

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»
Кафедра автоматизації, метрології та енергоефективних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

на тему

Удосконалення тестового методу підвищення точності вимірювального каналу для
організації високоточних вимірів
(тема кваліфікаційної роботи)

Виконав: студент __ курсу, групи ДЕА-ІВ23мг
спеціальності : 175 Інформаційно-вимірювальні технології
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

_____/ Антон ДОЦЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____/ Олена БЛИЗНИЧЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____/ Олександр АЛЕКСАНДРОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____/ Геннадій КАНЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____/ Євгеній КЛЮЧКА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____/ Євгеній КЛЮЧКА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2024 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ «УКРАЇНСЬКА ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ»

Кафедра автоматизації, метрології та енергоефективних технологій

Спеціальність 175 Інформаційно-вимірювальні технології

Освітньо-професійна програма «Якість, стандартизація та сертифікація»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

(підпис)

д.т.н., проф. Геннадій КАНЮК

«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

**на кваліфікаційну роботу (дипломну роботу/дипломний проєкт)
другого (магістерського) рівня вищої освіти**

здобувачу (ці) вищої освіти _____ Антону ДОЦЕНКУ _____
 (ім'я, прізвище)

1. Тема «Удосконалення тестового методу підвищення точності вимірювального каналу для організації високоточних вимірів»

затверджена наказом по академії № 4801-5/3704 від 21.11.2024 р.

2. Термін здачі закінченої роботи «05» грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи/проєкту : Закони України, Постанови Верховної Ради, Постанови Кабінету Міністрів, теоретичні та практичні розробки вітчизняних та зарубіжних авторів за темою роботи, періодичні видання, статистичні дані, галузева нормативна документація, технологічна документація.

4. Зміст роботи/проєкту (перелік питань, що їх належить розробити): Вступ. 1. Аналіз проблем розробки методів корекції систематичної похибки. 2. Удосконалення тестового методу підвищення точності вимірювального каналу для організації високоточних вимірів. 3. Комп'ютерна модель вдосконаленого тестового методу 4. Безпечні вимоги праці при проведенні вимірювальних процедур. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (презентаційний матеріал): 1. Ціль, об'єкт, предмет та задачі дослідження 2. Класифікація похибки ЗВ 3. Методи підвищення точності вимірювань 4. Структурні схеми методів та математичні моделі перетворень 5. Структурна схема вимірювальної системи 6. Структурні схеми вимірювальної установки 7. Рівняння перетворення тестів 8. Модель вимірювального каналу, лицьова панель та функції перетворення тестового та удосконаленого методів

9. Модель удосконаленого тестового методу та результати її дослідження
10 Висновки.

6. Консультант:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	

7. Дата видачі завдання «2» вересня 2024 р.

Керівник роботи

 (підпис) Олена БЛИЗНИЧЕНКО
 (ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання

 (підпис) Антон ДОЦЕНКО
 (ім'я, прізвище)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК
виконання кваліфікаційної роботи
(дипломної роботи/дипломного проєкту)

№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	Вступ	02.09.2024 – 05.09.2024	
2	Аналіз проблем розробки методів корекції систематичної похибки	06.09.2024 – 15.10.2024	
3	Удосконалення тестового методу підвищення точності вимірювального каналу для організації високоточних вимірів	16.10.2024 – 05.11.2024	
4	Комп'ютерна модель вдосконаленого тестового методу	06.11.2024 – 10.11.2024	
5	Безпечні вимоги праці при проведенні вимірювальних процедур	11.11.2024 – 25.11.2024	
6	Висновки	26.11.2024 – 01.12.2024	
7	Оформлення пояснювальної записки та презентації	02.12.2024 – 05.12.2024	

Здобувач (ка) вищої освіти

 (підпис) Антон ДОЦЕНКО
 (ім'я, прізвище)

Нормоконтроль

 (підпис) Євгеній КЛЮЧКА
 (ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломної роботи складає: 69 сторінок, 18 рисунків, 6 таблиць, 22 переліки посилань.

Ключові слова: СИСТЕМАТИЧНА ПОХИБКА, ТЕСТОВИЙ МЕТОД, КОРЕКЦІЯ ПОХИБКИ, ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАНЬ, КАНАЛ ВИМІРЮВАННЯ, КОРЕКЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ

Об'єктом дослідження є тестовий метод підвищення точності вимірювального каналу.

Мета роботи – удосконалення тестового методу підвищення точності вимірювального каналу для виключення впливу параметрів адитивного та мультиплікативного тестів на результат вимірювання. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання: вивчити існуючі методи корекції результатів вимірів; розробити структурну схему вимірювального каналу для реалізації вдосконаленого тестового методу; розробити комп'ютерну модель удосконаленого методу серед LabVIEW; дослідити поведінку розробленої комп'ютерної моделі.

Область застосування: удосконалений тестовий метод може бути використаний для організації високоточних вимірювань під час проведення експериментів у різних галузях науки та техніки.

ABSTRACT

An explaining message consists of: 69 pages, 18 pictures, 6 tables, 22 lists of references.

Keywords: SYSTEMATIC SUPPRESSION, TEST METHOD, CORRECTION OF SUPPRESSION, ACCURACY OF SUPPRESSION, SUPPRESSION CHANNEL, CORRECTION OF SUPPRESSION RESULTS

The object of investigation is a test method for increasing the accuracy of the visualization channel.

The purpose of qualified work– improvement of the test method for increasing the accuracy of the vibrating channel to include the inclusion of parameters of additive and multiplicative tests on the vibrating result. To achieve this goal, it is necessary to complete the following tasks: learn basic methods for correcting the results of extinctions; develop a block diagram of the visual channel for the implementation of a detailed test method; develop a computer model of an advanced LabVIEW method; monitor the behaviour of the fragmented computer model.

Area of focus: improvement of the test method can be used to organize high-precision measurements during the conduct of experiments in various fields of science and technology.

ПЕРЕЛІК СКРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

АСУТП – автоматизована система управління технологічним процесом

ВП – вимірювальний перетворювач

ВПІ віртуальний прилад

ЕМВ - електромагнітне випромінювання

ЗВ – засіб вимірювання

ІВС – інформаційно-вимірювальна система

РС – надзвичайна ситуація

ОП – обчислювальний пристрій

ПК – персональний комп'ютер

Р - розподілювач

СФП - статична функція перетворення

ТДР - тимчасово допустимі рівні (

ФП – функція перетворення

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ РОЗРОБКИ МЕТОДІВ КОРЕКЦІЇ СИСТЕМАТИЧНОЇ ПОХИБКИ	10
1.1 Точність та похибка виміру	10
1.1.1 Поняття точності виміру	10
1.1.2 Випадкова та систематична похибка вимірювання	13
1.2 Методи підвищення точності вимірювань.....	14
1.2.1 Метод зразкових заходів	18
1.2.2 Метод зворотного перетворення	20
1.2.3 Тестовий метод	21
РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕСТОВОГО МЕТОДУ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИСОКОТОЧНИХ ВИМІРІВ	26
2.1 Усунення впливу параметра мультиплікативного тесту.....	26
2.2 Усунення впливу параметра адитивного тесту.....	27
2.3 Усунення впливу параметрів адитивного та мультиплікативного тестів	29
РОЗДІЛ 3 КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ ВДОСКОНАЛЕНОГО ТЕСТОВОГО МЕТОДУ.....	34
3.1 Створення моделі вимірювального каналу під час застосування тестового методу	34
3.2 Створення моделі вимірювального каналу при застосуванні вдосконаленого тестового методу.....	40
3.3 Дослідження отриманої моделі вдосконаленого тестового методу ..	45
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕЧНІ ВИМОГИ ПРАЦІ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРОЦЕДУР	50

4.1 Правові та організаційні питання забезпечення безпеки	50
4.1.1 Ергономічні вимоги до робочого місця	50
4.1.2 Режим праці та відпочинку	51
4.2 Виробнича безпека	52
4.2.1 Небезпечні та шкідливі фактори	52
4.2.2 Відхилення показників мікроклімату	53
4.2.3 Недостатня освітленість робочої зони	55
4.2.4 Підвищений рівень електромагнітних випромінювання.....	58
4.2.5 Психофізіологічні фактори	60
4.2.6 Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини	61
4.3 Екологічна безпека	61
4.4 Безпека у надзвичайних ситуаціях	62
4.4.1 Аналіз можливих надзвичайних ситуацій, які можуть виникнути в лабораторії під час проведення досліджень	62
4.4.2 Обґрунтування заходів щодо запобігання НС та розробка порядку дії у разі виникнення НС.....	63
Висновки до четвертого розділу	64
ВИСНОВОК	65
ПЕРЕЛІК ПОСЛАНЬ	

ВСТУП

Мінімізація систематичної похибки засобів вимірювань (ЗВ) є важливою та необхідною стадією практичної вимірювальної процедури, що дозволяє підвищити точність вимірювань.

Актуальність роботи обумовлено необхідністю подальшого вдосконалення методів підвищення точності вимірів і, зокрема, тестового методу як одного з найпоширеніших.

Метою роботи є удосконалення тестового методу підвищення точності вимірювального каналу для виключення впливу параметрів адитивного та мультиплікативного тестів на результат вимірювання.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати особливості існуючих методів корекції результатів вимірів;
- провести їх класифікацію;
- розробити та обґрунтувати структурну схему вимірювального каналу для реалізації вдосконаленого тестового методу;
- розробити комп'ютерну модель удосконаленого методу у середовищі LabVIEW;
- дослідити комп'ютерну модель;
- провести аналіз небезпечних, шкідливих факторів та надзвичайних ситуацій, що виникають у процесі використання методу зворотного перетворення для проведення досліджень в умовах метрологічної лабораторії та виробити рекомендації щодо відповідності їх нормативним документам.

Область застосування отриманих результатів : результат досліджень - удосконалений тестовий метод може бути використаним для організації

високоточних вимірювань під час проведення експериментів у різних галузях науки та техніки.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ РОЗРОБКИ МЕТОДІВ КОРЕКЦІЇ СИСТЕМАТИЧНОЇ ПОХИБКИ

Підвищення вимог до якості продукції тягне за собою посилення вимог до допусків на контрольовані параметри сировини та продукції, а отже, і посилення вимог до точності вимірювань.

Забезпечення необхідної точності вимірювань, виконуваних різних стадіях виробництва одна із головних завдань метрологічної служби підприємства. В умовах жорсткої конкурентної боротьби за лідерство на ринку зростають вимоги до якості продукції, що випускається, і гостро постає питання про підвищення точності вимірювань.

1.1 Точність та похибка виміру

1.1.1 Поняття точності виміру

Завжди підвищення точності вимірів сприяло розвитку народного господарства, світового науково-технічного прогресу, покращенню здоров'я та життя людей. Фундаментальним науковим відкриттям неодноразово передувало значне підвищення точності вимірів.

Основні методи підвищення точності вимірювань, що застосовуються на практиці, викладені в РМГ 64-2003 «ДСІ. Забезпечення ефективності під час управління технологічними процесами. Методи та способи підвищення точності вимірювань» [1].

Під точністю мається на увазі характеристика якості вимірювання, яка відображає близькість похибки вимірювання до нуля. Кожен метод підвищення точності вимірів зменшує (виключає) ту чи іншу складову похибки. Як відомо, поняття точність виміру і похибка виміру тісно

пов'язані між собою, що менше похибка, то вище точність виміру. Похибка є найважливішою метрологічною характеристикою засобів вимірів, це відхилення результату виміру від істинного (дійсного) значення вимірюваної величини. Існують різні види похибок, класифікація яких наведена рис. 1.1.

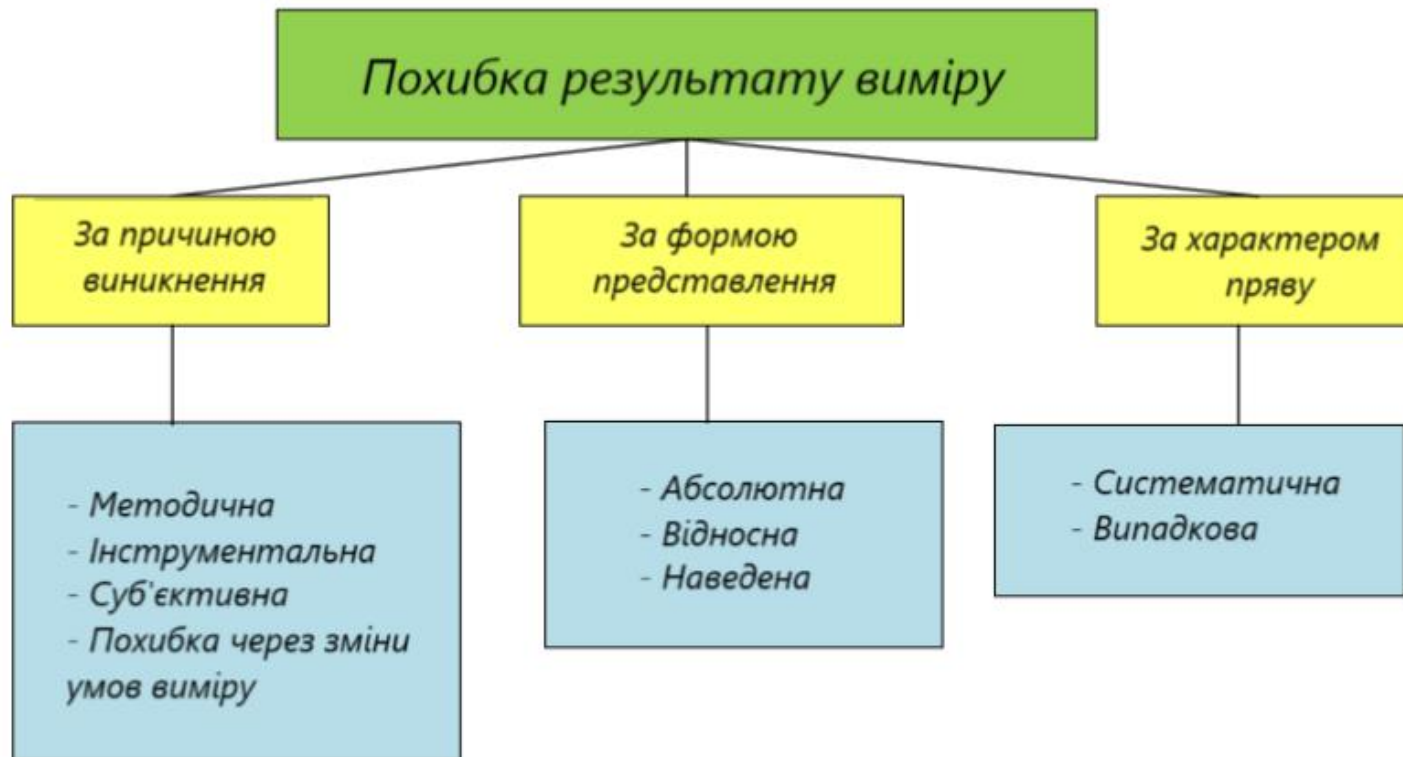


Рис. 1.1 Класифікація похибки ЗВ

Методичні похибки обумовлені недосконалістю методу, спрощеннями, які у основі методу. Похибки, спричинені неточністю градування шкали, недосконалістю принципу дії засобу вимірювань називають інструментальною похибкою. Також через виникнення існують суб'єктивні похибки, це похибки, зумовлені професіоналізмом оператора. При використанні засобу вимірювання умов, що відрізняються від нормальних, з'являється так звана додаткова похибка.

За формою уявлення розрізняють абсолютну, відносну та наведену похибки. Абсолютна похибка вимірюється у тих самих одиницях виміру, як і вимірювана величина, відносна похибка на відміну абсолютної є безрозмірною величиною, чисельне значення вказується, зазвичай у відсотках.

1.1.2 Випадкова та систематична похибка вимірювання

Процес вимірювання неминуче супроводжується помилками, які викликані нестабільністю умов проведення вимірювань, недосконалістю вимірювальних засобів, недосконалістю методики вимірювань та самого методу вимірювань, недостатнім досвідом оператора, що виконує вимірювання та іншими факторами.

Якщо при повторних вимірах однієї й тієї величини похибка змінюється випадковим чином, то таку похибку називають випадковою. Ця похибка є непостійною за знаком і величиною, а конкретне значення випадкової похибки передбачити неможливо. На появу цієї похибки впливає комплекс факторів, серед яких немає домінуючих.

Випадкові похибки повністю усунути неможливо, їх значення можна зменшити, вживаючи заходів, що дозволяють стабілізувати фактори, що впливають на цю похибку.

Систематична похибка вимірювання залишається постійною чи закономірно змінюється при повторних вимірах однієї й тієї величини.

Ці похибки можна виявити, зменшити чи усунути. Існують різні методи зменшення систематичної похибки СІ, але з розвитком науки та техніки потрібно збільшити точність даних методів.

Далі розглянемо існуючі методи підвищення точності вимірювань.

1.2 Методи підвищення точності вимірювань

Одним із найбільш ефективних способів підвищення точності вимірювань є використання високоточних засобів вимірювань.

Існують такі методи підвищення точності засобів вимірювання (рис. 1.2).



Рис. 2.1 Методи підвищення точності вимірювань

Метод заміни менш точного засобу вимірювань на більш точний є результативнішим при домінуючій інструментальній складній похибці вимірювань. Для вимірювальних каналів та інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) замінюють на точніші лише ті засоби вимірювань, у яких похибки домінують при розрахунку сумарної похибки ІВС або каналу. У ряді випадків через неможливість вибору більш точних засобів вимірювань цей спосіб підвищення точності є не завжди доступним. Це пов'язано з умовами експлуатації засобів вимірів. Цей спосіб є витратним, оскільки зі збільшенням точності засобу вимірів збільшується їхня вартість.

Метод обмеження умов застосування засобів вимірювань є доцільним при домінуванні додаткових похибок ЗВ, спричинених суттєвим відхиленням зовнішніх факторів, що впливають, від прийнятих відповідними нормативними документами як нормальні. А також цим методом можна зменшити деякі методичні складові похибки вимірювань.

Метод індивідуального градуювання ЗВ ефективним при домінуванні систематичної складової похибки. Ця похибка може бути зменшена за рахунок введення виправлення на результат вимірювання. Ці поправки отримують за індивідуальним градуюванням ЗВ. Індивідуальне градуювання ЗВ активно використовують в автоматизованих системах управління технологічними процесами (АСУТП) та ІВС. При застосуванні цього методу необхідно враховувати зміну систематичних складових похибки ЗВ за короткий проміжок часу експлуатації.

При домінуванні випадкової складової похибки ЗВ раціонально виконати багаторазові спостереження та подальше усереднення результатів. Необхідно враховувати, що випадкова складова ЗВ поточних значень більша за випадкову складову ЗВ усередненого значення. Для підвищення точності вимірювань поточних значень необхідно уникати згладжування

інформації про зміну вимірюваної величини. Даний спосіб працює, якщо під час усереднення є відсутньою зміна поточних значень вимірюваної величини одночасно зі зміною похибки поточних значень. Таким чином, частотний спектр випадкової складової похибки вимірювань поточних значень є значно більшим за частотний спектр процесу зміни вимірюваної величини.

Для зниження трудомісткості вимірювань впроваджують автоматизацію вимірювальних процедур, що сприяє виключенню суб'єктивних похибок, які виникають при обчисленні проміжних та кінцевих результатів вимірювань, при обробці діаграм та інших операціях, що виконуються людиною.

Впровадження способів контролю працездатного стану засобів вимірювань у процесі їхньої експлуатації сприяє знаходженню, виключенню або зниженню метрологічних відмов. У ряді випадків системи контролю працездатності ЗВ у процесі експлуатації є досить ефективними без будь-яких обмежень на складові похибки ЗВ та їх систематичний чи випадковий характер.

При домінуванні методичних складових похибки вимірів розробляють чи удосконалюють методики виконання вимірів. В АСУТП та ІВС складові методичної похибки вимірювань, визначені відмінністю функції від алгоритму обчислень, зменшують застосуванням досконалішого алгоритму. Удосконалення алгоритму обробки результатів вимірювань також може поліпшити методику виконання вимірювань.

Не менш ефективним методом підвищення точності є використання при вимірюваннях інформаційної надмірності.

Метод порівняння з мірою полягає у порівнянні розміру вимірюваної величини з розміром величини, що відтворюється мірою за допомогою компаратора. Експериментальне значення величини, що шукають,

обчислюють за отриманими значеннями показань компаратора і номінального значення міри.

Даний метод виключення систематичної похибки вимірів є найефективнішим. Якщо показ компаратора дорівнює нулю, такий метод називають нульовим, при інших показниках називають диференціальним.

Важливою умовою застосування нульового методу є використання регульованих або багатозначних заходів з малою дискретністю відтворення розміру величини. Ця умова обмежує застосування нульового методу, оскільки ці заходи менш точні проти однозначними заходами.

Метод зворотного перетворення застосовують за автоматичної корекції похибки ЗВ. При реалізації цього використовують зворотний перетворювач, реальна статична функція перетворення (СФП) якого збігається з функцією, зворотної номінальної характеристики перетворення ЗВ. Даний метод є ітераційним та ефективним, якщо зворотний перетворювач точніше прямого перетворювача. Він має такі особливості:

- точність корекції результатів вимірювань залежить від точності еталонного зворотного перетворювача;
- під час проведення вимірювань корекція здійснюється безперервно;
- усі види інструментальної похибки піддані корекції.

Тестові методи підвищення точності вимірювань використовують у різних ІВС для вимірювання електричних та неелектричних величин. Суть цих методів полягає у визначенні параметрів СФП за допомогою додаткових перетворень тестів, кожен тест пов'язаний функціонально з вимірюваною величиною [1].

1.2.1 Метод зразкових заходів

Суть методу зразкових заходів полягає у порівнянні вимірюваної величини з розміром величини, що відтворюється мірою, за допомогою

компаратора. Далі розраховують вимірювану величину за отриманими значеннями компаратора і номінальним значенням міри. Застосування цього методу є найефективнішим способом зменшення систематичної похибки вимірів. Область застосування обмежено лінійними вимірювальними перетворювачами електричних величин [2]. Структурну схему методу представлено на рис. 1.3.

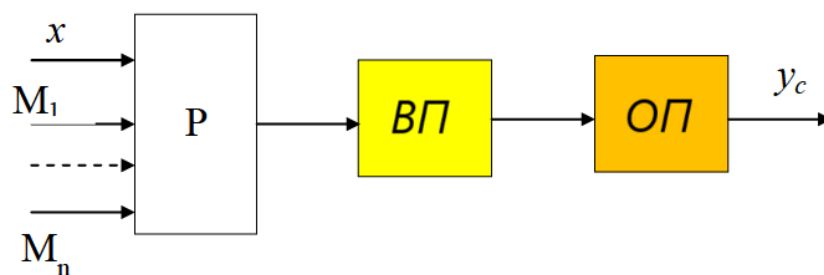


Рис. 1.3 – Структурна схема методу зразкових заходів :

Р- розподілювач; ВП – вимірювальний перетворювач;

ОП – обчислювальний пристрій

Коригований результат вимірювання розраховують шляхом розв'язання системи рівнянь (1.1)

$$\left. \begin{aligned} y_0 &= a_1 + a_2 x + \dots + a_n x^{n-1} \\ y_1 &= a_1 + a_2 M_1 + \dots + a_n M_1^{n-1} \\ &\dots \\ y_n &= a_1 + a_2 M_n + \dots + a_n M_n^{n-1} \end{aligned} \right\} \quad (1.1)$$

1.2.2 Метод зворотного перетворення

Метод зворотного перетворення має безліч модифікацій, ефективність використання яких залежить від характеру похибки, яку коригують, від необхідної швидкодії, від наявних апаратних засобів, точності і т.д. На рис. 1.4 представлено структурну схему методу зменшення систематичної похибки вимірювань.

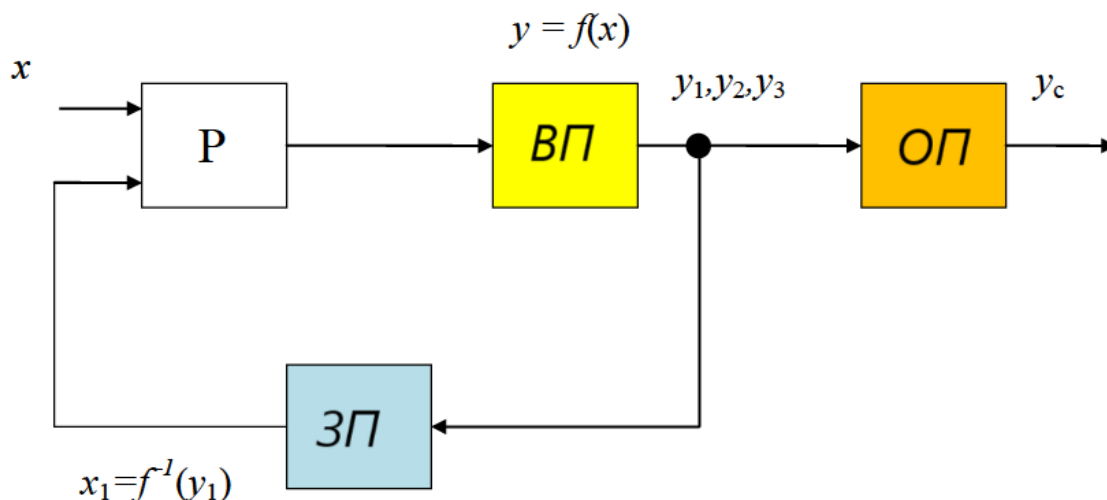


Рис. 1.4 – Структурна схема методу зворотного перетворення

Вихідні дані для скоригованого результату вимірів отримують під час виконання двох ітерацій. Вимірювану величину подають на вхід вимірювального перетворювача (ВП), далі цифровий код результату запам'ятовує обчислювальний пристрій (ОП) і подає його на вхід зворотного перетворювача (ЗП), на виході якого виходить аналоговий сигнал y_1 , відповідний результату вимірювань. Далі величину, отриману на виході зворотного перетворювача за допомогою розподільника (Р), подають на вхід вимірювального перетворювача (ВП). Після вимірювання аналогового сигналу y_2 обчислювальний пристрій (ОП) визначає значення скоригованого результату вимірювань y_c .

Метод зворотного перетворення дозволяє зменшувати адитивну та мультиплікативну складові похибки вимірів [2].

1.2.3 Тестовий метод

Тестові методи підвищення точності вимірювань дозволяють виключити вплив на результат вимірювань параметрів вихідного вимірювального пристрою та інших складових похибки вимірювань

шляхом перетворення спеціальних тестових сигналів та обробки результатів перетворень за певним алгоритмом. Дані методи мають високу ефективність, а також дозволяють на своїй базі створювати вимірювальні системи для вимірювань, як електричних, так і неелектричних величин. Сутність тестових методів підвищення точності вимірювань полягає у визначенні параметрів статичної функції перетворення за допомогою додаткових перетворень тестів, які функціонально пов'язані з величиною, що вимірюється. При реалізації тестових методів процес вимірювання складається з $n+1$ тактів, де n – кількість тестів, що використовуються. У першому такті перетворюється вимірювана величина, далі в додаткових n тактах перетворюються тести $A_1(x), A_2(x), \dots, A_n(x)$, кожен з яких є функцією вимірюваної величини [2]. Результати перетворень $y_1, y_2, \dots, y_n$ можуть бути подані у вигляді:

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= a_1 + a_2 A_1(x) + \dots + a_n A_1(x)^{n-1} \\ &\dots \\ y_n &= a_1 + a_2 A_n(x) + \dots + a_n A_n(x)^{n-1} \end{aligned} \right\}, \quad (1.2)$$

для отримання тестового алгоритму підвищення точності вимірювань необхідно визначити параметр $a_1, a_2, \dots, a_n$ статичної функції перетворення вихідного засобу вимірювань із системи рівнянь (1.2), далі знайти значення вимірюваної величини, підставивши отримані значення параметрів $a_1, a_2, \dots, a_n$.

Структурна схема вимірювальної системи алгоритму тестового методу підвищення точності вимірів представлена рис. 1.5.

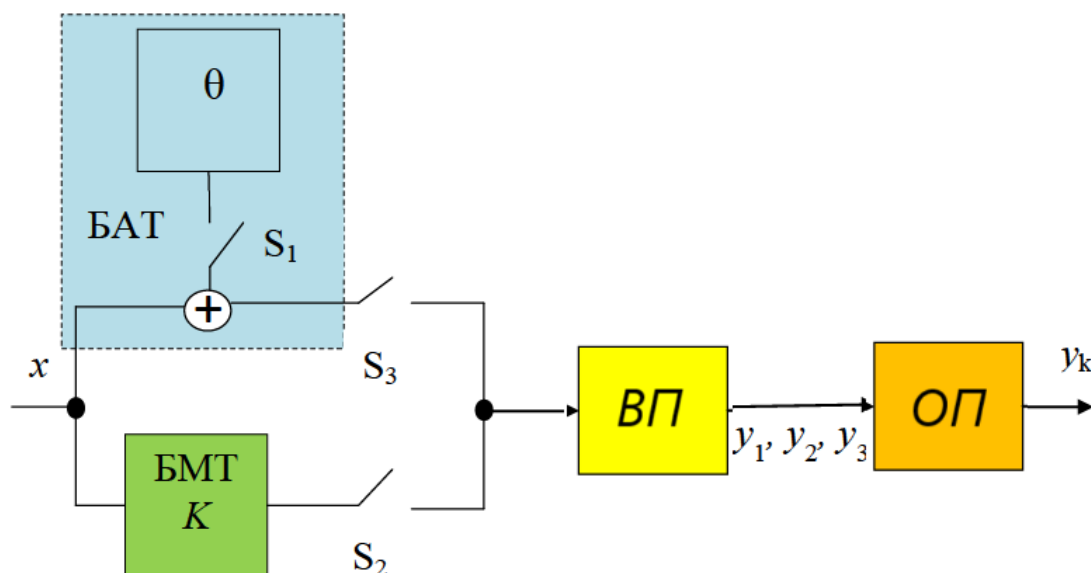


Рис. 1.5 – Структурна схема вимірювальної системи

Вимірювальна система складається з блоку адитивного тесту (БАТ), блоку мультиплікативного тесту (БМТ), обчислювального пристрою (ОП), вимірювального перетворювача (ВП), ключів (S_1 , S_2 , S_3).

Процес вимірювання складається з трьох тактів. У першому такті ключі S_1 , S_2 розімкнені, на вхід подається тільки величина, що вимірюється. У другому такті ключ S_1 замикається і на вхід вимірювального перетворювача подається адитивний тест (x), що формується блоком адитивного тесту (БАТ). У третьому такті ключ S_1 розмикається і замикається ключ S_2 , забезпечуючи підключення до входу вимірювального перетворювача мультиплікативного тесту виду $K \cdot x$ формується блоком мультиплікативного тесту. Тобто щоб отримати значення вимірюваної величини необхідно вирішити систему рівнянь наступного виду:

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= a_1 + a_2 x; \\ y_2 &= a_1 + a_2 (x + \theta); \\ y_3 &= a_1 + a_2 Kx \end{aligned} \right\} \quad (1.3)$$

Отже, вираз визначення значення вимірюваної величини виглядає так:

$$y_k = x = \frac{y_3 - y_1}{y_2 - y_1} \cdot \frac{\theta}{K - 1}. \quad (1.4)$$

Похибка блоків формування тестів обчислюється наступним чином (1.5):

$$\Delta = \gamma_\theta \cdot \Delta_\theta + \gamma_K \cdot \Delta_K, \quad (1.5)$$

де Δ_θ - Абсолютна похибка, обумовлена відмінністю реального значення постійної складової θ адитивного тесту від номінального;

Δ_K - абсолютна похибка, обумовлена відмінністю реального значення коефіцієнта перетворення БМТ від номінального;

γ_θ, γ_K - вагові коефіцієнти, що визначаються співвідношеннями (1.6):

$$\left. \begin{aligned} \gamma_\theta &= \frac{y_3 - y_1}{(y_2 - y_1) \cdot (K - 1)} = \frac{x}{\theta} \\ \gamma_K &= \frac{(y_3 - y_1) \cdot \theta}{(y_2 - y_1) \cdot (K - 1)^2} = \frac{x}{K - 1} \end{aligned} \right\}. \quad (1.6)$$

Враховуючи вираз (1.5) та вираз (1.6), запишемо вираз для знаходження відносної похибки (1.7):

$$\delta = \frac{1}{\theta} \cdot \Delta_{\theta} - \frac{1}{K-1} \cdot \Delta_K. \quad (1.7)$$

Як видно з формули (1.4), результат вимірювання залежить від параметрів адитивного та мультиплікативного тестів і K , тому стабільність цих параметрів багато в чому визначає результуючу похибку вимірювання.

Внаслідок цього даний метод є недосконалим і потребує подальших досліджень та удосконалення.

Висновки до першого розділу

У першому розділі роботи було обгрунтовано актуальність досліджень та проаналізовано проблеми, які виникають при розробці та використанні методів корекції систематичної похибки вимірювань.

РОЗДІЛ 2

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕСТОВОГО МЕТОДУ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИСОКОТОЧНИХ ВИМІРІВ

Так як точність тестового методу залежить від точності використовуваних блоків адитивного та мультиплікативного тестів, поліпшення методу полягає у розробці алгоритму, при якому буде усуватися вплив параметрів тестів на результат вимірювань. Використовуючи даний алгоритм, можна створювати вимірювальні системи, які мають більш високу точність порівняно зі звичайними тестовими методами.

2.1 Усунення впливу параметра мультиплікативного тесту

Як видно з виразу (1.4), результат вимірювання залежить від параметрів БАТ та БМТ. Якщо отримання стабільного значення параметра не викликає особливих труднощів, створення БМТ зі стабільним коефіцієнтом перетворення який завжди можна здійснити.

На рис. 2.1 представлено структурну схему вимірювальної системи, де виключено вплив коефіцієнта перетворення K БМТ на результат вимірювання [2].

Вхід БМТ з'єднаний з виходом БАТ та введено ще одне додаткове перетворення. Вимірювальний процес складається із чотирьох тактів. Перші три такти аналогічні першим трьом тактам роботи схеми, зображеної малюнку 6. У четвертому такті при замкнутому ключі S_2 замикаються ключі S_1 і S_3 , підключаючи цим до входу ІП тест виду $K \cdot (x + \theta)$. Тестовий алгоритм у цьому випадку виглядає наступним чином (2.1):

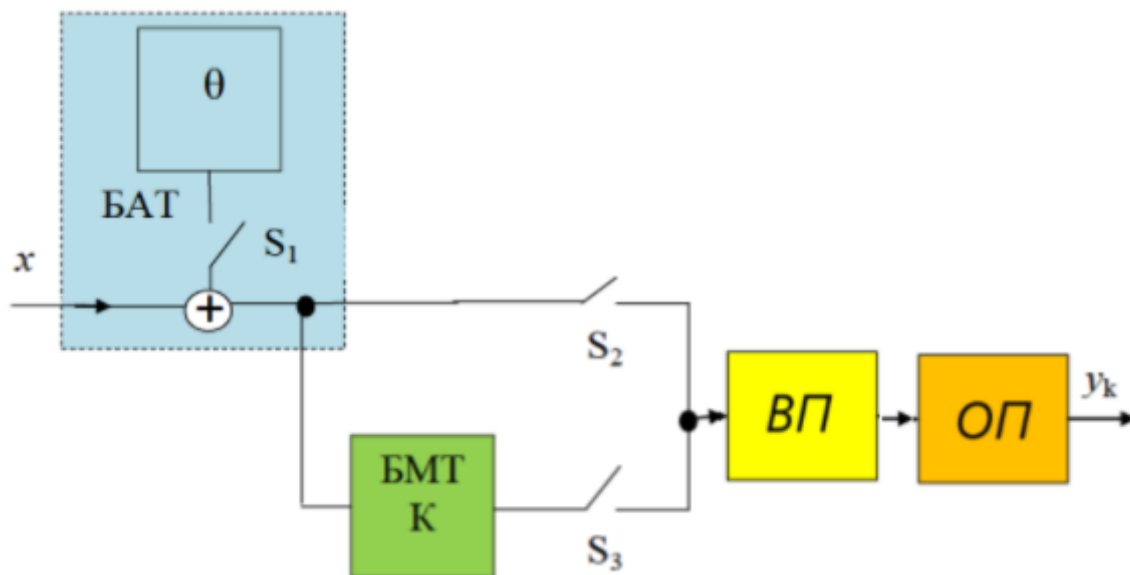


Рис. 2.1 – Структурна схема вимірювальної системи

$$y_k = x = \frac{y_3 - y_2}{(y'_3 - y'_2) - (y_3 - y_2)} \cdot \theta, \quad (2.1)$$

де y_2 результат перетворення вимірюваної величини;

y_3, y_2, y_3 – результати перетворення тестів $Kx, x+\theta, K \cdot (x+\theta)$ відповідно.

Як видно з виразу (2.1) результат вимірювання не залежить від коефіцієнта K перетворення БМТ, але залежить від параметра адитивного тесту.

2.2 Усунення впливу параметра адитивного тесту

Існує алгоритм, що дозволяє виключити вплив параметра БАТ на результат вимірювання. Якщо є можливість ввести в ланцюг зворотний перетворювач, адитивний тест може бути отриманий за допомогою ЗП. На

рис. 2.2 представлено структурну схему вимірної системи з каналом зворотного перетворення.

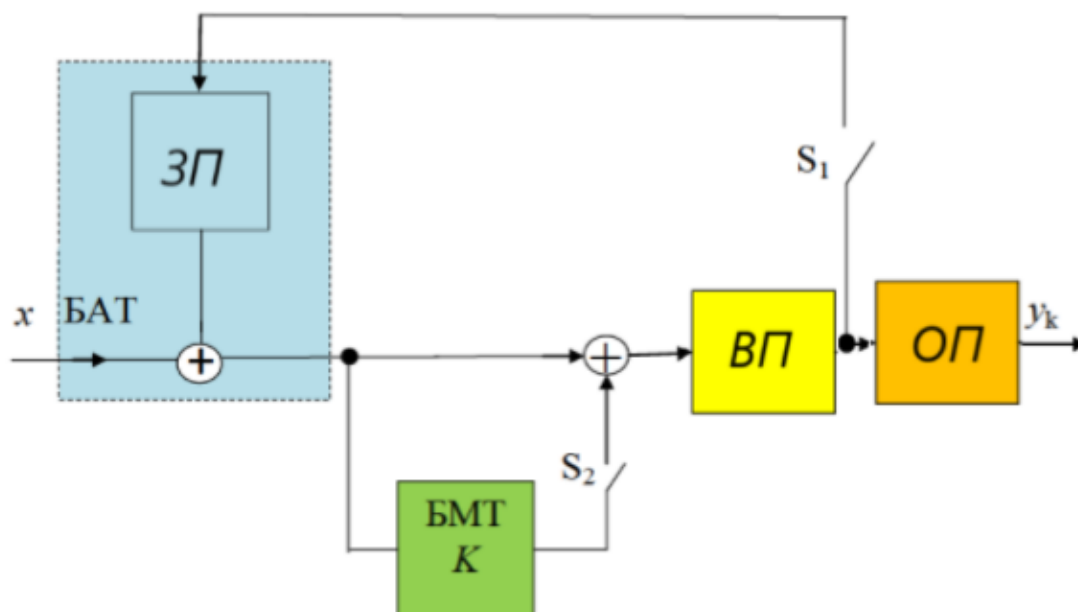


Рис. 2.2 Структурна схема вимірної установки

Процес виміру складається з трьох тактів. У першому такті ключі S_1 , S_2 розімкнуті і на вхід вимірної перетворення подається вимірювана величина. У другому такті замикається ключ S_1 , підключаючи до входу вимірної перетворення адитивний тест $x + \beta y_2$, де β - коефіцієнт перетворення ОП, а y_2 - вихідна величина вихідного вимірної перетворювача в другому такті перетворення. У третьому такті ключ S_1 розмикається, а ключ S_2 замикається і вхід вимірної перетворювача подається мультиплікативний тест виду $K \cdot x + x$ [2]. Тестовий алгоритм у цьому випадку виглядає наступним чином (2.3) :

$$y_k = x = \frac{y_3 - y_1}{y_2 - y_1} \cdot \frac{\beta \cdot y_2}{K}. \quad (2.2)$$

Як видно з виразу (2.2) результат вимірювання залежить від параметра мультиплікативного тесту К БМТ і від параметра зворотного перетворення ОП, тому створення алгоритму на основі тестового методу, який дозволить виключати вплив параметрів адитивних і мультиплікативних тестів на результат вимірювання є актуальним.

2.3 Усунення впливу параметрів адитивного та мультиплікативного тестів

Вимірювальна схема, що реалізує вдосконалений тестовий метод підвищення точності, включає блок мультиплікативних тестів (БМТ) з коефіцієнтом перетворення K і блок адитивних тестів, у складі якого два зворотних перетворювача (ЗП) з коефіцієнтами β_2 , а також вимірювальний перетворювач (ВП), рівняння градувальної характеристики якої апроксимується лінійною функцією $y = a + bx$, обчислювальний пристрій (ОП) та ключі (S_1, S_2, S_3, S_4). Структурну схему вимірювальної системи наведено на рис. 2.3. Стан ключів S_1 - S_4 та відповідні рівняння перетворення тестів наведено в табл. 2.1.

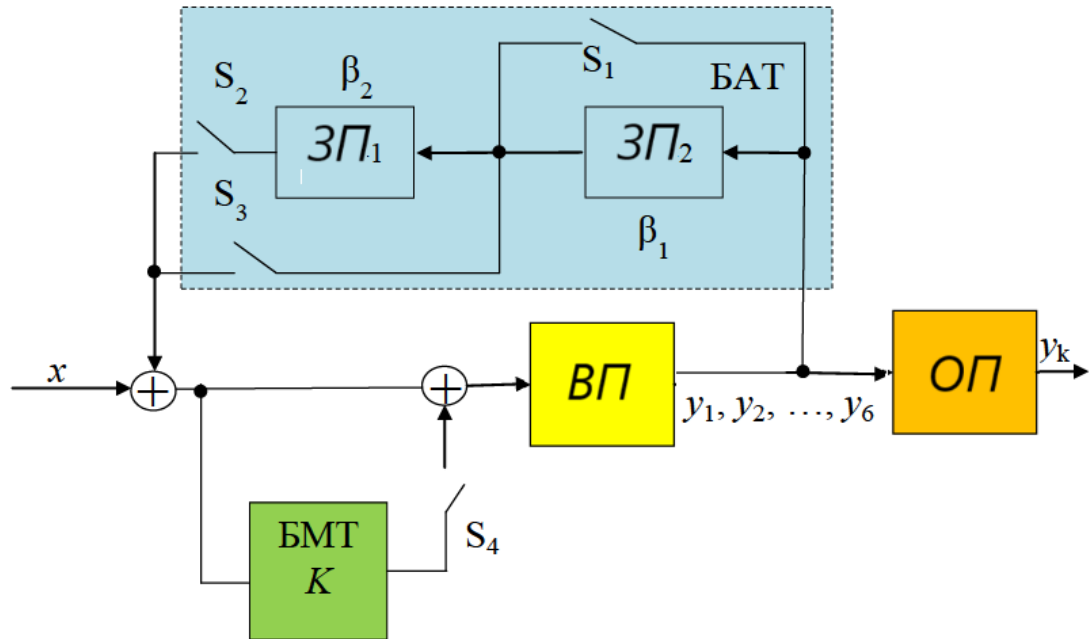


Рис. 2.3 Структурна схема вимірювальної системи

Таблиця 2.1

Рівняння перетворення тестів у кожному такті

Номер такту	Рівняння перетворення тестів	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
1	$y_1 = a + bx$	0	0	0	0
2	$y_2 = a + b \ x + \beta_1 y_2 = \frac{a + bx}{1 - b\beta_1}$	0	0	1	0
3	$y_3 = a + b \ x + \beta_1 \beta_2 y_3 = \frac{a + bx}{1 - b\beta_1 \beta_2}$	0	1	0	0
4	$y_4 = a + b \ x + \beta_2 y_4 = \frac{a + bx}{1 - b\beta_2}$	1	1	0	0
5	$y_5 = a + b \ K + 1 \ x + \beta_1 y_5 = \frac{a + b \ K + 1 \ x}{1 - b \ K + 1 \ \beta_1}$	0	0	1	1
6	$y_6 = a + b \ K + 1 \ x + \beta_2 y_6 = \frac{a + b \ K + 1 \ x}{1 - b \ K + 1 \ \beta_2}$	1	1	0	1

Процес виміру складається з 6 тактів. У першому такті всі ключі розімкнені, і на вхід вимірювального перетворення подається вимірювана величина. У другому такті замикається ключ S_3 , підключаючи до входу вимірювального перетворювача адитивний тест виду $x \beta_1 y_2$, де β_1 – коефіцієнт перетворення ЗП₂, а y_2 – вихідна величина вихідного вимірювального перетворювача у другому такті перетворення. Далі у третьому такті розмикається ключ S_3 , але замикається ключ S_2 , підключаючи на вхід вимірювального перетворювача адитивний тест $x \beta_1 \beta_2 y_3$, де β_2 – коефіцієнт перетворення ЗП₁, а y_3 – вихідна величина вихідного вимірювального перетворювача третьому такті перетворення. У четвертому такті замикаються ключі S_1 і S_2 , включаючи адитивний тест $x \beta_2 y_4$ де y_4 – вихідна величина вихідного вимірювального перетворювача в четвертому такті перетворення. У п'ятому такті підключається мультиплікативний тест $K+1$ та адитивний тест $x \beta_1 y_5$ замиканням ключів S_3 та S_4 , де y_5 – вихідна величина вихідного вимірювального перетворювача у п'ятому такті перетворення. У шостому такті замикаються ключі S_1 , S_2 та S_4 , включаючи адитивний тест $x \beta_2 y_6$ та мультиплікативний тест $K+1$, де y_6 – вихідна величина вихідного вимірювального перетворювача у шостому такті перетворення.

Розв'язавши систему рівнянь, що описують перетворення вхідних величин вимірювального перетворювача у кожному такті вимірювання, отримаємо вираз для знаходження скоригованого значення u_k вимірюваної величини x . Для цього слід виконати такі дії. Рівняння для такту 1 віднімемо з рівнянь для тактів 2, 3, 4 і отримаємо рівність (2.3):

$$b = \frac{y_2 - y_1}{\beta_1 y_2} = \frac{y_3 - y_1}{\beta_1 \beta_2 y_3} = \frac{y_4 - y_1}{\beta_2 y_4}. \quad (2.3)$$

З виразу (2,3) знаходимо параметри β_1 та β_2 :

$$\beta_1 = \frac{y_4}{y_3} \frac{y_3 - y_1}{y_4 - y_1}; \beta_2 = \frac{y_2}{y_3} \frac{y_3 - y_1}{y_2 - y_1}. \quad (2.4)$$

З виразів (2.3), (2.4) виводимо вирази для отримання b , $b_1 \beta_1$ і $b_2 \beta_2$:

$$b = \frac{y_2 - y_1}{y_3 - y_1} \frac{y_4 - y_1}{y_4 y_2} \frac{y_3}{y_3}; b\beta_1 = \frac{y_2 - y_1}{y_2}; b\beta_2 = \frac{y_4 - y_1}{y_4}. \quad (2.5)$$

З рівняння для такту 5 відніmemo рівняння для такту 2 і з рівняння для такту 6 відніmemo рівняння для такту 4, цим отримаємо вираз для обчислення коефіцієнта K (2.6):

$$K = \frac{y_5 - y_2 - b\beta_1}{b} \frac{y_5 - y_2}{x + \beta_1 y_5} = \frac{y_6 - y_4 - b\beta_2}{b} \frac{y_6 - y_4}{x + \beta_2 y_6}. \quad (2.6)$$

З виразів (2.5) і (2.6) отримуємо формулу для розрахунку за допомогою обчислювального пристрою скоригованого результату виміру $y_k = x$:

$$y_k = x = \frac{y_6 - y_4}{y_5 - y_2} \frac{y_2 - y_1}{y_4 - y_1} \frac{y_5 - y_2}{y_6 - y_4} \frac{y_4 - y_1}{y_2} \frac{y_6}{y_3} \cdot \frac{y_3 - y_1}{y_4 - y_1} \frac{y_2 y_4}{y_2 - y_1} \frac{1}{y_3}. \quad (2.7)$$

Таким чином виключається вплив коефіцієнтів K , β_1 , β_2 та параметрів ГХ ВП a та b на результат вимірювання.

Висновки до другого розділу

У другому розділі виконано удосконалення тестового методу підвищення точності вимірювального каналу для організації високоточних вимірів, наведено структурні схеми, обгрунтовано, що використання удосконаленого методу забезпечує усунення впливу параметра мультиплікативного тесту, усунення впливу параметра адитивного тесту; усунення впливу параметрів адитивного та мультиплікативного тестів.

РОЗДІЛ 3

КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ ВДОСКОНАЛЕНОГО ТЕСТОВОГО МЕТОДУ

Для створення комп'ютерної моделі вдосконаленого тестового методу було вибрано середовище графічного програмування LabVIEW. У цьому середовищі використовується інтуїтивно зрозуміла мова графічного програмування «G», що дозволяє проводити складні математичні обчислення та моделювати складні математичні моделі.

Написана в середовищі LabVIEW, програма є віртуальним приладом (ВІП).

У LabVIEW лицьова панель ВІП служить для розміщення елементів, за допомогою яких оператор взаємодіє з віртуальним приладом, до таких елементів відносять кнопки, світлодіоди, перемикачі тощо.

Безпосередньо програмування здійснюється за допомогою графічних уявлень різних функцій на блок-діаграмі ВІП.

3.1 Створення моделі вимірювального каналу під час застосування тестового методу

Модель є безліччю об'єднаних математичних виразів, вона дозволяє наочно побачити, як працює метод, як покращується результат вимірювання. Під час створення моделі використовувалися такі віртуальні прилади:

Multiply – функція здійснює множення входів;

Subtract – функція розраховує різницю входів;

Divide - функція розраховує приватне від розподілу значень на вході;

Add - функція розраховує суму значень на вході;

Математичну модель та структурну схему вимірювального каналу розглянуто в розділі 1 даної роботи. Розроблену модель вимірювального каналу під час використання тестового методу представлено на рис. 2.4.

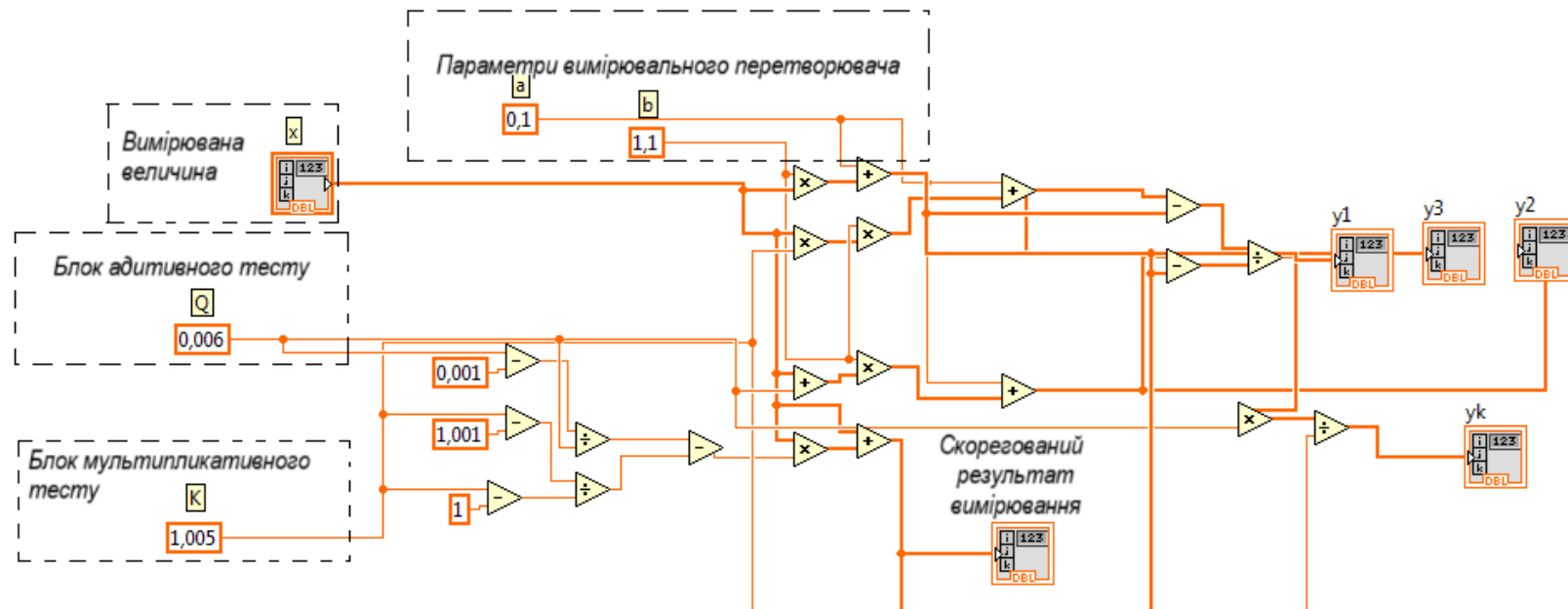


Рис. 3.1 Модель вимірювального каналу при застосуванні тестового методу

Вимірювальний процес складається з трьох тактів, у першому такті на вхід подається лише величина, що вимірюється. У другому такті на вхід вимірювального перетворювача подається адитивний тест ($x+0,006$), що формується блоком адитивного тесту (БАТ). У третьому такті до входу вимірювального перетворювача підключається мультиплікативний тест виду $1,005 \cdot x$ формується блоком мультиплікативного тесту. Лицьову панель представлено на рис. 3.2.

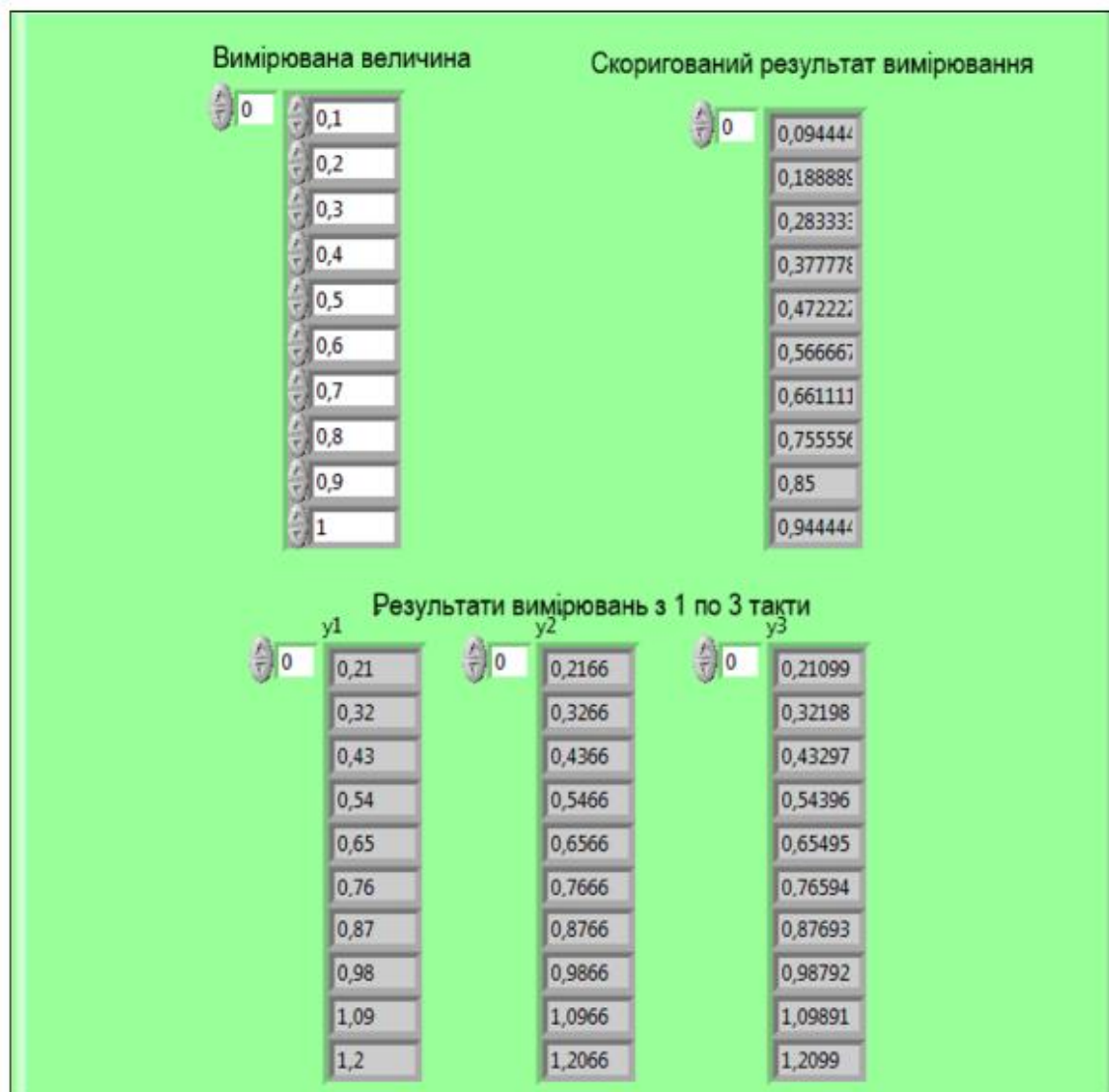


Рис. 3.2 Лицьова панель вимірювального каналу при застосуванні тестового методу

Побудуємо функцію перетворення вимірювального каналу при застосуванні тестового методу та функцію перетворення вихідного вимірювального каналу, для цього використовуємо експрес ВП Build XY, він дозволяє відображати функціональні залежності. Отримані графіки представлені рис. 3.3. Аналізуючи графіки, робимо висновок, що побудована модель відповідає математичній моделі, точність виміру підвищується, але залишається вплив параметрів тестів на результат виміру.

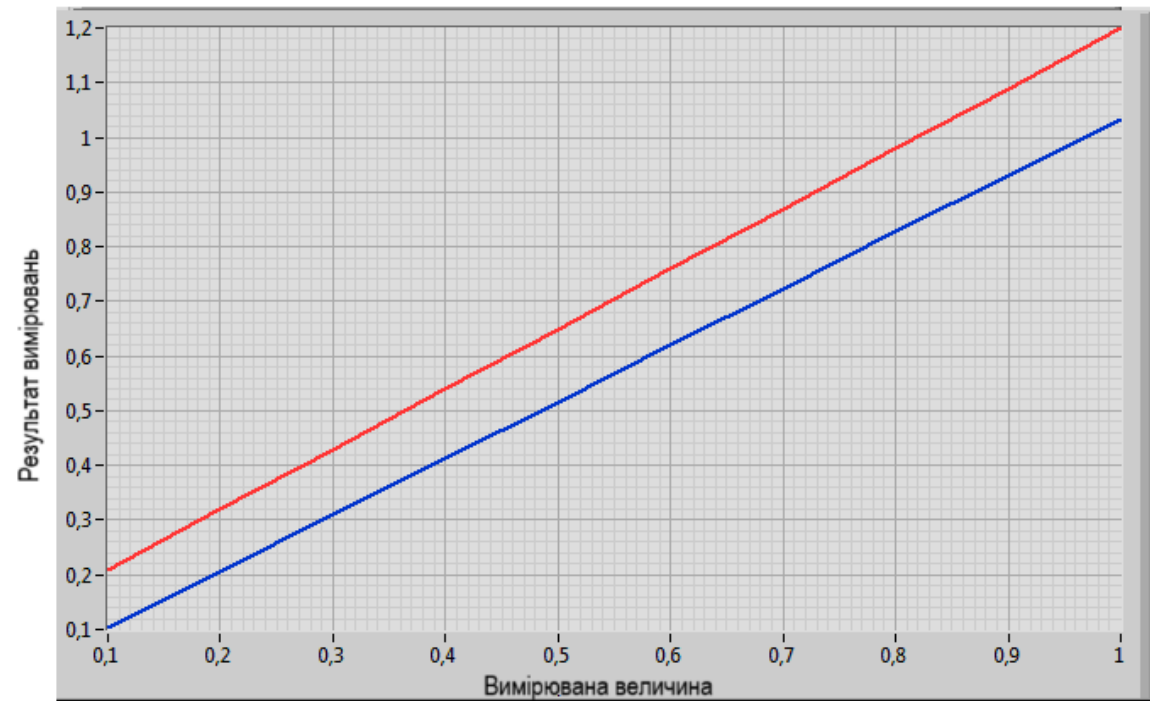


Рис. 3.3 Функції перетворення (ФП):

- ФП вихідного вимірювального каналу;
- ФП вимірювального каналу при застосуванні тестового методу

3.2 Створення моделі вимірювального каналу при застосуванні вдосконаленого тестового методу

Математичну модель та структурну схему удосконаленого тестового методу розглянуто у розділі 2 цієї роботи. Отриману комп'ютерну модель вимірювального каналу при застосуванні вдосконаленого тестового методу представлено рис. 3.4. Параметри адитивного і мультиплікативного тестів задають за допомогою констант, величина, що вимірюється представлена у вигляді масиву даних, в діапазоні від 0,1 до 1 умовних одиниць.

Лицьову панель отриманої моделі представлено на рис. 3.5. Також на рис. 3.6 представлено проміжні обчислення при 1, 2, ..., 6 тактах.

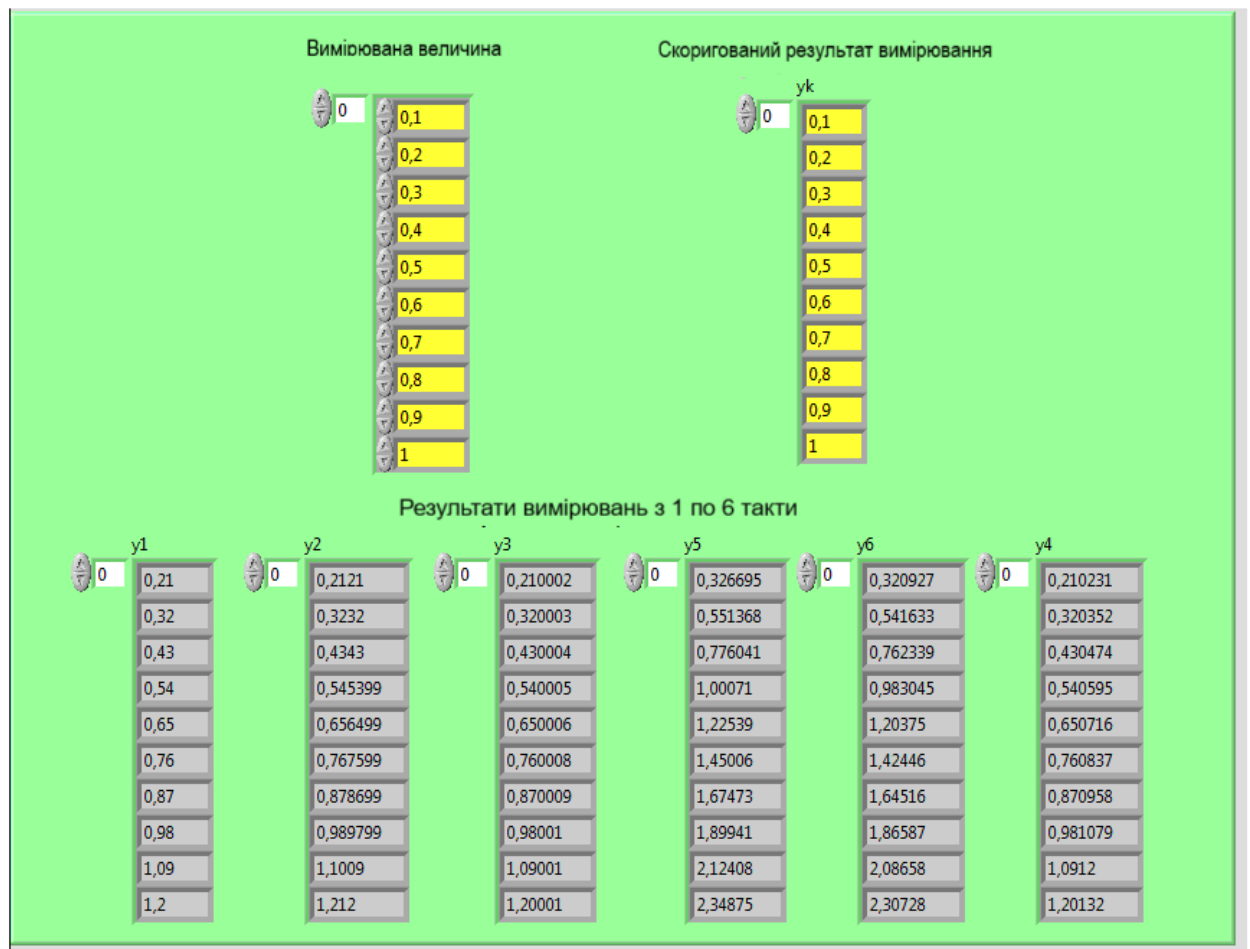


Рис. 3.5 Лицьова панель

На рис. 3.5 використовують такі позначення: y_1 – значення вимірюваної величини, отримані у першому такті; y_2 – значення вимірюваної величини, отримані у другому такті; y_3 – значення вимірюваної величини, отримані у третьому такті; y_4 – значення вимірюваної величини, отримані у четвертому такті; y_5 – значення вимірюваної величини, отримані у п'ятому такті; y_6 – значення вимірюваної величини, отримані у шостому такті; y_k – скориговані значення вимірюваної величини.

Як видно з рис. 3.5 значення вимірюваної величини x дорівнюють значенням y_k . З цього можна зробити висновок, що результат вимірювання не залежить від параметрів адитивного та мультиплікативного тесту.

Побудуємо функції перетворення вихідного вимірювального каналу, вимірювального каналу при застосуванні тестового методу та вимірювального каналу при застосуванні вдосконаленого тестового методу на одному графіку, для цього використовуємо функцію `Bundle`, вона використовується для зв'язування даних. Отримані залежності представлено на рис. 3.6.

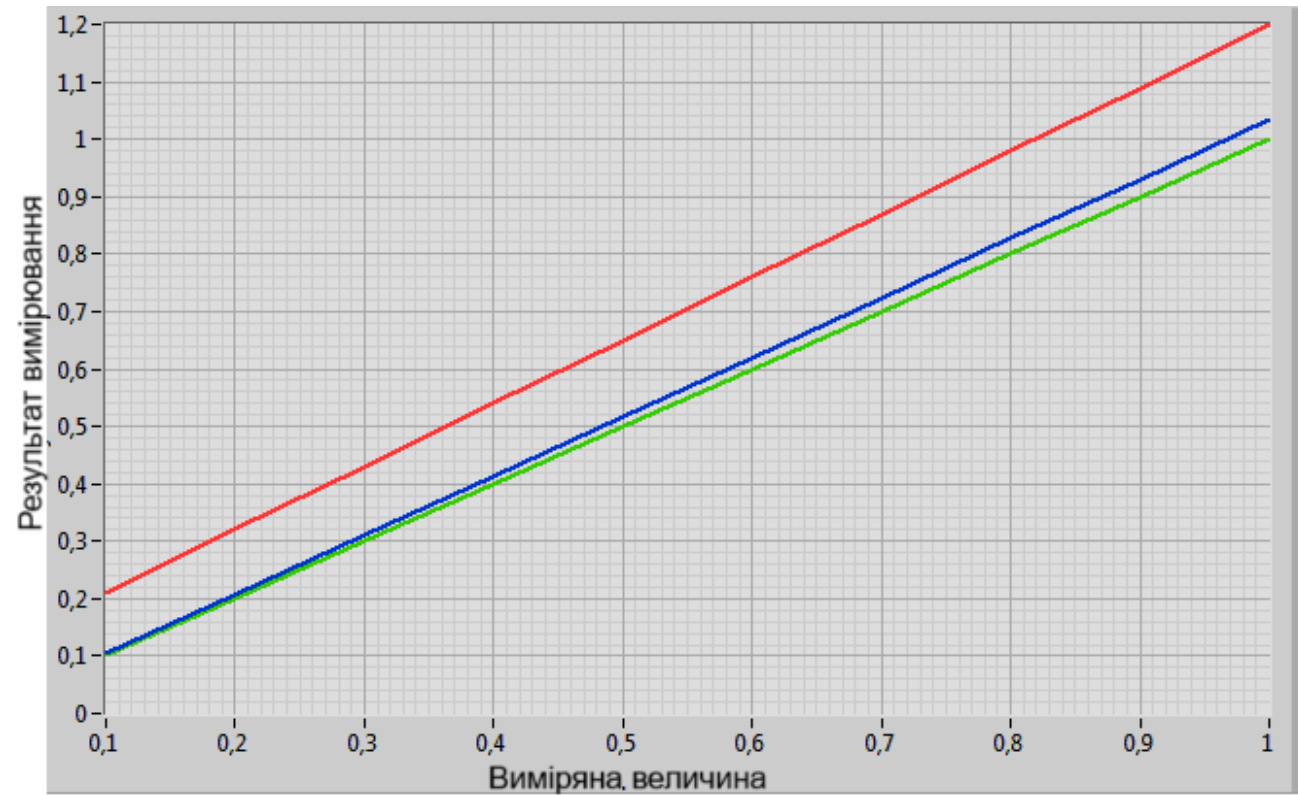


Рис. 3.6 Функції перетворення:

- ФП вихідного вимірювального каналу тестового метод;
- ФП вихідного вимірювального каналу;
- ФП вимірювального каналу удосконаленого тестового методу

Аналізуючи отримані графіки (див. рис. 3.6), можна зробити висновок що поліпшений тестовий метод не тільки підвищує точність вихідного вимірювального каналу, а й є точнішим за тестовий метод.

3.3 Дослідження отриманої моделі вдосконаленого тестового методу

Дослідження отриманої моделі полягає у зміні параметрів адитивного та мультиплікативного тестів та переконатися в тому, що ці параметри не впливають на результат вимірювання. Для цього в комп'ютерній моделі, зображеній на рис. 3.4, змінимо значення параметрів адитивного та мультиплікативного тестів. Отриману модель представлено рис. 3.8.

Для демонстрації відсутності впливу параметрів результат вимірювання також змінимо ці параметри в моделі тестового методу.

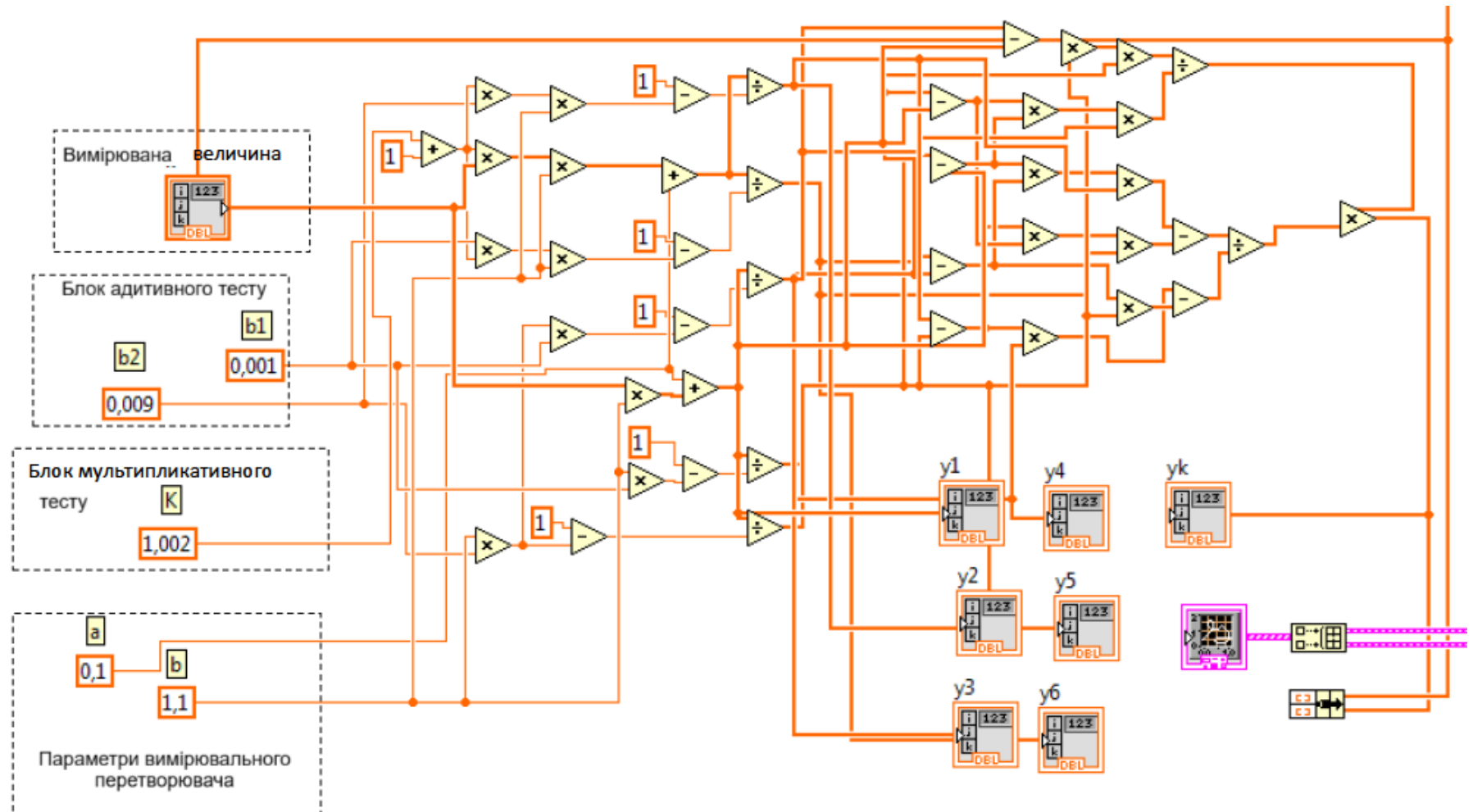


Рис. 3.7 Модель удосконаленого тестового методу

Побудуємо отримані функції перетворення на одному графіку.
Отримані залежності зображені рис. 3.8.

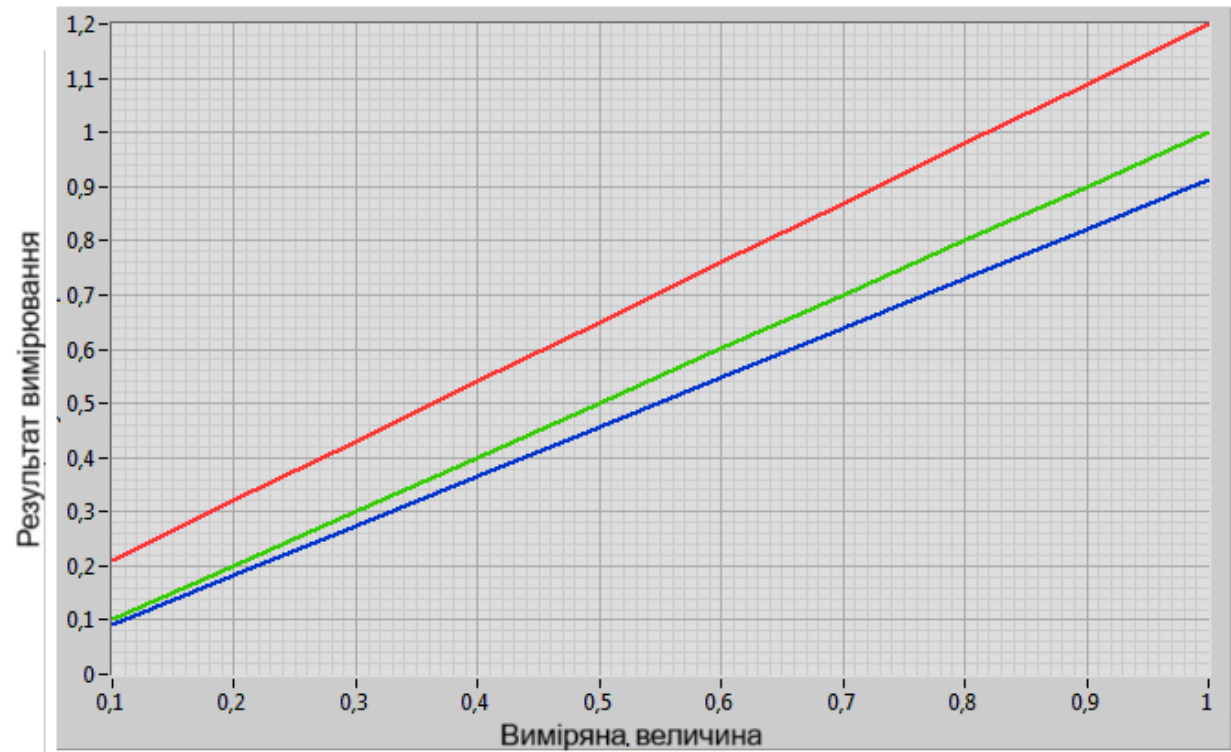


Рис. 3.8 Функції перетворення:

- ФП вихідного вимірювального каналу тестового метод;
- ФП вихідного вимірювального каналу;
- ФП вимірювального каналу удосконаленого тестового методу

Як видно з рис. 3.8, адитивна та мультиплікативна складова є повністю коригованими. Виключено вплив на результат вимірювання коефіцієнтів K , β_1 і β_2 , крім цього виключається вплив ідентичності коефіцієнтів β_1 і β_2 , що дозволяє досягти високої точності вимірювань.

Висновки до третього розділу

У третьому розділі роботи розроблено комп'ютерну модель удосконаленого методу та проведено її дослідження. Обґрунтовано вибір середовища розробки. Розроблений програмний продукт є віртуальним приладом, який може бути використовуваним при організації високоточних вимірювань.

РОЗДІЛ 4

БЕЗПЕЧНІ ВИМОГИ ПРАЦІ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРОЦЕДУР

У розділі 4 розглянуто питання, пов'язані з організацією робочого місця та умов у яких реалізовуватиметься використання отриманих результатів а саме, метод підвищення точності вимірювань, реалізований у програмному пакеті LabView, відповідно до норм виробничої санітарії, техніки безпеки та охорони праці та навколишнього середовища. Тема роботи є актуальною, оскільки мінімізація систематичної похибки засобів вимірювань є необхідним етапом будь-якої практичної вимірювальної процедури.

Надалі розробку, отриману в роботі, використовуватиме інженер-метролог. Робочим місцем його є лабораторія, робочою зоною є стіл із персональним комп'ютером.

4.1 Правові та організаційні питання забезпечення безпеки

4.1.1 Ергономічні вимоги до робочого місця

Конструкція робочого місця та взаєморозташування всіх його елементів повинні відповідати фізіологічним, антропометричним та психологічним вимогам, а також характеру роботи, що проводиться.

Згідно з санітарними нормами та правилами СанПіН 2.2.2/2.4.1340-03 висота робочої поверхні в середньому встановлюється на рівні нерегульованої висоти в 0,725 м. Схему робочого місця представлено рис. 4.1.

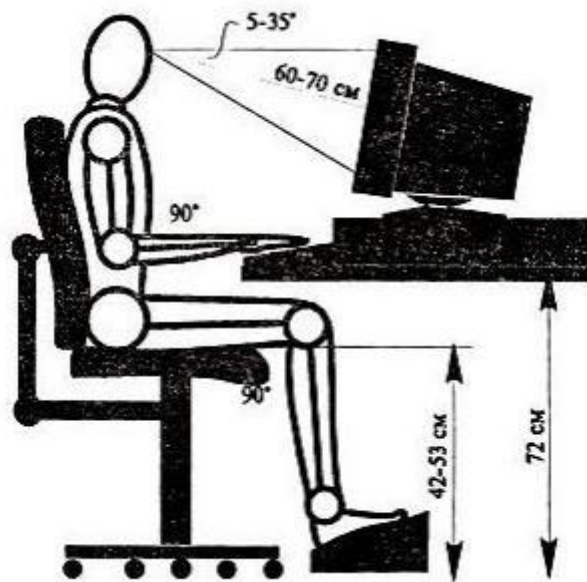


Рис. 4.1 Схема робочого місця при роботі з ПК

У лабораторії висота робочої поверхні не регулюється і становить 0,7 м. Простір для ніг має бути не менше 0,6 м, шириною – не менше 0,5 м, глибиною на рівні колін - не менше 0,45 м. Висота сидіння встановлюється на рівні 0,42 м. Монітор комп'ютера слід розміщувати на відстані від 0,6 до 0,7 м і на 20 градусів нижче за очі користувача.

Проаналізувавши робоче місце у метрологічній лабораторії не було виявлено жодних невідповідностей вимогам нормативної документації. Робоче місце відповідає санітарним нормам.

4.1.2 Режим праці та відпочинку

У санітарних нормах СанПіН 2.2.2/2.4.1340-03 встановлено, що вид виконуваної діяльності належить до групи У, тобто. є творчою роботою як діалогу з ПК. Для групи В категорія тяжкості та напруженості роботи встановлюється за сумарним часом роботи з ПК за робочу зміну.

Для збереження здоров'я та оптимального забезпечення працездатності користувача ПК мають бути регламентовано встановлені перерви у роботі. Для восьмигодинної робочої зміни та третьої категорії тяжкості встановлюється перерва у 70 хв. Слід встановлювати, перерву через дві години після початку зміни та через дві години після обіднього перерви тривалістю по 20 хвилин кожен або по 15 хвилин, але через кожну годину роботи. Тривалість безперервної роботи з ПК має перевищувати двох годин. Під час перерв рекомендується виконувати спеціальні комплекси вправ з метою зняття втоми, нервової та емоційної напруги.

Дані вимоги під час виконання робіт дотримуються, т.к. максимальна тривалість робіт вбирається у 2 годин.

4.2 Виробнича безпека

4.2.1 Небезпечні та шкідливі фактори

Небезпечні та шкідливі фактори, що виникають під час виконання робіт, наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Небезпечні та шкідливі фактори під час виконання робіт автоматичної корекції систематичної похибки засобів вимірювань

Фактори	Етапи робіт			Нормативні документи
	Розробка	Виготовлення	Експлуатація	
1. Відхилення показників мікроклімату	+	+	+	СП 2.2.4.548-96 [4]
2. Недостатня освітленість робочої зони	+	+	+	СП 52.13330.2016 [5]
3. Підвищений рівень електромагнітних випромінювання				СП 2.2.4.3359-16 [6]
4. Психофізіологічні фактори	+	+	+	СП 2.2.4.3359-16 [7]
5. Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 [8]

4.2.2 Відхилення показників мікроклімату

Мікроклімат виробничих приміщень – метеорологічні умови внутрішнього середовища приміщень. Показники мікроклімату: температура

повітря та його відносна вологість, швидкість руху, потужність теплового випромінювання.

Основні види робіт, які виконує інженер-метролог, за ступенем фізичної тяжкості, відносяться до категорії легких робіт Іа. Оптимальні величини показників мікроклімату на робочих місцях виробничих приміщень, відповідно до періоду року та категорії робіт, згідно СанПіН 2.2.4.548-96, надані в таблиці 5.1, а допустимі величини показників наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Оптимальні параметри мікроклімату на робочих місцях виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт з	Температура повітря, °С	Температура поверхонь, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	рівню енерговитрат, Вт	(22 - 24)	(21 - 25)	(40 - 60)	0,1
Теплий	Категорія Іа (до 139)	(23 - 25)	(22 - 26)	(40 - 60)	0,1

Оцінка робочого місця на відповідність норм параметрів мікроклімату проводилася в холодну пору року. Температура повітря у приміщенні становила 21 °С, а відносна вологість повітря – 52 %, отже, температура повітря відповідає допустимим нормам, а відносна вологість у приміщенні відповідає зазначеним нормам. Також в приміщенні необхідно передбачити систему опалення, що функціонує в зимовий час. Вона забезпечує достатнє, постійне та рівномірне нагрівання повітря.

4.2.3 Недостатня освітленість робочої зони

Раціональне освітлення приміщення та робочого місця одна із найважливіших умов забезпечення безпечних і сприятливих умов праці, т.к. воно визначає трудову ефективність і впливає на самопочуття та сприйняття людини. Нераціональне освітлення може спричинити стомлення організму, зору, і навіть травматизм робочому місці. У навчальній аудиторії застосовується спільне висвітлення. Основне джерело освітлення – шість стельових світильників із дзеркальними ґратами, у кожному по чотири люмінесцентні лампи типу TL-D з потужністю 60 Вт. Світильники мають квадратну форму зі стороною 0,54 м та створюють рівномірне освітлення всієї аудиторії. Схему розташування світильників представлено на рис. 4.3. Відповідно до СП 52.13330.2016 робота за комп'ютером із відносною тривалістю зорової роботи менше 70 % відноситься до розряду II, підрозряду Б.

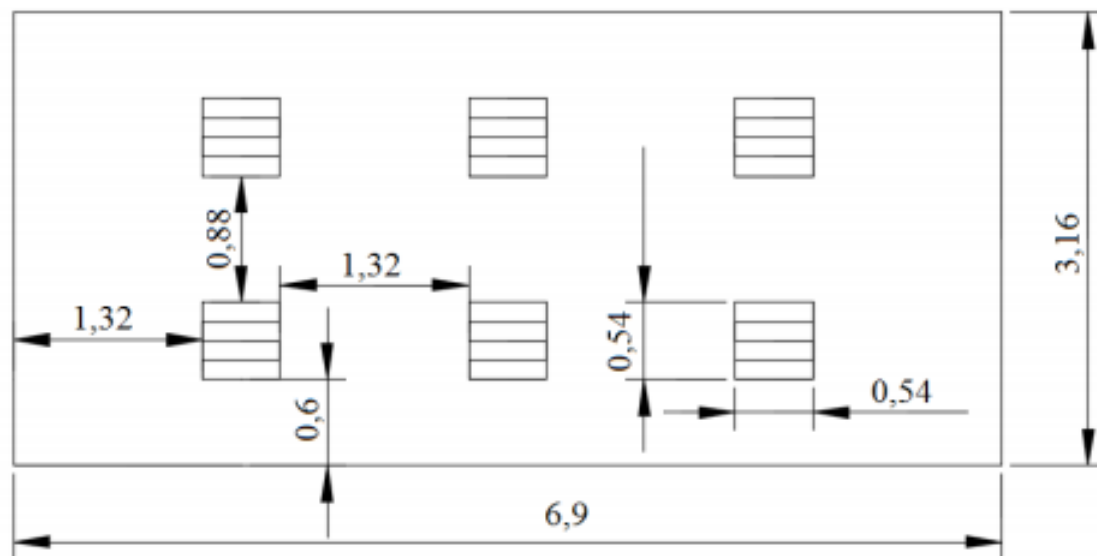


Рис. 4.3 Схема розташування світильників в аудиторії

У приміщеннях, призначених для роботи з ПК, освітленість робочої поверхні від систем загального освітлення E_n повинна бути не менше 300 лк. Коефіцієнт пульсації освітленості K_n не повинен перевищувати 5 %, коефіцієнт природного освітлення (КПО) не має перевищувати 2,1 % відповідно до СанПіН 2.2.1/2.1.1.1278-03 та СанПіН 2.2.2/2.4.1340-03.

В роботі виконано розрахунок штучного висвітлення для метрологічної лабораторії.

Дані розрахунку: розміри приміщення:

$$A = 3,16 \text{ м};$$

$$B = 6,9 \text{ м};$$

$$H = 2,9 \text{ м};$$

$$S = 21,9 \text{ м};$$

$$\text{кількість рядів світильників } N = 2;$$

$$\text{висота робочої поверхні } h_p = 0,7 \text{ м};$$

$$\text{коефіцієнт відбиття стін } \rho_{\text{ст}} = 50\%;$$

$$\text{коефіцієнт відбиття стелі } \rho_{\text{п}} = 70\%;$$

$$\text{коефіцієнт запасу приміщення з малим виділенням пилу } K_z = 1,5;$$

$$\text{коефіцієнт нерівномірності висвітлення } Z = 1,1;$$

$$\text{параметр для світильника типу ОДР із захисними ґратами } \lambda = 1,1-1,3;$$

$$\text{світловий потік однієї лампи } \Phi_1 = 2500 \text{ лм.}$$

Розраховано індекс приміщення i за формулою (4.1):

$$i = \frac{S}{H \cdot (A + B)} . \quad (4.1)$$

В результаті отримано значення $i = 0,75$.

Виходячи із значення індексу приміщення, визначили коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 38 \%$. Необхідний світловий потік знайшли за формулою (4.2):

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z \cdot 100\%}{N \cdot \eta} . \quad (4.2)$$

В результаті набуто значення $\Phi = 12967,11$ лм. У кожному світильнику 4 лампи зі світловим потоком 2500 лм. Таким чином, необхідна кількість світильників у ряді має дорівнювати одному.

Також у роботі було розраховано фактичне освітлення у приміщенні. Отримане значення світлового потоку $\Phi = 30000$ лм одного ряду світильників, тобто для трьох світильників із чотирма лампами. На підставі отриманого значення розраховано фактичне значення освітлення у приміщенні за формулою (4.3):

$$E_{\text{фактич}} = \frac{\Phi \cdot N \cdot \eta}{S \cdot K_z \cdot Z \cdot 100\%} . \quad (4.3)$$

В результаті набуто значення $E_{\text{фактич}} = 630,97$ лк.

З виконаних розрахунків можна дійти до висновку, що приміщення задовольняє нормам освітлення, а кількість світильників навіть є надмірною, та їх одночасна робота є необов'язковою.

4.2.4 Підвищений рівень електромагнітних випромінювання

Як джерело електромагнітного випромінювання (ЕМВ) у цій роботі розглядається персональний комп'ютер.

Ступінь та характер впливу ЕМВ на організм людини залежать: від інтенсивності випромінювання; частоти коливань; поверхні тіла опромінюваного; індивідуальні особливості організму; режиму опромінення (безперервний або уривчастий) тривалості впливу; комбінованої дії інших факторів виробничого середовища

Тимчасово допустимі рівні (ТДР) ЕМВ під час роботи з комп'ютером наведено у табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Тимчасово допустимі рівні ЕМВ, створюваних ПК робочих місцях

Найменування параметрів		ТДР
Напруженість електричного поля	у діапазоні частот от 5 Гц до 2 кГц	25 В/м
	у діапазоні частот от 2 кГц до 400 кГц	2,5 В/м
Щільність магнітного потоку	у діапазоні частот от 5 Гц до 2 кГц	250 нТл
	у діапазоні частот от 2 кГц до 400 кГц	25 нТл
Напруженість електростатичного поля		15 кВ/м

Для забезпечення нормальної діяльності користувача з урахуванням норм гранично допустимої напруженості ЕМВ екран монітора має знаходитись на відстані від 0,6 до 0,7 м, але не ближче ніж 0,5 м від очей. Також має бути враховано схему розміщення робочих місць за персональними комп'ютерами у приміщенні метрологічної лабораторії : відстань між робочими місцями – 2 м, між бічними поверхнями моніторів – не менше 1,2 м. Комп'ютер, на якому

проводиться виконання дослідження, оснащено LCD монітором, напруженість ЕМВ якого є менше 2,5 В/м, що відповідає нормі.

4.2.5 Психофізіологічні фактори

При виконанні робіт на персональному комп'ютері згідно з ДСТ 12.0.003-2015 можуть мати місце такі психофізіологічні фактори:

- монотонність робіт;
- зорова напруга.

Робота на ПК супроводжується постійною та значною напругою функцій зорового аналізатора. Для працівників оптимальний час роботи з ПК становить дві години з обов'язковим дотриманням перерви тривалістю (15 – 20) хв.

Для попередження розвитку перевтоми обов'язковими заходами є:

- проведення вправ для очей через кожні (20 – 25) хв роботи за ПЕОМ;
- влаштування перерв після кожної години роботи тривалістю не менше 15 хв.

Монотонною роботою називають таку роботу, відмітними ознаками якої є одноманітність робочих дій, їх багаторазове повторення та невелика тривалість. Загальною ознакою всім монотонним робіт є навантаження інформацією під час виконання робіт.

Основним заходом для зменшення впливу монотонності на людину є застосування оптимальних режимів праці та відпочинку протягом робочого дня. Для восьмигодинної робочої зміни та третьої категорії тяжкості встановлюється перерва 70 хв. Слід встановлювати, перерву через дві години після початку зміни та через дві години після обідньої перерви тривалістю по 20 хвилин кожен або по 15 хвилин, але через кожен годину роботи.

Дані вимоги під час виконання робіт дотримуються, т.к. максимальна тривалість робіт не перевищує 2 години, і перерва здійснюється після однієї години роботи.

4.2.6 Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини

Метрологічна лабораторія є приміщенням без підвищеної небезпеки, тобто характеризується відсутністю будь-які умови, що створює небезпеку: приміщення сухе, добре опалюване, підлога струмонепровідна, температура і вологість відповідає нормам. В лабораторії відсутні електроустановки, крім ПК. Діяльність безпосередньо з ПК, струмопровідні частини якого ізольовані, тобто випадковий дотик до струмоведучих частин виключено. Для забезпечення захисту від ураження електричним струмом при дотику до металевих неструмових частин, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, рекомендується застосовувати захисне заземлення. Заземлення корпусу ПК, а також кондиціонера забезпечене підведенням заземлювальної жили до розеток живлення. Опір заземлення 4 Ом для електроустановок з напругою до 1000 В.

4.3 Екологічна безпека

Як правило, будь-яка діяльність людини, особливо виробнича діяльність, негативно впливає на навколишнє середовище.

Діяльність з проведення досліджень у лабораторії ґрунтована виключно на використанні ПК, що не є промисловою діяльністю, проте неправильно утилізована комп'ютерна техніка може негативно вплинути на навколишнє середовище при розпаді на важкі метали та отруйні сполуки.

Усі відходи, що утворюються під час роботи, викидають в урну, а потім утилізують. Люмінесцентні лампи утилізують спеціальний персонал відділення. У разі несправностей комп'ютерну техніку списують також спеціальним персоналом, та піддають утилізації спеціалізованими організаціями. Вимоги до утилізації ПК передбачають:

- правильне заповнення акту списання із зазначенням факту неможливості подальшої експлуатації переліченої в акті вимірювальної техніки, що є актом технічного огляду;

- здійснення списання перерахованої в акті вимірювальної техніки з балансу підприємства із зазначенням у бухгалтерському звіті, оскільки утилізація можлива для здійснення лише після остаточного списання;

- безпосередньо утилізація вимірювальної техніки з повним демонтажем пристроїв на деталі з наступним сортуванням за видами матеріалів та їх подальшою передачею на переробні заводи.

На деталі, що містять дорогоцінні метали, має бути оформлений окремий акт.

4.4 Безпека у надзвичайних ситуаціях

4.4.1 Аналіз можливих надзвичайних ситуацій, які можуть виникнути в лабораторії під час проведення досліджень

Надзвичайними ситуаціями (НС) у подібних приміщеннях можуть бути пожежі. Основи пожежної безпеки визначені за ГОСТ 12.1.004-91 та ГОСТ 12.1.010-76.

Усі виробництва з пожежної небезпеки поділяються на 5 категорій: А, Б, У, Р, Д. Лабораторія, в якій виконуватиметься робота, відноситься до категорії В.

Причинами пожежі може бути:

- струми короткого замикання;
- електричні навантаження;
- виділення тепла, іскріння у місцях поганих контактів при з'єднанні проводів;
- куріння в недозволених місцях.

Гасіння електрообладнання під напругою повинно здійснюватися наявними вогнегасниками ОУ-5. Для запобігання виникненню пожежі в навчальній аудиторії здійснюється ряд дій: приміщення міститься в чистоті. Після закінчення роботи проводиться вологе прибирання всіх приміщень; робота повинна проводитись тільки при справному електрообладнанні; на видному місці вивішено план евакуації з приміщення із зазначенням обладнання, яке потрібно евакуювати насамперед; що йде з приміщення останнім перевіряє чи вимкнені нагрівальні прилади, електроприлади тощо. буд. та відключення силової та освітлювальної електричної мережі.

Проаналізувавши робоче місце (лабораторію) відповідність вимогам пожежної безпеки не було виявлено невідповідностей, т.к. прибирання приміщення регулярно проводиться технічним персоналом. План евакуації розташовано поруч із виходом з лабораторії. Останнім йде з лабораторії відповідний за протипожежну безпеку. Він бере на себе зобов'язання щодо перевірки електроприладів та відключення освітлювальних приладів.

4.4.2 Обґрунтування заходів щодо запобігання НС та розробка порядку дії у разі виникнення НС

Для запобігання виникненню пожежі необхідне виконання таких вимог:

- виконання робіт в лабораторії тільки зі справним обладнанням та електропроводки; наявність засобів гасіння пожежі - вогнегасників;
- вільний доступ до засобів гасіння та виходу з приміщення;
- підключення лише одного споживача електроенергії до одного джерела електроживлення;
- знання плану евакуації та місця розташування засобів пожежогасіння;
- неприпустимість куріння та розведення відкритого вогню в лабораторії.

Лабораторія, в якій проводяться дослідження, відповідає всім вимогам пожежної безпеки: є система охоронно-пожежної сигналізації, порошкові вогнегасники, плани евакуації та таблички з напрямками запасного виходу.

Висновки до четвертого розділу

У четвертому розділі кваліфікаційної роботи було проведено аналіз небезпечних, шкідливих факторів та надзвичайних ситуацій, що виникають у процесі використання методу зворотного перетворення для проведення досліджень в умовах метрологічної лабораторії.

Найбільш небезпечними та шкідливими факторами є:

- відхилення показників мікроклімату;
- психофізіологічні чинники;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань

Розроблено заходи безпеки щодо запобігання та захисту від даних шкідливих та небезпечних факторів. Розраховано освітлення та визначено відповідність умов мікроклімату, освітленості, електробезпеки, екологічної безпеки, пожежної безпеки та ергономічних параметрів робочого місця в умовах якого реалізується використання розробленого продукту, вимогам відповідних нормативних документів. У ході аналізу робочого місця на відповідність вимогам НТД невідповідності не виявлено. Запропоновано заходи щодо підтримки необхідних умов на робочому місці. Заходи щодо захисту атмосфери наведені відповідно до вимог щодо охорони навколишнього середовища.

ВИСНОВОК

У ході виконання роботи вирішено усі поставлені задачі дослідження:

- проведено удосконалення тестового методу підвищення точності вимірювального каналу для унеможливлення впливу параметрів адитивного та мультиплікативного тестів на результат вимірювання.
- розроблено аналітичний опис та структурну схему вимірювального каналу для реалізації вдосконаленого тестового методу;
- розроблено комп'ютерну модель, що реалізує вихідний тестовий метод та його вдосконалену версію у середовищі LabVIEW;
- проведено дослідження поведінки розробленої комп'ютерної моделі та порівняльний аналіз вихідного та вдосконаленого тестових методів;
- працездатність запропонованого вдосконаленого тестового методу доведена аналітично та експериментально;
- проведено аналіз та оцінку умов праці при проведенні вимірювальних процедур та вироблено відповідні рекомендації для забезпечення нормативних вимог щодо її безпечності.