

ВІДГУК

Офіційного опонента на дисертацію Гусельнікова Олексія Вікторовича
«Методи підвищення точності вимірювальних автогенераторних
перетворювачів», яка подана на здобуття наукового ступеня кандидата
технічних наук за спеціальністю 05.01.02 - стандартизація, сертифікація та
метрологічне забезпечення

Актуальність теми дисертаційної роботи

Широке використання в усіх сферах науки та техніки вимірювальних перетворювачів у пристроях та інформаційних системах контролю і керування зумовлює необхідність вдосконалення відомих і створення нових вимірювальних перетворювачів різноманітних фізичних величин (тиск, переміщення, зусилля, індуктивність, електричний струм, напруга, ємність і т.п.).

Одними з найбільш перспективних вимірювальних перетворювачів є автогенераторні вимірювальні перетворювачі (АВП), які складаються з частотного автогенераторного датчика (ЧАД) з частотним (1-5 МГц) вихідним сигналом та кодуючого перетворювача (КП) з цифровим вихідним сигналом.

Основні переваги таких перетворювачів - простота і стабільність передачі вихідної величини по каналах зв'язку, а також відносна простота цифрового відліку результату вимірювання за допомогою кодуючих перетворювачів.

АВП, як правило, застосовуються для перетворення лише однієї фізичної величини та мають нелінійну характеристику перетворення, до того ж похибка вимірювання може коливатися у діапазоні (0,5 ÷ 5) %, що не завжди задовільняє необхідним вимогам. Актуальною метою при створенні сучасних АВП з ЧАД є задачі уніфікації конструкції, лінеаризації характеристики перетворення та підвищення точності. Дисертаційна робота Гусельніков О.В. присвячена вирішенню цих задач.

Дослідження, результати яких наведені в цій роботі виконувались згідно з прикладною комплексною НДР кафедр НТУ «ХПІ» «Інформаційно-вимірювальні технології та системи» та «Неруйнівний контроль» №М5211 «Розробка методів та макетів пристрояв для неруйнівного контролю якості виробів зі зменшеними витратами енергії та матеріалів (2012÷2014 р.)».

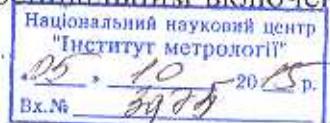
Аналіз змісту дисертації, повнота викладу в опублікованих працях

Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків та додатків; загальний обсяг з додатками - 169 с.

У вступі обґрунтована актуальність обраної теми дослідження, показано зв'язок з держбюджетними науковими програмами. Сформульовані мета і завдання дослідження, об'єкт та предмет дослідження. Наведені дані про основні методи дослідження, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, особистий внесок здобувача. Також наведено відомості щодо апробації результатів дисертації та публікації за темою роботи.

В першому розділі проведена класифікація та аналіз існуючих автогенераторних перетворювачів.

Здійснено аналіз найбільш поширених схемних реалізацій АВП з ЧАД таких як: з одним автогенераторним датчиком, з диференціальним включенням



двох автогенераторних датчиків, з двома: вимірювальним та компенсаційним автогенераторними датчиками, в результаті чого узагальнена математична модель АВП.

Отримані аналітичні вирази характеристик перетворення елементів ЧАД АВП для вищеперелічених схемних реалізацій. Здійснено аналіз та вибір методів підвищення точності для АВП з ЧАД.

В другому розділі запропоновано метод лінеаризації характеристики перетворення АВП, що розроблений автором та розглянуто алгоритм його реалізації. Наведена реалізація методу на прикладі АВП з ЧАД, що включений за схемою з вимірювальним та компенсаційним автогенераторами.

Отримані аналітичні вирази для визначення чутливостей елементів ЧАД, що включені за схемами з одним автогенератором (АГ), вимірювальним і компенсаційним, диференційним включенням АГ, ЧАД та АВП в цілому.

Отримані аналітичні вирази для визначення часу перетворення АВП з ЧАД, що включені за схемами з одним АГ, вимірювальним і компенсаційним, диференційним включенням АГ.

В третьому розділі розроблена математична модель АВП з ЧАД з урахуванням похибок.

Проведено аналіз факторів, що впливають на точність результату вимірювань.

Побудована узагальнена структурна схема АВП з ЧАД.

Проведена оцінка похибок на прикладі найбільш поширених АВП з LC-генераторних ЧАД та первинних перетворювачів (ПП) для вимірювання переміщення, тиску та зусилля відповідно, що включені за схемою з вимірювальним та компенсаційним автогенераторами.

Проведена оцінка систематичної складової результуючої похибки вимірювань.

Отримані залежності зміни вихідного сигналу розробленого ПП від кутового переміщення.

Оцінені похибки лінійності розроблених смісних та індуктивних ПП.

Оцінені СКВ стабільності автогенераторів, що досліджувались, та взаємної стабільності автогенераторів.

Наведено приклад розрахунку результуючої похибки для АВП з ЧАД, що включений за схемою з вимірювальним та компенсаційним автогенераторами та індуктивним ПП.

Розраховані невизначеності вимірювань.

Отримані аналітичні вирази для визначення похибки стабільності автогенераторів.

Запропоновані схемно-конструктивні методи підвищення точності, дозволяють зменшити кількість елементів ЧАД за рахунок поєднання функцій чутливого елемента і первинного перетворювача у одному елементі. Наведені реалізації розроблених вимірювачів, на які отримані патенти України.

В четвертому розділі здійснено аналіз формування тестових методів.

Показано, що кількість тестів залежить від степеня рівняння перетворення АВП.

Показано, що застосування спільного (адитивного та мультиплікативного) тесту дозволяє виключити мультиплікативні та адитивні складові результуючої похибки. Результатива похибка визначається похибками формування тестів.

Здійснено аналіз похибок, що виникають при застосуванні тестових методів та отримані вирази для їх розрахунку.

Наведено приклад реалізації тестових методів для АВП для вимірювання кутового переміщення, що включений за схемою з двома автогенераторами та смісним первинним перетворювачем кута.

В п'ятому розділі розроблено експериментальний зразок АВП з ЧАД, що включений за схемою з вимірювальним та компенсаційним автогенераторами та індуктивним ПП і чутливим елементом (ЧЕ)- пружиною Бурдона для вимірювання тиску. Проведено його експериментальні дослідження та оцінені систематичні та випадкові похибки вимірювання за експериментальними даними.

Наведена схема реалізації тестового метода для розробленого АВП.

Отримані результати порівняння систематичних, випадкових складових та результуючих похибок вимірювання до застосування тестових методів та після застосування.

Отримані значення розширеної невизначеності до та після застосування тестових методів.

Показано, що застосування тестових методів дозволяє знизити результуючу похибку в 6 разів.

Висновки дисертаційної роботи обґрунтовані та змістовні. Висновки підтвердженні результатами експериментальних досліджень та патентами України.

У додатах наведені:

- акти впровадження;
- Патенти України отримані за результатами дисертаційної роботи.

Основні результати, їх наукова новизна

Серед описаних в дисертації результатів як науково нові слід відзначити наступні:

- вперше отримані математичні моделі характеристик перетворення для АВП з розробленим КП, що дозволяють розрахувати параметри таких АВП та КП;
- вперше розроблено загальний метод лінеаризації характеристик перетворення АВП, для розглянутих схемних реалізації АВП з ЧАД таких як: з одним автогенераторним датчиком, з диференціальним включенням двох автогенераторних датчиків, з двома: вимірювальним та компенсаційним автогенераторними датчиками, що дозволяє усунути невизначеність, що викликана похибкою лінійності;

- вперше застосовані тестові методи корекції похибок, що описуються рівняннями першого порядку для АВП з ЧАД з нелінійною характеристикою перетворення. Для розроблених АВП тиску та кутового переміщення, застосування тестових методів дозволяє знизити результуючу похибку до 6 та 2

разів, відповідно;

- вперше розроблені та застосовані схемно-конструктивні методи підвищення точності для АВП з ЧАД, що дозволяють виключити з ланцюга перетворень одну ланку, за рахунок поєднання функцій чутливого елемента і первинного перетворювача у одному елементі та, відповідно, спростити конструкцію і усунути невизначеність, яка вносилась ланкою, що була усунута.

Обґрунтованість і вірогідність наукових положень, висновків і рекомендацій

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, забезпечується глибоким критичним аналізом літературних джерел, чітким формулюванням мети роботи, коректністю постановки і вирішенню задач дисертації, послідовним викладенням теоретичних та експериментальних результатів.

Достовірність наукових результатів, положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, підтверджується як результатами експериментальних даних, так і строгим виведенням аналітичних залежностей.

Верифікацію розроблених математичних моделей, алгоритмів, розрахункових оцінок розроблених та запропонованих методів є їх широка наукова апробація, впровадження в виробництво.

Таким чином, О.В. Гусельниковим отримані нові науково обґрунтовані результати, які забезпечують вирішення поставлених задач

Практична цінність роботи

Практична цінність дисертаційної роботи полягає у впроваджені її результатів в НТУ «ХПІ» у навчальних курсах «Інформаційні технології і технічні вимірювання» та «Інформаційно-вимірювальні системи», які читаються на кафедрі «Інформаційно-вимірювальні технології та системи» факультету «Автоматика та приладобудування»; в ТОВ НВП “Т.О.Р.”, де використовувався експериментальний зразок автогенераторного вимірювача тиску в системі подачі масла тепловозного дизель-генератора; в ТОВ “Антес-АК”, де матеріали дисертаційної роботи використано в інтелектуальному лічильнику-аналізаторі якості електричної енергії. Також слід відзначити наявність восьми патентів України.

Зauważення до дисертації та автореферату

1. В Розділі 1 при огляді методів підвищення точності корисно було б розглянути більш широке коло методів, вчастності, методи зразкових сигналів, ітераційні методи, метод допоміжних вимірювань тощо, що дало би більш повну картину стану питання.
2. В Розділі 1 розглянуті три схеми включення автогенераторів ЧАД, але експериментальні результати дослідження наведені для схеми включення з вимірювальним та компенсаційним автогенераторами. Доцільно провести експериментальні дослідження двох інших схем включення.
3. В Розділі 3 проведені експериментальні дослідження ємісних та індуктивних первинних перетворювачів. Доцільно провести дослідження інших типів первинних перетворювачів, що наведені в

таблиці 1.1.

4. В п.3.5. наведені приклади реалізації схемно-конструктивних методів підвищення точності. Доцільно зробити звідну таблицю з прикладами реалізацій та їх основними параметрами.
5. На стор. 65, 92, 121, 122 робляться різні припущення які доцільно було би обґрунтувати.
6. На стор. 84 говориться про ідентичність параметрів транзисторів, але ступень цієї ідентичності не оцінюється.
7. На стор. 99 мова йде про деформацію котушки, але не поясняється, як упру гість котушки проявляється по мірі її деформації.
8. На стор. 128 та стор. 2 автореферату мова йде о розробці вимірювачів переміщення, тиску та сили але зразки для вимірювання сили не описано.
9. На стор. 15 є посилення на рис. 1.4 - 1.6, але рис. 1.6 відсутній у даному параграфі.
- 10.На стор. 54 є посилення на рис. 2.9, але на його місце рис. з другим номером.
- 11.На стор. 15 автореферату у п. 5 мова йде про обґрунтування доцільності підвищення точності існуючих АВП, але не вказано необхідні межі підвищення точності.

Висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам

Отримані в дисертації результати є новими, їх цінність підтверджена практичним застосуванням. За темою дисертації опубліковано 20 наукових праць. Результати доповідались на 10 наукових конференціях.

Автореферат в достатній мірі відображає зміст і основні положення дисертації.

Дисертація «Методи підвищення точності вимірювальних автогенераторних перетворювачів» є закінченою науковою роботою, у якій вирішено актуальні науково-практичні задачі підвищення точності, уніфікації конструкції АВП з ЧАД і у повній мірі відповідає вимогам ДАК МОН України та паспорту спеціальності 05.01.02 - стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення, а її автор, Гусельников Олексій Вікторович заслуговує присудження йому ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02 - стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення

Завідувач кафедри
метрології та вимірювальної техніки,
Харківського національного університету
радіоелектроніки
д.т.н., професор

Підпис проф. Руженцева завіряю:
Вчений секретар



І.В.Руженцев

О.М. Цимбал