

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. Задачі підвищення точності, лінеаризації функції перетворення та вдосконалення конструкції вимірювальних перетворювачів завжди є актуальними, внаслідок їх широкого використання у приладах та інформаційних системах контролю і керування.

Одними з найбільш перспективних вимірювальних перетворювачів є автогенераторні вимірювальні перетворювачі (АВП), які складаються з частотного автогенераторного датчика (ЧАД) з частотним 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, мають нелінійну характеристику перетворення та застосовуються для перетворення лише однієї фізичної величини, до того ж похибка вимірювання може коливатися у діапазоні $(0,5 \div 5) \%$, що не завжди задовольняє вимогам які висуваються до точності вимірювань.

Дисертаційна робота Гусельніков О.В. присвячена вирішенню задач підвищення точності, лінеаризації характеристики перетворення та уніфікації конструкції АВП.

До того ж актуальність теми дисертації підтверджується участю автора у проведенні досліджень, згідно з прикладною комплексною НДР кафедр НТУ «ХП» «Інформаційно-вимірювальні технології та системи» та «Неруйнівний контроль» №М5211 «Розробка методів та макетів приладів для неруйнівного контролю якості виробів зі зменшеними витратами енергії та матеріалів (2012÷2014 р.)».

Обґрунтованість і вірогідність наукових положень, висновків і рекомендацій

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, підтверджується чітким формулюванням мети, коректністю постановки і вирішення задач дослідження, теоретичним аналізом та експериментальними дослідженнями.

Вірогідність забезпечується використанням методу лінеаризації характеристики перетворення автогенераторних вимірювальних перетворювачів з частотним автогенераторним датчиком, схемно-конструктивних методів підвищення точності, що використовувались для виключення з ланцюга перетворень однієї ланки, за рахунок поєднання функцій чутливого елемента і первинного перетворювача у одному елементі,



тестового методу корекції похибок, методу компарації для порівняння експериментальних та теоретичних результатів.

Наукова новизна дисертаційної роботи.

Найбільш вагомими результатами, що наведені в дисертації стосуються розробки та застосування методів підвищення точності автогенераторних вимірювальних перетворювачів та розробки математичних моделей автогенераторних вимірювальних перетворювачів, а саме:

- вперше отримані математичні моделі характеристик перетворення для автогенераторних вимірювальних перетворювачів з розробленим кодуєм перетворювачем, що дозволяють розрахувати їх параметри;

- вперше розроблено загальний метод лінеаризації характеристик перетворення автогенераторних вимірювальних перетворювачів, для розглянутих їх схемних реалізацій з частотним автогенераторним датчиком 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 автогенераторного вимірювального перетворювача з частотним автогенераторним датчиком з нелінійною характеристикою перетворення. Для розроблених автогенераторних вимірювальних перетворювачів 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 автогенераторних вимірювальних перетворювачів з частотним автогенераторним датчиком, 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.

Практичне значення та впровадження роботи

Практична цінність дисертаційної роботи полягає у впровадженні її результатів у виробництво, а саме 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 та в науковий процес, а саме в НТУ «ХП» 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». Окремо слід виділити наявність восьми патентів України.

Оцінка структури та змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Гусельнікова О.В. складається зі вступу, п'яти

розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи 169 сторінок, у тому числі 141 сторінок основного тексту, 53 рисунки та 39 таблиці. Бібліографічний список включає 107 джерел і викладено на 10 сторінках та додатків на 21 сторінці.

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 здійснені класифікація та аналіз існуючих автогенераторних перетворювачів.

В результаті проведеного аналізу найбільш поширених схемних реалізацій АВП з ЧАД а саме: з одним автогенераторним датчиком, з диференціальним включенням двох автогенераторних датчиків, з двома: вимірювальним та компенсаційним автогенераторними датчиками побудована узагальнена математична модель АВП.

Отримані аналітичні вирази характеристик перетворення елементів ЧАД АВП для вищенаведених схемних реалізацій. На основі аналізу обрані методи підвищення точності для АВП з ЧАД.

В другому розділі запропоновано метод лінеаризації характеристики перетворення АВП, що розроблений автором. Реалізація методу продемонстрована 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.

Отримані залежності зміни вихідного сигналу розробленого ПП від кутового переміщення.

Проведена оцінка похибок на прикладі найбільш поширених АВП з LC-генераторними 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. Оцінені похибки лінійності розроблених ємнісних 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.

Наведені реалізації схемно-конструктивних методів підвищення точності, що дозволяють зменшити кількість елементів ЧАД за рахунок поєднання функцій чутливого елемента і первинного перетворювача у одному елементі. На реалізації схемно-конструктивних методів отримані патенти України

В четвертому розділі проведено аналіз формування тестових методів на основі якого встановлено:

- що кількості тестів, залежить від степеня рівняння перетворення АВП;

- що застосування спільного (адитивного та мультиплікативного) тесту дозволяє виключити мультиплікативні та адитивні складові результуючої похибки;

- результуюча 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 виміру кутового переміщення, що включений за схемою з двома автогенераторами та смісним первинним перетворювачем кута

П'ятий розділ присвячений експериментальним дослідженням розробленого зразку АВП з ЧАД, що включений за схемою з вимірювальним та компенсаційним автогенераторами та індуктивним ПП і чутливим елементом - пружиною Бурдона для вимірювання тиску.

Оцінені систематичні та випадкові похибки вимірювання за експериментальними даними.

Наведена схема реалізації тестового метода для розробленого АВП.

Отримані результати порівняння СКВ 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.

У висновках дисертаційної роботи сформульовані найважливіші результати досліджень

У додатках наведені акти впровадження; та Патенти України отримані за результатами дисертаційної роботи.

Повнога викладу результатів досліджень в опублікованих працях

Результати досліджень за темою дисертаційної роботи викладено у

двадцяти роботах, у тому числі дванадцяти статтях у фахових виданнях України (дві з яких у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз), з них одна одноосібна, одному одноосібному патент на винахід, сімох патентах на корисні моделі. Результати також доповідались на десяти наукових конференціях.

Основні результати дисертації, що виносяться на захист, отримані здобувачем самостійно. Перелік публікацій, їх зміст та обсяг відповідають темі дисертації, у повній мірі відображають положення виконаних досліджень і не суперечать висновкам роботи.

Оцінка мови і стилю дисертації та автореферату. Ідентичність змісту автореферату і дисертації

Стиль викладення матеріалу дисертації і автореферату – науковий, послідовний, чіткий та лаконічний. Мова викладання результатів теоретичних та практичних досліджень, нових наукових положень, висновків забезпечує доступність їх сприйняття. Висновки кожного розділу і дисертації в цілому відображають суть виконаних досліджень. Структура роботи і стиль викладення матеріалу відповідають вимогам до кандидатських дисертацій.

Зміст автореферату повністю ідентичний до змісту і основних положень дисертації та відповідає вимогам МОН України до авторефератів

Зауваження до змісту і представлення дисертації

1. Однією зі складових мети роботи є уніфікація конструкції автогенераторних вимірювальних перетворювачів за рахунок створення уніфікованого кодуєчого перетворювача для вимірювання різномірних фізичних величин. В дисертації розглянута робота кодуєчого перетворювача з частотними автогенераторними датчиками для вимірювання тиску та переміщення. Доцільно провести дослідження роботи кодуєчого перетворювача з частотним автогенераторним датчиком для вимірювання інших фізичних величин.

2. В Розділі 3 наведено розрахункове значення температурної похибки первинного перетворювача. Доцільно провести експериментальні дослідження впливу температури на первинний перетворювач.

3. В Розділі 3 проведено дослідження одного типу смісних (конденсатори типу КПС) та двох типів індуктивних перетворювачів (без каркасні спіральна та циліндрична котушки змінної індуктивності). Доцільно провести дослідження інших типів індуктивних та смісних первинних перетворювачів.

4. Автор не дає відповіді у висновках на виконання мети роботи та на поставлені задачі дослідження.

5. Анотація дисертаційної роботи українською мовою повторює висновки по роботі, а не дає короткого та зрозумілого змісту роботи.

6. У ключових положеннях дисертаційної роботи (мета; об'єкт; предмет; наукова новизна) та авторефераті багато аббревіатур, що затрудняє їх розуміння.

Висновок про відповідність дисертації вимогам МОН України.

Дисертація Гусельнікова О.В. є завершеною науковою роботою, у якій

вирішено актуальні науково-практичні задачі.

Робота вносить суттєвий внесок в науку і має практичне значення. Зміст дисертації свідчить про високий рівень кваліфікації автора, як наукового співробітника. Наведені недоліки не впливають на значимість роботи та її практичну цінність.

На підставі проведеного аналізу дисертації «**Методи підвищення точності вимірювальних автогенераторних перетворювачів**», можна зробити висновок про те, що за актуальністю, науковим рівнем, отриманими науковими результатами та практичною цінністю робота у повній мірі відповідає вимогам Наказу Міністерства освіти та науки України «Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук» 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.

Офіційний опонент:

Завідувач кафедри охорони праці,
стандартизації та сертифікації
Української інженерно-педагогічної
академії (м. Харків), д.т.н., професор



Р.М. Тріщ

