підвищити швидкість розробки програмного забезпечення для міні-модулів, та серверну частину системи OpenHAB [15]. На теперішній час, завдяки відкритості програмного забезпечення, OpenHAB підтримує більше п'ятидесяти розробників систем «розумний будинок» та дозволяє створити свою власну систему із використанням свого власного програмного та апаратного забезпечення, що і було з успіхом реалізовано.

Кожен пристрій в системі повинен бути сконфігуртований як окремий елемент (items).

Для написання правил роботи, сценаріїв, описування окремих елементів використовується спеціалізоване інтегроване середовище розробки OpenHAB Designer[n], що базується на відкритому програмному забезпеченні Eclipse. Для написання правил роботи та сценаріїв використовується мова програмування

ГІРОТЕХНОЛОГІЇ, НАВІГАЦІЯ, КЕРУВАННЯ РУХОМ І КОНСТРУЮВАННЯ АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

Xtend[n], розроблена командою Eclipse, яка дозволяє з легкістю запрограмувати поведінку системи та не потребує спеціалізованого і тривалого її вивчення [16].

В якості інтерфейсу користувача проект дає змогу використовувати як окремі програми для найпопулярніших операційних мобільних систем, так і доступ за допомогою браузера.

Розроблена система будується за топологією «шина».

Для обміну даними використано протокол Modbus RTU[n], що є відкритим комунікаційним протоколом, побудованим на технології ведучий-підлеглий [17]. В якості фізичного рівня передачі даних можуть бути застосовані такі шини: RS-485, RS-232, RS-422, а також спеціалізовані мережі TCP/IP. Контролери в мережі взаємодіють, використовуючи модель ведучий-підлеглий, засновану на транзакціях, що складаються із запиту та відповіді. Зазвичай в мережі Modbus існує один ведучий та декілька підлеглих. Ведучий ініціює транзакцію, а підлеглі передають запитувані дані. Транзакції в мережі можуть бути індивідуальні або широкомовні. Специфікація Modbus описує структуру запитів і відповідей, їх основа це елементарний пакет, так званий Protocol Data Unit (PDU).

Для використання протоколу в системі OpenHAB, потрібно підключити біндінг Modbus та налаштувати його. Система дозволяє налаштувати частоту запитів транзакцій від керуючого до підлеглого. За замовчування частота запитів складає 200 мс.

Основні функції програми мікроконтролеру:

- функція ініціалізації;
- функція зчитування аналогових входів;
- функція зчитування цифрових входів;
- функція зміни напрямлення портів модуля(вхід/вихід);
- встановлення ШІМ сигналу.

Основні результати.

На рисунку 2 зображено розроблений мікроконтролерний міні-модуль збору даних і керування.



Рис. 2. Мікроконтролерний міні-модуль збору даних і керування: апаратна частина.

Система моніторингу температурних показників оточуючого середовища зображена на рисунку 3.



Рис. 3. Система моніторингу температурних показників оточуючого середовища: апаратна частина.

Діаграма бази даних вимірювання температури наведена на рисунку 4.

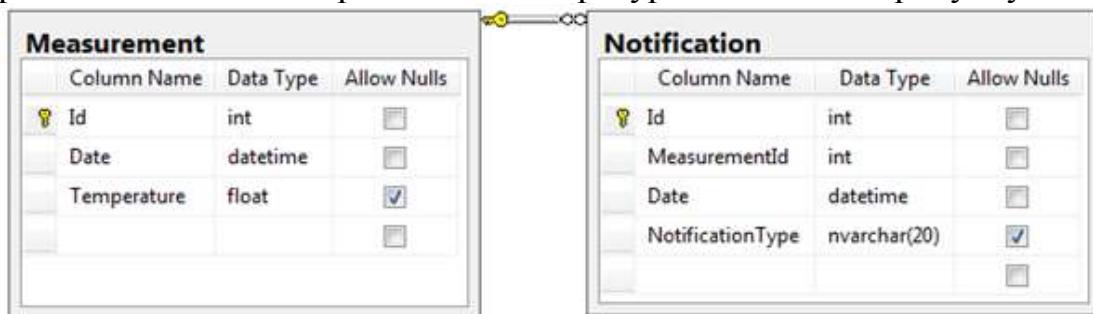


Рис. 4. Структура бази даних вимірювання температури.

Перевагою розробленої системи є висока точність, легкість виконання, універсальність і зручність при використанні, низька вартість. Недоліком є те, що на даний час, налаштування та монтаж системи можливий лише з певним рівнем кваліфікації.

Розроблена системи моніторингу температурних показників оточуючого середовища «Розумний будинок» на базі мікроконтролерних міні-модулів збору даних і керування дозволяє вимірювати температуру в інтервалі від -30 °C до +70 °C з точністю до 0,1 °C.

Особливістю системи полягає у постійному вимірюванні та погодинному записі показників температури протягом доби.

Особливістю розробленої системи є і той факт, що при виникненні ситуації із виходом температурних показників оточуючого середовища за граници показників, встановлених користувачем, система інформує про це користувача за допомогою push-повідомлення на смартфон, включення звукового сигналу, електронного листа смс-повідомлення (рис. 5). Це дозволяє більш ефективно контролювати температуру у побутових та виробничих приміщеннях, забезпечує економне витрачання енергоресурсів та сприяє створенню комфортних умов.

Подальший розвиток системи передбачає застосування технологій її навчання з метою оптимізації прийняття рішень щодо збільшення або зменшення температурних показників за рахунок можливості задіювати відповідні засоби, як то кондиціонери або батареї. В подальшому планується вдосконалення системи

ГІРОТЕХНОЛОГІЇ, НАВІГАЦІЯ, КЕРУВАННЯ РУХОМ І КОНСТРУЮВАННЯ АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

до рівня, орієнтованого на звичайного користувача, що дозволить самостійно встановити, налаштувати та використовувати розроблену систему.

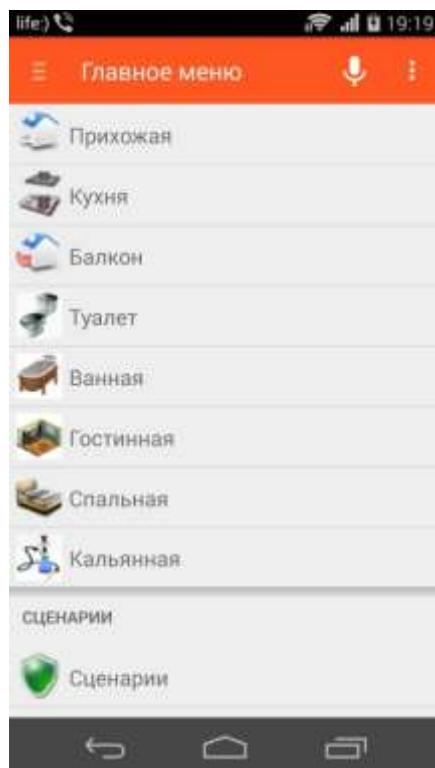


Рис. 5. Система моніторингу температурних показників оточуючого середовища: програмна частина.

Висновки. При розробці IBC використана сучасна елементна база радіоелементів (наприклад, недорогі термісторів NTC103 для отримання високоточних результатів вимірювання температури навколишнього середовища), схемо-технічні та програмні методи лінеаризації залежності опору від температури, сукупність яких дозволила мінімізувати похибку вимірювання. Завдяки розробленій системі моніторингу температурних показників оточуючого середовища «клімат-контроль» на базі мікроконтролерних міні-модулів збору даних і керування з'явилася можливість постійного вимірювання та погодинного запису показників температури протягом доби, контролю границь температурних показників, встановлених користувачем, що забезпечує економне витрачання енергоресурсів та сприяє створенню комфортних умов.

Розроблена система є актуальною для всіх ніш автоматизації, її вартість дозволяє вивести концепцію «Розумний будинок» за межі житла преміум-сегменту.

Література

1. Что такое Умный Дом? // СтройНЭТ. – Режим доступу: <http://decentral.web-box.ru/stati/tehnologija-umnyj-dom-sistema-umnyj/chto-takoe-umnoj-dom/> – Дата доступу: 05.01.17 – Что такое Умный Дом?

СЕКЦІЯ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

2. Умний дом: Наиболее перспективные разработки // Холдинг GS Group. – Режим доступу: <https://geektimes.ru/company/gsgroup/blog/265958/> – Дата доступу: 05.01.17 – Умный дом: Наиболее перспективные разработки.
3. «Умный дом»: производители и цена на оборудование // Компанія АРЗЕ.РУ. – Режим доступу: <http://arze.ru/smart-house/umnyj-dom-proizvoditeli-i-tsena-na-oborudovanie.html> – Дата доступу: 05.01.17 – «Умный дом»: производители и цена на оборудование.
4. Как выбрать умный дом? // Компанія INSYTE. – Режим доступу: <http://www.insyte.ru/company/articles/kak-vybrat-umnyy-dom/> – Дата доступу: 06.01.17 – Как выбрать умный дом?
5. Система Умный дом – официальный сайт производителя – система, проект и технология Умный дом // Компанія Умный дом. – Режим доступу: <http://umnyj-dom.su/> – Дата доступу: 06.01.17 – Умный дом от российского производителя.
6. Умный дом GRAVITY // Компанія GRAVITY. – Режим доступу: <http://gravity.com.ua/smarthome/?gclid=CIbp6J3Mss0CFaHUCgodijYJMQ> – Дата доступу: 08.01.17 – Превратите Ваш дом в жилье будущего.
7. Искусство управления информационной безопасностью // ISO27000.RU. – Режим доступу: <http://www.iso27000.ru/chitalnyi-zai/prochie-stati/principy-postroeniya-sistemy-umnyi-dom> – Дата доступу: 06.01.17 – Принципы построения системы Умный Дом.
8. Розумний будинок: як Google, Apple і Samsung змінять наші оселі // Forbes Україна. – Режим доступу: <http://forbes.net.ua/ua/lifestyle/1376410-rozumnjij-budinok-yak-google-apple-i-samsung-zminyat-nashi-oseli> – Дата доступу: 09.01.17 – Розумний будинок: як Google, Apple і Samsung змінять наші оселі.
9. Умный интернет вещей – кто он и с чем его едят? // Хабрахабр. – Режим доступу: <https://habrahabr.ru/post/259243/> – Дата доступу: 09.01.17 – Умный интернет вещей – кто он и с чем его едят?
10. Моніт Я.В. Система «Розумний будинок» з відкритим програмним забезпеченням / Я.В. Моніт // XIX науково-технічна конференція студентів та молодих учених «Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки», 15-16 лютого 2016 р. – К.: «Політехніка», 2016. – С. 43-44.
11. Чемерис А.Т. Підсистема моніторингу вологості повітря у приміщені / А.Т. Чемерис, М.В. Добролюбова // XIX науково-технічна конференція студентів та молодих учених «Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки», 15-16 лютого 2016 р. – К.: «Політехніка», 2016. – С. 58-59.
12. Продукты Analog Devices // Analog Devices. – Режим доступу: <http://www.analog.com/ru/products/analog-to-digital-converters/ad-converters/ad7888.html#product-overview> – Дата доступу: 05.01.17 – Продукты Analog Devices. Аналого-цифровой преобразователь AD7888. Datasheet.
13. Продукты Microchip Atmel // Atmel. – Режим доступу: <http://www.atmel.com/ru/ru/devices/atmega328p.aspx> – Дата доступу: 05.01.17 – Продукты Atmel. Микроконтроллер ATmega 328P-AU. Datasheet.
14. Electronic Components Datasheet Search // ALLDATASHEET. – Режим доступу: <http://category.alldatasheet.com/> – Дата доступу: 05.01.17 – NTC DATASHEET.
15. openHAB // openHAB. – Режим доступу: <http://www.openhab.org/> – Дата доступу: 05.01.17 – openHAB Home.
16. Что такое платформа Eclipse и как ее использовать? // IBM developerWorks. – Режим доступу: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-eclipse/> – Дата доступу: 05.01.17 – Технические материалы.
17. Просто о Modbus RTU с подробным описанием и примерами // IPC2U. – Режим доступу: <http://ipc2u.ru/articles/prostye-resheniya/modbus-rtu/> – Дата доступу: 05.01.17 – Промышленная автоматизация.

УДК 004.05+005:004.8

ЧЕРНЮК А.А., ШАНТИР А.С.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОЗАПРАВНИХ КОМПЛЕКСІВ НА ЇХ ЕФЕКТИВНІСТЬ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, antoniy.cherniuk@gmail.com

Дана робота присвячена дослідженню впливу якості програмного забезпечення (ПЗ) автозаправних комплексів на їх ефективність. Проаналізовано моделі якості ПЗ та приводяться їх принципи побудови, які застосовані для розробки моделі якості ПЗ автозаправних комплексів. Розглядається система оцінювання ефективності (KPI) станції та обґрунтовується вибір ключових показників ефективності для поставленої задачі. Запропонована система прогнозування на основі нейронної мережі, показує, як проектувати, розробляти, навчати нейронну мережу, а саме реалізацію алгоритмів навчання.

Ключові слова: якість програмного забезпечення, ефективність, прогнозування, нейронна мережа, метод зворотного поширення помилки.

Данная работа посвящена исследованию влияния качества программного обеспечения (ПО) автозаправочных комплексов на их эффективность. Проанализированы модели качества ПО и приводятся их принципы построения, которые применены для разработки модели качества ПО автозаправочных комплексов. Рассматривается система оценки эффективности (KPI) станции и обосновывается выбор ключевых показателей эффективности для поставленной задачи. Предложенная система прогнозирования на основе нейронной сети, показывает, как проектировать, разрабатывать, обучать нейронную сеть, а именно реализаций алгоритмов обучения.

Ключевые слова: качество программного обеспечения, эффективность, прогнозирование, нейронная сеть, метод обратного распространения ошибки.

This project is devoted to the impact of the quality of software filling stations for their performance. Software quality model were analyzed and given their principles, which are used for the development of software quality model of filling stations. The system of evaluation of efficiency (KPI) station and justified the choice of key performance indicators for the task. The proposed forecasting system based on neural network, showing how to design, develop, train the neural network, namely the implementation of learning algorithms.

Keywords: software quality, efficiency, forecasting, neural network, back propagation method.

Аналіз проблеми. Компанії, які займаються роздрібною торгівлею, завжди зацікавлені в ефективності свого бізнесу, виконанні поставлених цілей та прогнозуванні прибутковості підприємства. Автозаправні комплекси не є виключенням. Так як, на кожному етапі бізнес процесу, для його обслуговування, вбудовується програмне забезпечення(ПЗ), починаючи від низькорівневого для контролю наливних систем АЗС і закінчуючи центральним офісом для моніторингу статистичних даних, тому якість ПЗ є актуальним питанням. Виходячи з цього, можна припустити, що якість ПЗ впливає на ефективність АЗС. Але, як отримати кількісні значення цього впливу? Саме це питання є основою дослідження.

Постановка завдання. Метою дослідження є отримання показників якості програмного забезпечення АЗС та використовуючи їх спрогнозувати основні показники діяльності АЗС. Об'єктом дослідження є ключові показники ефективності АЗС. Предметом дослідження є система прогнозування показників ефективності АЗС за значеннями показників її програмного забезпечення. Завдання дослідження: розробити модель якості ПЗ для АЗС; вибрати основні показники ефективності АЗС; розробити систему прогнозування показників КРІ, використовуючи показники, визначені моделлю якості.

Розробка системи. Щоб отримати кількісні значення ефективності і мати можливість спрогнозувати їх – розробляється система в основі якої є нейронна мережа, яка на вході приймає показники якості, визначені стандартизованою моделлю ISO25010 і на виході обчислює показники КРІ(Рис.1). Побудова моделі якості ПЗ проводиться шляхом детального і послідовного опису зверху вниз багаторівневої структури показників від характеристик верхнього рівня ієархії до оцінних елементів[1]. В якості показника ефективності вибрано прибуток станції(відношення факту прибутку до плану прибутку). Для правильного функціонування і точних результатів, навчання нейронної мережі є важливою частиною розробки даної системи. Навчання проводиться за допомогою методу зворотного поширення помилки[2].

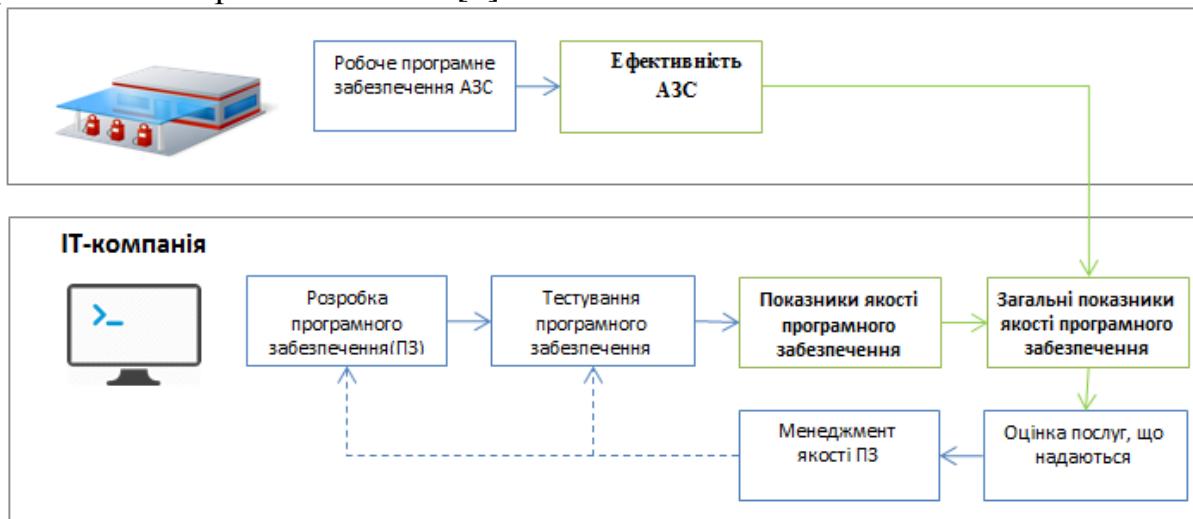


Рис. 1. Відношення між показниками ефективності АЗС і показниками якості її програмного забезпечення.

Висновок. Запропонована система прогнозування допоможе оцінювати ефективність роботи автозаправних станцій, в контексті якості придбаного ПЗ. Це дозволить оцінювати ризики, слідкувати за виконанням поставлених цілей та співпрацювати з постачальником ПЗ для підвищення якості отриманого продукту, що в результаті приведе до підвищення ефективності АЗС.

Література

1. Firesmith D. G. Common concepts underlying safety, security, and survivability engineering, Technical Note CMU/SEI-2003-TN-033, Carnegie Mellon Software Engineering Institute. 2003.
2. Рассел, Норвиг: Искусственный интеллект. Современный подход. Вильямс, 2015 г.–1408 с.

ЧМИХУН Є.М., ЯРЕМЧУК А.А., БОГОМАЗОВ С.А.

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ МОРСЬКИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, evgenii.chmyhun@gmail.com

Розроблено систему обробки даних вимірювань електрических і магнітних полів морських аномалій, побудови їх об'ємного зображення та відновлення параметрів джерел цих полів.

Ключові слова: система, електричне поле, магнітне поле, морське середовище.

Разработана система обработки данных измерений электрических и магнитных полей морских аномалий, построения их объемного изображения и восстановления параметров источников этих полей.

Ключевые слова: система, электрическое поле, магнитное поле, морская среда.

The article propose a system for processing electric and magnetic fields of marine anomalies, constructing their three-dimensional image and restoring the parameters of the sources of these fields.

Keywords: system, electric field, magnetic field, marine environment.

Морські електромагнітні дослідження є однією з важливих складових частин морської геофізики. Проведення цих досліджень на величезних, практично недосліджених просторах Світового океану, що становлять 70,8% поверхні земної кулі, представляє великий науковий інтерес як у фундаментальному, так і в прикладному аспектах. Морські електромагнітні дослідження дозволяють передбачати землетруси, реєструвати вибухи та інші аномалії, а також проводити вивчення глибинного розподілу електропровідності морського дна, що дає унікальну інформацію про стан земних надр.

В результаті роботи було створено програмне забезпечення для обробки комплексних полів морських аномалій. Електромагнітне поле цих аномалій реєструється датчиками морського стенду[1], який зображене на рис 1.

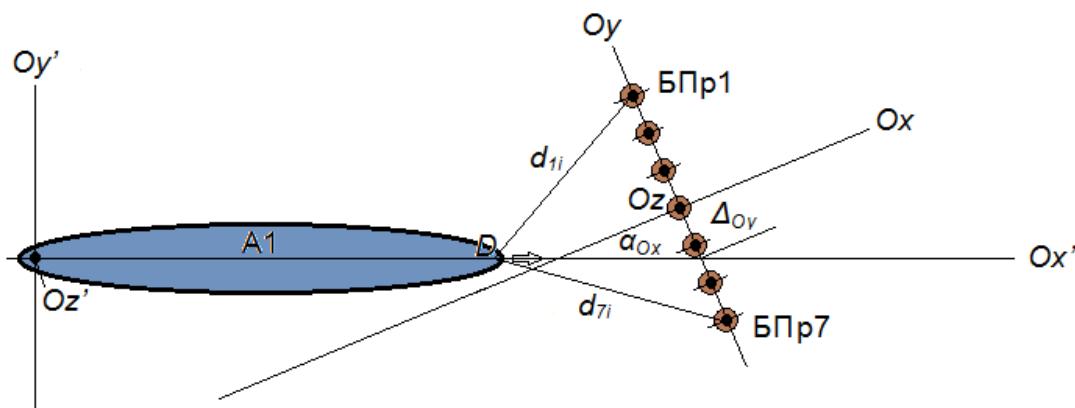


Рис. 1. Морський стенд.

Секція «Інформаційні технології»

На цьому рисунку показана лінія з 7 блоків перетворювачів (БПр1 - БПр7) з рухомою аномалією A1, що зміщена відносно центральної осі стенда на відстань Δ_{Oy} і повернута щодо осі Ox на кут α_{Ox} . Блоки перетворювачів містять трикомпонентні датчики індукції магнітного поля та напруженості електричного поля. Кількість датчиків може варіюватись в залежності від потреби. У свою чергу аномалія має свою рухому систему координат Ox' , Ox' і Oz' , причому осі Oz' і Oz спрямовані вглиб. Безперервне вимірювання електромагнітних параметрів дає на виході блоків датчиків 7 просторових перерізів поля аномалії в нерухомій системі координат стенду.

З вимірювальних даних стенду формується файл вхідних даних, який передається на вхід програмного додатку. При розробці програмного забезпечення використовується одночасна обробка результатів вимірювань магнітного і електричного поля, так як в цьому випадку відкривається більше можливостей врахування особливостей складних джерел поля та аналізу модуляцій, які виникають в полях цих джерел під час руху аномалії. На рис. 2 зображена діаграма X-складових магнітного та електричного полів, яка була побудовані на основі отриманих зі стенду даних.

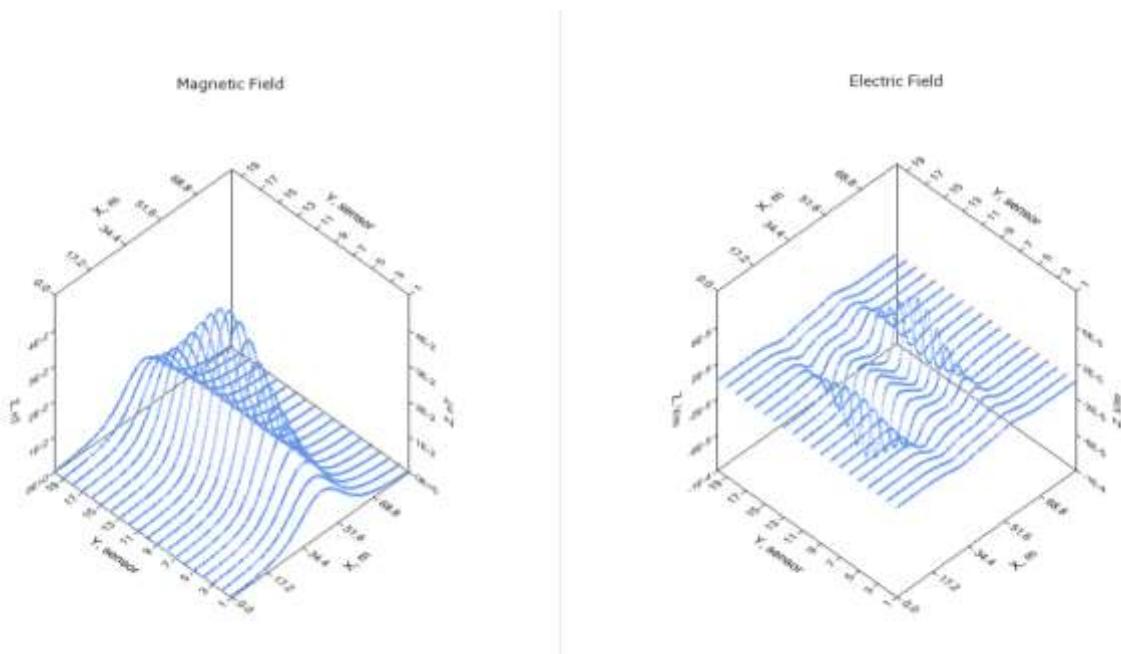


Рис. 2. Діаграма X-складових електромагнітного поля.

У розробленому програмному забезпеченні реалізовані алгоритми відновлення дальності, координат і інтенсивності джерел електричних і магнітних полів землетрусів і аномалій. Передбачено режим розрахунку коефіцієнта провідності ґрунту дна, який впливає на результати вимірювання електромагнітного поля. Для побудови об'ємного зображення розподілу електричного і магнітного полів використана бібліотека з відкритим вихідним кодом, яка надає широкий спектр способів інтерполяції, включаючи лінійну інтерполяцію та інтерполяцію кубічними сплайнами. На рис. 3 зображене приклад відображення параметрів

ГІРОТЕХНОЛОГІЇ, НАВІГАЦІЯ, КЕРУВАННЯ РУХОМ І КОНСТРУЮВАННЯ АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

електричних та магнітних полів з використанням інтерполяції кубічними сплайнами.

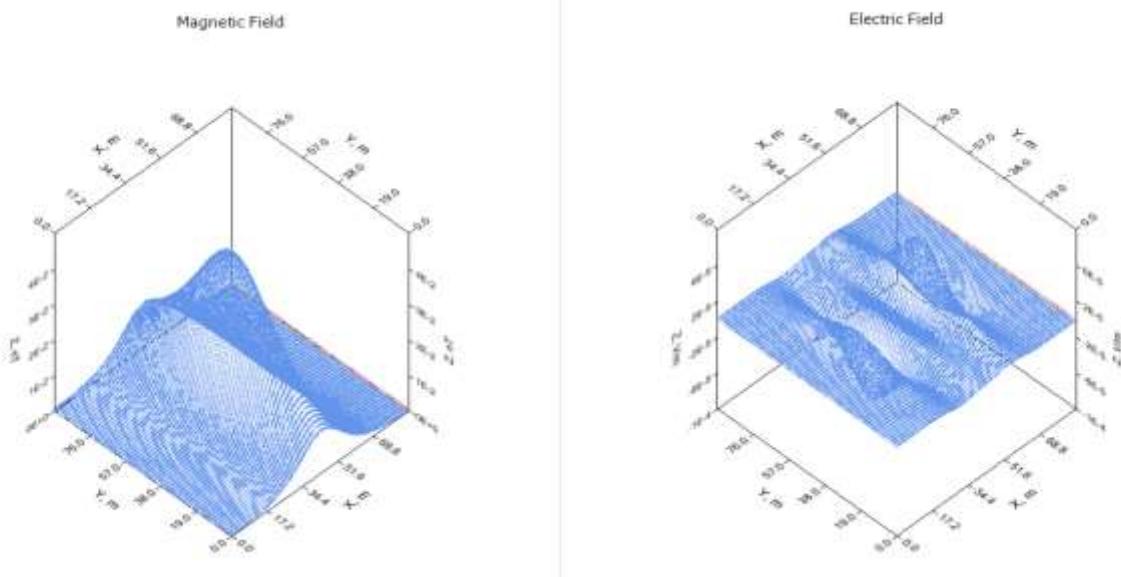


Рис. 3. Відображення Х-складових електромагнітного поля з використанням інтерполяції кубічними сплайнами.

Також реалізовано режим відображення проекцій об'ємного зображення як для кожного поля окремо, так і для обох полів одночасно.

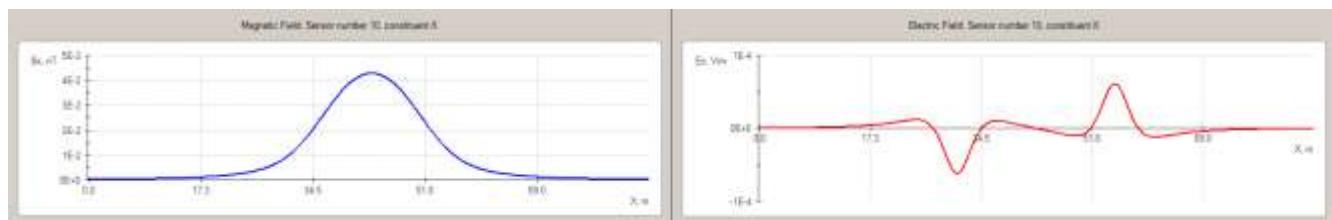


Рис . 4. Проекція електромагнітного поля для обраного сенсора.

Програмне забезпечення включає бібліотеку моделей типових джерел електричних і магнітних полів із можливістю її подальшого розширення для більш детального аналізу даних, одержаних з морського стенду.

Створене програмне забезпечення використовується для об'ємного відображення результатів вимірювань електричних та магнітних полів в морському середовищі, побудови моделей на основі експериментальних даних, а також для стеження за розвитком і рухом джерел цих аномалій.

Література

1. Яремчук А. Чудайкин И. Сидорук М. Горук Ю. Определение местонахождений и интенсивностей источников подводных землетрясений и анализ явлений распространения их дальних полей. Научно – техническая документация. 2015. – 147 с.

УДК 62-843; 681.586.672

ШЕВЧЕНКО К.Л.¹, ГОРКУН В.М.², АЛЕКСАШИН О.В.³

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕПЛОВИХ ДВИГУНІВ

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна, autom1@meta.ua

²Національний університет біоресурсів та природокористування, Київ, Україна,
valgorkun@gmail.com

³Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, Україна, a7158812@mail.ru

Розглянуті особливості розподілу енергетичних втрат теплових двигунів. Обґрунтовано принципову можливість підвищення ефективності роботи теплових двигунів. Запропоновано для енергозабезпечення бортових систем з електричним живленням використовувати надлишок теплової енергії двигуна. Показано можливість зменшення витрат механічної енергії на валу двигуна. Проаналізовано технічні засоби для перетворення теплової енергії в електричну. Наведений приклад високоефективного драйверу для відбору максимальної потужності з термоелектричного перетворювача.

Ключові слова: тепловий двигун, ефективність, термоелектричний перетворювач.

Рассмотрены особенности распределения энергетических потерь тепловых двигателей. Обоснована принципиальная возможность повышения эффективности работы тепловых двигателей. Предложено для энергообеспечения бортовых систем с электрическим питанием использовать избыток тепловой энергии двигателя. Показана возможность уменьшения затрат механической энергии на валу двигателя. Проанализированы технические средства для преобразования тепловой энергии в электрическую. Приведен пример высокоэффективного драйвера для отбора максимальной мощности с термоэлектрического преобразователя.

Ключевые слова: тепловой двигатель, эффективность, термоэлектрический преобразователь.

In this article are described of energy distribution losses of heat engines. Theoretical possibilities of improving the efficiency of heat engines are grounded. A power for onboard systems of electric power use excess heat engine. The reducing cost of mechanical energy to the motor shaft is show possibility. Analyzed the technical means to convert thermal energy into electricity. The example of highly effective driver to select a maximum power of thermoelectric converter.

Keywords: heat engine, efficiency, thermoelectric converter.

Вступ. На сьогоднішній день для приведення в рух наземного, повітряного та водного транспорту в якості джерел енергії переважно використовують різного роду теплові двигуни. Основна функція, яку вони призначенні виконувати незалежно від конструкції, це перетворення теплової енергії в механічну. Одним з суттєвим недоліків теплових двигунів є досить низький коефіцієнт корисної дії (ККД). Так, наприклад, ККД бензинових двигунів внутрішнього згоряння, не перевищує 25...30 %, дизельних – 45...50 %. Внаслідок більшого ККД та, відповідно, економічності, дизельні двигуни знайшли широке застосування в наземному та водному транспорті. В літальнích аппаратах в силу ряду об'єктивних причин досить широко використовують бензинові двигуни, які не є економічними. Внаслідок цього в Україні та за її межами активно ведуться роботи

по створенню альтернативних джерел механічної енергії та вдосконаленню існуючих теплових двигунів [1].

Аналіз проблеми. В загальному випадку розподіл втрат енергії теплового двигуна може бути представлений, як показано на рис. 1 [2].

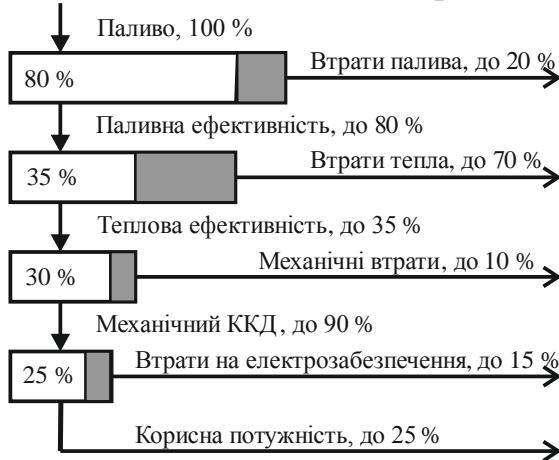


Рис. 1. Баланс потужності теплового двигуна.

Аналіз рис. 1 показує, що з теплої енергії, отриманої при згорянні палива, раціонально використовується лише 30...35 %. Інші 65...70 % відаються в систему охолодження двигуна та втрачаються з вихлопними газами. Іншими словами, тільки третина отриманої теплоти перетворюється в механічну енергію, все інше викидається в повітря. Раціональне використання хоча б половини втраченої енергії дозволить суттєво збільшити ефективність теплових двигунів.

Механічна енергія теплового двигуна знімається з головного валу, обертання якого утворюється за допомогою кривошипно-шатунного механізму. Безпосередньо від головного валу приводяться в рух елементи газорозподільного механізму, насос охолоджуючої рідини та інші суто механічні системи. При цьому за рахунок тертя в опорах втрачається до 10 % потужності на валу. Таким чином величина вихідної потужності зменшується до 30 % від первинного значення. Зменшити ці втрати проблематично без використання принципово нових мастильних матеріалів.

Окремо слід виділити втрати механічної енергії на живлення електричної бортової апаратури. Так, наприклад, в автомобільному транспорті найчастіше використовуються споживачі електроенергії, розраховані на постійну напругу 12 В або 24 В. Середня потужність генератора автомобіля становить близько 1 кВт. Для живлення бортового обладнання та систем літальних апаратів застосовується електроенергія постійного струму напругою 27 В, змінного однофазного або трифазного з нейтраллю струму з напругою 208/115 вольт, частотою 400 Гц, змінного трифазного без нейтрали струму лінійною напругою 36 В, 400 Гц. Сумарна потужність генераторів на борту може складати від 20 кВт для невеликих літальних апаратів до 600 кВт і більше для важких літаків [3]. Забезпечення електроенергією здійснюється за допомогою різного типу генераторів, які теж приводяться в рух від головного валу двигуна. При

Секція «Інформаційні технології»

підключений бортовій апаратурі генератори додатково відбирають до 15 % потужності з валу двигуна. Зменшення цього показника дозволить збільшити корисну потужність двигуна та зменшити витрати палива.

Постановка задачі. В результаті проведеного аналізу можна зробити висновок, про принципову можливість підвищення ефективності теплових двигунів. Для цього необхідно вирішити дві задачі:

- знайти ефективні способи рекуперації надлишків теплової енергії, яка не використовується при роботі двигунів;
- зменшити частину потужності, яка відбирається від валу двигуна для енергозабезпечення бортової апаратури.

Основна частина. Для вирішення першої задачі – рекуперації теплової енергії – розглянемо особливості розподілу температурних полів звичайного автомобільного двигуна внутрішнього згоряння легкового автомобіля з системою випуску відпрацьованих газів. В ньому можна умовно виділити декілька характерних зон, які мають відносно стабільну температуру при роботі двигуна.

До першої зони можна віднести зовнішню поверхню блока циліндрів та радіатора. Загальна площа поверхні зазначених елементів, до яких є вільний доступ, становить близько $0,5 \text{ м}^2$. Характерною особливістю зазначеної зони є те, що її температура внаслідок циркуляції охолоджуючої рідини не перевищує $100\ldots110^\circ\text{C}$ при різних режимах роботи двигуна. Крім того, вона має достатньо плоскі елементи поверхні.

Друга зона охоплює випускний колектор та каталізатор відпрацьованих газів. Температура її поверхні в залежності від режиму роботи може змінюватись від 800°C до 1300°C . Поверхня цієї зони має складний рельєфний характер, а їх загальна довжина сягає 2 м при діаметрі труб $40\ldots50 \text{ мм}$.

Третя зона містить всі інші елементи вихлопної системи: глушник, резонатори та з'єднувальні елементи. Як і попередня зона, вона має складний рельєф та довжину $2\ldots3 \text{ м}$ при діаметрі труб $40\ldots50 \text{ мм}$. Температура її поверхні лежить в межах $200\ldots600^\circ\text{C}$.

Слід також зазначити, що температура поверхні елементів кузова автомобіля мало відрізняється від температури навколишнього середовища і не перевищує $30\ldots40^\circ\text{C}$.

Наведені дані свідчать про можливість використання термоелектричних перетворювачів та генерації термоЕРС та використання її для енергозабезпечення бортових систем автомобіля. Подібні системи промислово випускались ще в 50-ті роки минулого сторіччя для живлення радіоприймачів від енергії керосинових ламп [5].

Оцінимо потенційні значення електричної потужності, яку можна отримати за допомогою термоелектричних перетворювачів.

Відомо, що найбільш ефективні показники перетворення теплової енергії в електричну сьогодні забезпечують напівпровідникові термоелектричні батареї [6]. Так, батарея ТЕС1-12706 за паспортними даними при різниці температур 50° (холодна поверхня $+50^\circ\text{C}$, гаряча поверхня $+100^\circ\text{C}$) забезпечує на виході напругу

ГІРОТЕХНОЛОГІЇ, НАВІГАЦІЯ, КЕРУВАННЯ РУХОМ І КОНСТРУЮВАННЯ АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

3,5 В при струмі до 0,5 А, тобто, віддає в навантаження потужність 1,75 Вт. Розміри такої батареї – 40*40*4 мм. Не важко розрахувати, що на поверхні першої зони можна розмістити 300 таких термобатарей, забезпечивши вихідну електричну потужність більше 500 Вт. До недоліків розглянутих термоелементів можна віднести неможливість їх експлуатації при температурі більше +100 °C.

Більш стійкими до високих температур є дротяні металеві термопари. Так, наприклад, досить недорога термопара залізо – константан (ТЖК) може працювати при температурі гарячого спаю до 700 °C. Термопара ТПП має більшу вартість і може працювати при температурі до 1300 °C. ТермоЕРС термопари ТЖК становить 50,4 мВ/град. Відповідно, при різниці температур гарячого спаю та холодних кінців 400 °C термопара здатна генерувати термоЕРС більше 20 мВ. При площині поперечного перерізу дротів термопари 3 мм² та довжині електродів 100 мм термопара ТЖК забезпечує струм до 1 А, віддаючи в навантаження потужність 20 мВт. Батарея зі 100 термопар, маючи лінійні розміри 100*200 мм буде мати вихідну потужність 2 Вт. Враховуючи розміри другої та третьої зон можна зробити висновок, що навіть часткове їх використання забезпечить отримання вихідної електричної потужності порівняно з 200...300 Вт.

Слід зауважити, що для ефективного перетворення отриманої електричної енергії необхідно використовувати спеціальні перетворювачі, які забезпечують відбір максимальної потужності при різних значеннях вихідної напруги джерела [7]. Серед промислових контролерів відстеження точки максимальної потужності слід виділити контролер фірми Texas Instruments SM72442, який при роботі з повномостовим драйвером SM72295 забезпечує ККД перетворення напруги постійного струму до 99,5 %.

Висновки. В результаті проведених досліджень показано можливість заміни генераторних джерел електричної енергії в теплових двигунах альтернативними термоелектричними. В результаті такої заміни вивільняється до 15 % механічної потужності теплових двигунів, що підвищує їх ефективність.

Література

1. Смолин А.Б., Руднев В.В., Хасанова М.Л. Система для утилизации тепловых потерь и повышения экологических показателей ДВС // Инженерная защита окружающей среды в транспортно-дорожном комплексе: Сб. науч. тр. / МАДИ (ГТУ). М., -2002. С. 248-251.
2. Білоконь Я.Ю., Войцеховський С.О., Горкун В.М. Автомобільні засоби категорій В і С. Навчальний посібник. / К.: Арий, 2009. – 352 с.
3. Системы электроснабжения летательных аппаратов. Учебник. / под ред. С.П. Халютина. — М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2010. — 428 с.
4. Авиационное оборудование / под ред. Ю. П. Доброленского. — М.: Военное издательство, 1989. — 248 с.
5. Електронний ресурс: <http://oldradio.onego.ru/ARTICLES/RADIO/tgk.htm>.
6. Кораблев В.А., Тахистов Ф.Ю., Жарков А.В. Прикладная физика. Термоэлектрические модули и устройства на их основе: Учебное пособие/ под ред. А.В. Жаркова. СПб.: СПбГИТМО, 2003. – 212 с.
7. Комаров Н.С., Стациенко А.В., Шелковый Д.А. Инвертор солнечной батареи с экстремальным регулированием мощности / Вісник КНУТД, №2, 2014. - С. 106-112.

УДК 62-94; 62-185

ШЕВЧЕНКО К.Л.¹, ШТЕФУРА Ю.В.², ВАСИЛЕНКО М.П.³

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ПЕРЕМІЩЕННЯ СЕРЕДОВИЩ

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна, autom1@meta.ua

²Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, Україна,
valgorkun@gmail.com

³Національний авіаційний університет, Київ, Україна, vasylenkom.89@gmail.com

Розглянуті особливості вимірювання швидкості переміщення різних об'єктів. Показано складність вимірювання швидкості переміщення однорідних середовищ без застосування механічних перетворювачів. Запропоновано алгоритм вимірювання швидкості однорідних середовищ, який базується на створенні аномальних зон (маркерів) в рухомому середовищі. Доведено можливість підвищення точності вимірювань швидкості за допомогою запропонованого алгоритму.

Ключові слова: середовище, швидкість, маркер, підвищення точності.

Рассмотрены особенности измерения скорости перемещения различных объектов. Показана сложность измерения скорости перемещения однородных сред без применения механических преобразователей. Предложен алгоритм измерения скорости однородных сред, основанный на создании аномальных зон (маркеров) в движущейся среде. Доказана возможность повышения точности измерений скорости с помощью предложенного алгоритма.

Ключевые слова: среда, скорость, маркер, повышение точности.

The features the speed measuring of moving objects is considered. The complexity of measuring the speed movement of homogeneous media is shown. An algorithm for measuring the velocity of homogeneous media is proposed. The algorithm is based on the creation of anomalous zones (markers) in a moving medium. The possibility of increasing the accuracy of speed measurements is proved.

Keywords: medium, speed, marker, increasing accuracy.

Вступ. Одним з головних параметрів руху об'єктів та середовищ є значення швидкості. В залежності від властивостей об'єкту контролю така задача може мати принципово різні рішення. Так, коли об'єкт має зосереджені параметри (наприклад, літак, автомобіль), його швидкість досить просто вимірюється за допомогою навігаційного обладнання, лазерних пристрій або автономних засобів, встановлених безпосередньо на об'єкті [1].

Більш складною задачею є визначення швидкості руху середовищ з однорідними, або розподіленими параметрами. Прикладами таких середовищ можуть бути оточуюче нас повітря, потік рідини та ін. Для вимірювання швидкості в таких випадках часто використовують механічні перетворювачі [2], які вносять турбулентність в досліджуване середовище та не забезпечують високої точності вимірювань внаслідок механічних втрат при перетворенні.

Аналіз проблеми. До перспективних методів вимірювання швидкості однорідних середовищ можна віднести методи, що базуються на створенні в

середовищі маркерів, які можуть бути ідентифіковані після проходження контрольної ділянки шляху [3]. В якості таких маркерів можуть виступати теплові, колірні, магнітні, іонізаційні та інші аномалії, створювані в досліджуваному середовищі.

Суть методу полягає у вимірі часу Δt , за який маркер проходить контрольну ділянку шляху L між збуджувачем та детектором маркерів. Значення швидкості V при цьому визначається за формулою

$$V = \frac{L}{\Delta t}.$$

При заданому значенні довжини L визначають максимальне значення часу проходження контрольної ділянки Δt_{\max} за формулою $\Delta t_{\max} = \frac{L}{V_{\min}}$, де V_{\min} – мінімальне значення швидкості. Частоту F генерації маркерів знаходять з умови

$$F < \frac{L}{\Delta t_{\max}}. \quad (1)$$

При зазначеніх умовах забезпечується однозначність вимірювання швидкості у всьому діапазоні значень від V_{\min} до V_{\max} за вимірюваним часу проходження шляху маркером.

Однак в реальних умовах на вибір довжини контрольної ділянки L накладається ряд обмежень і умова однозначності вимірювань (1) порушується.

Обумовлено це тим, що довжина контрольної ділянки L залежить від тривалості існування маркера. Так, іонізаційні маркери швидко знищуються через рекомбінацію іонів, теплові – через передачу тепла навколоишньому середовищу. Внаслідок процесів дифузії маркер розмивається, збільшуєчи свій розмір як в осьовому, так і в радіальному напрямках. Тому для надійного детектування маркерів доцільна мала величина L . Але з точки зору підвищення точності вимірювання швидкості рухомого середовища відстань L потрібно збільшувати. Це призводить до зниження відношення сигнал/шум на виході детектора маркерів.

Постановка задачі. Аналіз показує, що основною проблемою розглянутих методів є неоднозначність результатів визначення швидкості у випадках, коли період збудження маркерів кратний часу проходження ними контрольної ділянки шляху. В цьому випадку виділений детектором маркер може збігатися з наступними маркерами. Поява неоднозначності суттєво звужує діапазон визначення швидкості і знижує точність вимірювання швидкості.

Основною задачею даної роботи є підвищення точності та розширення діапазону вимірюваних швидкостей.

Основна частина. Для вирішення поставленої задачі авторами розроблено структурну схему пристрою для визначення швидкості рухомого середовища та запропоновано алгоритм її роботи. Представлена на рис. 1 схема складається з наступних елементів: 1 – керований генератор імпульсів, 2 – частотомір, 3, 8 – підсилювачі імпульсів, 4 – генератор маркерів, 5 – рухоме середовище, 6 – детектор маркерів, 7 – перемикач, 9, 11 – формувачі імпульсів, 10 – керований одновібратор, 12 – тригер, 13 – фільтр нижніх частот, 14 – індикатор, 15 – керований атенюатор.

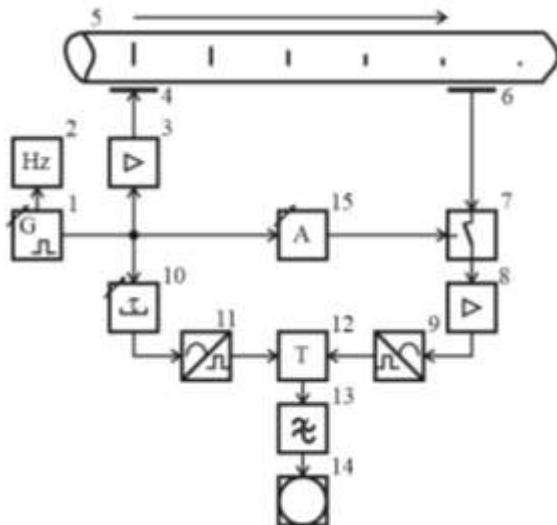


Рис. 1. Структура пристрою для визначення швидкості рухомого середовища.

Принцип дії пристрою полягає в наступному. Генератором 1 формується послідовність імпульсів, які умовно поділяють на опорні і зондувальні. Зондувальні імпульси через підсилювач 3 збуджують генератор маркерів 4. Маркери рухаються з середовищем 5, зчитуються детектором 6 і перетворюються в електричні вимірювальні імпульси. Вимірювальні імпульси через перемикач 7 надходять на підсилювач 8, після якого формувачем 9 створюються стробуючі імпульси, які подаються на один з входів тригера 12. Опорні імпульси збуджують одновібратор 10 з регульованим часом затримки та через формувач 11 надходять на другий вход тригера 12.

Вимірювальні імпульси запізнюються відносно опорних на час проходження контрольної ділянки шляху між генератором і детектором маркерів:

$$\Delta t = \frac{L}{V}, \quad (2)$$

де Δt , L – час проходження та довжина контрольної ділянки шляху; V – швидкість руху середовища (маркерів).

Тривалість вихідних імпульсів тригера 12 визначається різницею моментів надходження опорних і відповідних вимірювальних імпульсів.

Швидкість визначається виконанням тритактного вимірювального циклу.

В першому такті при періоді зондуючих імпульсів T між опорним, та відповідним вимірювальним імпульсом, утворюється n проміжних імпульсів:

$$n = EL \left[\frac{L}{VT} \right] = E \left[\frac{LF}{V} \right], \quad (3)$$

де $F = \frac{1}{T}$ – частота послідовності імпульсів; $E[A]$ – ціла частина числа A .

Тривалість вихідних імпульсів тригера 12 пропорційна дробової частини часу затримки маркерів

$$\Delta T_1 = \frac{L}{V} - nT = \frac{L}{V} - E \left[\frac{LF}{V} \right]. \quad (4)$$

З послідовності вихідних імпульсів тригера 12 фільтром 13 нижніх частот виділяється постійна складова напруги, яка вимірюється індикатором 14.

Після досягнення стабільних показів індикатора змінюють частоту F проходження імпульсів до збігу наступних опорних імпульсів з прийнятими вимірювальними імпульсами. При досягненні $\Delta T_1 = 0$ отримують:

$$\Delta t = \frac{L}{V} = nT_1 = \frac{n}{F_1}, \quad (5)$$

де F_1 – частота співпадаючих імпульсів.

Частоту F_1 вимірюють частотоміром.

В другому такті одновібратором затримують опорні імпульси на час, менший напівперіоду проходження імпульсів. Тривалість імпульсів тригера при цьому

$$\Delta T_2 = \frac{L}{V} - \Delta T_0 - \frac{n}{F_1}, \quad (6)$$

де ΔT_0 – додаткова затримка, що вноситься одновібратором.

Частоту імпульсів збільшують до значення F_2 , при якому відновлюється їх збіг. При $\Delta T_2 = 0$:

$$\frac{L}{V} - \Delta T_0 = nT_2 = \frac{n}{F_2}. \quad (7)$$

В третьому такті перемикають перемикач 7. Зондувальні імпульси через атенюатор 15 безпосередньо надходять на підсилювач 8 і на виході тригера 12 формуються імпульси тривалістю

$$\Delta T_3 < \frac{T_2}{2}. \quad (8)$$

Збільшенням частоти до F_3 домагаються третього збігу імпульсів за умови

$$\Delta T_0 = \frac{1}{F_3} = T_3. \quad (9)$$

Зі співвідношень (5), (7) та (9) створюють систему рівнянь, вирішення якої дає значення швидкості руху: $V = \frac{F_3(F_2 - F_1)}{F_2} L$.

Таким чином, за трьома значеннями частоти проходження маркерів визначають середнє значення лінійної швидкості. При цьому виключається неоднозначність вимірювань при тривалості періоду проходження маркерів менше часу проходження ними контрольної ділянки шляху.

Висновки. В результаті проведених досліджень показано можливість виключення неоднозначності у визначенні середнього значення швидкості рухомих середовищ. Запропонований алгоритм проведення вимірювань дозволяє розширити діапазон вимірюваних швидкостей і підвищити точність вимірювань.

Література

1. Маркеев А. П. Теоретическая механика. — М.: Наука, 1990. — 416 с
2. Жейгур Б.Д., Сермоле Г.Я. Импульсный метод измерения скорости течения электропроводящей жидкости. / Магнитная гидродинамика, 1965, № 1. С. 141.
3. Спектор С.А. Электрические измерения физических величин. Методы измерения. — Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1985. С.242 - 243.
4. Комаров Н.С., Стациенко А.В., Шелковый Д.А. Инвертор солнечной батареи с экстремальным регулированием мощности / Вісник КНУТД, №2, 2014. - С. 106-112.

УДК 681.518.3

ЯРЕМЕНКО Т.В., ШАНТИР А.С.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБЛІКУ СКРАПЛЕНОГО ВУГЛЕВОДНЕВОГО ГАЗУ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, yaremenko.taras@gmail.com

Описано організацію обліку скрапленого вуглеводневого газу (СВГ). Досліджено особливості вимірювання параметрів СВГ та основні методи вимірювань. Розглянуто механізми автоматизації обліку та існуючі системи комерційного обліку. Запропоновано власний підхід до автоматизації обліку СВГ та розробку відповідної системи.

Ключові слова: СВГ, масомір, комерційна система обліку.

Описана организация учета сжиженного углеводородного газа (СУГ). Исследованы особенности измерения параметров СУГ и основные методы измерений. Рассмотрены механизмы автоматизации учета и существующие системы коммерческого учета. Предложено собственный подход к автоматизации учета СУГ и разработку соответствующей системы.

Ключевые слова: СУГ, массометр, коммерческая система учета.

Described the organization of accounting liquefied hydrocarbon gas (LPG). Researched the features measuring parameters of LPG and basic methods of measurement. Analyzed the mechanisms of automation and existing systems of commercial accounting. Offered an own approach to the automation of LPG and the development of appropriate system.

Keywords: LPG, flow meter, systems of commercial accounting.

Постановка проблеми. В даний час посилюється тенденція використання на автомобільному транспорті в якості палива скраплених вуглеводневих газів натомість бензину. Це більш економічно для бюджету і більш екологічно чисто для навколошнього середовища. Незручностей з заправкою при цьому не виникає – автогазозаправні станції (АГЗС) часто зустрічаються на дорогах, нарівні з звичайними автозаправними станціями (АЗС).

Організація обліку скрапленого вуглеводневого газу (СВГ) при русі з газонаповнюальної станції (ГНС) на об'єкти продажу споживачеві – одна з найбільш складних ділянок бізнес процесу поставки СВГ. Для компанії, що займається забезпеченням палива, відсутність точних і достовірних засобів контролю СВГ в автогазовозах є серйозною проблемою, в тому числі причиною збитків і конфліктних ситуацій. Розробку адекватних засобів вимірювання і методик виконання вимірювань ускладнюють такі особливості СВГ: значна нелінійна залежність щільності СВГ від температури і співвідношення пропану і бутану; фазові переходи при зміні температури, тиску або кількості СВГ (випаровування, кипіння, конденсація); широкий діапазон тиску в робочому діапазоні температур; схильність до утворення крижаних відкладень.

Постановка завдання. Необхідне дослідження обліку скрапленого газу в процесі його транспортування та реалізації автозаправочними комплексами для

автоматизації всього процесу. На рівні АЗК це дасть змогу визначити локальні та загальні втрати, підвищити точність вимірювань, ввести загальний облік всіх товарних операцій, що запобігатиме крадіжкам, а також дозволить визначати приблизний рівень викидів [5]. На державному рівні така система дасть змогу контролювати діяльність всієї газової галузі.

Для досягнення мети були поставленні наступні завдання:

1. Дослідити методики вимірювання параметрів СВГ;
2. Дослідити процеси обліку СВГ на АЗК;
3. Розглянути існуючі системи.

Облік скрапленого вуглеводневого газу. Як відомо, кількість бензину вимірюється його обсягом (літраж). Такий підхід абсолютно неприйнятний до СВГ, так як вимірювання в літрах призвело б до низької точності одержуваних результатів. У зв'язку з тим, що маса СВГ визначається на підставі прямих вимірювань щільності і об'єму, для яких істинного значення немає в принципі, застосовувати оцінку точності вимірювань за допомогою похиби вимірювань не має сенсу. Кількість СВГ визначається одним із методів, передбачених ГОСТ 26976-86:

- масовий – у разі визначення маси шляхом зважування на вагах для статичного зважування (ГОСТ 29329-92);
- об'ємний – у разі визначення об'єму в резервуарах бази зберігання та автоцистернах, а також для обліку СВГ під час продажу на АГЗС, АГЗП;
- об'ємно-масовий – у разі визначення маси СВГ за об'ємом і густиною в умовах фактичної температури. [1]

Ефективне вирішення завдання обліку СВГ вимагає виконання кількісних вимірювань, які супроводжують технологічні і товарні операції, що може бути представлено в рамках роботи систем комерційного обліку, в яких забезпечується сувора відповідність кількості (обсягу), що приймається до обліку маси палива вимогам законодавства та нормативних документів щодо забезпечення єдності вимірювань.

Системи комерційного обліку призначенні не тільки для визначення маси СВГ при виконанні товарних операцій (прийом, зберігання, відпуск), але мають і більш широкими можливостями. Нормативні вимоги, яким повинна відповідати система комерційного обліку СВГ, зводяться до наступним двох основних положень:

- використовувані засоби вимірювання (ЗВ) повинні міститися в Державному реєстрі і бути повірені у встановленому порядку;
- визначення маси СВГ, прийнятої до обліку, має здійснюватися відповідно до атестованої у встановленому порядку методикою виконання вимірювань (МВВ).

Крім того, слід мати на увазі, що на практиці не всі товарні операції в ланцюжку реалізації СВГ враховуються в одиницях маси. Облік скрапленого вуглеводневого газу на газонаповнювальних станціях і пунктах здійснюється в одиницях маси (кілограм), а на АГЗС, АГЗП – в одиницях об'єму (літр) згідно

Секція «Інформаційні технології»

ДСТУ 3651.0-97. Оскільки це не супроводжується відповідним виміром щільності СВГ, маса палива змінюється від операції до операції, через що результати вимірювань не відповідають фактичним характеристикам. Похибки цих вимірювань призводять до того, що з комерційного обліку випадає значна частина валового продукту галузі [2].

Найважливішими складовими частинами МВВ є методи і засоби вимірювання, які багато в чому визначають її можливості і зміст. Вимірювальне обладнання, яке використовується на АЗС, реалізує наступні основні методи вимірювання:

- прямий метод статичних вимірювань (зважування);
- прямий метод динамічних вимірювань (застосування масоміра);
- непрямий метод статичних вимірювань (визначення маси за результатами вимірювань параметрів СВГ в резервуарах);
- непрямий метод динамічних вимірювань (визначення маси за вимірюваннями об'єму і щільності в трубопроводі).

Автоматизація обліку. Як правило для обліку СВГ на господарстві та в процесі реалізації застосовують різні МВВ та ЗВ, що значно ускладнює розробку комерційних систем обліку. Тому існуючі системи розроблюються під індивідуальне замовлення, після повного аналізу господарства чи підприємства. Такі комерційні системи обліку СВГ орієнтовані лише на отримання даних із різних джерел для їх подальшого представлення у різному вигляді.

Для комплексної автоматизації обліку СВГ пропоную використати підхід, оснований на прямому методі динамічних вимірювань. Цей метод полягає у визначенні маси СВГ масоміром на основі вимірювань витрат СВГ. Даний метод застосовують для прийому СВГ на АЗС та відпуску газу споживачам в побутові та автомобільні балони, також є можливість обладнати масомірами газовози. Межі відносної похибки вимірювання маси рідкої і газоподібної фази СВГ масоміра $\delta = \pm 1\%$, міжповірочний інтервал – 3 роки. Масомір (лічильник маси) призначений для вимірювання кількості маси, що витрачається, газоподібної або рідкого середовища, зокрема, природного газу. У систему масоміра входять: коріолісний перетворювач витрат, блок електроніки, персональна електронно обчислювальна машина (ПЕОМ) та пакет програм [2]. Масомір має досить високу вартість, тому вітчизняні підприємства неохоче використовують їх. Але провівши нескладний аналіз, можна визначити, що завдяки вищій точності та надійності масомір дуже швидко окупиться. В такому розрахунку необхідно врахувати складність конкретного господарства та актуальну ціну газу. Використання масоміра дозволить запобігти крадіжкам, забезпечити високу точність та є основною вимогою даного підходу для автоматизації обліку.

Наявність ПЕОМ дозволяє підключатись до масоміра для зчитування даних, керування, калібрування та підключати додаткові пристрої. На АЗС масоміри вбудовуються в автоматизовані системи вимірювання та дозування. Є можливість підключити пристрій для передачі даних, а також систему геопозиціювання [4]. Використовуючи даний підхід, обладнавши ГНС, газовози та АЗС необхідним

обладнанням, отримаємо розподілену інформаційну вимірювальну систему (ІВС) (рис.1). Як і в комерційних системах обліку, необхідно буде розробити програмне забезпечення (ПЗ) та сервер для автоматизації збору даних. Але, на відміну від комерційних систем обліку, в розроблюване ПЗ потрібно додати логіку – оцінку технологічних, методологічних та систематичних втрат, врахувати температурну залежність та інші.

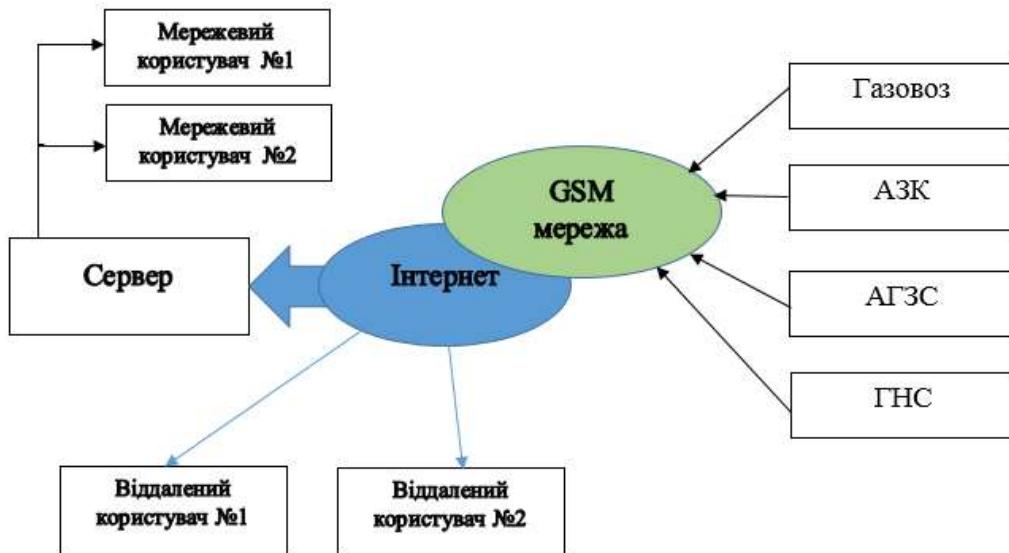


Рис. 1. Розподілена ІВС для обліку СВГ.

Висновок. Наукова новизна одержаних результатів визначається реальною оцінкою сучасних методик вимірювання СВГ і їх застосування, а також проектуванням автоматизованої системи обліку СВГ. Запропонована система дозволить вести облік на всіх етапах ланцюжка реалізації СВГ. Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці рекомендацій щодо вдосконалення механізму реалізації СВГ на АЗК.

Література

1. *Інструкції про порядок приймання, зберігання, відпуску та обліку газів вуглеводневих скраплених для комунально-побутового споживання та автомобільного транспорту*, дійсна від 03.06.2002 (Наказ Міністерства палива та енергетики України №332).
2. Д.Д. Грибанов, О.Ф. Вячеславова, С.А. Зайцев. *Методика измерений массы сжиженных углеводородных топлив*. // Московский государственный машиностроительный университет, Москва, Россия, 2016 г.
3. В.И. Терешин, А.С. Совлуков, А.А. Летуновский. *Система учета СУГ для оснащения газовозов*. // «Транспорт на альтернативном топливе» № 4, июль 2008 г.
4. Терешин В.И., Совлуков А.С., Лоос К.С. *Современные технологии передачи данных в системах автоматизированного управления и учета СУГ* // *Транспорт на альтернативном топливе*. 2010 г.
5. Івасенко В. М. *Автозаправні станції: дослідження обсягів викидів, вплив на довкілля*. // *Технологический аудит и резервы производства*. – 2015. - №1/4 (21). – С.8-12.

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

АЛЕКСАШИН О.В.	132
БАБЕНКО Р.І.	117
БОГОМАЗОВ С.А.	92, 129
ВАСИЛЕНКО М.П.	136
ВЕЛИЧКО О.М.	13
ВОЛОДАРСЬКИЙ Є.Т.	19, 23
НАРОН М.В.	27
ГЛАДКОВ М.М.	30
ГРАЩЕНКО М.В.	34
ГОРКУН В.М.	132
ГУМЕНЮК Р.В.	103, 106
ДОБРОЛЮБОВА М.В.	13, 120
ЗИНЧЕНКО В.П.	40, 48, 72
ЗИНЧЕНКО С.В.	40, 48
ІВАНОВА Х.О.	58
КАРАСІНСЬКИЙ О.Л.	103, 106
КІРАШ О.Ю.	61
КОБЗЯР Д.А.	64
КОЗИР О.В.	30, 68
КОНОТОП Д.І.	72
КРОТЕВІЧ М.В.	76
КУЛІКОВСЬКИЙ М.М.	85, 110
КУЛІШ Ю.М.	13
ЛЕБЕДЬ М.В.	79
ЛЕЩЕНКО В.С.	81
ЛІВАДІНА А.Ю.	83
МАКАРОВ О.Л.	85, 110
МОНІТ Я.В.	120
МОРОЗ О.О.	85, 110
ОЛІЙНИК Д.Д.	92
ОХРІМЕНКО І.В.	95
ПОРХУН А.В.	98
ПРОНЗЕЛЕВА С.Ю.	103, 106
САМАРЦЕВ Ю.М.	85, 110
ТЕСИК Ю.Ф.	103, 106
ТУЗ Ю.М.	64, 85, 110
УЛЬЯНОВ А.О.	110
ХІМІЧЕНКО Б.П.	115, 117
ЧЕМЕРИС А.Т.	120
ЧЕРНЮК А.А.	127
ЧМИХУН Є.М.	129

**ГІРОТЕХНОЛОГІЇ, НАВІГАЦІЯ, КЕРУВАННЯ РУХОМ І КОНСТРУЮВАННЯ АВІАЦІЙНО-
КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ**

ШАНТИР А.С.	127, 140
ШАНТИР Д.С.	58
ШЕВКУН С.М.	13
ШЕВЧЕНКО К.Л.	132, 136
ШНИРА А.В.	19
ШТЕФУРА Ю.В.	136
ШУМКОВ Ю.С.	34
ЮДИН О.Н.	23
ЯРЕМЕНКО Т.В.	140
ЯРЕМЧУК А.А.	129