

СЕКЦІЯ 11

МЕТРОЛОГІЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 006.91:681.121

ВИВЧЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Середюк О.Є., Криницький О.С., Катамай В.Б.

Івано Франківський національний технічний університет нафти і газу

Івано-Франківськ, Україна

E-mail: mivt@nung.edu.ua

Раціональне використання природного газу неможливе без його точного і достовірного обліку не тільки в промисловості, але і у побутових споживачів. На сьогодні для індивідуального обліку природного газу в українських помешканнях встановлено понад 9,5 млн. побутових лічильників газу (ПЛГ), більшість з яких мембранного типу. У 2019 році в Україні використано близько 29,8 млрд. куб. м природного газу, серед якого об'єм використання побутовими споживачами становив близько 8 млрд. куб. м і зменшився порівняно з 2017р., який становив 11,2 млрд. куб. м [1]. Це свідчить про більш економне використання газу в побуті і не зменшує актуальності і необхідності здійснення періодичної повірки ПЛГ, яка проводиться після восьми років експлуатації [2].

Опрацювання статистичних результатів повірки ПЛГ дає підставу для аналізу стабільності їх метрологічних характеристик в експлуатаційних умовах, що може характеризувати про якість виготовлення ПЛГ виробниками і доцільність більшої чи меншої кількості впровадження до застосування ПЛГ тієї чи іншої моделі. Також ці статистичні дані можуть слугувати опосередкованою інформацією про втрати газозбутових організацій. Адже, як відомо [3], під час експлуатації метрологічні характеристики ПЛГ змінюються і переважно це приводить до зміни похибки у від'ємну сторону, що зумовлює недооблік природного газу у побутовій сфері, тобто виникають його втрати.

Метою даного дослідження є статистичні дослідження стабільності метрологічних характеристик ПЛГ різних виробників в експлуатаційних умовах за результатами їх періодичної повірки після восьми років експлуатації.

За основу статистичного дослідження вибрані результати періодичної повірки у 2018 році найбільш поширених моделей ПЛГ у практичному застосуванні в умовах АТ “Івано-Франківськгаз”, серед яких виробництва SAMGAS (м. Рівне) – 3244, METRIX (Польща) – 1478, PREMAGAS (Словаччина) – 5483. При цьому аналіз був виконаний для лічильників типорозміру G4 різних підприємств-виробників. Інформативним параметром для аналізу вибрана похибка ПЛГ за мінімальної витрати, яка є найбільш чутливою до зміни метрологічних характеристик ПЛГ і при похибці, на якій найбільше побутових лічильників не проходять повірку.

Для статистичного аналізу були вибрані такі діапазони отриманих похибок ПЛГ за цієї витрати: 0...+3; 0...-3; -3...-6; -6...-9; -9...-15, -15...-30; більше -30%, в тому числі разом з ПЛГ, в яких не функціонував відліковий пристрій. Діапазон похибок (-3...+3)% характеризує підтвердження паспортної похибки нових ПЛГ, а його розширення до мінус 6% дає можливість оцінити кількість придатних до подальшої експлуатації ПЛГ без ремонту.

Нами також сформовано ще три діапазони похибок ПЛГ, які в принципі на наш погляд підлягають ремонту. Лічильники з похибкою понад мінус 30% потребують суттєвого ремонту, або доцільним є їх заміна на інший.

Кількісні результати періодичної перевірки ПЛГ (табл. 1) свідчать, що доля ПЛГ, які підтвердили паспортні характеристики становить для SAMGAS – 1540 (47,5%), METRIX – 1134 (76,7%), PREMAGAS – 2365 (43,1%). Також очевидним є суттєве зростання з 1540 до 2465 кількості придатних до подальшої експлуатації ПЛГ за рахунок розширення зони допустимої мінімальної похибки до мінус 6%. Для SAMGAS воно становить 2465 (75,9%), а для METRIX – 1369 (92,6%) і для PREMAGAS – 4945 (90,2%). Відсоток ПЛГ, у яких похибка є більшою від мінус 30%, а також несправних, у яких не функціонує лічильний механізм, становить SAMGAS –11,65%, METRIX – 6,15%, PREMAGAS – 8,53%.

Таблиця 1. Кількісні результати періодичної перевірки ПЛГ

<i>Діапазон похибок, %</i>	<i>SAMGAS</i>	<i>METRIX</i>	<i>PREMAGAS</i>
0...+3	743	521	449
0...-3	797	613	1916
-3...-6	925	235	2580
-6...-9	15	0	8
-9...-15	174	8	35
-15...-30	212	10	27
більше -30 або непрацездатні	378	91	468
Всього	3244	1478	5483

Отримані дані показують, що найкращою стабільністю метрологічних характеристик, характеризуються лічильники METRIX як за підтвердженими паспортними характеристиками, так і за кількістю придатних до подальшої експлуатації ПЛГ без ремонту. Лічильники SAMGAS є кращими порівняно з PREMAGAS по підтвердженню паспортних характеристик, але їх загальна кількість придатних до експлуатації без ремонту є трохи меншою, тобто близькою до 75% порівняно з цим значенням (близько 90%) для лічильників двох інших аналізованих виробників.

Для кращого розуміння отриманих результатів досліджень у вигляді ілюстрації (рис. 1) наведені гістограми розподілу кількості ПЛГ (у відсотках) з відповідними сформованими для аналізу експлуатаційними похибками ПЛГ за мінімальних витрат різних виробників.

Встановлено закономірності зміни експлуатаційної похибки ПЛГ, які характеризують досить різні закономірності зміни стабільності метрологічних характеристик ПЛГ у лічильників різних виробників. Найбільшою додатною похибкою за мінімальних робочих витрат характеризуються ПЛГ моделі METRIX (35,2 % від загальної кількості), що є достатньо неочікуваним згідно сучасним науковим твердженням про похибку ПЛГ за мінімальних витрат. Водночас додатна похибка за цих витрат, але в меншій мірі, характерна і для інших моделей – SAMGAS (22,9 %), PREMAGAS (8,18%) від загальної кількості.

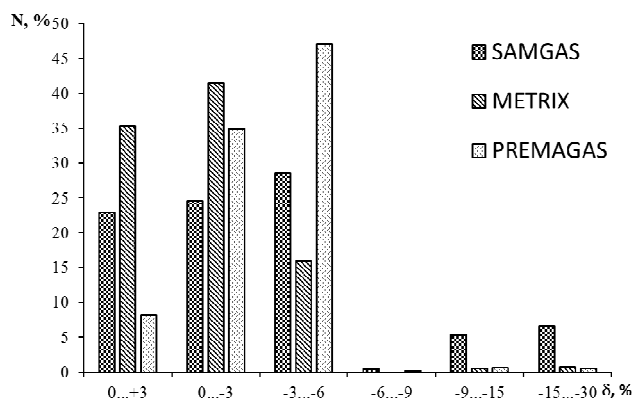


Рис. 1. Гістограми розподілу експлуатаційної похибки ПЛГ різних виробників

Передбачуваним і експериментально підтвердженим є найбільший відсоток ПЛГ з похибкою (0...-3) %, кількість яких знаходиться в межах 25-43 %. Поряд з цим суттєвою є кількість лічильників виробництва PREMAGAS (47,05%) з похибкою (-3...-6) %, які входять в число придатних до подальшої експлуатації. Можна також відзначити більшу кількість лічильників виробництва SAMGAS із значними похибками (-9...-15)% - 5,36% і (-15...-30) % - 6,53% від кількості повірених ПЛГ.

В цілому отримані результати перевірки ПЛГ потребують проведення аналогічних статистичних досліджень для інших регіонів і областей України, а також проведення кореляцій з результатами досліджень інших років.

Ключові слова: побутовий лічильник газу, похибка, мінімальна робоча витрата, статистичний розподіл.

Література

- [1] Обсяги використання газу [Електронний ресурс] <https://www.naftogaz.com/www/3/nakweb.nsf/0/8B3289E9F4B2CF50C2257F7F0054EA23>. Дата звернення: 27.03.2021.
- [2] Наказ Мінекономрозвитку і торгівлі України від 08.02.2016 № 193 "Про затвердження Порядку проведення перевірки з законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, та оформлення її результатів".
- [3] О.С.Середюк, Т. В. Лютенко, "Статистичний аналіз зміни похибки побутових лічильників газу при їх експлуатації", на III всеукр. наук.-техн. конф. молодих вчених у царині метрології *Technical using of measurement* – 2017, Славське, 2017, с. 48–51.

УДК 681.521

РОЗРОБЛЕННЯ ДОПОВНЕНЬ ДО МЕТОДИКИ ВИПРОБУВАНЬ ТУРБІННИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ОЦІНЮВАННЯ ЇХ ВІДПОВІДНОСТІ ВИМОГАМ НД

Шевчук В.Б., Кононенко М.А.

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
Івано-Франківськ, Україна*

E-mail: volodymyr.shevchuk.ua@gmail.com, kononenko19602406@ukr.net

Значне зростання ціни на газ постійно вимагає вирішення питань з підвищення точності вимірювань його обліку, що значною мірою залежить від метрологічних характеристик лічильників-витратомірів. Світова метрологічна практика свідчить, що перевірка лічильників та витратомірів повинна виконуватися на природному газі та за значень тиску, за яких вони експлуатуватимуться. Такі вимоги сформульовано у ряді стандартів OIML, запровадження яких розпочато в Україні.

Даний процес потребує перегляду ряду вітчизняних стандартів і розроблення доповнень у чинні нормативні документи.

Проведений аналіз стану матеріальної бази, дозволив встановити фактори, що чинять вплив на точність вимірювання метрологічних характеристик в залежності від робочого середовища при проведенні випробувань турбінних лічильників газу.

У результаті проведених досліджень було встановлено, що одним зі шляхів підвищення точності обліку природного газу на базі лічильників та витратомірів є проведення повірок (калібрувань) цих ЗВТ за умов, максимально наближених до умов експлуатації.

Для виконання цих робіт потрібно введення стандартів на вимоги до лічильників та подальші роботи з надання відповідного статусу наявним повірочним стендам. Повірочний стенд у м. Івано-Франківськ має витрати до 2500 м³/год та тиск близько 4 бар. За діапазонами витрати він може задовольнити потреби українського ринку, але має статус калібрувального, що не дозволяє з його допомогою проводити роботи з перевірки лічильників та витратомірів.

Результати проведених досліджень з випробувань турбінних лічильників газу за різних умов дозволяють зробити висновок про необхідність внесення змін у чинні в Україні нормативні документи на методи перевірки і калібрування турбінних лічильників природного газу, приведення їх у відповідність до вимог ЄС і рекомендувати пункт 5.2.1.2 ДСТУ EN 12261:2006 у такий редакції: «Для типу лічильників, призначених для вимірювання за тисків нижчих або таких, що дорівнюють 4 бар, випробування треба проводити з використанням як робочого середовища природного газу з тиском наближеним до експлуатаційного».

Ключові слова: точність вимірювання, методи перевірки, калібрування.

УДК 535.241.6

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК УЛЬТРАФІОЛЕТОВИХ РАДІОМЕТРІВ

¹⁾Тарасенко Є.В., ²⁾Сокол Б.В.

¹⁾ДП “УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ”, Київ, Україна,

²⁾Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: lizzzza@ukr.net; sokolbohdan@ukr.net

Дослідження метрологічних характеристик ультрафіолетових (УФ) радіометрів, як один з аспектів контролю якості, набирає більшого значення та стикається з новими викликами зі збільшенням використання УФ радіометрів в різних галузях господарської та наукової діяльності. В роботі розглянуто найпоширеніші методи дослідження метрологічних характеристик УФ радіометрів, їх переваги та недоліки.

Випромінення УФ поділяється на три основні типи: тип А (від 315 до 400 нм), тип В (від 280 до 315 нм) та тип С (від 100 до 280 нм). Переважна більшість УФ радіометрів сконструйована для роботи з окремими типами випромінення УФ діапазону.

Найпоширенішим методом контролю похибки вимірювання УФ радіометрів є порівняння показів УФ радіометра з показами опорного приймача в діапазоні роботи досліджуваного УФ радіометра. Такий метод є найменш трудомістким, але має суттєвий недолік. Результат порівняння показів приймачів при опроміненні широким спектром може бути коректним лише за умови їх однакової спектральної чутливості.

Другим поширеним методом є порівняння показів УФ радіометра з показами опорного приймача при використанні монохроматичного випромінення, що належить до робочого діапазону УФ радіометра. Головним недоліком такого методу є відсутність інформації про роботу УФ радіометра з реальними джерелами УФ випромінення.

Третім методом є дослідження спектральної чутливості УФ радіометра та розрахунок поправочних коефіцієнтів для роботи з різними джерелами випромінення. Такий метод дослідження похибки показів УФ радіометра є найбільш повним та об'єктивним, але є трудомістким. До того ж постійне зростання номенклатури джерел випромінення УФ діапазону, переважно закордонного виробництва, ускладнює використання УФ радіометрів на практиці.

В роботі наведено досвід ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ» з використання описаних методів контролю похибки вимірювання УФ радіометрів вітчизняного та закордонного виробництва. Проведено порівняльний аналіз результатів показів УФ радіометрів при вимірюванні енергетичної освітленості УФ діапазону, створеного різними джерелами.

Ключові слова: ультрафіолет, радіометр, контроль похибки вимірювань.

УДК 621.317.7

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ НА РОБОТУ ЛІТІЙ-ПОЛІМЕРНОГО АКУМУЛЯТОРА

Щербань А. П., Єременко В. С.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: scherban.n.2802@gmail.com, nau_307@ukr.net

В представлений роботі розроблено методику та проведено експериментальні дослідження впливу зміни умов навколишнього середовища при польоті БПЛА на роботу літій-полімерної акумуляторної батареї (ЛПАБ), яка є основним елементом живлення безпілота, з метою аналізу впливу температури та вібрації на швидкість розрядження акумулятора, зміну його поверхневої температури та інші зміни в його роботі при польоті БПЛА. Рівні температур та вібрацій були обрані в якості змінних параметрів зовнішнього середовища згідно з вимогами до випробувань авіаційного обладнання.

Даний матеріал присвячений дослідженню розрядних та температурних характеристик ЛПАБ та впливу на них факторів зовнішнього середовища. За результатами реального експерименту проаналізовані впливи температури та вібрації на швидкість розрядження акумулятора, зміну його внутрішньої температури та інші зміни в його роботі при польоті БПЛА. Рівні температур та вібрацій були обрані в якості змінних параметрів зовнішнього середовища згідно з вимогами до випробувань авіаційного обладнання.

Експериментальні дослідження були поділені на два основні етапи:

- випробування АБ на вплив температур;
- випробування АБ на вплив вібрації.

Ці випробування імітували роботу ЛПАБ на реальному БПЛА в умовах польоту. Об'єктами випробувань були літій-полімерні акумуляторні батареї Zippy contrast ємністю 1500mAh (3 зразки).

Для коректного дослідження поведінки АБ під час проведення випробувань у колі макетної схеми в якості навантаження використовувалися:

- безколекторний мотор KINGKONG 2204-2300KV;
- регулятор HobbyKing 12A BlueSeries Speed Controller;
- сервотестер TL2638 CCPM.

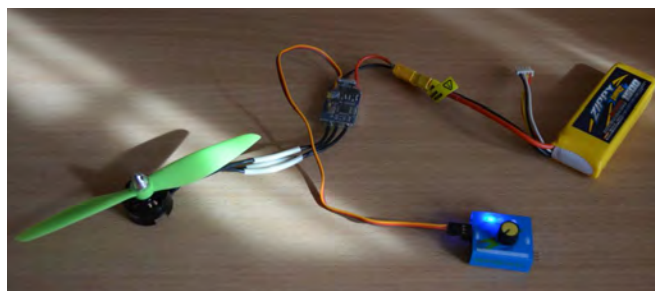


Рис. 1. Зображення макетної схеми досліджень

Досліджування впливу температур на макетну схему (рис.2) проводилося в кліматичній камері МС-71(ТАВАІ), де відбувалася фіксація значення напруги на клеммах ЛПАБ та температури на поверхні акумулятора з кроком в 1 хвилину до повної зупинки двигуна, тобто повного можливого розряду ЛПАБ, при значеннях температури від -20 °С до +50 °С з кроком в 5 °С.



Рис. 2. Структурна схема макету для експериментальних досліджень

Такі випробування були проведені по 10 разів в кожній точці температури з кожним із трьох зразків ЛПАБ, однієї марки з ідентичними паспортними даними. Це дозволило отримати масив значень, придатний для подальшого метрологічного аналізу і побудови математичної моделі розрядної характеристики для акумуляторів досліджуваного типу.

Приклад усереднених по 10 вимірюванням значень напруги та СКВ значень при температурі +25 °С наведений в табл.1. Графічне зображення отриманих результатів показано на рис.3.

Таблиця 1. Результати дослідження розряду АБ при температурі +25°С

	0 хв.	1 хв.	2 хв.	3 хв.	4 хв.	5 хв.	6 хв.	7 хв.	8 хв.
\bar{U}	12,497	11,043	10,846	10,715	10,606	10,465	10,122	9,365	9,357
σ	0,015	0,053	0,051	0,048	0,052	0,059	0,095	0,012	0,012

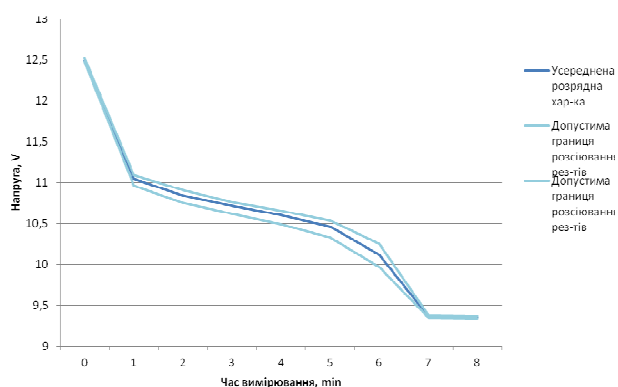


Рис. 3. Усереднена розрядна характеристика одного зразка АБ при температурі +25°С

Отримані розрядні характеристики по трьом зразкам групувалися до середньої розрядної характеристики ЛПАБ при фіксованій температурі. В результаті побудовано сімейство розрядних характеристик ЛПАБ при постійному максимальному навантаженні (рис. 4).

Аналіз залежності поверхневої температури від тривалості роботи ЛПАБ (рис. 5), показав, що температура акумулятора зростає протягом 60 % часу

роботи акумулятора, а далі починає спадати. Це дозволяє використати параметр поверхневої температури акумулятора як додатковий при аналізі стану акумулятора та прогнозуванні тривалості його подальшої роботи.

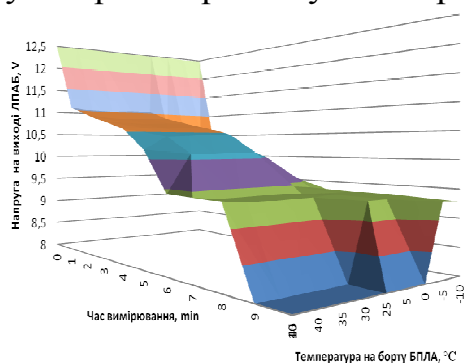


Рис. 4. Сімейство розрядних характеристик ЛПАБ на всій множині температур

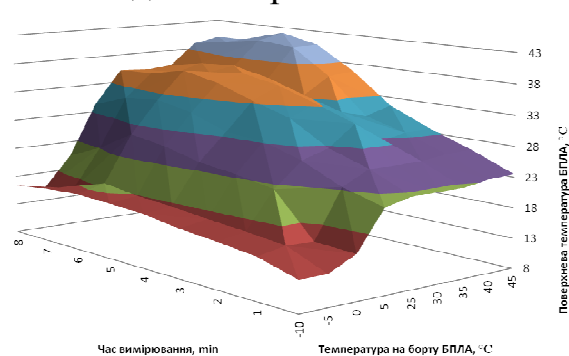


Рис. 5. Сімейство температурних характеристик ЛПАБ при роботі під навантаженням

Випробування на вплив вібрації проводилися для кожного зразка ЛПАБ по одному разу для значення прискорення 2g та різних значень частоти (параметри взяті із вимог до випробувань авіаційного обладнання).

Макет встановлювали на вібростенд ST-80, задавали прискорення 2g, частоту 20 Hz, 25 Hz та 30 Hz по чергово і фіксують значення напруги кожен хвилину, отримані результати заносили в таблицю.

З аналізу отриманих даних було зроблено висновок, що вібрація не несе ніякого суттєвого впливу на якість роботи та швидкість розряду ЛПАБ, тому зміну цього параметра при польоті БПЛА можна не вважати суттєвою при побудові системи моніторингу стану ЛПАБ БПЛА.

Ключові слова: літій-полімерний акумулятор, сімейство розрядних характеристик, розрядний процес

Література

- [1] А. П. Щербань, В. Ю. Ларін, В. П. Маслов, Н. В. Качур, “Термографічний контроль та діагностика літій-полімерних акумуляторів для безпілотних повітряних суден”, in *Series of monographs Faculty of Architecture, Civil Engineering and Applied Arts Katowice School of Technology, Monograph 17*, pp. 209-218.
- [2] А. Р. Shcherban, V. J. Larin, V. P. Maslov, N. V. Kachur, “Intelligent System for Temperature Control of Li-Pol Battery”, *International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems*, vol. 4, no. 2, pp. 24-28, 2018.
- [3] А. П. Щербань, В. С. Єременко, Імітаційне моделювання літій-полімерних акумуляторів на XIX Міжнар. наук.-техн. конф. Приладобудування: стан і перспективи», Київ, 2020, с. 192-193.
- [4] Linden D. (editor). *Handbook of Batteries*. New York: McGraw-Hill, 1995. 2nded. P.36,44-48

УДК 621.9.08-52

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ЗАСОБАМИ АКТИВНОГО КОНТРОЛЮ НА ОПЕРАЦІЯХ ШЛІФУВАННЯ

*Денисюк В.Ю., Симолюк В.П., Лапченко Ю.С., Тимошук А.А., Черняк С.О.
Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна
E-mail: volodimir_simonyuk@ukr.net*

Для забезпечення високої точності обробки, шліфувальні верстати часто оснащують автоматичними засобами контролю розмірів оброблюваних і оброблених деталей, тобто, приладами активного контролю. Такий прилад, за допомогою своїх дискретних релейних команд, повністю керує режимом зняття припуску з оброблюваної деталі і відведенням шліфувального круга при досягненні заданого розміру. Завданням автоматизованого комплексу, що складається з шліфувального верстата і приладу активного контролю, є отримання деталей з обробленою поверхнею, розміри якої повинні знаходитися в межах заданого поля допуску. З цією метою в процесі обробки знімається припуск, який є на заготовці. Прилад здійснює вимірювання оброблюваної деталі, а при досягненні визначених рівнів розміру подає в систему керування верстата команди на зміну режимів обробки (зменшення подачі) і на припинення обробки.

Поява мікропроцесорних та комп'ютерних блоків керування розширила можливості приладів активного контролю. Підвищилася точність і надійність приладів. Калібрування цих приладів за допомогою кінцевих мір довжини вимагає великого досвіду і досить трудомістке. В даний час випускають оптоелектронні прилади з дискретністю цифрового відліку 0,1 і 0,01 мкм і діапазоном вимірювання до 100 мм, наприклад, прилади типу METRO (Heidenhain, Швейцарія) за допомогою яких дуже зручно калібрувати деякі прилади, наприклад, індуктивні прилади активного контролю, вимірювальні скоби, головки і індуктивні перетворювачі.

Оптоелектронні прилади і цифрові індикатори, завдяки великому діапазону вимірювання, високій точності (похибка 0,2–0,3 мкм), установці нуля (скидання на нуль) в будь-якій точці діапазону вимірювань і цифровому відліку надзвичайно зручні для настройки, перевірки і випробування вимірювальних приладів. Однією з умов калібрування за допомогою оптоелектронного зразкового приладу є забезпечення плавних однакових долемікронних одночасних переміщень, що задаються вимірювальним наконечником зразкового приладу і приладу, який калібрують. Це дозволяє порівняти їх покази і визначити неточність в будь-якій точці діапазону вимірювань. Цифрова індикація цих приладів ідеально підходить для повірки і калібрування, так як відлік за нею зручний і не має невизначеності.

Ключові слова: активний контроль, прилад, неточність, невизначеність, вимірювання, повірка, точність, калібрування.

УДК 621.3

КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗОВАНИХ ЩИТОВИХ ВИМІРЮВАЧІВ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧИХ ОБ'ЄКТІВ

Кромпльяс Б. А.

Інститут електродинаміки НАН України, Київ, Україна

E-mail: b.kromp@i.ua

Електронні щитові вимірювачі функціональних параметрів енергогенеруючих об'єктів знаходять дедалі ширше застосування замість електромеханічних, не дивлячись на те, що вони вимагають окремого безперебійного електроживлення [1]. Переваги їх полягають в тому, що вони, на відміну від електромеханічних, забезпечують:

- вищу точність вимірювань та індикацію результатів в цифровій формі;
- можливість роботи в кількох діапазонах вимірювань;
- індикацію прямих значень вимірюваного параметра, а не сигналу нормалізації;
- контроль за допустимими значеннями вхідного параметра та сигналізацію виходу за їх межі;
- наявність цифрових та аналого-цифрових шкал для більшої наглядності;
- наявність засобів реалізації системного інтерфейсу для налаштувань самого приладу та передачі результатів вимірювання системному контролеру вищого рівня.

Аналіз ефективності застосування таких вимірювачів та оцінок операторів пультів показав, що для підвищення ефективності їх застосування доцільна реалізація додаткових функціональних можливостей:

1. Наявність матричного індикатора розмірності вимірюваного параметра, а в програмі обробки вхідного сигналу - зміну розмірності в залежності від значень цього сигналу.

2. Регулювання яскравості свічення світлодіодних індикаторів (ручне встановлення).

3. Встановлення діапазону для аналогової шкали (в межах встановленого діапазону вхідного параметра). Це дозволить збільшити розрізнявальну здатність аналогової шкали, а, значить, легше відслідковувати невеликі зміни вхідного параметра.

4. Для вимірювачів параметрів, значення яких попередньо перетворюються в нормалізований електричний сигнал:

- наявність режимів встановлення виду і розмірності вхідного параметра, вибраних із банку таких даних, передбачених в пам'яті приладу;
- введення початкового та кінцевого значень вхідного параметра, що дозволяє визначити масштабний коефіцієнт програмою приладу.

5. Для ефективнішого контролю функціонування об'єкта управління в різних режимах доцільно в програмному забезпеченні приладу передбачити програму прийому по інтерфейсу пакету налаштувань приладу від

загальносистемного контролера та їх встановлення. В програмне забезпечення системного контролера вищого рівня ввести програми формування та зберігання індивідуальних пакетів налаштувань для вимірювачів та їх передачі відповідним вимірювачам. Це дозволить автоматизувати процес налаштування пультів управління для конкретного режиму роботи об'єкту управління.

Ключові слова: щитовий вимірювач електромеханічний, щитовий вимірювач електронний інтелектуалізований.

Література

1. Вимірювачі параметрів електричної мережі. [Електронний ресурс] Доступно: http://www.microl.ua/index.php?option=com_virtuemart&page=shop.browse&category_id=116&Itemid=71&lang=ru Дата доступу: Січ. 20, 2021.

УДК 006.86

АНАЛІЗ ВПЛИВУ СПІВВІДНОШЕННЯ МІЖ ВХІДНИМИ ВЕЛИЧИНАМИ НА ДОДАТКОВУ СКЛАДОВУ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Саутін О. Ю.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: saualex2796@gmail.com

Розглядається вплив інструментальної кореляції двох вхідних величин, які пов'язані між собою, в невизначеність результату перетворення при наявності адитивної і мультиплікативної складових реальної характеристики перетворення вимірювального каналу. В якості базового функціонального перетворення застосовується додавання. Аналізується вплив співвідношення між вхідними величинами на додаткову складову невизначеності функціонального перетворення.

Невизначеність отриманого результату впливає на точність експериментальних процедур, які отримують шляхом проведення обчислювальних операцій над наявними результатами вимірювань [1]. Наявність стохастичного зв'язку між вхідними величинами, які є результатами вимірювань характеристик об'єкту, істотно впливає на сумарну стандартну невизначеність.

Для детальної оцінки впливу реальної характеристики вимірювального каналу на результат вимірювання необхідно провести детальний аналіз переходу від модельного рівняння до рівняння вимірювання, оцінити сумарну стандартну невизначеність отриманого результату з урахуванням інструментальної кореляції. При дослідженні складних об'єктів, для отримання інформації про параметри необхідно проводити комплексні вимірювання, а значення вимірюваної величини, що оцінюється, отримувати розрахунковим шляхом на основі відомої функціональної залежності (модельного рівняння) між нею і величинами.

Проведення на основі модельного рівняння математичних операцій з метою

визначення необхідного параметру виявляє та доводить наявність інструментальної кореляції. Це обумовлено тим, що кожен з отриманих результатів містить загальну складову, обумовлену неточністю вимірювання.

Розглянемо невизначеність знаходження параметру, який обчислюється з використанням найпростіших арифметичних операцій над результатами вимірювань, зокрема додавання. Модельне рівняння для цього випадку має вигляд

$$y = ax_1 + bx_2, \quad (1)$$

де x_1, x_2 - фізичні величини, які характеризують об'єкт дослідження.

a і b – коефіцієнти, які можуть приймати будь-які значення, відмінні від нуля.

Для аналізу невизначеності отриманого результату будемо виходити з рівняння вимірювання [2]:

$$(y + \Delta y) = a(x_1 + \Delta) + b(x_2 + \Delta) \quad (2)$$

$$\Delta y = \Delta(a + b), \quad (3)$$

Δy – зміна результату, що зумовлена наявністю зсуву характеристики, а невизначеність вимірювань знайдемо із формули:

$$u_b(y) = [u_b^2(\Delta)(a + b)^2]^{1/2}. \quad (4)$$

Саме наявність зміщення характеристики вимірювального каналу призводить до збільшення невизначеності на величину «інструментальної коваріації» q , яка вказує на стохастичний зв'язок між вхідними величинами. Для процедури додавання маємо вираз для невизначеності отриманого результату, що враховує наявність стохастичного зв'язку.

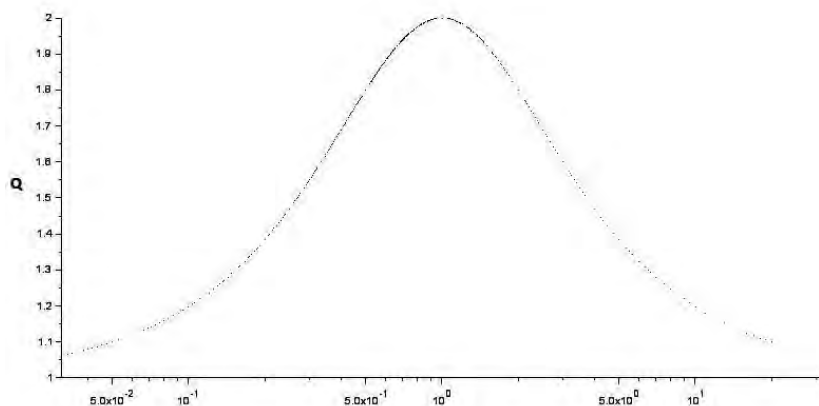
$$[(a^2 + b^2)u^2(\Delta) + 2abu^2(\Delta)]^{1/2}. \quad (5)$$

Для різних можливих варіантів значень коефіцієнтів a і b застосовуємо отриману формулу для невизначеності:

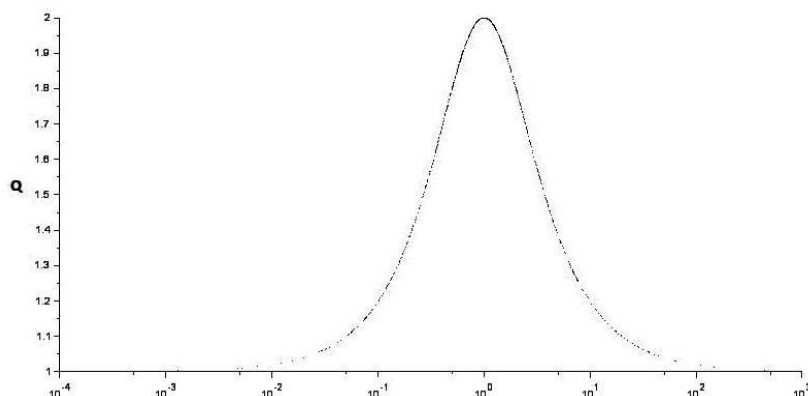
$$q = (a^2 + b^2 + 2ab)/(a^2 + b^2). \quad (6)$$

Таким чином, при однакових вхідних величинах отримали наступні результати:

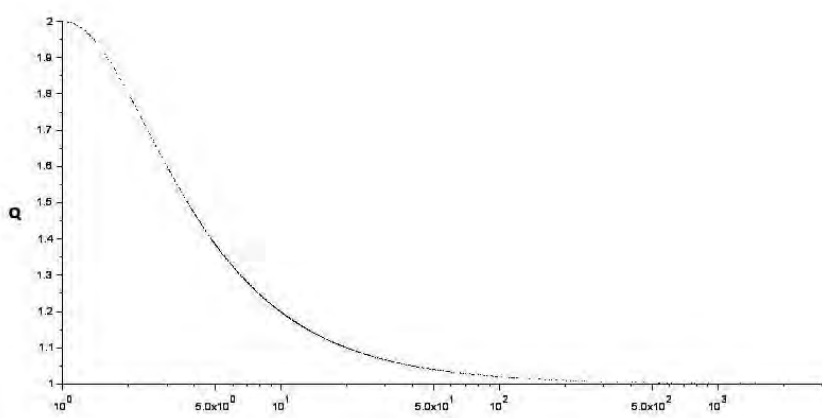
-для $a < 1, b < 1$



-для $a > 1, b > 1$



-для $a > 1$, $b < 1$



Проаналізувавши отримані графіки можемо зауважити той факт, що при будь-яких співвідношеннях між a і b (крім $a = b$) і наявності інструментальної кореляції невизначеність результату буде менше, ніж без неї.

Отже, можемо сказати, що при виконанні операції додавання наявність стохастичного зв'язку завжди призводить до збільшення невизначеності результату та чим більша різниця у вхідних величинах, тим менше позитивний ефект від інструментальної кореляції. Проведений аналіз вказує на те, що цілком варто інакше поглянути на деякі експериментальні процедури з використанням статистичної обробки даних.

Отримали аналітичний вираз для невизначеності результату, що виникає внаслідок наявності стохастичного зв'язку між вхідними величинами при виконанні операцій та оцінили ефект від інструментальної кореляції.

Розуміння цього факту дає нам можливість оцінити вплив реальної характеристики вимірювального каналу на результат вимірювання, провести детальний аналіз переходу від модельного рівняння до рівняння вимірювання, оцінити сумарну стандартну невизначеність отриманого результату з урахуванням інструментальної кореляції.

Ключові слова: вимірювальний канал, реальна характеристика, невизначеність вимірювання, функціональне перетворення, інструментальна кореляційна складова.

Література

- [1] JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections Evaluation of measurement data — Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement / Bureau International des Poids et Mesures, France. [Online]. Available: https://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf
- [2] С. Володарський, М. Добролюбова, Л. Кошева, “Інформаційно-вимірювальні системи та невизначеність”, *Український метрологічний журнал*, №3А, 2020, с. 30-34. WOS:000604400000005
- [3] Warsza, Z. L., Puchalski, J.: Estimation of vector uncertainties of multivariable indirect instrumental measurement systems on the star circuit example. XXII World Congress IMEKO 2018 Belfast. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1065 (2018) 052026, doi:10.1088/1742-6596/1065/5/052026.

УДК 681.5.08

МЕТОДИКА КОНТРОЛЮ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДИМОВИХ ГАЗІВ КОТЕЛЬНИХ АГРЕГАТІВ

Романів В. М., Зубков П. С.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,

Івано-Франківськ, Україна,

E-mail: vasyl484@ukr.net

Під час роботи котельних агрегатів в атмосферу у результаті спалювання палива потрапляють такі шкідливі викиди, як: продукти повного спалювання CO₂, неповного спалювання CO, окисли азоту NO₂, NO, окисли сірки SO₂, SO₃ [1].

За складом димових газів можна визначати оптимальний режим роботи котлоагрегатів із досягненням максимального коефіцієнта корисної дії (ККД) та мінімізувати викиди шкідливих речовин.

Запропоновано підхід, який реалізується на основі статистичних даних, отриманих попередньо на основі експериментальних досліджень конкретного котельного агрегата з використанням певного виду палива. Формується інформаційна структура даних впорядкованих за зростанням параметра CO₂ (таблиця 1).

Таблиця 1. Структура масиву даних для отримання наближених значень концентрацій шкідливих речовин димових газів

<i>№</i>	$C_{CO_2}^{Tab}$	C_{CO}^{Tab}	$C_{NO_2}^{Tab}$	$C_{SO_2}^{Tab}$
1	8,04	1,12	0,052	0,01
2	8,09	1,13	0,054	0,01
...
N	10,64	1,96	0,1	0,09

Для оцінювання наближених значень концентрацій CO, NO₂ та SO₂ спочатку проводимо вимірювання газоаналізатором концентрації CO₂. На наступному етапі визначаємо k-тий рядок із найближчим значенням C_{CO₂}^{Tab} після чого фіксується індекс k-того рядка. Далі розраховують діапазон індексів селективного вікна даних масиву j, мінімальний розмір якого складає дев'ять рядків [2].

Перед проведенням розрахунків проводиться попереднє опрацювання даних селективного вікна, яке передбачає розділення на послідовні фрагменти по три значення $\text{median} \{C_{CO_2}^{Tab}(j_1), C_{CO_2}^{Tab}(j_2), C_{CO_2}^{Tab}(j_3)\}$, $\text{median} \{C_{CO_2}^{Tab}(j_4), C_{CO_2}^{Tab}(j_5), C_{CO_2}^{Tab}(j_6)\}$, $\text{median} \{C_{CO_2}^{Tab}(j_7), C_{CO_2}^{Tab}(j_8), C_{CO_2}^{Tab}(j_9)\}$ і подальшим вибором медіанного послідовно для кожного з фрагментів. Результатом такої операції є масив індексів $i = (0,2)$, що використовуються як посилання на відповідні рядки інформаційної таблиці 1.

В результаті, розрахунок наближеного значення C_{CO} концентрації оксиду вуглецю здійснюється з використанням формул:

$$C_0 = \frac{C_{CO}^{Tab}(i_0)(C_{CO_2} - C_{CO_2}^{Tab}(i_1))(C_{CO_2} - C_{CO_2}^{Tab}(i_2))}{(C_{CO_2}^{Tab}(i_0) - C_{CO_2}^{Tab}(i_1))(C_{CO_2}^{Tab}(i_0) - C_{CO_2}^{Tab}(i_2))};$$

$$C_1 = \frac{C_{CO}^{Tab}(i_1)(C_{CO_2} - C_{CO_2}^{Tab}(i_0))(C_{CO_2} - C_{CO_2}^{Tab}(i_2))}{(C_{CO_2}^{Tab}(i_1) - C_{CO_2}^{Tab}(i_0))(C_{CO_2}^{Tab}(i_1) - C_{CO_2}^{Tab}(i_2))} \quad (1)$$

$$C_2 = \frac{C_{CO}^{Tab}(i_2)(C_{CO_2} - C_{CO_2}^{Tab}(i_0))(C_{CO_2} - C_{CO_2}^{Tab}(i_1))}{(C_{CO_2}^{Tab}(i_2) - C_{CO_2}^{Tab}(i_0))(C_{CO_2}^{Tab}(i_2) - C_{CO_2}^{Tab}(i_1))}$$

$$C_{CO} = \sum_{m=0}^2 C_m$$

Аналогічним способом реалізується розрахунок відповідних концентрацій C_{NO₂}^{Tab} окислу азоту та C_{SO₂}^{Tab} окислу сірки. Доцільно зазначити, що використання операції вибору медіанного з групи трьох спостережень дозволяє уникнути впливу грубих похибок та промахів при незначних обчислювальних затратах у випадку програмної реалізації запропонованої методики[2].

Запропонована методика дозволить оперативно керувати режимом роботи котельних агрегатів із максимальним ККД.

Ключові слова: котельний агрегат, концентрація, димові гази, методика.

Література

- [1] Р. Т. Франко, Б. Г. Кадук, А. А. Кравченко, *Газоаналитические приборы и системы*. Москва, СССР: Машиностроение, 1983.
- [2] В. М. Романів, С. І. Мельничук, “Методика адаптивного оцінювання вищих вуглеводневих компонент природного газу зі статистичним розширенням інформаційної бази”, *Системи обробки інформації*, Вип. 6(131), с. 127-130, 2015.

УДК 655.3.022

ДОСЛІДЖЕННЯ АДГЕЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФАРБ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ДРУКУ

Чуйко М. М., Цисюк І. В.

Івано Франківський національний технічний університет нафти і газу,

Івано-Франківськ, Україна

E-mail: mivt@nung.edu.ua

На даний час використання друку давно уже не обмежується тільки виготовленням книжкових матеріалів, фотоматеріалів, візитних карток та іншої рекламно-інформаційної продукції, а широко застосовується у промисловості (виготовлення друкованих плат, маркування) та для нанесення зображень на готовий текстиль.

Процес друку поліграфічного виробництва передбачає безпосередню взаємодію друкарських рідин (воднофарбової емульсії для офсетного друку, чорнил для струминного друку, водорозчинних фарб для флексографічного друку) та задруковуваного матеріалу. Дана взаємодія залежить від багатьох чинників, до яких належить структура та оптимальна товщина задруковуваного матеріалу і його адгезійні властивості щодо використовуваної рідини, що впливає на рівномірність нанесення фарбового шару та якість видруковуваного матеріалу в цілому.

Саме адгезійні процеси зумовлюють взаємодію на молекулярному рівні задрукованих матеріалів і фарб та подальше проникнення даних рідини у товщину матеріалу. Інтенсивність адгезійних зв'язків визначає ступінь змочування рідиною задрукованої поверхні, що визначає вид технологічного процесу здійснення друку та впливає на стабільність отриманих відбитків.

Для кількісної оцінки адгезійної взаємодії при контакті твердої поверхні матеріалу з рідинами використовують добуток поверхневого натягу рідини на границі її розділу з газовим середовищем σ_{rg} на $\cos\theta$, де θ – крайовий кут змочування, який називають енергією змочування, або адгезійною напругою W_e [1], складові якої визначають шляхом експериментальних досліджень:

$$W_e = \sigma_{rg} \cdot \cos\theta, \quad (1)$$

Для однієї і тієї ж рідини адгезійна напруга залежить від крайового кута змочування, що зумовлений змочувальними властивостями та густинами контактуючих фаз, в'язкістю друкарських рідин, шорсткістю поверхні та наявністю захисних покриттів задрукованого матеріалу. Із зменшенням крайового кута змочування адгезійна напруга зростає.

Вивчення взаємодії задрукованих матеріалів з рідинами є важливим чинником для покращення якості видруковуваного матеріалу, кольоровідтворення та його довговічності.

Ключові слова: друк, якість, адгезійна напруга, крайовий кут змочування.

Література

[1] Э. Зенгнил, *Физика поверхности*. Москва, СССР: Мир, 1990.

УДК 621.31.622

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ ВІБРОДІАГНОСТИКИ ГІДРОАГРЕГАТІВ: СУЧАСНИЙ СТАН

Левицький А. С., Березниченко В. О.
Інститут електродинаміки НАН України, Київ, Україна
E-mail: levitskiyanatoliymail@gmail.com

Енергетика є важливою галуззю економіки. Своєчасне виявлення дефектів у машин, що знаходяться в експлуатації дозволяє значно підвищити надійність їх роботи, знизити час простоїв і зменшити витрати, пов'язані з ремонтом. Для оцінювання їх стану як механічної системи зазвичай використовують системи вібраційного контролю з контролем як відносного, так і абсолютного биття циліндричних поверхонь валу [1]. В доповіді наведено огляд сучасних систем вібраційного контролю гідроагрегатів. Серед них: система VIMOS ASEA-Brown Boveri [2], яка використовується на ГЕС Швеції; система для контролю генераторів одного певного типу MONDIG від ASEA-Brown Boveri [3]; система безперервного контролю SUPER канадської енергокомпанії Hydro Quebec; система VibroSystM Inc (Канада), ZPU-5000 ZOOM [4]; система контролю ГА компанії Bently Nevada (США) [5] та для портативного використання, CoDIS [6].

Висновки. В тезах представлені основні системи вібраційного контролю стану гідроагрегата. В більшості з них, вимірювання радіального биття валів є одною з основних складових. В системах переважно застосовуються струмовихрові сенсори радіального биття характеристики яких залежать від можливих намагнічень валу, а також потребують тарування. Ємнісні сенсори позбавлені цих недоліків та є більш перспективними для використання.

Ключові слова: гідроагрегат, вібраційний контроль, система контролю.

Література

- [1] А. С. Левицький, Є. О. Зайцев, та В. О. Березниченко, “Відносна та абсолютна радіальна вібрація вала вертикального гідроагрегата”, *Гідроенергетика України*, № 3–4, с. 36–39, 2019.
- [2] Б. А. Алексеев, *Определение состояния (диагностика) крупных гидрогенераторов*. Москва, Россия: Научно-учебный центр ЭНАС. 1998.
- [3] G. C. B. Junior, R. D. Machado, A. C. Neto, and M. F. Martini, “Experimental Aspects in the Vibration-Based Condition Monitoring of Large Hydrogenerators”, *International Journal of Rotating Machinery*. 14 p, 2017. doi.org/10.1155/2017/1805051.
- [4] VibroSystM “Спецификации VSM-ZPU5000” [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.vibrosystem.com/ru/library>. Дата звернення: Март. 18, 2021.
- [5] Bently Nevada “Защита и мониторинг состояния оборудования” [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.bakerhughesds.com/ru/zaschita-i-monitoring-sostoyaniya-oborudovaniya-bentli-nevada>. Дата звернення: Март. 10, 2021.
- [6] Iris Power Qualitrol Company “CoDiS PMU – Portable Vibration Monitoring Unit” [Електронний ресурс]. Доступно: <https://irispower.com/products/codis-pmu/>. Дата звернення: Март. 12, 2021.

УДК 621.3

ТЕРМОМЕТРИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ СПРЕСОВАНОСТІ ОСЕРДЯ СТАТОРА ПОТУЖНОГО ТУРБОГЕНЕРАТОРА

Зайцев Є. О., Панчик М. В.

Інститут електродинаміки НАН України, Київ, Україна

E-mail: zaitsev@nas.gov.ua

Основним вузлом статора потужного ТГ є його осердя, втрата працездатності якого означає необхідність заміни всього статора, на відміну від більшості інших складових частин ТГ [1], працездатність осердя визначається стисненням електротехнічної сталі. Пошук зон надмірного зростання температури найпростіше виконувати на дотик, проте з розвитком засобів пірометричних вимірювань, стало доцільно використовувати їх для температурної індикації (просочені хлоридом кобальту листи паперу або шматки парафіну). Після виділення проблемних точок, для подальших дослідження температурних показників використовували термомпари. Подальший розвиток технології пірометричних вимірювань [2], дозволив використовуючи інфрачервоні (ІЧ) телевізійні камери та встановити допустимий поріг виявлення дефектів за мінімальної різниці температур в 10 °С («гарячих точок»).

В доповіді розглядаються методи тестування, які проводяться при регламентних роботах з технічного обслуговування та ремонту, та так звані «онлайн» методи, які мають на меті можливість виявлення пошкодження на початковому етапі, що зазвичай дозволяє уникнути більш серйозних пошкоджень та їх наслідків [3].

Висновки. Проведений аналіз методів та засобів визначення технічного стану осердя статора ТГ показав, що найбільш перспективним є напрямок онлайн моніторингу стану ТГ.

Ключові слова: вимірювання, сенсори, осердя.

Література

- [1] Є. О. Зайцев, М. В. Панчик, “Фізичні процеси та їх вплив на розвиток дефектів в осерді статора потужних генераторів”, *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences*, vol. 224, no 27, pp. 81–84, 2020. DOI:10.31174/SEND-NT2020-224VIII27-20.
- [2] Іє. О. Zaitsev, A. S. Levytskyi, and B. A. Kromplyas, “Capacitive distance sensor with coplanar electrodes for large turbogenerator core clamping system”, in *Proc. IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO-2019)*, Kiev, 2019, pp.644-647.
- [3] А. С. Левицкий, Е. А. Зайцев, та М. В. Панчик, “Контроль сердечника статора турбогенератора при сборке”, на 7-й междунар. научно-техн. конф. *Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов*, Могилев, 2020, с. 99-105.

УДК 621.3

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПОВІТРЯНОГО ЗАЗОРУ МІЖ РОТОРОМ ТА СТАТОРОМ ГЕНЕРАТОРА

Зайцев Є. О., Підчій О. Є.
Інститут електродинаміки НАН України, Київ, Україна
E-mail: zaitsevio@nas.gov.ua

Повітряний зазор між ротором і статором є одним з найважливіших параметрів, який використовують для моніторингу функціонального стану потужних електричних машин. Адже, саме в повітряному зазорі механічна енергія обертання перетворюється в електричну енергію, а його величина є порівняно невеликою в порівнянні з діаметром розточення статора. Тому аналіз параметрів повітряного зазору генератора допомагає виявити наявність неврівноважених сил всередині машини, нециліндричність форми ротора та статора, дефекти пластин статора, ексцентриситет і т. п. [1].

В доповіді наводяться результати аналітичного огляду сучасних систем, який показав, що більшість з них і/або має недостатню кількість вимірювальних каналів та вимагають значну адаптацію до генераторів, що експлуатуються в Україні [2]. У зв'язку з цим, виникає необхідність у розробці спеціалізованих систем контролю повітряного зазору між ротором та статором, що мають малі розміри та вартість, є завадостійкими до дії потужних магнітних полів об'єктів діагностування та забезпечують підвищення достовірності оцінювання технічного стану генераторів, для проведення їх діагностування по фактичному технічному стану [3].

Висновки. В результаті аналізу визначено, що оптимальним є системи з сенсорами ємнісного типу, які за своїми характеристиками не поступаються кращим аналогам, що існують у світі [4].

Ключові слова: генератор, повітряний зазор, сенсор, ротор, статор.

Література

- [1] Б. А. Алексеев, *Определение состояния (диагностика) крупных гидрогенераторов*. Москва, Россия: Научно-учебный центр ЭНАС, 1998.
- [2] А. С. Левицький, Г. М. Федоренко, та О. П. Грубой, *Контроль стану потужних гідро- та турбогенераторів за допомогою ємнісних вимірювачів параметрів механічних дефектів*. Київ, Україна: Ін-т електродинаміки НАН України, 2011.
- [3] Е. А. Зайцев, А. С. Левицький, В. А. Березниченко, та А. Е. Сухорукова, “Адаптивная информационно-измерительная система контроля механического состояния мощных гидрогенераторов”, на 7-ой междунар. научно-техн. конф. *Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов*, г. Могилев, Республика Беларусь, 2020, с. 75-80.
- [4] А. С. Левицький, Є. О. Зайцев, та Б. А. Кромпляс, “Ємнісний сенсор для вимірювання повітряного зазору між статором та ротором в генераторах”, UA 117841 C2, G01B 7/14, G01D 5/24. № a2016 04728; Лист. 10, 2018.

COMPLEX GEOENGINEERING SYSTEMS RELIABILITY PROVIDING

¹⁾Yeremeyev I. S., ²⁾Dychko A. O.

¹⁾Taurida National V. I. Vernadsky University, Kyiv, Ukraine

²⁾National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute",
Kyiv, Ukraine

E-mail: aodi@ukr.net

Complex geoengineering systems (CGS) operate under extreme conditions by means of adaptation to operative environment, working structure and behavior standards. In other words, CGS must be robust. It means, that CGS are capable gradually (regardless of various soft or structure faults) to change the intrinsic performance in acceptable boundaries. Robustness characterizes CGS facility of keeping its feature invariable along the specified time. After this time such characteristics may gradually deteriorate but with a decrease in quality of operation within predefined limits (by reducing dynamic and static accuracy, increasing response time, reducing possible additional functions, etc.). There are the following ways of robustness assurance: structural redundancy; procedural redundancy; informational redundancy; combination of above-mentioned redundancies.

Structural redundancy presumes the duplicating structures utilization while each of them is capable to realize all the necessary procedures and control actions inherent to CGS. The simplest example of structural redundancy is the hardware duplicating and use in standby reserve either in dynamic or in “hot” backup. In the first variant the one hardware is operating but the second one is idle or on maintenance prevention. In the second variant the both hardware operate simultaneously and supplementary monitoring hardware analyses the operation of both complexes and makes a decision about what complex generates the more reliable information. Structural redundancy implies the introduction into the system of additional equipment, structured in such way that even in case of failure of a certain part of the system equipment; the system will continue to function successfully.

Robustness can be ensured by procedural redundancy, which implies a multiple solution by the same problem using the same source data, with the conclusion, that the outcome of the decision is correct, is based on the evaluation of most of the same (or close) decisions. In case of using the “hot” backup duplicating system which contains a module that provides a comparison of the results of the solution of each of the autonomously operating complexes, the same results obtained at the outputs of both identical complexes prove their authenticity. If these outputs differ one from another it may be realized recurrent solution with the same input data, and solution results are compared with the results derived by every subsystem on preceding step. The same result obtained twice by the same complex is considered valid. The decision regarding the second subsystem is made on the basis of comparison of the second of the obtained decisions with a reliable result. If they are identical, the failure is considered unstable and the complex remains operating within the system.

Key words: complex geoengineering systems, reliability, robustness, redundancy.

УДК 621.317.3:620.91:004.65

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ БЛОКУ ЖИВЛЕННЯ АВТОНОМНИХ СТАНЦІЙ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО, ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Пристаупа А. Л.

НУ "Чернігівська політехніка", Чернігів, Україна

E-mail: a.l.prystupa@gmail.com

Автоматизовані автономні гідрометеорологічні вимірювальні станції з бездротовим зв'язком широко використовуються у світі та в Україні [1-4]. Широкого розповсюдження вони набули для вимірювання гідрологічних параметрів. Автономність станцій дає можливість встановлювати станції на найбільш критичних ділянках, не прив'язуючись до наявності поблизу діючих електричних мереж, що дозволяє швидко реагувати на зміну рівня під час початку та перебігу повеней, здійснювати оперативне реагування та зменшувати економічні збитки. Подібні системи вже розміщені в Україні на швидких гірських річках в Карпатах, а також на Волині.

В 2019 році автономна автоматизована станція гідрометеорологічного моніторингу була побудована в рамках міжнародного проекту програми Східноєвропейського партнерства "THEOREMS-Dnipro. Транскордонна система гідрометеорологічного та екологічного моніторингу річки Дніпро" на Чернігівщині біля селища Любич, на березі річки Дніпро.

До складу станції входять різноманітні споживачі електричної енергії, такі як датчики та схеми узгодження їх з системою збору та обробки даних, система передачі вимірів, системи підтримки мікроклімату в шафі з обладнанням, системи охорони, відеоспостереження, власні потреби системи живлення тощо.

Систему електроживлення станції утворюють: фотоелектричні перетворювачі, акумуляторні батареї та системи внутрішнього моніторингу як енергетичних, так і теплових параметрів блоку живлення. Структурна схема системи живлення автономної станції моніторингу представлена на рис.1. [5]

Для контролю параметрів системи електрозабезпечення станції впроваджена система моніторингу, яка складається з

- підсистеми моніторингу енергетичних параметрів (струмів та напруг по вхідним та вихідним каналам);
- підсистеми моніторингу температури, яка складається з низки термодатчиків, які вимірюють температуру в боксі акумуляторних батарей та на платі двонаправленого перетворювача, і відповідно до результатів вимірювань керує роботою системи підігріву або охолодження, що створює відповідні температурні умори роботи елементів системи живлення,

підвищує її надійність, забезпечує збереження ємності акумуляторної батареї взимку та продовжує строк служби в цілому.

В якості датчиків струму та напруги використовувались цифрові інтегральні мікросхеми INA226AIDGST та LM431BIM3/NOPB, які забезпечували наповнення бази даних щодо струмів та напруг по кожному каналу системи живлення з періодичністю щохвилини.

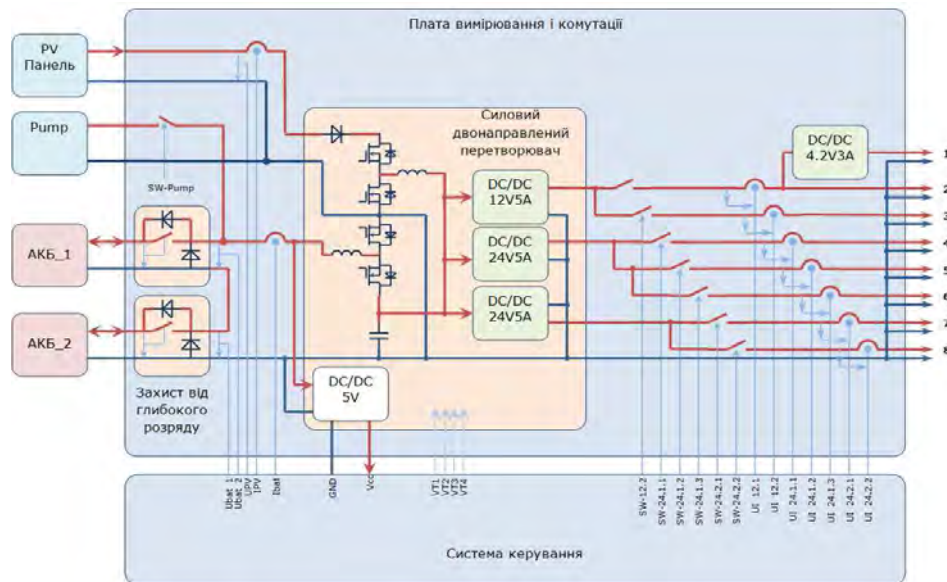


Рис.1. Структурна схема системи електроживлення станції моніторингу

Постійний контроль параметрів системи дозволяє реалізувати алгоритм відбору максимальної потужності від сонячної панелі, забезпечити інформацією інтелектуальний алгоритм, що дозволяє відбирати від сонячної панелі енергію при низьких рівнях освітленості, оцінювати залишкову ємність акумуляторних батарей та відповідно від цього значення змінювати інтервали роботи обладнання станції моніторингу – подавати живлення на певні датчики лише на час зняття показів, включати модем для передачі/прийому даних декілька разів на добу, тощо. Для того, щоб при таких режимах не втрачались дані вимірювань, на станції моніторингу доцільно передбачити плату збору даних, яка постійно буде зберігати результати вимірювань на енергонезалежний накопичувач, а потім при заживленні модему передавати пакет даних. Дана пакетна передача має також перевагу з точки зору використання інтернет трафіку, оскільки різні мобільні оператори використовують різні підходи щодо обліку використаного інтернету, рахуючи десятками, сотнями, тисячами кілобіт. Таким чином передача одного більшого повідомлення забезпечить менший використаний обсяг інтернету у порівнянні з передачею того ж об'єму інформації більш частими, але меншими за об'ємом, повідомленнями.

Аналіз результатів вимірювань протягом 2019-2020 років показав [6], що невизначеність стабілізації напруги вихідних каналів двонаправленого напівпровідникового перетворювача за типом А не більше 1%. Проте в

експериментальній вибірці час від часу трапляються викиди, які необхідно виключати на основі статистичних методів аналізу з розгляду.

Поєднання системи контролю параметрів системи електроживлення та адаптивного алгоритму керування режимом роботи споживачів станції дозволяє забезпечити її стабільну роботу навіть при затяжних похмурих періодах, коли сонячної енергії дуже мало (рис. 2).

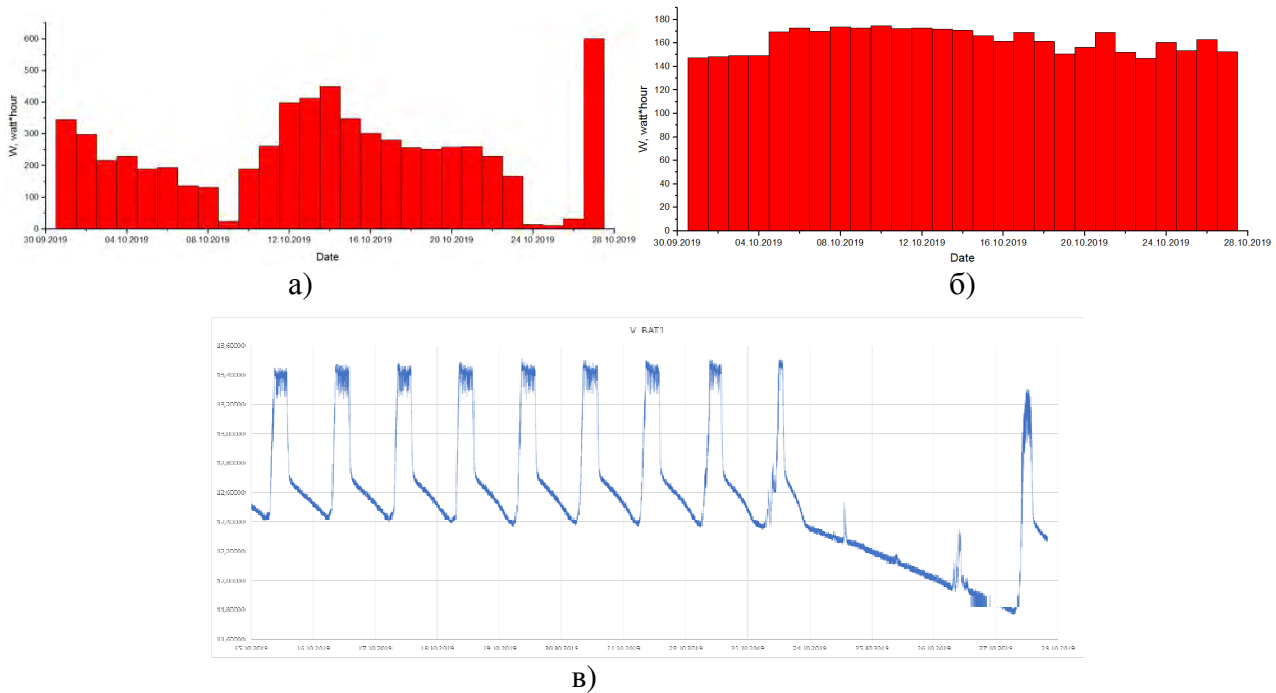


Рис.2. Кількість виробленої а), спожитої б) електроенергії та напруга на акумуляторній батареї за жовтень 2019 року

Ключові слова: автономна станція моніторингу, фотоелектрична панель, блок живлення, контроль електричних параметрів.

Література

- [1] V.Pohrebennyk, O. Korostynska, A. Mason and M. Cygnar, “Operative Control Parameters of Water Environment” in *9th international conference on developments in esystems engineering (dese)*, Liverpool, 2016, pp. 335-340.
- [2] Gallah N., Bahri O. b., Lazreg N., Chaouch A., Kamel Besbes. “Water Quality Monitoring based on Small Satellite Technology”, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 8, no. 3, pp. 357-362, 2017.
- [3] Amit Joshi A. “Water Quality Monitoring System Using Zig-Bee and Solar Power Supply”, *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, vol. 4, no. 10, pp. 8103-8109, 2015.
- [4] Li W., Pan P., Tan L. S., Luo X. K. “Remote On-Line Automatic Monitoring System of Reservoir’s Water Regimen Based on WSN and GPRS Network”, *Applied Mechanics and Materials*, vol. 536, April, pp. 1223-1230, 2014.
- [5] А. Л. Приступа, В. М. Безручко, О. А. Велігорський, А. С. Ревко, Ю. В. Кришньов, *Сучасні автономні гідрометеорологічні вимірювальні станції: монографія*. Чернігів: Видавець Брагинець О.В., 2019.
- [6] А. Л. Приступа, М. С. Дрозд, Є. О. Бабко, “Статистична оцінка параметрів блоку живлення автономної станції моніторингу”, на *наук.-практ. конф. Новітні технології сучасного суспільства (НТСС-2019)*, Чернігів, 2019, с.129-131.