

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Матвіїва Романа Олеговича
«Переносні калібратори для оперативного контролювання характеристик
засобів вимірювань»,

представлену до захисту на здобуття

наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю
05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.

Розвиток і поширення електричних і електронних пристроїв у сучасному побуті та промисловості набуває всеохопного масштабу. Значна частина їх безперебійного і безпечного, а отже, якісного функціонування, заснована на використанні вимірювальної інформації. Її обсяг та доступність зростає в геометричній прогресії. Однак достовірність і вірогідність результатів вимірювань, як і раніше, залежить від метрологічного забезпечення: метрологічної перевірки, калібрування та обслуговування. Саме удосконаленню класичних методів калібрування, розробленню засобів для оперативного контролю розпорошених вимірювальних систем на місці експлуатації та метрологічної перевірки вимірювальних каналів присвячене дисертаційне дослідження Матвіїва Романа Олеговича на тему «Переносні калібратори для оперативного контролювання характеристик засобів вимірювань».

Актуальність теми підтверджується тим, що значна частина вимірювальної інформації отримується і обробляється у вигляді сигналів напруги постійного струму та значень електричного опору.

У роботі основна увага зосереджена на удосконаленні калібрувальних процедур та методах отримання вимірювальної інформації, а саме метрологічна складова цього процесу є **актуальною** науковою темою і з успіхом розвинута дисертантом.

Теоретичним підґрунтям роботи щодо забезпечення необхідних метрологічних і техніко-економічних характеристик багатозначних зразкових мір із мінімальними методичними похибками є використання структурно-алгоритмічних методів корекції похибок.

Метою роботи є підвищення точності калібраторів напруги та імітаторів активного опору шляхом коригування адитивних зміщень.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох основних розділів, висновків, списку використаних джерел та чотирьох додатків.

У першому розділі автор на основі аналізу літературних джерел, публікацій та нормативних документів за напрямом дисертаційних досліджень визначені основні принципи побудови кодированих мір напруги та опору. Встановлено, що контроль метрологічних характеристик засобів вимірювання на місці експлуатації дозволяє різко зменшити ймовірність використання метрологічно невідповідного засобу.

Розглянуті існуючі методи та засоби підвищення метрологічної надійності. Запропонований підхід до практичного застосування

оперативного контролювання вимірювальних каналів розпорошених систем. Встановлено, що сучасні нормативні документи рекомендують впроваджувати такі системи керування вимірюваннями, які забезпечують придатність вимірювального обладнання та методів вимірювання до використання за призначенням та заданий рівень ризиків отримання невірогідних результатів вимірювання. Також розглянуті шляхи коригування адитивних складових похибок в калібраторах напруги постійного струму.

У другому розділі встановлено, що основним недоліком при комутаційно-інвертувальному методі є вплив точності формування імпульсів керування ключами і затримки формування сигналів, які виникають від недостатньої швидкодії комутувальних ключів і перехідних процесів операційних підсилювачів та кодокерованого подільника напруги. Для усунення впливу перехідних процесів запропоновано вихідні сигнали запам'ятовувати на елементах аналогової пам'яті. Наведені графічні залежності зміни напруги на виході суматора, з аналізу яких видно, що амплітуда змінної складової вихідного сигналу суматора залежить від постійної часу елементів пам'яті і суматора.

Проведено дослідження роботи комп'ютерної моделі активного фільтру. Наведена графічна залежність коефіцієнта послаблення змінної складової від частоти при різних значеннях прохідного опору фільтра. Проведений теоретичний аналіз підтверджує ефективність застосування активних фільтрів низьких частот в калібраторах напруги постійного струму. Також враховано і появу методичної складової похибки при встановленні параметрів запропонованих структур калібраторів напруг для мінімізації різниці вихідної напруги.

У третьому розділі обґрунтовано структури імітаторів опору постійному струму та калібраторів напруги з широтно-імпульсною модуляцією та автоматичним коригуванням в них адитивних зміщень. Модернізовано структуру імітатора опору для коригування впливу опорів ліній зв'язку.

Методом комп'ютерного моделювання досліджено спроектовану принципову електричну схему активного імітатора опору з комутаційно-інвертувальним методом коригування адитивних складових похибок. Проведено аналіз структури калібратора напруги з широтно-імпульсним подільником, який показав, що метод комутаційного інвертування коригує вплив на вихідний сигнал напруг зміщення нульового рівня операційних підсилювачів.

У четвертому розділі показано практичну доцільність використання розробленого і виготовленого макету калібратора напруги постійного струму з додатковим джерелом зразкової напруги та аналоговою пам'яттю.

Показані та опрацьовані результати експериментальних досліджень макету калібратора напруги постійного струму з додатковим джерелом зразкової напруги та аналоговою пам'яттю.

Достовірність наукових результатів даної роботи забезпечується комплексними теоретичними та експериментальними дослідженнями методів

і засобів метрологічного забезпечення калібрування ЗВТ і вимірювальних каналів за напругою постійного струму, використанням атестованого вимірювального обладнання, збіжністю результатів оцінювання похибки за розробленою математичною моделлю та їх узгодженням з експериментальними даними, отриманими при дослідженні іншими методами.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у подальшому розвитку метрологічного забезпечення методів і засобів калібрування ЗВТ і вимірювальних каналів за напругою постійного струму. **Уперше** запропоновано для автоматичного коригування адитивних зміщень в калібраторах напруги постійного струму використовувати подвійне комутаційне інвертування зразкової вхідної напруги та вихідної напруги калібратора, яка через фільтри низьких частот подається до двох вихідних запам'ятовувальних конденсаторів, що дає можливість підвищення точності вимірювань (п.1).

За результатами аналізу метрологічних характеристик схем широтно-імпульсних подільників напруги **уперше** запропоновано коригувати адитивну складову похибки в імітаторах електричного опору з використанням двох синхронних перемикачів полярності, потенціалні входи одного з яких сполучені з двома вхідними клемми імітатора, до яких також підключені струмові виходи іншого. Завдяки періодичним перемиканням напрямку протікання струмів через імітатор практично усувається необхідність в ручному встановленні нуля. (п.3).

Покращено характеристики калібратора напруги постійного струму зменшенням вдвічі пульсації вихідного сигналу шляхом уведення додаткового джерела вхідної опорної напруги та модифікацією алгоритму роботи вимірювальної системи. (п.2).

Покращено характеристики імітатора опору з чотирипровідним підключенням до вимірюваного об'єкту підвищенням точності коригування впливу опору одного із струмових під'єднувальних дротів та модифікацією схеми та алгоритму роботи вимірювальної системи. (п.4).

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні макету калібратора напруги постійного струму, експериментальному дослідженні його метрологічних характеристики та підтвердженні їх збіжності із результатами математичного моделювання. На підставі розроблених рішень налагоджено співпрацю закладу вищої освіти з виробничими підприємствами приладобудівного профілю. Також покращить практичне застосування запропоновані схемотехнічні рішення калібратора напруги постійного струму та імітатора опору, що стимулюватиме розроблення нових та удосконалення існуючих вимірювальних пристроїв і перетворювачів.

Таким чином, *наукова новизна* роботи ґрунтується на результатах аналізу метрологічної надійності контролю ЗВТ, одним із показників якої є оперативність, науковому підході до розроблення і впровадження методів покращання метрологічного забезпечення та обслуговування засобів вимірювань.

До роботи можна зробити такі зауваження:

1. Серед поставлених автором дослідження завдань п.7 містить не висвітлені у роботі розрахунок ефективності запропонованого методу і засобів коригування адитивних похибок, який би ґрунтувався не лише на покращенні метрологічних характеристик процесу калібрування, але й врахував би економічні параметри скорочення витрат, отриманого від їх впровадження.
2. У формулюванні вірогідності отриманих результатів має бути обумовлена також збіжністю експериментальних результатів і апарату математичного аналізу (С. 26).
3. Викликає сумнів рівнозначність вживання автором словосполучень «адитивна похибка» і «адитивне зміщення» (С. 4, 7, 8 і далі).
4. У гл. 3.6, як і в попередніх (С. 78), не названо оболонку і авторство, режим доступу до програмного засобу для комп'ютерного моделювання роботи схем калібраторів.
5. Часову діаграму з дослідження ШІМ-калібратора (рис.3.15) доцільно було б доповнити графіком вихідних імпульсів другого тактового генератора, що описано на С. 113, від якого встановлюється коефіцієнт перетворення ШІМ-подільника в цілому.
6. Покращило б сприйняття наукового обґрунтування отриманих результатів винесення частини таблиць глав 4.1 і 4.3 з первісними результатами вимірювань у додатки, замінивши їх аналізом-порівнянням результатів, отриманих комп'ютерним і фізичним моделюванням.
7. Ряд помилок присутній в оформленні рисунків: не зображено включення джерела зразкової напруги в схемі (рис. 3.9 С.105); нечитабельні підписи елементів схем (рис. 2.6, 2.9, 3.8, 3.13, 3.14)
8. Наявні деякі помилки редагування: список абревіатур неповний (ПСЧ, ККПН) і не упорядкований за алфавітом; у формулі (3.68) підписано параметр t замість f ; число таблиць і рисунків у роботі не співпадає із наведеними в авторефераті.

Вказані зауваження не применшують значення роботи, як **закінченого наукового дослідження у галузі розроблення і впровадження методів і засобів покращання метрологічного обслуговування засобів вимірювань на місці експлуатації.**

За результатами виконаної роботи автором опубліковано 10 наукових праць, серед них: 4 статті у фахових виданнях України, з них 1 у виданні України, що включене до міжнародної наукометричної бази, 1 стаття у періодичному виданні іншої держави, 4 тез доповідей на міжнародних, всеукраїнських та студентських науково-технічних та науково-практичних конференціях. Поданий разом з дисертацією автореферат написаний у відповідності з вимогами МОН України і за змістом ідентичний дисертаційній роботі.

Висновки щодо відповідності дисертації вимогам Міністерства освіти і науки України. Не зважаючи на ряд вказаних зауважень, дисертація

Матвіїва Романа Олеговича є завершеною науковою працею, в якій отримані нові наукові та практичні результати, що є теоретичним напрацюванням для розвитку метрологічного забезпечення контролю та калібрування в результаті удосконалення вимірювальних пристроїв, засобів вимірювання та методів коригування адитивних складових непевностей результатів калібрування за напругою постійного струму та імітаторів електричного опору.

Підсумовуючи вищесказане, вважаю, що за **своїм змістом, актуальністю, науковою новизною та практичною цінністю** дисертаційна робота Матвіїва Романа Олеговича повністю відповідає вимогам МОН України згідно з п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор заслуговує присвоєння наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.

Офіційний опонент
головний науковий співробітник відділу
організації науково-дослідної діяльності
Львівського державного університету
безпеки життєдіяльності, к.т.н., доцент

Рудик Юрій Іванович

Підпис засвідчую:
Учений секретар
Львівського державного університету
безпеки життєдіяльності
к.і.н., доцент



Р. В. Лаврецький

16.11.2018 р.