

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Ліщука Романа Ігоровича

на тему "Комп'ютерна система для випробувань стрілочних вимірювальних приладів", яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

1. АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЇ

Розвиток багатьох галузей промисловості, особливо високотехнологічних (аерокосмічна промисловість, автомобілебудування, спеціальна техніка, наукові дослідження тощо) потребує впровадження дедалі точніших і швидкодіючих систем автоматичного контролю. Розв'язок задачі підвищення рівня автоматизації виробництва стрілочних приладів передбачає розробку й впровадження гнучких комп'ютерних систем випробувань стрілочних вимірювальних приладів. Виникає ситуація, коли втручання в технологічний процес є неможливим або економічно недоцільне, проте перевірка стрілочних вимірювальних приладів є необхідною. На сьогодні у цій області найчастіше є потреба в оптичному розпізнаванні показів зі шкал стрілочних вимірювальних приладів та визначенні їх статичних і динамічних характеристик, що не залежать від типу шкали, причому у реальному часі. Тому тема, мета та поставлені завдання дисертаційної роботи поза сумнівом є дуже актуальними і мають важливе наукове та практичне значення.

2. СТУПІНЬ ОБҐРУНТОВАНOSTІ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ І ВИСНОВКІВ

У дисертаційній роботі подається розвиток теоретичних засад для розв'язання актуальної науково-прикладної проблеми, а саме: розпізнавання показів значень зі шкал стрілочних вимірювальних приладів та визначення їх статичних і динамічних характеристик, причому у реальному часі. Обґрунтованість представлених наукових положень визначається правильністю та коректністю принципів та методів, які використовуються – методи цифрового оброблення зображень: бінаризації, фільтрації, скелетизації, розпізнавання для виділення стрілки на зображенні та знаходження кута відхилення стрілки; теорії математичної статистики та математичного моделювання для перевірки адекватності та точності побудованої математичної моделі.

Теоретичні положення представлені у дисертаційній роботі підтверджені розробленим програмним забезпеченням та експериментальними дослідженнями при виготовленні комп'ютерної системи для випробувань стрілочних вимірювальних приладів.

Отримані результати є зрозумілими, коректними і мають фізичне трактування.

3. ДОСТОВІРНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У представленій дисертаційній роботі чітко сформульовані задачі дослідження, зрозуміло викладений їх розв'язок, наукові положення та висновки, і загалом вся робота має логічну структуру.

Достовірність результатів дослідження забезпечується чіткістю та логікою постановки його задач, правильністю та повнотою використаних методів та принципів при доведенні наукових положень, а також забезпечується коректністю математичного апарату, який використовується дисертантом у його роботі. Крім цього, наукові положення отримали експериментальне підтвердження з використанням сучасного апаратного і програмного забезпечення.

Висновки по розділах і загальні висновки по дисертаційній роботі загалом відповідають отриманим науковим і практичним результатам.

4. ЗВ'ЯЗОК РОБОТИ З НАУКОВИМИ ПРОГРАМАМИ, ПЛАНАМИ, ТЕМАМИ

Представлена робота виконана на кафедрі метрології та промислової автоматики Вінницького національного технічного університету. Дисертація відповідає пріоритетному напрямку у приладобудуванні 1.2.8.3 "Розробка нових інформаційних технологій на основі вимірювань електричних, магнітних і оптичних сигналів та їх просторово-часовий аналіз", затвердженому НАН України і Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України (наказ 1066/609 від 26.11.2009 р.) "Про затвердження основних наукових напрямів та найважливіших проблем фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук на 2009-2013 роки".

5. АНАЛІЗ ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

За результатами роботи опубліковано 13 наукових праць, отримано 1 патент України на корисну модель. При цьому 5 праці опубліковані у фахових виданнях України, з них 2 статті у журналах, що реферуються у наукометричних базах (Index Copernicus International, РІНЦ), 7 – у науково-технічних журналах та збірниках праць науково-технічних конференцій.

В цих публікаціях цілком відображені матеріали усіх розділів дисертаційної роботи, а самі публікації відомі фахівцям галузі.

В авторефераті стисло викладена сутність усіх розділів дисертаційної роботи. Зміст автореферату відображає хід досліджень і дозволяє встановити суть використаних методів і значення отриманих результатів.

6. НАУКОВА НОВИЗНА ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У представленій дисертаційній роботі подано вирішення актуальної науково-технічної проблеми – розпізнавання показів значень зі шкал стрілочних вимірювальних приладів та визначення їх статичних і динамічних характеристик у реальному часі, що не залежать від типу шкали. При цьому отримано такі нові наукові результати.

- вперше запропоновано структурну схему комп'ютерної системи оптичного зчитування показів зі шкал стрілочних вимірювальних приладів, що складається з веб-камери, генератора випробувальних сигналів та програмного забезпечення, що дає змогу керувати випробувальним сигналом в статичному та динамічному режимах роботи і розпізнавати покази зі шкал стрілочних вимірювальних приладів;

- вперше розроблено метод оптичного визначення динамічних характеристик стрілочних вимірювальних приладів, що дає можливість автоматизувати процес їх визначення шляхом покращення об'єктів на зображенні за рахунок зменшення часу експозиції веб-камери;

- вперше розроблено метод адаптивної бінаризації, який відрізняється від існуючих тим, що він побудований на основі подання зображення як інтегрального, що дає змогу підвищити швидкодію його роботи та забезпечує стійкість до шуму на зображенні;

- удосконалено хвильовий метод скелетизації бінарних зображень, який передбачає використання кіл, кожне наступне з яких, генерується на знайденій точці середньої вісі об'єкта на зображенні, що підвищує точність розпізнавання прямої;

- удосконалено метод оптичного зчитування показів зі шкал стрілочних вимірювальних приладів, який, на відміну від існуючих, працює в статичному та динамічному режимах роботи за рахунок використання адаптивного методу бінаризації та удосконаленого хвильового методу скелетизації, що дає змогу підвищити швидкість роботи та точність вимірювання, що дозволяє використовувати даний метод при повірці.

7. ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Практична цінність отриманих результатів підтверджується актом впровадження у виробництво та патентом, до основних практичних здобутків слід віднести:

- визначено особливості та сформульовано вимоги до методів і засобів автоматизації процесу оптичного зчитування показів зі шкал стрілочних вимірювальних приладів;

- розроблено інформаційне та програмне забезпечення процесу оптичного зчитування показів зі шкал стрілочних вимірювальних приладів для автоматизованого процесу випробувань, що дозволяє зчитувати покази незалежно від типу шкали;

- розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення керуванням процесу оптичного зчитування показів зі шкал стрілочних вимірювальних приладів в статичному або динамічному режимах роботи.

Результати досліджень впроваджені (акт впровадження № 9 від 7 серпня 2013 р.) на ПАТ "Уманський завод "Мегомметр" при проведенні приймально-здавальних випробувань відділом технічного контролю у процесі виготовлення стрілочних вимірювальних приладів.

8. ОЦІНКА ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЇ

Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації 139 сторінок, з яких основний зміст викладений на 124 сторінках друкованого тексту, містить 58 рисунків, 3 таблиць. Список використаних джерел складається з 107 найменувань та 2 додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, подана мета дослідження, виділено їх наукову новизну та практичне значення, показано зв'язок з науковими програмами та планами. Визначено особистий внесок здобувача та наведено інформацію щодо впровадження результатів роботи.

У першому розділі аналізується стан проблеми оптичного розпізнаванні показів зі шкал стрілочних вимірювальних приладів та сформульовані задачі дослідження.

При аналізі стану проблеми висвітлено особливості та сформульовано вимоги до методів і засобів автоматизації процесу оптичного зчитування показів зі шкал стрілочних вимірювальних приладів. У роботі показано, що саме визначення реальному часі динамічних характеристик стрілочних вимірювальних приладів, на основі їх показів, є серйозною і невирішеною на сьогодні задачею. Також у цьому розділі роботи аналізуються комп'ютерні системи оптичного зчитування показів зі шкал стрілочних вимірювальних приладів. Аналізуючи характеристики та конструкційні особливості відомих на сьогодні комп'ютерних систем оптичного зчитування показів зі шкал стрілочних вимірювальних приладів встановлено основні тенденції їхньої побудови та стан теоретичних досліджень.

На підставі проведеного аналізу стану проблеми оптичного розпізнаванні показів зі шкал стрілочних вимірювальних приладів та визначенні їх статичних і динамічних характеристик сформульовані задачі дослідження.

У другому розділі запропонована структурна схема оптичного зчитування показів зі шкал стрілочних вимірювальних приладів, яка включає в себе апаратне та програмне забезпечення. Розроблене програмне забезпечення базується на розробленню нових методів цифрової обробки зображень, що дають змогу розпізнавати покази у реальному часі.

Розроблений метод адаптивної бінаризації зображень ґрунтується на представленні зображення як інтегрального. Використання інтегрального представлення зображення дає значне скорочення часу роботи алгоритму та дозволяє уникнути різких контрастних змін.

Також розроблено метод скелетизації зображень, що є модифікацією хвильового методу. Відмінністю від хвильового методу є використання не хвиль, а кіл і генерація кожного наступного кола відбувається на знайдений точці середньої

вісі об'єкта. Пропонований метод може враховувати розширення (звуження) та поворот об'єкта.

У третьому розділі проведені експериментальні дослідження з розпізнавання показів стрілочних вимірювальних приладів на основі розробленої математичної моделі перетворення кута повороту стрілки у вимірне значення. Отримані значення використані для автоматизації визначення статичних і динамічних характеристик.

Експериментальні дослідження логічні і спочатку передбачають встановлення параметрів налаштувань системи, а далі перевірку приладів у статичному та динамічному режимах роботи. Показовою позитивною особливістю цих досліджень є робота комп'ютерної системи в реальному часі.

При розпізнаванні значень приладу в статичному режимі роботи абсолютна похибка склала $0,01B$, а відносна – $0,17\%$. Отримані результати похибок свідчать про незначні відхилення в статичному режимі роботи.

Основною причиною, що обмежує можливості перевірки приладу в динамічному режимі, є інерційність його рухомої частини. В результаті, стрілка, що прямує за вхідним сигналом, відстає від його значення на розмір динамічної похибки. Перетворюючи рівняння, що описує згасаючий коливальний процес, отримано аналітичні вирази зміни основних динамічних характеристик засобів вимірювання, таких як коефіцієнт підсилення коливальної ланки, постійну часу та коефіцієнт затухання.

Аналіз похибок та статистичних показників свідчить про гарний результат наближення між емпіричними та теоретичними даними при визначенні статичних і динамічних характеристик, що показало дієздатність розроблених методів.

У четвертому розділі розроблено програмне забезпечення комп'ютерної системи та принципова схема, алгоритмічне та програмне забезпечення генератора випробувальних сигналів, що керує вхідним сигналом, відповідно до запропонованої структурної схеми.

Генератор випробувальних сигналів побудований на мікроконтролері ATmega8, що поєднує в собі функціональність, компактність і порівняно невисоку ціну. В генераторі випробувальних сигналів реалізовано вибір режиму роботи тестування стрілочних амперметрів, вольтметрів та омметрів.

Розроблена бази даних забезпечує збереження інформації про номінальні дані кожного, результатів вимірів та розрахунків статичних та динамічних характеристик

кожного приладу. Також додана можливість виконання запитів, що дозволяє здійснювати пошук приладів, значення яких були розпізнані в процесі оброблення цифрових зображень.

Дисертаційну роботу завершують основні висновки та результати, список використаних джерел і додатки, що містить акт впровадження та продемонстровано робоче місце при контрольно-здавальних випробуваннях.

9. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

Отримані в ході дисертаційного дослідження наукові та практичні результати можуть бути використані у відповідних організаціях для створення комп'ютерних систем оптичному розпізнаванні показів стрілочних вимірювальних приладів та визначенні їх статичних і динамічних характеристик стрілочних вимірювальних приладів у реальному часі, що не залежать від типу шкали. Крім цього результати роботи можуть бути використані в навчальному процесі вищих навчальних закладів для підготовки спеціалістів відповідного профілю.

Зміст дисертаційної роботи, стиль та мова викладення, якість ілюстрацій відповідають вимогам ДАК МОН України до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

10. ЗАУВАЖЕННЯ ЩОДО ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Методи, що пропонуються в дослідженні відомі (немає прив'язки до сутності роботи, стор. 7) та не розкрито в повній мірі метод оптичного визначення динамічних характеристик стрілочних вимірювальних приладів.

2. На стор. 28, 29 не зрозуміло, як отримано рівняння (1.13), (1.14) (необхідно на мій погляд посилання на літературні джерела), а також не зрозуміло, чому взято рівняння (1.15) в часткових похідних (відсутні посилання).

3. Не пояснено, чому в рівнянні (1.15) стор. 29 розглядається значення коефіцієнта затухання $\beta < 1$ виходячи з рівнянь (1.13) та (1.14).

4. Не обґрунтовано вибір значення константи $k = \pm 0,2$ (стор. 33) при реальних параметрах об'єкту, а автор стверджує, що «... підбирається так, щоб забезпечити найбільш якісну бінарізацію».

5. В підрозділі 2.2 (стор. 49) – операції знаходження мартиці яскравості зображення значно простіше проводяться за рахунок морфологічного аналізу.

6. В п. 2.7 суть методу скелетизації бінарних зображень необхідно було б розкрити більш ширше (стор. 56-57).

7. Не показана адаптація, яка пропонувалася та її дослідження (стор.50).

Вказані зауваження суттєво не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи.

Зауваження до автореферату немає.

11. ВИСНОВОК ПРО ВІДПОВІДНІСТЬ ДИСЕРТАЦІЇ ВИМОГАМ ДАК МОН УКРАЇНИ

Дисертація Ліщука Р.І. на тему "Комп'ютерна система для випробувань стрілочних вимірювальних приладів" є завершеною науковою роботою, в якій отримані нові науково обгрунтовані результати, що в сукупності вирішують важливу народногосподарську проблему та мають важливе значення для розв'язання широкого кола прикладних задач у промисловості та наукових дослідженнях.

Враховуючи, що дисертаційна робота за актуальністю, науковим рівнем, важливістю одержаних наукових результатів та за практичною цінністю відповідає вимогам пунктів 9, 11 та 13 постанови Кабінету Міністрів України №567 від 24.07.2013р. "Порядок присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника" та паспорту спеціальності вважаю, що її автор, Ліщук Роман Ігорович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

Заслужений метролог України,
завідувач кафедри комп'ютеризованих
електротехнічних систем та технологій
Національного авіаційного університету
доктор технічних наук, професор



Роман Ігорович Ліщук
автор роботи

В.П. Квасніков

Т.В. Іванова