

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ І АВТОМАТИКИ

**«ВИМІРЮВАННЯ, КОНТРОЛЬ ТА ДІАГНОСТИКА В
ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ (ВКДТС-2019)»**

**П'ЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ
29 – 31 жовтня 2019 р.**

Збірник тез доповідей

**MEASUREMENT, CONTROL AND DIAGNOSIS
IN TECHNICAL SYSTEMS**

ВНТУ
ВІННИЦЯ
2019

УДК 066.91:005.584.1(045)
В47

Видається за рішенням Вченої ради Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки

Головний редактор: **В. В. Грабко**

Відповідальний за випуск: **В. Ю. Кучерук**

Рецензенти: **Б. І. Стадник**, доктор технічних наук, професор
В. В. Кухарчук, доктор технічних наук, професор

«Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах» (ВКДТС-2019), П'ята міжнародна наукова конференція, 29 – 31 жовтня 2019 р. [Електронне мережне видання] : збірник тез доповідей. – Вінниця: ВНТУ, 2019. – 3 Мб.

ISBN 978-966-641-781-0 (PDF)

У збірнику опубліковано матеріали конференції, присвяченої проблемам теоретичних основ вимірювань, контролю та технічної діагностики, інформаційно-вимірювальних технологій та метрології.

УДК 066.91:005.584.1(045)

ISBN 978-966-641-781-0 (PDF)

© Вінницький національний технічний університет, 2019

Пам'яті
Володимира Олександровича Поджаренка



13 листопада 1949 року в м. Вінниці народився визначний український вчений-метролог, організатор і сподвижник української освіти і науки, учитель і наставник багатьох молодих науковців, відданий патріот України, доктор технічних наук, професор **Володимир Олександрович Поджаренко**.

У 1967 році він закінчив Вінницьку середню школу, а у 1972 році – Київський політехнічний інститут за спеціальністю «Радіотехніка», кваліфікація: радіоінженер.

Після закінчення інституту працював на посадах інженера, молодшого наукового співробітника Вінницького філіалу Київського політехнічного інституту, а з 1 вересня 1973 року став асистентом кафедри електровимірювань та промислової електроніки цього філіалу (нині Вінницький національний технічний університет (ВНТУ)), а згодом і професором. Після засновника наукової школи Віктора Тихоновича Малікова став завідувачем кафедри метрології та промислової автоматики.

У 1980 році захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Вчене звання доцента одержав в 1989 році. В 1995 році захистив докторську дисертацію на тему: "Дослідження та розробка інтелектуальних вимірювальних систем характеристик електромеханічних перетворювачів енергії". В 1998 році йому присвоєно вчене звання професора кафедри метрології та промислової автоматики, а у 1994 році – академіка Української технологічної академії, Подільське регіональне відділення якої він і очолював.

Творчий доробок професора Поджаренка В.О. – понад 200 наукових праць та навчально-методичних робіт, в тому числі 52 винаходи, що захищені

авторськими свідоцтвами і патентами, 17 навчальних посібників, п'ять з яких мають гриф Міністерства освіти і науки України, 3 монографії. Співорганізатор декількох та учасник понад 50 Міжнародних наукових і науково-практичних симпозіумів, конференцій, семінарів із проблем метрології, стандартизації, сертифікації та енергозберігаючих технологій.

Був членом двох спеціалізованих вчених рад по захисту докторських дисертацій, редакційних колегій журналів «Вісник ВПІ», «Вісник національного університету "Львівська політехніка"» (серія "Метрологія та вимірювальна техніка"), науково-технічної збірки "Автоматизація технологічних процесів та промислова екологія" Северодонецького технологічного інституту.

Професор Поджаренко В.О. удостоєний срібної медалі на виставці "East-West European Intellect" у 1998 році, що проходила в м. Софія (Болгарія). Наказом Держкомстандарту України № 265 від 12.10.1999 р. нагороджений нагрудним знаком "За заслуги в стандартизації, метрології, сертифікації та акредитації". Представлений до почесного звання «Заслужений метролог України», яке, на жаль, не встиг отримати.

З 2000 року за його ініціативи вперше було відкрито у Подільському регіоні спеціальність "Метрологія та вимірювальна техніка".

Заснував наукову школу "Інформаційно-вимірювальні системи в енергозберігаючих технологіях". Під його керівництвом захищено 4 докторських та 8 кандидатських дисертацій.

Співпраця із компанією Shneider Electric (Франція) дала змогу практично реалізувати ряд проектів і одержати економічний ефект, зокрема, на підприємствах Вінницької та Хмельницької областей.

Був експертом Державної комісії з акредитації і ліцензування управління акредитації, ліцензування та нострифікації МОНУ технічних спеціальностей ВНЗ України.

Приділяв значну увагу підвищенню свого науково-методичного та кваліфікаційного рівня, зокрема пройшов підвищення кваліфікації на філії фірми FESTO-DIDAKTIC при МФТУ ім. Баумана (Москва).

Володимир Олександрович був не тільки видатним ученим, знаним в Україні та світі фахівцем в галузі метрології та вимірювальної техніки, що багато зробив корисних справ для Вінницького національного технічного університету – своєї рідної Альма-Матер, але й чудовою та доброзичливою людиною, незрадливим товаришем і чуйним батьком і дідусем, мудрим керівником і талановитим наставником молоді, людиною, яку поважали та цінували всі, хто його знав і з ким спілкувався та співпрацював.

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ КОМІТЕТ

Голова: В. Грабко, ректор Вінницького національного технічного університету

Заступники голови: Володарський Є.Т.(Україна, Академія метрології України), Стадник Б.І. (Україна, Академія метрології України), Кучерук В.Ю., Україна, Вінниця.

Члени комітету: Tadeusz Skubis (Poland, Silesian University of Technology), Waldemar Wojcik (Poland, Lublin University of Technology), Igor Piotr Kurytnik (State Higher School in Oswiecim, Poland), Valentina Vassilenko (Portugal, Universidade NOVA de Lisboa), Zygmunt Lech Warsza (Poland, Industrial Research Institute of Automation and Measurements), Астахов А.С. (Україна, Вінниця), Бісікало О.В. (Україна, Вінниця), Васілевський О.М. (Україна, Вінниця), Большаков В.Б. (Україна, Харків), Дубовой В.М. (Україна, Вінниця), Кветний Р.Н. (Україна, Вінниця), Косач Н.І. (Україна, Харків), Кошева Л.О. (Україна, Київ), Кулаков П.І. (Україна, Вінниця), Кухарчук В.В. (Україна, Вінниця), Микійчук М.М. (Україна, Львів), Мокін Б.І. (Україна, Вінниця), Мокін В.Б. (Україна, Вінниця), Паракуда В.В. (Україна, Львів), Петрук В.Г. (Україна, Вінниця), Осадчук О.В. (Україна, Вінниця), Хакімов О.Ш. (Узбекистан, Ташкент)

INTERNATIONAL SCIENTIFIC ADVISORY BOARD:

General Chair: V. Grabko, chancellor of VNTU.

Vice Chairmen: Volodarskiy Ye.T., prof. (Ukraine, Academy Metrology of Ukraine), Stadnyk B.I., prof. (Ukraine, Academy Metrology of Ukraine), Kucheruk V. Yu., prof. (Ukraine, Vinnitsya).

Members: Tadeusz Skubis (Poland, Silesian University of Technology), Waldemar Wojcik (Poland, Lublin University of Technology), Igor Piotr Kurytnik (State Higher School in Oswiecim, Poland), Valentina Vassilenko (Portugal, Universidade NOVA de Lisboa), Zygmunt Lech Warsza (Poland, Industrial Research Institute of Automation and Measurements), Astahov A.S. (Ukraine, Vinnitsya), Bisikalo O.V. (Ukraine, Vinnitsya), Vasilevskiy O.M. (Ukraine, Vinnitsya), Bolshakov V.B. (Ukraine, Kharkiv), Dubovoy V.M. (Ukraine, Vinnitsya), Kvetniy R.N. (Ukraine, Vinnitsya), Kosach N.I. (Ukraine, Kharkiv), Kosheva L.O. (Ukraine, Kiyv), Kulakov P.I. (Ukraine, Vinnitsya), Kuharchuk V.V. (Ukraine, Vinnitsya), Mykyjchuk M.M. (Ukraine, Lviv), Mokin B.I. (Ukraine, Vinnitsya), Mokin V.B. (Ukraine, Vinnitsya), Parakuda V.V. (Ukraine, Lviv), Petruk V.G. (Ukraine, Vinnitsya), Osadchuk O.V. (Ukraine, Vinnitsya), Hakimov O.Sh. (Uzbekistan, Tashkent)

НАУКОВА ПРОГРАМА

Метою конференції є висвітлення наукових досягнень провідних вчених України та світу в галузі вимірювання, контролю та діагностики в технічних системах, а також їх застосування на промислових підприємствах України.

СЕКЦІЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

1. Теоретичні основи вимірювань, контролю та технічної діагностики.
2. Первинні вимірювальні перетворювачі та сенсори. Прилади та методи контролю речовин, матеріалів та виробів.
3. Математичне моделювання процесів в засобах вимірювання, контролю та діагностики.
4. Інформаційно-вимірювальні системи, біотехнічні та медичні прилади і системи.

CONFERENCE SECTIONS

1. Theoretical foundations of measurement, control and technical diagnostics.
2. Primary transducers. Devices and methods of and control substances, materials and products.
3. Mathematical modeling of processes in the measure, control and diagnostics.
4. Information-measuring systems, biotechnical and medical devices and systems.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1 (SECTION 1)	
Метрологія, якість, стандартизація та сертифікація	
<i>Автор та назва доповіді</i>	<i>стор.</i>
Б. І. Мокін, О. Б. Мокін, О. М. Косарук ЧІТКЕ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЯКОСТІ ЗНАНЬ НА НЕЧІТКИХ МОДЕЛЯХ ПРОЦЕСІВ ЇХ ЗАСВОЄННЯ	11
П.І. Кулаков, В.К. Тихонов, А.П. Кулакова КРИТЕРІЙ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА МОЛОКА	13
І.О. Потоцький МЕТОД ВСТАНОВЛЕННЯ МІЖКАЛІБРУВАЛЬНИХ ІНТЕРВАЛІВ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ	14
Ю.В. Куц, М.О. Редька, О.Д. Близнюк МЕТОД ОПРАЦЮВАННЯ СИГНАЛІВ ВИХРОСТРУМОВОЇ ДЕФЕКТОСКОПІЇ	17
О.М. Возняк, В.О. Кієнко РОЗРОБКА МЕТОДУ ПЛАВАЮЧИХ НАВАНТАЖЕНЬ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ НЕСТАНДАРТНОЇ СИСТЕМИ ПАРАМЕТРІВ	19
П.І. Кулаков, І.Г. Симчук ПРОХОДЖЕННЯ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ КРИЗЬ ВОДНО-МОЛОЧНИЙ РОЗЧИН	21
О.М. Васілевський, В.В. Присяжнюк ОЦІНЮВАННЯ НЕПЕВНОСТІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ В ДИНАМІЧНОМУ РЕЖИМІ	23
R.M. Dzhalala, I.V. Ivasiv, O.O. Chervinka; L.Ye. Chervinka SIZING ERROR FOR RANDOMLY LOCATED CORROSION SPOTS BY DIFFUSE LIGHT REFLECTION SENSOR'S SIGNAL	25
В.Ю. Кучерук, Б.П. Дишкант МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ККД СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ	26
А.О. Крисак, Ю.М. Костюк, М.О. Костюк, С.А. Гуменюк ВІБРАЦІЙНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ АГРЕГАТІВ ТА ВУЗЛІВ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ	27
О.Є. Середюк, Н.М. Малісевич ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ СПАЛЮВАННЯ ГАЗУ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ЙОГО ТЕПЛОТИ ЗГОРАННЯ	30
І.В. Рибіцький, М.О. Карпаш, А.В. Яворський, П.М. Райтер, О.М. Карпаш АЛГОРИТМІЧНІ ТА СХЕМОТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ТЕПЛОТВОРНОЇ ЗДАТНОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ПРИСТРОЄМ GAS-НІ-Q	32
І.С. Петришин, О.А. Бас, Л.О. Присяжнюк ОБЧИСЛЮВАЧ ЧИСЛА ВОББЕ ПРИРОДНОГО ГАЗУ	34
Р.М. Тріщ, Г.С. Грінченко ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА ОБЛАДНАННЯ АЕС З МЕТОЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЯ	35
І.О. Нерозна, М.В. Добролюбова КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ВСЕРЕДИНІ БДЖОЛИНОГО ВУЛИКА	37
І.В. Морозова, О.Б. Іванець, М.А. Назарчук, А.М. Миколушко, Є.С. Іваницький ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ	39
В.С. Маньковська, А.Г. Гурневич ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ НАССР ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТА	40

БЕЗПЕКИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ	
І.Л. Бігдай ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СИСТЕМ РАДІОЧАСТОТНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТВАРИН В УКРАЇНІ	42
Л.О. Кошева, Є.В. Моїсеєнко, О.Б. Іванець МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ПОКАЗНИКІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОРГАНІЗМУ	44
С.В. Куценко МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ ЛІНІЙНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ОБ'ЄКТА	46
В.В. Мартинюк ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ КОНТРОЛЮ ЗАХИСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ АНТИКОРОЗІЙНОГО ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАГРІВАЧІВ ВОДИ	47
В.Ю. Кучерук, М.В. Глушко ВПЛИВРОЗМІЩЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА МОБІЛЬНИХ ТА ДЕСКТОПНИХ ПРИСТРОЯХ НА САЙТІ ЯК ВПЛИВНИЙ ФАКТОР НА РЕЗУЛЬТАТ ТОЧНОСТІ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМ	49
Р.І. Ліщук РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ НА ЗОБРАЖЕННІ ЗА ДОПОМОГОЮ АЛГОРИТМУ YOLO	51
Й.Й.Білінський, В.Б. Бурдейний ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ФАЗОВИХ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ВИТРАТОМІРІВ В ЗАКРИТИХ ТРУБОПРОВОДАХ МАЛОГО ДІАМЕТРА	53
І.А. Дудат'єв, О. Гаврись МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБУ КОНТРОЛЮ ДВООКИСУ ВУГЛЕЦЮ У АТМОСФЕРІ	55
І.А. Дудат'єв, А. Катренко МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНУ	56
СЕКЦІЯ 2 (SECTION 2) Вимірювальна техніка, контроль та діагностування	
<i>Автор та назва доповіді</i>	<i>стор.</i>
Д.В. Мальований, Ю.Ю. Іванов, С.Г. Кривогубченко, В.М. Папінов, О.М. Бевз ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ЕЛАСТИЧНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ КОМІВОЯЖЕРАУ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМАХ	59
С.М. Кравчук, Р.Н. Кветний, Ю.Ю. Іванов, С.Г. Кривогубченко ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СУЧАСНИХ ЗАВАДОСТІЙКИХ КОДІВ: ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ LDPC-КОДІВ	60
В.А. Ковенко, Р.Н. Кветний, О.В. Бісікало, І.В. Богач, Ю.Ю. Іванов, В.В. Гармаш THE IMPORTANCE OF SEARCHING FOR BEST HYPERPARAMETERS FOR TRAINING DEEP NEURAL NETWORKS	61
В.В. Півошенко, Ю.Ю. Іванов, С.Г. Кривогубченко, І.Ю. Іванов ОСОБЛИВОСТІ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ МУЛЬТИКЛАСИФІКАЦІЇ ЕПІТЕЛІОМ ШКІРИ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ	62
Ю.В. Шабатура, К.І. Снітков ІННОВАЦІЙНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ІНДУКЦІЙНОГО ДАВАЧА В СИСТЕМАХ ОЗБРОСННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ	63
О.Г. Архієреєва, Г.М. Розорінов ДОСЛІДЖЕННЯ СТОХАСТИЧНОЇ ДИСКРЕТИЗАЦІЇ СИГНАЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ LabVIEW	65
М.Д. Кошовий, В.В. Муратов	67

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ У ЗАСОБАХ ВИМІРЮВАННЯ, КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТИКИ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ	
Р.П. Мигушенко, О.Ю. Кропачек, І.М. Коржов АПАРАТУРНЕ, АЛГОРИТМІЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИСТРОЮ КОНТРОЛЮ І ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ ДИНАМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ	69
А.А. Зорі, І.С. Лактіонов, В.О. Вовна, В.А. Лебедєв РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦЬ	71
В.О. Вовна, А.А. Зорі, І.С. Лактіонов, Г.А. Лактіонова ДИФЕРЕНЦІЙНИЙ СПОСІБ КОМПЕНСАЦІЇ ТЕМПЕРАТУРНОГО ДРЕЙФУ ОПТОЕЛЕКТРОННОГО ВИМІРЮВАЧА КОНЦЕНТРАЦІЇ МЕТАНУ	73
І.І. Sydorko, R.I. Baitsar RISKS IN THE ACTIVITY OF CLINICAL - DIAGNOSTIC LABORATORY	75
П.І. Кулаков, В.С. Коваль СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ОБІГРИВОМ ПРИМІЩЕНЬ	77
О.О. Войцеховська, Б.І. Мокін, Д.О. Шалагай МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОЦІНЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО СТАНУ СУСПІЛЬСТВА	78
Ю.В. Шабатура, В.Я. Гера, М.С. Міхалева, В.Д. Смичок ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА В АВТОМАТИЧНОМУ КОМПЛЕКСІ КОНТРОЛЮ І РЕГУЛЮВАННЯ ЗМАЩУВАННЯМ В ДВИГУНАХ БОЙОВИХ МАШИН	80
І.М. Платов, О.М. Павловський ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІНІЙНИХ ЛАНОК РЕЛЕЙНИХ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕОРІЇ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ	82
В.М. Кутін, О.О. Шпачук ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ІЗОЛЯЦІЇ БЛОКУ «ГЕНЕРАТОР-ТРАНСФОРМАТОР»	84
К.В. Огородник, В.В. Красносельський ЗАСІБ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ВОЛОГОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ НА ОСНОВІ УДОСКОНАЛЕНОГО МЕТОДУ ТОЧКИ РОСИ	86
Й.Й. Білинський, Д.В. Новицький ДВОКАНАЛЬНИЙ НВЧ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ВОЛОГОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ	87
Й.Й. Білинський, М.О. Скалецька АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ВОЛОГОСТІ СИПУЧИХ ПРОДУКТІВ	89
О.В. Дідушок МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КОНТАКТНОЇ СИСТЕМИ ВАКУУМНОГО ВИМИКАЧА	90
В.Ф. Граняк СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ ДЕФЕКТІВ ГІДРОАГРЕГАТІВ	92
А.В. Кожемяко, М.О. Пашенко ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ДЛЯ ТЕЛЕМЕДИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ КАРДІОЛОГІЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ	94
С.В. Дакус, О.С. Криницький ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ПАРАМЕТРІВ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ГЕНЕРАТОРІВ	95
О.М. Возняк, С.І. Строган ЦИФРОВИЙ ЗАСІБ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ	97
В.Д. Тромсюк, Я.О. Бородай, М.В. Непийвода, Ю.М. Костюк	98

ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ У ВИРОБНИЧОМУ ПРИМІЩЕННІ	
О.А. Poplavskyi, S.V. Pavlov, V.B. Vassilenko, A.A. Poplavska INTELLECTUAL SYSTEMS FOR SUPPORTING DECISION-MAKING OF SPOT AND FUTURES TRADING EXCHANGE	99
М.Г. Скрипковська, М.В. Добролюбова ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ ДЛЯ СТЕНДУ ТЕМПЕРАТУРНОГО КАЛІБРУВАННЯ ГІРОСКОПІЧНИХ МІКРОМЕХАНІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ	100
Т.Г. Бойко, М.В. Руда ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ В ОЦІНЦІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК	102
П.І. Кулаков, О.О. Плешко, А.П. Кулакова ОГЛЯД ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО УДОЮ	104
К.Ф. Боряк, Н.О. Перетяка, В.В. Грицанова ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ СУБЛІМАЦІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ЗА ПАРАМЕТРОМ ТИСКУ В ЛЮФІЛІЗАТОРІ	106
О.М. Возняк, А.С. Клезь АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ РІВНЯ РІДИНИ	108
В.М. Войцицький ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ СУШІННЯ МОЛОКА	110
Т.В. Король ПРИЛАД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ КУТА НАХИЛУ ОБ'ЄКТА	111
М.І. Карашенко ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КАНАЛ МІКРОПЕРЕМІЩЕННЯ З ЄМНІСНИМ ПЕРВИННИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ	112
В.Ю. Кучерук, В.С. Маньковська, О.О. Данілов, Т.В. Бойко ІНДУКТИВНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ НА ОСНОВІ ГЕНЕРАТОРА ДЕТЕРМІНОВАНО-ХАОТИЧНИХ КОЛИВАНЬ	113
І.А. Дудат'єв, В.А. Барабаш ПОЛІКРИСТАЛІЧНИЙ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ У ЕЛЕКТРИЧНУ З ПОКРАЩЕНИМ КОЕФІЦІЄНТОМ ПЕРЕТВОРЕННЯ СВІТЛА	115
І.А. Дудат'єв, В.В. Горбатюк ЗАСІБ КОНТРОЛЮ ТА ГЕНЕРАЦІЇ ОЗОНУ У РЕГУЛЬОВАНИХ ГАЗОВИХ СЕРЕДОВИЩАХ	117
І.А. Дудат'єв, М. Кузнецов ПЕРЕТВОРЮВАЧ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ВІТРОВОГО ПОТОКУ У ЕЛЕКТРИЧНУ З ПОКРАЩЕНИМ КОЕФІЦІЄНТОМ БЕЦА	118
О.М. Васілевський, Д.М. Компанець КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ СИСТЕМОЮ АВТОМАТИЗОВАНОГО НАЛИВУ НАФТОПРОДУКТІВ НА НАФТОБАЗАХ	121
Santos P.H.C., Vassilenko V., Moura P.C., Conduto C., Fernandes J.M., Bonifácio P. INSTRUMENTATION FOR DIFFERENTIATION OF EXHALED AIR	122
V. Vassilenko, A. Poplavska, S. Pavlov, P. Kolisnyk, O. Poplavskyi, S. Kolisnyk, Y. Vitrova AUTOMATED FEATURES ANALYSIS OF PATIENTS WITH SPINAL DISEASES USING MEDICAL THERMAL IMAGES	124
Bonifacio P., Marques G., Cardoso F., Casal, D., Vassilenko V. ELECTROMYOGRAPHY SIGNAL ANALYSIS FOR TECHNOLOGY DEVELOPMENT OF DEVICE ASSISTED REHABILITATION OF UPPER ARM	126
Є. Чепусенко, В. Сахачький МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ БУРОВОЇ ГОЛОВКИ ПРИ ГОРИЗОНТАЛЬНО-НАПРАВЛЕНОМУ БУРІННІ	128

СЕКЦІЯ 1 (SECTION 1)
Метрологія, якість, стандартизація та
сертифікація

Б. І. Мокін, д.т.н., проф., О. Б. Мокін, д.т.н., проф., О. М. Косарук, к.п.н.

ЧІТКЕ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЯКОСТІ ЗНАТЬ НА НЕЧІТКИХ МОДЕЛЯХ ПРОЦЕСІВ ЇХ ЗАСВОЄННЯ

Ключові слова: *якість знань, нечітка модель, ймовірнісний характер змінних, методика чіткого оцінювання, апробація*

Нині в повідних європейських та американських університетах набуває розповсюдження ідеологія дуальної вищої технічної освіти, розроблення якої розпочалося в 90-х роках минулого століття з ідеї інтеграції навчання з виробництвом.

В Україні ця ідея була підхоплена у 1991 році у Вінницькому політехнічному інституті (ВПІ), на перших кроках втілення в життя якої було використано досвід її реалізації в університеті канадського міста Ватерлоо на основі вивчення цього досвіду одним із авторів цієї статті. І, як показано в роботі [1], уже через два роки після початку впровадження цього досвіду у ВПІ були створені умови для підвищення конкурентоспроможності його випускників на ринку праці завдяки реалізації запозиченої і адаптованої до українських реалій ідеї інтеграції навчання з виробництвом.

Суть цієї ідеї полягала в тому, що на перших двох курсах студенти паралельно з вивченням теоретичних основ своєї майбутньої інженерної спеціальності освоювали корельовану з нею робітничу професію, за якою на третьому курсі протягом одного триместру працювали в організаціях і на підприємствах на робочих місцях. Завдяки цьому ці студенти, по-перше, на старших курсах вивчали спеціальні дисципліни, спираючись на набуту практику застосування спеціальних знань на виробництві, а по-друге, ставши інженерами, попадали у виробниче середовище, уже маючи досвід поведінки в ньому, і не витрачаючи час на адаптацію.

Під час подальшої реалізації нашого варіанту ідеології дуальної вищої технічної освіти на основі ідеї інтеграції навчання з виробництвом в життя у ВПІ, а потім у Вінницькому державному технічному університеті (ВДТУ), який став у 1994 році правонаступником ВПІ, та у Вінницькому національному технічному університеті (ВНТУ), який став у 2003 році правонаступником ВДТУ, було акцентовано увагу на тому, що, оскільки кафедри навіть одного університету мають різні можливості надання своїм студентам робітничих професій, а самі студенти мають не однакову мотивацію і не однакові здібності, то важливо мати математичну модель, за допомогою якої можна було б спрогнозувати ще до початку процесу освоєння студентами робітничих професій той рівень кваліфікації, який вони здатні отримати в кінці цього процесу. Адже завдяки такому прогнозу кафедра може вчасно спланувати і втілити в життя ті заходи, яких необхідно вжити для того, щоб усі студенти вийшли на робочий триместр з посвідченнями робітничої кваліфікації на рівні 4-го, 3-го чи 2-го розряду.

Висвітлення процесу синтезу такої математичної моделі у формі нечіткої бази знань з використанням теорії лінгвістичної змінної [2] нами здійснено у трьох статтях [3,4,5], у першій з яких ми формалізували задачу, а також здійснили її структурування і параметризацію; у другій статті ми побудували саму математичну модель у формі відповідної нечіткої бази знань і здійснили її алгоритмізацію; у третій статті ми виклали методику застосування розробленої математичної моделі в прикладних задачах.

У даній доповіді ми доповнюємо ці статті новим матеріалом, присвяченим експериментальній апробації цих результатів в конкретних практичних задачах.

Викладення цього матеріалу почнемо з визначення тих лінгвістичних змінних, на множині яких здійснюватиметься синтез математичної моделі прогнозу рівня кваліфікації, отриманої студентами в результаті освоєння робітничої професії.

Як показано в наших роботах [3, 4, 5], для синтезу вищевказаної моделі прогнозу рівня кваліфікації достатньо задати дев'ять лінгвістичних змінних, а саме: x_{111} – рівень засвоєння теоретичних основ професії студентом; x_{112} – рівень доступу студента до електронних і друкованих джерел інформації, в яких наведено теоретичні основи професії; x_{121} – рівень внутрішньої мотивації студента до вивчення теоретичних основ професії; x_{122} – рівень здатності студента до вивчення теоретичних основ професії; x_{211} – рівень відповідності навчального обладнання завданням набуття студентом практичних навичок професії; x_{212} – рівень доступу студента під час практичних занять до навчального обладнання, виділеного для набуття практичних навичок

професії; x_{221} – рівень внутрішньої мотивації студента до набуття практичних навичок професії; x_{222} – рівень здатності студента до набуття практичних навичок професії; y – рівень кваліфікації, отриманої студентом в результаті навчально-виробничої підготовки.

Під поняттям «лінгвістична змінна» ми, як і в роботі [2], розуміємо змінну, яка приймає значення з множини слів або словосполучень деякої природної мови.

Математична модель прогнозу рівня кваліфікації як вихідної лінгвістичної змінної є функцією від перерахованих вище восьми вхідних лінгвістичних змінних, тобто, в узагальненому вигляді цю математичну модель визначимо так:

$$y = f(x_{111}, x_{112}, x_{121}, x_{122}, x_{211}, x_{212}, x_{221}, x_{222}). \quad (1)$$

Оскільки в узагальненій моделі усі лінгвістичні змінні належать до одного типу – «рівень чогось», то структурувати їх можна однією і тією ж множиною термів, а саме:

$$\langle \text{високий (В)} \rangle, \langle \text{достатній (Д)} \rangle, \langle \text{середній (С)} \rangle, \langle \text{низький (Н)} \rangle. \quad (2)$$

З метою ідентифікації математичної моделі (1) нечіткою базою знань використано ієрархічний принцип її побудови на основі трирівневого дерева нечіткого виведення та 7-ми кроковий алгоритм реалізації від складення рівнянь Мамдані до отримання дефазифікованих числових значень прогнозних оцінок рівня кваліфікації студентів, які є випадковими величинами.

Для чіткого оцінювання якості підготовки розроблена методика, суть якої полягає у тому, що на етапі оцінювання якості практичної підготовки студентів за ідеологією освоєння робітничої професії емпіричні закони розподілу дефазифікованих значень лінгвістичних змінних будуються в напрямку від верхнього рівня ієрархії до нижнього і виявляються ті з них, що мають відхилення від нормального; а на етапі підвищення якості практичної підготовки ті емпіричні закони розподілу, що мають відхилення від нормального, нормалізуються шляхом створення додаткових контрольованих впливів на відповідні лінгвістичні змінні базового рівня, що є вхідними для нижнього рівня ієрархії запропонованої структури.

Експериментальна апробація запропонованої методики чіткого оцінювання на нечітких моделях здійснена з використанням даних експерименту, проведеного з залученням 405 студентів трьох факультетів Вінницького національного технічного університету, а саме: факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання, факультету машинобудування і транспорту, а також факультету електроенергетики і електромеханіки. Результати апробації, що приведені в основному тексті доповіді, підтвердили високу ефективність як синтезованої математичної моделі оцінки якості практичної підготовки студентів, так і високу ефективність запропонованої методики, яка реалізує цю математичну модель.

Список літературних джерел

1. Мокін Б. І. Перші підсумки експерименту в технологічній системі «бакалавр – інженер – магістр» / Б. І. Мокін // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1993. – № 1. – С. 81–85.
2. Заде Л. А. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений / Л. А. Заде. – М.: Мир. – 1976. – 167 с.
3. Мокін О. Б. Математична модель прогнозу рівня кваліфікації, яку отримає кожний студент в результаті освоєння робітничої професії (Частина 1 : формалізація, структуризація і параметризація задачі) / О.Б. Мокін, О.М. Мензул, В.М. Мізерний, Б.І. Мокін // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2012. – № 5. – С. 125–129.
4. Мокін О. Б. Математична модель прогнозу рівня кваліфікації, яку отримає кожний студент в результаті освоєння робітничої професії (Частина 2 : побудова нечіткої бази знань та її алгоритмізація) / О. Б. Мокін, О. М. Мензул, В. М. Мізерний, Б. І. Мокін // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2012. – № 6. – С. 152–156.
5. Мокін О. Б. Методика оцінювання і підвищення якості практичної підготовки студентів за технологією освоєння робітничої професії / О. Б. Мокін, О. М. Косарук, О. В. Слободянюк, В. М. Мізерний, Б. І. Мокін // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2015. – № 1. – С. 177–186.

П.І. Кулаков, д.т.н., проф.; В.К. Тихонов, доцент, А.П. Кулакова, студент

КРИТЕРІЙ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА МОЛОКА

Ключові слова: технологічний процес, виробництво молока, оцінювання стану

На якість технологічного процесу виробництва коров'ячого молока (ТПВКМ) впливають різноманітні фактори, до яких відносяться захворюваність тварин, запалювальні процеси та травмованість, наявність у тварин паразитів, стану «охоти», неякісне виконання персоналом своїх функціональних обов'язків, відмови технічних засобів, та інше. На основі результатів вимірювального контролю параметрів ТПВКМ можна здійснити оцінювання стану його окремих складових елементів та виявити наявність певних подій, які негативно впливають на ефективність його роботи. Основною ознакою виникнення певної події є негативний результат вимірювального контролю відповідного параметра ТПВКМ. Для більшості варіантів відхилень стану складових елементів ТПВКМ можна виділити множину параметрів, значення яких, при наявності відхилення, може не відповідати границям допуску. Оптимальним кількісним показником стану складових елементів ТПВКМ є імовірність наявності того чи іншого варіанту відхилення. Теоретично, її можливо визначити на основі результатів вимірювального контролю параметрів ТПВКМ, враховуючи їх взаємкорельованість, з використанням методів теорії імовірності. Але такий спосіб визначення імовірності являє собою надзвичайно складне завдання, яке потребує проведення дуже великої кількості експериментальних досліджень. Для вирішення цього завдання, пропонується критерій оцінювання стану складових елементів ТПВКМ на основі результатів вимірювального контролю його параметрів, який визначається наступним чином [1].

Під контрольованим параметром першого рівня будемо розуміти такий параметр ТПВКМ, відхилення якого від норми є основною ознакою виникнення певного відхилення стану складового елемента ТПВКМ. Нехай для виявлення відхилення стану складового елемента ТПВКМ від норми здійснюється вимірювальний контроль N_K параметрів, які корельовані з контрольованим параметром першого рівня. Контрольованим параметром i -го рівня є той контрольований параметр, який має i -те за величиною значення модуля коефіцієнту кореляції з контрольованим параметром першого рівня. Позначимо через $P_{K_1}, P_{K_2}, \dots, P_{K_i}, \dots, P_{K_{N_K}}$ - результати вимірювального контролю контрольованих параметрів 1, 2 ... i ... N_K рівня. Прийемо, що якщо значення контрольованого параметра i -го рівня не відповідає нормі, то $P_{K_i} = 1$, якщо відповідає нормі – $P_{K_i} = 0$. Позначимо через $\rho_{K_{11}}, \rho_{K_{12}}, \dots, \rho_{K_{1i}}, \dots, \rho_{K_{1N_K}}$ коефіцієнти кореляції між контрольованим параметром першого рівня та контрольованими параметрами 1, 2 ... i ... N_K рівня, вони визначаються на основі експериментальних даних наступним чином. В результаті проведення серії з n_K вимірювань визначається послідовність результатів вимірювання контрольованого параметра першого рівня $p_{K_{11}}, p_{K_{12}}, \dots, p_{K_{1n_K}}$, та послідовність з n_K результатів вимірювання контрольованих параметрів i -го рівня $p_{K_{i1}}, p_{K_{i2}}, \dots, p_{K_{in_K}}$. Чисельне значення критерію оцінювання стану складових елементів ТПВКМ на основі результатів вимірювального контролю його параметрів пропонується визначати за виразом

$$K_{PO} = \frac{(1 + \sum_{i=2}^{N_K} |\rho_{K_{1i}}| p_{K_i})}{(1 + \sum_{i=2}^{N_K} |\rho_{K_{1i}}|)} \quad (1)$$

Чим більше значення критерію наближається до одиниці, тим більша імовірність наявності відповідного відхилення стану складових елементів ТПВКМ від норми.

Список літературних джерел

1. Кулаков, П. І. Елементи теорії вимірювального контролю параметрів біотехнічної системи доїння / П. І. Кулаков. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 220 с.

МЕТОД ВСТАНОВЛЕННЯ МІЖКАЛІБРУВАЛЬНИХ ІНТЕРВАЛІВ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Ключові слова: калібрування, засіб вимірювальної техніки, міжкалібрувальний інтервал, простежуваність, контрольні карти кумулятивних сум, середньоквадратичне відхилення, критична послідовність точок

Після набуття чинності з 1 січня 2016 року нової редакції Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [1] у фахівців-метрологів виникає дедалі більше питань стосовно проведення калібрування засобів вимірювальної техніки (далі – ЗВТ). Особливої уваги заслуговує питання періодичності проведення калібрувань ЗВТ, що застосовують у лабораторіях.

Запропонований у роботі метод заснований на проведенні періодичного контролю метрологічних характеристик конкретних ЗВТ, при цьому він враховує як зміщення середнього значення, так і зміну чутливості ЗВТ шляхом аналізу середньоквадратичного відхилення (далі – СКВ) результатів вимірювань.

Для виявлення зміщення середнього значення доцільно застосувати контрольні карти накопичених сум (або карти кумулятивних сум, Cusum-карти [2]). Вони використовуються в методах контролю якості для виявлення перевищення абсолютних критичних значень показників продукції, процесів і параметрів, оскільки можуть забезпечити виявлення на ранній стадії виходу процесу з-під контролю і дають більш чітке уявлення про поведінку процесу, ніж звичайна карта Шухарта, яка не дає відповіді на питання, де відбулися істотні зміни процесу [3]. Відмінною рисою Cusum-карт є те, що нанесені на карту точки не відповідають окремим спостереженнями або статистикам, як, наприклад, середнє або розмах, обчислені по вибірці [4], а представляють інформацію про спостереження від першого до останнього, включно. Cusum-карта дозволяє швидко і точно визначити область змін процесу, а також момент, коли необхідне введення коригувальних дій.

Міжнародним стандартом [2] для контролю процесів за допомогою Cusum-карт запропоновано використовувати графічний інструмент з назвою "V-маска". Ключовим параметром V-маски, при цьому, є кут нахилу її променів. Практичні аспекти використання V-маски детально описані у [5].

Для зменшення часу реакції методу на зміщення середнього значення, у якості критерія запропоновано визначати не момент перетину графіку на Cusum-карті променів V-маски, а зміну значення тангенса кута нахилу регресійної лінії, побудованої між двома останніми точками, нанесеними на Cusum-карту, а саме його збільшення. При цьому граничне значення тангенса кута нахилу, як показано у [5], розраховують за формулою:

$$tg\theta \frac{\delta\sigma_0}{2 \lim}, \quad (1)$$

де δ – нормоване значення зміщення процесу (середніх значень результатів вимірювань);
 σ_0 – нормоване СКВ.

При цьому, перевищення граничного допустимого значення $tg\theta_{lim}$ вперше, може розглядатись як попереджувальний сигнал, тоді як друге поспіль перевищення – достовірним сигналом про вихід середнього значення за встановлені допустимі границі і необхідність втручання у процес використання ЗВТ – надати його на калібрування або, навіть, у ремонт.

Іншим інструментом запропонованого методу є контроль СКВ, використовуваного ЗВТ. Для оцінки зміни з часом дисперсії результатів вимірювань засобом вимірювальної техніки, необхідно визначити який статистичний критерій можна використати, щоб охарактеризувати розподіл величини. Можна припустити, що вибіркові значення вимірюваної величини мають нормальний закон розподілу. Як відомо, для випадкових величин, які мають нормальний розподіл, при побудові довірчого інтервалу для оцінки дисперсії застосовують статистику, розподіл якої наближається до розподілу χ^2 Пірсона.

Виходячи з цього встановлено довірчий інтервал для вибіркового СКВ, який використовується при приведенні його проміжних контрольних досліджень.

У випадку проведення проміжного контролю засобів вимірювальної техніки у лабораторії перед користувачем виникає наступна задача: заводом-виробником приладу встановлено нормоване значення СКВ (або дисперсії) вимірювань σ_0 , а, з метою недопущення використання

невідповідного ЗВТ, контролювати необхідно отриману поточну вибіркочну дисперсію S_n . У такому випадку, ймовірність потрапляння вибіркової дисперсії S_n у певний інтервал буде визначатись за формулою:

$$P\left(\sqrt{\frac{\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1} \cdot \sigma_0^2}{n-1}} \leq S_n \leq \sqrt{\frac{\chi^2_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \cdot \sigma_0^2}{n-1}}\right) = 1 - \alpha, \quad (2)$$

де $\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1}$, $\chi^2_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$ – квантилі розподілу χ^2 Пірсона, залежно від рівня значущості α , та кількості ступенів свободи $\nu = n - 1$;

n – кількість спостережень у вибірці.

У [6] встановлено критерії виявлення розладнання технологічного процесу, засновані на аналізі середніх вибіркочних значень величин.

У нашому випадку розподіл χ^2 Пірсона не є симетричним відносно математичного очікування, тому запропоновано інші підходи при розподілі функції щільності ймовірності на діапазони. Спочатку за умовну центральні лінії прийнято моду розподілу χ^2 Пірсона, яка, як відомо, рівна $CL_{mod} = \nu - 2$, де ν – кількість ступенів свободи. У нашому випадку, кількість спостережень при вимірюваннях прийнято $n = 5$, отже $CL_{mod} = 2$. З урахуванням прийнятого рівня значущості $\alpha = 0,01$ графік розподілу щільності ймовірності було розділено на шість діапазонів так, як зображено на рис. 1а).

Аналогічним чином графік розподілу щільності ймовірності було розбито на діапазони відносно 50-тивідсоткової ймовірності потрапляння точок вище або нижче центральної лінії. У цьому випадку значення $CL_{prob} = 3,36$ (див. рис. 1б).

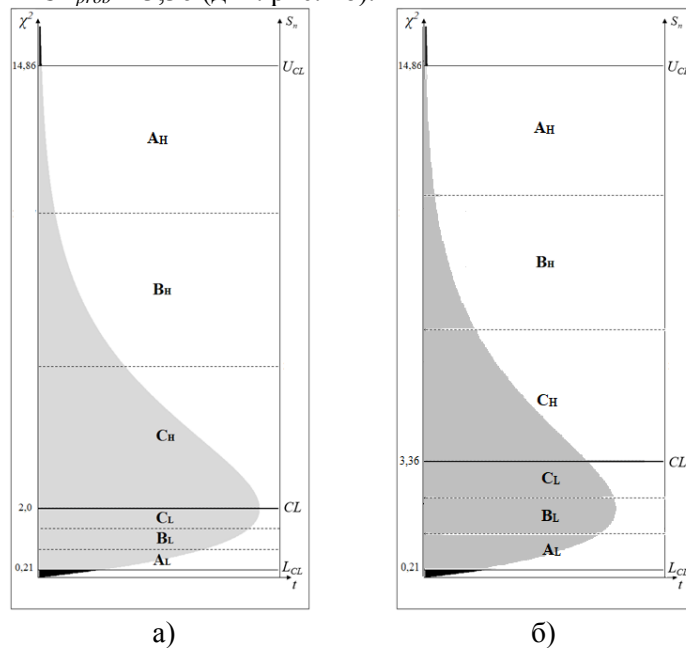


Рис. 1. Діапазони на графіках розподілу щільності ймовірностей:
а) при $CL_{mod} = 2$; б) при $CL_{prob} = 3,36$

Виходячи з рівня значущості $\alpha = 0,01$, ймовірність потрапляння точки на контрольній карті за межі L_{CL} та U_{CL} дорівнює 1% і якщо це відбулось, вважають, що на процес впливають не випадкові величини. Так само послідовність точок на контрольній карті, які знаходяться у певних діапазонах, ймовірність виникнення якої менше 1% може вважатись сигналом того, що на процес впливають не випадкові величини і необхідне втручання. Назвемо таку послідовність критичною послідовністю точок. У випадку із ЗВТ це означає, що необхідно провести аналіз причин, які могли б це спричинити і, можливо, надати ЗВТ на калібрування.

Проведений аналіз ймовірностей потрапляння комбінацій послідовних точок у певні діапазони (або комбінації діапазонів) показав, що кількість точок, необхідна для виникнення критичної послідовності точок є різною і, очевидно, залежить від ймовірностей. Тому було прийнято рішення щодо введення коефіцієнта ефективності, який дорівнює $K_{ef} = P/N$, де P – ймовірність потрапляння точки у діапазон; N – кількість точок, необхідна для виникнення

критичної послідовності. K_{ef} розраховують для усіх можливих діапазонів та їх комбінацій при $CL_{mod} = 2$ та $CL_{prob} = 3,36$. Якщо у певному діапазоні K_{ef} виявився більшим для поділу за CL_{mod} – критичну послідовність точок для нього визначають за центральної лінії, що дорівнює моді, якщо ж за CL_{prob} – за центральної лінії при 50-відсотковій ймовірності.

Висновок. За результатами проведеної роботи, було створено метод встановлення необхідності подання ЗВТ на калібрування. Метод є одночасно чутливим і до зміщення середнього значення результатів вимірювань під час періодичного контролю ЗВТ, і до зміни СКВ результатів, яка є наслідком втрати чутливості ЗВТ з часом. Розроблений метод може бути використаний випробувальними та калібрувальними лабораторіями для документального обґрунтування міжкалібрувальних інтервалів ЗВТ, як того вимагають міжнародні стандарти [7, 8].

Список літературних джерел/references

1. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність»
2. ISO 7870-4:2011 Control charts – Part 4: Cumulative sum charts
3. Володарський Є. Т., Потоцький І. О. Розроблення методів визначення необхідності проведення повторних калібрувань еталонів та засобів вимірювальної техніки // Метрологія та прилади. – 2017. – № 5-1. – с. 62 – 67.
4. Volodarsky E., Kosheva L., Warsza Z., Idzkowski A. Precautionary statistical criteria in the monitoring quality of technological process // Recent Advances in Systems, Control and Information: International Conference SCIT 2016, – May 20-21, 2016. – Warsaw, Poland. – Technology ISBN 978-3-319-48923-0, 2017, Springer, – pp. 740-750
5. Volodarsky E., Pototskiy I. Theoretical substantiation and application of CUSUM-charts // Conference Proceedings 2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers CAOL*2019. – September 6-8, 2019. – Sozopol, Bulgaria. – pp. 636 – 639
6. Клевцова М. О. Методи забезпечення якості продукції на малопотужному кондитерському підприємстві: дисертація кандидата технічних наук / М. О. Клевцова. – Київ, 2019
7. ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій
8. ДСТУ ІЛАС-G24/OIML D 10:2013 Метрологія. Настанови щодо визначення міжкалібрувальних інтервалів засобів вимірювальної техніки

МЕТОД ОПРАЦЮВАННЯ СИГНАЛІВ ВИХРОСТРУМОВОЇ ДЕФЕКТОСКОПІЇ

Ключові слова: неруйнівний контроль, вихрострумова дефектоскопія, виявлення сигналів на фоні завод, опрацювання фазових характеристик сигналів, дискретне перетворення Гільберта, віконне опрацювання, r -статистика

Вступ. Вихрострумовий неруйнівний контроль ґрунтується на взаємодії електромагнітного поля з електропровідними матеріалами і виробами з них [1]. Цей вид контролю ефективно використовують для розв'язання завдань дефектоскопії у промисловості і на транспорті. Загальна схема формування сигналів вихрострумової дефектоскопії (ВСД) у випадку використання трансформаторних вихрострумових перетворювачів (ВСП) диференціального (або мультидиференціального) [2] типу наведено на рис. 1. Зазвичай такі перетворювачі збуджуються змінним електричним струмом синусоїдної форми частотою f . У випадку збалансованих вторинних обмоток, які включені диференціально, під час сканування ВСП ділянки виробу з дефектом формується радіоімпульсний сигнал виду

$$u_d(t, \bar{p}) = U(t, \bar{p}) \cos[2\pi ft - \varphi(t, \bar{p})], \quad (1)$$

де $U(t, \bar{p})$, $\varphi(t, \bar{p})$ – відповідно обвідна (амплітудно-часова характеристики сигналу, АХС) і початкова фаза (фазо-часова або фазова характеристика сигналу, ФХС); \bar{p} – вектор параметрів дефекту (до прикладу глибина та розкрив тріщини, її довжина тощо) та параметрів системи «ВСП – виріб» (відстань між ВСП та виробом, орієнтація ВСП відносно виробу, режим сканування тощо).

Сигнали (1) зазвичай спостерігаються на фоні значного шуму.

Постановка завдання. Мета дослідження – аналіз можливості застосування у ВСД методу опрацювання сигналів, який ґрунтується на аналізі r -статистики, отриманої в ковзному режимі в результаті опрацювання фазової характеристики сигналу [3] і здатний забезпечити підвищення вірогідності виявлення сигналів від дефектів у присутності значного шуму.

Основна частина. Для аналізу особливостей застосування у ВСД отриманої в ковзному режимі r -статистики використано представлення аналізованого сигналу моделлю адитивної суміші радіоімпульсів з сигналом-носієм частотою f реалізації гаусового шуму (рис.2).

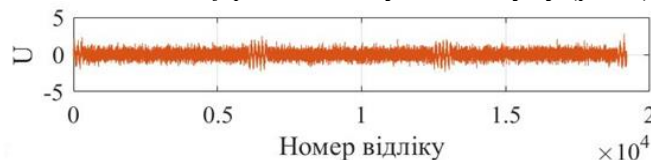


Рис. 2. Модель сигналу ВСД

Згідно базового методу виявлення радіоімпульсних сигналів [3] проводять за аналізом r -статистики [1]. Значення r -статистики отримують в результаті ковзного віконного опрацювання різниці $\Delta\Phi(t)$ фазової характеристики суміші сигналу з шумом (ФХС) та фазової характеристики сигналу-носія – $2\pi ft$ (рис. 3). ФХС обчислюють через дискретне перетворення Гільберта (ДПГ) сигналу $u_d(t, \bar{p})$. В базовому методі віконна функція має фіксовану апертуру M . Про наявність сигналу дефекту судять за перевищення r -статистикою порогового рівня. Одним з основних недоліків базового методу є обмеження на його застосовувати за низького відношення сигнал/шум.

Згідно запропонованому методу проводять мултивіконне опрацювання ФХС з різними апертурами віконних функцій, а часове положення сигналів визначають за отриманою статистикою

$$R[j] = \prod_{i=1}^k r_{M_i}[j], \quad (2)$$

де $r_{M_i}[j]$ – r -статистика, обчислена для віконної функції з апертурою M_i .

Процес отримання r -статистики представлено на рис. 3.

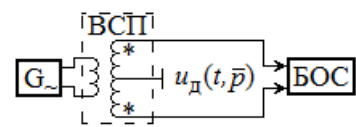


Рис. 1. Формування сигналу у дефектоскопі з трансформаторним ВСП диференціального типу (БОС – блок опрацювання сигналів)

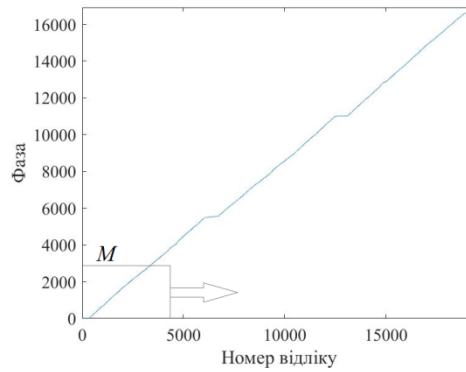


Рис. 3. Ілюстрація процесу сканування ФХС віконною функцією з апертурою M

Для оцінки ефективності опрацювання сигналів використано коефіцієнт $K_{\text{еф}} = \frac{r_c}{r_{\text{ш}}}$, де r_c , $r_{\text{ш}}$ – значення r -статистики відповідно на ділянках з радіоімпульсом і без нього.

Методика моделювання. Для перевірки ефективності розробленого методу опрацювання сигналів було проведено модельний експеримент, який складався з наступних етапів:

1. Формування послідовності радіоімпульсів з гармонічним сигналом-носієм $u_d[j, \bar{p}]$.
2. Формування сигнально-шумової суміші.
3. Застосування ДПГ до аналізованого сигналу з метою отримання ФХС $\varphi[j, \bar{p}] \in [0, 2\pi)$.
4. Отримання розгорнутої ФХС $\Phi[j, \bar{p}]$ та різниці $\Delta\Phi[j, \bar{p}] = \Phi[j, \bar{p}] - 2\pi f T_d j$, де T_d – період дискретизації сигналу.
5. Розрахунок значень вибірок $r_{M_i}[j]$.
6. Розрахунок статистики $R[j]$.
7. Оцінювання ефективності розробленого методу порівняно з базовим.

Результати моделювання та їх обговорення. Було обрано такі параметри модельного експерименту: $f = 5$ кГц; відношення $c/\text{ш} = 2$; частота дискретизації $F_d = 640$ кГц; обсяг вибірки $N = 19000$; апертури віконних функцій $M = [150, 200, 300]$.

Аналіз ФХС за базовим методом проводився віконною функцією з апертурою $M = 300$. Розраховані значення r -статистик представлені на рис. 4. В результаті проведеного модельного експерименту отримано значення коефіцієнтів $K_{\text{еф}}$ для базового та розробленого методів, які склали відповідно $K_{\text{еф}} \approx 6$ та $K_{\text{еф}} \approx 90$.

Висновки. Результатами моделювання підтверджено, що мультівіконне опрацювання фазових характеристик сигналів дозволяє сформувавши r -статистику $R[j]$, яка дає змогу збільшити вірогідність виявлення сигналів від дефектів і спрощує обґрунтування порогового рівня для фазових виявлячів сигналів. Подальші дослідження цього методу доцільно проводити у напрямку аналізу залежності ефективності від апертур і кількості вікон.

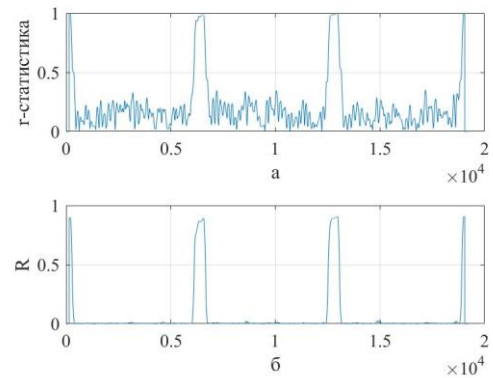


Рис. 4. Функції $r_{300}[j]$ (а) та $R[j]$ (б)

Список літературних джерел

1. Nondestructive Testing Handbook, Third Edition: Volume 5, Electromagnetic Testing / Satish S Udpa (technical editor), Patrick O'Moore (editor). – ASNT, 2004. – 536 p.
2. Учанін В.М. Накладні вихрострумові перетворювачі подвійного диференціювання / В.М. Учанін. – ЛьвівЖ СПОЛОМ, 2013. – 268с.
3. Куц Ю. В. Статистична фазометрія / Ю.В. Куц, Л.М. Щербак – Тернопіль: Вид-во Тернопіл. технічного ун-ту імені Івана Пулюя, 2009. – 383 с.

О.М. Возняк, к.т.н., доцент; В.О. Кієнко, студент

РОЗРОБКА МЕТОДУ ПЛАВАЮЧИХ НАВАНТАЖЕНЬ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ НЕСТАНДАРТНОЇ СИСТЕМИ ПАРАМЕТРІВ

Ключові слова: чотириполосник, нестандартні параметри, імітанс, плаваючі навантаження, система параметрів

Аналізуючи аналітичні вирази, що визначають головні малосигнальні параметри широкосмужних і частотно-вибіркових підсилювачів (у загальному випадку чотириполосників) і використовуваних при розрахунку, наприклад таких параметрів як робочий K_p і номінальний K_{p-n} , коефіцієнти прямої і оберненої передачі по потужності, інваріантний коефіцієнт стійкості $K_{c.vh}$, імітанси узгоджувачів кіл $ReW_{го}$, $ImW_{го}$, $ReW_{но}$, $ImW_{но}$, видно, що їх можна розрахувати, якщо відома частина елементів стандартної системи W -параметрів матриці чотириполосника і їх похідні котрі і пропонується використовувати, як систему нестандартних параметрів чотириполосника [1].

$$Re(W_{12}W_{21}), Im(W_{12}W_{21}), W_{11}, W_{22}, |W_{12}|, |W_{21}|, \quad (1)$$

Аналіз нестандартної системи параметрів активного чотириполосника, заснованої на елементах стандартної W -матриці і її похідних показав, що її елементи, які визначають залежність вхідного $W_{вх}$ і вихідного $W_{вих}$ імітансів чотириполосника від реактивних імітансів, підключених відповідно до його виходу ImW_n або входу ImW_r , легко знаходяться з екстремальної системи параметрів. Ця система характеризується тим, що її елементи - величини імітансів входу і виходу чотириполосника в екстремальних точках. Вимірювання цих величин забезпечує вимірювання параметрів нестандартної системи W -параметрів. Якщо ж до відомих екстремальних величин імітансів додати значення максимально досяжного коефіцієнт підсилення (передачі) чотириполосника K_{mS} на межі стійкості, то система параметрів:

$$W_{вх.А}, W_{вих.А}, W_{вх.В}, W_{вих.В}, K_{mS}, W'_{вх.А}, W'_{вих.В}, \quad (2)$$

дозволить перейти до основних параметрів чотириполосників через нестандартну систему параметрів. Процес вимірювання цієї системи параметрів показує відсутність більшості недоліків, властивих вимірюванню елементів класичних систем W - і S -параметрів чотириполосника [2].

Для визначення елементів нестандартної екстремальної системи параметрів у точках А та В, що відповідають максимальним значенням дійсної і уявної складових імітанса, реалізованого за допомогою досліджуваного чотириполосника, можна скористатися вимірювальною лінією або іншим типом вимірювача імітанса. Проте їхня точність при великих коефіцієнтах відбиття не відповідає сформульованим вимогам. Тому пропонується використовувати установку, структурна схема якої подана на рис. 1.1.

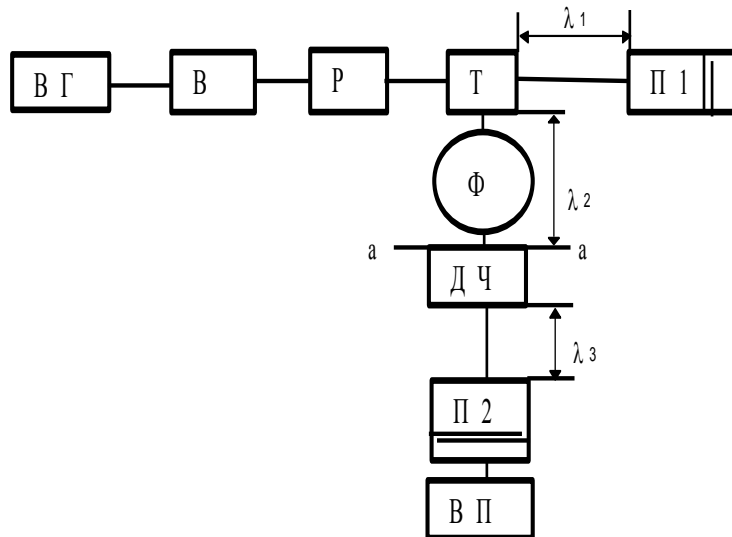


Рис. 1.1. Структурна схема установки для вимірювання нестандартної системи параметрів

Розроблений метод «плаваючих навантажень», дозволяє при довільних навантаженнях визначати з високою точністю в діапазоні НВЧ систему нестандартних параметрів чотириполюсника, достатню для розрахунку більшості лінійних електронних схем.

Список літературних джерел

1. Возняк О.М. Нестандартна система екстремальних параметрів чотириполюсників //Вінниця ВПІ. –1997. –№ 3. –С. 88-92.
2. Елизаров А.С. Автоматизация измерений параметров линейных невзаимных СВЧ четырехполюсников. –2017. –168 с.
3. Балябин А.Н., Конягин Б.А., Лысенко В.Я, Пронин В.А., Рожков В.М. Малошумящий усилитель двусантиметрового диапазона волн на полевых транзисторах. –В кн.: полупроводниковая электроника в технике связи. –М.: Радио и связь, –2015. –Вып. 26. –С. 74-81.

П.І. Кулаков, д.т.н., професор; І.Г. Симчук, студентка
ПРОХОДЖЕННЯ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ
КРИЗЬ ВОДНО-МОЛОЧНИЙ РОЗЧИН

Ключові слова: *стійлова доїльна установка, водно-молочний розчин, інфрачервоне випромінювання, фотоприймач*

З метою створення засобу оперативного вимірювального контролю наявності води у молоці отримано залежність вихідної напруги фотоприймача на основі пари фотодіод – операційний підсилювач від відносної масової частки молока у водно – молочному розчині при проходженні крізь розчин інфрачервоного випромінювання [1, 2].

$$U_F(\eta) = I_0 S_{I0}(\lambda) R_{ZZ} S_{VD} \cdot 10^{\frac{d \rho_M \rho_V (k_M(\lambda) + k_V(\lambda) (\frac{1}{\eta} - 1))}{\rho_V + \rho_M (\frac{1}{\eta} - 1)}} \quad (1)$$

Для забезпечення максимальної чутливості вищевказаного засобу створено методику визначення оптимальної довжини хвилі інфрачервоного випромінювання.

Вираз, який зв'язує відносну масову частку молока у водно-молочному розчині з вихідною напругою фотоприймача на основі пари фотодіод – операційний підсилювач

$$\eta = \frac{\rho_M \lg \frac{U_F(\eta)}{I_0 S_{I0}(\lambda) R_{ZZ} S_{VD}} + d \rho_M \rho_V k_V(\lambda)}{(\rho_M - \rho_V) \lg \frac{U_F(\eta)}{I_0 S_{I0}(\lambda) R_{ZZ} S_{VD}} + d \rho_M \rho_V (k_V(\lambda) - k_M(\lambda))} \quad (2)$$

На рис. 1, а, наведено результати інтерполяції за допомогою кубічних сплайнів спектральних характеристик пропускання води та молока, які наведені на 1, а на рис. 1, б – графік відношення цих функцій.

Як слідує з рис. 1, б, оптимальне значення довжини хвилі інфрачервоного випромінювання для визначення відносної масової частки молока у водно-молочному розчині, при $d = 10$ мм складає приблизно 0,91 мкм.

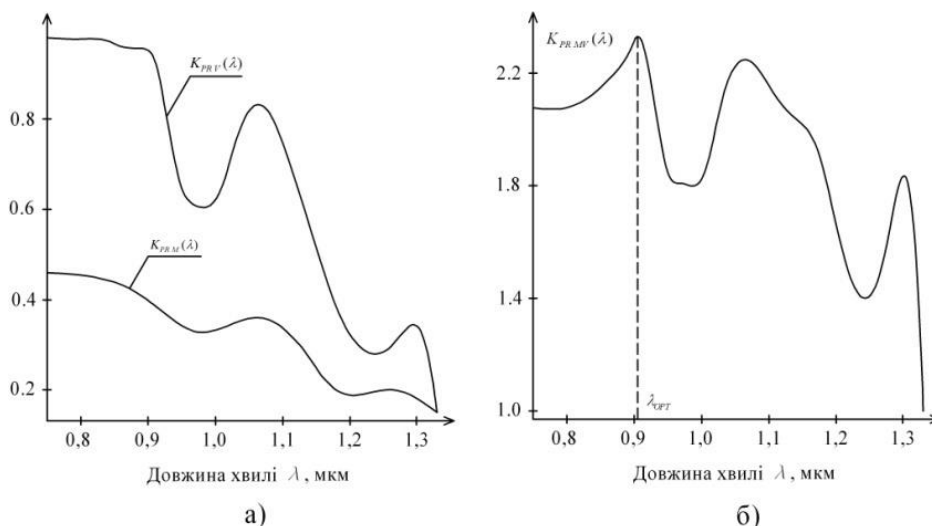


Рис. 1. Результати інтерполяції спектральних характеристик пропускання води і молока та графік відношення їх інтерполюючих функцій. а - інтерполюючі функції спектральних характеристик пропускання води та молока; б – відношення інтерполюючих функцій спектральних характеристик пропускання води та молока

У експериментальних дослідженнях у якості випромінювача використовувався інфрачервоний світлодіод ELIR11-21. Свиробництва компанії EverlightAmericasInc, який має номінальну довжину хвилі інфрачервоного випромінювання 0,94 мкм та максимальний струм 100 мА.

Фотоприймач на основі пари фотодіод – операційний підсилювач був реалізований на основі фотодіоду S1336-18BQ виробництва компанії Hamamatsu Photonics, у якого спектральна характеристика має максимум при довжині хвилі випромінювання 0,96 мкм, і який на цій довжині хвилі має інтегральну струмову чутливість 0,5 А/Вт. Певна розбіжність між експериментальними та теоретичними даними зумовлена тим, що не враховане відбиття інфрачервоного випромінювання від водно-молочного розчину, дифракція випромінювання та його розсіювання шариками жиру у розчині, немонохроматичність джерела випромінювання.

Список літературних джерел

1. Кулаков, П. І. Елементи теорії вимірювального контролю параметрів біотехнічної системи доїння / П. І. Кулаков. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 220 с. -ISBN 978-966-641-641-7.
2. Kucheruk, V. Measurement of the Number Servings of Milk and Control of Water Content in Milk on Stall Milking Machines / V. Kucheruk, P. Kulakov, N. Storozhuk // Proceedings of the International Conference SCIT 2016, May 20-21, 2016, Warsaw, Poland. Recent Advances in Systems, Control and Information Technology. Part V, Volume 543 of the series Advances in Intelligent Systems and Computing, pp 435-447. - 01 December 2016. - DOI: 10.1007/978-3-319-48923-0_46

О.М. Васілевський, д.т.н., проф., В.В. Присяжнюк, старший викладач
ОЦІНЮВАННЯ НЕПЕВНОСТІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ В
ДИНАМІЧНОМУ РЕЖИМІ

Ключові слова: спектральна щільність, кореляційна функція, непевність, динамічний режим, стаціонарний та нестаціонарний випадковий процес

Методика оцінювання непевності засобів вимірювання обумовлена видом вхідного, вимірювального сигналу та режимом роботи засобів вимірювання (ЗВ) [1-10].

Перший найпростіший випадок, коли вхідний сигнал є сталою величиною, тобто відносить до класу стаціонарних випадкових процесів (СВП), а ЗВ працює в статичному режимі, непевність вимірювань можна оцінити за формулою:

$$u(y) = \sqrt{K_y(0)} = \sqrt{\int_0^\infty G_y(w)dw}, \quad (1)$$

де $K_y(0)$ – кореляційна функція результату вимірювання (вихідного сигналу) при $\tau=0$;

$G_y(w)$ – спектральна щільність вихідного сигналу, яка визначається за виразом:

$$G_y(w) = G_x(w)|W(jw)|^2 = \left[\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} K_x(\tau)e^{-jw\tau} d\tau \right] |W(jw)|^2, \quad (2)$$

де $G_x(w)$ та $K_x(\tau)$ – спектральна щільність та кореляційна функція вимірюваного значення фізичної величини (вхідного сигналу);

$W(jw)$ – передатна функція ЗВ [2].

Другий випадок. Вхідний сигнал $x(t) = x_0$ – СВП, ЗВ працює в динамічному режимі. При такому поєднанні виду вхідного сигналу і режиму роботи ЗВ вихідний сигнал можна описати виразом:

$$y(t) = x_0 \int_0^t \omega(\tau) d\tau, \quad (3)$$

де $\omega(\tau)$ – імпульсна перехідна характеристика ЗВ, а непевність вихідного сигналу можна оцінити за виразом:

$$u_y(t) = \sqrt{\int_0^t \omega(\tau_1) \left[\int_0^t \omega(\tau_2) K_x(\tau_1 - \tau_2) d\tau_2 \right] d\tau_1}, \quad (4)$$

де $K_x(\tau_1 - \tau_2)$ – кореляційна функція вхідного сигналу.

Третій випадок. Вхідний сигнал є нестаціонарним випадковим процесом, тобто $x(t) \neq \text{const}$, ЗВ знаходиться в динамічному режимі. Результат вимірювання описується виразом:

$$y(t) = \int_0^t \omega(\tau) m_x(t - \tau) d\tau. \quad (5)$$

Відповідно непевність вихідного сигналу може бути визначена через кореляційну функцію $u(t) = \sqrt{K_y(t_1, t_2)}$ за умовою, що $t=t_1=t_2$.

Кореляційна функція результату вимірювання описується виразом:

$$K_y(t_1, t_2) = \int_0^{t_1} \omega(\tau_1) \left[\int_0^{t_2} \omega(\tau_2) K_x(t_1 - \tau_1, t_2 - \tau_2) d\tau_2 \right] d\tau_1, \quad (6)$$

де $K_x(t_1 - \tau_1, t_2 - \tau_2)$ – кореляційна функція нестаціонарного випадкового процесу вимірюваного значення фізичної величини.

Для подальшого дослідження пропонується дослідити непевності, що виникатимуть при моделюванні вихідних сигналів для трьох передатних функцій, що найчастіше застосовуються для опису ЗВ в динамічних режимах, а саме: аперіодична ланка 1-го порядку $W_1(s) = \frac{1}{1+T_s}$, аперіодична ланка 2-го порядку $W_2(s) = \frac{1}{(T_1s+1)(T_2s+1)}$ та коливальна ланка $W(s) = \frac{1}{T^2s^2+2\xi Ts+1}$ при трьох заданих кореляційних функціях вхідного сигналу $K_{1x}(\tau) = \sigma_x^2 e^{-b|\tau|}$, $K_{2x}(\tau) = \sigma_x^2 e^{-b|\tau|}(1 + b|\tau|)$ та $K_{3x}(\tau) = \sigma_x^2 e^{-b|\tau|}(1 - b|\tau|)$.

Список літературних джерел

1. Vasilevskiy O. M. A frequency method for dynamic uncertainty evaluation of measurement during modes of dynamic operation / O. M. Vasilevskiy // *International Journal of Metrology and Quality Engineering*. - 2015. - Volume 6. – Number 2. - 202.
2. Vasilevskiy O. M., Kulakov P. I., Ovchynnykov K. V., Didych V. M. Evaluation of dynamic measurement uncertainty in the time domain in the application to high speed rotating machinery // *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, Volume 8, Article Number 25, 2017 (pages 9). DOI: 10.1051/ijmqe/2017019.
3. Vasilevskiy O. M. EVALUATION OF UNCERTAINTY OF THE RESULTS OF DYNAMIC MEASUREMENTS, CONDITIONED THE LIMITED PROPERTIES USED THE MEASURING INSTRUMENT // 9 International Workshop on Analysis of Dynamic Measurements. - 2016. - Berlin, Germany (9–10 November, 2016). - <http://mathmet.org/resources/DYNAMIC2016/Vasilevski,-Alexandre-Dynamic-uncertainty.pdf>
4. Vasilevskiy O.M. Metrological characteristics of the torque measurement of electric motors // *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, 8, 7 (2017). - DOI 10.1051/ijmqe/2017005.
5. VASILEVSKIY O.M., YAKOVLEV M.Yu., KULAKOV P.I. Spectral method to evaluate the uncertainty of dynamic measurements // *Technical Electrodynamics*. - 2017. - № 4. - pp. 72-78.
6. Васілевський О.М., Кучерук В.Ю., Володарський С.Т. Основи теорії невизначеності вимірювань: [підручник]. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 230 с.
7. O. M. Vasilevskiy, P. I. Kulakov, I. A. Dudatiev, V. M. Didych and others, Vibration diagnostic system for evaluation of state interconnected electrical motors mechanical parameters, *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments*, 2017.
8. Васілевський О.М. Спосіб апріорної оцінки непевності вимірювальних приладів, що використовуються при динамічних вимірюваннях // *Вісник інженерної академії України*. - 2018. - № 1. - С. 156-162.
9. Oleksandr Vasilevskiy, Pavlo Kulakov, Dmytro Kompanets, Oleksander M. Lysenko, Vasyl Prysyzhnyuk, Waldemar Wójcik, Doszhon Baitussupov, A new approach to assessing the dynamic uncertainty of measuring devices, *Proceedings Volume 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018*, 108082E, <https://doi.org/10.1117/12.2501578>
10. Василевский А. Н. Способ выражения динамической неопределенности средств измерений / А. Н. Василевский // *Приборы и методы измерений*. – Минск. – 2013. - № 2 (7). – С. 109 – 113.

R.M. Dzhala, Dr. of SC; I.B. Ivasiv, Ph.D.; O.O. Chervinka; L.Ye. Chervinka

**SIZING ERROR FOR RANDOMLY LOCATED CORROSION SPOTS
BY DIFFUSE LIGHT REFLECTION SENSOR'S SIGNAL**

Keywords: *pitting corrosion, corrosion spot, size estimation, optical sensor, diffuse light reflectance, signal, modeling, measurement, imitator*

It is considered the problem of mean size estimation for the ensemble of sub-millimeter corrosion spots on the metal surface by the signal of diffuse light reflection sensor described in [1] (Fig.1). The intensity distribution of the superposition of the specular and diffuse parts of focused light beam reflectance on a photodiode array forms the signal of such sensor.

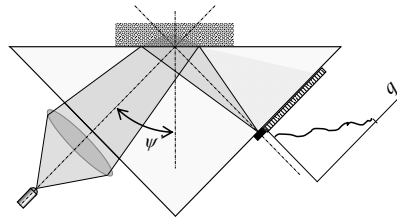


Fig. 1. Optical configuration of diffuse light reflection prismatic sensor

This signal depends sufficiently on general amount of corrosion spots on lighted part of examined surface as well as on size of mentioned spots. On the other hand, this signal also depends quite enough on the corrosion spots location within the boundaries of lighted surface, especially for the relatively small amount of considered spots.

Therefore, it is the actual problem to analyze the influence of the signal deviations caused by random location of corrosion spots on the spots' average size estimates.

Mentioned analysis was based on comparison of experimental signal deviations for imitator of pitting corrosion on the one hand with the modeled signals for corrosion spots' size deviations on the other hand. Preliminary processed experimental signals are shown at Fig.2a and modeled signals for different sizes of corrosion spots are shown at Fig.2b.

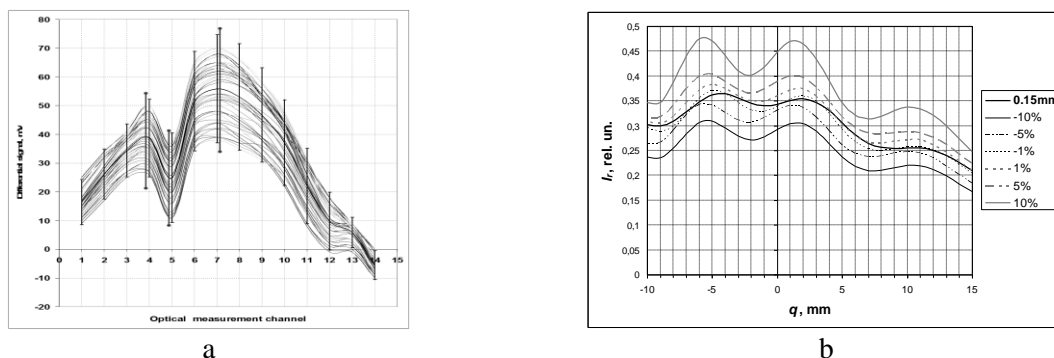


Fig. 2. Signal of sensor: a - experimental, for the randomly located corrosion spots on the pitting corrosion imitator;

b - modeled, for the corrosion spots' size deviations from the base size (0.15 mm)

Performed analysis has shown that the general signal deviation (used the specific relative norm for one channel) caused by random location of sub-millimeter corrosion spots does not allow size estimation with errors less than 50%. However, utilizing the signal peaks' positions is depended much less on spots random location and allows much more precision sizing (less than 5% error) of corrosion spots.

I. R. M. Dzhala, I. B. Ivasiv, L. Ye. Chervinka, O. O. Chervinka. Sensor of Diffuse Light Reflection for Early Detection of Paint-And-Lacquer Coatings' Deteriorations. Information Extraction and Process. 2015. Issue 22 (118). P. 58-67.

В.Ю. Кучерук, д.т.н., проф.; Б.П. Дишкант, студент
МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ККД СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

Ключові слова: *ККД, сонячна панель, трекер*

Сонячна енергетика є одна із перспективних напрямів використання енергії відновлюваних джерел, що швидко розвивається. З усіх відновлюваних джерел сонячна енергія є найбільш ємним і доступним природним енергоресурсом; щодо її використання накопичено багатовіковий історичний досвід.

На сучасному етапі розвитку сонячної енергетики на перше місце виходять проблеми ефективного використання енергії сонячної радіації за рахунок застосування передових технологій. Переваги практично невичерпного джерела енергії сонячної радіації при її використанні у якості первинного місцевого енергоресурсу полягають у можливості використання джерела теплової енергії на більшості ділянок поверхні Землі та в можливості безпосереднього перетворення енергії сонячної радіації в електричну енергію [1].

Існує безліч факторів які впливають на коефіцієнт корисної дії сонячних елементів, а саме: інтенсивності світлового потоку, кута нахилу конструкції, запиленості, тіні, температура. Як відомо, ККД сонячної панелі залежить від багатьох значущих чинників, але основним з них є орієнтація елементів батареї щодо джерела випромінювання. Щоб збільшити ККД сонячної панелі потрібно щоб освітленість підтримуватися на оптимальному рівні. Для підтримки цього рівня розроблено систему стеження за джерелом випромінювання.

Сонячний трекер - пристрій, призначений для відстеження положення сонця і орієнтування несучої конструкції таким чином, щоб отримати максимальний ККД від сонячних батарей. Концепція трекера є проста - за кількома датчикам контролер визначає оптимальне положення для сонячної батареї і змушує серводвигун повертати платформу з пристроєм в необхідну сторону[2]. Такі пристрої нескладні і недорогі. Але у них є один істотний недолік. У похмуру погоду при опадах і забрудненні фотоприймачів система непрацездатна.

Тому у модифікованому варіанті пропонується використовувати спосіб управління актуаторами за програмою, яка в певні інтервали часу розраховує розташування сонця. За внутрішнім годинником пристрою програма на блок управління видаватиме інформацію про значення азимутального і зенітного кутів з урахуванням місця розташування трекера (широта, довгота, висота, над рівнем моря), після чого виконавчим пристроєм проводитися відповідна переорієнтація трекера в розрахункове положення.

Список літературних джерел

1. Бутько В.І. Сучасні технологічні процеси, обладнання та устаткування фотоелектричного перетворення сонячної енергії.
2. Сонячні трекери [Електронний ресурс] . - Режим доступу: <http://ust.su/upload/iblock/85c/ust-article-1.pdf>

А.О. Крисак, к.е.н.; Ю.М. Костюк, викладач; М.О. Костюк, викладач; С.А. Гуменюк, викладач

ВІБРАЦІЙНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ АГРЕГАТІВ ТА ВУЗЛІВ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

Ключові слова: *технічна діагностика, технічний стан, вібраційні методи діагностування, зони двигуна, віброметр, віброзахист, віброджерело, агрегати автомобіля*

Технічна діагностика – галузь науково-технічних знань, сутність якої складають теорія, методи і засоби постановки діагнозу про стан технічних об'єктів.

Технічна діагностика вивчає методи отримання і оцінки діагностичної інформації, діагностичні моделі і алгоритми прийняття рішень. Метою технічної діагностики є підвищення надійності та ресурсу технічних систем. Як відомо, найважливішим показником надійності є відсутність відмов під час експлуатації технічної системи. Технічна діагностика завдяки ранньому виявленню дефектів і несправностей дозволяє усунути подібні відмови в процесі технічного обслуговування, що підвищує надійність і ефективність експлуатації, а також дає можливість експлуатації технічних систем відповідального призначення за станом.

Основним завданням технічної діагностики є розпізнавання стану технічної системи в умовах обмеженої інформації.

Технічну діагностику іноді називають безрозбірною діагностикою, тобто діагностикою, що проводиться без розбирання чи руйнування виробу. Аналіз технічного стану проводиться в умовах експлуатації, при яких отримання інформації вкрай складне. Часто буває неможливо за наявною інформацією зробити однозначний висновок і доводиться застосовувати статистичні методи.

Діагностування здійснюється або людиною безпосередньо (наприклад, зовнішнім оглядом, «на слух», оцінкою ступеня нагріву через дотик рукою та ін.) – суб'єктивний метод, або за допомогою апаратури – об'єктивний метод. Об'єкт і засоби його діагностування в сукупності утворюють систему діагностування. Взаємодіючи між собою, об'єкт і засоби реалізують деякий алгоритм діагностування. Результатом цієї взаємодії є висновок про технічний стан об'єкта – технічний діагноз.

Залежно від технічних засобів і діагностичних параметрів, які використовують при проведенні діагностування, можна навести наступний перелік:

- вібраційні методи діагностування;
- акустичні методи діагностування;
- теплові методи;
- специфічні методи для кожної з галузей техніки (наприклад, за вмістом заліза в машинній оливі можна судити про ступінь зносу деталей механізму, за тиском оливи в автомобільному двигуні можна оцінити ступінь зносу вкладишів колінчастого вала і т.д.).

Інформація по дослідженню вібрацій силової установки та ходової частини легкового автомобіля відсутня – відповідно не проводились. Працівники та інженери, що розробляють технологію діагностування даних об'єктів, вирішили, що така вібродіагностика себе не виправдає. Дослідження проводились тільки на вплив загальних вібрацій, що виникають на автомобілях, на людський організм.

Дослідження краще проводити приладами широко розповсюдженими, що виміряють декілька показників вібрації.

В даній роботі буде досліджено вібрації, що виникають в різних зонах двигуна внутрішнього згорання, коробці перемикачів передач, приводах на автомобілях з переднім приводом або карданній передачі і головній передачі на автомобілях з заднім приводом.

Дослідження необхідно провести на автомобілях: нових, різних строків експлуатації, з пробігом або напрацюванням близьким до критичного.

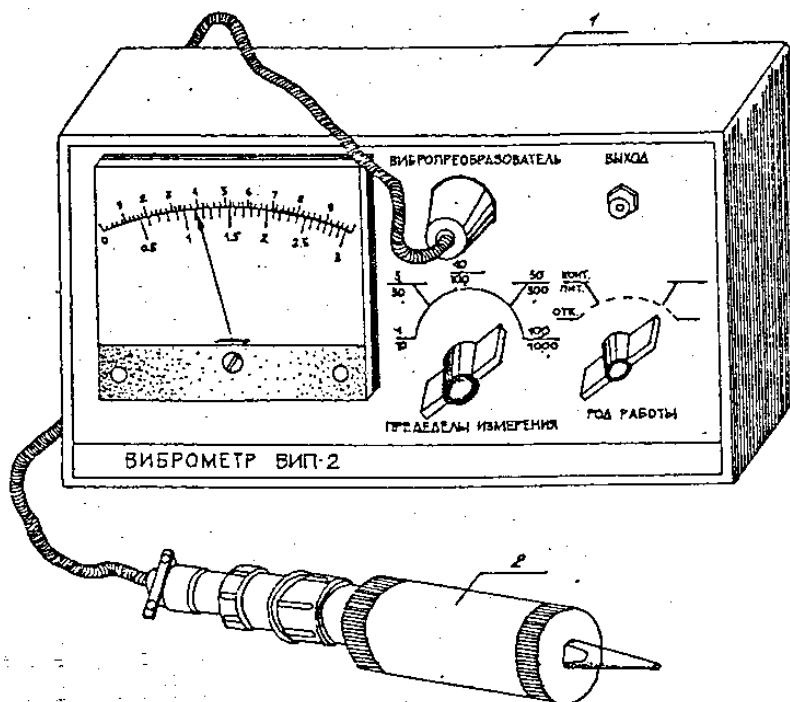
В роботі використовується віброметр ВИП-2. Він призначений для вимірювання діючих значень віброшвидкості і розмаху вібропереміщення робочих місць, будівельних конструкцій, машин і устаткування в лабораторних і виробничих умовах.

Технічні характеристики віброметра:

- Робочий діапазон частот, $f = 10-1000$ Гц;
- Діапазон віброшвидкості, $V = 0,1-100$ мм/с;
- Діапазон вимірюваних віброзміщень, $A = 2 - 1000$ мкм;
- Відносна похибка 12 - 25%.
- Віброметр складається з віброперетворювача (датчик) 2, вимірювального приладу ПИ-13 1 і кабелю (рис. 1).

Віброперетворювач містить підвісну систему (рамку) і індукційну котушку. При переміщенні підвісної системи відносно магнітопроводу на її кінцях виникає ЕРС, пропорційна швидкості зсуву (амплітуді) і частоті коливань, що вимірюються.

На лицьовій панелі вимірювального приладу розташована шкала і перемикачі ВИД РОБОТИ і МЕЖІ ВИМІРЮВАННЯ. На корпусі встановлені роз'єми для підключення віброперетворювача і роз'єм ВИХІД для підключення осцилографа.



1 - вимірювальний прилад; 2 - вібродатчик
Рисунок 1 – Загальний вигляд віброметра ВИП-2

Перемикач ВИД РОБОТИ має наступні положення:

ВИКЛ. - живлення приладу відключено (встановлюється при припиненні вимірювань щоб уникнути розрядки батареї і псування приладу);

КОНТР. ЖИВЛЕННЯ – контролюється стан або наявність живлення напруги; V - $\mu\text{m/s}$ і МКМ - положення для вимірювання розмаху вібропереміщення (подвійної амплітуди коливань), мкм.

Верхні цифри (1, 3, 10, 30, 100) перемикача МЕЖІ ВИМІРЮВАННЯ позначають граничні числові відмітки шкали приладу, мм/с, при вимірюванні віброшвидкості (включення перемикача ВИД РОБОТИ в положення $\mu\text{m/s}$).

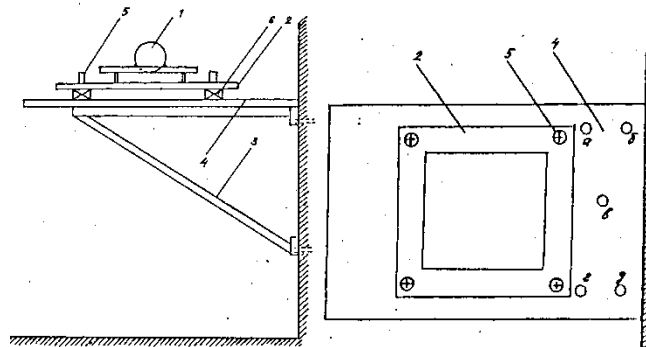
Нижні цифри (10, 30, 100, 300, 1000) - граничні числові відмітки шкали приладу мкм, при вимірюванні розмаху вібропереміщення (включення перемикача ВИД РОБОТИ в положення МКМ).

Ціна розподілу приладу непостійна і залежить від вибраного діапазону вимірювання (від установки перемикача МЕЖІ ВИМІРЮВАНЬ). Верхня шкала приладу використовується при установці перемикача МЕЖІ ВИМІРЮВАНЬ на відмітки кратні 10, нижня - на відмітки, кратні 3.

До віброметра ВИП-2 підключається осцилограф СІ-72 для візуального спостереження за амплітудою вібропереміщень.

Схема установки для перевірки віброметра і вивчення ефективності віброзахисту показана на рис. 2. Вона складається з електричного віброджерела, змонтованого на сталевій плиті, прикріпленою кронштейнами до стіни. Віброджерело з підставкою кріпиться до плити за допомогою чотирьох шпильок, наглухо сполучених з плитою. При вивченні ефективності віброзахисту різних прокладних матеріалів (пінопласт, гума, дерево) віброджерело встановлюється на ці прокладки і жорстко кріпиться за допомогою гайок, що нагвинчують на шпильки. Віброджерело не повинно торкатися шпильок. Прокладки встановлюються як знизу підстави віброджерела, так і зверху. Вони також не повинні торкатися шпильок.

Параметри вібрації заміряються на умовному робочому місці (плита, точки а, б, в, г, д). Враховується їх середнє значення.



1 - віброджерело; 2 - сталевая плита-підставка віброджерела; 3 - кронштейн; 4 - умовне робоче місце; 5 - гвинт кріплення віброустановки; 6 - амортизатор.

Рисунок 2 – Схема лабораторної установки

Після проведення дослідження записується марка та модель автомобіля, пробіг до капітального ремонту, який агрегат досліджувався, де були встановлені датчики приладу, які показники знімалися, величина вібрації.

Після збору інформації в достатньому обсязі необхідно провести обробку всього масиву, виділити основні частини спектру вібрацій, що притаманні колінчастому валу, роботі поршнів, газорозподільчому механізму та його приводу, роботі генератора змінного струму та насоси системи охолодження.

Підводячи підсумок необхідно зауважити, що виконавши всі умови, вказані вище, ми будемо мати достатньо інформації для того, щоб зробити більш-менш точну карту можливого виходу з ладу через якийсь пробіг автомобіля напрацювання двигуна внутрішнього згорання механізму або системи, їхньої поведінки, якості і кількості змащення. Наряду з іншими методами діагностування це дасть змогу більш точно і в менші строки поставити діагноз і розробити заходи для покращення якості і часу роботи таких важливих частин автомобіля як двигун внутрішнього згорання і трансмісія.

Список літературних джерел

1. Дмитрах І.М., Вайнман А.Б., Стащук М.Г. Надійність та довговічність елементів конструкцій теплоенергетичного устаткування. Київ: ВД «Академперіодика», 2008. 378 с.
2. Крижанівський Є. І. Експлуатаційна деградація конструкційних матеріалів. Львів: Простір-М, 2016. 356 с.
3. Лобанов Л.М., Моніторинг напруженого стану елементів конструкцій з використанням електромагнітних хвиль оптичного діапазону. Львів: Простір-М, 2017. 340 с.
4. Маруха В.І., Панасюк В.В., Силованюк В.П. Ін'єкційні технології відновлення роботоздатності пошкоджених споруд тривалої експлуатації Львів: СПОЛОМ, 2009. 262 с.
5. Скальський В.Р. Акустичні методи контролю деградації матеріалів і дефектності елементів конструкцій Львів: Простір-М, 2017. 412 с.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ СПАЛЮВАННЯ ГАЗУ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ЙОГО ТЕПЛОТИ ЗГОРАННЯ

Ключові слова: Природний газ, температура спалювання, теплота згорання, термопара, пірометр

Зростання вартості енергоносіїв вимагає прийняття мір не тільки з підвищення точності обліку природного газу, але і визначення при цьому його теплоти згорання. В даний час вимірювання цього параметру відбувається шляхом хроматографічного аналізу проби газу не рідше одного разу на тиждень. Такий підхід допускає можливість зміни компонентного складу природного газу, а отже і його теплоти згорання впродовж періоду між відборами проб. Тому визначення енергетичних характеристик газу слід проводити безпосередньо у споживача, використовуючи при цьому портативне обладнання.

Авторами запропонований метод визначення теплоти згорання природного газу за температурою його спалювання, яку можна вимірювати прямим і опосередкованим методом. Прямий передбачає розміщення термоперетворювача безпосередньо у полум'ї газу, який спалюють. Суть опосередкованого методу зводиться до вимірювання температури тіла, яке нагрівається полум'ям спалюваного газу. Перевагою першого методу є безпосереднє вимірювання температури, яке вимагає застосування високотемпературних (понад 400-500° С) термоперетворювачів, що пов'язано у багатьох випадках зі складною технічною реалізацією, оскільки важко нагріти термоперетворювачі, які за розмірами переважають 20-30 мм. Це вимагає застосування спеціальних пальників і як наслідок зростання об'єму спалюваного газу. Точкові термопари при їх безпосередньому розміщенні в полум'ї можуть бути пошкодженими. Опосередкований метод може бути реалізований шляхом вимірювання температури, наприклад, пластини, яка нагрівається полум'ям спалюваного газу. Однак при цьому необхідно знати температуру полум'я, на значення якої впливає волога, що утворюється при згоранні газу. Оскільки такі підходи до вимірювання температури є різними за своєю технічною суттю, то доцільним є проведення досліджень їх функціонування за умов визначення теплоти згорання природного газу.

Метою роботи є експериментальні дослідження методу вимірювання температури спалювання природного газу при визначенні його теплоти згорання.

Авторами запропонований спосіб визначення теплоти згорання природного газу за його температурою спалювання [1]. При реалізації способу забезпечується згорання суміші постійного об'ємного співвідношення досліджуваного газу з повітрям із застосуванням пальника спеціальної конструкції (вимірюється витрата газу і повітря) і попереднє визначення градуувальної характеристики як функціональної залежності теплоти згорання природного газу від температури полум'я пальника.

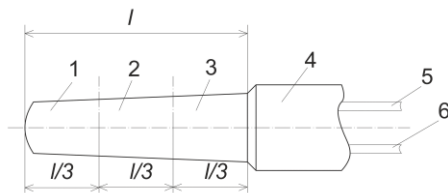
Алгоритм реалізації вимірювального контролю при визначенні теплоти згорання природного газу записується формулою:

$$H_c = \frac{(A \cdot T - B \cdot K_1 \cdot \phi)}{q_c \cdot \tau}, \quad (1)$$

де H_c – нижча теплота згорання природного газу, A – конструктивний коефіцієнт виконання пальника, T – вимірювана температура полум'я пальника, B – питома теплота пароутворення води (вологи повітря навколишнього середовища), K_1 – конструктивний коефіцієнт співвідношення природний газ–повітря, ϕ – абсолютна вологість повітря навколишнього середовища, q_c – об'ємна витрата газу за стандартних умов через торцевий звужувальний пристрій (первинний перетворювач витрати природного газу), τ – тривалість пропуску об'єму газу через пальник.

Як видно з алгоритму (1) для реалізації способу [1] потрібно безпосередньо вимірювати температуру полум'я газу. При цьому алгоритм (1) містить коефіцієнт A , який передбачає врахування конструкції пальника та може реалізувати вимірювання температури тіла як функції температури полум'я газу. Тому доцільним є порівняльний аналіз застосування різних технічних підходів до вимірювання температури полум'я для побудови модельного рівняння визначення теплоти згорання природного газу.

Для проведення експериментальних досліджень використовували високотемпературний термоелектричний перетворювач типу НК-СА та пірометр моделі Venetech GM320, яким вимірювалася температура пластини, що нагрівалася. Зони нагрівання термопари поділено на три частини, як зображено на рис.1. Експериментально встановлено оптимальність нагрівання в зоні 2, як найбільш чутливій до місця її нагріву полум'ям (кожна зона становить третю частину від загальної довжини $l=70$ мм чохла термопари).



1, 2, 3 – зони нагрівання термопари; 4 – під'єднувальний броньований металевий кабель;
5, 6 – під'єднувальні провідники

Рисунок 1 – Схема термопари при вимірюваннях температури полум'я природного газу

Оскільки термоперетворювачі є аперіодичними ланками першого порядку, то проводилися дослідження по визначенню динамічних характеристик термопари та різної товщини металевих пластин (0,8 і 2 мм). Під час проведення експериментальних досліджень виявлена наявність постійної часу різних термоперетворювачів.

Результати досліджень динамічних характеристик (рис.2) свідчать про експоненційний вид залежності вихідного сигналу перетворювачів. Вихідний сигнал термопари T_{TP} поданий безпосередньо в одиницях температури з врахуванням її градууювальної характеристики, а інформація про температуру металеві пластини також подана в одиницях температури, яка вимірювалася пірометром. Експериментально виявлено, що постійна часу для термопари є близькою до 130 с, а пластини характеризуються постійними часу близько 35 с тонка і 120 с товста. Водночас виявлено, що тонка і товста пластини мають різну усталену температуру нагрівання (300°C тонка і 349°C товста). Причиною на наш погляд може бути вплив теплообміну з навколишнім середовищем, хоча в обох випадках ця температура була однаковою і становила 22°C . Менша постійна часу для тонкої пластини є очевидною внаслідок швидшого її нагрівання полум'ям спалюваного газу. Але вона характеризується недоліком наявності градієнта температури вздовж поверхні пластини, який стосовно розмірів розсікача полум'я становить близько 40°C , причому максимальне значення температури є близьким до радіуса розсікача полум'я пальника. Інерційність досліджуваної термопари із захисним чохлам (рис. 1) є практично однаковою з інерційністю товстої металеві пластини, у якій градієнт температури вздовж поверхні пластини не перевищує 5°C .

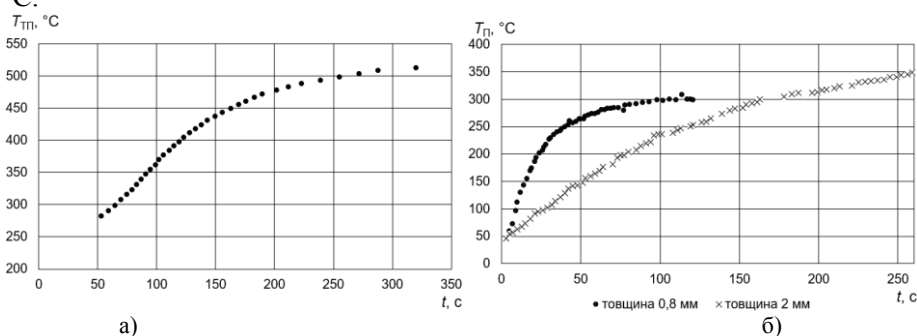


Рисунок 2 – Графічна ілюстрація динамічних характеристик термопари (а) та металевих пластин різної товщини (б)

Отримані результати вказують на необхідність врахування конструктивних особливостей термоперетворювачів при практичній реалізації методу визначення теплоти згорання природного газу за його температурою спалювання.

Список літературних джерел:

1. Спосіб експрес-визначення теплоти згорання природного газу / Середюк О.С., Лютенко Т.В, Малісевич Н.М.:пат. 112737 С2 Україна, МПК (2006.01) G01N25/20. № а201512215; заявл. 09.12.2015; опубл. 10.10.2016; Бюл. № 19.

І.В. Рибіцький, к.т.н., доцент, М.О. Карпаш, д.т.н., професор, А.В. Яворський, к.т.н., доцент, П.М. Райтер, д.т.н., професор, О.М. Карпаш, д.т.н., професор

АЛГОРИТМІЧНІ ТА СХЕМОТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ТЕПЛОТВОРНОЇ ЗДАТНОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ПРИСТРОЄМ GAS-HI-Q

Ключові слова: *експрес-контроль, теплотворна здатність, природний газ, ультразвук*

Україна зобов'язалась імплементувати Третій енергетичний пакет, зокрема Директиву Європейського парламенту та Ради 2009/73/ЄС, відповідно до якої всі розрахунки за природний газ повинні базуватись на енергетичних одиницях. Проте на даний час в Україні розрахунок за енергетичними показниками природного газу ведеться тільки на рівні контрактів між НАК «Нафтогаз України», європейськими постачальниками та ПАТ «Газпром», при цьому продаж природного газу побутовим споживачам та підприємствам здійснюється за фактичний спожитий об'єм в метрах кубічних. Інформацію про якість українського газу в кожній області щомісяця публікує ПАТ «Укртрансгаз» [1], аналізуючи яку можна побачити, що нижча теплота згоряння природного газу в Україні становить 8300 ± 300 ккал/м³ і відрізняється в різних областях держави.

Міжнародний стандарт ISO 15112 [2], регламентує процедуру визначення енергії природного газу. Самі ж методи визначення теплоти згоряння природного газу (прямий, непрямий та кореляційний) регламентуються за ДСТУ ISO 15971:2014 [3]. Проведений аналіз існуючих засобів вимірювання теплоти згоряння природного газу показав, що основним їх недоліком є те, що їх подекуди неможливо, а в інших випадках занадто дорого використовувати для вимірювання в побутових умовах, оскільки одні з них потребують для роботи розхідні матеріали, інші необхідність спалювання газової проби, треті не дають змогу проводити вимірювання теплоти згоряння природного газу в мережах низького тиску.

Розробленням нового пристрою, який реалізує кореляційний метод, ще з 2009 року займаються науковці кафедри «Енергетичного менеджменту і технічної діагностики» ІФНТУНГ. Пропонований експрес метод вимірювання теплотворної здатності природного газу базується на алгоритмах штучних нейронних мереж та використанні таких фізичних параметрів природного газу як швидкість поширення ультразвукових коливань та вміст діоксиду вуглецю у пробі [4, 5]. Підтвердження даного методу було неодноразово здійснено численними експериментальними дослідженнями, які виконувались спільно з ПАТ «Укртрансгаз» та ПАТ «Івано-Франківськгаз».

Реалізацію розробленого методу здійснено у вигляді дослідного взірця приладу для експрес контролю нижчої теплоти згоряння природного газу [6]. Прилад для експрес контролю теплоти згоряння природного газу (рис. 1а) виконаний у зручному для транспортування пило-волого захисному корпусі з класом захисту IP67. За допомогою розробленого приладу теплоту згоряння природного газу можливо контролювати в експрес режимі з зведеною до діапазону похибкою 4,1%.

З метою підвищення точності вимірювань, наукові дослідження розробленого методу було продовжено, в ході яких було встановлено, що таке відносно велике значення похибки вимірювань теплоти згоряння природного газу за допомогою розробленого дослідного взірця приладу пов'язане з частковим нехтуванням реального значення температури природного газу та не врахування класичної похибки, яка виникає при вимірюванні часу проходження ультразвукових хвиль в середовищі, такої як «втрата півхвилі».

На початкових етапах досліджень здійснювались вимірювання тільки двох параметрів, таких як швидкість поширення ультразвукових коливань та вміст діоксиду вуглецю у пробі природного газу. Такі параметри природного газу як значення тиску та температура, приводились до нормальних умов. Проведені подальші експериментальні дослідження показали, що значення швидкості поширення ультразвукових коливань в одній і тій же газовій пробі може змінюватись від 400 м/с до 420 м/с (тобто на 5%) при зміні температури природного газу від +5°C до +40°C. З метою визначення характеру залежності швидкості ультразвукових коливань в природному газі від температури та значення самого температурного коефіцієнту, було проведено багатократні вимірювання на різних пробах газу.

Проведені дослідження дозволили визначити температурний коефіцієнт швидкості ультразвукових коливань в природному газі, який складає 0,53 та встановити залежність приведення швидкості ультразвукових коливань в природному газі до нормальних умов за

температурою $v_0 = v - 0,53 \cdot (20^{\circ}\text{C} - t_0)$, де: v_0 - швидкість ультразвукових коливань в пробі природного газу з температурою t_0 , v - швидкість ультразвукових коливань в тій же пробі природного газу за нормальних умов.

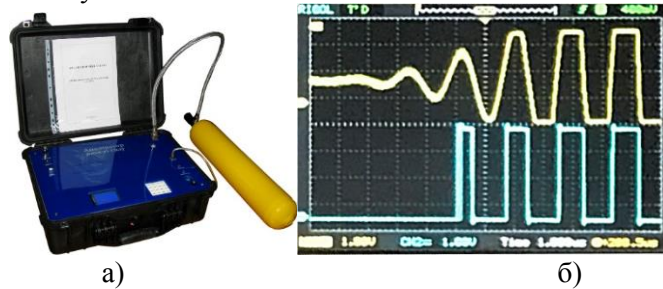


Рис. 1. Зовнішній вигляд приладу для експрес-контролю теплоти згоряння природного газу (а), та осцилограма ультразвукового ехо-імпульсу для визначення швидкості поширення ультразвукових коливань в пробі природного газу (б)

Подальші дослідження було здійснено з метою зменшення впливу похибки, спричиненої «втратою півхвилі». Частота ультразвукових коливань, які генеруються в пробі природного газу за допомогою спеціально розроблених п'єзоелектричних перетворювачів [5], складає 1 МГц, а самий ехо-імпульс, який пройшов через пробу природного газу, має форму синусоїди, амплітуда якої на початку наростає до певного максимального значення, яке залежить від коефіцієнта затухання ультразвукових коливань в природному газі, а потім спадає до нуля (рис. 1б). Відлік моменту проходження ультразвукового імпульсу в природному газі здійснюється по фронту, коли амплітуда синусоїди при наростанні досягає певного значення. При цьому в перших варіантах приладу відлік здійснювався тільки по додатних значеннях синусоподібного ехо-імпульсу. Оскільки різний газ володіє різним значенням коефіцієнта затухання ультразвукових коливань, то швидкість наростання амплітуди синусоподібного ехо-імпульсу буде різною, а отже момент відліку може розпочатись не від першої півхвилі, а уже від другої. В такому випадку похибка вимірювання швидкості складає $\pm 2\text{ м/с}$ (або більше 6%).

З метою зменшення впливу похибки спричиненої «втратою півхвилі», було прийнято ряд схемотехнічних та алгоритмічних заходів. Суть схемотехнічних рішень полягає в удосконаленні блоку підсилення та формування ехо-імпульсу шляхом врахування при обробці як додатних так і від'ємних значень синусоподібного ехо-імпульсу, розробленні алгоритму змінного в часі коефіцієнту підсилення ультразвукових коливань, що пройшли крізь досліджувану пробу природного газу, а також алгоритму пошуку максимуму амплітуди синусоподібного ехо-імпульсу.

Врахування залежності швидкості ультразвукових коливань в природному газі від його температури в алгоритм розрахунку теплоти згоряння природного газу, прийняті схемотехнічні та алгоритмічні заходи дозволили удосконалити технологію вимірювання та сам прилад: зокрема зменшився час вимірювання однієї проби, розширились можливості використання приладу при різних діапазонах температури газу та навколишнього середовища, а також значно зменшилась похибка вимірювань (до 1%) та стабільність і повторюваність результатів.

Список використаних джерел

1. Якість газу. ПАТ «Укртрансгаз». [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://utg.ua/utg/business-info/yakst-gazu.html>.
2. ДСТУ ISO 15112:2009. Природний газ. Визначення енергії.
3. ДСТУ ISO 15971:2014. Природний газ. Вимірювання властивостей.
4. Rybitskyi I., Karpash O., Darvai I., Karpash M. New low-cost method for determination of heating value of natural gas. *Wiertnictwo. Nafta. Gaz. Vol. 28, Issue 1-2. Krakow, 2011, p.333-338, ISSN 1507-0042.*
5. Development of new instant technology of natural gas quality determination, Koturbash T. Karpash M., Darvai I., Rybitskyi I., Kutcherov V.) *Proceedings of the ASME 2013 Power Conference, Boston MA, USA, July 29-August 1, 2013, Power 2013-98089.*
6. Досвід розробки і впровадження пристрою для експрес-контролю теплоти згоряння природного газу / А.В. Яворський, І.І. Височанський, М.О. Карпаш, П.М. Райтер, І.В. Рибіцький // *Неруйнівний контроль та технічна діагностика – UkrNDT-2016 : 8-а національна науково-технічна конф., 22 – 24 листопада 2016 р. : матеріали конференції. - К.: УТ НКТД, 2016. – 380с. с.203-205.*

І.С. Петришин, д.т.н., проф., О.А. Бас, к.т.н., Л.О. Присяжнюк, аспірант

ОБЧИСЛЮВАЧ ЧИСЛА ВОББЕ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Ключові слова: густина, теплота згоряння, природний газ, число Воббе

Сучасний аспект енергоефективності природного газу полягає у застосуванні двох можливих варіантів, які передбачають застосування методів його раціонального використання та обліку. Згідно першого варіанту пропонується запровадити перехід до здійснення обліку природного газу в одиницях енергії, інший варіант, на думку авторів, повинен полягати у вимірюванні та контролі такого якісного показника природного газу, як число Воббе. Слід відзначити, що показник числа Воббе є одним із комплексних показників якості, оскільки його визначення здійснюється з врахуванням аналітичної залежності, які пов'язує два окремі показники: теплоту згоряння газу та його відносну густину. Крім того, число Воббе є критерієм подібності газів та визначає їхню можливість взаємозамінності і фактично характеризує постійність та стабільність теплової енергії, яка надходить від газу в результаті його спалювання і є показником для визначення коефіцієнту корисної дії газоспоживаючого обладнання. Тобто, гази з однаковим показником числа Воббе за умови рівнозначного надлишкового тиску зазвичай можуть замінюватись один одним без додаткової заміни або регулювання пальників чи газових форсунок. Доречно зазначити, що до природного газу відноситься вся номенклатура паливних газів, в тому числі: піролізний, доменний, коксовий, попутний нафтовий та газове моторне паливо.

Визначення числа Воббе для природного газу проводиться за наступною залежністю:

$$W = \frac{H}{\sqrt{d}} \quad (1)$$

де H – об'ємна теплота згоряння природного газу, Дж/м³; d – відносна густина природного газу, яка визначається як співвідношення густини газу ρ_c до густини повітря ρ_A :

$$d = \frac{\rho_c}{\rho_A} \quad (2)$$

Крім того, зважаючи на ту особливість, що в типовий склад природного газу входять крім вуглеводнів і інші горючі та не горючі компоненти, тому для визначення теплоти згорання природного газу в залежності від його густини доцільно використовувати відому кореляційну залежність:

$$H = 85,453 \cdot (0,52190 \cdot \rho_c + 0,04242 - 0,65197 \cdot x_a - x_y) \quad (3)$$

де ρ_c – густина газу за стандартних умов; x_a – вміст азоту (N₂) в газі; x_y – вміст діоксиду вуглецю (CO₂) в газі.

Останнім параметром, який необхідний для реалізації обчислювача числа Воббе, є густина природного газу. Вимірювання густини газу ρ_G запропоновано проводити із застосуванням явища резонансу газу в замкненій ємності визначеного об'єму V , яка розташована перпендикулярно до напрямку руху потоку газу. Оскільки застосування хроматографічного (роздільного) методу не передбачено для усіх типів паливного газу. Практичною реалізацією цього явища є резонатор Гельмгольца, принцип якого побудований на виникненні резонансного коливання газу з невідомим значенням частоти f , яка залежить від геометричних параметрів ємності (A , L) і заповнюється газом з певним тиском P_G .

Відповідно, визначення густини газу за робочих умов ρ_G проводиться згідно формули (4). Для отримання значення густини газу за стандартних умов необхідно здійснити додаткові перетворення частини приведення до вимірюваних умов тиску та температури.

$$\rho = \frac{n \cdot P_G \cdot A}{4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot V \cdot L} \quad (4)$$

Таким чином, для визначення числа Воббе за допомогою запропонованого обчислювача, який реалізований на базі мікроконтролера, необхідні розраховані дані щодо значення густини природного газу, приведеної до стандартних умов та вмісту в ньому азоту та діоксиду вуглецю, граничне значення яких нормоване Кодексом газотранспортної системи, затверджений Постановою НКРЕКП від 30.09.2015 № 2493.

Р.М. Тріщ, д.т.н., проф.; Г.С. Грінченко, к.т.н., доц

ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА ОБЛАДНАННЯ АЕС З МЕТОЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЯ

Ключові слова: атомна електростанція, енергетичне обладнання, діагностика, безпека, якість, експлуатація

Безпечна та якісна експлуатація енергетичного обладнання атомних станцій вимагає створення механізму управління термінами експлуатації, тобто ресурсом, на основі діагностики технічних параметрів обладнання, яка дозволяє оптимізувати процес його експлуатації і зробити плавний перехід до роботи в над проектні терміни, без значних зупинок і матеріальних втрат.

Атомні електростанції відносяться до об'єктів підвищеної небезпеки, а отже до їх обладнання висувуються особливі вимоги щодо забезпечення безпеки протягом усього терміну експлуатації на всіх етапах життєвого циклу [1].

Головною проблемою та задачею забезпечення безпеки залишаються питання оцінювання ресурсу обладнання та можливість якісної експлуатації його у понадпроектні терміни. Вирішення цієї проблеми неможливо без науко-обґрунтованої комплексної технічної діагностики, як особливо відповідальних елементів та вузлів енергетичних систем, так і елементів, що не відносяться до особливо небезпечних.

Згідно з нормативним документом [2] системи, елементи та вузли АЕС розрізняються: за призначенням, впливу на безпеку, характеру функцій безпеки, що виконують. Системи та елементи по призначенню (Таблиця) діляться на системи та елементи нормальної експлуатації (Клас 4) та системи і елементи, що впливають на безпеку (Клас 1-3).

Таблиця. Класифікація систем та елементів енергетичного обладнання за критерієм впливу на безпеку АЕС

Клас безпеки	Призначення	Елементи, що відносяться
Клас 1	Елементи підвищеної небезпеки експлуатації.	Тепловиділяючі елементи (ТВЕЛі) і елементи АЕС, відмови яких є вихідними подіями, що приводять при проектного функціонування систем безпеки до пошкодження тепловиділяючих елементів з перевищенням, встановлених для проектних аварій меж.
Клас 2	Елементи небезпеки і захисні елементи системи безпеки.	- Елементи, відмови яких є вихідними подіями, що призводять до пошкодження тепловиділяючих елементів в межах, встановлених для проектних аварій, при проектного функціонування систем безпеки з урахуванням нормованого для проектних аварій кількості відмов у них; - Елементи систем безпеки, відмови яких призводять до невиконання цими системами своїх функцій.
Клас 3	Елементи важливі для безпеки.	- Елементи систем, важливих для безпеки, які не ввійшли в класи 1 і 2; - Елементи, що містять радіоактивні речовини, вихід яких у навколишнє середовище (включаючи, виробничі приміщення АЕС) при відмовах перевищує значення, встановлені нормами радіаційної безпеки; - Елементи, що виконують функції радіаційного захисту персоналу та населення.
Клас 4	Елементи нормальної експлуатації.	Елементи нормальної експлуатації АЕС, які не впливають на безпеку і не ввійшли в класи 1, 2, 3.

Вимоги до якості та надійності при експлуатації елементів, що відносяться до класів 1,2 та 3, а також до їх технічної діагностики, встановлюються в діючих нормативних документах. При цьому до більш високого класу безпеки повинні бути більш високі вимоги до якості та надійності.

До елементів, що відносяться до 4 класу безпеки ставляться вимоги загальнопромислових норм та правил, окрім випадків, коли на ці елементи поширюються вимоги норм та правил по ядерній та радіаційній безпеці.

Така класифікація елементів викликає ряд труднощів щодо їх технічної діагностики та ускладнює задачу оцінки їх фактичного стану з позиції визначення ресурсу, що є головною задачею для прийняття рішення про безпечну експлуатацію: елементи, системи та вузли дублюються при технічній діагностиці, взаємно перехрещуються та не відображують цілісної картини щодо безпечності та якості роботи усієї енергетичної системи. Разом з тим не можливо оцінити критичні точки та виявити ризики експлуатації, так як опираючись на класифікацію технічний контроль для елементів класів 1-3 проводиться у період планово-попереджувачих ремонтів, що часто не є раціональним як для особливо небезпечних вузлів (такий міжповірочний інтервал занадто великий), так і для вузлів, що не впливають на безпеку (такий малий міжповірочний інтервал не є необхідним).

Разом з тим, система технічної діагностики енергетичного обладнання для кожного з класу згідно діючим правилам та нормам з ядерної безпеки не враховує зміни, що відбуваються чи відбулись в процесі експлуатації енергетичного обладнання та взаємовплив одних елементів на інші. Отже, виходячи з вищевказаного, на даний час постає питання комплексної оцінки якості функціонування енергетичного обладнання на основі проведення технічної діагностики окремих елементів та систем з урахуванням їх взаємовпливу та врахуванням технічних змін в процесі експлуатації та їх взаємовплив на технічні характеристики. Така комплексна оцінка дасть змогу виявити критичні точки, оцінити ризики, внести корегуючі дії до підходу технічної діагностики та запропонувати зміни до термінів міжповірочного інтервалу для окремого обладнання з метою забезпечення ефективності та безпеки функціонування.

Список літературних джерел:

1. Кіпоренко Г.С., Пахалович М.Є., Хорошилов О.М. Оцінка технічного стану трубопровідних систем АЕС на відповідність нормативним параметрам. *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2016, випуск 4(40). С. 146-152
2. ПБЯ РУ АС - 89. Правила ядерної безпеки реакторних установок атомних станцій. Затверджено Постановою Держатомнагляду СРСР від 12.06.90 № 7 ПБЯ РУ АС - 89 (ПНАЕ Г-1-024-90) Дата впровадження 01.09.1990 р.

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ВСЕРЕДИНІ БДЖОЛИНОГО ВУЛИКА

Ключові слова: температура, вологість, статистичне регулювання, дистанційний контроль, карти Шухарта, автоматизоване управління

Сьогодні існує два напрямки розвитку технологій сфери бджолярства. Перший направлений на вивчення біологічних властивостей комахи та продуктів, які вона виробляє. Другий – на розвиток технологій для використання засобів контролю та управління життєдіяльністю бджолої сім'ї. Впровадження дистанційного автоматизованого контролю та управління параметрами життєдіяльності бджоли особливо набирає актуальності у зв'язку з необхідністю збільшення популяції комах та підвищення обсягів отриманої продукції.

Під параметрами нормальної життєдіяльності бджоли розуміються показники мікроклімату (температура, вологість та рівень вуглекислого газу) всередині вулика, звуковий спектр, що видають комахи, льотна здатність, наявність вільних рамок.

Було запропоновано рішення для впровадження системи автоматизованого управління параметрами температури та вологості на основі методів контролю якості вимірювання. Апаратна частина системи складатиметься з двох підсистем – автономного пристрою та ретранслятору. Перша призначена для вимірювання параметрів мікроклімату та регулювання цих показників за рахунок нагрівального та вентиляційного елементів. Функційне призначення частини ретранслятора – передача даних через GSM-модуль та їх консолідація на персональному пристрої (комп'ютері або смартфоні).

Оскільки, контроль та управління параметрами мікроклімату буде здійснюватися в рамках інтелектуальної системи, необхідна реалізація точного вимірювання параметрів вологості і температури повітря всередині бджолої вулика. Для реалізації даної системи застосовуються сучасні датчики та мікроконтролери, які здатні забезпечувати точність вимірювання до 0,5 % та 0,1 % вологості і температури відповідно [1]. Але щоб досягти такої точності необхідно ще на етапі проектування врахувати цілий ряд конструктивних та схематичних особливостей. Адже, більшість датчиків вологості вимірюють відносну вологість, рівню відношенню парціальних тисків насиченої пари при заданій температурі та рівню насиченої роси [2]. Хоча датчики температури та вологості знаходяться в одних умовах і при одному вимірювальному об'єкті (в даному випадку певна кількість повітря в середині вулика), все одно присутні викиди значень через ряд причин: часові затримки, наявність «повітряних мішків», мінливий вітер, самонагрів оточуючих об'єктів, вплив інших джерел тепла. Тому необхідне впровадження додаткового контролю стабільності вимірювання за альтернативною ознакою у визначенні відповідності контролюваного параметра встановленим вимогам перед включенням пристроїв для регулювання мікроклімату. Одним з таких інструментів може бути статистичне регулювання вимірювального процесу на підставі результатів періодичного контролю вибірок за кількісною ознакою.

За фактичними значеннями контролюваного параметра визначаються статистичні характеристики процесу і приймаються рішення про стан технологічного процесу. Такими характеристиками є вибіркове середнє, медіана, розмах и вибіркове середнє квадратичне відхилення [3]. Найбільш поширений та ефективний метод статистичного контролю є контрольні карти Шухарта [4]. На картах відзначають границю регулювання, що обмежує область допустимих значень, обчислених на основі статистичних даних. Невідповідність значення встановленим вимогам вважається дефектом. В результаті рішення щодо включення або виключення підсистеми регулювання мікроклімату приймається в залежності від числа дефектів, виявлених під час контролю вибірок.

Розглянемо параметр вологості повітря як найважливіший, що потребує статистичного регулювання. Нормальними показниками вологості повітря в середині вулика є 40-60 %. До основних причин збільшення вологості повітря до показників 80-100 % належать випаровування нектару та випаровування води на стінках вулику під час його охолодження самими бджолами [4].

Було визначено поле розсіювання результатів вимірювання вологості шляхом обробки результатів експериментальних досліджень через побудову контрольної XR-карти середніх значень. Виміри значень були проведені протягом трьохлітніх днів кожні 10 хвилин. Було

отримано 430 значень, що розбиті на 10 вибірок, для кожної з них розраховане середнє значення за формулою:

$$x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ti},$$

де x_{ti} —результат i -ого вимірювання в t -ій миттєвій виборці, що відкладається на карті.

Знайдемо середню лінію карти (CL) за наступною формулою:

$$x_{CL} = \frac{1}{nm} \sum_{t=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ti}.$$

Розсіяння процесу оцінюється через розмах миттєвої виборки. Контрольні верхні (UCL) та нижні (LCL) границі карти можна знайти за формулою:

$$x_{UCL} \pm A_2 R_{cd},$$

де A_2 — табличний коефіцієнт, який визначається в залежності від об'єму миттєвої виборки n ; R_{cd} — середнє значення розмаху.

Вихід за контрольні границі контрольної карти (X-R) свідчить про ненормальне налагодження процесу.

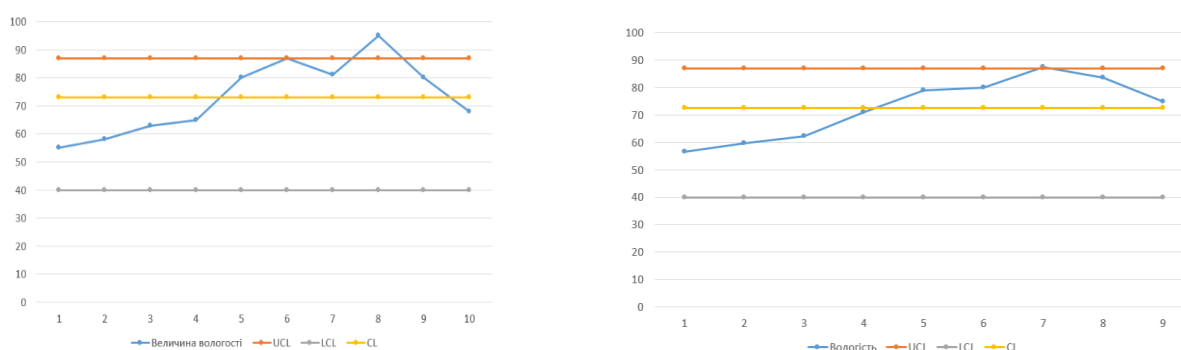


Рис.1 – Контрольна карта Шухарта для процесу вимірювання вологості повітря перед та після оптимізації

Після проведення додаткових обчислень виявлена велика сумарна ймовірність неточності вимірювання значення вологості повітря в середині бджолиного вулика. Неточність покращена на 16 % після впровадження додаткового програмного алгоритму—ковзне середнє обчислення, заміни датчика вимірювання на більш точний та переміщення датчика вимірювання на рівень однієї третьої висоти вулика. Метод ковзного середнього дає значення в кожній точці визначення та рівний середньому значенню вихідної функції за попередній період [5].

Отже, застосований метод статистичного регулювання вимірювального процесу дозволяє не тільки виявити відхилення від нормального ходу процесу, а й значною мірою пояснити причини цього відхилення.

1. Datasheet ВРЕ22. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arduino.ua/docs/DHT22.pdf> — Дата доступу: 20.09.2019
2. Вимірювання вологості – як підвищити вологість? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.compel.ru/lib/89529> - Дата доступу: 01.10.2019
3. Мікроклімат в бджолинному гнізді. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://hyucj09.narod.ru/index/0-4> — Дата доступу: 05.09.19.
4. В.Н. Клячкін - Статичні методи в управлінні якістю: курс лекцій – УГТУ, 2013 –67 с.
5. Алгоритм ковзне середнє. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/post/134375/> - Дата доступу: 14.10.2019

**І.В. Морозова к.т.н.; О.Б. Іванець, к.т.н., доц.; М.А. Назарчук, аспірант;
А.М. Миколушко, асистент; Є.С. Іваницький, асистент**

ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Ключові слова: Системний підхід, функціональне моделювання, декомпозиція, компоненти моделі

Для опису складних систем активно використовують методи сучасного системного аналізу. Такий аналіз можна виконати за допомогою спеціальних програмних продуктів – CASE (Computer-Aided Software Engineering) - технологій. Вони дозволяють детально проаналізувати всі зв'язки в системі, розробити і проаналізувати моделі вирішення проблем, використати ці моделі для прийняття конкретних рішень. В даному випадку, такі рішення можуть стосуватися стратегій профілактики або лікування ниркових захворювань. Одним із напрямків цих технологій є методологія структурного аналізу та проектування – SADT (Structured Analysis and Design Technique). Дана методологія широко застосовується при вирішенні проблем аналізу проектування та експлуатації складних систем. На його основі розроблена методологія IDEF0 (ICAM DEFinition), що є головною частиною програми ICAM (Інтеграція комп'ютерних і промислових технологій). Були розроблені і прийняті міжнародні стандарти з використання SADT - технологій та побудови моделей складних систем, відомих як IDEF - моделі. Ці моделі (графічна мова) застосовують для розробки і вироблення стратегічних напрямків розвитку, для аналізу бізнес-процесів та, в даному випадку, для лаконічного графічного представлення функціонування нирок і факторів, що впливають на їх функціонування. Характерними рисами вказаних технологій є:

- графічна мова, яка забезпечує повний та виразний засіб для наочного представлення широкого спектру функціональних процесів на будь-якому рівні деталізації;
- мова забезпечує повний та лаконічний опис об'єктів, що модулюються, зручність користування та інтерпретацію цього опису;
- мова полегшує взаємодію та взаєморозуміння фахівців конкретної предметної області, розробників та персоналу досліджуваного об'єкта; таким чином, дана мова слугує засобом «інформаційного спілкування» великої кількості спеціалістів та робочих груп, які займаються вивченням досліджуваного об'єкта;
- мова пройшла багаторічну перевірку при роботі в серйозних проектах, які виконувалися в державних та приватних промислових компаніях [1].

Лаконічний опис процесу функціонування нирок та сечовидільної системи в цілому можливий за допомогою моделювання. Моделювання – це процес створення, достатньо точного, повного та лаконічного опису системи, зручного для аналізу й сприйняття, що являє собою сукупність компонентів, пов'язаних між собою дією та впливом. Найбільш застосовуваними є методології сімейства IDEF, за допомогою яких можна ефективно відобразити та аналізувати моделі, в даному випадку, функціонування нирки різних розрізах. При цьому ширину та глибину обстеження процесів у системі визначається розробниками з конкретної предметної галузі, що дає можливість не перенавантажувати модель зайвими даними. Основним концептуальним принципом методології IDEF є представлення будь-якої досліджуваної системи у вигляді набору взаємодіючих та взаємозв'язаних блоків, які відображають процеси, операції, дії, які відбуваються в досліджуваній системі. Функції в IDEF0 – все, що відбувається в системі та її елементах. Кожній функції ставиться у відповідність блок. На IDEF0-діаграмі блок представляє собою прямокутник. Блоки з'єднуються стрілками, які входять або виходять з нього. Вхідні стрілки демонструють які умови повинні бути тимчасово виконані, щоб функція, яка описується блоком, була виконана [2]. Такий принцип дозволяє використовувати зазначену методологію для опису таких складних об'єктів як технічні, біологічні, економічні та інші для фахівців різного профілю та для злагодженого сприйняття сутності вирішуваної проблеми на різних рівнях.

Список літературних джерел

1. РД IDEF0 – 2000. Методологія функціонального моделювання IDEF0. Москва. Автор не указан. Госстандарт России. – 2000. – 75 с.
2. Іванець О.Б., Морозова І.В. Особливості конструювання складних систем. Вісник інженерної академії України. – 2018 №4. С.126-129.

В.С. Маньковська, к.т.н., доц.; А.Г. Гурневич, магістр

ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ НАССР ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕКИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

Ключові слова: Пшеничний хліб, хлібобулочні вироби, безпека, небезпечні фактори, система НАССР, критичні контрольні точки харчової продукції, контроль якості та безпеки

В сучасних ринкових умовах стабільна і успішна діяльність підприємства визначається рядом факторів, основним з яких є здатність задоволення потреб споживача високоякісною і безпечною продукцією. Найбільш прийнятною формою системи управління якістю та забезпечення безпеки для підприємств харчової, зокрема хлібопекарської галузі, є система, заснована на принципах НАССР, так як вона передбачає контроль якості і безпеки продукції безпосередньо в процесі виробництва. Отже, використання принципів НАССР при розробці і постановці нових видів продукції на виробництво є досить актуальним.

НАССР (Система аналізу ризиків, небезпечних чинників і контролю критичних точок) - це система якості управління безпечністю харчових продуктів. Це перш за все запобіжні дії, систематична ідентифікація, оцінка та контроль потенційних небезпечних чинників (біологічних, хімічних, фізичних), що виникають в процесі виробництва продукції. Тому, одна з характерних особливостей нової економічної політики в Україні, сфокусована на виготовленні безпечних продуктів харчування на рівні світових стандартів.

Система НАССР в харчовій промисловості в Україні націлена охопити всі аспекти безпеки продукції кожної ланки харчового ланцюга, від вирощування і збору врожаю, придбання сировини і до моменту використання харчового продукту споживачем [1].

В сьогоденній час НАССР, хліб входить до переліку товарів, які підлягають особливому контролю якості, це основна модель управління безпечністю харчових продуктів і їх якістю, яка існує в багатьох розвинених державах світу. До того ж НАССР надає організаціям, які займаються випуском продовольчих товарів, завоювати абсолютну довіру потенційних споживачів, яке так важливо для підприємств, що випускають хліб під власною торговою маркою.

Причому варто зауважити, що виконання вимог НАССР щодо виробництва продуктів харчування, згідно з прийнятою директивою Ради ЄС, є обов'язковим практично у всіх європейських країнах. Грунтуючись на національних стандартах, НАССР у виробництві хліба та іншої харчової продукції є обов'язковою навіть в Північній Америці і Канаді. Постанова Європарламенту, зокрема стаття шість, говорить, що всі установи країн Західної Європи повинні визнавати сертифікацію НАССР, яка була проведена відповідними компетентними органами, уповноваженими керівництвом країни, в якій вони знаходяться.

Згідно Закону України «Про основні засади та вимоги до безпеки і якості харчової продукції» виробники харчових продуктів зобов'язані впровадити процедури, засновані на принципах системи НАССР, сертифікація НАССР не є обов'язковою [2, 3].

Принципи НАССР - невід'ємна частина міжнародного стандарту ISO 22000, тому сертифікат НАССР є свідченням відповідності системи безпеки харчових продуктів вимогам стандарту ISO 22000.

Система заснована на семи основних принципах:

- визначення небезпечних факторів, аналіз і оцінка пов'язаних з ними ризиків;
- виявлення критичних контрольних точок;
- встановлення критичних меж для кожної точки;
- підготовка методів моніторингу;
- розробка коригувальних дій;
- створення процедур перевірки функціональності впровадженої системи;
- документування всіх стадій і процедур [4].

В Україні добровільну сертифікацію на відповідність вимогам системи харчової безпеки НАССР здійснюють виробничі підприємства, що займаються випуском хліба та інших харчових продуктів, які зберігають, транспортують і реалізують продовольчі напівфабрикати і сировину, а також надають різні послуги підприємствам, що працюють в сфері харчової промисловості.

Програма НАССР - це заходи щодо забезпечення безпеки продовольчої продукції на всіх

етапах її виробництва - наприклад, від поля до столу споживача у виробництві хліба. Даний контроль можливо здійснювати тільки в тому випадку, якщо завчасно прогнозувати виникнення передбачуваної небезпеки, яка загрожувала б здоров'ю споживачів.

Виробництво хлібобулочної продукції завжди, займає особливе місце на ринку, так як, ці товари самі споживані, і можуть завдати непоправної шкоди здоров'ю людини. Однак грамотне використання НАССР, ефективне управління технологічним процесом виробництва хлібобулочних виробів дає можливість забезпечити стабільну безпеку виробництва. Завдяки сертифікації підприємств за цією системою, є можливість визначити особливі ризики і застосувати спеціальні заходи контролю на кожному підприємстві індивідуально.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Водянка Л., Кутаренко Н. Перспективи впровадження системи НАССР у процесі виробництва харчової продукції // Регіональна економіка. 2013. № 1. С. 185-194.
2. Система НАССР [Текст]: довідник / В. Н. Биков та ін.; відп. В. Н. Сухов. – Л.: НТЦ «ЛеонормСтандарт», 2003. – 218 с.
3. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Настанова щодо застосування ISO 22000:2005 [Текст]: ДСТУ-Н ISO/TS 22004:2009. – Чинний від 2009-07-01. –К.: Держспоживстандарт України, 2010. – 19 с.
4. Бочарова, О. В. Управління безпечністю товарів [Текст]: Підручник / О. Б. Бочарова. – Одеса: Атлант, 2014. – 376 с.

ТЕНДЕНЦІ РОЗВИТКУ СИСТЕМ РАДІОЧАСТОТНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТВАРИН В УКРАЇНІ

Ключові слова: *RFID-мітка, Україна, радіочастотна ідентифікація, зчитувач, тварини, стандарт, розвиток*

Радіочастотна ідентифікація або RFID дозволяє автоматично ідентифікувати об'єкти без безпосереднього контакту з ними [1].

Розглянемо на прикладі підприємства з виробництва молока можливі тенденції розвитку радіочастотної ідентифікації тварин. У цьому сегменті важлива кожна тварина, тому потрібно приділяти велику увагу здоров'ю, продуктивним яkostям, відстежувати динаміку розвитку поголів'я та багато інших показників. На сьогоднішній день здійснювати контроль та аналіз показників легко дозволяє зробити впровадження сучасних систем управління стадом. Програмне забезпечення дозволяє створити єдине базу для збору і обробки інформації про стан поголів'я. Головним завданням є «зв'язування» між собою програми управління стадом і тварини за допомогою RFID-міток і зчитувачів. Необхідно лише прив'язати ідентифікаційний код мітки до бази даних тварин. З цього випливає, що RFID-мітка і зчитувач в поєднанні з ПЗ для управління стадом створюють повністю завершене рішення для автоматичного обліку тварин на фермі. Таке рішення дозволяє фахівцеві, не залишаючи ферми, отримувати актуальну інформацію персонально про кожну тварину. Отже, трудовитрати на збір і введення інформації про зважуванні, заплідненні, вакцинації та інших дуже важливих зоотехнічних і ветеринарних заходах скорочуються. Фахівці можуть повністю забути про паперові носії, значні помилки в ідентифікаційних номерах, повторний перерахунок тварин і т.д. До того ж RFID-мітки беруть участь в автоматизації збору персональних даних в доїльних залах. Корова ідентифікується при вході в доїльний зал і після завершення доїння присвоюється інформація про надої. Облік щоденних надоїв необхідний для точного контролю над виробництвом молока та поліпшення виробничих показників по стаду. Стає можливим більш детально аналізувати індивідуальні дані по молочної продуктивності, групувати корів відповідно по надоям, відстежувати стан здоров'я тварин по змінам надоїв. Технології RFID також виявилися дуже корисними в запобіганні крадіжок худоби [2-4].

Чому радіочастотна ідентифікація тварин має широку популярність у світі?

Взагалі, здоров'я тварин є основною причиною для створення обов'язкової системи ідентифікації. У разі виникнення хвороби, її можна швидко виявити, локалізувати тварину і не допустити зараження інших. Це стає можливим завдяки відстеженню зміни раціону, поведінки і пересування тварини на основі RFID-ідентифікатора. Така система відстеження дуже допомогла в 2001 році в Нідерландах, коли там стався спалах ящура. На даний момент ідентифікація і реєстрація тварин – обов'язкові процедури в Нідерландах і Європейському Союзі. Уся велика рогата худоба ідентифікується відразу після народження самими фермерами. Після ідентифікації фермер повинен зареєструвати (по телефону, через інтернет або звичайним листом) тварина в національній базі даних Бюро з ідентифікації. Це визначає не тільки економічну стійкість голландських фермерських господарств, а й сприяє ефективному проведенню програм вакцинації, а також попереджає розвиток масштабних епізоотій.

Інформація на RFID-мітці не може бути стерта, змінена чи перепрограмована. За унікальністю номерів стежить міжнародна організація по стандартизації, обліку та відстеження великої рогатої худоби (ICAR). ICAR є авторизованою організацією ISO з питань електронної ідентифікації тварин. ICAR виділяє організаціям-виробникам RFID-міток для тварин певну кількість ідентифікаційних номерів, який більше ніде не повториться. Як резюме можна відзначити, що електронна ідентифікація тварин - це важливий крок до повної автоматизації сільського господарства і мінімізації втрат. За допомогою систем електронної ідентифікації можна збирати статистику про кожну тварину, починаючи з рівня окремого господарства і закінчуючи створенням єдиної бази даних тварин регіону або України в цілому. Впровадження систем електронної ідентифікації дозволяє вітчизняному сільському господарству привести в порядок статистику поголів'я в країні, що, в свою чергу, дасть імпульс для подальшого розвитку тваринництва України.

На теперішній час в Україні згідно з чинним законом "Про реєстрації та ідентифікації тварин", обов'язковій реєстрації підлягають ВРХ, свині, вівці, кози і коні. Ідентифікує і реєструє тварин спеціальний заклад – Адміністратор Єдиного державного реєстру тварин. Кожній ідентифікованій тварині присвоюють унікальний номер, під яким вона буде в базі [5].

У більшості розвинених країн вже існують національні бази тварин, а також правила їх реєстрації та ідентифікації. Першими в цьому були австралійці, які створили національну систему ідентифікації тварин (NLIS). В ЄС ідентифікація тварин є обов'язковою. Але кожна країна вибирає свій формат методу ідентифікації. В Австралії, наприклад, всі тварини обов'язково ідентифікуються RFID-міткою. В Європі велика рогата худоба ідентифікується двома візуальними мітками. А вівці і кози електронними мітками. У Східній Європі для овець частіше використовується вушна RFID-мітка. Якщо говорити про Україну, то у нас фермери використовують радіочастотну ідентифікацію, переважно для автоматизації внутрішніх процесів підприємства.

Звичайно, в Україні, зробити єдину всеосяжну базу тварин досить складно, але це реальне завдання за сприянням державних органів.

Зрозуміло що зарубіжний досвід завжди потрібно перевіряти на практиці вже в нашій країні, так як кліматичні особливості та менталітет населення є суттєвою особливістю при впровадженні нових технологій. Проте, потенціал для випереджаючого розвитку в цій сфері в Україні, як аграрній країні, великий. Зараз дуже хороший момент для створення сучасних технологічних господарств. Якщо завчасно максимально модернізувати дану сферу зараз, то з часом в умовах інтеграції з ЄС це принесе хороший результат для вітчизняних виробників, держави та споживачів.

В результаті аналізу розвитку систем радіочастотної ідентифікації тварин можна зробити висновок:

- Радіочастотна ідентифікація має суттєві переваги в галузі тваринництва.
- Швидкий збір, контроль та аналіз зоотехнічних показників тварин.
- Перешкоджання розповсюдження хвороб в країні.
- Необхідна підтримка з боку держави.

Список літературних джерел

1. RFID Journal / RFID journal LLC. – Режим доступу : <http://www.rfidjournal.com>.
2. Кучерук, В. Ю. Вплив помилок ідентифікації тварин на результати вимірювання їх зоотехнічних параметрів / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков, А. А. Видмиш // Вісник інженерної академії України. – 2015. – № 1. – С. 55–59.
3. Кулаков, П. І. Чесальна установка з системою радіочастотної ідентифікації та фотоелектричним перетворювачем параметрів обертального руху / П. І. Кулаков // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2014. – № 2 (28). – С. 104–109.
4. Кучерук, В. Ю. Двоконтурна система радіочастотної ідентифікації тварин / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – № 2 (47). – С. 140–144.
5. Про затвердження Порядку ідентифікації та реєстрації великої рогатої худоби та Порядку оформлення і видачі паспорта великої рогатої худоби: Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 04.12.2017 р. №642 / Режим доступу: <http://rada.gov.ua>.

**Л.О. Кошева, д.т.н., проф.; Є.В. Моїсеєнко, д.м.н., с.н.с.; О.Б. Іванець, к.т.н., доц.
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ПОКАЗНИКІВ
ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОРГАНІЗМУ**

Ключові слова: Математична модель, процес прийняття рішення, функціональний стан організму, підсистеми організму

За останні роки підвищується зацікавленість до розробки систем медичної діагностики з використанням математичних методів, що дозволяють формалізувати даний процес та зменшити вплив людського фактору при прийнятті рішення щодо функціонального стану організму людини. Оцінювання функціонального стану організму є складною багатопараметричною задачею [1]. В роботі пропонується використання системного підходу для вирішення складної задачі оцінювання стану організму, в якій організм описується як єдина система, в якій функціонують підсистеми організму, а саме нервова, ендокринна, травна, дихальна, серцево-судинна, сечовидільна та опорно-рухлива системи [2]. Для вирішення задачі оцінювання стану організму визначають показники та чинники, що впливають на оцінювання кожної підсистеми організму та всієї системи гомеостазису зокрема [3].

В якості системи прийняття рішення щодо діагностування функціонального стану організму пропонується наступне схемне трактування рис.1. Блок В (вимірювання) здійснює перетворення вимірних значень X_1^*, \dots, X_k^* контрольованих величин, а саме, показників, що характеризують кожну з підсистем організму. В оцінку Y^* входять значення параметра Y , де a_1, \dots, a_p – коефіцієнти математичної моделі перетворення, $aM[Y] = F(M[X_1], \dots, M[X_k])$. Оцінка коефіцієнтів a_1, \dots, a_p здійснюється на етапі вивчення об'єкта діагностування за вибіркою об'єму n для кожної з фіксованих величин $Y_j, j = 1, m$ рівнів параметра Y . Блок П (прийняття рішень) здійснює вибір $\{a_l, b_c\}_1^m$ одного $y_j \{a_l, b_c\}_1^m$ із $\{y_i\}_1^m$ рішень про значення Y (рис.1), після порівняння Y^* з нормою $(a_l, b_l), l = 1, m$ у відповідності з правилом вибору рішення $\forall Y [Y \in (a_j, b_j) \rightarrow Y \in Y_j]$.

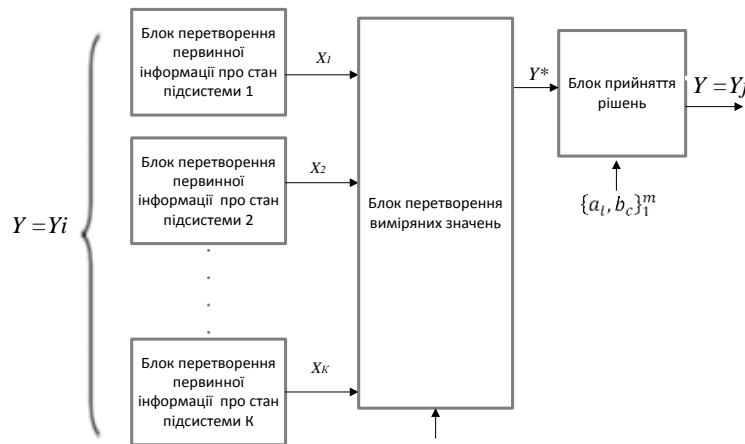


Рис 1. Структурна схема інформаційних перетворень

Множина $\{\psi\}$ – це фактори, які впливають на правильність вибору моделі перетворення $F(\cdot)$ і на точність оцінювання коефіцієнтів a_1, \dots, a_p цієї моделі. Оцінка кількості інформації про параметр Y , вважаючи, що ширина Δ допусків інтервалів $(a_j, b_j), j = 1, k$ однакова, а загальна кількість дорівнює k . В такому вигляді кількість інформації визначається різницею вихідної $H(Y)$ і умовної $H(Y | Y_j)$ ентропій:

$$I = H(Y) - H(Y | Y_j), \tag{1}$$

$$\text{де } H(Y) = - \sum_{j=1}^k \left[\int_{a_j}^{b_j} f(y) dy \right] \ln \left[\int_{a_j}^{b_j} f(y) dy \right];$$

$f(y)$ – щільність розподілу величини Y в діапазоні Ay [4].

Умовну ентропію знайдемо через умовну ймовірність $P(Y_i | Y_j)$ того, що істинне значення $M[Y] = Y_j$, в той час як результат контролю (рішення y_j) дав значення $Y = Y_j$:

$$H(Y | Y_j) = - \sum_{i=1}^k P(Y_i | Y_j) \ln P(Y_i | Y_j). \tag{2}$$

За рівномовірного розподілу значень Y_1, \dots, Y_k і нормального закону розподілу відхилення Y^* від дійсного значення $M[Y]=const$, якщо дисперсія цього відхилення дорівнює σ_y^2 маємо:

$$H(Y) = \ln \frac{A_y}{\Delta}; \quad (3)$$

$$H(Y|Y_j) = \ln \frac{\sigma_y \sqrt{2\pi e}}{\Delta}. \quad (4)$$

Оцінка кількості інформації, з врахуванням виразів (3), (4) має вигляд:

$$I = \ln \frac{A_y}{\sigma_y \sqrt{2\pi e}} \quad (5)$$

За умови, що модель $\hat{F}(\cdot)$ представлена лінійною множинною регресією:

$$\hat{y} = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i x_i,$$

дисперсія σ_y^2 може бути представлена виразом:

$$\sigma_y^2 = \Delta_\psi^2 (1 + k\sigma_x^2) n^{-1},$$

При багаторазових вимірюваннях параметра Y маємо:

$$\sigma_y^2 = \Delta_\psi^2 \left(1 + \frac{k}{N} \sigma_x^2\right) n^{-1}, \quad (6)$$

де N —кількість спостережень.

Підставивши вираз (6) в рівняння (5) отримаємо:

$$I = \ln \frac{A_y}{\Delta_\psi \sqrt{2\pi e \left(\frac{1}{k} + \frac{\sigma_x^2}{N}\right)}} \sqrt{\frac{n}{k}}. \quad (7)$$

Вираз (7) можна розглядати, як кількість очікуваної вимірюваної інформації про функціональний стан організму Y при дисперсії σ_x^2 вхідних вимірюваних величин X_1, \dots, X_k про кожну з підсистем організму, яку не можна усунути. Існування дисперсії, яка є однаковою для всіх величин, не заважає збільшувати кількість вимірюваної інформації за рахунок збільшення k цих величин. Однак, в даному випадку, відношення обсягу вибірок n до числа k вхідних величин має залишатися або постійною величиною, або теж збільшуватися. Це означає, що обсяг вибірки повинен зростати прямопропорційно із збільшенням кількості вхідних величин. Фактично можна дотримуватися умови $n/k = const$. Наявність в знаменнику виразу (7) під знаком логарифму зміщення Δ_ψ вказує на те, що етап навчання системи діагностики відіграє важливу роль. Він визначає значення систематичних зміщень, які не можна усунути, при оцінках коефіцієнтів моделі вимірювального перетворення. Зменшити ці зміщення, а, відповідно, підвищити достовірність діагностики можна за рахунок збільшення обсягу вибірки n . Збільшення лише числа N багаторазових вимірювань не усуває негативні ефекти впливу факторів $\{\psi\}$ [5].

Таким чином, значення n, N, k є взаємопов'язаними величинами в рамках моделі (7), а їх вибір є оптимізаційним завданням, в якому якість оцінювання функціонального стану організму є кількістю очікуваної інформації від кожної з підсистем організму [6].

Список літературних джерел

1. Дубінін В.А. Регуляторні системи організму людини / В.А.Дубінін, А.А.Коменський. - К.: Дрофа, 2010.-365с.
2. Коршунов Г.В. и др. Способ определения функционального состояния системы. Патент РФ №2109297 кл. О 01Н 33/86, 1998.
3. Шабалин В.Н., Шатохина С.Н. Способ диагностики состояния гомеостаза организма: патент РФ №2007716: G 01N 33/48, 1998
4. Jonhson N., Leone F.: Statistical and experimental design. Engineering and the Physical Science. vol. 2, second ed. Wiley and Sons. New York-London-Sidney-Toronto, (1977).
5. Щапов П.Ф., Аврунін О.Г. Повышение достоверности контроля и диагностики объектов в условиях неопределенности. Монографія. – Харьков: ХНАДУ. – 2011. – 192 с.
6. Boichenko S.V., Ivanets O.B, Kosheva L.O., Kuzovik V.D. Methodological aspects of evaluating a homeostasis of a biological object. Proceeding of XIV International conference on modern achievements of science and education. Pp/19-22.

С.В. Куценко, магістрант

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ ЛІНІЙНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ОБ'ЄКТА

Ключові слова: єдність вимірювань, метрологія, метрологічне забезпечення, технічні засоби, точність вимірювання

Забезпечення єдності вимірювань як діяльності, спрямованої на досягнення і підтримку єдності вимірювань в Україні є досить складним і відповідальним завданням, яке визначає головний зміст метрології і метрологічних служб держави. Виходячи з цього, метрологічне забезпечення (МЗ) – це установлення та застосування метрологічних норм і правил, а також розроблення, виготовлення та застосування технічних засобів, необхідних для досягнення єдності і потрібної точності вимірювань. Основні положення метрологічного забезпечення встановлені в [1].

Основною тенденцією у розвитку МЗ є перехід від існуючої раніше порівняно вузької задачі забезпечення єдності до принципово нової задачі забезпечення якості вимірювань. Якість вимірювань характеризує сукупність властивостей, які забезпечують отримання у встановлений термін результатів вимірювань з необхідною точністю, достовірністю, збіжністю та відтворюваністю. Науково-технічною основою метрологічного забезпечення є системи державних еталонів одиниць фізичних величин; передачі розмірів одиниць фізичних величин від еталонів до робочих засобів вимірювань; державних випробувань засобів вимірювань, їх повірки та калібрування; обов'язкової державної повірки або метрологічної атестації засобів вимірювань, експлуатації та ремонту; стандартних зразків складу та властивостей речовин і матеріалів, що забезпечують відтворення одиниць величин, що характеризують склад і властивості речовин та ін.

В даний час суть метрологічного забезпечення прийнято розуміти в широкому і вузькому сенсі [2]. У широкому сенсі воно включає:

- теорію і методи вимірювань, контролю, забезпечення точності та єдності вимірювань;
- організаційно-технічні питання забезпечення єдності вимірювань, включаючи нормативно-технічні документи (державні стандарти, методичні вказівки, технічні вимоги і умови), що регламентують порядок і правила виконання робіт.

У вузькому сенсі під метрологічним забезпеченням розуміють:

- нагляд за застосуванням законодавчо встановленої системи одиниць фізичних величин, забезпечення єдності та точності вимірювань шляхом передавання розмірів одиниць фізичних величин від еталонів до зразкових засобів вимірювань і від зразкових до робітників;
- розробку та нагляд за функціонуванням державних та відомчих повірочних схем;
- розробку методів вимірювань найвищої точності та створення на цій основі еталонів (зразкових засобів вимірювань);
- нагляд за станом засобів вимірювань в міністерствах і відомствах.

В доповіді наведено узагальнення та систематизацію отриманих вхідних даних, сформульовано програму для підвищення рівня метрологічного забезпечення вимірювань лінійних переміщень. З метою підтримки характеристик засобу вимірювання запропонована методика калібрування його метрологічних характеристик в нормальних умовах експлуатації методом звірення з показаннями зразкових приладів.

Список літературних джерел

1. Метрологія. Метрологічне забезпечення. Основні положення :ДСТУ 2682-94–[Чинний від 01.01.1995].– К. :Держстандарт України, 1994. – 15 с. – (Національний стандарт України).
2. Васілевський О. М. Актуальні проблеми метрологічного забезпечення : навчальний посібник / О. М. Васілевський, В. О. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2010. – 214 с.

В.В. Мартинюк, д.т.н., професор

ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ КОНТРОЛЮ ЗАХИСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ АНТИКОРОЗІЙНОГО ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАГРІВАЧІВ ВОДИ

Ключові слова: *достовірність контролю; захисний потенціал; антикорозійний захист; електричний нагрівач води, катодний захист*

Основним фактором зниження швидкості корозії електричних нагрівачів води (ЕНВ) і продовження їх терміну експлуатації є підвищення загальної достовірності контролю їх захисного потенціалу антикорозійного захисту.

Підвищення загальної достовірності контролю захисного потенціалу антикорозійного захисту корпусів ЕНВ здійснюється шляхом підвищення двох її складових: методичної достовірності контролю та інструментальної достовірності контролю.

Підвищення методичної достовірності контролю захисного потенціалу антикорозійного захисту корпусів ЕНВ здійснюється шляхом визначення в процесі контролю великої кількості параметрів, які впливають на об'єкт контролю.

Підвищення інструментальної достовірності контролю захисного потенціалу антикорозійного захисту корпусів ЕНВ здійснюється шляхом зменшення похибки вимірювання контрольованих параметрів.

У загальному випадку процес контролю захисного потенціалу антикорозійного захисту ЕНВ складається з трьох основних етапів.

1. Етап - вимірювання значення захисного потенціалу антикорозійного захисту ЕНВ.
2. Етап - прийняття рішення про попадання або непопадання захисного потенціалу антикорозійного захисту ЕНВ у заданий допуск.
3. Етап - регулювання струму катодного захисту для отримання значення захисного потенціалу антикорозійного захисту ЕНВ в заданому допуску (рис. 1).

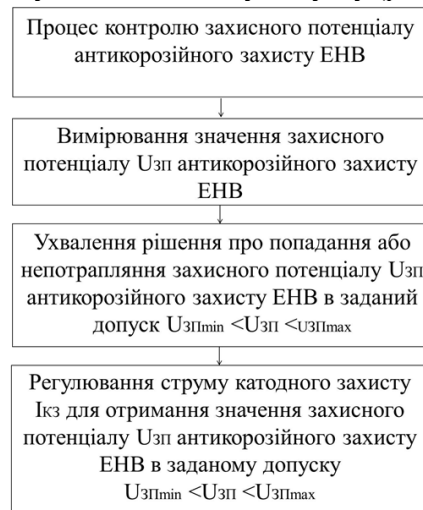


Рис. 1. Етапи процесу контролю захисного потенціалу антикорозійного захисту ЕНВ

На підставі аналізу етапів процесу контролю захисного потенціалу антикорозійного захисту ЕНВ (рис.1), можна зробити висновок, що відомі два типи таких процесів.

1. Процес неперервного контролю захисного потенціалу антикорозійного захисту корпусів ЕНВ, в якому вимірювання здійснюється при неперервному постійному струмі катодного захисту, а підтримка здійснюється регулюванням величини неперервного постійного струму катодного захисту [1].

2. Процес контролю захисного потенціалу антикорозійного захисту корпусів ЕНВ по перериванню постійного струму катодного захисту, в якому вимірювання і підтримка захисного потенціалу корпусів ЕНВ здійснюється регулюванням амплітуди імпульсів струму катодного захисту [2, 3].

На підставі аналізу загальної достовірності контролю процесу неперервного контролю захисного потенціалу антикорозійного захисту ЕНВ можна зробити висновок, що такий процес характеризується низькою вірогідністю контролю.

Підвищення загальної достовірності контролю процесу неперервного контролю захисного потенціалу антикорозійного захисту ЕНВ можливо двома способами.

1. Збільшенням методичної достовірності процесу контролю захисного потенціалу антикорозійного захисту ЕНВ, за рахунок контролю не одного параметра - захисного потенціалу антикорозійного захисту, а сукупності параметрів: активного опору корпусу ЕНВ (катода), активного опору електроліту, активний опір анода та активного опору сполучних проводів. Усі ці параметри входять до складу еквівалентної схеми заміщення системи об'єкт-електроліт-анод, але не контролюються в ній.

2. Збільшенням інструментальної достовірності процесу контролю захисного потенціалу антикорозійного захисту ЕНВ, за рахунок зменшення методичної похибки вимірювання, шляхом переривання постійного струму катодного захисту і вимірювання значення захисного потенціалу при відсутності струму катодного захисту.

Переривання постійного струму катодного захисту дозволяє вилучити додаткові спади напруг на активних опорах системи об'єкт-електроліт-анод при вимірюванні значення захисного потенціалу.

У процесі неперервного контролю захисного потенціалу антикорозійного захисту ЕНВ електрод порівняння забруднюється біологічними осадами (колоніями бактерій і цвільлю), які погіршують його метрологічні характеристики.

У процесі контролю захисного потенціалу антикорозійного захисту ЕНВ по перериванню постійного струму катодного захисту в якості електроду порівняння використовується анод, який неперервно самоочищується внаслідок його розчинення при протіканні фарадеївського процесу.

Це призводить до підвищення інструментальної достовірності контролю процесу контролю захисного потенціалу антикорозійного захисту ЕНВ по перериванню постійного струму катодного захисту внаслідок підтримки високих метрологічних характеристик при вимірюванні значення захисного потенціалу за допомогою ЗОМТА (анода) у порівнянні з процесом неперервного контролю.

Висновок.

1. Вперше запропоновано методологічний підхід до проблеми підвищення достовірності контролю захисного потенціалу пристроїв антикорозійного захисту ЕНВ, як до задачі багатопараметричного контролю, яка враховує нелінійність, частотну дисперсію параметрів і вплив перехідних процесів в електрохімічній системі, що складається з корпусу ЕНВ (катода), розчину електроліту та анода.

2. Запропоновано підвищити інструментальну достовірність процесу контролю захисного потенціалу антикорозійного захисту ЕНВ, за рахунок зменшення методичної похибки вимірювання захисного потенціалу, шляхом переривання постійного струму катодного захисту і вимірювання значення захисного потенціалу при відсутності струму катодного захисту.

Список літературних джерел

1. Экилик В.В. Теория коррозии и защиты металлов / В.В. Экилик. – Ростов: Изд-во РГУ, 2004. – 67 с..
2. Rickert H. Elektrochemische Untersuchungen zum kathodischen Korrosionsschutz mit Unterbrecherpotentiostaten / H. Rickert, G. Holzäupfel, Ch. Fianda // Werkstoffe und Korrosion. – 1987. – V. 38, Issue 11, P. 691–695.

В.Ю. Кучерук, д.т.н., професор; М.В. Глушко

ВПЛИВ РОЗМІЩЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА МОБІЛЬНИХ ТА ДЕСКТОПНИХ ПРИСТРОЯХ НА САЙТІ ЯК ВПЛИВНИЙ ФАКТОР НА РЕЗУЛЬТАТ ТОЧНОСТІ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Ключові слова: рекомендаційна система, точність, мобільна, десктопна

Рекомендаційна система — підклас системи фільтрації інформації, яка будує рейтинговий перелік об'єктів (фільми, музика, книги, новини, веб-сайти), яким користувач може надати перевагу. Для цього використовується інформація з профілю користувача. Існують дві основні стратегії створення рекомендаційних систем: фільтрація вмісту і колаборативна фільтрація. При фільтрації вмісту створюються профілі користувачів і об'єктів. Профілі користувачів можуть містити демографічну інформацію або відповіді на певний набір питань. Профілі об'єктів можуть містити назви жанрів, імена акторів, імена виконавців, тощо. Або якусь іншу інформацію в залежності від типу об'єкта. При колаборативній фільтрації використовується інформація про поведінку користувачів у минулому — наприклад, інформація про придбання або оцінки. В цьому разі не має значення, з якими типами об'єктів ведеться робота, але при цьому можна брати до уваги неявні характеристики, які складно було б врахувати при створенні профілю. Основна проблема цього типу рекомендаційних систем — «холодний старт»: відсутність даних про користувачів чи об'єкти, які нещодавно з'явилися у системі.

Таким чином можна зробити висновок, що продукт як сайт повинен бути максимально корисним для користувача. Цим обґрунтовується актуальність проведення даних досліджень.

На точність рекомендаційних систем впливають як зовнішні фактори так і внутрішні. Внутрішні фактори залежать переважно від кількості вхідних даних, їх точності, методу фільтрації та прогнозування і т.д. Проте, базовими впливними факторами є зовнішні, без оптимізації яких неможливо добитись результату. До основних зовнішніх впливних факторів точності рекомендаційних систем відносять:

- 4XX та 5XX сторінки (Наприклад 404, 502)
 - Швидкість сайту
 - Дизайн (юзабіліті)
 - Розміщення рекомендаційного блоку
 - Наявність редіректів
 - Кількість реклами
 - Кількість контенту
 - Кількість внутрішніх посилань на сайті
 - Кроссдевайсність (правильне розміщення та відображення на різних видах пристроїв)
- Розберемо детальніше останній факт, оскільки він є не менш важливим, ніж попередні.

При аналізі взято дві рекомендаційні системи на сайті Automoto.ua на кінцевих сторінках оголошень, наприклад <https://automoto.ua/uk/Mercedes-Benz-E-220-2015-Rovno-27872962.html>, де реалізовані алгоритми «Более выгодно» та «С этим авто также искали».

Із рисунка бачимо, що рекомендаційні системи на десктопі знаходяться окремо. Блок «Более выгодно» знаходить у верхній частині сторінки, блок «С этим авто также искали» знаходиться у нижній. На мобільній версії сайту ці блоки знаходять поруч по центру сторінки, який розділяє тільки рекламний блок. Проаналізувавши кількість кліків через GoogleAnalytics за останні 2 місяці можемо спостерігати наступну ситуацію:

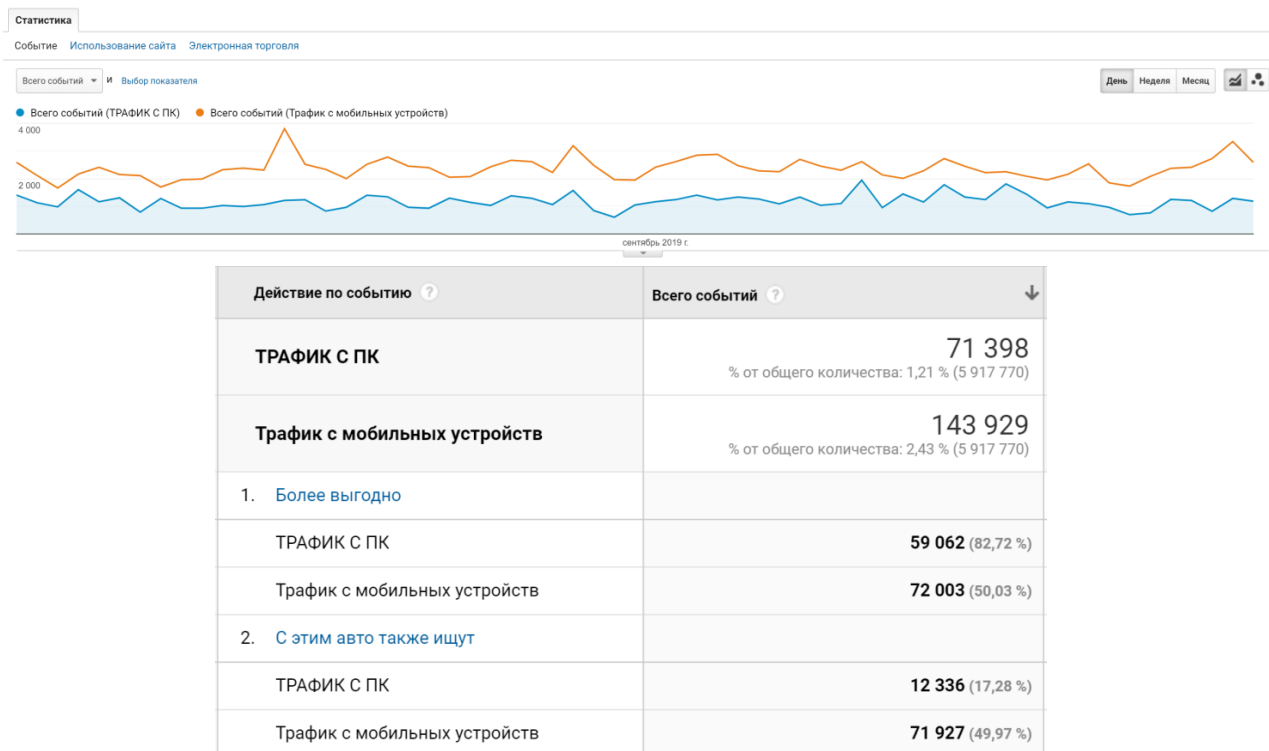


Рис. 1 – кількість кліків по блоках рекомендаційних систем на основі даних GoogleAnalytics

Враховуючи, що алгоритми рекомендаційних систем працюють однаково як на мобільній так і на десктопній версії сайту, можна зробити висновок, що платформа на якій працює система та розміщення рекомендаційних блоків сильно впливає на кількість кліків, що суттєво впливає на точність. Так як на десктопі «Более вигідно» знаходиться значно вище цей блок отримав за 2 місяці 59 062 тис. кліків, що складає 82,72%, а той же час інший блок отримав всього 12 336 кліків, що складає 12,28%. Проте на мобільній версії ситуація кардинально інша: так як блоки знаходяться поруч, кількість кліків між ними розподілиться рівномірно по 50%.

Тому, можна зробити, що навіть при однакових алгоритмах рекомендаційних на точність сильно впливає кроссдевайсність та місце знаходження рекомендаційних систем.

Список літературних джерел

1. Рекомендаційна система [Електронний ресурс] // uk.wikipedia.org. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0.

2. Виявлення 4XX та 5XX помилок на сайті як впливний фактор на результат точності рекомендаційних систем [Електронний ресурс] // <https://conferences.vntu.edu.ua> – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2019>

Р.І. Ліщук, к.т.н., доцент

РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ НА ЗОБРАЖЕННІ ЗА ДОПОМОГОЮ АЛГОРИТМУ YOLO

Ключові слова: Нейронна мережа, класифікація, границі, об'єкт, зображення, pattern recognition, artificial intelligence, YOLO

Створення штучних систем розпізнавання образів залишається складною теоретичною й технічною проблемою. Необхідність у такому розпізнаванні виникає в самих різних областях – від військової справи й систем безпеки до оцифрування різних аналогових сигналів.

Традиційно задачі розпізнавання образів включають у коло задач штучного інтелекту. Розпізнавання образів (pattern recognition) – це розділ теорії штучного інтелекту (artificial intelligence), що вивчає методи класифікації і ідентифікації предметів, явищ, процесів, сигналів, ситуацій і об'єктів, які характеризуються кінцевим набором деяких властивостей і ознак.

В першу чергу, для алгоритму розпізнавання об'єктів на зображеннях потрібна висока точність і швидкість визначення місця розташування об'єкта та його класифікація. До теперішнього часу були запропоновані алгоритми, що досягають значних показників за даними критеріями. Розглянемо деякі з них.

У 2013 р. була представлена перша версія алгоритму R-CNN (Region-based Convolutional Neural Networks) [1] на основі методів сегментації зображення і згорткової нейронної мережі. Надалі, ці ідеї розвинулися в Fast R-CNN і Faster R-CNN. Алгоритм Faster R-CNN – один з найточніших в своєму класі, але в ньому для досягнення високої точності потрібна високі обчислювальні можливості, що в свою чергу призводить до неможливості роботи в режимі реального часу [2].

Наприкінці 2015 р. був представлений алгоритм YOLO (You Only Look Once) [3], який дозволяє проводити швидку обробку зображень (близько в 1000 разів швидше, ніж R-CNN і в 100 разів швидше, ніж Fast R-CNN), але з більш низькою точністю.

В алгоритмах типу Faster R-CNN визначення об'єктів на зображеннях відбувається в два етапи. Перший етап являє собою результати роботи мережі (Region Proposal Network, далі RPN), мета якої визначити області, в яких імовірно знаходиться шукані об'єкти. Другий етап – це застосування детектора Fast R-CNN, який виконує пошук об'єктів в запропонованих областей. Таким чином, RPN вибирає області, які Fast R-CNN далі перевіряє на наявність об'єктів. Однак в даному підході ці дві штучні нейронні мережі тренуються незалежно один від одного.

Система YOLO вирішує завдання детектування, як завдання регресії. Завдяки великій швидкості обробки зображень її доцільно використовувати в системах реального часу.

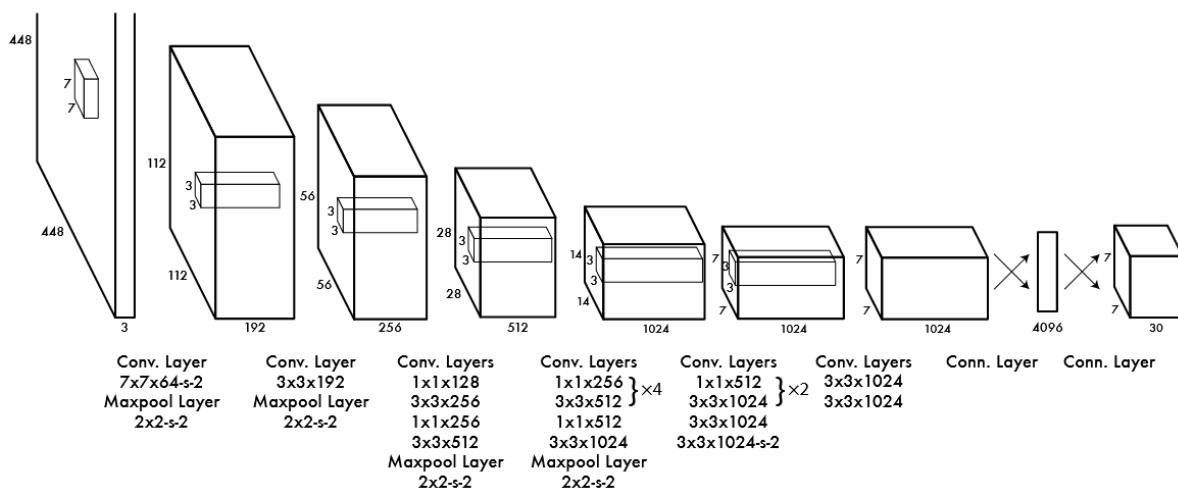


Рис. 1. Архітектура алгоритму YOLO [3]

Алгоритм YOLO складається з наступних етапів:

1. На зображення накладається сітка. Кожній комірці сітки відповідає вектор. Перші значення вектора, що відповідають певній комірці, характеризують границі об'єкта. Решта значень, в цьому векторі показують ймовірності того, що центр об'єкта знаходиться в цій комірці.

2. В результаті отримуємо границі об'єктів з ймовірністю належності до відповідних класів. Для того, щоб розпізнати об'єкти необхідно:

2.1. Вибрати який-небудь клас, наприклад «А», для якого є вектор зі значенням ймовірності класу «А» для кожної з границь.

2.2. Відфільтрувати границі тих векторів, у яких значення менше певного порогу (задається заздалегідь).

2.3. Відсортувати вектор за спаданням.

2.4. Далі використовуємо алгоритм пошуку локальних максимумів (Non maximum suppression) [4]. Працює він за таким принципом: на вході подається вектор ймовірностей по класу «А» для всіх границь. Вибирається максимальне значення, так як вектор відсортований, то даний елемент знаходиться на першій позиції, і потім ця границя порівнюється з границями, розташованими правіше, у яких ймовірність по класу більше нуля. Порівняння відбувається за площею перетину: якщо площа перетину більше 0,5, то для межі границі з меншою ймовірністю ця ймовірність дорівнює нулю. За цим принципом порівнюємо інші межі границь. А потім вибираємо наступну границю з ненульовою ймовірністю і проводимо аналогічні операції порівняння. Таким чином, розглядаються всі межі границь для класу «А».

2.5. Далі розглядаємо наступний клас, і проводимо аналогічні операції. Після подібної процедури отримаємо вектора з ймовірностями по кожному класу для кожної знайденої границі.

Залишається вирішити, які границі необхідно нанести на вихідне зображення. Метод відбору досить простий: розглядається кожна межа, береться максимальне значення ймовірності по класах і, якщо воно більше нуля, то межа границі наноситься на вихідне зображення, інакше пропускається і розглядається наступна.

У результаті аналізу було виявлено, що найбільш ефективним з методів розпізнавання об'єктів з відео потоку є згорткові нейронні мережі. Серед них найбільш удосконалені архітектури є YOLO та R-CNN. Перевагою підходу YOLO для знаходження об'єктів на зображенні і їх класифікації є використання однієї нейронної мережі, на відміну від подібних мереж R-CNN. Також даний алгоритм досить успішно може використовуватися в системах реального часу.

Список літературних джерел:

1. Ross G., Donahue J., Darrell T., Malik J. Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation // Computer Vision and Pattern Recognition – 2013.
2. Ren S., He K., Girshick R., Sun J. Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks // Computer Vision and Pattern Recognition – 2015.
3. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection // Computer Vision and Pattern Recognition – 2015.
4. John Canny, A Computational Approach to Edge Detection / John Canny // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1986. – vol. PAMI-8, no. 6. – P. 679 - 698.

Й.Й. Білинський, д.т.н, проф.; В.Б. Бурдейний, аспірант

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ФАЗОВИХ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ВИТРАТОМІРІВ В ЗАКРИТИХ ТРУБОПРОВОДАХ МАЛОГО ДІАМЕТРА

Ключові слова: фазовий зсув, фазовий ультразвуковий витратомір, швидкість потоку

Аналіз ультразвукових витратомірів в [1] показує, що більшість широко використовуваних витратомірів мають ряд недоліків пов'язаних з наявністю мертвої зони при невеликому діаметрі газопроводу, що вимагає інших рішень в умовах ближньої зони. Так як часо-імпульсні витратоміри не працюють у трубопроводах малого діаметру [2], зазвичай використовують фазові витратоміри.

Принцип роботи фазових витратомірів заснований на вимірюванні зсуву фаз ультразвукових коливань, спрямованих за та проти руху потоку. Недоліком фазових витратомірів являється обмеженість в діапазонах вимірювання. У фазових витратомірах частоту доводиться зменшувати, щоб при максимальному потоці отримати найбільшу різницю фаз, яка може бути виміряна фазометром. Тоді як у частотних і часо-імпульсних витратомірах вибирають високу частоту, тому що збільшення частоти сприяє підвищенню точності вимірювання [3].

Так як діапазон вимірювання фазового детектора обмежений одним періодом сигналу, а оптимальна частота сигналу для ультразвукових витратомірів газу складає 200 кГц [3], необхідно перевірити величину фазового зсуву для крайніх випадків. В якості трубопроводу малого діаметру обрано газову мережу малого тиску з номінальним діаметром 25мм, для якого передбачені наступні параметри [4]:

- швидкість потоку газу 0 ... 25 м/с;
- густина газу 0,68 ... 0,85 кг/м³;
- температура газу -40 ... +50 °С;
- тиск газу до 0,05 кгс/см².

За допомогою програми GasHelper розраховано мінімальну (348,6 м/с) і максимальну (460,1 м/с) швидкості розповсюдження акустичної хвилі в газовому середовищі. Для розрахунку зсуву фази необхідно мати наступні параметри:

- відстань між УЗ датчиками 0,4 м;
- кут нахилу датчиків до поперечного перерізу трубопроводу 60°;
- частота сигналу 200 кГц.

Довжина акустичної хвилі буде рівна

$$\lambda = \frac{V_g \pm (V_f \cdot \cos \theta)}{f} \quad (1)$$

де V_g – швидкості розповсюдження акустичної хвилі в газовому середовищі (348,6 – 460,1 м/с), V_f – швидкість потоку газу (0 – 25 м/с), θ - кут нахилу датчиків до поперечного перерізу трубопроводу (60°), f – частота сигналу (170 кГц – 230 кГц). Кількість довжин хвиль що поміщаються між УЗ датчиками буде рівна

$$n = \frac{D}{\lambda} \quad (2)$$

де D – відстань між УЗ датчиками (0,4 м). Фазовий зсув між передавальним і приймальним сигналом буде рівний

$$\varphi = n \cdot 360 \quad (3)$$

На рис.1 подано графіки залежності кількості довжин хвиль (фазового зсуву) від швидкості потоку при мінімальній (рис. 1а – 348,6 м/с) та максимальній (рис. 1б – 460,1 м/с) швидкості розповсюдження акустичної хвилі в газовому середовищі.

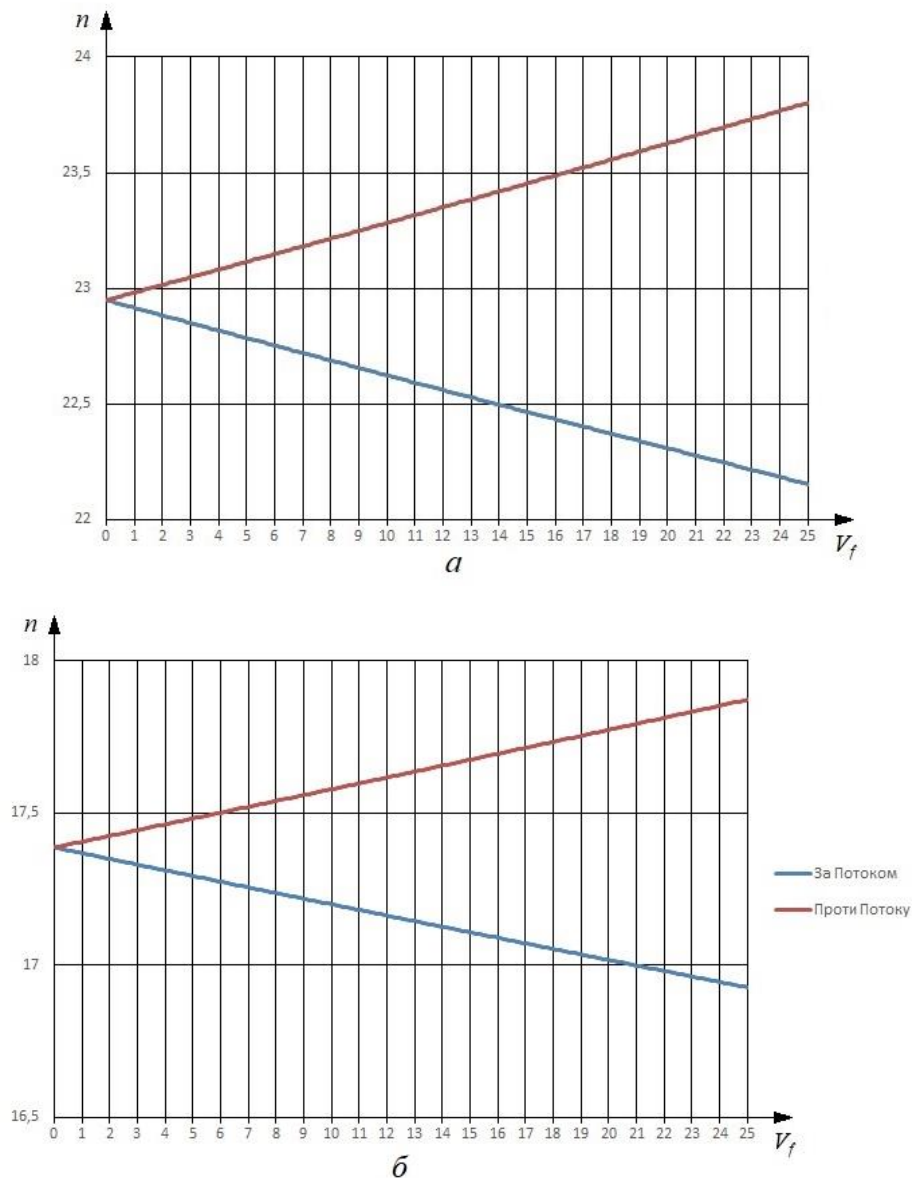


Рис.1 – Залежності кількості довжин хвиль від швидкості потоку при швидкості розповсюдження акустичної хвилі в газовому середовищі 348,6 м/с(а), та 460,1 (б)

З рисунку видно що фазовий зсув переходить через період сигналу, що унеможливило використання звичайного фазового методу. Таким чином є необхідність створення нового методу вимірювання витрат газу з високими метрологічними характеристиками та широкою сферою застосування.

Список літературних джерел:

1. Й. Й. Білинський, «Аналіз ультразвукових засобів вимірювального контролю витрати плинних середовищ», *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*, №2, с. 23-29, 2016.
2. И. И. Крюков, «О размере ближней зоны плоских ультразвуковых преобразователей, находящихся на одной оси», *Акустический журнал*, №1, с. 101– 105, 1995.
3. П. П. Кремлевский, *Расходомеры и счетчики количества веществ*. Санкт-Петербург, Россия.: Политехника, 2004, с. 412.
4. Газопостачання. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди: ДБН В.2.5-20-2001. – [Чинні від 2001-09-01]. – К.: Держбуд України, 2001. – 286 с.

І.А. Дудатьєв, к.т.н. ; О. Гавриць, студентка
МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБУ КОНТРОЛЮ ДВООКИСУ
ВУГЛЕЦЮ У АТМОСФЕРІ

Ключові слова: засіб контролю, сенсори

Основна частина. Для визначення довжин налаштування фотоприймачів у засобі контролю концентрації двоокису вуглецю у димових газах котельних установок проведемо аналіз спектрів поглинання газів [1].

Атмосферні гази, середньоочікувана концентрація яких вища за 0.1% об. та їх основні коливально-обертальні характеристики представлено на рис. 1.

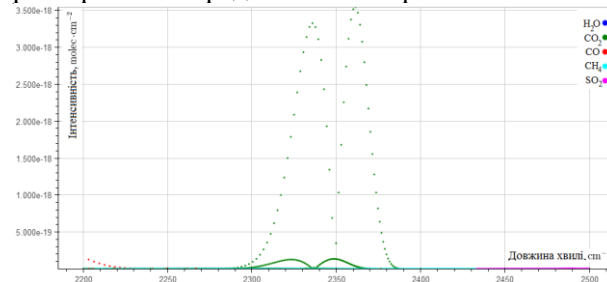


Рис. 1. Спектр поглинання компонентів у діапазоні 4 – 4.5 мкм

З аналізу спектрів зроблено висновок, що найактивніша область знаходиться в межах 2200-2500 cm^{-1} . На рис. 1. представлено поглинання основних компонентів у діапазоні 4 – 4.5 мкм (2200 – 2500 cm^{-1}).

Як видно з аналізу спектрів поглинання основних димових газів котельних установок практично всі смуги поглинання знаходяться поруч одна до одної (в деяких випадках накладаються). До того ж, пари води які присутні у газах, займають широкий спектр довжин смуг поглинання. Тому необхідною умовою є не лише вибір довжин поглинання газів таким чином, щоб вони не накладались один на одного, а і використовувати високоточні джерела випромінювання і приймачі (ширина роботи спектру яких не дозволяє потрапляння “сусідніх” газів). Після аналізу довжин поглинання димових газів необхідно за вже відомими вхідними даними обрати інфрачервоні випромінювачі і приймачі.

Таким чином, можна визначити параметри фотодіодів та фотоприймачів, при цьому було враховано взаємоперетин ліній поглинання. Тобто контрольні точки для кожного газу виглядають таким чином, що поруч немає ліній поглинання інших газів, що могли б вплинути на результати вимірювань.

Графічне моделювання фрагменту бази даних HITRAN представлено на рис. 2.

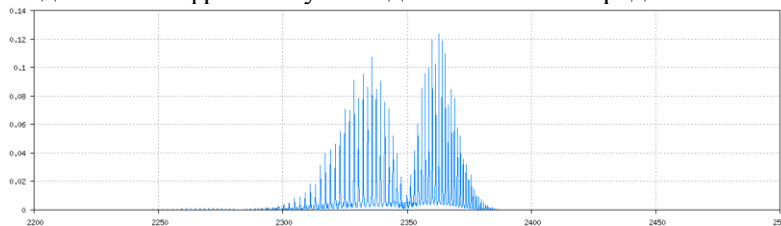


Рис.2. Фрагменту бази даних HITRAN

Як видно з рис. 2, спектр поглинання двоокису вуглецю в заданому діапазоні має складну структуру за рахунок накладання спектрів газів які входять до його складу, тому коефіцієнт поглинання $k(\lambda)$ смуги виразимо сумою коефіцієнтів поглинання окремих ліній

$$k(\lambda) = \sum_i \frac{S(\lambda_i)}{\pi} \cdot \frac{\sigma}{\sigma^2 + \left(\frac{1}{\lambda_i} - \frac{1}{\lambda_0}\right)^2}, \quad (1)$$

де S – інтенсивність смуги поглинання; λ_i та λ_0 – довжина та центр смуги поглинання; σ – ширина смуги поглинання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Смит А. Прикладная ИК-спектроскопия: основы, техника, аналитическое применение / Смит А. — М.: Мир, 1982. — 328 с.

І.А. Дудатьєв, к.т.н.; А. Катренко, студентка
МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО
ПЕРЕТВОРЮВАЧА СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНУ

Ключові слова: перетворювач фотоелектричний

Основна частина. Ефективність фотоелектричного перетворювача визначається світловою вольт-амперною характеристикою (ВАХ) сонячного елемента (СЕ), форма якої залежить від ряду параметрів: послідовного і паралельного (шунтуючого) опорів, щільності струму насичення діода, діодного коефіцієнту та деяких інших параметрів. У зв'язку з цим суттєве значення має задача контролю та оптимізації цих параметрів при виробництві сонячних батарей. У випадку сонячного ВП ця характеристика розглядається при наявності додаткових умов, які у світовій практиці були стандартизовані і застосовуються зараз при проектуванні всіх подібних систем у всьому світі. Відповідно цим стандартам ВАХ сонячних елементів визначається при потужності випромінювання сонця, яка дорівнює 1000 Вт на один квадратний метр. При цьому температура елементів повинна дорівнювати +25°C.

Світлова ВАХ сонячного елемента демонструє залежність вихідного струму, що генерується при освітленості СЕ та протікає через підімкнене навантаження, від падіння напруги на цьому навантаженні. Рівняння, що описує світлову ВАХ СЕ можна представити в наступному вигляді:

$$I = I_{ph} - I_0 \left(\exp \left(\frac{U + IR_S}{m} \right) - 1 \right) - \frac{U + IR_S}{R_p}, \quad (1)$$

де $m = AkT/e$, I — величина струму протікаючого через навантаження, U — падіння напруги на навантаженні, I_{ph} — величина генеруемого фотоструму, I_0 — величина струму насичення діода, A — діодний коефіцієнт, e — модуль заряду електрона, k — стала Больцмана, T — термодинамічна температура, R_p — паралельний (шунтуючий) опір, R_S — послідовний опір.

Рівняння (1) описує ВАХ реального СЕ, але якщо не враховувати останній доданок, то рівняння буде описувати ВАХ ідеального сонячного елемента.

На рисунку 1 представлена ВАХ сонячного елемента, яка являється дуже важливою характеристикою СЕ оскільки визначає ефективність перетворення енергії сонячного випромінювання в електроенергію.

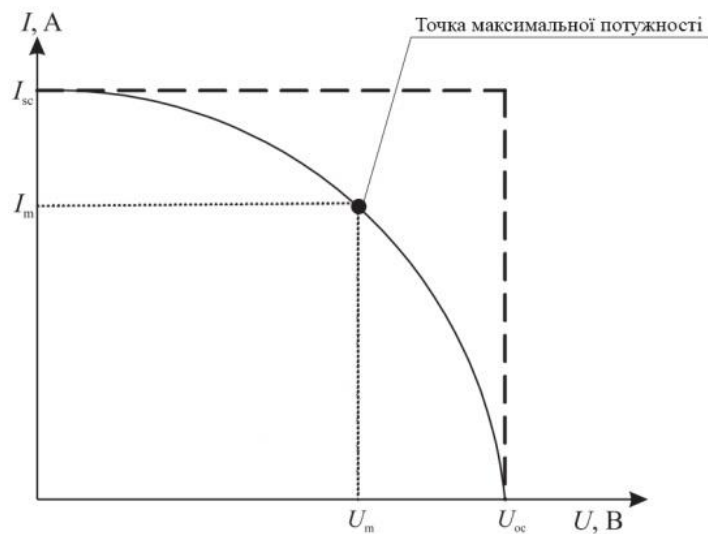


Рис. 1 — ВАХ сонячного елемента: I_{sc} — струм короткого замикання; U_{oc} — напруга холостого ходу

Залежність ВАХ СЕ від його параметрів зображена на рисунку 2.

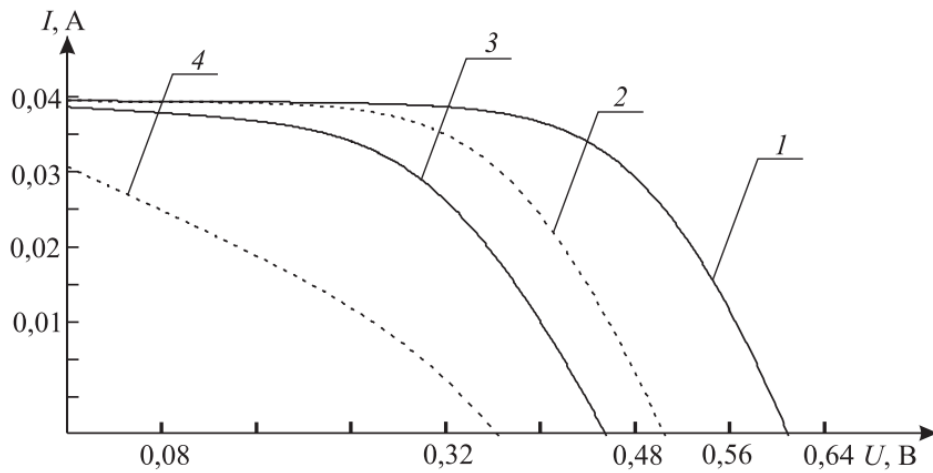


Рис. 2 — ВАХ СЕ при різних значеннях параметрів

Значення параметрів на рисунку 2.2:

- 1 — $I_0 = 0,22 \text{ мкА}$, $R_S = 1,7 \text{ Ом}$, $R_p = 1,2 \text{ кОм}$, $A = 1,9$;
- 2 — $I_0 = 1 \text{ мкА}$, $R_S = 2 \text{ Ом}$, $R_p = 1,2 \text{ кОм}$, $A = 1,8$;
- 3 — $I_0 = 1,5 \text{ мкА}$, $R_S = 2,5 \text{ Ом}$, $R_p = 120 \text{ Ом}$, $A = 1,7$;
- 4 — $I_0 = 2 \text{ мкА}$, $R_S = 3 \text{ Ом}$, $R_p = 12 \text{ Ом}$, $A = 1,6$

Основним математичним параметром (характеристикою) сонячного ВП є ККД конкретного елемента. Данне ККД можна розрахувати за формулою (2):

$$\eta = \frac{P_m}{P} = \frac{ff * I_{sc} * U_{oc}}{P}, \quad (2)$$

де P — потужність падаючого на СЕ випромінювання, P_m — максимальна вихідна потужність СЕ, ff — фактор заповнення ВАХ, I_{sc} — струм короткого замикання, U_{oc} — напруга холостого ходу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гуртов В. А. Твердотельная электроника / В. А. Гуртов. – Москва, 2005. – 492 с.

СЕКЦІЯ 2 (SECTION 2)
Вимірювальна техніка, контроль та
діагностування

Д.В. Мальований, студент; Ю.Ю. Іванов, к.т.н., доцент; С.Г. Кривогубченко, к.т.н., доцент; В.М. Папінов, к.т.н., доцент; О.М. Бевз, к.т.н., доцент
ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ЕЛАСТИЧНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ КОМІВОЯЖЕРА У КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМАХ

Ключові слова: кіберфізичні системи, недетерміновано-поліноміальна складність, задача комівояжера, евристики, алгоритми ласо та хребта, еластична мережа, квазіоптимальний результат

У зв'язку з інформатизацією суспільства актуальним є використання кіберфізичних систем, які об'єднують інтернет речей (автоматизація процесів), великі дані (аналіз даних), хмарні обчислення (доступ до надпотужного обладнання) та кібербезпеку (завадостійке кодування та шифрування даних). Під час роботи з даними системами виникає ряд специфічних комбінаторних задач, які, незважаючи на потужний потенціал сучасної обчислювальної техніки, залишаються занадто складними для вирішення за наперед визначений відрізок часу. Їх складність має недетерміновано-поліноміальний характер, а це означає, що зі збільшенням обсягу вхідних даних складність розв'язання заданої задачі зростає експоненціально або факторіально. Тому на практиці слід відмовитися від спроб відшукати точне рішення (метод грубої сили) і зосередитися на пошуці квазіоптимального розв'язку за поліноміальний час. Це підштовхує науковців до дослідження метаевристичних методів пошуку рішення, які комбінують методи пошуку локальних та глобальних розв'язків у абстрактні стратегії евристичної оптимізації. Однією з найбільш універсальних задач розглянутого типу є задача комівояжера, до якої зводиться ряд практичних задач. Не зважаючи на простоту формулювання, вона відіграє надзвичайно важливу роль у аналізі структури геному, виробництві мікросхем, логістиці, роботі мережевих комунікацій, систем керування технологічними процесами та їх контролі, робототехніці, коли набір технічних засобів повинен швидко та ефективно виконати задані вимоги, знайшовши оптимальний маршрут[1].

Одним із найбільш ефективних як за часом, так і за точністю обчислень є алгоритм еластичної мережі. Він полягає у застосуванні алгоритму ласо, який дозволяє сформувати навколо всієї множини заданих точок-вершин кільця нормалізуючих точок (петлі), яке поступово стягується навколо точок-вершин. Проте у цього алгоритму є ряд недоліків, що особливо проявляється під час роботи з нерівномірно розподіленими на карті наборами даних — у такому випадку результат обчислень буде дуже неточним або умова проходження всіх точок-вершин не виконається. Тому необхідно використовувати алгоритм хребта та додаткові післяоптимізаційні евристики [2, 3]. Ідею роботи еластичної мережі можна сформулювати наступним чином:

- 1) кільце нормалізуючих точок розташовується на деякій відстані від координатного центру існуючої популяції і може не лише стягуватися, а й розтягуватися;
- 2) карта з набором вхідних даних нормалізується і зводиться до “квадратного” вигляду;
- 3) при виборі точки-вершини на конкретній ітерації застосовується алгоритм хребта, який дозволяє уникати “зациклювання” алгоритму ласо при виборі пріоритетної точки-вершини;
- 4) використання ітеративних геометричних *k-opt*-евристик Ліна-Кернігана-Хельсгауна.

Розглянутий алгоритм реалізовано у програмному забезпеченні та перевірено на випадкових наборах даних і реальних задачах з бібліотеки *TSPLib*. Визначено, що за поліноміальний час він дозволяє отримати результати, які відрізняються від точних рішень не більше ніж на 2-5%. Вдале налаштування вхідних параметрів та багаторазове повторення роботи алгоритму дозволяє покращити результат обчислень. Отримані результати можуть бути використані для дослідження та розробки методів розв'язання задач комбінаторної оптимізації, які виникають на практиці, створюючи труднощі для функціонування систем та мереж різного функціонального призначення.

1. Potvin J.-Y. The Traveling Sales man Problem: A Neural Network Perspective / J.-Y.Potvin. — Montreal (Quebec), Canada: Universite de Montreal, 1992. — 60 p.

2. Сравнение методов гарантированной гладкости и эластичной сети для задачи комивояжера на плоскости / С.В. Горбунов, И.В. Кисель, Е.В. Конотопская, Р.Т. Файзуллин. — Дубна: Сообщения объединенного института ядерных исследований, 1997. — 15 с.

3. Where the Rubber Meets the Road [Web Resource] / Clearly and simply. — 2010. — Access mode: https://www.clearlyandsimply.com/clearly_and_simply/2010/05/where-the-rubber-meets-the-road.html.

С.М. Кравчук, студент; Р.Н. Кветний, д.т.н., професор;
Ю.Ю. Іванов, к.т.н., доцент; С.Г. Кривогубченко, к.т.н., доцент

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СУЧАСНИХ ЗАВАДОСТІЙКИХ КОДІВ: ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ LDPC-КОДІВ

Ключові слова: завадостійке кодування, LDPC-коди, коди Галлагера, згорткові коди, турбо-коди, полярні коди, ітеративне декодування, імітаційне моделювання, експерименти

Коди з низькою щільністю перевіркою на парність (LDPC-коди) є кодами прямого виправлення помилок (*forward error correction*), які вперше запропоновані в кандидатській дисертації американського вченого Галлагера у 1962 році. Але їх потенціал довгий час залишався невідкритим через технічні та обчислювальні обмеження того часу. Впродовж наступних років, з розвитком обчислювальної техніки, дані коди почали досліджуватися багатьма відомими вченими, наприклад Нілом, МакКеем, Лабі, Шокроллахі та іншими. Це сприяло тому, що були створені конструкції LDPC-кодів, які наближаються до теоретичної межі Шеннона до сотих децибел [1].

Щоб зрозуміти, чому LDPC-коди настільки ефективні, можна провести порівняння з найближчими конкурентами: згортковими, турбо- та полярними кодами. На рис. 1 наведені результати моделювання $BER = f(SNR)$ для розміру фрейму $K = 8192$ бітів (швидкості кодування $R = [1/3, 1/2, 2/3, 5/6]$), $K = 8196$ бітів для LDPC-кодів ($R = [1/3, 1/2, 2/3]$) та $K = 8200$ ($R = 5/6$); $Q = 8$ ітерацій декодування для турбо- та полярних кодів та 16 – для LDPC-кодів. Отже, для LDPC-кодів можна виділити ряд переваг: швидкість декодування даних; кращі характеристики в каналах зв'язку, в яких імовірність помилки відносно мала. Крім того, з рис. 1 можна побачити, що зі збільшенням швидкості кодування R показники BER для LDPC-кодів покращуються порівняно з іншими кодами, а для $R = 5/6$ – наближаються та навіть переважають BER турбо-коду. Одним із основних недоліків, який виникає через специфічну структуру перевіркової матриці, є квадратична залежність складності кодування від довжини коду, хоча існують підходи, що дозволяють при ретельному проектуванні знизити складність кодування до лінійної. Крім того, апаратна реалізація часто буває складна: не дозволяє простої зміни кодової швидкості, довжини блоку, оскільки при цьому необхідно формувати нову перевірку матрицю [2].

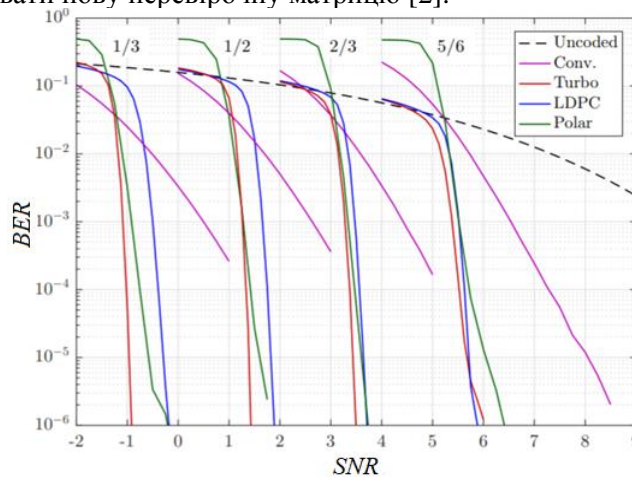


Рисунок 1 – Результати імітаційного моделювання $BER = f(Eb/N0)$

Таким чином, LDPC-коди є потужним методом завадостійкого кодування даних, що обумовлює їх використання в різноманітних стандартах зв'язку (DVB-S2, DVB-T2, IEEE 802.3an, Ethernet 10G, 5G) та спонукає вчених до подальших досліджень у цьому напрямі.

1. Johnson S.J. Iterative Error Correction. Turbo, Low-Density Parity-Check and Repeat-Accumulate Codes / S.J. Johnson. – New York: Cambridge University Press, 2009. – 356 p.

2. Кравчук С.М. Алгоритми кодування та декодування кодів з низькою щільністю перевірок на парність: матер. всеукраїнської науково-практичної конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» / С.М. Кравчук, Ю.Ю. Іванов, С.Г. Кривогубченко. – Вінниця, 2019. – С.166-169.

**В.А. Ковенко, студент; Р.Н. Кветний, д.т.н., професор; О.В. Бісікало, д.т.н., професор;
І.В. Богач, к.т.н., доцент; Ю.Ю. Іванов, к.т.н., доцент; В.В. Гармаш, к.т.н., доцент**

THE IMPORTANCE OF SEARCHING FOR BEST HYPERPARAMETERS FOR TRAINING DEEP NEURAL NETWORKS

Key words: *artificial neural networks, deep neural networks, weights initialization, dropout, regularization, gradient, hyperparameters, optimizer, model performance*

Artificial neural networks proved to be the most appropriate machine learning methods with efficient mathematical algorithms for solving different tasks of artificial intelligence in computer vision, speech recognition, natural language processing, etc. But the solution of these tasks requires considerable computational resources and significant time costs. Having won the competition of ImageNet in 2012, using AlexNet, the researchers started the endless trend of using deep neural networks [1, 2].

The main distinguishing feature between shallow and deep neural networks, is the size of the last ones. Unfortunately the performance and the size of deep neural networks are highly correlated with each other, and a huge size of networks' layers along with their enormous quantity can result in problems known as exploding gradient (the problem related to very big values of model's weights) and overfitting (the problem related to poor generalizing ability of the model). Scientists and researchers of the field found lots ways of effectively addressing such issues using the regularization techniques such as: dropout, L1 and L2 weight regularization, gradient clipping and adding skip connections [2]. It is also worth mentioning recently founded optimizer named Adam[3], which helps the gradient to converge faster and more effectively, thus making training of huge networks faster and more accurate; and He or Xavier / Glorot technique[4]for networks weights initialization, which also results in attaining a global minimum of the cost function faster and more efficiently. The set of all the highlighted techniques pushed the usage of deep neural networks forward, but the one question was still to be issued: what is the best hyperparameters for a particular model?

New techniques of making deep neural networks more robust to the huge number of learning parameters added more complexity in deciding what hyperparameters to use. For instance: the range of values for L1 and L2 regularizers could be from 0.0001 to 1 and for a particular neural network architecture the best value could be in between. Thus, its very inefficient to tune all the hyperparameters manually. What is more, sometimes even smaller architecture could be better with nicely picked hyperparameters, than the big one with random ones. With all this in mind, the one can define the new learning problem: what are the best hyperparameters for a particular model that will maximize its performance on the unseen data?

In order to solve the new problem, the first step is to find the way to measure the performance of the model. For different tasks different metrics are used, but in most of cases researchers and analysts tend to use AUC score (area under receiver operating characteristic curve) as its more robust in terms of working with imbalanced dataset or a simple loss score. Having picked the metric, which will be optimized, its necessary to define the space of hyperparameters, that is the range of parameters that will be tuned. After all these done, the simple grid search could be performed to find the best hyperparameters. Conducting this process can save a lot of time and show a great result of even not very deep model.

To sum up, having lots of hyperparameters of a deep neural network, its crucial to optimize the process of picking the best ones. So, the design of the artificial neural networks requires from the neural network architect the high knowledge of computer science algorithms and empirical experience.

1. Krizhevsky A. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks [Web resource] / A. Krizhevsky, I. Sutskever, G.E. Hinton. – Access mode: <https://papers.nips.cc/paper/4824-imagenet-classification-with-deep-convolutional-neural-networks.pdf>.

2. Гудфеллоу Я. Глубокое обучение / Я. Гудфеллоу, А. Курвилль, И. Бенджо. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 654 с.

3. Kingma D.P. Adam: A Method for Stochastic Optimization [Web resource] /D.P. Kingma, J.L. Ba. – Access mode: <https://arxiv.org/pdf/1412.6980.pdf>.

4. Kakaraparthi V. Xavier and He Normal (He-et-al) Initialization [Web resource] / V. Kakaraparthi.– Access mode: <https://medium.com/@prateekvishnu/xavier-and-he-normal-he-et-al-initialization-8e3d7a087528>.

**В.В. Півошенко, студент; Ю.Ю. Іванов, к.т.н., доцент;
С.Г. Кривогубченко, к.т.н., доцент; І.Ю. Іванов, лікар вищої категорії**

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ МУЛЬТИКЛАСИФІКАЦІЇ ЕПТЕЛЛОМ ШКІРИ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Ключові слова: комп'ютерна діагностика, епітеліоми шкіри, задача мультикласифікації, нейронні мережі, рекомендації щодо архітектури мережі, налаштування нейромережі, оптимізація

Діагностика захворювань шкіри відіграє важливу роль у виявленні ряду хвороб, пов'язаних з порушеннями роботи внутрішніх органів людини. Однак, одним з найбільш небезпечних захворювань, що реєструються на шкірних покриттях, є меланома – злоякісна шкірна пухлина, що в основному розвивається з невуса, швидко метастазує. Тому рання діагностика меланоми має дуже важливе значення [1]. Дана прикладна задача комп'ютерної діагностики представляє собою задачу мультикласифікації, для розв'язання якої використовують згорткові нейронні мережі (*Convolutional Neural Networks*), які показують досить високу точність (*Accuracy*) класифікації [2]. Важливим моментом є пошук якісної вибірки даних, за допомогою якої нейромережа навчається. У даній роботі наведено рекомендації щодо архітектури нейромережі, її налаштування та оптимізації, які можна застосовувати у ході розробки класифікатора.

Рекомендації щодо архітектури вхідного шару мережі (*InputLayer*):

- а) вхідні зображення повинні бути одного розміру та мати однакову кількість каналів;
- б) ширина і висота вхідного зображення повинні багаторазово ділитися на 2.

Рекомендації щодо архітектури згорткового шару (*ConvolutionalLayer*):

- а) параметри шару: доповнення (*Portion*) та зміщення фільтру (*Stride*) повинні бути вибрані таким чином, щоб розміри згорткового шару були цілочисельними та дорівнювали розмірності попереднього шару, за умови, що він не є згортковим шаром;
- б) переважно використовувати фільтри малого розміру: 3 на 3 або 5 на 5, однак, для великих вхідних зображень розміри фільтрів першого згорткового шару можуть бути 7 на 7;
- в) чим більше вхідний шар мережі, тим більше фільтрів рекомендується використовувати в згорткових шарах, при цьому, бажано, щоб кількість фільтрів для глибших згорткових шарів збільшувалася.

Рекомендації щодо архітектури шару субдискретизації (*PoolingLayer*):

- а) у шарі субдискретизації доцільно використовувати вибір максимального значення (*MaxPoolingLayer*) замість розрахунку середнього значення (*AveragePoolingLayer*);
- б) краще використовувати розміри вікна 2 на 2, оскільки великі розміри вікна надають значний вплив на руйнування ознак, виділених згортковими шарами мережі.

Після вибору архітектури мережі потрібно провести процес налаштування та оптимізації її параметрів. Найбільш поширеними методиками є [1, 2]:

- а) перебір випадкових конфігурацій мережі (*randominitialization*): установка випадкових параметрів архітектури і перевірка точності роботи конфігурації кожної моделі на вибірці даних;
- б) експертний підхід (*empirical initialization*): установка параметрів мережі на основі досвіду вирішення схожих задач;
- в) автоматизований підбір параметрів з оптимізацією (*serial and parallel initialization over awkward search spaces*): підбір значень параметрів мережі з використанням алгоритмів оптимізації, наприклад, байєсівська оптимізація (*BayesianHyperparameterOptimization*). Даний підхід використовується часто, але його ефективність залежить від кількості параметрів, які ініціалізуються.

Наведені рекомендації будуть корисними для розробки алгоритму роботи ефективної нейромережі, яка дозволяє розв'язати задачу мультикласифікації з високою точністю.

1. Sabouri P. Lesion Border Detection Using Deep Learning / P. Sabouri, H. Hosseini // IEEE Congress on Evolutionary Computation. – Canada, Montreal: IEEE, 2016. – P. 1416-1421.

2. Krizhevsky A. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks/ A. Krizhevsky, I. Sutskever. – Canada, Toronto: NIPS, 2012. – 9 p.

ІННОВАЦІЙНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ІНДУКЦІЙНОГО ДАВАЧА В СИСТЕМАХ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Ключові слова: індукційний давач кута, озброєння та військова техніка, фаза сигналу, ортогональні складові

У електромеханічних системах озброєння та військової техніки широко застосовуються індукційні давачі кута – обертові трансформатори. Поширеність застосування даних типів давачів в складних електромеханічних системах озброєння та військової техніки пояснюється їх перевагами над застосуванням інших типів давачів таких, як оптичні та магнітні енкодери у зв'язку з їх простотою конструкції, невибагливістю до зовнішніх умов та відносно невисокою вартістю. Разом з тим, необхідно відзначити, що на основі аналізу джерел [1] та [2] можна зробити висновок проте, що дані типи давачів використовуються в режимі визначення амплітуди, а отже в залежності від класу точності давача, буде виникати значна похибка, яка сягає від 2-х – 8-и кутових хвилин. В існуючих системах озброєння і військової техніки у якості інформативного параметру індукційних давачів кутового положення використовується амплітуда сигналу, причому в аналоговій формі, що в свою чергу не дозволяє здійснити пряму адаптацію з сучасними цифровими пристроями такими, як: пристрої позиціонування, автоматизовані цифрові прилади стрільби та управління вогнем тощо.

Враховуючи вище зазначені переваги та недоліки індукційних давачів можна зробити обґрунтований висновок про доцільність продовження їх використання в електромеханічних системах озброєння та військової техніки, проте з їх подальшою модернізацією шляхом переходу від визначення амплітуди до визначення фазового зсуву сигналів індукційного давача із застосуванням аналого-цифрових перетворювачів та мікроконтролерної техніки для здійснення математичної обробки вимірювальних сигналів, що дозволить підвищити точність визначення кутових переміщень до кількох десятків кутових секунд. При чому визначення фаз сигналів доцільно здійснювати не методом визначення часових інтервалів, який потребує застосування високоточних годинників, а методами, які базуються на розкладанні сигналу на ортогональні складові.

Для здійснення переходу до визначення фази сигналів індукційного давача авторами [2] було розроблена структурно-функціональна схема для вимірювання кута повороту індукційного давача на основі визначення зсуву фаз Рис.1.

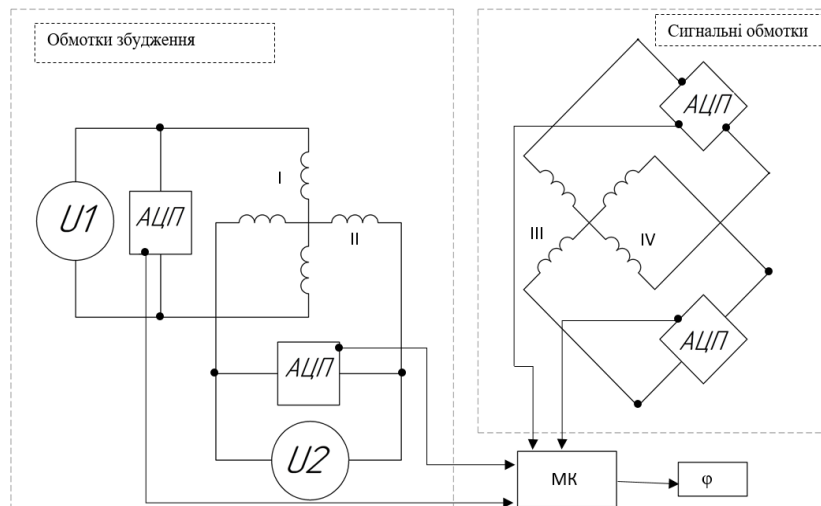


Рис. 1. Структурно-функціональна схема для вимірювання кута повороту індукційного давача на основі визначення зсуву фаз

На представленій структурно-функціональній схемі використані наступні позначення: АЦП – аналого-цифровий перетворювач, МК – мікроконтролер, I - синусна обмотка збудження, II - косинусна обмотка збудження, III - сигнальна синусна обмотка, IV - сигнальна косинусна обмотка, ϕ - кут повороту ротора відносно статора. На основі використання структурно-функціональної схеми для вимірювання кута повороту індукційного давача можна здійснити математичний опис

сигналів які будуть надходити в мікроконтроллер у вигляді цифрового коду після проходження АЦП. Математичний опис сигналів для синусної обмотки збудження та синусної сигнальної обмотки визначаються за наступними формулами

$$U_{ADCfs} = \frac{\text{trunc}\left(2^{N_{ADC}-1} \cdot \frac{U_m \cdot \sin(\omega t)}{U_m}\right)}{2^{N_{ADC}-1}} \cdot U_m, \quad (1)$$

$$U_{ADCss} = \frac{\text{trunc}\left(2^{N_{ADC}-1} \cdot \frac{U_m \cdot \sin(\omega t + \beta) + \text{rnd}(\delta) \cdot \frac{\delta}{2}}{U_m}\right)}{2^{N_{ADC}-1}} \cdot U_m, \quad (2)$$

де U_{ADCfs} та U_{ADCss} - представлення синусного синусної обмотки збудження та синусної сигнальної обмотки ротора індукційного давача у цифровій формі, N_{ADC} - розрядність АЦП, U_m - максимальне значення амплітуди живлення, t - час, ω - кутова частота сигналу збудження функція trunc - функція яка дає результат округлення числа до цілого значення [3], $\text{rnd}(\delta)$ - функція, яка формує випадкові величина з рівномірним розподілом. Застосування функції $\text{rnd}(\delta)$ дозволяє врахувати та оцінити характер випадкових збурень, які виникають в обмотках ротора Рис.2.

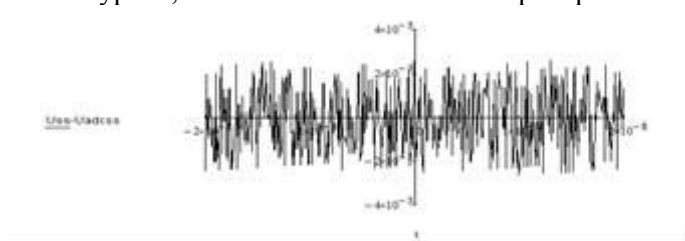


Рис.2 Графік моделювання випадкових збурень

Враховуючи вимоги обсягів до оформлення тексту доповіді математичний опис сигналів наведено лише для синусної обмотки збудження та синусної сигнальної обмотки. Математичний опис сигналів для косинусної сигнальної обмотки U_{ADCfsc} - та косинусної обмотки збудження U_{ADCfc} будуть відрізнятися від виразів (1) та (2) лише заміною тригонометричної функції \sin на \cos .

На основі використання розроблених авторами алгоритмів виконується розкладання даних цифрових сигналів на відповідні ортогональні складові S_{Σ} , C_{Σ} за наступними співвідношеннями:

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=0}^{k_s-1} (U_{ADCs} \cdot U_{ADCfs_i} + U_{ADCs} \cdot U_{ADCfc_i}), \quad (3)$$

$$C_{\Sigma} = \sum_{i=0}^{k_s-1} (U_{ADCs} \cdot U_{ADCfc_i} - U_{ADCs} \cdot U_{ADCfs_i}), \quad (4)$$

де k_s - кількість відліків АЦП за період.

Для визначення кута повороту β можна застосувати тригонометричну функції arctg :

$$\beta_{ctg} = \text{arctg} \quad (5)$$

Таким чином застосування запропонованих методів та алгоритмів обробки сигналів дозволяють відчутно підвищити точність індукційного давача, який застосовується в системах озброєння та військової техніки, без втрати його експлуатаційних властивостей. А отримане таким чином значення кутового положення озброєння у цифровому вигляді дозволить здійснити пряму адаптацію давача з сучасними приладами навігації та управління вогнем.

Список літературних джерел:

1. Ахметжанов А.А. Системы передачи угла повышенной точности / А.А. Ахметжанов. – Москва: Энергия 1966. – 271 с.
2. Shabatura Y. Mathematical model for determination of angular variables using the angular induction sensor in the phase mode for guiding a typical artillery system [Електронний ресурс] / Y. Shabatura, С. Snitkov, В. Seredyuk // SDirect 24. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: http://www.ichaus.de/upload/pdf/MHM_datasheet_D1en.pdf.
3. Паранчук Я.С., Мороз В.І. Алгоритмізація та програмування. Mathcad. Видавництво Львівська політехніка, 2012 р. 312 с.

О.Г. Архістрєєва, здобувач; Г.М. Розорінов, д.т.н., проф.
ДОСЛІДЖЕННЯ СТОХАСТИЧНОЇ ДИСКРЕТИЗАЦІЇ СИГНАЛІВ ЗА
ДОПОМОГОЮ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ LabVIEW

Ключові слова – дискретизація, графічне програмування, моделювання, відновлення, похибка

На даний момент практично всі операції аналого - цифрового перетворення сигналів здійснюються за допомогою методу рівномірної дискретизації, застосування якого має певні недоліки, пов'язані, в основному, з апаратними труднощами [1–3]. Альтернативним методом є стохастична дискретизація сигналів, яка має ряд переваг перед рівномірною - дозволяє уникнути елайзінг, знизити необхідну для коректного відновлення сигналу частоту дискретизації. В даний час практичне застосування стохастичної дискретизації освоєно в дуже малому ступені, в основному, через відсутність математичного апарату.

Метою даної роботи є дослідження відмінностей в якості відновлення сигналу після рівномірної та стохастичної дискретизації, проведення експериментів з дискретизації і відновлення сигналу шляхом моделювання в програмному пакеті LabVIEW, аналіз результатів при різних способах відновлення сигналів для двох методів.

Вибір частоти дискретизації при рівномірній дискретизації аналогових сигналів підпорядкований теоремі Котельникова. Це означає, що частота дискретизації сигналу повинна бути мінімум в два рази вище максимальної частотної складової у спектрі сигналу:

$$F_0 = 1/\Delta t \geq 2f_{max} \quad (1)$$

Якщо умова (1) порушується, спотворення частотного спектру вихідного аналогового сигналу неминучі. Однак, при рівномірній дискретизації, явище елайзінгу має місце навіть при виконанні умов теореми Котельникова, але в цьому випадку сторонні спектральні складові з'являються на частотах вище частоти основного коливання сигналу.

Для запобігання елайзінгу слід підвищувати частоту дискретизації або обмежити спектр сигналу перед оцифруванням, наприклад фільтром низьких частот, але будь-який фільтр вносить запізнення в опрацьований сигнал, що вкрай небажано при використанні в системах автоматичного управління.

Періодичне здійснення вибірки не може бути застосоване, коли коливання у тривалості кроку дискретизації не можуть бути проігноровані або коли значення сигналу можливо отримати тільки у випадковій моменти часу. Такі нерівномірності в здійсненні вибірки не завжди є негативним чинником, порушення кроку дискретизації можуть, наприклад, бути використані для придушення елайзінгу в спектрі відновлюваного сигналу.

Завдання абсолютно точного відновлення сигналу на практиці звичайно не ставиться, на відміну від завдання мінімального фізичного обсягу інформації, при якому зберігається можливість її відновлення в безперервній формі з певним допустимим значенням похибки. Таке завдання актуальне завжди, і особливо при дистанційних методах реєстрації та обробки інформації, передачі сигналів по каналах зв'язку і при підготовці інформації до тривалого зберігання.

Промодельємо процеси рівномірної та стохастичної дискретизації сигналів за допомогою мови графічного програмування LabVIEW. Задамо у вікні параметрів програми генерацію синусоїдального сигналу з амплітудою 1В, частотою 15 Гц і кількістю точок 512. Зробимо дискретизацію з частотою 128 Гц, а потім відновимо сигнал. На рис.1 наданий сигнал, відновлений після рівномірної дискретизації, а на рис. 2 – після стохастичної дискретизації.

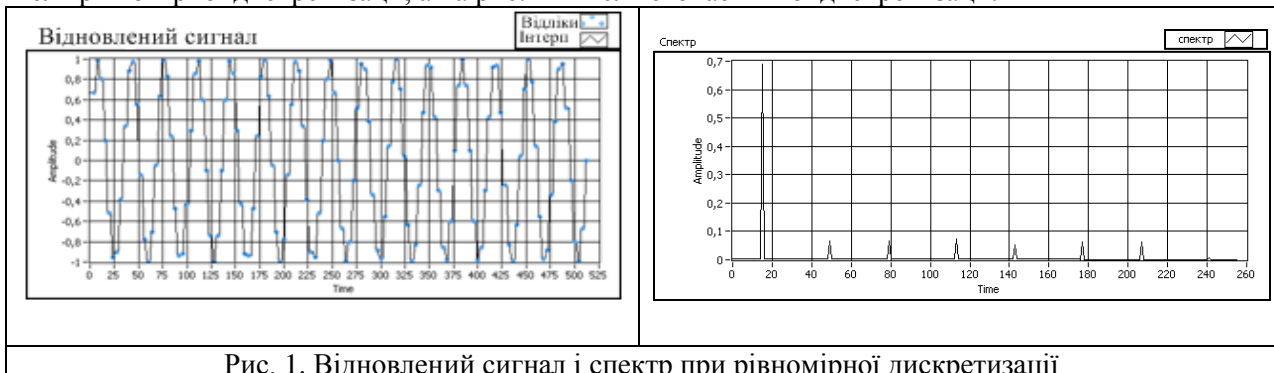


Рис. 1. Відновлений сигнал і спектр при рівномірній дискретизації

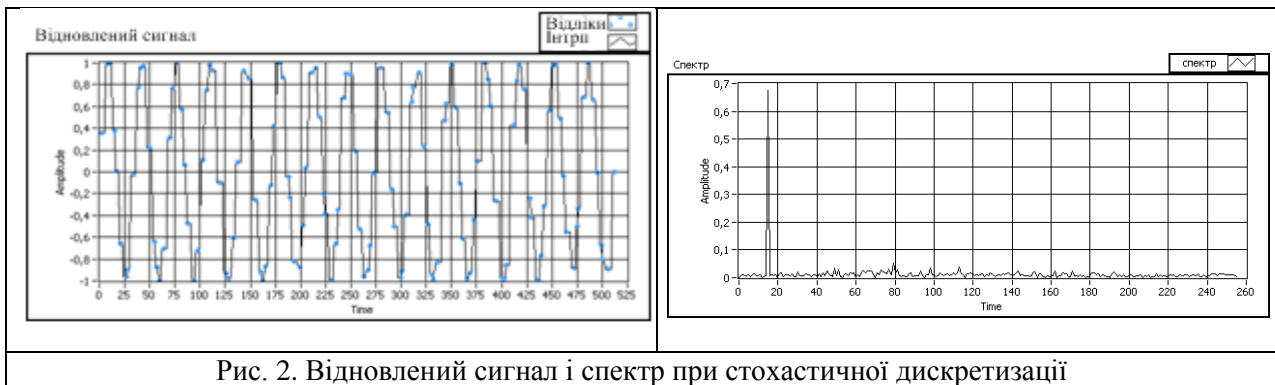


Рис. 2. Відновлений сигнал і спектр при стохастичній дискретизації

Як можна помітити, в спектрі сигналу, відновленого після рівномірної дискретизації присутні періодичні помилкові гармоніки (ефект елайзінгу), в той час, як стохастична дискретизація позбавлена цього недоліку, хоча має низькорівневий широкосмуговий шум.

При зниженні частоти дискретизації амплітуда помилкових гармонік збільшується сильніше, ніж амплітуда широкосмугового шуму.

При рівномірній дискретизації, на часовій реалізації сигналу помітні сторонні частотні складові, що викривляють вихідний сигнал, а в спектрі відновленого сигналу присутні складові, що знаходяться в безпосередній близькості від корисного сигналу, які не можуть бути відфільтровані на приймальній стороні.

Сигнал, відновлений після стохастичної дискретизації, хоча і має низькочастотний широкосмуговий шум, однак його амплітуда набагато нижче амплітуди корисного сигналу і це неспівпадіння ніяк не корельоване з вихідним сигналом.

Основними метрологічними характеристиками інформаційно-вимірювальної системи є точність та достовірність вимірювань. Інформаційний потік від об'єкта залежить від його динамічних характеристик та вимог до точності вимірювань. У цьому сенсі він не залежить від системи і є заданою величиною. Однак, як правило, цей потік є в значній мірі надлишковим. Зниження надмірності може бути досягнуто: адаптацією структури системи до вирішення конкретних завдань і, відповідно, зміною переліку датчиків, що підключаються та інших джерел інформації, їх числа і частоти їх опитування; обґрунтуванням дійсно необхідних норм точності; обґрунтуванням дійсно необхідного числа вимірів в одиницю часу.

Необхідно мати на увазі, що дискретизація і кусково-лінійна інтерполяція складають єдиний процес перетворення інформації, тому похибка дискретизації є одночасно і похибкою інтерполяції. У цих умовах дослідивши стохастичні характеристики дискретизації вже немає необхідності ставити питання про стохастичні властивості інтерполяції. Дійсно, в моменти відліків ми маємо точний вимір. Невизначеність з'являється за рахунок невизначеності інформації в проміжку між відліками. У цьому сенсі можна говорити або про точність інтерполяції як способу відновлення інформації після дискретизації, або про точність дискретизації як про процес перетворення в цілому.

Список літературних джерел

1. Олексенко П.Ф. Цифрова обробка аудіо- та відеоінформації у мультимедійних системах: підручник / П.Ф. Олексенко, В.В. Коваль, В.С. Лазебний, Розорінов Г.М., О.О. Скопа. – К.: НВП "Видавництво "Наукова думка" НАН України, 2014. – 152 с.
2. Айфичер Э.С. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание: Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. – 992 с.
3. Лайонс Р.Г. Цифровая обработка сигналов: Второе издание. Пер. с англ. – М.: ООО "Бином-Пресс", 2007. – 656 с.

М.Д. Кошовий, д.т.н., проф., В.В. Муратов, аспірант

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ У ЗАСОБАХ ВИМІРЮВАННЯ, КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТИКИ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Ключові слова: оптимальний план, метод мавпячого пошуку, оптимізація, планування експерименту, вартість, час, виграш

При дослідженні засобів вимірювання, контролю та діагностики виникає задача отримання математичних моделей для пошуку оптимальних режимів роботи [1]. Планування експерименту дозволяє вирішити задачу отримання математичної моделі при мінімальних вартісних та часових витратах. На вартість реалізації експерименту істотний вплив надає порядок чергування рівнів зміни факторів. Таким чином, потребується знайти порядок реалізації дослідів, забезпечуючий мінімальну вартість проведення багатфакторного експерименту. Ця задача становиться особливо актуальною при дослідженні тривалих і дорогих процесів [1].

Відомі методи синтезу оптимальних за вартісними і часовими витратами планів експериментів з варіюванням факторів на трьох рівнях [1], засновані на використанні наступних методів оптимізації: аналіз перестановок рядків матриці планування, випадковий пошук, табу-пошуку [2], гілок і меж [2], рою частинок [2]. Ефективність розроблених методів доведена при дослідженні ряду різних приладів і систем [1]. Однак їх недоліками є: низька швидкодія, не завжди знаходиться оптимальне рішення. Тому доцільно перевірити можливість застосування методу мавпячого пошуку для оптимізації планів багатфакторного експерименту при дослідженні процесу вимірювання густини струму гальванічних ван з використанням мірних датчиків з варіюванням факторів на трьох рівнях та порівняти результати оптимізації з розробленими методами.

Об'єкт дослідження: процеси і системи, що дозволяють здійснення на них активного експерименту. Предмет дослідження: метод оптимізації за вартісними (часовими) витратами планів експерименту, заснований на застосуванні алгоритму мавпячого пошуку [3]. Мета дослідження: розробка методу та програмного забезпечення для оптимізації плану багатфакторного експерименту з варіюванням факторів на трьох рівнях з використанням алгоритму мавпячого пошуку [3].

Для вирішення поставленого завдання розроблені метод і програма для оптимізації трирівневих планів з використанням алгоритму мавпячого пошуку [3]. З використанням розробленого програмного забезпечення оптимізувався план для дослідження процесу вимірювання густини струму гальванічних ван з використанням мірних датчиків. Вхідний план експерименту 3^k , а також опис процесу вимірювання густини струму гальванічних ван з використанням мірних датчиків, наведені в роботі [1]. Мірні датчики закріплювали на спеціальному пристрої, а в процесі проведення дослідів варіювали їх розташування за планом 3^k , де $k = 3$. Значення факторів, відповідні «-1», означають, що датчик закріплений в нижній частині штанги, «+1» - датчик закріплений у верхній частині штанги, «0» - датчик закріплений в середині штанги [1].

Суть методу мавпячого пошуку і програми, що забезпечує його реалізацію для оптимізації трирівневих планів, полягає в наступному. На початку роботи програми вводиться кількість факторів k , після чого здійснюється введення вартостей (часів) переходів між рівнями факторів і будується матриця планування експерименту трирівневого плану. Потім здійснюється обчислення початкової вартості (часу) проведення експерименту і відбувається генерація матриці сум вартостей (часів) переходів між рівнями для кожного з факторів. Виконується сортування стовпців за індексами і генерація масивів індексів для сум вартостей (часів) переходів між рівнями для кожного з факторів. Потім відбуваються перестановки стовпців відповідно до масивів індексів для сум вартостей (часів) переходів між рівнями для кожного з факторів. Виконується порядковий перебір між усіма блоками стовпців (дерев, по яких переміщується мавпа) і визначення початкової точки для подальшого перебору, виходячи з найменшої суми вартостей (часів) переходів між рівнями для кожного з факторів. Також програмою виконується пошук в рамках блоку стовпця, в якому знаходиться мавпа за мінімальним значенням суми вартостей (часів) переходів між рівнями

для кожного з факторів, після чого відбувається перехід на наступний рядок матриці планування і порівняння з попереднім. Здійснюється пошук в блоці стовпця з найменшим значенням суми вартостей (часів) переходів між рівнями і встановлення відповідного блоку (перестановка місцями в матриці планування експерименту). Після реалізації необхідних перестановок виконуються: побудова оптимальної матриці планування експерименту; розрахунок загальної вартості (часу) реалізації експерименту; розрахунок величини виграшу V ; розрахунок часу t , витраченого на оптимізацію плану експерименту з використанням методу мавпячого пошуку.

Методом мавпячого пошуку [4] проведена оптимізація вхідного плану за критерієм сумарної вартості реалізації експерименту. Вартість реалізації експерименту за цим планом становить 87 ум. од., тоді як вартість реалізації вхідної матриці планування - 174 ум. од. Таким чином, досягнутий виграш за вартістю реалізації в 2 рази в порівнянні з вхідним планом проведення експерименту.

Програмне забезпечення реалізовано на мові програмування C++. Всі необхідні розрахунки виконувалися на комп'ютері з процесором Intel Pentium G620 з частотою 2.60 GHz. Необхідний обсяг пам'яті - 32 МБ. Кількість факторів і вартості переходів рівнів факторів вводяться з клавіатури або задаються у файлі. Реалізація методу мавпячого пошуку вимагає невеликого обсягу пам'яті ЕОМ і має високу швидкодію рішення задачі. Розроблене програмне забезпечення складається з наступних модулів: введення даних, побудова вхідної матриці планування експерименту, побудова матриці сум вартостей (часів) зміни значень рівнів факторів, оптимізація методом мавпячого пошуку, побудова оптимальної матриці планування експерименту, розрахунок виграшу V .

Розроблено метод і програмне забезпечення, що реалізують оптимізацію із застосуванням алгоритму мавпячого пошуку багатфакторних планів експериментів з варіюванням факторів на трьох рівнях. Доведено його працездатність і ефективність при дослідженні процесу вимірювання густини струму гальванічних ван з використанням мірних датчиків.

Пошук оптимального або близького до оптимального плану експерименту, отриманого цим методом, реалізується за суттєво менший час рахунку, ніж при методі гілок і меж, методи випадкового пошуку та рою частинок. Виграш у вартості реалізації планів експериментів при використанні даного методу значно більше, ніж при методах випадкового пошуку і табу-пошуку. Застосування розробленого програмного забезпечення, заснованого на використанні алгоритму мавпячого пошуку, ефективно при кількості факторів $k \geq 3$. Показано, що для оптимізації тривірневих планів доцільно використання методу мавпячого пошуку.

Список літературних джерел

1. Кошевой Н. Д., Костенко Е.М. Оптимальное по стоимостным и временным затратам планирование эксперимента: монография. Полтава: изд. Шевченко Р.В, 2013, 317 с.
2. Кошевой Н.Д., Костенко Е.М., Беляева А.А. Сравнительный анализ методов оптимизации при исследовании весоизмерительной системы и терморегулятора. Радиоелектроніка, інформатика, управління. 2018. №4. С. 179-188. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2018-4-17>.
3. Карпенко А. П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой: учебное пособие. М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 446 с.
4. Кошовий М.Д., Муратов В.В. Застосування алгоритму мавпячого пошуку для оптимізації планів повного факторного експерименту. Збірник наукових праць Військового інституту Київського Національного університету ім. Тараса Шевченка. 2018. №61. С. 61-70.

Р.П. Мигущенко, д.т.н. проф.; О.Ю. Кропачек, д.т.н. доц.; І.М. Коржов, аспірант
АПАРАТУРНЕ, АЛГОРИТМІЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИСТРОЮ
КОНТРОЛЮ І ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ ДИНАМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Ключові слова: автокогерентність, вейвлет-аналіз, статистичне перетворення, контроль, діагностування, LabView, Arduino NANO

Метою досліджень є підвищення ефективності пристроїв контролю та діагностування стану складних промислових об'єктів.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні задачі:

- виявити і оцінити дискримінуючі властивості показників цільової функції при класифікації високочастотних та інфранизькочастотних вимірювальних сигналів;
- дослідити вимірювально-обчислювальні процедури аналізу і синтезу первинного системного перетворення динамічно нестационарних сигналів;
- дослідити процедури вторинного інформаційного перетворення при лінійній дискримінації;
- визначити комп'ютерне середовище і компоненти для розробки програмного забезпечення пристрою контролю і діагностування стану динамічних промислових об'єктів;
- розробити засоби контролю та діагностування, які необхідні для нормального функціонування синтезованих алгоритмів.

Сучасні засоби контролю та діагностування стану складних промислових об'єктів відтворюють послідовно два етапи статистичних перетворень [1]:

- первинне статистичне перетворення – отримання системи інформативних параметрів контролю динамічних властивостей об'єкту [2];
- вторинне статистичне перетворення – вибір вирішувального правила [3].

Для реалізації первинного статистичного перетворення необхідно визначити цільову функцію. В дослідженнях [2], в якості цільової функції було обрано функцію автокогерентності. Форма представлення функції автокогерентності наступна [2]:

$$\rho_W = \frac{1 + \lambda_D \lambda_\omega^2 + \rho(1 + \lambda_\omega^2) \sqrt{\lambda_D}}{[(1 + 2\rho \sqrt{\lambda_D} + \lambda_D)(1 + 2\rho \lambda_\omega^2 \sqrt{\lambda_D} + \lambda_D \lambda_\omega^4)]^{-1/2}}, \quad (1)$$

де λ_D – співвідношення дисперсій вейвлет-перетвореного процесу;

λ_ω – співвідношення частот вейвлет-перетвореного процесу;

ρ – лінійна кореляція між спектральними складовими вейвлет-перетвореного процесу.

У ході досліджень, за допомогою дисперсійного розкладання, з виразу (1) були виділені функціональні і шумові складові цільової функції [4]:

$$\left\{ Q_1^{(a)} = L \sum_{i=1}^M (\bar{\delta}_i - \bar{\delta})(\phi_i - \bar{\phi}), \mid \left\{ Q_2^{(b)} = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^L (\delta_{ij} - \bar{\delta}_i)(\phi_{ij} - \bar{\phi}_i), \mid \left\{ Q_1^{(b)} = M \sum_{j=1}^L (\bar{\delta}_i - \bar{\delta})(\bar{\phi}_i - \bar{\phi}), \mid \right. \right. \quad (2)$$

та здійснена розробка алгоритму первинного статистичного перетворення [5].

При реалізації процедур вторинного статистичного перетворення здійснено

- вибір вирішувального правила (алгоритму прийняття рішень);
- отримання незміщених, спроможних та ефективних оцінок вірогідності ризиків контролю та діагностування

і досліджені дискримінуючі функції [3]:

- евклідова відстань;
- лінійна;
- квадратична.

Векторне представлення параметричних алгоритмів прийняття рішень.

Функція евклідової відстані:

$$g_3(\bar{X}) = [\bar{X} - 0.5(\bar{X}^{(1)} + \bar{X}^{(2)})]' (\bar{X}^{(1)} - \bar{X}^{(2)}). \quad (3)$$

Лінійна функція:

$$g_L(\bar{X}) = [\bar{X} - 0.5(\bar{X}^{(1)} + \bar{X}^{(2)})](S^2)^{-1}(\bar{X}^{(1)} - \bar{X}^{(2)}). \quad (4)$$

Квадратична функція:

$$g_k(\bar{X}) = (\bar{X} - \bar{X}^{(2)})' \Sigma_2^{-1} (\bar{X} - \bar{X}^{(2)}) - (\bar{X} - \bar{X}^{(1)}) \Sigma_1^{-1} (\bar{X} - \bar{X}^{(1)}) \quad (5)$$

Аналізуючи переваги та недоліки дискримінуючих функцій (3) – (5), в якості базової, було обрано лінійну дискримінуючу функцію (4), скалярний вигляд якої:

$$g(\bar{X}) = \sum_{i=1}^n \frac{(m_i^{(0)} - m_i^{(1)})}{\sigma_i^2} \left[x_i - \frac{(m_i^{(0)} + m_i^{(1)})}{2} \right], \quad (6)$$

де $m_i^{(0)}, m_i^{(1)}$ – оцінки умовних середніх для i -тої складової x_i , $i = \overline{1, n}$;
 σ_i^2 – оцінка дисперсії x_i .

Для реалізації вторинного (6) статистичного перетворення було створено віртуальний прилад у графічному середовищі програмування LabView з відповідною блок-схемою та лицьовою панеллю [6]. Безпосередньо сам прототип пристрою контролю основних параметрів об'єкту контролю та діагностування виконаний на базі мікропроцесорної платформи Arduino NANO [7].

У ході досліджень були отримані наступні результати:

- розроблена і досліджена імовірнісна модель показника автокогерентності, що враховує мінімальні значення масштабу і зсуву спектрального вейвлет-перетворення випадкових складових вимірювальних сигналів динамічних об'єктів;

- обґрунтовано можливість синтезу структури пристрою контролю та діагностування з лінійною дискримінацією параметрів коефіцієнтів автокогерентності при класифікації височастотних та інфранизкочастотних вимірювальних сигналів;

- визначене середовище функціонально-орієнтованого програмування LabView та створене спеціалізоване програмне забезпечення для вирішення конкретних задач цифрової обробки сигналів і моделювання;

- розроблений макетний зразок пристрою контролю та діагностування, на базі мікроконтролерного пакету Arduino NANO, необхідний для функціонування синтезованих алгоритмів первинного і вторинного статистичних перетворень вимірювальної інформації.

Список літературних джерел:

1. Кропачек О.Ю. Теоретичні основи аналізу і синтезу комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем діагностування динамічних нестационарних об'єктів: дис. докт. техн. наук: 05.13.05 / Кропачек Ольга Юрійвна. – Покровськ, 2018. – 421 с.
2. Мигущенко Р.П. Підвищення ефективності інформаційних технологій контролю і діагностування стану динамічних об'єктів / Р.П. Мигущенко, О.Ю. Кропачек, І.М. Коржов // Матеріали 5-ї Всеукраїнської науково-технічної конференції «Technical Using of Measurement-2019». – Львів: ТзОВ «Галицька видавнича спілка». – 2019. – С. 21 – 23.
3. Мигущенко Р.П. Методи і пристрої систем багатопараметрової функціональної діагностики вібраційних об'єктів (теоретичні основи та впровадження): Дис. докт. техн. наук: 05.11.13 / Мигущенко Руслан Павлович. – Харків, 2014. – 475 с.
4. Коржов І. М. Аналіз моделей функції когерентності спектральної нестационарності випадкових сигналів / І. М. Коржов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2018. – № 46 (1322). – С. 30-34.
5. Korzhov I. M. Space optimization models of informative features for control and diagnostics of the technical state of dynamic industrial objects / I. M. Korzhov, R. P. Mygushchenko, P. V. Shchapov, O. Yu. Kropachek // Сучасні інформаційні системи. – Х.: НТУ «ХПІ», 2019. – Т. 3. – № 1. – С. 10-15.
6. Коржов І. М. Реализация вычислительных процедур системного информационного преобразования нестационарных вибросигналов средствами LabView / І. М. Коржов, О. Ю. Кропачек // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава. – 2017. – № 6(46). – С. 76 – 80.
7. Мигущенко Р.П. Розробка апаратного та алгоритмічного забезпечення пристрою контролю стану промислових динамічних об'єктів / Р. П. Мигущенко, О. Ю. Кропачек, І. М. Коржов // Матеріали 19-ої міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми інформатики та моделювання». – Одеса. – 2019. – С. 3.

А.А. Зорі, д.т.н., проф.; І.С. Лактіонов, к.т.н., доц.;
О.В. Вовна, д.т.н., проф.; В.А. Лебедєв, асистент

РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦЬ

Ключові слова: мікроклімат, теплиця, випробування, система, досвічування, температура, вологість

Актуальність та мета досліджень. Промислові теплиці є складними інженерними спорудами, які повинні забезпечувати моніторинг та керування параметрами мікроклімату, що впливають на ефективність протікання процесів евапотранспірації й фотосинтезу, що, в свою чергу, обумовлює показники темпів, об'ємів і якості виробництва овочевої тепличної продукції. Використання сучасних сенсорних, комп'ютеризованих та інфокомунікаційних технологій для моніторингу та керування параметрами мікроклімату теплиць дозволяє виконати перехід від феноменологічного підходу вирощування культур на закритому ґрунті до використання кількісних методів, заснованих на застосуванні імітаційних моделей і математичних процедур [1, 2].

Отже, основна мета роботи полягає в обґрунтуванні науково-прикладних підходів до структурно-алгоритмічної організації комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи комплексного моніторингу та керування параметрами мікроклімату промислових теплиць методами експериментальних досліджень із використанням теорії масштабних перетворень.

Результати досліджень. На підставі аналізу обґрунтованих авторами плану експериментальних досліджень ІВС [3] та фізичної моделі системи [4] встановлено, що на першому етапі випробувань існує необхідність в отриманні залежності між характеристиками джерела штучного досвічування та показниками якості вирощування культур. Отже, авторами було спроектовано й створено модель автоматизованої теплиці зовнішній вигляд і структурну схему електричної частини, якої наведено на рис. 1 і 2.



Рисунок 1 – Фото експериментальної установки автоматизованої теплиці

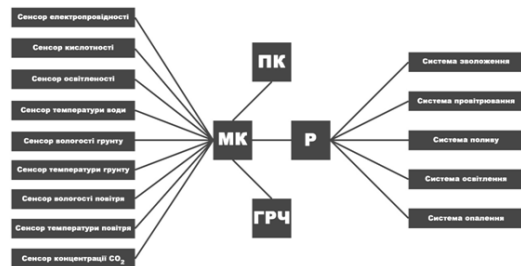
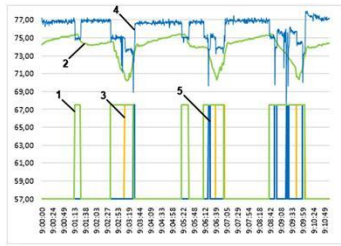


Рисунок 2 – Структурна схема електричної частини (ПК – персональний комп'ютер, МК – мікроконтролер, Р – реле, ГРЧ – годинник реального часу)

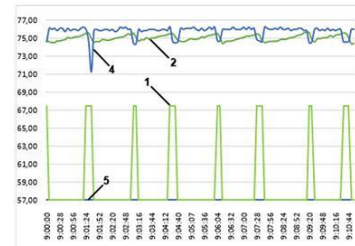
У результаті лабораторних досліджень щодо впливу інтенсивності штучного світла на якість вирощування за умови підтримки сталості температури й вологості повітря та ґрунту було встановлено факт збільшення похибки вимірювання параметрів мікроклімату аналоговими сенсорами, зокрема вологості ґрунту. Це обумовлено зростанням абсолютного значення помилки АЦП через відхилення значення опорної напруги від номінального значення. Цей факт обумовлено нестабільністю струмів і напруг мікроконтролера, які змінюються під час вмикання додаткових реле, що живлять підсистеми обігріву, зволоження повітря та крапельного зрошення, як показано на рис. 3а. З метою усунення даного дестабілізуючого ефекту авторами було використано програмну корекцію результатів спостережень на базі методу α -усіченого фільтру, як показано на рис. 3б. Усереднені значення вимірюваних параметрів мікроклімату знаходяться за формулою [5]:

$$\overline{KOD} = \frac{1}{N-2 \cdot \alpha \cdot N} \sum_{i=\alpha \cdot N+1}^{N-\alpha \cdot N} Me(KOD_i),$$

де N – кількість результатів спостережень; $Me(KOD_i)$ – ранжируваний у порядку зростання масив результатів спостережень; $\alpha=2/(N+1)$ – параметр усереднення.



а) Результати до програмної корекції



б) Результати після програмної корекції

Рисунок 3 – Результати випробувань (1 – сигнали керування системою обігріву, 2 – вологість повітря, 3 – сигнали керування системою зволоження, 4 – вологість ґрунту, 5 – сигнали керування системою крапельного зрошення)

З аналізу даних, які наведено на рис. 3, видно, що використання запропонованого способу програмної корекції дозволило зменшити похибку вимірального контролю вологості та, як наслідок, зменшити кількість помилкових спрацьовувань підсистем обігріву, зволоження повітря та крапельного зрошення, а також покращити адекватність експерименту зі встановлення залежності між характеристиками джерела штучного досвічування та показниками якості вирощування культур. Результати експериментальних досліджень наведено на рис. 4.

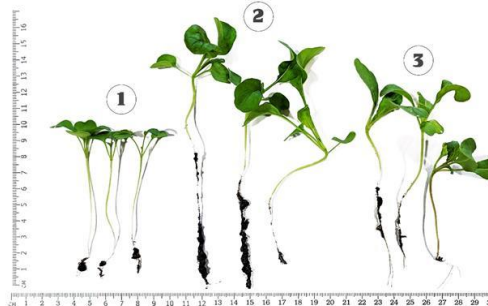


Рисунок 4 – Вплив інтенсивності досвічування на якість вирощування (1 – 69,6 Вт/м²; 2 – 139,2 Вт/м²; 3 – 208,8 Вт/м²)

Таким чином, у результаті проведених досліджень було синтезовано та оптимізовано структурно-алгоритмічну організацію ІВС комплексного моніторингу та керування параметрами мікроклімату промислових теплиць, що дозволило збільшити адекватність результатів експериментальних досліджень зі встановлення залежності між характеристиками джерела штучного досвічування та показниками якості вирощування культур.

Висновки. Запропоновано апаратно-програмний спосіб підвищення точності моніторингу параметрів мікроклімату теплиць із використанням аналогових сенсорів. Удосконалено структурно-алгоритмічну організацію комп'ютеризованої ІВС моніторингу й керування параметрами мікроклімату теплиць. Отримав подальший розвиток метод експериментальних досліджень впливу параметрів мікроклімату теплиць на якість вирощування культур.

Список літературних джерел:

1. Both, A., Benjamin, L., Franklin, J., Holroyd, G., Incoll, L., Lefsrud, M., Pitkin, G. Guidelines for measuring and reporting environmental parameters for experiments in greenhouses. *Plant Methods*. 2015. № 11. PP. 1–18.
2. Sriraman, A., Mayorga, R.V. Climate Control inside a Greenhouse: An Intelligence System Approach Using Fuzzy Logic Programming. *Journal of Environmental Informatics*. 2007. № 10 (2). PP. 14–20.
3. Laktionov, I.S., Vovna, O.V., Zori, A.A. Planning of remote experimental research on effects of greenhouse microclimate parameters on vegetable crop-producing. *International Journal On Smart Sensing and Intelligent Systems*. 2017. № 10 (4). PP. 845–862.
4. Laktionov, I.S., Vovna, O.V., Zori, A.A., Lebediev, V.A. Results of simulation and physical modeling of the computerized monitoring and control system for greenhouse microclimate parameters. *International Journal On Smart Sensing and Intelligent Systems*. 2018. No. 11 (1). PP. 1–15.
5. Кулик, А.С., Фирсов, С.Н., Нгуен, В.Т. Обработка сигналов датчиков первичной информации бесплатформенной инерциальной навигационной системы цифровой фильтрацией. *Радиоелектронні і комп'ютерні системи*. 2010. № 4. СС. 120–124.

О.В. Вовна, д.т.н., проф.; А.А. Зорі, д.т.н., проф.;
І.С. Лактіонов, к.т.н., доц., Г.А. Лактіонова

ДИФЕРЕНЦІЙНИЙ СПОСІБ КОМПЕНСАЦІЇ ТЕМПЕРАТУРНОГО ДРЕЙФУ ОПТОЕЛЕКТРОННОГО ВИМІРЮВАЧА КОНЦЕНТРАЦІЇ МЕТАНУ

Ключові слова: вимірювання, концентрація, метан, температура, дрейф, спосіб, компенсація

Актуальність та мета досліджень. У теперішній час розробляються оптоелектронні вимірювачі концентрації метану, які мають низьку чутливість до впливу дестабілізуючих факторів, швидкий час відгуку та високу точність вимірювання. Виникає задача вдосконалення вимірювачів концентрації метану, які працюють в режимі реального часу для забезпечення охорони праці в умовах підвищеної небезпеки вибуху на підприємствах вугільної галузі.

Одним із шляхів вдосконалення вимірювачів концентрації метану є підвищення точності вимірювання під час збереження високої швидкодії. Впровадження сучасних технологій вимірювання концентрації метану в умовах вугільної шахти дозволяє перейти від феноменологічного підходу до виявлення та запобігання вибухонебезпечним ситуаціям до використання кількісних методів моніторингу на основі результатів математичного моделювання з подальшими лабораторними випробуваннями. Тому розробка та дослідження оптоелектронних вимірювачів концентрації метану є актуальною науково-прикладною проблемою.

Результати досліджень. До складу розробленого та дослідженого оптоелектронного вимірювача концентрації метану входять моделі світловипромінюючого та фотодіода зі заливкою халькогенідним склом [1]. Саме завдяки використанню цього матеріалу вдалося істотно збільшити рівень інформативного вихідного сигналу оптоелектронного вимірювача у порівнянні з шумовою складовою. Під час експериментальних досліджень проявився ефект «прогрівання» вимірювання, який обумовлений низьким значенням теплопровідності скла. Поява цього ефекту встановлена під час довготривалого тестування оптоелектронного вимірювача. Прогрівання є більш непередбачуваним для світловипромінюючих діодів (СВД) з такою конструкцією – активна область СВД, де відбувається основне нагрівання під час протікання струму, розташована далі від металевого корпусу, через який здійснюється відведення тепла, а халькогенідне скло з поганою теплопровідністю, що нанесено зверху, підсилює умови відведення тепла.

У вдосконаленому диференційному оптоелектронному вимірювачі використовується СВД, у якого активна область розташована близько до корпусу, тому поведінка під час довготривалого тестування більш стабільна. Запропоновано та реалізовано варіант удосконаленого диференційного оптоелектронного вимірювача, який має в складі опорний фотодіод, який розташований поруч з СВД. Структурну схему оптоелектронного вимірювача концентрації метану з реалізацією диференційного способу компенсації температурного дрейфу вихідного сигналу наведено на рис. 1.

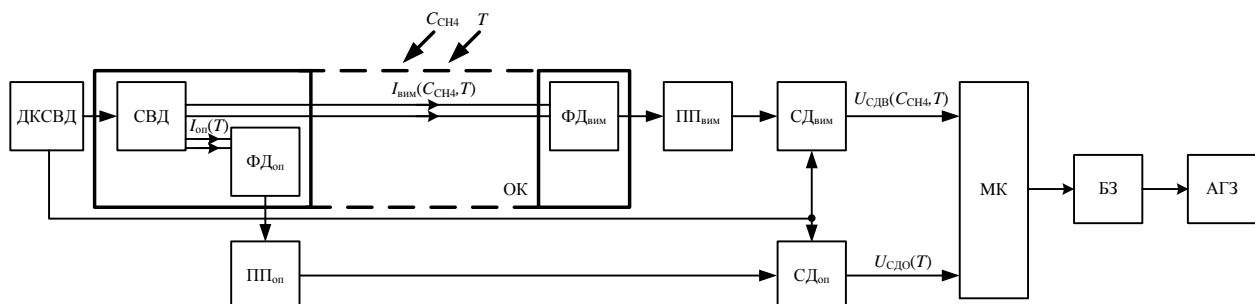


Рисунок 1 – Структурна схема оптоелектронного вимірювача концентрації метану з реалізацією диференційного способу компенсації температурного дрейфу вихідного сигналу

Під час побудови оптоелектронного вимірювача використано СВД типу Lms34LED-CG [1], опорний (ФДоп) та вимірювальний (ФДвим) фотодіод типу Lms36PD-CG PD [1]. Ці оптоелектронні компоненти використано в єдиному технологічному виконанні з оптичним каналом (ОК). Забезпечення імпульсного режиму роботи СВД здійснюється драйвером керування

світловипромінюючого діода (ДКСВД). У схемі використовуються попередні посилювачі (ПП_{оп} та ПП_{вим}) вихідних сигналів ФД, які перетворюють сигнал струму ФД до пропорційної величини напруги з попереднім підсиленням. Значення амплітуди вихідних імпульсних сигналів ПП визначається синхронними детекторами (СД_{оп} та СД_{вим}). Розроблений вимірювач входить до складу комплексу аерогазового захисту (АГЗ) шахт, передача інформації до якого здійснюється через блок зв'язку (БЗ) [2]. До складу вимірювача входить мікроконтролер (МК), який виконує компенсацію температурного дрейфу вихідного сигналу ($U_{СДВ}$) на основі опорного сигналу $U_{СДО}$.

Під час проведення експериментальних досліджень розробленого оптоелектронного вимірювача концентрації метану визначена величина абсолютної похибки вимірювання від зміни концентрації метану в діапазоні зміни від 0 до 5⁰⁶.% й температури в діапазоні від +5°C та +35°C, яку наведено на рис. 2.

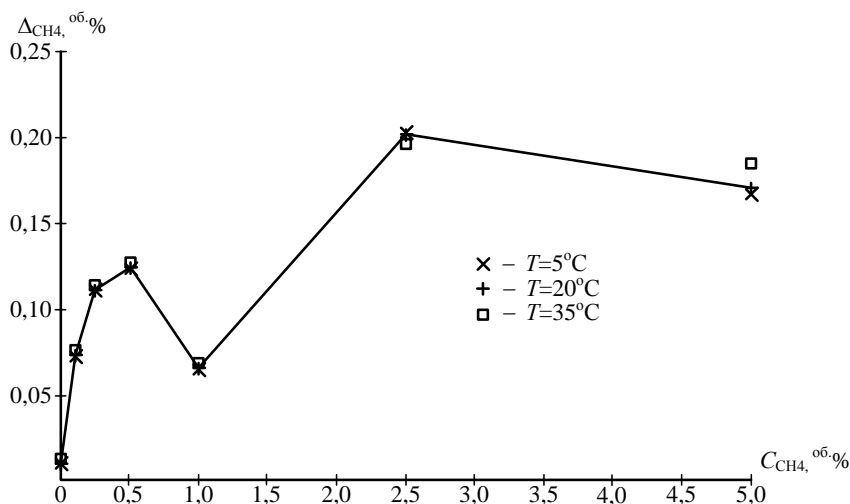


Рисунок 2 – Залежність зміни абсолютної похибки вимірювання концентрації метану під час зміни вимірювальної концентрації в діапазоні від 0 до 5⁰⁶.% та температур +5°C, +20 °C та +35°C

З аналізу наведених експериментальних даних (див. рис. 2) встановлено, що під час схемотехнічної реалізації запропонованого диференційного способу компенсації температурного дрейфу оптоелектронного вимірювача, величина додаткової похибки вимірювання концентрації від зміни температури в діапазоні від +5°C до +35°C становить не більш $\pm 0,02$ ⁰⁶.%. Отримане значення на порядок менше ніж величина основної похибки вимірювання концентрації метану, значення якої складає $\pm 0,2$ ⁰⁶.% [3] в діапазоні вимірювання концентрації метану від 0 до 5⁰⁶.%, що підтверджує працездатність запропонованого способу компенсації впливу домінуючого дестабілізуючого фактора атмосфери вугільних шахт.

Висновки. Реалізація розробленого диференційного способу компенсації температурного дрейфу оптоелектронного вимірювача концентрації метану дозволила забезпечити необхідну величину додаткової похибки вимірювання концентрації метану від температури не більше $\pm 0,02$ ⁰⁶.%, що є в 10 разів меншим за регламентоване значення похибки (не більше $\pm 0,2$ ⁰⁶.% у діапазоні зміни концентрації метану від 0 до 2,5⁰⁶.%).

Список літературних джерел:

1. Vovna, O.V., Laktionov, I.S., Zori, A.A., Akhmedov R.N., Development and Investigation of Mathematical Model of an Optoelectronic Sensor of Methane Concentration, Advances in Electrical and Electronic Engineering, vol. 16 (3). 2018. PP. 350-360.
2. Vovna, O.V., Laktionov I.S., Bashkov Y.O., Akhmedov R.N., Zori A.A., Development of Software Component of the Optical Methane Concentration Meter Based on LabVIEW, Journal of Engineering Science and Technology (JESTEC), vol. 13 (12). 2018. PP. 3932 - 3950.
3. Прилади шахтні газоаналітичні. Загальні вимоги, методи випробування: ДСТУ ГОСТ 24032:2009. – Дійсн. від 2009-02-01. – К.: Держспоживстандарт, 2009. – 24 с.

I.I. Sydorko, Leading Engineer, R.I. Baitsar, Doctor of Technical Sciences, Professor
RISKS IN THE ACTIVITY OF CLINICAL - DIAGNOSTIC LABORATORY

Key words: patient safety, diagnostic errors, quality control, laboratory studies, laboratory medicine, medical errors, risk, quality of life

Adopting a socially responsible practice of managing an organization promotes greater awareness in decision-making based on a better understanding of society's expectations, risks and opportunities associated with social responsibility. Encouragement to follow a regulatory commitment leads to decisions that are more likely to be supported and trusted by those who implement them and who they influence. The result, therefore, can be to improve risk management practices and improve the reputation of the organization. What does the term "risk" mean? The term has a broad meaning today and is used in completely different contexts. Risk synonyms may be concepts such as "danger", "threat", "discomfort". However, in many definitions of risk in the scientific literature, this term is used in some specific sense, where risk is associated primarily with the concept of uncertainty. In this regard, at risk is understood the uncertainty that can result in one or another adverse event. Thus, two significant components of risk are the presence of uncertainty and the possibility of an adverse event as a consequence (result) of that uncertainty. Clinical Risks - Risks that arise directly from the delivery of medical care. These include clinical errors and negligence, medical care infections, and lack of consent. Obtaining analytically reliable and reproducible laboratory results in a modern medical laboratory is possible only if all elements of the quality assurance system of research are implemented [1]. The extremely poor quality of laboratory testing can lead to adverse health outcomes in Ukraine. The current situation is a consequence of the lack of organizational, scientific and technical bases and a systematic approach to the problems of medical laboratory service in Ukraine [2]. The quality of clinical laboratory research is one of the most pressing issues not only in the field of laboratory medicine, but also in the health care system of Ukraine as a whole. The diversity of problems in laboratory medicine is much broader than in other fields, as there is no consensus among all participants in the processes of diagnosis and treatment of the patient on the importance of laboratory diagnostics, contribution to the effectiveness of the treatment and diagnostic process [3,4]. After all, the results of laboratory tests are only of true value if they are purposefully assigned and the results are correctly evaluated; use of up-to-date equipment and high-quality diagnostics (remember that their range is expanded every year and doctors do not have information about their capabilities). The clinical laboratory is no longer its own restricted ecosystem as it increasingly integrates with patient care, assisting with diagnosis, monitoring therapy and prognosis of clinical outcomes. Although many areas of health care are still struggling with patient safety, laboratory diagnostics has always been a precursor to this issue.

The issues of laboratory service quality (risk reduction for patients, satisfaction with the quality of care, etc.) in modern medicine are now becoming more relevant. These issues are of topical importance for clinical laboratory research in healthcare facilities in Ukraine. The risk of a decision maker using a certain strategy (technology) under uncertain conditions is the difference between the gain (result, performance indicator) that would be obtained if the conditions were known and the gain that would be obtained under uncertain conditions. So, there are two formulations of the problem of choosing a solution, two possible scenarios: one of us wants to get the maximum payoff, while the other - the minimum risk. Optimal, of course, is the maximum payoff with minimal risk. Thus, when deciding what technology to choose, one has to wonder what is to be gained: maximizing the risk with a high enough risk, minimizing the risk with a relatively low result, or choosing the "middle ground". It is known that risk aversion makes the doctor much more aggressive about surgical treatment of patients than the surgeon, and the surgeon who does not want to risk leaving the patient on the table - a conservative [5].

In modern medicine, there are five major areas of risk in the medical field, namely:

- the risks associated with the serious shortcomings of the applied medical technologies;
- deciding on risk-based medical intervention;
- problems with performing current medical procedures;
- risks associated with self-help and self-medication;
- problems related to the great consequences of scientific and technological development.

It is accepted that up to 80% of the information necessary for providing the medical - diagnostic process in developed countries of the world is provided at the expense of medical laboratories and their importance is constantly increasing. Such a role in the medical-diagnostic process medical laboratories can perform only under the condition of guarantee of their quality, first of all their reliability and comparability (referred to as "unity" of medical laboratory studies).

Modern medicine has high requirements for the results of clinical laboratory tests and the main ones are reliability (analytical, biological and medical), comparability (regardless of time, place and methods of analysis), efficiency (taking into account the rate of pathological process, timing of clinical decisions and treatment) , efficiency (comparison of cost of resources and medical effect) [6]. Laboratory tests provide information for the treatment and diagnosis process and should meet the needs of both the physician and the patient. False results of laboratory tests can lead to very serious errors in the diagnosis, improper treatment of patients. According to US pathologists, up to 7.5% of laboratory errors cause a real risk to patients. Therefore, clinicians have important questions: where are the errors that lead to inaccurate lab results and why do they arise? This term has traditionally been widely used in clinical literature, political and popular science publications. Risk assessment depends on the identification of hazards and consists of assessing the likelihood of the consequences arising from them, with a view to controlling them or avoiding them. Risk assessment is essentially a likelihood assessment. Sometimes it is formulated as the average value of an event that is expected over time. The basic concept of risk assessments is to identify risks quantitatively or at least in a comparative (qualitative) manner with respect to any other risks. They may be complex and may involve different risks to determine the overall value of the risk. At risk should be understood the influence of internal and external factors on the achievement of goals set by a certain organization. In accordance with DSTU ISO 31000: 2018, risk management should be an integral part of the organization's management and be an integral part of all stages of its operations [7]. This standard assumes that risk management is a central management process in which risks are viewed through the prism of their impact on the achievement of the organization's goals. The standard defines the overall risk management process.

In clinical diagnostic laboratories, the risks can be divided into the following groups:

- risks affecting the delivery of medical care to patients (incorrect results, untimely results, etc.).
- personnel risks (safety, biological, chemical and physical risks).
- Risks related to the security of personal data.
- the financial risks of the institution associated with possible avoidable losses.

In assessing risks, the laboratory considers what situations or actions in the course of its work may adversely affect patients if the physician obtains unreliable laboratory results.

The solution to this question is extremely simple: health care must be provided in an efficient and affordable way, with better quality and clinical results in the clinical diagnostic laboratory.

References

- [1] M. Abdi, "Standardization as a tool for creating a quality assurance for laboratory research", Collection of scientific works of the staff of NMAPE named after PL. Thug, - No. 2, pp. 514-521, 2014.
- [2] G. Ivanov, "Methodological aspects of implementation of quality systems in the field of laboratory medicine", Clinical laboratory diagnostics, - №5, - pp. 54-56, 2011.
- [3] E. Zaremba, O. Yastremskaya, "The Value of Laboratory Medicine in the Practice of Family Doctor at the Stage of Primary Health Care Reform", FAMILY MEDICINE, no.1, issue 75, pp. 47-49, 2018.
- [4] C. Campbell, A. Horvath, «Harmonization of critical result management in laboratory medicine», Clin. Chem. Acta, – v. 432, – pp. 135-147, 2014.
- [5] I. Sydorko, R. Baitsar, S. Shavlach, «Management decision in clinical laboratory diagnostics», Measuring equipment and metrology, vol.80, no. 3, - pp. 16-22, 2019.
- [6] V. Protsenko, "Fundamentals of Quality Assurance in Clinical Laboratory Research", A Manual for Doctors, Kharkiv, pp.115-119, 2009.
- [7] DSTU ISO 31000:2018 Risk Management. Principles and guidelines. (ISO 31000: 2018, IDT).

П.І. Кулаков, д.т.н., професор; В.С. Коваль, студентка

СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ОБІГРИВОМ ПРИМІЩЕНЬ

Ключові слова: *кількість тепла, оптимізація витрат тепла, температура повітря, температура теплоносія, сенсор температури, електромагнітний клапан, інформаційна система*

В Україні дуже гостро і актуально стоїть питання економії витрат тепла внаслідок високої вартості енергоносіїв. У період опалювального сезону за температури зовнішнього повітря приблизно від -2°C до $+8^{\circ}\text{C}$, теплопостачальні підприємства не мають технічної можливості регулювати (зменшувати) подачу тепла. Для більшості міст України цей період становить 50–60% загальної тривалості опалювального сезону. Тому приміщення перегріваються, узимку коли на вулиці температура досягає -10°C та більше, приміщення, навпаки, стають доволі холодні і тоді ми вмикаємо додаткові електроприлади, щоб встановити температуру комфортну для перебування, в результаті ми маємо шалені рахунки за теплоенергію [1].

Щоб вирішити досить актуальне питання в наш час, пропонується система оптимізації витрат тепла для невеликих офісних приміщень. Принцип дії запропонованої системи полягає в наступному, кожне офісне приміщення в даному випадку десять кімнат, обладнано сенсорами температури, в свою чергу один сенсор вимірює температуру теплоносія який подається в батарею, інший температуру повітря в кімнаті.

Кожна батарея обладнана електромагнітним клапаном, який дозволяє регулювати кількість тепла, що поступає в батарею. Сигнали від сенсорів об'єднані в інформаційну систему, визначається кількість теплоти, яка отримана користувачем з врахуванням площі опалювальних приладів, в результаті вимірювальна інформація передається до персонального комп'ютера з відповідним програмним забезпеченням.

За допомогою відповідного програмного забезпечення, оператор має можливість дистанційно регулювати доступ теплоносія окремо в батареї кожного офісного приміщення. Як теплоносій у системах централізованого теплопостачання зазвичай використовують воду або водяну пару.

Це актуально, наприклад, для того, щоб в нічний час підтримувати температуру на рівні санітарного мінімуму, а в робочий час підтримувати оптимальну температуру для функціонування персоналу. Якщо деякі офісні приміщення не використовуються, за допомогою запропонованої системи можна протягом усього часу підтримувати температуру на рівні санітарного мінімуму, як результат, ми маємо значну економію енергоресурсів.

Управління електроклапанами здійснюється за допомогою проміжних реле, управління якими, в свою чергу, здійснюється за допомогою сигналів від мікроконтролера інформаційної системи. Управління процесором інформаційної системи здійснюється за допомогою команд, що надходять від персонального комп'ютера за допомогою гальванічно ізольованого інтерфейсу RS-485.

Враховуючи загальну ситуацію в Україні з експлуатацією застарілого опалювального обладнання та дороговизни палива, можна зробити висновок про необхідність пошуку нових шляхів енергозбереження [2]. Таким чином, в залежності від реальної витрати тепла на 1м.кв., можна оптимізувати визначену вартість за спожите тепло, кожного офісного приміщення окремо.

Список літературних джерел

1. В. В. Присяжнюк, В. С. Коваль, “Автоматизована система управління оптимізації витрат тепла для обігріву приміщень”, Збірник тез доповідей «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДТС-2017)» Вінницького національного технічного університету, с.260, 2017.

2. Заміщак Н., Луцик Я. Аналіз основних способів обліку використання тепла індивідуальними споживачами. Львів. – НЛПІ. – 2013. – 12с.

**О.О. Войцеховська, аспірантка; Б.І. Мокін, академік НАПН України, д.т.н., проф.;
Д.О. Шалагай, магістрант**

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОЦІНЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО СТАНУ СУСПІЛЬСТВА

Ключові слова: інтелект суспільства, критичний аналіз відомої математичної моделі оцінки інтелекту суспільства, нова математична модель оцінки інтелекту суспільства

Моделювання суспільних процесів з використанням математичних моделей для їх аналізу і оцінювання охоплює усе більшу кількість проблем. Але, якщо синтез цих математичних моделей здійснюється ученими-гуманітаріями, які в університетах не вивчали прикладну математику, то синтезовані ними математичні моделі, як правило, не витримують перевірку на адекватність процесам, що моделюються. Одна із таких моделей проаналізована в нашій доповіді. В результаті аналізу показано, що вона не адекватна, оскільки синтезована з використанням хибного використання математичної передумови, покладеної в основу.

Аналізували ми математичну «модель інтелектуального стану суспільства»

$$(\bar{E}_I + \alpha \bar{N}_{st}^2) \left(\frac{1}{\bar{N}_{st}} - 1 \right) = q, \quad (1)$$

запропоновану Людмилою Прісняковою в роботі [1], для синтезу якої вона використала ідеї, викладені в роботі [2], автор якої, у свою чергу, використав ідеї із роботи [3].

В моделі (1) усі змінні $\bar{E}_I, \bar{N}_{st}, q$ є безрозмірними згідно з виразами:

$$\bar{E}_I = \frac{E_I}{E_I}, \bar{N}_{st} = \frac{N_{st}}{N_{\Sigma}}, q = R \frac{k_{pr} W_{th}}{q_{th} k_{cr}}, \quad (2)$$

де E_I – потенціал інтелекту суспільства, який являє собою сумарну інформацію про досягнення науки, культури і технологій, що припадає на душу населення країни, E_I – стандарт (базова величина) інтелекту суспільства, за який можна взяти потенціал інтелекту суспільства найбільш розвиненої країни світу, N_{Σ} – кількість населення країни, N_{st} – кількість населення країни, яка навчається в навчальних закладах або підвищує свій запас знань за рахунок самоосвіти, α, R – коефіцієнти пропорційності, що виражені в долях від стандарту E_I , а інші параметри – $k_{pr}, W_{th}, q_{th}, k_{cr}$, що входять у вираз для змінної q , якою характеризується добротність освіти та самоосвіти, являють собою: k_{pr} – коефіцієнт наукового професіоналізму викладача, W_{th} – коефіцієнт передачі знань, q_{th} – коефіцієнт забезпечення якості викладання навчальної дисципліни; k_{cr} – коефіцієнт криміналізації освіти.

Якщо переписати рівняння (1) у вигляді параметричної функціональної залежності $\bar{E}_I = f_I(\bar{N}_{st})$ і побудувати графік цієї функції, то він матиме вигляд, приведений в роботі [1], на якому одна із кривих вказує на наявність у цієї функції екстремумів, інша вказує на наявність точки перегину, а ще кілька вказують на приріст інтелекту суспільства. Отже при певних значеннях параметрів ця функція може мати екстремуми і при зростанні відносної кількості \bar{N}_{st} членів суспільства, що формують інтелект суспільства, може навіть зменшуватись, що суперечить логіці.

Ця логічна суперечливість виникла тому, що для синтезу математичної моделі (1) авторка роботи [1] використала рівняння балансу для інтелекту суспільства у вигляді:

$$E_I + E_{se} = \frac{R \cdot Q \cdot N_{st}}{N_{\Sigma} - N_{st}}, \quad (3)$$

в якому R – коефіцієнт пропорційності, E_{se} – приріст інтелекту суспільства за рахунок освіти і самоосвіти населення, а Q – функція якості освіти.

Але у цьому базовому рівнянні (3) має місце перша передумовна похибка, яка полягає у відсутності у чисельнику його правої частини множника $\Delta t = t - t_0$, яким потрібно визначати приріст часу, протягом якого створюється приріст знань. І в лівій частині виразу (3) цьому приросту знань, створеному населенням у кількості N_{st} , відповідає лише складова E_{se} , бо складова E_I створена попередниками, яких невідомо скільки було в усі попередні роки існування країни, тож прирівнювати суму $E_I + E_{se}$ до чисельника правої частини виразу (3), навіть помноживши його на Δt , є дією некоректною і такою, що суперечить рівнянню балансу – і це є другою передумовною

похибкою. А третя передумовна похибка при складенні балансу в рівнянні (3) полягає в тому, що в лівій частині цього рівняння визначені кількості знань на душу населення країни, тобто, віднесені до N_{Σ} , а в правій частині рівняння (3) в знаменнику стоїть різниця $N_{\Sigma} - N_{st}$, яка дорівнює кількості населення країни, яка не вносить в приріст знань жодного нового біту інформації, а це вже ніякий не баланс. Тож і модель у вигляді кубічного рівняння (1), яка отримана з використанням рівняння (3), є не адекватною.

А далі у нашій доповіді показано, як побудувати, не порушуючи балансних передумов, аналогічну модель у вигляді кубічного рівняння -

$$\bar{E}_{1t} - \bar{E}_{10} = R Q \left(\bar{N}_{st} + \alpha_2 \bar{N}_{st}^2 + \alpha_3 \bar{N}_{st}^3 \right) \Delta t, \quad (4)$$

в якому $\bar{E}_I(t_0) = \bar{E}_{10}$ – відносний потенціал інтелекту суспільства, визначений в початковий момент часу t_0 відрізка Δt , а $\bar{E}_I(t) = \bar{E}_{1t}$ – той же відносний потенціал інтелекту суспільства, але визначений в момент часу t цього ж відрізка Δt . за рахунок талановитих членів суспільства, а членом $R Q \alpha_3 \bar{N}_{st}^3 \Delta t$ ми враховуємо приріст відносного інтелекту суспільства за рахунок надзвичайно талановитих членів суспільства, яких прийнято називати геніями. Легко довести, що функція $\bar{E}_{1t} = f(\bar{N}_{st})$, яку можна визначити з рівняння (4), ні екстремумів, ні точок перегину не має, а є лише зростаючою, підйом графіків якої буде більш крутим для суспільства з меншим рівнем корупції, більшою кількістю викладачів і наставників та їх більшим науковим професіоналізмом і більшою майстерністю передачі знань. І цей підйом буде менш крутим, якщо вище вказані параметри змінюються у протилежному напрямку.

І це не суперечать логіці процесу приросту інтелекту суспільства навіть у випадку зростання в ньому корупційної складової і зменшення кількості викладачів та наставників.

Список літературних джерел

1. Л. М. Приснякова. Системный анализ поведения личности. Монография. Днепропетровск, Украина: издатель Овсянников Ю.С., 2007, 218 с.
2. В. Ф. Прісняков. Виклики сучасності. Математичні моделі. Оптимальні вирішення. Дніпропетровськ, Україна, 2007, 211 с.
3. Дж. Касти. Большие системы. Связность, сложность и катастрофы. Пер. с англ. Москва: Мир, 1982, 216 с.

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА В АВТОМАТИЧНОМУ КОМПЛЕКСІ КОНТРОЛЮ І РЕГУЛЮВАННЯ ЗМАЩУВАННЯМ В ДВИГУНАХ БОЙОВИХ МАШИН

Ключові слова: *інформаційно-вимірювальна система, мікроконтролер, оптимальний тиск масла, сенсори, аналого-цифровий перетворювач*

Незважаючи на величезний технічний і технологічний стрибок людства в своєму розвитку збройні сили як і століття тому назад були, є і залишаються неодмінним атрибутом держави. Характерно, що кожна держава дбає про належну міць своїх збройних сил. Не є виключенням у цьому відношенні і Україна, причому, війна на сході нашої держави особливо загострила значення цього питання. Сьогодні основу бойової могутності наших Збройних Сил складають зразки озброєння і військової техніки, які знаходяться на озброєнні в їх підрозділах. Належну рухомість і автономність зразків озброєння і військової техніки під час виконання бойових завдань забезпечують виключно двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ). Таким чином до двигунів внутрішнього згоряння, як єдиних джерел енергетичного забезпечення бойових машин висуваються високі вимоги, які вони, як показує досвід бойових дій сучасності не завжди спроможні забезпечити.

Сучасний двигун внутрішнього згоряння, яким оснащують бойові машини є дуже складним силовим агрегатом, який здійснює перетворення хімічної енергії палива в механічну енергію обертального руху колінчастого валу. Причому, в цьому процесі найбільш навантаженим вузлом двигуна, який зазнає ударних навантажень і здійснює перетворення зворотно-поступального руху в обертальний - є кривошипно-шатунний механізм. В свою чергу найбільші механічні навантаження в кривошипно-шатунному механізмі виникають на робочих поверхнях підшипників даного механізму[1]. Саме тому, для забезпечення надійного і тривалого функціонування двигунів внутрішнього згоряння їх оснащують спеціальною системою змащування, яка забезпечує подачу масла по спеціальних каналах під тиском до усіх основних механізмів двигуна і в першу чергу до робочих поверхонь підшипників колінчастого валу.

У двигунах бойових машин, які стоять на озброєнні в Збройних Силах України використовується механічна система змащування основу якої складає шестерінчастий масляний насос з прямим приводом від колінчастого валу двигуна, тобто продуктивність такого насоса напряму залежить від кількості обертів колінчастого валу. Таке інженерне рішення є конструктивно простим та надійним, однак, як показали дослідження [2], воно абсолютно не враховує такі процеси як: зміна сили яка діє з боку поршня на колінчастий вал, зміна в'язкості моторного масла при зміні температури, зміна якості моторного масла та найважливіше рівень навантаженості двигуна внаслідок дії зовнішніх сил, які виникають під час руху і бойового застосування зразка озброєння і військової техніки. Особливо чітко недоліки механічної системи змащування прослідковуються під час холодного пуску двигуна та під час його зупинки. Ці режими мають всі ознаки масляного «голодування» в найбільш відповідальних вузлах змащування, причому, нерідко таке «голодування» виникає і на низьких обертах в двигунах, які мають значний ресурс експлуатації, внаслідок чого їхні деталі отримали певне спрацювання, зазори збільшились, а тому продуктивності масляного насоса вже не вистачає для забезпечення належного тиску масла. Це спричиняє виникнення сухого тертя, збільшення зносу робочих поверхонь, збільшення зазорів, подальшого зменшення тиску масла і в кінці-кінців повного виходу з ладу двигуна.

З метою усунення недоліків притаманних механічній системі змащування в роботі [3] була запропонована електромеханічна система змащування ДВЗ. У цій для забезпечення оптимального змащування в усіх режимах роботи ДВЗ штатну механічну систему пропонується доповнювати електромеханічним масляним насосом, управління яким буде здійснювати спеціалізована мікропроцесорна система на основі математичних моделей режиму змащування і поточних значень параметрів двигуна і його навантажень. Для її якісного налагоджування, а також розроблення універсальних алгоритмів функціонування в Національній академії сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного були проведені експериментальні дослідження з використанням

автоматичного комплексу контролю і регулювання змащуванням двигуна внутрішнього згоряння. Об'єктивна вимірювальна інформація в реальному масштабі часу для даного комплексу отримувалася за допомогою спеціально розробленої і виготовленої інформаційно-вимірювальної системи (ІВС).

У якості об'єкта експериментальних досліджень в даній роботі використовувався автономний зварювальний генератору якому на одній платформі знаходяться безпосередньо механічно з'єднанні бензиновий двигун внутрішнього згоряння типу ЗМЗ 406 та електромеханічний генератор зварювального струму.

Інформаційно-вимірювальна система дозволяла одночасно в реальному масштабі часу здійснювати вимірювання значень фізичних величин, які характеризують поведінку як ДВЗ так і його навантаження. Узагальнена структурна схема розробленої ІВС наведена на рисунку 1.

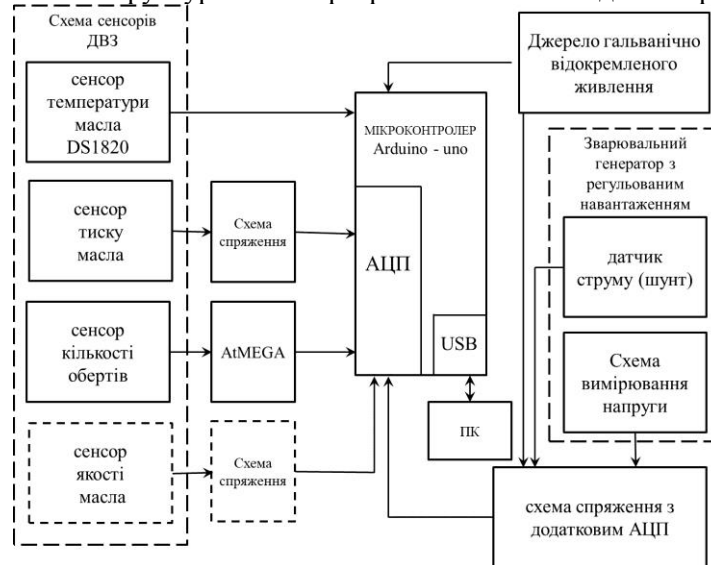


Рис 1. Інформаційно-вимірювальна система для експериментального дослідження режимів змащування двигуна внутрішнього згоряння

Основою ІВС став мікроконтролер на платформі Arduino. Розроблена ІВС забезпечувала вимірювання значення тиску масла в магістралі ДВЗ, кількості обертів колінчастого вала ДВЗ, значення температури масла в картері ДВЗ, а також виконувала вимірювання значення напруги і струму на виході генератора зварювального струму. Крім того система здійснювала обчислення миттєвих значень потужності, яка споживалась у зварювальному колі.

Для отримання цифрової інформації про кількість обертів колінчастого вала використовувався окремий мікроконтролер AtMEGA, який забезпечував проведення необхідних швидких розрахунків на основі інформації від системи запалювання ДВЗ, а також здійснював індикацію цифрових значень кількості обертів і передачу відповідного цифрового коду на центральний мікроконтролер ІВС. У якості датчика тиску використовувався аналоговий датчик реостатного типу, тому була розроблена спеціальна схема узгодження, яка дозволяла отримувати унормований сигнал, який подавався на вхід вбудованого аналого-цифрового перетворювача Arduino. У перспективі ІВС буде дооснащена спеціалізованим сенсором, який дозволить оцінювати якість масла.

Список літературних джерел

1. Подшипники скольжения: монография: / Д.Т. Чернявский. М.: Изд. Гос. научно – техническое издательство машиностроительной литературы, 1963. – 239с.
2. Експериментальні дослідження критичних режимів змащування та надійності шатунних підшипників дизельних двигунів у експлуатації: / О.Т. Кулаков, О.А. Кулаков, О.О. Макушин // ВІСНИК ЖДТУ. – 2008. – №3(46). – С. 75-82.
3. Підвищення ресурсу двигунів внутрішнього згоряння на основі застосування мікропроцесорної електромеханічної системи контролю і управління / Ю.В. Шабатура, Я.В. Гера // Перспективи розвитку озброєння та техніки сухопутних військ. Збірник тез доповідей. Міжнародна н.т.к., Львів НАСВ, 2017 р. 11-12 травня. с. 68.

І.М. Платов, студент гр. ПГ-п71; О.М. Павловський, к.т.н., доц.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІНІЙНИХ ЛАНОК РЕЛЕЙНИХ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕОРІЇ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Ключові слова: релейна система, схемотехніка, фоторезистор, передатна функція

Зазвичай, в теорії автоматичного керування системи поділяються на лінійні та нелінійні. В свою чергу нелінійні системи, котрими є релейні, можуть містити лінійні та нелінійні ланки [1,2]. Для дослідження або синтезу таких систем зручно лінеаризувати робочі характеристики елементів системи та представити ланки як безінерційні, при умові, що лінеаризація не вплине на стійкість системи. Тоді передатні функції ланок матимуть вигляд $W(p) = k$, де k – коефіцієнт передачі.

Розглянемо релейну систему керування силовим двигуном, що показана на рис.1, яка представляє собою фотореле і змодельована в середовищі MicroCap Spectrum Software [3]. Схема складається з ділянки напруги $R1$, $R2$, де $R1$ – фоторезистор (для моделювання використаний звичайний резистор). Опір фоторезистора змінюється пропорційно силі світла, а отже напруга на базі транзистора $Q1$ зростатиме при збільшенні освітленості. В певний час транзистор відкриється і контакти реле замкнуться, а, відповідно, при зменшенні освітленості фоторезистора напруга на базі зменшиться – транзистор закриється і контакти реле розімкнуться. Такий режим роботи називається ключовим [4] і використовується, коли необхідно отримати два стани транзистора.

В якості елементної бази використані наступні елементи: транзистор «BD-139», реле – «РЭС22-РФ4.500.129», фоторезистор – «GL5528», резистор $R2$, «Motor» використовується в якості корисного навантаження та в реальній системі може виступати в якості керованої нелінійної частини (слідкуючий двигун, тощо) [5, 6].

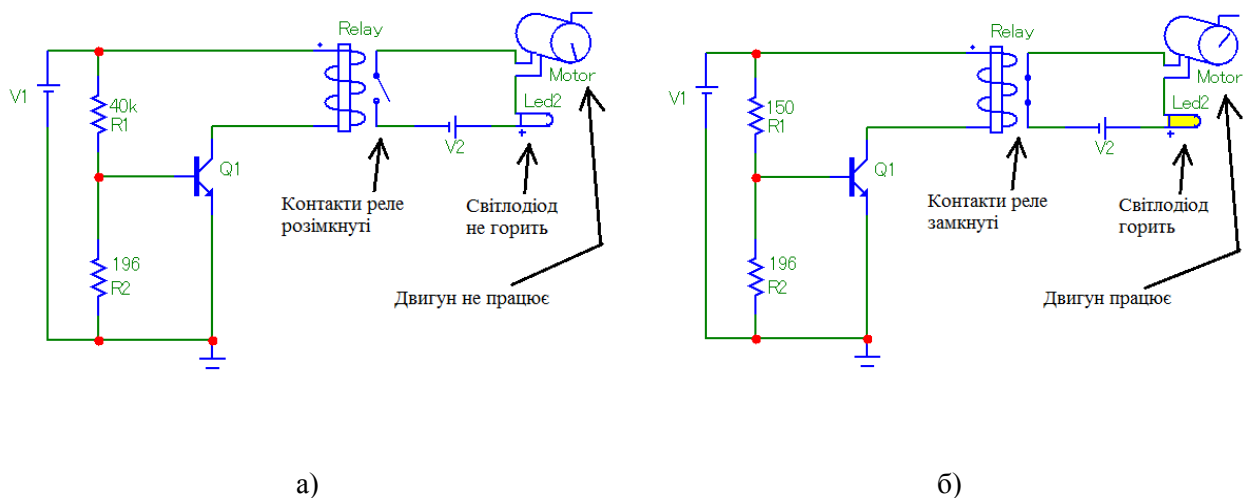


Рисунок 1. Система керування двигуном при а)розімкнутих контактах реле, б)замкнутих контактах реле

На Рис.1 а, б показані результати моделювання схеми при різних значеннях опору $R1$, який імітує різні рівні освітлення. При малому опорі транзистор відкритий, реле замкнуто, про що свідчить віртуальний діод-індикатор «Led2» (Рис.1 б). При великому опорі – реле розімкнуто, відповідно діод не світиться, двигун не працює (Рис.1 а).

Тепер розглянемо цю систему з точки зору теорії автоматичного керування. Представимо її у вигляді структурної схеми ланок, з яких вона складається (Рис.2) та розрахуємо необхідні коефіцієнти, при яких система буде стійкою. Для об'єкта керування – реле, з паспортних даних отримаємо значення струму і напруги при яких воно замкнуте ($I_{\text{замкн.}} = 36$ мА), і розімкнуте ($I_{\text{роз.}} = 8$ мА), робоча напруга $U_{\text{роб.}} = 10.8 - 13.2$ В, опір катушки $R_{\text{кат.}} = 200$ Ом.

Для такої системи, що складається з лінійних ланок, необхідною і достатньою умовою стійкості буде отримання в колі колектора значення струму $I_{\text{к.}} = 36$ мА, і напруги колектора $U_{\text{к.}} =$

10.8 - 13.2 В. В ході перевірки компонентів було визначено, що опір фоторезистора відповідає паспортним даним, і в освітленому стані дорівнює $R_{осв.} \approx 115 \text{ Ом}$, а в затемненому $R_{зат.} \approx 40 \text{ кОм}$.

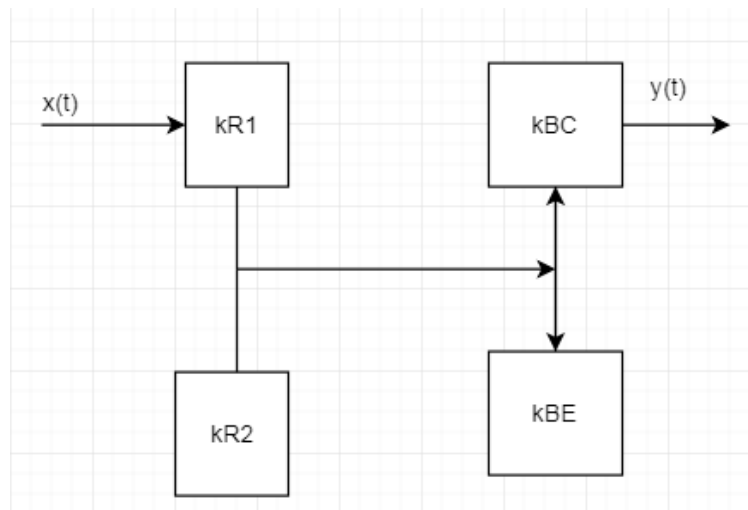


Рис. 2. Структурна схема системи керування двигуном

На основі отриманих даних аналітично були виконані розрахунки ланки зміщення транзистора, яка необхідна для стабілізації струму емітера і, відповідно, струму колектора, а саме: опір резисторів $R1 = 217 \text{ Ом}$; $R2 = 196 \text{ Ом}$. Далі отримаємо коефіцієнти $kR1$ та $kR2$, які відповідають за режим роботи транзистора і забезпечують необхідні значення kBC для стабільної роботи системи. Як було зазначено вище, опір $R1$ змінюється в межах $115 \text{ Ом} - 40 \text{ кОм}$, а за результатами розрахунків $R2 = 196 \text{ Ом}$. Отже, розрахунки отримані за допомогою теорії автоматичного керування співпадають із розрахунками моделі у середовищі схмотехнічного моделювання MicroCap Spectrum Software, що підтверджує їх коректність.

Отримані результати дослідження підтверджують можливість використання лінеаризації ланок релейних систем. Із використанням схмотехнічних засобів обрахунку отримано результати, які можна представити у вигляді коефіцієнтів безінерційних ланок, і надалі використовувати в якості вхідних даних для обрахунків нелінійних частин релейних систем автоматичного керування.

Таким чином, використання теорії автоматичного керування для розрахунку електричних схем релейних систем і одночасне дослідження у середовищах схмотехнічного моделювання дають можливість спростити емпіричні розрахунки, або підвищити їх достовірність.

Список використаних джерел

1. Мураховский С.А. Синтез наблюдающего устройства для оценки параметров движения чувствительного элемента гиротеодолита / С.А. Мураховский, А.А. Хоца // Вісник Інженерної академії України. - 2012. - №1 - С.151-156
2. Иващенко Н. Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем. Учебник для вузов. Изд. 4-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1978. - 736 с.
3. Micro-Cap. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.spectrum-soft.com/index.shtml>, вільний.
4. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 2-х томах = The Art of Electronics (© Cambridge University Press, 1980) / Пер. с англ. под ред. М. В. Гальперина; Переводчики: И. И. Короткевич, М. Б. Левин, В. Г. Микуцкий, Л. М. Наймарк, О. А. Соболева. — Изд. 3-е, стереотипное. — М.: Мир, 1986. — 50 000 экз.
5. Теория автоматического управления. Нелинейные системы [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.В. Лазута, В.С. Щербаков; кафедра "Автоматизация производственных процессов и электротехника". - Электрон. дан. - Омск : СибАДИ, 2017. - Режим доступа : <http://bek.sibadi.org/fulltext/esd294.pdf>, свободный после авторизации. - Загл. с экрана. ISBN 978-5-93204-890-0.
6. Методи цифрової обробки сигналів для вібраційної діагностики авіаційних двигунів/ Н.І. Бурау, Л.Л. Яцко, О.М. Павловський, Ю.В. Сопілка [Текст]. – К.: НАУ, 2012. – 152 с.

В.М. Кутін, д.т.н., проф.; О.О. Шпачук, к.т.н.

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ІЗОЛЯЦІЇ БЛОКУ «ГЕНЕРАТОР-ТРАНСФОРМАТОР»

***Ключові слова:** синхронний генератор, блочний трансформатор, трансформатор власних потреб, струмопровід, ізоляція, інформаційно-вимірювальна система, діагностування*

В даний час на потужних синхронних машинах (турбо- та гідрогенераторах), що працюють в блоці з трансформатором, улаштовано інформаційно-вимірювальні системи, які забезпечують контроль значного переліку технологічних параметрів, що характеризують режим роботи машини. До переліку контрольованих параметрів зазвичай входять: електричні параметри (струми у фазах, лінійні чи фазні напруги на виводах машин, генерована потужність, контроль рівня часткових розрядів в ізоляції обмотки статора); теплотехнічні параметри (температура стержнів статорної обмотки та обмотки ротора, осердя статора, температура і витрати охолоджувача; температура підшипників, оливи та води в системі охолодження); механічні параметри (рівні вібрації статора та підшипників); параметри, що характеризують стан чи положення технологічної арматури та допоміжного устаткування. Описаний вище перелік контрольованих параметрів, за достатньої чутливості датчиків, дає змогу контролювати появу і перебіг як робочих так і аномальних та аварійних режимів роботи синхронних генераторів, що працюють в блоці з трансформатором. Широкому впровадженню такого роду систем заважають їх відносно висока вартість, а також значний обсяг робіт з реконструкції та модернізації силового обладнання, в якому за проектною документацією не передбачено встановлення датчиків інформаційних систем. Але ще однією ключовою особливістю є те, що існуючі інформаційно-вимірювальні системи не дають змогу відслідковувати зміну таких електричних параметрів ізоляції обмотки статора: як опір, ємність та тангенс кута діелектричних втрат [1-3].

Опосередковано технічний стан ізоляції блоку «генератор-трансформатор» контролюється за допомогою засобів релейного захисту. Пристрої релейного захисту, які пропонуються в даний час провідними виробниками такого обладнання, надають захист від усіх видів пошкоджень машин і ненормальних режимів їх роботи, забезпечують високий рівень селективності, чутливості та, завдяки мікропроцесорній елементній базі, швидкодії. Також слід відзначити їх простоту в експлуатації та налаштуванні [4-7]. Проте вони не позбавлені і кількох принципових недоліків, таких як: нечутливість до виникнення однофазних замикань на землю обмотки статора поблизу нейтралі, не дають змогу виявити виникнення пошкодження на ранній стадії його розвитку і сигналізувати про це обслуговуючому персоналу, нечутливість захистів при симетричному зниженні параметрів ізоляції обмотки статора, можливість хибних спрацювань при пусках блоків через несиметрію напруг у фазах машини, особливо гостро це проявляється в синхронних гідрогенераторах [8-11].

Таким чином наявна актуальна науково-практична задача з розробки та впровадження системи контролю електричних параметрів ізоляції в схемі видачі потужності енергоблоку, вирішення якої дозволить підвищити ефективність експлуатації енергоблоків завдяки забезпеченню оперативного та ремонтного персоналу достовірною інформацією про технічний стан обладнання. Об'єктом дослідження в даній роботі є процеси зміни технічного стану ізоляції блоку «генератор – трансформатор». Предмет дослідження – методи і засоби контролю технічного стану ізоляції та релейного захисту електрообладнання блоку «генератор-трансформатор» від електричних пошкоджень. Метою дослідження є підвищення вірогідності контролю технічного стану ізоляції електрообладнання блоку «генератор-трансформатор», шляхом визначення електричних параметрів ізоляції електрообладнання в процесі експлуатації.

Для вирішення поставленої задачі пропонується використати комбінований метод, що ґрунтується на накладанні на коло блоку «генератор-трансформатор» сигналів змінної напруги частотою, що нижча, за номінальну частоту мережі, напруги постійного струму та використання енергії попередньо зарядженого конденсатора. Постійний струм, що накладається на коло блоку «генератор-трансформатор» через нейтральну точку обмотки високої напруги трансформатора напруги, є обернено пропорційним до загального активного опору ізоляції у вказаному колі. Струм

розряду попередньо зарядженого конденсатора, що може виникати внаслідок розвитку пробів в ізоляції блоку «генератор-трансформатор», є обернено пропорційним до перехідного опору в місці виникнення однофазних замикань на землю. Накладання на коло блоку «генератор-трансформатор» змінної напруги з частотою, що значно нижча за номінальну частоту мережі, дає змогу отримати значення комплексного опору ізоляції в колі блоку «генератор-трансформатор». Отримані дані дадуть змогу розрахувати еквівалентну ємність ізоляції блоку «генератор-трансформатор» відносно землі і тангенс кута діелектричних втрат ізоляції кола «генератор-трансформатор», а також оцінити поточний стан ізоляції.

Комбіноване використання зазначених методів забезпечить охоплення ізоляції обмотки статора синхронного генератора, струмопроводів, що з'єднують статор з блочним трансформатором (зі сторони низької напруги) та трансформаторами власних потреб (зі сторони високої напруги), а також обмотки низької напруги блочного трансформатора та обмотки високої напруги трансформаторів власних блоку.

Реалізація контролю електричних параметрів ізоляції в схемі видачі потужності енергоблоку є актуальною науково-практичною задачею, вирішення якої дозволить підвищити вірогідність контролю технічного стану ізоляції електрообладнання блоку «генератор-трансформатор» та ефективність експлуатації енергоблоків завдяки забезпечення оперативного та ремонтного персоналу достовірною інформацією про технічний стан обладнання. Крім того, реалізація запропонованої системи контролю стану ізоляції блоку «генератор-трансформатор» забезпечить можливість прогнозування зміни технічного стану та реалізації ремонту та обслуговування електрообладнання за технічним станом. Важливим кроком в розробці системи контролю ізоляції є розробка алгоритмів роботи системи, обробки сигналів, вироблення критеріїв оцінки отриманих даних та локалізації місць можливих дефектів ізоляції електрообладнання.

Список літературних джерел

1. Хуторецкий, Г. М. Проектирование турбогенераторов [Текст] / Г. М. Хуторецкий, М. И. Токов, Е. В. Толвинская. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 256 с.
2. Вольдек, А. И. Электрические машины [Текст] / А. И. Вольдек – Л.: Энергия, 1974. – 840 с.
3. Голоднова, О.С. Основные причины отказов турбогенераторов и пути их предупреждения [Текст] / О.С. Голоднова. – М.: ИПК-госслужбы, 2005. – 93 с. – ISBN 5-8081-0197-2.
4. Федосеев, А. М. Релейная защита электро-энергетических систем [Текст] / А. М. Федосеев, М. А. Федосеев. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 528 с. – ISBN 5-283-01171-2.
5. Blackburn, J. Lewis. Protective Relaying: Principles and Applications [Text] / J. Lewis Blackburn, Thomas J. Domin. – Taylor&Francis Group, 2006. – 638 p. - ISBN 1-57444-716-5.
6. Elmore, Walter A. Protective Relaying Theory and Applications [Text] / Walter A. Elmore. – New York: Marcel Dekker, 2004. – 410 p. – ISBN 0-8247-0972-1.
7. Sleva, Anthony M. Protective Relay Principles [Text] / Anthony M. Sleva. – CRC Press, 2009. – 368 p. – ISBN 9780824753726.
8. Loos, Matthieu. Single Phase to Ground Fault in Compensated Network [Text] / Matthieu Loos. – Lambert Academic Publishing, 2014. - 228 p. – ISBN 978-3-659-58387-2.
9. Reimert, Donald. Protective Relaying for Power Generation Systems [Text] / Donald Reimert. – CRC Press, 2005. – 592 p. – ISBN 9780824707002.
10. Phadke, Arun G. Computer Relaying for Power Systems. 2nd ed. [Text] / Arun G. Phadke, James S. Thorp – Wiley Language, 2009. – 344 p. – ISBN 978-0470057131.
11. Horowitz, Stanley H. Power System Relaying [Text] / Stanley H. Horowitz, Arun G. Phadke. – Research Studies Press Limited, 2008. – 331 p. – ISBN 978-0-470-05712-4.

К.В. Огородник, к.т.н., доц.; В.В. Красносельський, аспірант
ЗАСІБ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ВОЛОГОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ НА
ОСНОВІ УДОСКОНАЛЕНОГО МЕТОДУ ТОЧКИ РОСИ

Ключові слова: вимірювання, вологість, природний газ, метод точки роси, НВЧ

Вологість природного газу, що видобувається з недр Землі, є важливим параметром, з яким доводиться рахуватися при транспортуванні та обліку природного газу. Природний газ, що видобувається з підземних джерел, насичений рідкою водою і важкими вуглеводнями. З метою зменшення вологості газу і доведення її до необхідних норм на головних спорудах газових промислів проводиться осушення газу. Присутність вологи в газі небажана, оскільки при транспортуванні газу можуть спостерігатися випадки корозії трубопроводів і арматури, а також утворення гідратів (продуктів приєднання води до різних речовин) та конденсату. Вологість газу значно впливає на швидкість корозії устаткування і повинна враховуватися при виборі того чи іншого інгібітору. Експериментально доведено, що при відсутності в газі води або при його осушення до відносної вологості 20 - 30% корозія практично не отримує розвитку незалежно від змісту в газі агресивних компонентів. Вона починає помітно проявлятися при вологості газу 60% і більше. Максимальна швидкість корозії спостерігається при 100%-вої вологості природного газу. Крім того, вміст вологи знижує питому теплоту згорання газу. Для того, щоб задовольнити вимоги, які висуваються до чистого, сухого й абсолютно газоподібного палива, придатного для передачі по трубопроводах і постачання кінцевим користувачам для спалювання, газ повинен пройти декілька стадій переробки, включаючи видалення рідин, захоплених газом, з подальшим висушуванням для зниження вмісту водяної пари. Значення відносної вологості за стандартних умов повинно бути меншим за 0,1% (згідно з технічними вимогами Правил РД 50-213-80, що відповідає точці роси $-58,21^{\circ}\text{C}$ при нормальних умовах).

Метою роботи є розробка засобу вимірювання вологості природного газу за рахунок використання явища відбиття НВЧ сигналу. Цей засіб є подібний до засобу вимірювання вологості з використанням принципу оптичного відбиття від конденсаційної поверхні.

Вологість газів вимірюється різними методами, прийнятність кожного з яких визначається конкретним місцем застосування на основі його точності та чутливості. Основними методами вимірювання вологості природного газу є психрометричний, сорбційний та метод точки роси (конденсаційний). Одним з найбільш високоточних із застосованих до природного газу методів є конденсаційний на основі вимірювання температури точки роси. Найважливішими перевагами вологомірів НВЧ є: можливість безконтактних вимірювань (в вільному просторі), висока чутливість, необмежена верхня межа вимірювань, малий вплив на результати вимірювань хімічного складу і деяких інших чинників. Класична схема вимірювача вологості на основі методу точки роси містить конденсаційну поверхню, яку ще називають дзеркалом, НВЧ схему, охолоджувач та сенсор температури. Перевагою вимірювань по відображенню є одностороннє розташування приймально-передавальної системи НВЧ щодо об'єкта вимірювання. При нормальному падінні хвилі модуль коефіцієнта відбиття по потужності дорівнює відношенню відбитої потужності до падаючої. У методі відбиття можна використовувати похиле або нормальне падіння хвилі. Перевагу зазвичай віддають нормальному падінню, при якому використовується одна прийомно-передаюча антена, в той час як для похилого падіння застосовуються вимірювальні пристрої, засновані на оцінці параметрів стоячої хвилі, що виникає в результаті суперпозиції падаючої і відбитої хвилі. Для прийому відбитої хвилі однієї суміщеної антеною можна використовувати в хвилеводному тракці спрямований відгалужувач або подвійний трійник, що дозволяють отримати більш високий рівень сигналу і кращу розв'язку генератора НВЧ від тракту.

Таким чином, підвищення точності, контролю вологості природного газу за допомогою конденсаційного методу можна досягти шляхом розробки засобу вимірювання вологості через використання принципу НВЧ відбиття.

Список літературних джерел

1. Берлинер М.А. Влагомеры СВЧ // Приборы и системы управления. 1970. № 11. С. 19 – 22.
2. Калашников В.С., Негурей А.В. Возможности метода модулированного отражения при технологическом контроле диэлектрических изделий и материалов // Вопросы радиоэлектроники. 1993.
3. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю : навчальний посібник / [Є. Т. Володарський, В. В. Кухарчук, В. О. Поджаренко, Г. Б. Сердюк]. – Вінниця : Велес, 2001. – 219 с.
4. Крук І. С. Довідник. Якість природних газів / І. С. Крук, О. М. Химко, О. І. Крук . – К.–Х. : Наука УЦЕБОП, 2010. – 407 с.
5. Лесовий Л. В. Визначення відносної вологості газу для вузлів обліку із застосуванням засобів вимірювання температури точки роси / Л. В. Лесовий, Ф. Д. Матіко // Вісник національного університету «Львівська політехніка». – 2009. – № 659. – С. 84–91.
6. Зайцев В. А. Влажность воздуха и ее измерение / В. А. Зайцев, А. А. Ледохович, Г. Т. Никандрова. – 1974. – 112 с.

ДВОКАНАЛЬНИЙ НВЧ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ВОЛОГОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Ключові слова: вимірювання, вологість, природний газ, НВЧ метод, хвилевод, біжуча хвиля, двоканальний

Кількісно вологовміст у газі може характеризуватися різними фізичними величинами, серед яких найбільш широко розповсюдженими є абсолютна вологість, молярна (об'ємна) частка вологи, об'ємний вологовміст, температура точки роси, відносна вологість.

Існує багато методів і засобів визначення вологості. Найбільш розповсюдженим методом є конденсаційний, який має ряд обмежень. А саме метод застосовується для визначення температури точки роси вологи в газах, що не містять крапельної рідини і точка роси вуглеводнів яких не перевищує точки роси вологи більше, ніж на 5°C. Крім того, температура на пробовідбірній лінії повинна бути не менше, ніж на 3°C вище ймовірної (очікуваної) температури точки роси газу. При недотриманні вище вказаних вимог суттєво зростає похибка вимірювання. Дані обмеження відсутні в надвисокочастотному методі вимірювання вологості природного газу.

В роботі запропоновано двоканальний НВЧ вимірювальний перетворювач вологості природного газу та його математична модель, яка враховує значення діелектричної проникності газу вимірювального та опорного каналів, а також значення температури та тиску природного газу вимірювального каналу, оскільки діелектрична проникність газів залежить від температури.

Принцип роботи вологоміра базується на хвилеводному НВЧ методі вимірювання вологості природного газу, в якому на відміну від відомих, запропоновано використання біжучої хвилі у хвилеводі. При цьому оцінюються зміни діелектричних властивостей газів при їх взаємодії з хвилями НВЧ діапазону.

Структурна схема двоканального НВЧ вимірювального перетворювача вологості природного газу на основі хвилеводного методу з біжучою хвилею є двоканальною і складається з вимірювального каналу і каналу порівняння. Структурна схема вимірювача наведена на рис. 1.

НВЧ генератор 1 зібраний на ПІН-діоді за паралельною схемою. Схема має можливість підлаштовувати генератор на обрану частоту. Робоча частота НВЧ генератора 1 – 10 ГГц [9]. Атенюатор 2 призначений для попереднього налаштування рівня НВЧ сигналу, що надходить на детекторну секцію 14. Трійник 3 розділяє НВЧ сигнал, що виходить від генератора 1 на два канали: вимірювальний і канал порівняння. У каналі порівняння стоїть хвилеводна секція порівняння 4 (кювета порівняння), яка наповнена сухим повітрям при тиску 1 атм і температурі 20 °С. При цих параметрах кювета порівняння 4 герметично закривається. Також кювета порівняння 4 забезпечена датчиком температури 5, дані з якого надходять на мікропроцесор 17.

НВЧ вологомір працює таким чином. Комутатори 6 і 10 по черзі перемикають високочастотні сигнали, що проходять по каналу порівняння і по вимірювального каналу. Частоту комутації задає мікропроцесор 17. За допомогою штуцерів Вх. і Вих. через вимірювальну хвилеводну секцію (вимірювальну кювету) 8 прокачується контрольований природний газ.

Порівняльна і вимірювальна кювети виконані у вигляді круглого хвилеводу з нержавіючої сталі діаметром 3см. Внутрішня порожнина хвилеводів полірується. Вимірювальна кювета 8 забезпечена датчиками тиску 7 і температури 9. Дані від датчиків 7 і 8 надходять на мікропроцесор 17. Атенюатори 11 і 13 вимірювального та порівняльного каналів, відповідно, виставляють рівні високочастотних сигналів, що проходять по вимірювальному та порівняльному каналах так, щоб вони були рівні один одному, а зміни струму високочастотного діода в діодній секції 14 в залежності від рівня вхідного високочастотного сигналу, приходилось на його лінійну ділянку у всьому діапазоні вимірювання вологості природного газу.

Хвилеводний трійник 12 призначений для передачі високочастотних сигналів від вимірювального та порівняльного каналів на діодну секцію 14, в якій змонтований високочастотний германієвий точковий діод Д403. Діод Д403 перетворює високочастотні сигнали від вимірювального та порівняльного каналів в постійні електричні сигнали, які надходять на підсилювач 15, де підсилюються і надходять на мікропроцесор 16. Мікропроцесор 16 обробляє електричні сигнали, які поступають на нього, і перетворює їх в сигнал зручний для індикації на індикаторному пристрою 18.

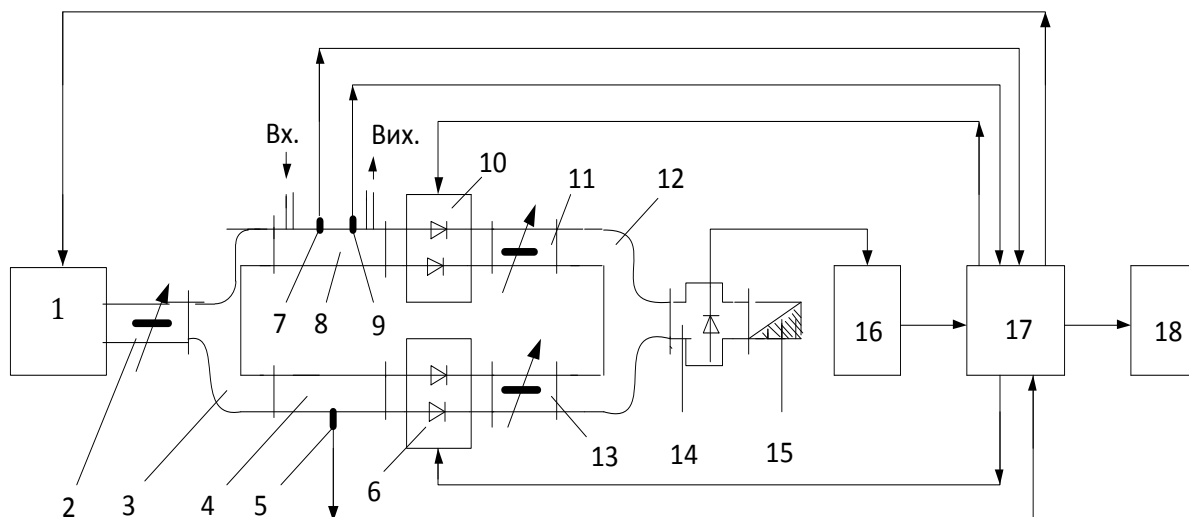


Рис. 1. Структурна схема двоканального НВЧ вимірювального перетворювача вологості природного газу

НВЧ вологомір містить 1 - НВЧ генератор, 2 - атенюатор, 3 - хвилеводний трійник, 4 - хвилеводну секцію порівняння (порівняльну кювету), 5 - датчик температури, 6 - комутатор порівняльного каналу, 7 - датчик тиску вимірювальної хвилеводної секції, 8 - хвилеводну вимірювальну секцію (вимірювальну кювету), 9 - датчик температури, 10 - комутатор вимірювального каналу, 11 і 13 - атенюатори вимірювального каналу і каналу порівняння, відповідно, 12 - хвилеводний трійник, 14 - діодну секцію, 15 - узгоджене навантаження, 16 - підсилювач, 17 - мікропроцесор, 18 - індикаторний пристрій.

Проведені дослідження показали, що наявність опорного каналу дозволило підвищити точність вимірювання, оскільки двоканальна система нівелює нестабільність значення вхідного сигналу, що подається генератором. Крім того, використання опорного каналу дозволяє знизити похибку вимірювання, оскільки діелектрична проникність газу практично не змінюється при зміні його складу.

Список літературних джерел

1. Берлинер М.А. Влагомеры СВЧ // Приборы и системы управления. 1970. № 11. С. 19 – 22.
2. Калашников В.С., Негурей А.В. Возможности метода модулированного отражения при технологическом контроле диэлектрических изделий и материалов // Вопросы радиоэлектроники. 1993. Вып. 1.
3. Крук І. С. Довідник. Якість природних газів / І. С. Крук, О. М. Химко, О. І. Крук . – К.–Х. : Наука УЦЕБОП, 2010. – 407 с.
5. Лесовий Л. В. Визначення відносної вологості газу для вузлів обліку із застосуванням засобів вимірювання температури точки роси / Л. В. Лесовий, Ф. Д. Матіко // Вісник національного університету «Львівська політехніка». – 2009. – № 659. – С. 84–91.
6. Конверсия и новые возможности измерения влажности в трубопроводах / [Д. Л. Рогожинский, Ю. А. Малоземов, Ю. А. Михайлин, И. Н. Москалев] // Газовая промышленность. – 1991. – № 10. – С. 16–17.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ВОЛОГОСТІ СИПУЧИХ ПРОДУКТІВ

Ключові слова: вимірювання, вологість, методи вимірювання, методи контролю

Сучасні технологічні прийоми виробництва сільськогосподарських продуктів в значній мірі пов'язані з вмістом вологи. Надлишок або відсутність в матеріалі вологи відбивається на його фізико-хімічних, фізико-механічних та експлуатаційних властивостях, а також на якісних показниках. Швидке і точне визначення вмісту води в тому чи іншому матеріалі, як в процесі виробництва, так і в період експлуатації є найважливішим завданням. Метою роботи є аналіз методів для виявлення найбільш актуальних напрямків вибору варіанту наступних досліджень.

Для визначення вологості сипучих матеріалів розроблені різні методи, які поділяються на дві групи - прямі і непрямі. До прямих відносяться методи, в яких відбувається поділ матеріалу на суху речовину і воду. До непрямих відносяться методи, в яких вимірюються величини або властивості, функціонально пов'язаних з вологістю матеріалів. Прямі методи визначення вологості за принципом дії можна розбити на ряд груп. Теплофізичні методи засновані на випаровуванні води з навішування аналізованого матеріалу. По різниці між масою матеріалу до висушування і залишеною масою сухої речовини обчислюють масу води, що випарувалася. Для висушування використовують різні прилади, що відрізняються як по конструкції, так і за формою передачі тепла матеріалу. Дистиляційні методи засновані на спільній відгонці з аналізованої речовини води і органічного розчинника, що не змішується з водою. Хімічні методи - засновані на хімічній взаємодії води з деякими реактивами (металевим натрієм, реактивом Фішера). Вміст води в аналізованій пробі визначають по еквівалентній кількості речовини, що утворилась в результаті реакції.

З непрямих методів практичне застосування в харчовій промисловості отримали електрометричні методи, в яких вимірюються електропровідність і діелектрична проникність.

Метод електропровідності або кондуктометричний метод заснований на залежності електричного опору зерна від ступеня його вологості: чим вище вологість, тим менше питомий опір матеріалу, і тим вище його, електропровідність. Метод діелектричної проникності або ємнісний метод заснований на значному розходженні величин діелектричної проникності води ($\epsilon = 81$) і сухих речовин (для сухого зерна, наприклад, ϵ коливається в межах 3-5), отже, зі збільшенням вологості матеріалу збільшується його діелектрична проникність. Метод вимірювання вологості за допомогою ядерного магнітного резонансу (ЯМР) заснований на поглинанні сильним постійним магнітним полем енергії слабшого змінного радіочастотного поля, обумовленим магнетизмом ядер аналізованої речовини. При цьому вміст водню в зразку визначається за інтенсивністю та конфігурацією кривої вихідного сигналу. Метод, з використанням надвисоких частот (НВЧ) заснований на поглинанні енергії водою, що знаходиться в зразку, вміщеному в простір між стінкою генератора НВЧ – випромінювача та приймачем. Найважливішими достоїнствами вологомірів НВЧ є: можливість безконтактних вимірювань (у вільному просторі), висока чутливість, малий вплив на результати вимірювань хімічного складу матеріалу. Існуючі НВЧ-методи діляться на: методи вільного простору - досліджуваний матеріал поміщається між двома антенами; резонаторні методи - досліджуваний матеріал поміщається в резонатор; хвилеводні методи - досліджуваний матеріал поміщається в відрізок хвилеводної лінії; зондові методи - зонд занурюють в досліджуваний матеріал.

Зростаючі вимоги до якості і конкурентоспроможності вітчизняної сільськогосподарської продукції висувають нові запити до приладів і пристроїв експресного контролю вологості в більшості технологічних процесів. У сучасних технологічних процесах потрібні універсальні прилади, що контролюють вологість широкого кола сільськогосподарських матеріалів. Цілком очевидно, що широке впровадження необхідних засобів та приладів контролю вологості в народне господарство і їх правильна експлуатація дадуть відчутний техніко-економічний ефект.

В роботі проведений аналіз та запропонована класифікація методів вимірювання вологості сипучих продуктів та виявлено найактуальніші варіанти для наступних досліджень, а також для створення високоточної і надійної системи вимірювання вологості зерна, здатної працювати в складних експлуатаційних умовах.

Список літературних джерел:

1. Приборы и системы управления. Влагомеры СВЧ / [Берлинер М.А.] - М.: Энергия, 1973.- 400 с.
2. Контроль влажности твердых и сыпучих материалов / [Кричевский Е.С., Волченко А.Г.] Москва: Энергоатомиздат, 1987.
3. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю : навчальний посібник / [С. Т. Володарський, В. В. Кухарчук, В. О. Поджаренко, Г. Б. Сердюк]. – Вінниця : Велес, 2001. – 219 с.
4. Вплив вологості на властивості матеріалів / [Вишневецький Е.П., Чепурин Г.В.]. - Журнал С.О.К., № 3-4/2010.

О.В. Дідушок

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ
КОНТАКТНОЇ СИСТЕМИ ВАКУУМНОГО ВИМИКАЧА**

Ключові слова: вакуумний вимикач, діагностування, контакт, знос, комутація, сила, дуга

У мережах середніх класів напруг (до 35кВ) вакуумні вимикачі є найбільш перспективним напрямком розвитку комутаційних апаратів[1]. Якість функціонування вакуумних вимикачів визначає ступінь надійності і безпеки роботи усієї системи передачі і розподілу електроенергії. Контроль і діагностика технічного стану вакуумних вимикачів дозволяє своєчасно виявляти дефекти або несправності та оперативно їх усувати. Важливим елементом вакуумних вимикачів вважається вакуумна дугогасильна камера.

Основною причиною зносу комутуючих контактів вакуумного вимикача є електрична ерозія їх поверхні під впливом дугового розряду[2-6]. У більшості випадків електричний знос контактів (електрична ерозія) більший від зносу, який спричинений механічними факторами. Знос має місце як при розмиканні, так і при замиканні. Важливими умовами надійної роботи вакуумних вимикачів є відсутність зварювання або відкиду контактів при ввімкненні вимикачів на струми короткого замикання [7-8]. Проходження струмів короткого замикання і близьких до них через замкнуті контакти або ті, що замикаються супроводжується різким збільшенням температури в контактній площадці і виникненням електродинамічного зусилля відкиду, що може призвести до зварювання контактів або самовільного розмикання контактів вимикача.

В роботі пропонується математична модель виявлення зносу при комутації вакуумного вимикача із врахуванням електродинамічної сили відкиду:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\psi_{об.вим}}{dt} = u_{об.вим} - i_{об.вим} \cdot R_{об.вим}; \\ V_{вим} = \frac{dx}{dt}; \\ F_{т.вим} = \frac{i_{об.вим}}{2 \cdot V_{вим}} \cdot \frac{d\psi_{об.вим}}{dt}; \\ \frac{d\psi_{об.ввим}}{dt} = u_{об.ввим} - i_{об.ввим} \cdot R_{об.ввим}; \\ V_{ввим} = \frac{dx}{dt}; \\ F_{т.ввим} = \frac{i_{об.ввим}}{2 \cdot V_{ввим}} \cdot \frac{d\psi_{об.ввим}}{dt}; \\ F_{ед.заг} = 10^{-7} i_A^2 \ln \frac{r_{к.А}}{r_{о.А}} + 10^{-7} i_B^2 \ln \frac{r_{к.В}}{r_{о.В}} + 10^{-7} i_C^2 \ln \frac{r_{к.С}}{r_{о.С}}; \\ (K = 0, \text{ якщо } (F_{т.ввим} - F_{ед.заг} > \delta) \vee (F_{т.вим} - F_{т.вим}^{доп} > \sigma)); \end{array} \right. \quad (1)$$

де $\frac{d\psi_{об.вим}}{dt}, \frac{d\psi_{об.ввим}}{dt}$ – швидкості зміни потокозчеплення для обмоток вимкнення та ввімкнення;

$u_{об.вим}, u_{об.ввим}$ – напруги живлення обмоток вимкнення та ввімкнення;

$i_{об.вим}, i_{об.ввим}$ – миттєві значення струму в обмотках вимкнення та ввімкнення;

$R_{об.вим}, R_{об.ввим}$ – активні опори обмоток вимкнення та ввімкнення;

$V_{вим}, V_{ввим}$ – швидкості руху якоря електромагніту при вимкненні та ввімкненні вимикача;

$F_{т.ввим}$ – тягове зусилля при ввімкненні вакуумного вимикача;

$F_{ед.заг}$ – загальна електродинамічна сила відкиду для усієї контактної системи із врахуванням кожного полюсу (полюси А, В, С);

x – переміщення якоря електромагніту;

i_A, i_B, i_C – миттєві значення струму, який протікає через полюси А, В, С вакуумного вимикача відповідно;

$r_{к.А}, r_{к.В}, r_{к.С}$ – радіуси комутуючих контактів у кожному із полюсів А, В, С вакуумного вимикача відповідно;

$r_{о.А}, r_{о.В}, r_{о.С}$ – радіуси металевого перешийку контакту у кожному із полюсів А, В, С вакуумного вимикача відповідно;

δ – порогове значення різниці діючої сили тяги та загального електродинамічного зусилля протидії при ввімкненні вимикача;

σ – порогове значення різниці діючої сили тяги та мінімально допустимого тягового зусилля розмикання при вимкненні вимикача;

$F_{т.вим}^{доп}$ – мінімально допустиме тягове зусилля розмикання при вимкненні вимикача (визначається експериментальним шляхом);

K – логічна змінна, що характеризує виявлення зносу контактної системи вакуумного вимикача.

Принцип роботи математичної моделі полягає у порівнянні діючого тягового зусилля та загальної електродинамічної сили відкиду контактів при ввімкненні і діючого тягового зусилля із мінімально допустимим тяговим зусиллям для процесу вимкнення. Якщо величина діючого тягового зусилля при ввімкненні відрізняється менше, ніж на задане значення δ від загального електродинамічного зусилля відкиду контактів або величина діючого тягового зусилля при вимкненні відрізняється менше, ніж на задане значення σ від мінімально допустимого тягового зусилля вимкнення, то формується сигнал виявлення зносу силових контактів контактної системи вимикача. Сигнал про зношення контактів формується як при ввімкненні так і при вимкненні вимикача. Застосування розробленої математичної моделі дозволяє вчасно попереджувати оперативний персонал про критичний стан контактної системи вимикача, необхідність виведення його в ремонт та запобігання його подальшого пошкодження.

Список літературних джерел:

1. Набатов К. А., Афонин В. В. Высоковольтные вакуумные выключатели распределительных устройств электрических аппаратов. Тамбов, Россия: Издательство ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. 96 с.
2. Раховский В. И. Физические основы коммутации электрического тока в вакууме. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1970. 536 с.
3. Байда Е. И. Мультифизическая модель расчета граничного тока сваривания контактов вакуумного выключателя. Вісник НТУ «ХП». 2014. № 41. С. 3–9.
4. Budzisz J. The model of a vacuum circuit breaker for switching on capacitor bank. Przegląd Elektrotechniczny. 2019. № 2. P. 140–145.
5. Haider M. A Three-phase Test Circuit Design for High Voltage Circuit Breaker Based on Modeling. AL-Bahir Quarterly Adjudicated Journal for Natural and Engineering Research and Studies. 2016. № 7. P. 39–51.
6. Tasdighi M. Inductive FCL's Impact on Circuit Breaker's Interruption Condition During Short-Line Faults. 2013 North American Power Symposium (NAPS). Manhattan, KS, USA. 2013. P. 1–5.
7. Деева В. С., Слободян С. М. Модель коагуляции контакта вакуумного выключателя. Вопросы электромеханика. Труды ВНИИЭМ. 2013. № 4. С. 39–42.
8. Аношин О. А., Петров П. В., Малаховский С. И. О возможности использования силы удержания привода как критерия оценки основных характеристик вакуумных выключателей. Электрические сети и системы. 2005. № 6. С. 10–12.

В.Ф. Граняк, к.т.н.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ ДЕФЕКТІВ ГІДРОАГРЕГАТІВ

Ключові слова: вимірювання, взаємкореляція, обертова електрична машина, віброреакція системи, коефіцієнт взаємкореляції

Система автоматизованого діагностування і прогнозування розвитку дефектів гідроагрегатів (САДП-РДГ) [1] базується на аналізі ряду технічних параметрів гідроагрегата і є апаратно-програмним комплексом, який складається з вимірювальних каналів технічних параметрів, підсистеми поточного моніторингу та підсистеми діагностування і прогнозування. Одним з основних технічних параметрів, що застосовуються для моніторингу та прогнозування технічного стану гідроагрегату є його віброакустична характеристика. Вимірювальні канали вібрації та підсистема поточного моніторингу впроваджені у промислову експлуатацію на Нижньодністровській ГЕС, а підсистема діагностування і прогнозування поетапно впроваджується в дослідну експлуатацію.

Основою підсистеми діагностування є тришарова штучна нейроподібна мережа (ШНМ). Кожен з отриманих від підсистеми поточного моніторингу віброакустичних сигналів за допомогою дискретного вейвлет-перетворення (ДВП) розкладається в амплітудно-частотно-часовий спектр (АЧЧС). Далі всі АЧЧС надходять на вхід ШНМ.

Оскільки між віброакустичними сигналами різних точок гідроагрегату існують взаємкореляційні зв'язки, значення яких несе у собі інформацію про технічний стан гідроагрегата [2], то важливою науково-прикладною задачею є дослідження залежності цих зв'язків від значення збудовуючих вхідних величин та режимів роботи гідроагрегату. При проведенні експериментального дослідження вібросигнал розкладався у амплітудно-частотно-часовий спектр. Верхня межа спектру, згідно теоремі Котельнікова-Шеннона, дорівнює половині частоти дискретизації вимірювальних каналів вібрації. Оскільки для вимірювальних каналів вібрації Дністровської ГЕС-2 частоти дискретизації складає 913.92 Гц, то верхня межа спектра – 456.96 Гц.

Коефіцієнт стискання дискретного вейвлет-перетворення, що було використано при наведеному дослідженні, дорівнював 2, тому кожна наступна смуга частот удвічі ширша з попередню.

Довжина стеку значень вібросигналу, який надходить від кожного вібросенсора складає 32768 значень, тому за алгоритмом дискретного вейвлет-перетворення кількість смуг частот в АЧЧС дорівнює 14.

В [3], [4] був проведений розрахунок смуг частот АЧЧС в середовищі Excel, результати якого показані на рис. 1.

	A	B	C	D	E
1	Fd	Смуга частот	Ширинна смуги	Початок смуги	Кінець смуги
2	913,92	1	0,027892327	0	0,027892327
3	dF	2	0,055784655	0,027892327	0,083676982
4	456,96	3	0,11156931	0,083676982	0,195246292
5	k	4	0,223138619	0,195246292	0,418384911
6	2	5	0,446277239	0,418384911	0,86466215
7	M	6	0,892554477	0,86466215	1,757216627
8	14	7	1,785108954	1,757216627	3,542325581
9		8	3,570217909	3,542325581	7,11254349
10		9	7,140435818	7,11254349	14,25297931
11		10	14,28087164	14,25297931	28,53385094
12		11	28,56174327	28,53385094	57,09559421
13		12	57,12348654	57,09559421	114,2190808
14		13	114,2469731	114,2190808	228,4660538
15		14	228,4939462	228,4660538	456,96

Рис. 1 – Смуги частот АЧЧС вібросигналу гідроагрегата Дністровської ГЕС-2 при коефіцієнті стискання 2

Відомо, що частота обертання ротора (генераторна частота) гідроагрегатів Нижньодністровської

ГЕС дорівнює 1,785Гц.

В результаті експериментальних досліджень було встановлено, що при зростанні потужності гідроагрегата зростають кореляційні зв'язки у сьомій та восьмій та шостій частотних смугах, у яких зосереджено, відповідно, генераторна частота (f_r) та на найближча до неї гармоніка ($2f_r$) та субгармоніка ($\frac{f_r}{2}$). У свою чергу, при зростанні напору зростає значення коефіцієнтів взаємкореляції у смугах з третьої (мінімальне значення частоти, оскільки через малу кількість отриманих значень перше та друга частотні смуги не аналізувалися) по дев'яту, а також більш високі частоти (тринадцята та чотирнадцята частотні смуги) для випадку, якщо причиною виникнення вібрації є пульсації тиску чи кавітаційні явища.

Крім вібросигналу у пточках гідроагрегату у якості вхідних параметрів система автоматизованого діагностування і прогнозування розвитку дефектів гідроагрегатів використовуються: миттєве значення кутового положення ротора, температура полюсних обмоток ротора, осьове зміщення ротора, миттєве значення кутової швидкості обертання та величина повітряного зазору між ротором і статором. Структурна схема системи автоматизованого діагностування і прогнозування розвитку дефектів гідроагрегатів наведена на рис. 2.

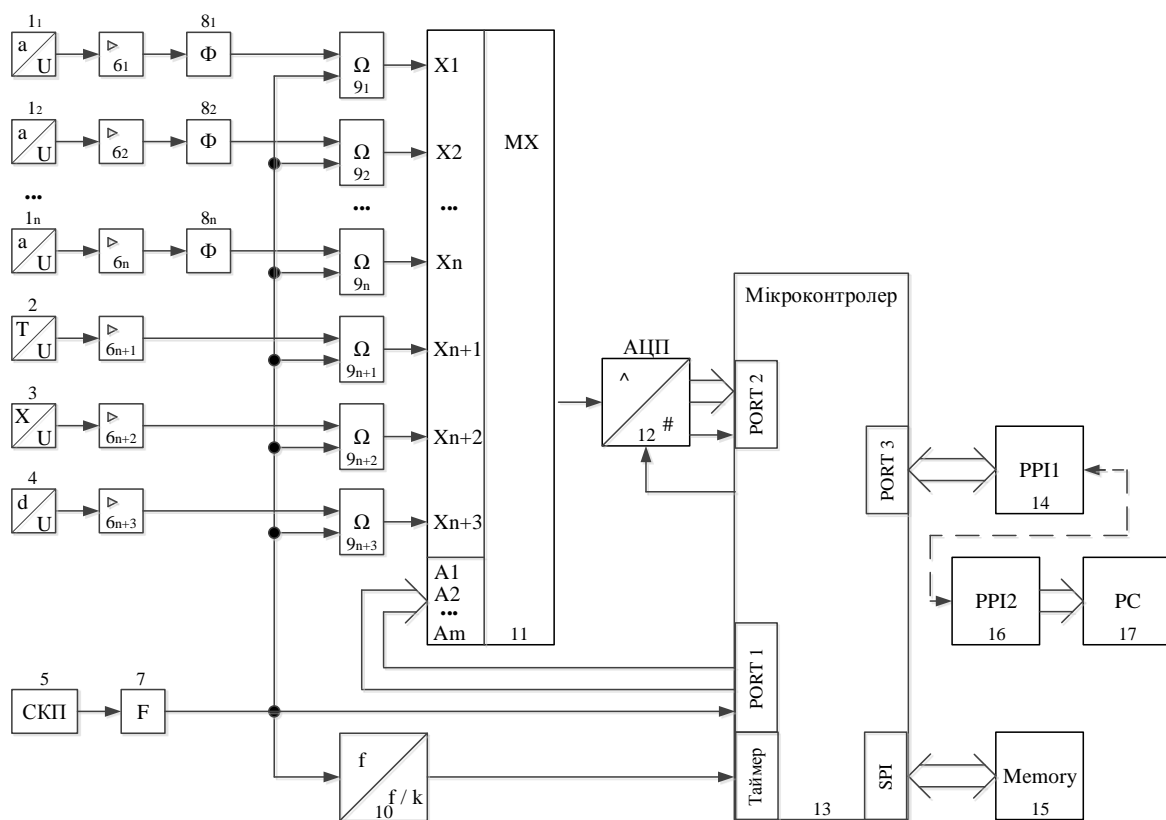


Рис. 2 – Структурна схема системи автоматизованого діагностування і прогнозування розвитку дефектів гідроагрегатів

Список літературних джерел

1. Ширман А. Р. Практическая вибродіагностика и мониторинг состояния механического оборудования / А. Р. Ширман, А. Б. Соловьев. – М. : Машиностроение, 1996. – 276 с.
2. В. Ф. Граняк, С. Ш. Кацев, В. В. Кухарчук, «Кореляційний підхід до визначення вагових коефіцієнтів штучної нейронної мережі для вибродіагностування гідроагрегатів,» Вісник Інженерної академії України, № 4, с. 100–105. 2017.
3. В. В. Кухарчук та ін., Моніторинг, діагностування та прогнозування вібраційного стану гідроагрегатів. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2014, 168 с.
4. V. V. Kukharchuk and other, «Discrete wavelet transformation in spectral analysis of vibration processes at hydropower units», Proc. SPIE, Optical Fibers and Their Applications, pp. 65-68. 2016. doi:10.15199/1.2016.

А.В. Кожемяко, к.т.н., доцент; М.О. Пашенко, студентка

ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ДЛЯ ТЕЛЕМЕДИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ КАРДІОЛОГІЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

Ключові слова: *серцево-судинні захворювання, діагностика, телемедицина, ЕКГ, фазаграфія, давач, фотоплетизмограф*

Головною метою реформи медичної галузі в Україні є поліпшення здоров'я населення завдяки забезпеченню рівного й справедливого доступу всіх громадян до медичних послуг належної якості.

Оскільки довгий час основою діагностики серцево-судинної системи є метод електрокардіографії, вчені розробили точний та сучасний оптико-електронний метод діагностування – фазаграф, що забезпечує зручний процес діагностики та обстежень стану серцево-судинної системи за допомогою програмного забезпечення і включає даний метод на рівень сучасної медичної діагностики – телемедицини.

Міжнародний досвід показує, що одним із кращих та перспективних способів підвищення рівня медичного обслуговування, є запровадження телемедицини. За визначенням Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), телемедицина – це метод надання послуг з медичного обслуговування там, де відстань є критичним фактором.

Процес швидкої інтеграції технічних досягнень у медичну галузь набуває важливого значення з огляду на високі темпи розвитку телекомунікаційної складової науково-технічного прогресу.

Економія часу при обстеженні за допомогою телемедицини і отримання не спотворених результатів, надає можливість з одного боку значно прискорити процес консультування за рахунок зменшення часу на отримання консультантом необхідної та достатньої інформації про пацієнта та його захворювання, з іншого – розширити спектр консультантів за рахунок дистанційного залучення спеціалістів із інших, територіально віддалених, медичних закладів і установ.

Для пацієнтів, важливо створювати належні умови для покращення доступу до медичних послуг належної якості за рахунок створення дистанційного доступу до якісної високоспеціалізованої медичної допомоги.

Щоб забезпечити якісне діагностування серцево-судинної системи, було враховано недоліки та аспекти роботи пристрою та визнано, що саме фазаграфія забезпечить витяг діагностичної інформації із сигналів складних форм та відноситься до інтелектуальної ІТ. З метою зближення методу фазаграфії безпосередньо до пацієнта для домашнього використання пропонується портативний метод біометричної ідентифікації особистості, заснований на унікальних характеристиках фазових портретів ЕКГ.

Для реалізації програмної частини оптоелектронної системи діагностування кардіологічних захворювань розроблено програму, що складається з трьох основних частин. Першою частиною програми було зчитування даних, що надходили в СОМ-порт. Другою частиною було запис отриманих даних в файл на жорсткому диску. Третьою частиною було виведення інформації на екран, що можна організувати шляхом зчитування отриманого файлу або на пряму з СОМ-порту.

Список літературних джерел

1. Діагностичні прилади та засоби [Електронний посібник]. Режим доступу: <https://www.pharmacypedia.com.ua/article/6292/diagnostichni-priladi-ta-zasobi>
2. Зеленко С.М., Павлов С.В., Тимчик І.С. Основи біомедичного радіоелектронного// Навчальний посібник. – Вінниця, ВНТУ 2011
3. Телемедицина [Електронний посібник]. Режим доступу: http://old.moz.gov.ua/ua/portal/ms_telemedicine

С.В. Дакус, студент гр. МТПм-19-1; О.С. Криницький, к.т.н., доц.

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ПАРАМЕТРІВ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ГЕНЕРАТОРІВ

Ключові слова: термоелектричний генератор, ефективність, добротність, електропровідність, коефіцієнт теплопровідності

На сьогодні широкого розповсюдження набули пристрої які працюють на ефекті Зеебека які називають термоелектричними генераторами, і ефекті Пельтьє які називають термоелектричними охолоджувачами. Термоелектричні генератори і охолоджувачі є твердотільними пристроями, які здатні генерувати електрику або охолоджувати без будь-яких проміжних рідин або хімічних процесів. Вони в собі не мають рухомих частин, що забезпечує можливість тривалої роботи з мінімальним обслуговуванням. Крім того, це дозволяє забезпечувати досить тихе охолодження у порівнянні зі звичайними холодильними системами на базі компресорів. Ці критерії роблять термоелектричні прилади надзвичайно привабливими для безлічі застосувань.

Зокрема для вироблення електроенергії термоелектричні генератори використовуються в автомобілях як пристрої для відбору тепла з відпрацьованих газів в космічних дослідженнях для перетворення теплової енергії, що виділяється під час розпаду радіоізотопів [1].

З іншого боку, термоелектричні охолоджувачі широко застосовуються в системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря в транспортних засобах. Завдяки їх здатності бути мініатюризованими вони підходять для контролю температурно-чутливого обладнання, такого як хірургічні інструменти, волоконно-оптичні лазери в телекомунікаційних системах. Термоелектричні охолоджувачі можуть також бути вбудовані в мікропроцесори для досягнення точного контролю температури [2].

Завдяки широкому спектру застосувань термоелектричних пристроїв масове виробництво термоелектричних модулів набуло широкого поширення. Розробники, які прагнуть використати термоелектричні пристрої в свої системи, стикаються з складним завданням вибору потрібного типу термоелектричного модуля, який би відповідав вимогам до нагрівання, охолодження, або генерування енергії.

Виробники схильні надавати якомога більше інформації своїм споживачам. Ця інформація може бути представлена різного роду кривими або даними на веб-сайтах або у вигляді електронних документів. Пошук між продуктами в межах однієї компанії виробника може бути простим, але виникають труднощі, коли дані не стандартизовані між різними виробниками. Розробники часто вважають, що порівняння продуктів у таких випадках є складним. Незважаючи на те, що виробники надають якомога більше інформації щодо своїх продуктів, спільність між ними обмежена.

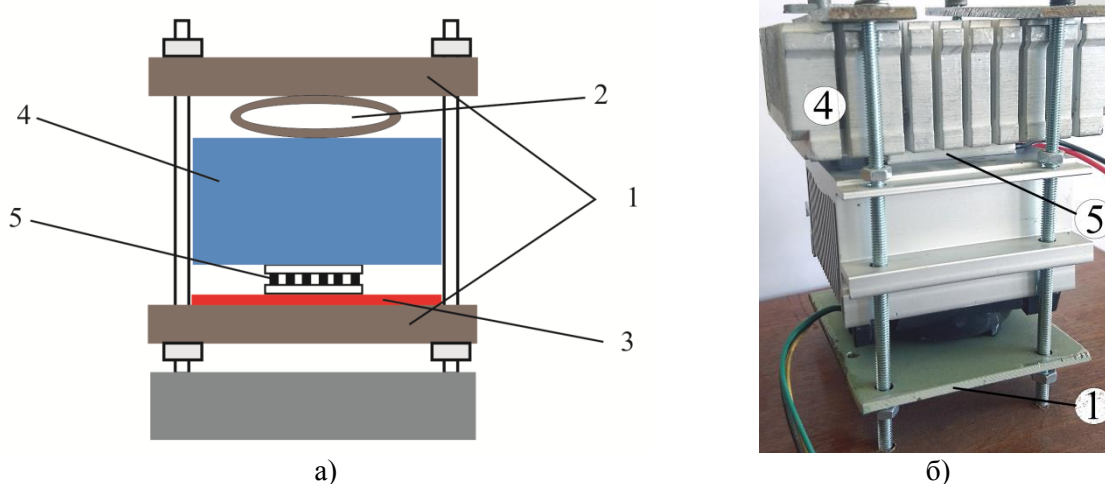
Єдиним надійним методом оцінки фактичних параметрів термоелектричних модулів є їх придбання у виробника і експериментальне випробування їх, але такі способи є трудомісткими і дорогими для споживача. Крім того, не всі споживачі мають можливість тестування модулів у контрольованих середовищах.

Як альтернативу можна запропонувати аналітичне визначення продуктивності термоелектричних модулів за допомогою спрощених або ідеальних співвідношень. Проте дані співвідношення не можуть бути використані через відсутність інформації про властивості матеріалів які використані для виготовлення модуля (коефіцієнт Зеебека - α , електропровідність - σ і коефіцієнт теплопровідності - χ) яка зазвичай не доступна через приватність або патентозахищеність.

Незважаючи на відмінності в поданні інформації виробниками, максимальні параметри продуктивності зазвичай завжди надаються. Для термоелектричного генератора такими є - максимальний струм, максимальна напруга, максимальна вихідна потужність і відповідна ефективність при максимальній вихідній потужності. Для термоелектричного охолоджувача вони такі максимальна різниця температур, максимальний струм який треба подати на модуль, максимальна напруга і максимальна потужність охолодження.

Таким чином, за мету даного дослідження можна поставити експериментальну перевірку характеристик поданих виробниками термоелектричних пристроїв.

Для дослідження характеристик ТЕГ нами була розроблена установка (рис. 1). Нагрівання модуля здійснюється за допомогою плоского керамічного нагрівника який увімкнений у мережу змінного струму через терморегулятор який забезпечує стабілізацію температури на модулі. Для вимірювання температури використано термопари типу ХК. Охолодження протилежної сторони модуля здійснюється за допомогою радіатора з активним охолодженням. Притискання модуля ТЕГ до радіатора і нагрівача реалізується за допомогою притискного механізму який реалізований притискною планкою і пружиною тарілчастого типу.



1 - прижимні блоки, 2 – пружний елемент, 3 – нагрівач, 4 – радіатор охолодження, 5 – термоелектричний генератор
Рисунок 1. Схематичний вигляд (а) реальний вигляд (б) установки для вимірювання термоелектричних параметрів

Методика експерименту наступна одна сторона термоелектричного модуля утримується при постійній температурі. На модуль подається струм і на ньому виникає різниця температур. Напруги які виникають перед і після припинення подачі струму U_i і U_0 відповідно, вимірюються разом із температурами які встановлюються на ТЕГ. Для усунення впливу нагрівання внаслідок ефекту Джоуля тестування виконується двічі, один раз у одній полярності а наступний раз у зворотній полярності. Рівняння дозволяють визначити термоелектричні властивості ТЕГ

$$\alpha = \frac{U_0 - U'_0}{T_1 - T'_0}; R = \frac{(U_i - U'_i) - (U_0 - U'_0)}{-2I}; \chi = \frac{-\alpha I (T_1 + T'_1)}{T_1 - T'_1}; R = \frac{U_0 - U'_0}{-(U_i - U'_i) - (U_0 - U'_0)},$$

де T_1 - температура холодної сторони модуля, а позначення штриха – вимірювання при зворотній полярності.

Здійснено аналіз параметрів продуктивності ТЕГ, запропоновано експериментальну установку для перевірки характеристик поданих виробниками для ТЕГ.

Список літературних джерел

- [1] S. Kimetal., "Thermoelectric power generation system for future hybrid vehicles using hot exhaust gas," Journal of Electronic Materials, vol. 40, no. 5, pp. 778-784, 2011.
- [2] G. J. Snyder, M. Soto, R. Alley, D. Koester, and B. Conner, "Hot spot cooling using embedded thermoelectric coolers," in Semiconductor Thermal Measurement and Management Symposium, Dallas, 2006, pp. 135-15
- [3] G. S. Nolas, J. Sharp, and H. J. Goldsmid, Thermoelectrics. Heidelberg, Germany: Springer, 2001.

О.М. Возняк, к.т.н. доц.; С.І. Строган, студент
ЦИФРОВИЙ ЗАСІБ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

Ключові слова: термометр, мікроконтролер, температура, аналого-цифровий перетворювач

Сучасний розвиток техніки, промисловості, будівництва, потребує високої надійності, швидкодії та точності вимірювання температури, а саме вимірювання цифровими засобами. У зв'язку з цим створення надійного, швидкого та точного цифрового засобу вимірювання температури має велике значення. Прилад для вимірювання температури у цифровому вигляді є зручним і точним. Зручний запис і обробка вимірюваних даних, а також перенесення на ЕОМ. Тобто можна сказати, що більшість людей звикли користуватися аналоговими приладами для вимірювання температури. Однак, пропонується розглянути цифровий засіб вимірювання температури.

Для покращення ефективності даного приладу, можна запропонувати цифровий термометр на основі мікроконтролера.

Мікроконтролер – виконана у вигляді мікросхеми спеціалізована мікропроцесорна система, що включає мікропроцесор, блоки пам'яті для збереження коду програм і даних, порти вводу-виводу і блоки зі спеціальними функціями. Його використання дасть змогу значно покращити метрологічні характеристики приладу. Мікроконтролер на мікросхемі суттєво знижує розміри, енергоспоживання і вартість пристрою [1].

Принцип роботи цифрового термометра базується на перетворенні вимірюваної температури, в електричний код, який відображається на табло у цифровій формі. Згідно з цим узагальнена структурна схема цифрового термометра складається з вхідного пристрою, мікроконтролера, цифрового індикатора та пристрою управління (рис. 1).

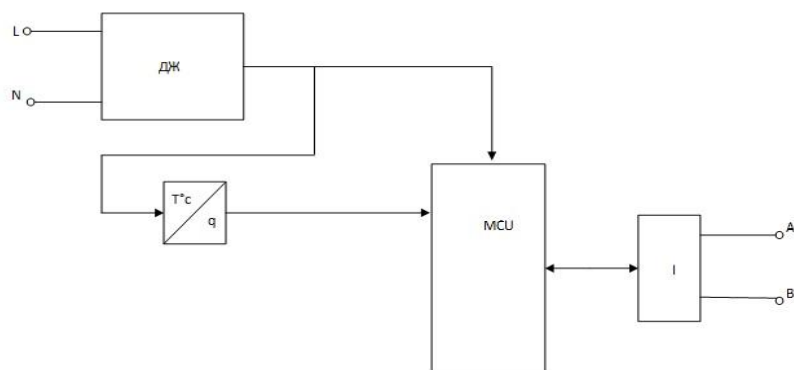


Рис. 1 – Узагальнена структурна схема цифрового термометра

Аналого-цифрове перетворення реалізовано програмно. Записана інформація може бути передана в комп'ютер і використана, наприклад, для побудови графіка зміни значень температури чи іншої обробки результатів. В процесі роботи перетворювача покращено його метрологічні характеристики за рахунок використання нових алгоритмів. Таким чином використання мікроконтролера дасть змогу значно покращити метрологічні характеристики та зручність використання приладу [2].

Список літературних джерел:

1. Кухарчук В.В. Метрологія та вимірювальна техніка. Навчальний посібник / Кухарчук В.В., Кучерук В.Ю., Долгополов В.П., Грумінська Л.В. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2004.–252с.
2. Атамалян Е.Г. Приборы и методы измерения электрических величин. Москва: Высшая школа, 1982г.

В.Д. Тромсюк, к.т.н.; Я.О. Бородай; М.В. Непийвода; Ю.М. Костюк

ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ У ВИРОБНИЧОМУ ПРИМІЩЕННІ

Ключові слова: мікроклімат на робочому місці, вологість повітря, температура повітря, мікроконтролер, платформа Arduino Nano

Мікроклімат виробничого середовища впливає на стан організму працівника, його самопочуття, працездатність впродовж виконання виробничого завдання. Показники температури, відносної вологості, швидкості руху повітря, теплового випромінювання нагрітих поверхонь характеризують клімат внутрішнього середовища виробничого приміщення, з яким працівник перебуває у постійній взаємодії [1]. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень визначаються у ДСН 3.3.6.042-99 [2]. За ступенем впливу на стан людини мікрокліматичні умови поділяють на оптимальні та допустимі, які в свою чергу варіюються від пори року, категорії виконуваних робіт та ін. Таким чином, підтримання на робочому місці заданих кліматичних умов є нетривіальною задачею, вирішення якої можна розділити на два етапи – процедура вимірювання контролюємих параметрів, аналіз отриманих результатів та доведення визначених параметрів кліматичних умов до заданих кондицій.

В роботі запропоновано портативний пристрій для контролю температури та вологості в зонах двох незалежних робочих місць (з можливістю нарощування кількості контролюємих робочих місць) виробничого приміщення та видачі сигналів керування на виконавчі пристрої кондиціонування мікрокліматичних умов на базі апаратної платформи Arduino Nano.

За допомогою мікроконтролера, цифрових давачів та створеного програмного забезпечення можливо відстежувати на екрані монітора ПК поточні значення визначених кліматичних параметрів на робочих місцях, їх локацію відносно «червоної» та «зеленої» зон допуску, в разі потреби, оперативно змінювати ці межі, а також видавати сигнали тривожної сигналізації в аудіовізуальному вигляді.

Принцип роботи пристрою базується на циклічному порівнянні оцифрованих поточних даних кліматичних параметрів отриманих провідними каналами зв'язку з давачів температури та вологості із занесеними в пам'ять мікроконтролера граничними мінімальними та максимальними значеннями цих параметрів для двох робочих місць виробничого приміщення. Результат порівняння представляється точкою на лінійній кольоровій шкалі та синтезованим мнемонічним індикатором аварійного стану для кожного робочого місця на екрані робочого комп'ютера відповідальної за охорону праці особи.

Побудова системи клімат-контролю виробничого приміщення зазначеним способом дозволяє віддалено контролювати кліматичні параметри незв'язаних між собою операційних зон робочих місць та, за необхідності, приймати відповідні дії щодо їх регулювання.

Список літературних джерел:

1. Мікроклімат виробничих приміщень та вплив мікроклімату на працездатність людини [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://lutsk.dsp.gov.ua>
2. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ N 42 від 01.12.99 <https://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>
3. Оригинальные платы Arduino [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://arduino-kit.com.ua/originalnye-platy-arduino/>

O.A. Poplavskiy, S.V. Pavlov, V.B. Vassilenko, A.A. Poplavska

INTELLECTUAL SYSTEMS FOR SUPPORTING DECISION-MAKING OF SPOT AND FUTURES TRADING EXCHANGE

Keywords: *mathematical modeling, decision-making, intelligence systems, artificial intelligence, trading exchange, machine learning*

Artificial intelligence systems (AIS) designed to solve the problems of software modeling of those types of human activity that are traditionally considered intellectual. The financial sphere does not stand aside, as there is a growing number of new tools, as online services or robo-advisors [1,2] (for example, Qplum is an online investment advisory firm offering AIS and machine learning based portfolios or Exo Investing is a new asset management platform, which gives access to the AIS for making investment decision-making), that provide financial advice or investment management online with moderate to minimal human intervention. To date, modern expert systems have already learned to identify by certain indications various of trends in completely different areas of human activity, thereby to some extent contribute in solving application solution. In addition, there is increasing recognition of an investment quantum fund based on artificial intelligence technologies in which investment decisions are made automatically based on mathematical models and predictive analytics.

The Day-Ahead market is a component of the wholesale electricity market on which firm hourly electricity transactions are realized, with electricity delivery the day after the trading day [3]. The Day-Ahead market is a vital component of the wholesale energy market, especially due to the transnational activities taking place on it. Starting in 2014, the Day-Ahead Market in Romania operates in a coupled regime with markets in the Czech Republic, Slovakia and Hungary through the price coupling mechanism known as 4M Market Coupling (4M MC) [3], and now the main focus of scientists has shifted towards development AIS for ensure automation decision-making and predictive all process for swift implementation of day-ahead market processes and coupling.

Despite significant progress in identifying exchange trends, modern expert systems use template mathematical methods for developing proposals regarding decision-making. Most of them are developed on standard architectures, which focus on processing large amounts of information and making appropriate decisions. But, to make such decision is not enough to identify the trends themselves, it is also necessary to constantly relate the processed information to each other, to make decision regarding the processed information and predict the behavior of both individual parameters of the prediction object and the main characteristics of decision-making.

The main problem of modern AIS is that they process various static data, not considering the features of the application of this information to dynamic environments.

So far, platforms and developed automated systems based on artificial intelligence are only an auxiliary tool, the final decision on buying, selling or planning is made by a person [4]. The fact that the machine so far can't make predictions based on a wide range of additional factors, as political changes and the geopolitical situation to technological innovations and natural disasters, many experts agree. Making investment decisions with the help of AIS carries significant risks, including due to the fact that such an investment option has not yet been adequately tested by time and serious crises. One of the limitations that increases the risk of automated investment decision making is that AIS is less flexible than a person and can only make decisions based on its data set.

Therefore, the main objective of this work is selection of the neural network architecture and developing new mathematical algorithm which in online mode using predictive analytics will make decision-making.

Resources

1. M. Tertilt, P. Scholz, "To Advise, or Not to Advise – How Robo-Advisors Evaluate the Risk Preferences of Private Investors" (2017). Available at: <https://doi.org/10.3905/jwm.2018.21.2.070>.
2. T. Baker, B. Dellaert, "Regulating Robo Advisors: Old Policy Goals, New Challenges", (2017). Available at: <https://repository.upenn.edu/pennwhartonppi/47/>.
3. C. Ioana, B. Adela, U. Adina, "Regional Cooperation on the Energy Markets – A Study of Romania's Day-Ahead Market". "Ovidius" University Annals, Economic Sciences Series Volume XVII, (2017).
4. Melanie L., "Robo-Advisors: A Closer Look", (2015). Available at: <https://ssrn.com/abstract=2658701>.

М.Г. Скрипковська, студентка; М.В. Добролюбова, к.т.н., доцент
ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЧАСТОТИ
ОБЕРТАННЯ ДЛЯ СТЕНДУ ТЕМПЕРАТУРНОГО КАЛІБРУВАННЯ
ГІРОСКОПІЧНИХ МІКРОМЕХАНІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ КУТОВОЇ
ШВИДКОСТІ

Ключові слова: *стенд, калібрування, регулятор, гіроскоп, кутова швидкість, термокамера, мікроконтролер*

Розробка стендів для випробування об'єктів в умовах впливу штучно створених зовнішніх факторів необхідно в разі забезпечення обладнанням для тестування продукції виробників різноманітних перетворювачів, приладів або систем. Зокрема, такі випробування проводяться при калібруванні мікромеханічних перетворювачів кутової швидкості (ПКШ) (мікромеханічних гіроскопів (ММГ)), які можуть використовуватися у системах навігації, орієнтації та керування автомобілів, безпілотних літальних апаратів, системах стабілізації платформ, камер та у різноманітних гаджетах.

Калібрування гіроскопів за нормальних умов розбивається на два етапи, на першому з яких задається кутова швидкість обертання, а на другому – нерухомий модуль (з гіроскопами) встановлюється у різних положення відносно вектору прискорення сили тяжіння g [1]. Викладений далі матеріал стосується створення програмного забезпечення для стенду температурного калібрування (СТК), на якому здійснюють перший етап при різних температурах. На даному етапі визначаються коефіцієнти матриці масштабних коефіцієнтів та перехресних зв'язків моделі вихідних сигналів шляхом задання ряду значень кутових швидкостей обертання. Для цього інерційний вимірювальний модуль (ІВМ), у складі якого є ПКШ, або самі ПКШ, встановлюють на спеціальний поворотний стіл, вісь якого повинна бути виставлена вертикально. При цьому температура зовнішнього середовища ПКШ задається за допомогою термокамери, у якій розміщений поворотний стіл.

Структурна схема СТК наведена на рисунку 1.

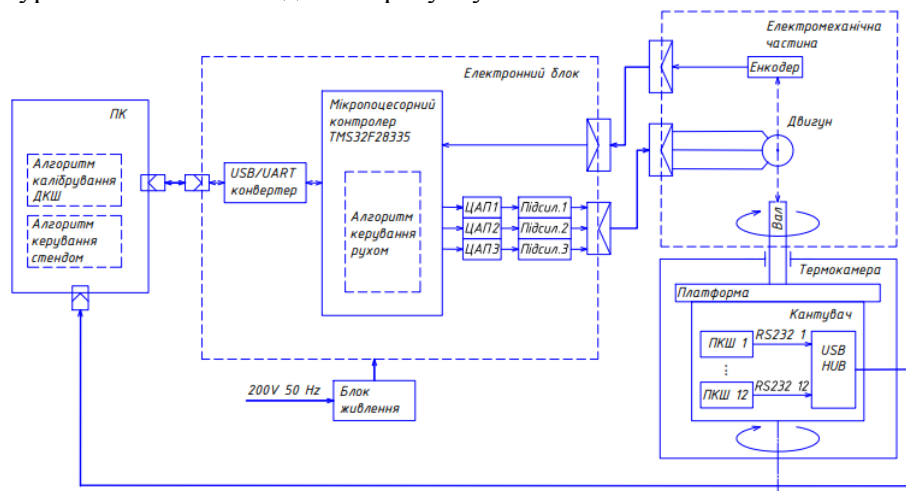


Рис.1 – Структурна схема СТК

СТК складається з електронного блоку, електромеханічної частини, термокамери та персонального комп'ютера (ПК). За допомогою програмного забезпечення (ПЗ) на ПК можна керувати стендом: задавати кутову швидкість (частоту обертання), починати та зупиняти рух і проводити калібрування ПКШ. Трифазний безколекторний серводвигун обертає закріплену на його валу платформу зі встановленим на неї кантувачем з ММГ. Програма мікроконтролера (МК) TMS32F28335 керує цим двигуном. Вал обертається із заданою постійною кутовою швидкістю або здійснює перехід з однієї швидкості на іншу. Поворот валу контролюється за допомогою з'єднаного з валом інкрементального енкодера. USB hub об'єднує інформацію з досліджуваних ММГ та передає на ПК. Робота регулятора швидкості обертання синхронізована по внутрішньому таймеру, що виробляє тактові імпульси з частотою 2 кГц та викликає переривання. Під час обробки переривання виконується програма, блок-схема якої зображена на рисунку 2.

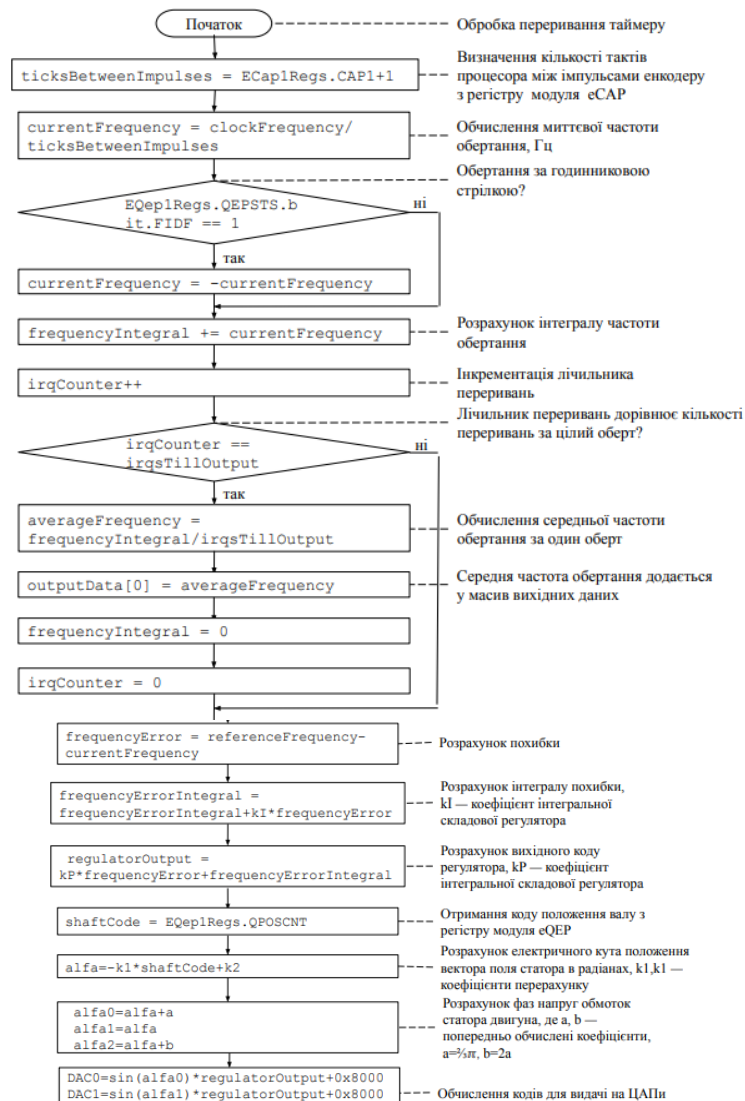


Рис.2 – Програма обробки переривання таймеру

Вбудований в МК модуль eCAP [2] підраховує такти тактової частоти процесора (135 МГц) між імпульсами енкодера, що дозволяє визначити миттєву частоту обертання. Різниця миттєвої та заданої частоти надходить до алгоритму цифрового пропорційно-інтегрального регулятора швидкості. За допомогою вбудованого в МК модуля eQEP [3] зчитуються коди поточного кутового положення валу. Розраховуються добутки вихідного коду регулятора на зсунуті по фазі на 120° синусоїди – функції коду поточного кутового положення валу. Ці добутки подаються на ЦАП1, ЦАП2, ЦАП3, їх вихідні напруги утворюють трифазну систему напруг, які надходять на відповідні підсилювачі потужності, а з їх виходів – по кабелю на трифазні обмотки двигуна. В основному тілі програми виконується прийом заданої швидкості, команд початку та зупинки роботи, а також видача на ПК даних про середню частоту обертання за оберт.

Отже, розроблене ПЗ забезпечує роботу стенду у відповідності з його технічним завданням, що дозволяє використовувати стенд для калібрування ПКШ.

1. Мелешко В.В., Нестеренко О.И. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы. Учебное пособие. – Кировоград: ПОЛИМЕД – Сервис, 2011. – 172 с.

2. TMS320x2833x, 2823x Enhanced Capture (eCAP) Module Reference Guide // – Режим доступу: <http://www.ti.com/lit/ug/sprufg4a/sprufg4a.pdf> – Дата доступу: 14.10.19 – TMS320x2833x, 2823x Enhanced Capture [eCAP] Module .

3. TMS320x2833x, 2823x Enhanced Quadrature Encoder Pulse (eQEP) Module Reference Guide // – Режим доступу: <http://www.ti.com/lit/ug/sprug05a/sprug05a.pdf> – Дата доступу: 14.10.19 – TMS320x2833x, 2823x Enhanced Quadrature Encoder Pulse.

Т.Г. Бойко, д.т.н., проф.; М.В. Руда, к.т.н., асис.

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ В ОЦІНЦІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Ключові слова: *Life-Cycleassessment, життєвий цикл, вітроенергетична установка, SimaPro, інформаційно-вимірювальні системи, компартмент, довкілля*

Кожен продукт або послуга проходить ряд стадій розвитку, які в сукупності становлять його/її «життєвий цикл». Діяльність людини в процесі виготовлення продукції чи надання послуги неминує пов'язана з впливом на довкілля. Залежно від природи продукту/послуги екологічний вплив може проявлятися по-різному, наприклад, як виснаження озонового газу, парниковий ефект, окислення ґрунту і втрата біорізноманіття тощо.

Планета Земля є замкненою системою матеріальних потоків (на противагу енергетичним потокам). Переходячи з одного продукту в інший та змінюючи форми свого стану, матерія циклічно циркулює в економічній системі. Саме тому загальна маса матерії не змінюється, незалежно від того що людство виготовляє на Землі, або яку послугу надає.

У сучасному соціально-економічному середовищі матеріальні потоки і процеси відбуваються за лінійною схемою. Але на нескінченному відрізку часу матеріали, що пройшли через техносферу, заново повертаються у навколишнє середовище як сировина. Концепція життєвого циклу розглядає продукти/послуги з початку їх фізичного виникнення і до моменту припинення їх функціонування. До життєвого циклу входять такі компоненти як видобуток сировини, виробництво енергії, транспортування, операції первинної обробки, безпосереднє виробництво продукту, упакування, розподіл, утилізація.

Слід відзначити, що життєвий цикл одного продукту/послуги ускладнюється тим, що багато його/її компонентів пов'язанні з системами інших продуктів/послуг. Отже, з метою вибору найбільш екологічно прийнятної способу створення продукту чи надання послуги потрібно брати до уваги низку соціально-економічних факторів, яка враховує весь життєвий цикл «від колиски до могили». Це означає, що в процесі планування і проектування повинен бути застосований системний підхід. Вихідні потоки енергії можуть бути як відходами досліджуваної системи, так і слугувати ресурсами (вхідними потоками) в іншу систему. На всіх стадіях життєвого циклу продукту/послуги має місце певне забруднення довкілля, використовуються енергія та матеріали.

Метою роботи є аналіз оцінювання впливу вітроенергетичних установок (ВЕУ) на всіх етапах життєвого циклу в компартментах складного ландшафтного комплексу (СЛК).

Об'єктом дослідження стали вітроенергетичні установки (ВЕУ) вітроенергетичної станції (ВЕС) ТОВ «АТЛАС ВОЛОВЕЦЬ ЕНЕРДЖИ», що входить до вітрового парку. Площадка Воловецької ВЕС розташована на північному заході Закарпатської області в межах Боржавських Полонин Східних флішових Карпат.

На сьогодні, метод оцінювання життєвого циклу (Life-Cycleassessment, LCA), що ґрунтується на серії ISO-стандартів [1], є одним з провідних методів оцінки потенційних впливів ВЕС на навколишнє середовище. Такий підхід був використаний у дослідженнях європейських вчених В. Cleary і ін. [2], Е. Martinez і ін. [3], ChGhenai [4], Т. Toth і ін. [5], а також одним з найбільших виробників вітряних турбін – датською компанією Vestas [6].

Мета та методика проведень досліджень. Для оцінювання впливу ВЕУ на всіх етапах життєвого циклу в компартментах СЛК використовували програмне забезпечення SimaPro, яке є професійним інструментом для збору, аналізу та моніторингу екологічних характеристик продуктів і послуг. За його допомогою можна легко моделювати й аналізувати складні життєві цикли систематизованим та зрозумілим способом.

Для аналізу впливу на довкілля ВЕУ у компартментах СЛК протягом його «життєвого циклу» були згруповані необхідні дані, а саме:

- виробництво. Включає в себе виробництво сировини (бетон, алюміній, сталь, скловолокно і т.д.) для виготовлення складових частин турбіни.
- транспортування. Охоплює перевезення сировини для виробництва різних компонентів вітряної турбіни, доставку складових частин на місце установки під час монтажу та необхідне переміщення транспорту під час обладнання вітропарку.

- установка і монтаж. Включає в себе роботи із зведення та встановлення вітрових турбін.
- експлуатація та технічне обслуговування. Найтриваліший етап, що охоплює період роботи вітрової турбіни, заміни мастил та використання транспорту для технічного обслуговування.
- демонтаж. Передбачає остаточне закриття вітрового парку після закінчення терміну його експлуатації і подальшу утилізацію утворених відходів.

Дослідження процесів зародження, функціонування та занепаду ландшафтно-інженерних та ландшафтно-техногенних систем і їх впливу на довкілля, дозволить прослідкувати розвиток усіх притаманних цим системам процесів та виявити можливі наслідки. Оскільки деградація або навіть незначне порушення одного з природних компонентів ландшафту може призвести до значних змін у всьому ландшафтному комплексі, аж до його повного знищення, було вивчено можливі впливи об'єктів вітроенергетики та компоненти ландшафту на різних етапах життєвого циклу, узагальнення яких дозволило розробити попереджувальні та пом'якшувальні заходи щодо уникнення екологічних наслідків у майбутньому.

Список літературних джерел

1. ДСТУ ISO 14040:2004. Екологічне керування. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура.
2. Cleary B. Using life cycle assessment to compare wind energy infrastructure / B. Cleary, A. Duffy, A. O'Connor // Proceedings of International Symposium on Life Cycle Assessment and Construction. – 2012. – P. 31-39.
3. Life cycle assessment of a multi-megawatt wind turbine / E. Martinez, F. Sanz, S. Pellegrini [et. Al] // Renewable Energy. - № 34(3) – 2009. – P. 667-673.
4. Chenai Ch. Life cycle analysis of wind turbine // Sustainable Development – Energy, Engineering and Technologies – Manufacturing and Environment. – 2012.
5. Toth T. Anthropogeomorphologic impacts of onshore and offshore wind farms / T. Toth, S. Szegedi // Acta climatologica et chorologica. – 2007. - № 40-41. – P. 147-154.
6. Final Report. Life Cycle Assessment Of Electricity Production from a Vestas V112 Turbine Wind Plant. – 2011. <http://www.vestas.com>.

П.І. Кулаков, д.т.н., проф.; О.О. Плешко, студент; А.П. Кулакова, студент

ОГЛЯД ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО УДОЮ

Ключові слова: біотехнічна система, тваринницькі ферми, порційні лічильники, вимірювачі поточного рівня, вимірювачі швидкості молоковіддачі, швидкість потоку молока

Найчастіше, для індивідуального обліку молока використовують ковшовий вимірювальний перетворювач або спеціалізовані оптичні та кондуктометричні вимірювальні перетворювачі. За допомогою засобів вимірювання на їх основі забезпечується вимірювання удою, тривалості доїння, інтенсивності потоку молока та інших параметрів, які необхідні для реалізації алгоритму оптимального доїння. Але досягнута у теперішній час точність вимірювання та достовірність контролю в багатьох випадках недостатня для відмови від трудомісткої процедури періодичних контрольних доїнь, оцінювання та прогнозування стану тварин, визначення моменту закінчення доїння для зняття доїльного апарата, забезпечення оптимального процесу доїння.

Використання традиційних засобів вимірювання кількості рідини, запозичених з інших галузей, виявилось малоефективним, оскільки процес молоковіддачі є унікальним, а точність показань молокомірів залежить від фізико-хімічних властивостей молока, динаміки молоковіддачі, ряду інших чинників [1].

У роботі [2] розглянуто оптичний первинний вимірювальний перетворювач інтенсивності потоку молока для доїльного апарата. При його використанні неможливо забезпечити високу точність вимірювання удою та інших похідних параметрів внаслідок значного впливу на результат вимірювання піни та бульбашок повітря, які обов'язково виникають на виході колектора. Тому такий вимірювальний перетворювач та засоби вимірювання параметрів молоковіддачі на його основі використовуються на доїльних установках низької цінової категорії.

Внаслідок наявності та випадкового характеру появи пазирів та піни у молочній лінії доїльного апарата значно збільшується похибка первинного вимірювального перетворення традиційних кондуктометричних вимірювальних перетворювачів витрати рідини [3].

У оптичного кореляційного витратоміру молока, який пропонується у [4], похибка вимірювання значно збільшується при великих значеннях молочного потоку та при наявності у ньому піни та пазирів повітря. Це пов'язано з тим, що вихідні сигнали його розташованих на певній відстані фотоприймачів, які корелюються, у цих умовах втрачають подібність.

Використання ультразвукових витратомірів [5] для вимірювання удою та інтенсивності молочного потоку виявилось малоефективним внаслідок значного збільшення похибки вимірювання внаслідок наявності бульбашок та піни, а також великого значення похибки вимірювання при малих потоках молока та малих діаметрах молокопроводу.

Широко розповсюджені ковшові вимірювальні перетворювачі та засоби вимірювання кількості молока на їх основі [1] відрізняються надійністю. При використанні ковшових ВП удій визначається з певною дискретністю (як правило сто грам), що унеможливує високоточне вимірювання миттєвої інтенсивності молоковіддачі, що є дуже важливим для визначення моменту зняття доїльного апарата. Перспективним є вимірювання удою та інших параметрів молоковіддачі на основі порціонного вимірювання рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата, що зумовлює необхідність розробки спеціалізованих первинних вимірювальних перетворювачів рівня молока та засобів вимірювання на їх основі.

Для використання у доїльному обладнанні бажано використовувати безконтактні вимірювальні перетворювачі, наприклад фотоелектричні, у яких відсутні рухомі частини [6–9]. Ця обставина зумовлена тим, що наявність рухомих частин значно погіршує якість промивки, внаслідок чого збільшується бактеріальна заплідненість молока.

Принцип дії розробленого у [6] фотоелектричного вимірювального перетворювача рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата заснований на фотоелектричному вимірювальному перетворенні площа-напруга. За його допомогою забезпечується визначення параметрів молоковіддачі з більш високою точністю, ніж при використанні інших існуючих вимірювальних перетворювачів цих параметрів.

У [1, 7–9] розглянуто вимірювальний перетворювач рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з дискретним вихідним сигналом на основі магнітоактивних елементів, та фотоелектричний вимірювальний перетворювач рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з дискретним вихідним сигналом. Вищевказані вимірювальні перетворювачі призначені для використання на стійлових доїльних установках у складі переносних доїльних апаратів, та забезпечують необхідну точність вимірювального перетворення для цих умов. На функціонування вимірювального перетворювача рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з дискретним вихідним сигналом на основі магнітоактивних елементів не впливає забрудненість молокоприймальної камери, але він має рухомі частини, що зменшує надійність його роботи. Фотоелектричний вимірювальний перетворювач рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з дискретним вихідним сигналом рухомих частин не має, але на його функціонування може впливати забрудненість молокоприймальної камери.

Список літературних джерел

1. Кулаков, П. І. Елементи теорії вимірювального контролю параметрів біотехнічної системи доїння / П. І. Кулаков. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 220 с.
2. Кучерук, В. Ю. Похибки вимірювання параметрів молоковіддачі при використанні фотоелектричного перетворювача інтенсивності молочного потоку / В. Ю. Кучерук, П. І. Кулаков, Д. В. Мостовий // Вісник інженерної академії України. - 2016. - № 4. - с. 220 -224.
3. Войтюк, В. В. Вимірювання витрати молока в молочній лінії доїльного апарата : автореф. дис. // канд. техн. наук : / В. В. Войтюк ; Національний університет «Львівська політехніка». – Л., 2011. – 21 с.
4. Каталог продуктів и услуг ДеЛаваль / 2011. – 372 с.
5. Залманзон, Л. А. Микропроцессоры и управление потоками жидкости и газа / Л. А. Залманзон. – М. : Наука, 1984. – 320 с.
6. Кучерук, В. Ю. Засіб вимірювання рівня молока для переносного доїльного апарата стійлової установки / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 3/9 (69). – С. 16 – 22.
7. Кулаков, П. І. Фотоелектричний перетворювач рівня / П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Photonics ODS – 2015. – Вінниця, 2015, С. 125.
8. Кулаков, П. І. Засіб вимірювання рівня молока для переносного доїльного апарата стійлової установки / П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Одеса, 2013. – С. 131–132.
9. Кулаков, П. І. Засіб контролю зоотехнічних параметрів тварин / П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Контроль і управління в складних системах. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – С. 193.

К.Ф. Боряк, д.т.н., доцент; Н.О. Перетяка, к.т.н.; В.В. Грицанова, студентка
ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ СУБЛІМАЦІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ЗА
ПАРАМЕТРОМ ТИСКУ В ЛІОФІЛІЗАТОРІ

Ключові слова: ліофілізатор, вакуумна сушка, сублімація, рівень вакууму, програмне забезпечення

Економічне зростання України нерозривно пов'язане з конкурентоспроможністю вітчизняних продуктів харчування на європейських ринках [1]. Але здебільшого на вітчизняних підприємствах харчової промисловості використовується застаріле технологічне обладнання, технічні та енергетичні показники яких нижчі, чим у закордонних виробників. Це призводить до підвищення собівартості продукції та зниження якості продукції, тим самим не дозволяє на рівних конкурувати вітчизняним виробникам з закордонними та стримує зростання об'єму експорту агропромислової продукції за межі України.

Одним з основних негативних факторів, що призводять до невідповідності міжнародним стандартам якості та безпечності харчової продукції є вплив людського фактору на технологічний процес переробки та дотримання умов зберігання. Зокрема, недбалість та безвідповідальність працівників, на яких покладено контроль за технологією виробництва, спричиняє до 40% негативних випадків невідповідності вимогам до харчової продукції на кінцевій стадії переробки чи зберігання. При цьому, відсутність якісного технологічного обладнання та сучасних технологій виробництва призводить до 30% негативних випадків [2]. Єдиним рішенням для усунення негативного впливу психоемоційного та фізіологічного стану людини-оператора є автоматизація технологічного процесу. В харчовій промисловості широко використовується часткова автоматизація, яка полягає в автоматизації застарілого обладнання шляхом встановлення програмного та технічного забезпечення. Головним елементом автоматизації технологічного процесу є якісне метрологічне забезпечення вимірювальних систем, які лежать в основі керування засобами вимірювальної техніки під час здійснення технологічного контролю за допомогою комп'ютерного програмного забезпечення. Це дає змогу усунути вплив суб'єкта, який виконує вимірювання, і підвищити якість вимірювання, та підтримувати визначальні параметри технологічного процесу в заданих нормованих межах [3].

Сучасні ліофілізатори, здебільшого імпортного виробництва, мають зависоку ціну, тому українські виробники використовують застаріле обладнання ще за часів СРСР, яке облаштоване морально застарілими засобами вимірювальної техніки. При відсутності достовірних значень температури і тиску в застарілій вакуумній сушарці робочий режим задається і підтримується за суб'єктивним рішенням оператора уручну. Тому виникає необхідність модернізації ліофільних сушарок, зокрема автоматизація контролю нормативних параметрів.

Тиск і температура є основними визначальними параметрами в технологічному процесі сублімації, які тісно пов'язані між собою. Зміна одного із параметрів призводить до потреби в корекції другого під час сушки в вакуумі. Їх значення впливають на швидкість процесу видалення вологи із харчових продуктів в вакуумній сушарці. В свою чергу швидкість процесу сублімації впливає на продуктивність (кг/год) та енергоємність (кВт/кг) самого виробництва. Останні показники є стратегічними у конкурентній боротьбі за споживача, які безпосередньо впливають на собівартість кінцевої продукції. Робочий діапазон температури (-55 до -10 °C) і тиску (від 0,003 до 0,12кПа) вакуумних сушарок різних виробників залежить від продуктивності встановленого вакуумного насосу і десубліматора вологи та від типу харчової продукції, яка переробляється в вакуумній сушарці. Для кожного окремого типу харчової продукції встановлюється свій режим температури і тиску.

На практиці автори стикнулися з випадком коли контроль тиску в термобарокамері TBV8000-1V (ІЛКА/NEMA) виробництва ГДР здійснюється за показами вмонтованого мембранного манометра TGL (рис.1,а)(аналог вакуумметра ГОСТ 2405-72) з ціною поділки 2кПа та абсолютною похибкою ± 1 кПа. При такій похибці засобу вимірювання тиску неможливо підтримувати рівень вакууму під час процесу сублімації харчових продуктів в нормованих межах від 0,003 до 0,12кПа.

Головний напрямок оптимізації процесу сублімації автори вбачають в модернізації метрологічного забезпечення ліофілізатора та мінімізації енерговитрат і терміну часу. Це досягається шляхом підтримання заданих технологічних умов протікання процесу сублімації в

камері, за якими відбувається максимальна швидкість процесу випаровування вологи (масопереносу) з харчового продукту. Для контролю технологічного процесу автори запропонували термобарокамеру TBV 8000-1V із мембранним манометром TGL додатково оснастити електронним індикатором вакууму ІВ-1КП (рис.1,б), який призначений для індикації тиску повітря та інших неагресивних газів в діапазоні значень від $2 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст до 750 мм рт. ст. Індикатор вакууму ІВ-1КП може бути під'єднаний до комп'ютера, в програму верхнього рівня, через порти RS485 або USB-2.0. Для зв'язку ІВ-1КП з комп'ютером передбачена тестова програма, яка дозволяє обрати віртуальний СОМ-порт, підключити його до приладу, зчитати адресу приладу і значення тиску в вимірюваному об'ємі, вивести їх у відповідні вікна програми. В індикаторі вакууму передбачена зміна швидкості обміну інформацією по обраному СОМ-порту.

Завдяки розробленому програмному забезпеченню з'явилася можливість під'єднання індикатора вакууму до панелі керування, яка встановлена на робочому місці оператора (рис.1,в).

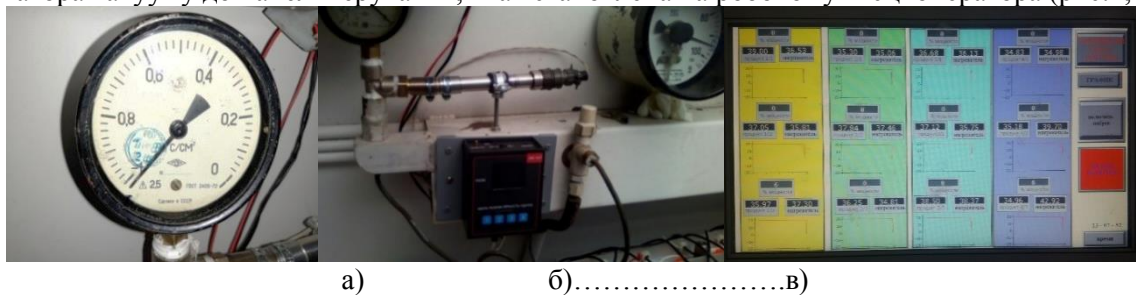


Рисунок 1—Прилади для визначення рівня вакууму в термобарокамері TBV 8000-1V

Розроблене програмне забезпечення дало змогу оператору контролювати зміну рівня вакууму в камері одночасно за показами мембранного манометру TGL і індикатора вакууму ІВ-1КП. На практиці, покази вакууму на індикаторі виявилися більш інформативними для оператора, ніж покази за манометром, що впливає на оптимізацію процесу сублімації. На підставі цих показів у часі оператор контролює якість роботи десубліматора (швидкість процесу поглинання молекул води із камери в процесі випаровування вологи із харчового продукту). Це пояснюється тим, що прилади використовують різні за фізичними властивостями перетворювачі (чутливі елементи). В манометрі TGL в якості перетворювача застосовують металеву трубку Бурдона. А в індикаторі ІВ-1КП застосовано конвекційний (тепловий) терморезисторний перетворювач (лампа ПМТ-6-3), основним елементом якого є нагрітий пропусканням струму провідник (нагрівач), по зміні температури якого (або зі зміни електричної потужності, що витрачається для підтримання постійної температури, або використовується температурна залежність електричного опору нагрівача) судять про тиск. Завдяки цієї фізичної властивості зміни електричного опору нагрівача перетворювача, індикатор вакууму є більш чутливим до зміни вологості (кількості молекул води у просторі) повітря в камері, ніж трубка Бурдона.

Для підтримування температури сублімації оператор отримує інформацію з індикатора вакууму ІВ-1КП і використовує її для оптимізації роботи ліофілізатора та підтримки високої швидкості масопереносу, при цьому отримувати сублімований продукт високої якості.

Висновок: Головний напрям оптимізації процесу сублімації автори вбачають в удосконаленні метрологічного забезпечення ліофілізатора. Встановлення електронного індикатора вакууму ІВ-1КП дає змогу підтримання оптимальних режимів для протікання процесу сублімації.

Список літературних джерел

1. Шелудько Е.І. Структурно-технологічні засади модернізації харчової промисловості України. Ефективна економіка. 2010. № 11. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua> (дата звернення: 10.10.2019).

2. Любишко Д.С. Проблеми впровадження систем управління безпекою харчових продуктів. Формування механізмів управління якістю та підвищення конкурентоспроможності підприємств: тези доп. VII Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. студентів, аспірантів та молодих вчених, 25 березня 2016р. Дніпропетровськ : Університет ім. А. Нобеля, 2016. С.280.

3. Перетяка Н. О. Вдосконалення методу виміру биття корпусу редуктора відносно осі колісної пари. Технічне регулювання, метрологія та інформаційні технології : тези доп. VII Міжнар. наук. - практ. конф., 10-11 жовтня 2017 р. Одеса : ОДАТРА, 2017. С. 98-99.

УДК 621.372.6

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ РІВНЯ РІДИНИ

Ключові слова: чутливий елемент, ємність, частотний перетворювач, рівень рідини

Вимірювання рівня рідини є актуальним питанням контролю стану середовища. Вибір приладу вимірювання рівня рідини залежить перш за все від її властивостей, умов зберігання та параметрів навколишнього середовища. У системах вимірювання рівня рідини високої точності можна досягнути, використовуючи перетворювачі на основі транзисторних структур з від'ємним опором з вихідним частотним сигналом. Такі перетворювачі характеризуються високою завадостійкістю, простотою та значною точністю перетворення в цифровий код, а також зручністю комутацій в багатоканальних вимірювальних системах [1].

Проаналізувавши методи побудови вимірювальних перетворювачів, було прийнято рішення про вибір ємнісного вимірювального перетворювача, на основі якого побудована структурна схема всього пристрою. Суть методу полягає в перетворенні вимірюваної ємності в електричний сигнал, в якому конденсатор розглядається як пасивний двухполюсник [2]. Оскільки для будь-якого конденсатора, яким в даному випадку є електроди датчика, справедливо рівність:

$$i = C_x \cdot \frac{dU}{dt}$$

При $\frac{dU}{dt} = const$ виходить досить просте лінійне співвідношення $i = k \cdot C_x$. Постійну швидкість наростання має, як відомо, пилкоподібний або трикутний сигнал, тобто при подачі на вимірювану ємність трикутного напруги струм в ланцюзі, а отже, і напруга на навантаженні R_n , буде постійним і пропорційним величині C_x [3]:

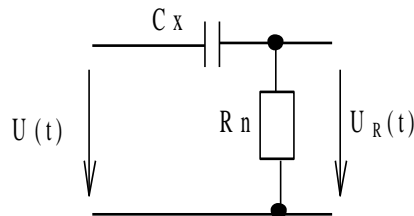


Рис.1 Спрощена схема диференціатора

Тоді робота схеми описується наступним виразом (для лінійно зростаючої вхідної напруги):

$$U_R = \left[\Delta U \cdot \frac{R_n \cdot C_x}{T_1} \right] \cdot \left[1 - e^{-\frac{t}{R_n \cdot C_x}} \right] + U_{R \min}$$

де $\Delta U = U_{\max} - U_{\min}$; $U_{R \min} = \Delta U \cdot \frac{R_n \cdot C_x}{T_2}$.

Аналогічне співвідношення отримують і для лінійно спадаючої ділянки вхідної напруги. Якщо $R_n C_x \ll T$, то амплітуда прямокутного напруги пропорційна величині ємності C_x (T - період трикутного напруги).

Далі приставлено структурну схему пристрою, що реалізує представлений метод вимірювання ємності.

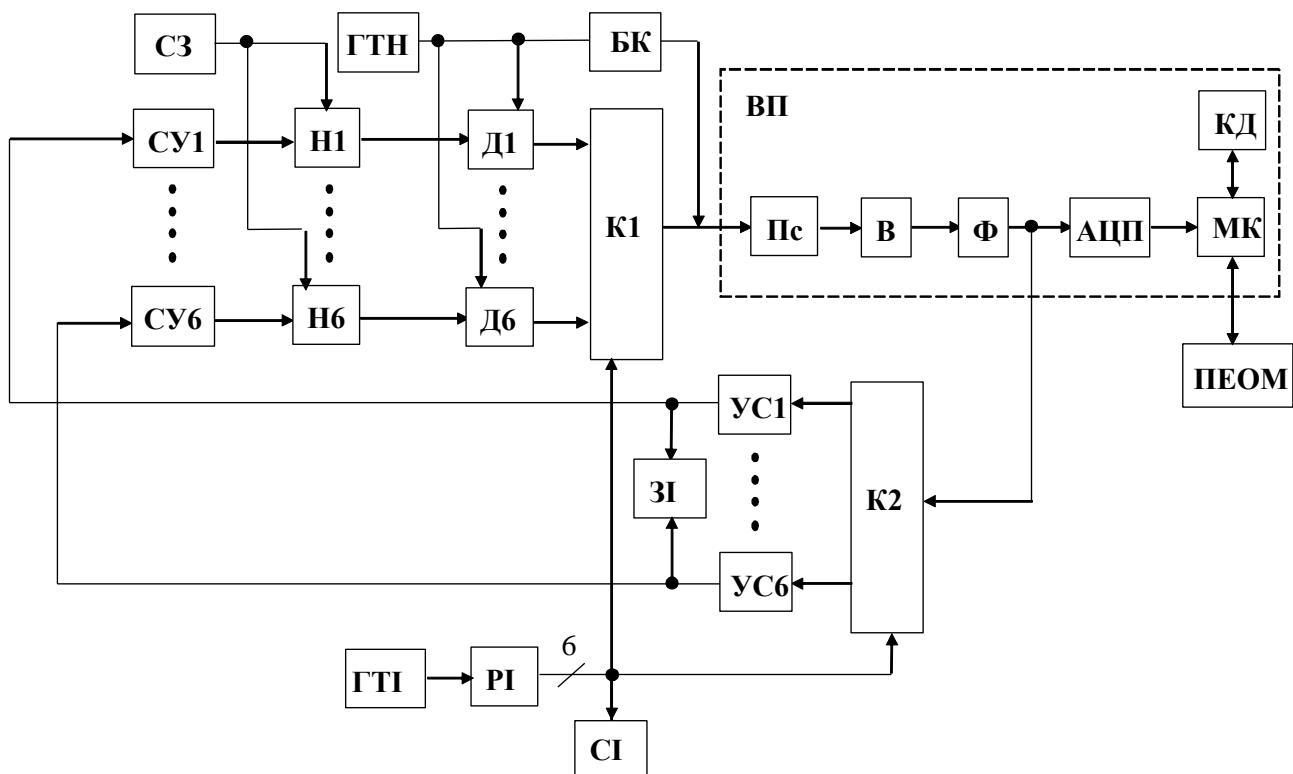


Рис.2 Структурна схема автоматизованої системи контролю рівня рідини

Список літературних джерел

1. Осадчук В. С. Напівпровідникові прилади з від'ємним опором / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 162 с.
2. Калинов, Геннадий Алексеевич. Автоматизированные системы контроля параметров жидкости в наблюдательных скважинах и резервуарах. 2010.- 158 с.
3. Хансуваров К.И., Цейтлин В.Г. Техника измерения давления, расхода, количества и уровня жидкости, газа и пара. - М.: Изд. станд., 1990.

В.М. Войцицький, магістрант

ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ СУШІННЯ МОЛОКА

Ключові слова: молоко, молочні продукти, сушіння, технічні засоби, технології, переробка сировини, показники якості

Молоко і молочні продукти займають важливе місце в харчуванні людей. Вони забезпечують організм оптимально збалансованими і легкозасвоюваними білками, жирами, вуглеводами і мінеральними речовинами. Відповідно до рекомендацій інституту харчування Академії медичних наук, щоденне споживання молочних продуктів повинно складати 30 % загальної кількості раціону. Проте, існуючі на сьогоднішній день технології виробництва молочних продуктів ще не в достатній мірі забезпечують потребу молока і вторинної сировини. Тому увага спеціалістів молочної промисловості спрямована на максимально повну переробку сировини, створення і широке використання в промисловості відповідних технологічних процесів, які б зберігали сировинні, матеріальні та енергоресурси.

Сушіння – один із найбільш енергоємних процесів. Якщо при згущенні молока витрачається 0,1 + 0,4 кг пари на 1 кг випареної вологи, то, зокрема, в розпилювальній сушарці з цією метою використовується 3,0 - 3,8 кг пари, тому спроба використовувати сушильні установки зваженого шару, для сушки молочних продуктів, дала позитивні результати. Перевагою, установок вихрового шару перед останніми, є вживання великих швидкостей повітря, що особливо важливе при сушці в'язких продуктів. Апарати зваженого шару, використовувані в молочної промисловості, призначені для досушки молока після розпилювальних сушарок.

Але недоліком таких апаратів, при сушці білкових продуктів, є те, що в процесі сушки відбувається налипання продукту і тим інтенсивніше, чим вище температура теплоносія. Як правило, такі апарати експлуатують при температурі повітря не більше 130. У зв'язку, з чим їх продуктивність і ККД дуже низькі. В даний час експлуатуються апарати киплячого шару типу: “ВС-КПП-150”, “ВС-КПП-300”, “КС-50”. За останні роки створені сушильні установки типів: “СГ-500”, “Я2-ОПЕ”, “Я2-ОПЖ”. Сушарка “СГ-500” призначена для сушки і гранулювання знежиреного молока, що згущує. Вона відрізняється неможливістю здобуття сухого молока харчового призначення, що відповідає вимогам стандартів, що діють, по структурі і розчинності, збільшення початкової температури теплоносія, отже, установка має низький ККД і невисоку продуктивність.

До того ж псевдозріджений шар має суттєві переваги перед нерухомим шаром. Вони полягають у наступному [1 – 3]: вирівнювання температури частинок заоб'ємом; інтенсивне перемішування частинок; невеликий гідравлічний опір; текучість шару дозволяє утворювати апарати непереривної дії, зростання поверхні тепло- і масовіддачі внаслідок використання частинок малого діаметра; простота улаштування апаратів і можливість їх механізації й автоматизації; під час сушіння вологих матеріалів досягається значна питома продуктивність камери за упареною вологою, яка в десятки разів перевищує камерні та розпилювальні сушарки.

В доповіді наводяться результати дослідження процесу сушіння молока в сушарках з псевдозрідженим шаром інертного носія. В якості інертного носія використовувались частинки фторопластової крихти. Найкращі показники якості та економічності енергетичних витрат досягнуті при сушінні молока жирністю 0,5% з упаренням частки вологи перед сушінням. Одержано рівняння розрахунку швидкостей стійкого фонтанування.

Список літературних джерел

1. Псевдооживление / Под ред. В. Г. Айнштейна, А. П. Баскакова. – М. : Химия, 1991. – 400 с. – ISBN 5-7245-0677-7
2. Техника и технологии псевдооживления: процессы термообработки и вулканизации / С. И. Дворецкий, В. Н. Королев, С. А. Нагорнов, В. П. Таров. М. : «Издательство Машиностроение-1», 2006. – 232 с.
3. Процеси та апарати харчових виробництв [Текст] / За ред. І. Ф. Малежик. – К. : НУХТ, 2003. – 400 с.

Т.В. Король, магістрант

ПРИЛАД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ КУТА НАХИЛУ ОБ'ЄКТА

Ключові слова: вимірювання кутів, розробка, акселерометр, калібрування, похибка, кут нахилу

Вимірювання кутів нахилу об'єктів завжди було актуальною практичною задачею в багатьох областях науки і техніки: в астрономії, навігації, в будівництві, гірництві, кораблебудуванні тощо. Тому методи і засоби кутометрії завдяки їх високим метрологічним показникам, займають відоме місце у загальній практиці вимірювань. Кути нахилу людство вимірювало понад тисячу років. Одним із самих елементарних пристроїв для цього можна вважати підвіс, тобто грузик, прив'язаний до нитки. За допомогою такого пристрою будувалися будинки ще тисячі років тому.

Одним із основних напрямків науково-технічного прогресу є удосконалення існуючих та створення нових засобів вимірювання: приладів та систем, які сьогодні, як правило, є комп'ютеризованими. Тому задачею даної дипломної роботи є розробка приладу для вимірювання кута нахилу об'єкта відносно площини землі на основі ємнісного акселерометра. Така задача визначення положення об'єкта відносно площини горизонту є актуальною для багатьох технічних процесів.

Новизною даної роботи є розробка приладу, особливістю якого є простота реалізації функціональних вузлів, малі маса і габарити, і виконаний на сучасній елементній базі. Особливими характеристиками даного пристрою є:

- вимірювання кута нахилу об'єкта в діапазоні $\pm 90^\circ$;
- точність вимірювання $0,5^\circ$;
- постійна часу вимірювання 1 с;
- робочий діапазон температур $-20\dots+70^\circ\text{C}$.

Область застосування даного розроблюваного приладу: виробничі та лабораторні установки різних областей промисловості; системи підтримки стійкості промислових установок, таких як, наприклад: підйомні крани, вантажопідйомники, робочі платформи; системи стабілізації стану різного промислового устаткування; інших галузях де є потреба у вимірюванні кутів нахилу об'єкту відносно горизонтальної площини, а також для довготривалої роботи в системах автоматичного контролю та дистанційного спостереження.

Список літературних джерел:

1. Кутові виміри. Принципи виміру кутів. Теодоліти. ...
2. Способ определения угла наклона плоскости. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.findpatent.ru/patent/257/2577804.html>

М.І. Каращенко, магістрант

ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КАНАЛ МІКРОПЕРЕМІЩЕННЯ З ЄМНІСНИМ ПЕРВИННИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ

Ключові слова: метрологічні характеристики, вимірювальний канал, мікропереміщення, ємнісний перетворювач, первинний вимірювальний перетворювач, похибка, вимірювання

Прилади, що використовуються в дилатометрії – мають різні принципи дії [1, 2]. У оптико-механічних дилатометрах (ціна поділки: 10^{-6} - 10^{-7} см) зміна розмірів тіла призводить до повороту дзеркала; лінійне розширення вимірюється по зміщенню «світлового зайчика», відбитого від дзеркала. У ємнісних дилатометрах (ціна поділки: 10^{-9} см) зміна розмірів зразка змінює ємність електричного конденсатора, який є первинним вимірювальним перетворювачем. В індукційних дилатометрах (ціна поділки: 10^{-9} см) при зміні розмірів зразка змінюється взаємне розташування двох котушок індуктивності і, отже, їх взаємна індуктивність. В інтерференційних дилатометрах (ціна поділки: 10^{-9} см) досліджуваний зразок поміщений між дзеркалами інтерферометра; при зміні відстані між ними інтерференційні смуги зсуваються.

Проте, більшість методів вимірювання мікропереміщень, які забезпечують високу точність вимірювання пов'язані із визначеною складністю при застосуванні. Наприклад, інтерференційний дилатометр має в своєму складі складну систему дзеркал, яка потребує періодичного налаштування, а це складний та трудомісткий процес.

Тому, більш перспективними для використання є методи побудовані на простих та надійних принципах вимірювання з мінімальною кількістю проміжних перетворень вимірювальної інформації. До таких можна віднести метод побудований на принципі перетворення мікропереміщення в електричну ємність. Структурна схема вимірювального каналу мікропереміщення з використанням ємнісного первинного вимірювального перетворювача наведена на рис. 1.

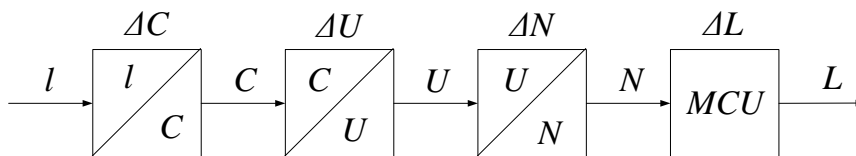


Рисунок 1.1 – Структурна схема каналу вимірювання мікропереміщень

Функція перетворення такого каналу запишеться у вигляді:

$$N(l) = \frac{2^{10} \cdot (U_0) \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{c_0}}{U_0} \quad (1.1)$$

Розклад функції перетворення в ряд Тейлора дозволив отримати аналітичні залежності для оцінки адитивної та мультиплікативної складових похибки вимірювання [3] та визначити можливі шляхи усунення зазначених складових з результату вимірювання. Значення основної похибки вимірювання з урахуванням похибки аналого-цифрового перетворення та похибки обчислень не перевищило 1%, що дозволяє зробити висновки про те, що запропонований вимірювальний канал з ємнісним первинним вимірювальним перетворювачем доцільно використовувати в дилатометричних дослідженнях для збільшення надійності дилатометрів в цілому.

Список літературних джерел

3. Аматуни, А. Н. Методы и приборы для определения температурных коэффициентов линейного расширения материалов [Текст]. – Москва : Изд-во. стандартов, 1972. – 140 с.
4. Новикова, С. И. Тепловое расширение твёрдых тел [Текст]. – М. : Наука, 1974. – 293 с.
5. Кухарчук, В.В. Метрологія та вимірювальна техніка : Навч. посіб. для студ. електротехн. спец. вищ. навч. закл. [Текст]/ В. В. Кухарчук, В. Ю. Кучерук, В. П. Долгополов, Л. В. Грумінська; Вінниц. нац. техн. ун-т. - Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. – 252 с.

**В.Ю. Кучерук, д.т.н., проф.; В.С. Маньковська, к.т.н., доц.;
О.О. Данілов, магістр; Т.В. Бойко, магістр**

ІНДУКТИВНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ НА ОСНОВІ ГЕНЕРАТОРА ДЕТЕРМІНОВАНО-ХАОТИЧНИХ КОЛИВАНЬ

Ключові слова: індуктивний вимірювальний перетворювач, генератор детерміновано-хаотичних коливань, чутливість

У вимірювальній техніці досить часто виникає питання підвищення чутливості засобів вимірювань до малої зміни вимірювального параметра. Зовсім недослідженою областю є застосування властивостей хаотичних систем у вимірювальній техніці.

Використання генератора детерміновано-хаотичних коливань (ГДХК) як вимірювального перетворювача для отримання вимірювальної інформації дозволяє суттєво підвищити чутливість засобу вимірювання, так як в нелінійних хаотичних системах найбільш сильна залежність процесу від параметрів системи виникає саме в режимі хаотичних коливань [1].

Структурна схема індуктивного перетворювача, яка складається з послідовно з'єднаних генератора синусоїдальної напруги, опору, діоду, первинного індуктивного вимірювального перетворювача та синхронного детектора наведена на рис. 1.

Вимірювальний перетворювач, в основі якого лежить RL-діодний генератор детерміновано-хаотичних коливань, є коливальною системою зі складною динамікою [2].

RL-діодний генератор детерміновано-хаотичних коливань збуджується синусоїдальною напругою, формуючи на своєму виході хаотичні електромагнітні коливання, флуктуації яких залежать від параметрів схеми.

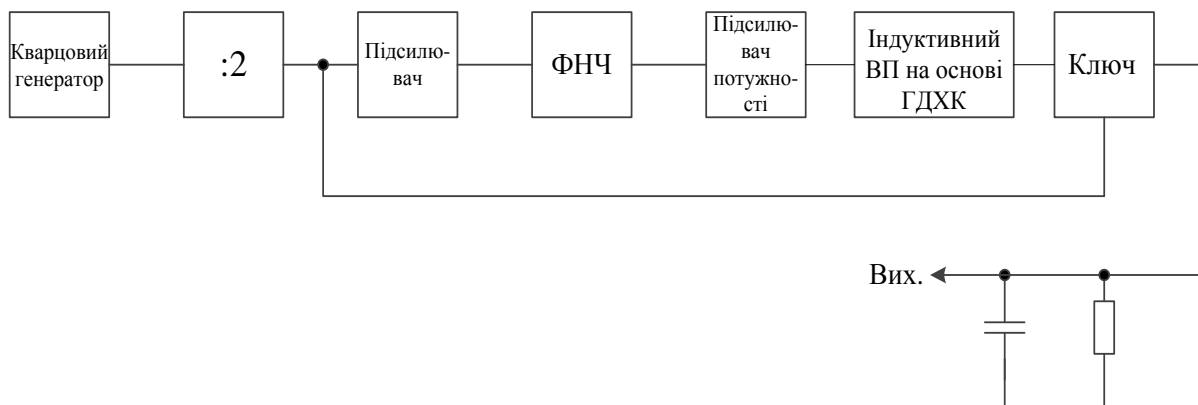


Рисунок 1 – Структурна схема індуктивного перетворювача на основі генератора детерміновано-хаотичних коливань

Схема включає в себе всього три лінійні елементи (резистор R_1 , індуктивність L_1 , ємність C_1) і один нелінійний елемент (діод D_1). При виборі величин елементів схеми перетворювача на основі RL-діодного генератора детерміновано-хаотичних коливань необхідно враховувати не тільки можливість попадання в зону хаосу, але також сусідство з іншими коливальними режимами. Схема RL-діодного генератора детерміновано-хаотичних коливань наведена на рис. 2.

Для реалізації перетворення індуктивності в постійну напругу вихідний сигнал RL-діодного генератора детерміновано-хаотичних коливань подається на синхронний детектор з виходу якого отримується вихідний вимірювальний сигнал, що є залежним від зміни індуктивності [3].

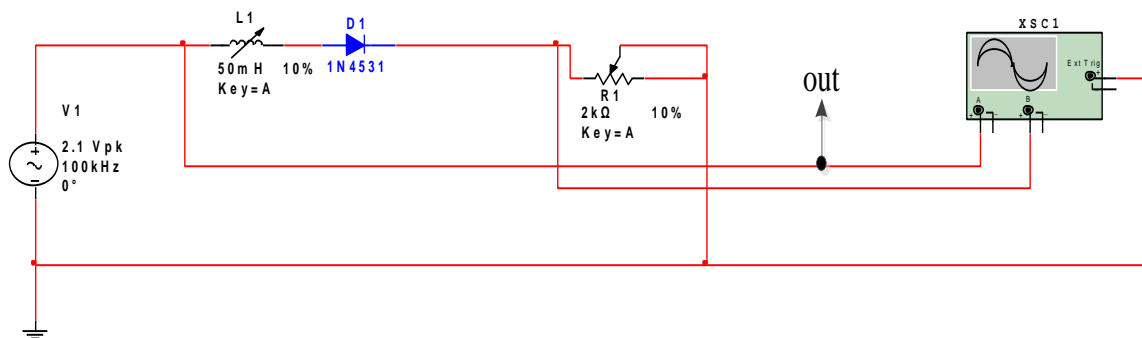


Рисунок 2 – Вимірювальна схема RL-діодного генератора детерміновано-хаотичних коливань

На рис. 3 наведено залежності вихідної напруги від індуктивності.

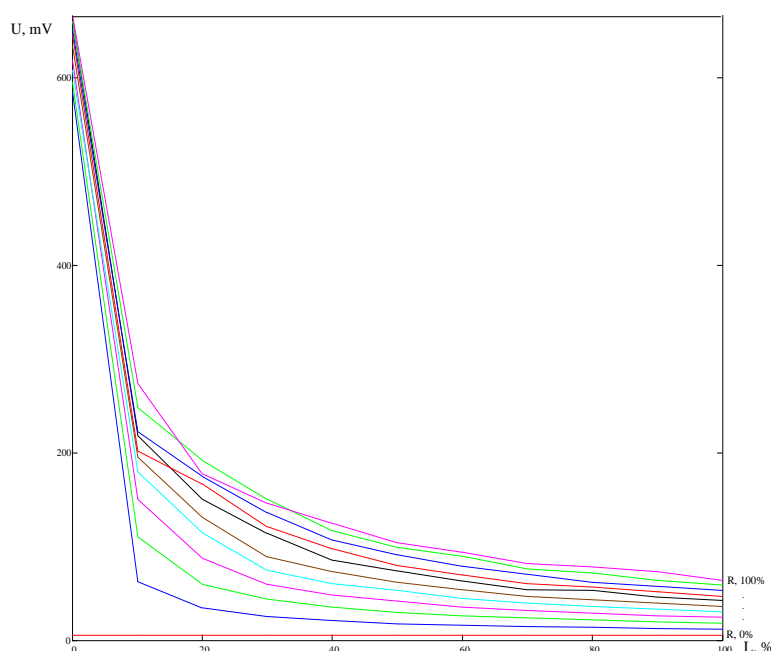


Рисунок 3 – Залежності вихідної напруги від індуктивності

Виконавши експериментальні дослідження було встановлено, що максимальна чутливість даного вимірювального перетворювача спостерігається в діапазоні від 2,5 до 12,5 мГн.

Список літературних джерел:

1. V. Kucheruk, Z. L. Warsza, V. Sevastyanow, W. Mankowska Generator oscylacji chaotycznych o układzie RL-diody jako przetwornik rezystancja-napięcie. PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, ISSN 0033-2097, R. 89 NR 10/2013.
2. Kucheruk V.Y. Research of the «determined chaos» phenomenon in the RL-diode electric circuit of sinusoidal current/ Katsyv S.Sh., Mykhalko M.V., Kucheruk V.Y., Mankovska V.S. // Proceeding the Sixth World Congress “Aviation in the XXI-st Century”, volume 1, September 23-25, Kyiv, 2014, p. 1.10.20-1.10.24
3. Volodymyr Kucheruk Resistance-temperature detector based on the RL-diode generator of deterministic-chaotic oscillations/ Volodymyr Kucheruk, Pavlo Kulakov, Viktoriya Mankovska, Julia Moskvichova// Proc. SPIE 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018, 108086H (1 October 2018); doi: 10.1117/12.2501664

ПОЛКРИСТАЛІЧНИЙ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ У ЕЛЕКТРИЧНУ З ПОКРАЩЕНИМ КОЕФІЦІЄНТОМ ПЕРЕТВОРЕННЯ СВІТЛА

Основна частина. Для ефективної роботи сонячних елементів необхідне дотримання ряду умов:

- оптичний коефіцієнт поглинання активного шару напівпровідника повинен бути достатньо великим, щоб забезпечити поглинання значної частини енергії сонячного світла в межах товщини шару;
- сонячний елемент повинен володіти значною висотою бар'єру в напівпровідниковому переході;
- повний опір, включений послідовно з сонячним елементом (виключаючи опір навантаження), повинен бути малим для того, щоб зменшити втрати потужності (тепло Джоуля) в процесі роботи;
- структура тонкої плівки повинна бути однорідною по всій активній області сонячного елемента, щоб виключити закорочування і вплив шунтуючих опорів на характеристики елемента.

Також одним із недоліків є оптичні втрати фотоелектричних перетворювачів. Причинами оптичних втрат в сонячних елементах є відбиття частини сонячного випромінювання від поверхні ФЕП і затінення із контактною сіткою. Зниження коефіцієнта відбиття R досягається нанесенням на поверхню ФЕП просвітлюючих покриттів у вигляді тонких плівок, що забезпечують інтерференцію і взаємне гасіння світлових хвиль, відбитих від поверхні плівки і від кордону плівка-напівпровідник. Інтегральний коефіцієнт відбиття, таким чином, може бути зменшений від $R \approx 35\%$ для непросвітленої поверхні до $R \approx 10\%$ при використанні одношарових просвітлюючих покриттів. Створення текстурованої фронтальної поверхні, освіченою, наприклад, регулярно розташованими пірамідами, забезпечує зниження коефіцієнта відбиття до $\sim 20\%$ для непросвітленої поверхні і до декількох відсотків при використанні одношарових покриттів.

Для гладкої поверхні ФЕП (непросвітленої або просвітленої) коефіцієнт відбиття майже не змінюється при збільшенні кута падіння світлових променів до $30-40^\circ$, проте потім швидко збільшується, прагнучи до одиниці при кутах падіння, близьких до 90° . При використанні концентраторів випромінювання, що створюють в фокальній площині зображення Сонця (лінзи, сферичні дзеркала), кути падіння променів, як правило, не перевершують $30-40^\circ$. Однак при використанні деяких типів концентраторів (фокони, фокліни) кут падіння частини променів може досягати значень, близьких до 90° . Текстуровання як поверхні напівпровідника, так і поверхні захисного скла дозволяє значно знизити кутову залежність коефіцієнта відбиття і, отже, зменшити інтегральний коефіцієнт відбиття концентрованого сонячного випромінювання.

Другу частину оптичних втрат в ФЕП становлять втрати на затінення світлочутливої поверхні електричним контактом до освітлюваної області р-n-переходу. Для зниження омичних втрат контакт зазвичай виконується у вигляді металевої сітки з кроком від декількох міліметрів (для перетворення слабкоконцентрованого випромінювання) до $0.1-0.3$ мм (для перетворення сильноконцентрованого випромінювання). При цьому втрати на затінення можуть становити від декількох відсотків до $10-20\%$.

У конструкції ФЕП, зображеного на рис. 1, для зниження втрат на відбиття світла від контактів сонячний елемент виконаний з гофрованої фронтальної поверхні при глибині рельєфу 5 мкм . Контактні смуги мають ширину, порівнянну з глибиною рельєфу, що при розташуванні контактних смуг під кутом до напрямку гофрування забезпечує попадання частини світла в фотоактивних (вільну від контактів) область структури після відбиття цього світла від контактних смуг. Сонячні фотоелементи даного типу виготовлялися на основі структури p+-p-p+-типу. В якості вихідного матеріалу використовувався легований бором кремній з низьким питомим опором ($0.1-0.2$ Ом·см) і високим часом життя неосновних носіїв струму.

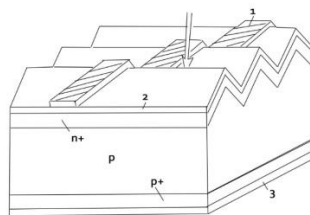


Рис. 1 — Схематичне зображення p+-p-p+-кремнієвого ФЕП з гофрованою фронтальною поверхнею:1 - контактна смуга на рельєфній поверхні;2 - «покриття, що просвітлює»;3 - тильний контакт

Для зниження втрат розглянутого типу були розроблені спеціальні конструкції перетворювачів концентрованого сонячного випромінювання. У ФЕП, показаному на рис. 2, контакти обох полярностей виведені на тильну поверхню.

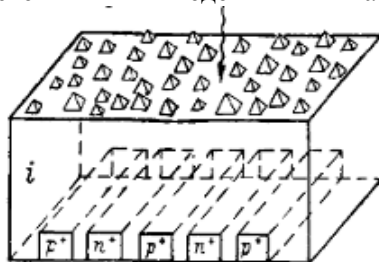


Рис. 2 — Схематичне зображення конструкцій ФЕП

В іншому варіанті (рис. 2) поверхня ФЕП виконана рельєфною і контактні смужки розташовуються на площинах, паралельних ходу світлових променів, що значно знижує коефіцієнт затінення контактами.

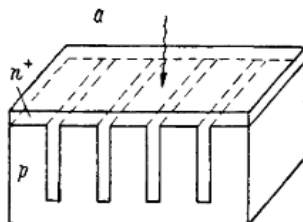


Рис. 2 — Схематичне зображення конструкцій ФЕП з вертикальними p-n -переходами

У варіанті на рис. 1 контакти на рельєфній поверхні розташовуються таким чином, щоб відбиті від них промені потрапляли на фотоактивних поверхню ФЕП.

Враховуючи те, що для ефективної роботи ФЕП температура елементів повинна дорівнювати $+25^{\circ}\text{C}$, то для покращення характеристик даного перетворювача можна використати елемент Пельтьє.

Елемент Пельтьє — це термоелектричний перетворювач, принцип дії якого базується на ефекті Пельтьє — виникненні різниці температур при протіканні електричного струму. Він буде підтримувати оптимальну температуру сонячного ВП, а відповідно, оптимальна температура сприятиме покращенню характеристик ВП.

Перевагою елемента Пельтьє є невеликі розміри, відсутність будь-яких рухомих частин, а також газів і рідин. При зверненні напрямку струму можливо як охолодження, так і нагрівання — це дає можливість термостатування при температурі навколишнього середовища як вище, так і нижче температури термостатування.

Список літературних джерел:

1. Фаренбрух, А. Солнечные элементы: теория и эксперимент / А. Фаренбрух, Р. Бьюб;. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 280 с.

ЗАСІБ КОНТРОЛЮ ТА ГЕНЕРАЦІЇ ОЗОНУ У РЕГУЛЬОВАНИХ ГАЗОВИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Основна частина. ДіпроНДІсільпромом і Укрдіпроторгом розроблено кілька типових та індивідуальних плодосховищ із РГС, у яких використовується установка УРГС-2Б: № 813-3-1 на 500 т (100 % у РГС), № 813-2-2 на 1000 т (100 % у РГС), № 813-3-3 на 3000 т (20 % у РГС), № 813-4-4 на 1000 т (20 % у РГС). Одна установка УРГС-2Б забезпечує зберігання 1000 т плодів. Для роботи цієї установки потрібно 6,7—13,4 м³/год природного або 2,4—4,8 м³/год зрідженого газу. Найбільше витрачається газу на початку зберігання, коли створюється газовий режим. В Інституті газу НАН України розроблено і перевірено у промислових умовах другий тип — рециркуляційний генератор газового середовища РГГС-400, призначений для створення та підтримання потрібних концентрацій CO₂, O₂ і N₂ у плодосховищах. За цією технологією газова суміш із камери забирається, і з неї кисень поглинається шляхом хімічного зв'язування з вуглеводневим паливом у каталітичних реакторах. Таке обладнання працює за замкненою схемою «камера-генератор-камера», і його відносять до генераторів рециркуляційного типу (рис. 1). Герметичним вентилятором 8 повітря з герметичної холодильної камери подається трубопроводом 7 в генератор 1, де воно змішується з пропаном і надходить до каталітичного реактора, в якому пропан окислюється киснем циркулюючого повітря. Після реактора продукти каталізу охолоджуються, звільняються від надлишку CO₂ і вологи і трубопроводом 2 подаються в камеру. Концентрації O₂, CO₂ і N₂ у циркулюючому газовому середовищі змінні за часом. Робота обладнання проводиться до формування у камері технологічних значень концентрацій O₂ і CO₂. Температура в камері підтримується за допомогою повітроохолоджувача 4 і регулятора температури 5, а тиск в ній вирівнюється гідросифоном 6.

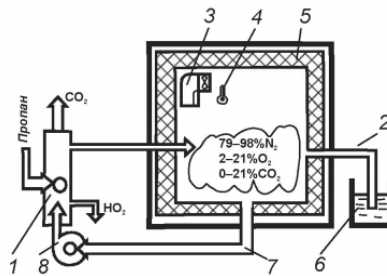


Рисунок 1— Принципова схема регулювання складу газового середовища в холодильнику генератором рециркуляційного типу

На рис. 1 наведено наступні позначення: 1 — генератор; 2 — трубопровід; 3 — герметична холодильна камера; 4 — повітроохолоджувач; 5 — регулятор температури; 6 — гідросифон; 7 — трубопровід; 8 — герметичний вентилятор.

У камерах із зовнішньою генерацією можливе часткове завантаження і розвантаження плодів у процесі зберігання, що неможливе в камерах із внутрішньою генерацією. Зовнішня генерація дає змогу автоматизувати процес підтримання концентрації кисню у заданих межах. Крім того, не вимагається дуже високий ступінь герметизації огорожувальних конструкцій камер, що дає можливість простіше пристосувати звичайні камери діючих холодильників під газове зберігання. Тому зберігання продукції в камерах із зовнішньою генерацією перспективніше, особливо для плодів і овочів із невеликим строком зберігання, протягом якого вони не встигають створити необхідне газове середовище за рахунок дихання. Отже, холодильні камери з РГС, на відміну від традиційних, повинні бути герметизовані й додатково забезпечені спеціальним обладнанням для створення і підтримання технологічного складу газових сумішей, а також приладами і системами контролю та реєстрації концентрації O₂ і CO₂ всередині камер.

До недоліків розглянутих вище камер з РГС можна віднести відсутність контрольно виміральної апаратури, зокрема сенсорів кисню, діоксиду вуглецю, температури і вологості.

Список літературних джерел:

1. Горелик Д.О., Конопелько Л.А. Мониторинг загрязнения атмосферы и источников выбросов / Д.О. Горелик, Л.А. Конопелько. – М.; из-во Стандартов, 1992. – 432 с. УДК 669.11

І.А. Дудатьєв, к.т.н.; М. Кузнецов, магістрант
ПЕРЕТВОРЮВАЧ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ВІТРОВОГО ПОТОКУ У
ЕЛЕКТРИЧНУ З ПОКРАЩЕНИМ КОЕФІЦІЄНТОМ БЕЦА

Основна частина. Схема роботи вітрогенераторних системи зі споживачем. На рисунок 1 показана схема електропостачання споживача від вітрогенератора (з акумуляторами) і його комутація з мережею.

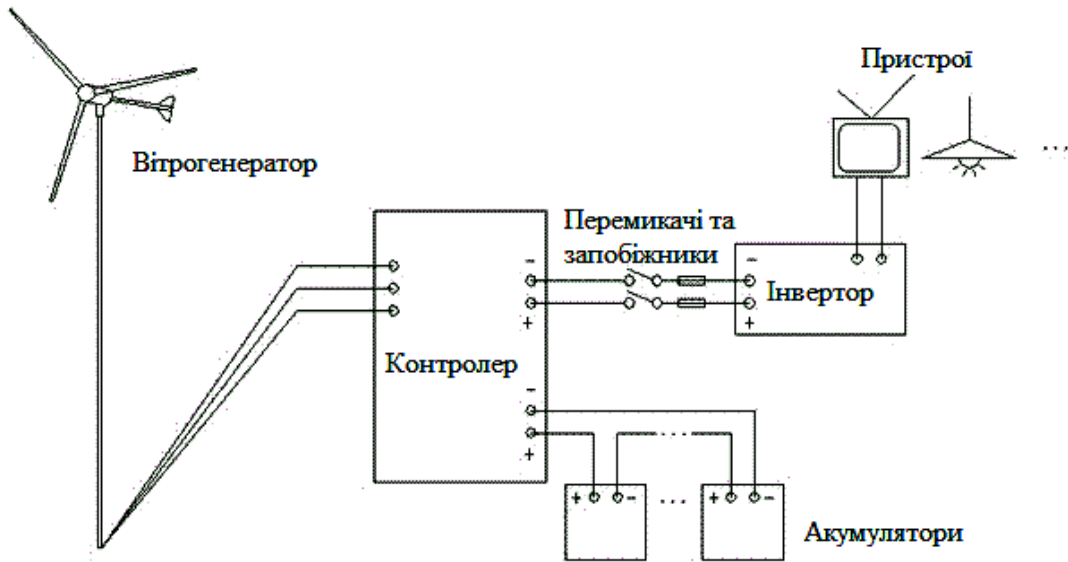


Рисунок 1 – Вітрогенератор (з акумуляторами) і його комутація з мережею

Система, що представлена на рисунку 1., складається з таких основних вузлів та приладів:

1. Генератор
2. Контролер
3. Акумулятори
4. Комутаційний апарат
5. Запобіжники
6. Інвертор
7. АВР

Дана схема передбачає безперебійне постачання споживача електроенергією при перебоях в централізованій системі електропостачання. При відключенні основного джерела живлення, тобто централізованої електромережі, АВР виробляє перемикування з основного джерела живлення на резервний.

Резервним джерелом живлення є альтернативне джерело енергії – ВЕУ, яка перетворює енергію вітру в електроенергію. Отримана енергія через контролер надходить на заряд АКБ. З АКБ напруга надходить на інвертор, який в свою чергу перетворює постійну напругу 12В в змінну 220В з частотою 50 Гц, тим самим забезпечуючи споживача електроенергією.

Додатково схема складається з вітряка, основним вузлом якого є вітроколесо. Конструкційна схема 3-лопостного вітроколеса представлена на рис 2., де L – довжина лопаті, R – радіус кола, D – площа вітроколеса.

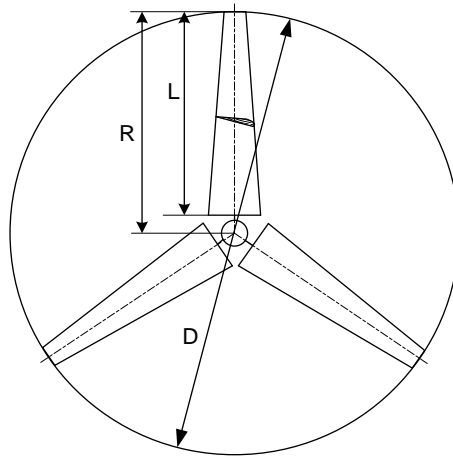


Рисунок 2 – Схема вітроколеса

Вітроколеса бувають одна лопатеві, двох лопатеві, трьох лопатеві і багатолопатеві.

Механічна характеристика вітротурбіни – це залежність величини крутного моменту вітротурбіни до функції швидкохідності вітротурбіни Z , яка визначається як відношення величини окружної швидкості кінця лопаті радіусом R до діючого значенням швидкості вітру V

$$Z = \frac{\omega \cdot R}{V}. \quad (1)$$

Вихідними даними для побудови механічної характеристики вітротурбіни є залежність коефіцієнта потужності C_p від швидкохідності Z : [$C_p = f(Z)$] (рис. 3).

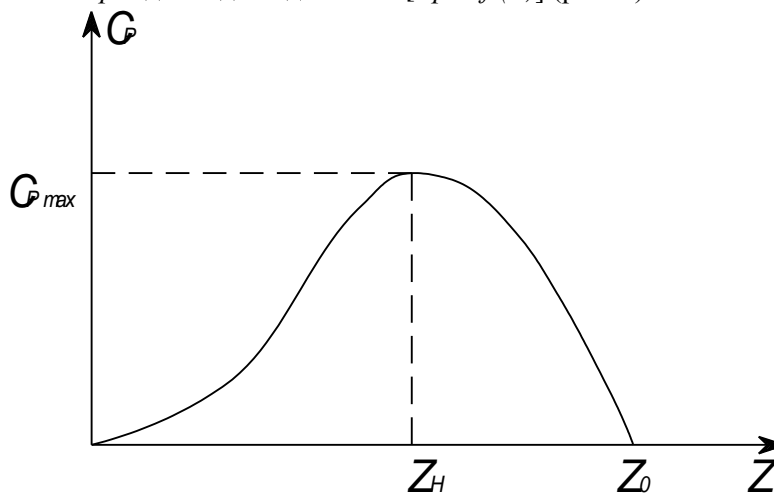


Рисунок 3 – Залежність $C_p = f(Z)$

Механічна характеристика вітротурбіни, що показана на рис. 1.4, дозволяє визначити наступні параметри:

- $M_{пуск}$ - значення пускового моменту при кутовий швидкості $\omega = 0$;
- M_{max} - максимальний момент вітротурбіни при заданій швидкості вітрового потоку;
- C_{max} - відповідає режиму максимальної ефективності вітротурбіни;
- ω_0 - швидкість холостого ходу вітротурбіни при відсутності моменту навантаження на валу вітротурбіни.

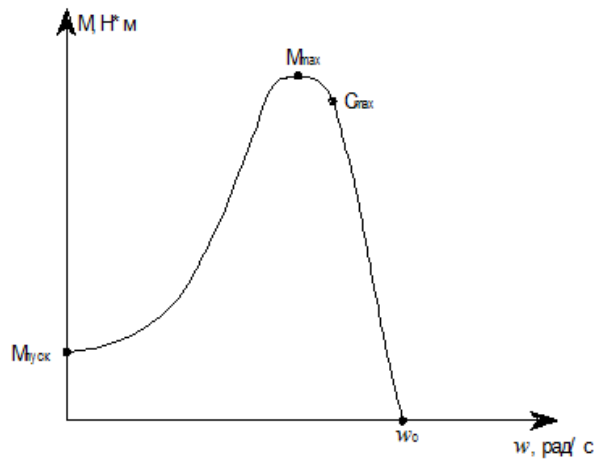


Рисунок 4 - Механічна характеристика вітротурбіни

Необхідно відзначити, що у більшості вітротурбін значення пускового моменту відмінно від нуля. Це означає, що при швидкості вітрового потоку вище номінальної, вітротурбіна не може самостійно почати працювати. Запустити в роботу ВЕУ можна тільки шляхом попереднього розгону.

Сімейство механічних характеристик вітротурбіни при постійній геометрії вітротурбіни описується виразом:

$$M_{BT} = \frac{1}{2 \cdot \omega} \cdot \rho \cdot V_B^3 \cdot A_{BT} \cdot C_P(Z_{BT}), \quad (2)$$

де ρ – щільність повітря, кг/м^3 ; V_B – швидкість вітрового потоку, м/с ; A_{BT} – ефективна площа, м^2 ; $C_P(Z_{BT})$ – коефіцієнт використання вітротурбіною енергії вітру (коефіцієнт потужності); $Z_{BT} = \omega_d \cdot R_{BT} / V_B$ – швидкохідність вітротурбіни.

При зміні швидкості вітрового потоку точки M_{max} і C_{max} утворюють лінії максимальних моментів і лінію оптимального відбору потужності вітротурбіни.

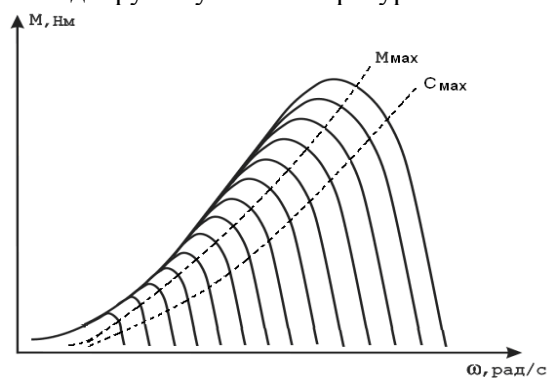


Рисунок 5 – Сімейство механічних характеристик вітротурбіни

Швидкохідність вітротурбін є найважливішим для їх характеристики параметром, що залежить від трьох основних змінних: радіуса захопленої вітротурбіною окружності, його кутовий швидкості обертання і швидкості вітру [1].

Список літературних джерел:

1. Кашкаров А.П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции. – М.: ДМК Пресс, 2011.

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ СИСТЕМОЮ АВТОМАТИЗОВАНОГО НАЛИВУ НАФТОПРОДУКТІВ НА НАФТОБАЗАХ

Ключові слова: система автоматизованого наливу, витратоміри, точність, контроль, похибка, вимірювальний канал

У зв'язку з розвитком ринкової економіки виникає необхідність удосконалення систем вимірювання та контролю параметрів відпуску нафтопродуктів на нафтобазах. Підвищення вимог до контролю вимірювання, вилучення людського фактору під час наливу та зменшення діапазону похибок на вузлах комерційного обліку викликають необхідність збільшення кількості параметрів контролю для підвищення точності вимірювання та обробки результатів вимірювання параметрів витрат нафтопродуктів.

Для дослідження було вибрано систему автоматизованого наливу на базі витратоміру Коріюліса. В основі принципу вимірювання витратоміру лежить ефект Коріюліса. Масовий витрата визначається шляхом вимірювання тимчасової затримки між сигналами детекторів, яка пропорційна масовій витраті. При відсутності потоку вимірюваної середовища згину трубки не відбувається, і вихідний сигнал відсутній. Резонансна частота трубки залежить від її геометрії, матеріалу, конструкції та маси. Маса складається з двох частин: маси самої трубки та маси вимірюваного середовища в трубці. Маса трубок постійна для даного витратоміру. Оскільки маса середовища в трубці визначається густиною середовища і внутрішнім діаметром трубки, а об'єм трубки є постійним для даного типорозміру витратоміру, то резонансна частота коливань трубки прив'язана до густини середовища і визначається шляхом виміру резонансної частоти вібрацій, періоду коливання трубки і температури [1]. Тому важливою умовою для точного вимірювання густини потоку, що встановлено у технічній документації, є тиск у трубопроводі.

При відсутності рівномірності робочого тиску вимірювального потоку рідини, виникають фактори, що впливають на точність вимірювання густини потоку, такі як: розрив вимірювального потоку нафтопродукту, турбулентність, поява двофазного потоку [2].

Тому, для досягнення встановленої точності вимірювання витратоміром Коріюліса на промислових вузлах, необхідно, створювати умови, в яких робочий тиск вимірюваного потоку є статично близький до тиску, що відповідає лабораторним умовам під час калібрування витратоміру Коріюліса. Отже, виникає необхідність контролю параметрів вимірювання робочого тиску у витратомірі та, відповідно, тиску потоку на вході та на виході витратоміру.

В роботі використано рівняння зміни тиску потоку рідини у витратомірі Коріюліса:

$$\Delta p_t = \frac{(\mu L/d)\rho w^2}{2}$$

де, Δp_t – зміна тиску у трубопроводі;

μ – коефіцієнт тертя;

L – довжина труби;

d – діаметр труби;

ρ – густина потоку;

w – швидкість потоку.

Список літературних джерел

1. Ельперін І.В. Автоматизація виробничих процесів: підручник. / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. // К.: Видавництво Ліра-К — 2015. — 129 с.
2. Кравченко В. Измерения расхода с помощью кориолисовых расходомеров в случае двухфазного потока. Применение кориолисовых расходомеров в свете выхода ГОСТ Р 8. 615-2005 [Текст] / В.Кравченко, М. Риккен // Законодательная и прикладная метрология - 2006. - N4- 37-44 с
3. Мердих М. И. Усовершенствование методов гидравлического расчета нефтепродуктопроводов / М. И. Мердих, Р. Ф. Гимер // Механика жидкости и газа. — М. : МИНХ и ГП, 1985.

Santos P.H.C.^{1,2}, Vassilenko V.^{1,2}, Moura P.C.¹, Conduto C.¹,
Fernandes J.M.^{1,2}, Bonifácio P.^{1,2}

INSTRUMENTATION FOR DIFFERENTIATION OF EXHALED AIR

1 Laboratory of Instrumentation, Biomedical Engineering and Radiation Physics (LIBPHYS), NOVA School of Science and Technology - NOVA University Lisbon

2 NMT, S.A., Parque Tecnológico de Cantanhede, Núcleo 04, Lote 3, 3060 - 197 Cantanhede, Portugal

Keywords: Exhaled Air, Selective Air Acquisition, Air Sampling/Monitoring, Breath Rhythm Imposition, Modelled Breath Algorithm, Average Time of Expiration, Machine Learning Algorithm, Medical Instrumentation, Prototyping.

Introduction

Modern technology breakthroughs have placed the analysis of exhaled air metabolites as a reliable, reproducible, non-invasive diagnostics and a prognostics tool that can be used in a wide variety of medical conditions to assess different vital organ functions. Over 1000 volatile organic compounds (VOCs) have been identified in human exhaled air, with most of these VOCs having exogenous origins (*e.g.* food, beverages, environment and/or microbial). [1, 2] The recourse to spectrometric analytical technologies and the use of proper data analysis techniques, including multivariate statistical methods, have proven to be suitable to both, biomarker discovery and full spectral profiling for the research of the, yet unknown, full breath metabolome. [3]

Regardless of the recent and quick development of breathomics, no robust and repeatable VOCs' profile technologies has been clinically validated. The major challenge for the validation of breath sampling technologies is centred around the lack of standardized procedures to accurately collect extremely low concentrations of source-dependent exhaled air constituents; with ppb_v-ppt_v range regarding the concentrations and air that can originate from. oral cavity, oesophagus and alveoli.

Work Study & Methods

The current work introduces the latest iteration of a new prototype capable of collecting exhaled air samples according to the user's respiratory source, independently of their individual metabolic production of carbon dioxide [4]. By accessing to the user's breathing cycle in real-time, the system/device detects optimized sampling instants. This is accomplished through the implementation of a machine learning-based algorithm. [5]

The effectiveness of the machine learning process implemented on the software of the prototype and the influence of a breath rhythm imposition was tested in two cohorts of individuals (n=15 and n=30) with different age groups (2-5 years old and 18-27 years old). The minimum number of cycles, the time required to start breath sampling and the average time-of-exhalation (ATE) were registered two times for each individual (with and without a pre-programmed respiratory pace imposition to the subject through the prototype's graphical interface). [5]

The prototype's sampling selectivity (ability for sampling differentiation and collection), was also tested through the collection and posterior analysis of oesophageal and alveolar air samples obtained from an independent cohort of university students (n=31). [6] Breath samples were analysed resorting to a Chromatographic Column Ion Mobility Spectrometer (GC-IMS).

Results

Device performance tests showed that breathing autonomously required higher ($p < 0.05$) number of respiratory cycles to start the acquisition than when a paced breathing was suggested. Participants from the 18-27 years old cohort required 9.7 ± 2.3 (mean \pm standard deviation) respiratory cycles for the first condition and 8.6 ± 2.2 cycles for the latest. For the 2-5 years old cohort 17.6 ± 3.3 and 13.9 ± 2.5 were the number of cycles needed to start acquisition, for both autonomous and imposed breathing rhythm conditions, respectively. Differences in the time required to start sampling for both age groups and breath

rhythmic conditions were minimal. Major differences were only identifiable in their lower standard deviation for breath pace imposition.

ATE for both breathing conditions was significantly lower ($p < 0.05$) for the younger age group (autonomous: 974 ± 424 and imposed: 1032 ± 120 ms) when compared with the older cohort (autonomous: 2031 ± 966 and imposed: 1752 ± 250 ms).

Analysis of oesophageal and alveolar air samples revealed 31 and 33 GC-IMS spectral intensity peaks, respectively. A small group of intensity peaks were found to be subject specific (individual variability) while others revealed relevant differentiation (regularly or not) for both types of exhaled air. The intensity of the GC-IMS spectral peaks correspondent to ethanol (monomer and dimer) was significantly higher ($p < 0.05$) for oesophageal air than for alveolar air.

Conclusions

The imposition of breath rhythm coupled with a machine learning-based algorithm led to improvements in the robustness and efficiency of the sampling procedure (reduced standard deviation for ATE, number of cycles and time required to start sampling). The necessity to adapt the breath rhythm according to user's age and physiological/health condition is noteworthy.

Breath sampling technology coupled with an efficient analyser device (GC-IMS) was also able to differentiate oesophageal and alveolar samples. Two distinguishable VOC patterns were established and ethanol (monomer and dimer) was identified as one of the main characteristic compounds of oesophageal exhaled air.

Although some samples had to be neglected ($\approx 25\%$). Those were mainly attributed to minor functioning issues with the prototype, denoting the need to further develop the design's robustness. Even with those issues the device should be taken into consideration for further studies, since has shown the validity of the technology and its worth in being able to selectively sample exhaled air according to user's age, genre and physiological condition.

References

- [1] J. Baumbach, "Ion mobility spectrometry coupled with multi-capillary columns for metabolic profiling of human breath," *Journal of Breath Research*, vol. 79, p. 16, 2009.
- [2] B. Costello, A. Amann, H. Alkateb, C. Flynn, W. Filipiak, T. Khalid, D. Osborne and N. Ratcliffe, "A review of the volatiles from the healthy human body," *Journal of Breath Research*, vol. 8, 2014.
- [3] M. Phillips, R. N. Cataneo, A. Chaturvedi, P. D. Kaplan, M. Libardoni, M. Mundada, U. Patel e X. Zhang, "Detection of an Extended Human Volatome with Comprehensive Two-dimensional Gas Chromatography Time-of-Flight Mass Spectrometry," *PLOS ONE*, 2013.
- [4] V. Vassilenko and P. H. C. Santos, "System for controlled and selective sampling of exhaled air and corresponding operating procedure". Portugal Patent WO/2018/047058, 12 09 2016.
- [5] P. H. C. Santos, V. Vassilenko, F. Vasconcelos e F. Gil, "Implementation of Machine Learning for Breath Collection," em *10th International Conference on Biomedical Electronics and Devices*, Porto, 2017.
- [6] C. Conduto, "Desenvolvimento do dispositivo para teste não-invasivo da infecção por bactéria *Helicobacter pylori*," *Master Thesis*, 2018.

V.B. Vassilenko¹, A.A. Poplavska¹, S.V. Pavlov², *Kolisnyk P.F.*³, O.A. Poplavskiy⁴,
*Kolisnyk S.P.*³, Y.Vitrova³

AUTOMATED FEATURES ANALYSIS OF PATIENTS WITH SPINAL DISEASES USING MEDICAL THERMAL IMAGES

1 Laboratory of Instrumentation, Biomedical Engineering and Radiation Physics (LIBPHYS), NOVA School of
Science and Technology - NOVA University Lisbon

2 Vinnytsia National Technical University, Ukraine

3 Vinnytsia Pirogov National Medical University, Ukraine

4 Kiev National University of Construction and Architecture, Ukraine

Keywords: infrared thermography, medical thermal images, automated segmentation, abnormal temperature regions

Nowadays, the medical infrared thermal imaging (MITI) techniques can provide a good quality images in real time for monitoring and pre-clinical diagnostic of the diseases caused by inflammatory processes by showing the thermal abnormalities present in the body. MITI allows specify of the functional changes in the normal temperature distribution on the surface of the body, as well as enables refinement the localization of functional changes, the activity of the process, its prevalence and the nature of the changes – inflammation, stagnation, malignancy, etc. Due to its non-contact, non-invasive and non-destructive way of using, this technology has a distinct advantage among other diagnostic methods.

Presently the important task is to develop the algorithms and software to get the. Therefore, the main objectives of this research work were automated steps of feature extraction and analysis MTIs, i.e. to develop novel algorithm for quantitative interpretation of thermal images database, to improve the experimental protocol of obtaining thermal images and to perform an extensive field measurement in the selected cohort of patients, in our case, with spinal diseases, in order to provide a immediate high-quality solutions of in real time clinical validation of proposed method.

I. MATERIALS AND METHODS

A. Sample

The evaluations were performed at the Center of Medical Rehabilitation and Sports Medicine, Vinnytsia, Ukraine. The number of participants was 48 non-smoking patients with different types of spinal diseases (adolescent idiopathic scoliosis, intervertebral osteochondrosis, ankylosing spondylitis, spondyloarthritis, etc.): 15 (31.8%) women and 33 (68.2%) men; age between 5-66 years; body mass 63.7 ± 16.54 (kg); body mass index 21.09 ± 3.7 (kg/m²); height 1.72 ± 14.4 (m). The majority of the participants (n=35) were teenagers from 10 to 24 years old. All participants were under medical treatment (manual therapy, traction therapy or therapeutic physical exercises) at the Centre of Medical Rehabilitation and Sports Medicine. Within the study group regional pain syndrome in the back had 29 (60.4%) patients of which 19 patients classified it as strong and 9 as weak pain. All volunteers were asked to complete a questionnaire regarding general information and agreement to be involved in measurements.

Based on the International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems²² the study group was divided into 3 groups: I group – patients with deforming dorsopathies (kyphosis, lordosis, scoliosis, etc.), II group – patients with spondylopathies (osteochondrosis, spondylolisthesis, etc.) and III group – patients with other dorsopathies (torticollis, leg length discrepancy, etc.).

B. Measurements

The temperature measurements of patients were assessed using a FLIR® E6 camera. The camera was switched on 20 minutes before acquisition and was not switched off during the experiment to reduce calibration problems and stabilize the sensor. The emissivity parameter was set on the camera for that of the skin, $\epsilon = 0.98$.

Measurements have been carried out according protocol for thermographic assessment in human body²². The room was without access of the impact of solar radiation, the temperature was about 21°C

$\pm 1^{\circ}\text{C}$, humidity $\pm 60\%$ was maintain evenly and the distance between objects and camera was 1,5 m. Before measurement, patients were removing clothes to the waist (women without a bra) and were staying in the room for 10-15 minutes for acclimatization. The backs/spines with wounds or acute infection on the skin were excluded from the measurements. The volunteers at least 6 hours prior of the evaluation was asked not to smoke, drink alcohol or coffee, do physical activities, receive any treatment or massage, use skin creams or spray, take a shower or bath, stay on the sun or UV sessions²³.

References

1. Gogoi U.R, Bhowmik M.K, Bhattacharjee D., Ghosh A.K, Majumdar G. (2015) A study and analysis of hybrid intelligent techniques for breast cancer detection using breast thermograms. In: Dutta P, Chakraborty S, Bhattacharyya S (eds) Hybrid soft computing approaches studies in computational intelligence. Springer, New Delhi, pp 329–359.
2. Glehr M, Stibor A, Sadoghi P, Schuster C, Quehenberger F, Gruber G, Leithner A and Windhager R 2011 Thermal imaging as a noninvasive diagnostic tool for anterior knee pain following implantation of artificial knee joints *Int. J. Thermodyn.* 14 71–8.
3. S. Bagavathiappan, T. Saravanan, J. Philip, T. Jayakumar, B. Raj, R.Karunanithi, T. Panicker, M.P. Korath, K. Jagadeesan, Infrared thermal imaging fordetection of peripheral vascular disorders, *Journal of Medical Physics* 34 (2009) 43–47.

Bonifacio P.^{1,2}, Marques G.¹, Cardoso F.^{1,2}, Casal, D.^{3,4}, Vassilenko V.^{1,2}

Electromyography Signal Analysis for Technology Development of Device Assisted Rehabilitation of Upper Arm

1 Laboratory of Instrumentation, Biomedical Engineering and Radiation Physics (LIBPHYS), NOVA School of Science and Technology - NOVA University Lisbon

2 NMT, S.A., Parque Tecnológico de Cantanhede, Núcleo 04, Lote 3, 3060 - 197 Cantanhede, Portugal

3 Plastic and Reconstructive Surgery Department; Centro Hospitalar de Lisboa Central, Lisbon, Portugal

4 Anatomy Department, Nova Medical School, NOVA University of Lisbon, Lisboa, Portugal

Keywords: Rehabilitation, Upper Arm, Electromyography EMG, Control, Signals

Introduction

One of the most effective ways of curtailing the loss of mobility comes in the form of technology supported rehabilitation training [1]. This type of training or assistance can be particularly useful if it can be done out of the clinical environment and be transposed to a day-to-day utilization. For this to occur the system must be self-contained, self-power, compact and allow for a significant degree of user freedom.

A technology supported rehabilitation system for the upper limbs can be characterized by some type of mechanical supports located at shoulder, elbow, forearm and up to hand level; finger lever type mechanical supports are not common due to the complexity such a system. Those supports are actuated via some specific kind of electrical motor; being linear, stepper or servo-type; whose control is made via an external control system, typically a computer, the classical-clinical system, or in more recent iterations, via an integrated microcontroller board (IC board) built into the system with a contained power pack for increased patient mobility

The classical approach for this rehabilitation assistance is normally focused on an objective driven therapy, where a computer controls the electromechanical device that assists the patient reach an objective via a human machine interface (HMI) display that shows cues to guide the patient's upper extremity movement. In general, this approach has proven successful in improving the patient's daily activities, albeit it has not been clear that it helps improve muscle strength [2]. Again, this type of solution is mostly used for training only and has been used under supervision, on a clinical environment.

Advances in miniaturization and the large-scale dissemination of cost-effective electronics, actuators and motors, coupled with ease of access to 3d printing and advanced prototyping venues; have brought forth a time where it is possible to provide near-to custom-made, patient related motor-assisted rehabilitation aid, at a reasonable cost, this largely to a resurgence of the do-it-yourself (DIY) paradigm.

Work & Methods

The development of a self-contained assistance system can be split into 3 focus areas, biomechanics, used for design and test-fit the rehabilitation system; electrical, used power actuation and power supply, and electronics, for signal acquisition and control.

In a day-to-day basis, control input signals should be as natural as possible, for this reason it was chosen to use forearm muscle signals (myographic) for system control to be fed to the integrated IC unit. Quantifying those signals is essential to establish baselines for the control algorithms of the system. This paper focuses on the initial evaluation of those signals, establishing working parameters to be used in the different phases of the upper extremity movement.

The study was made with 15 volunteers, aged 16 to 55. The volunteers were generally healthy and presented no physical limitations in the upper extremities that could affect the test procedure (i.e. no limitations at forearm and elbow that limited flexion and extension of the arm with different weights).

Data was collected in a controlled, lab environment, by using an appropriate, medical datalogger device. The initial focus area for analysis was chosen to be on muscle in charge of elbow flexion, the biceps brachial; where an experimental setup was completed to allow for the sampling of the myographic signal.

For the procedure, volunteers were comfortably seated, and the electrodes were placed in such a way as to interfere the least possible with the experiment. Recording was made with two supervising

experimenters as to reduce redundancy errors. The experimental procedure consisted in the recording of myograph signals in both arms, whenever possible. Signals were recorded at least, 6 times per experiment, with each experiment consisting in moving the extremity while hooding three weights of 0.5, 1 and 2 Kg, in turn; and for 3 different amplitude movements, 45, 60 and 75°. Before each set of measurements, the myography signal was calibrated with full elbow movement holding a 2 Kg weight. For the amplitude movements the angle was controlled by inserting a goniometer device in parallel with the volunteer's elbow.

Results

From the analysis of collected data were identified the areas of differentiation between the beginning of the lift movement, its continuing and the stop of the of the motion. The signal intensity of muscular activation for the different loads tend to be different, allowing to set the possible thresholds for each degree of load.

Conclusions

The experimental results show to be possible to characterize with a fair degree of precision the onset and finalization of elbow movement while lifting different weights. This data will allow for further development of a fuzzy logic control system for the proposed rehabilitation system. The variable force values will allow for an incremental/decremental electromechanical aid to be supplied to the movement; in turn, this will a permit periods of muscular training to be intermixed with periods of movement assistance without the need for a personal rehabilitation trainer on a clinical environment.

References

- [1] G. Kwakkel, B. J. Kollen, J. van der Grond, and A. J. H. Prevo, "Probability of Regaining Dexterity in the Flaccid Upper Limb," *Stroke*, vol. 34, no. 9, pp. 2181–2186, Sep. 2003.
- [2] J. Mehrholz, A. Hädrich, T. Platz, J. Kugler, and M. Pohl, "Electromechanical and robot-assisted arm training for improving generic activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke," in *Cochrane Database of Systematic Reviews*, J. Mehrholz, Ed. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2012.

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ БУРОВОЇ ГОЛОВКИ ПРИ ГОРИЗОНТАЛЬНО-НАПРАВЛЕНОМУ БУРІННІ

Ключові слова: бурова установка, горизонтальне буріння, проколююча головка, безтраншейні технології, інженерні комунікації, статичний прокол ґрунту, електромагнітне випромінювання

Для прокладки різних підземних комунікацій без руйнування верхніх шарів ґрунту в Україні та й інших провідних країнах світу використовують технологію горизонтально-направленого буріння. Під час горизонтально-направленого проколу ґрунту малогабаритними установками виникає необхідність корегувати траєкторію руху проколюючої головки. Відхилення від заданої траси може призвести до негативних наслідків, таких як зіткнення з іншими комунікаційними системами. Причинами відхилення може бути не точне розташування бурової установки на початку проколу, при зустрічі бурової головки з більш товстими шарами ґрунту за рахунок вигину штанги та ін. Корекція траєкторії буріння та визначення положення бурової головки є однією із головних задач при горизонтально-направленому бурінні[1].

Локаційні системи для визначення положення бурової головки у ґрунті від сучасних провідних світових виробників як правило засновані на бездротовому методі за допомогою електромагнітного випромінювання та працюють вони за такою схемою: у буровій головці розташовується спеціальний зонд який випромінює електромагнітний сигнал із частотою у діапазоні 1.5 кГц – 30 кГц, в залежності від складу та щільності ґрунту обирається найбільш подібна робоча частота, у робочому органі для випромінювання прорізаються щілини. На поверхні ґрунту розташовується локатор, за допомогою якого оператор приймає випромінювання від зонда.

Положення у ґрунті бурової головки та глибина залягання визначаються за допомогою розрахунку по методу точок локації. Точки розташовуються на одній силовій лінії, рівень напруженості магнітного поля у цих точках однаковий. Знаходячи ці точки на поверхні за допомогою локатора та відстань між ними, можливо визначити положення робочого органу а також його глибину. При відхиленні головки від горизонтальної осі, кут випромінювання також зміниться й відстань між точками локації збільшиться.

Недоліками цього методу є пасивні перешкоди: залізобетон, залізні трубопроводи, колодязі. При сильному джерелі перешкод виникає спотворення магнітного поля випромінювача у результаті чого з'являється похибка у показанні місцезнаходження бурової головки. Активні перешкоди: супутникові тарілки, трамваї, потяги та інша радіоапаратура. Робоча частота має малу перешкодозахищеність. Метод потребує додаткових розрахунків, знаходження точок локації є скрутним. Локаційні системи від провідних виробників можуть коштувати до декількох тисяч доларів. Виникає потреба для розробки більш дешевого, та простого методу знаходження положення робочого органу з найменшою похибкою.

Одним з рішень цієї проблеми пропонується удосконалення системи локації, використовуючи інклінометри у вигляді датчика положення VMX055 для визначення кутів нахилу бурової головки. В залежності від складності траси, глибини залягання, розташування поряд перешкод та складу ґрунту може бути обраний спеціальний засіб передачі інформації. Одним із таких засобів може бути хвилевідна лінія передачі [2], у якості круглого хвилевіда яка з'єднує передаючу та приємну частини системи, може слугувати пола металічна штанга установки статичної дії до якої приєднана бурова головка. Робоча частота залежить від діаметра круглого хвилевіда, довжина хвилі повинна бути менше критичного значення.

Список літературних джерел

1. Супонев В. Н., Каслин Н. Д., Олексин В. И. Бестраншейные технологии прокладки распределительных инженерных коммуникаций. Научный вестник строительства. – 2008 - №49. – С. 213-217.
2. Гольдштейн Л.Д. Электромагнитные поля и волны / Л.Д. Гольдштейн, Н.В. Зернов.- М.: Сов. радио, 1971, 664с.

Мережне наукове видання

**«ВИМІРЮВАННЯ, КОНТРОЛЬ ТА ДІАГНОСТИКА
В ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ (ВКДТС-2019)»**

П'ЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ

Збірник тез доповідей

Матеріали подаються в авторській редакції

Комп'ютерне оформлення: І.А. Дудатьєв

Підписано до видання 19.10.2019 р.

Гарнітура Times New Roman.

Обсяг 3 Мб. Зам № W2019-06

Видавець та виготовлювач –

Вінницький національний технічний університет,
інформаційний редакційно-видавничий центр.

ВНТУ, ГНК, к. 114,

Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021.

Тел. (0432) 65-18-06.

press.vntu.edu.ua; email: irvc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.