

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 ЛІОФІЛІЗАТОРІ	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

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 пробіїв 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.