**Яцук Юрій Васильович. Покращання метрологічних характеристик цифрових перетворювачів температури в робочих умовах експлуатації : Дис... канд. наук: 05.11.04 – 2009**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Яцук Ю.В. Покращання метрологічних характеристик цифрових перетворювачів температури в робочих умовах експлуатації. – Рукопис**  Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.04 – прилади та методи вимірювання теплових величин. – Львів, 2008.  Дисертація присвячена вдосконаленню методик підвищення метрологічної надійності на місці експлуатації цифрових термометрів, які можуть працювати в комплекті зі стандартними та напівпровідниковими сенсорами.  Проведено аналітичний огляд існуючих методів та засобів побудови сучасних цифрових термометрів, детально проаналізовано похибки вимірювального кола цифрових резистивних термометрів, уточнено методику визначення розмірів чутливих елементів малогабаритних резистивних сенсорів температури, запропоновано структури та алгоритми роботи для підвищення точності цифрових термометрів з тридротовою лінією зв’язку та автоматичним коригуванням похибок, досліджено можливості калібрування цифрових резистивних термометрів на місці експлуатації.  Розглянуто питання уніфікації характеристик перетворення цифрових термометрів з сенсорами на основі p-n переходу, проведено аналіз метрологічних характеристик термометрів з модуляцією струму сенсорів з p-n переходом та детально проаналізовано похибки цифрового термометра з сенсорами на основі p-n переходу, запропоновано структури, алгоритм калібрування та проведено аналіз похибок інтелектуальних цифрових термометрів з діодними сенсорами та автоматичним коригуванням похибок.  Подано результати експериментальних досліджень визначення розмірів чутливих елементів малогабаритних терморезистивних сенсорів, результати дослідження принципіальної схеми дослідного зразка цифрового напівпровідникового термометра та результати експериментальних досліджень взаємозамінності сенсорів температури з p-n переходом. | |
| |  | | --- | | 1. Проведений в роботі аналіз показав, що існуючі методи та засоби побудови цифрових перетворювачів температури для роботи з термоелектричними, терморезистивними та напівпровідниковими перетворювачами не задовольняють сучасних потреб практики стосовно забезпечення метрологічної надійності, а також можливості здійснення оперативного метрологічного контролю протікання процесів вимірювання температур у реальному масштабі часу. Використовувані в інтелектуальних розпорошених системах вимірювання температури та в цифрових термометрах методи автокалібрування на основі вбудованих в сучасні мікроелектронні АЦП джерел опорної напруги, яким притаманні зміни параметрів в часі і під час зміни температури довкілля, не можуть забезпечити їх високої метрологічної надійності та можливості здійснення оперативного контролю протікання процесу вимірювань, а також не передбачені коректні методи їх перевірки без демонтажу на місці експлуатації.  2. Показано, що в цифрових термометрах на основі мікроелектронних АЦП з автоматичним коригуванням похибок та з тридротовим під’єднанням ТО не розроблено методик коригування похибок, зумовлених різницею опорів дротів, якими подається вимірювальний струм, під час зміни температури довкілля. З метою коригування цієї похибки запропоновано використовувати в одному із каналів передачі перетворювача опір-напруга, активний імітатор електричного опору різниці опорів ліній зв’язку, що дає можливість в цифрових термометрах для роботи з тридротовими ТО досягти практично однакових результатів з прецизійними чотиридротовими в широкому діапазоні зміни температури довкілля та на протязі великих проміжків часу.  3. На основі теоретичних досліджень, проведених в роботі запропоновано уточнену фізико-математичну модель функції перетворення діодних сенсорів температури, у якій враховано вплив основних конструктивних та електрофізичних параметрів p-n переходу - теплових, рекомбінаційних та дрейфових струмів, об’ємних опорів, опорів виводів та опорів ізоляції p-n переходу, концентрації акцепторних та донорних домішок, конструкції p-n переходів, коефіцієнта інжекції, коефіцієнта дифузії, рухливості носіїв як функції концентрації домішок та температури, ефекту модуляції опору бази, значення вимірювального струму на перегрів p-n переходу та значення методичної похибки. На основі аналізу розробленої фізико-математичної моделі визначено допустимі діапазони зміни значень основних параметрів p-n переходу, що працює у режимі модуляції вимірювальних струмів, для заданих значень методичної похибки вимірювання температури.  4. Детально проаналізовано похибки цифрового термометра з використанням діодних сенсорів та запропоновано структурно-алгоритмічні способи автоматичного коригування складових похибки генератора вимірювальних струмів, які в основному визначають похибку цифрового термометра з модуляцією вимірювальних струмів p-n переходу. Розроблено алгоритм та структурну схему пристрою для вимірювання температури, що дає можливість підвищення точності і стабільності, забезпечує взаємозамінність напівпровідникових сенсорів з p-n переходом за рахунок виключення впливу нестабільних параметрів на результат вимірювання, інваріантність до впливу опорів бази і виводів бази та емітера вимірювального діода, а також опорів дводротової з`єднувальної лінії зв`язку. На базі цієї структури розроблена схема багатоканального цифрового термометра, у якій забезпечується інваріантність результатів вимірювання до впливу залишкових параметрів струмового та потенціального комутаторів вимірювальних каналів і яка може бути реалізована без надмірних порівняно з базовою структурою апаратних затрат.  5. На базі проведених теоретичних досліджень запропонований алгоритм адитивно-мультиплікативного калібрування цифрових діодних термометрів, який реалізується з використанням переносних кодокерованих мір напруги без додаткових прецизійних та стабільних елементів. Це дає можливості підвищення метрологічної надійності термометрів і забезпечення оперативного метрологічного контролю протікання процесу вимірювання температури.  6. Проведений аналіз похибок показує, що в цифрових термометрах з автоматичним коригуванням адитивної складової похибки методом модуляції вимірювального струму, похибка вимірювання електричного опору ТО, окрім мультиплікативних складових похибок базового цифрового вольтметра та генератора вимірювального струму, визначатиметься також мультиплікативними складовими похибки коефіцієнта передачі перетворювача опір-напруга та, під час використання тридротової лінії зв’язку і операції підлаштування коефіцієнта передачі перетворювача опір-напруга, складовою похибки, зумовленої змінами в часі та мінливістю умов довкілля різниці опорів з’єднувальних ліній та коефіцієнта передачі перетворювача опір-напруга. Це практично унеможливлює оперативний контроль процесу вимірювання електричного опору ТО у процесі експлуатації.  7. На основі аналізу методів вимірювання електричного опору ТО постійному струму показано можливість та доцільність побудови цифрових термометрів на основі диференційного методу з використанням кодо-керованих мір напруги. Запропонована структура цифрового термометра, результат перетворення в якому інваріантний до значення вимірювального струму, адитивних складових тракту перетворення та параметрів АЦП в широкому діапазоні вимірювання. Розроблені структура та алгоритм роботи можуть служити основою для побудови інтелектуальних цифрових термометрів системного призначення, які забезпечують високі метрологічні характеристики при малих масо-габаритних показниках засобів вимірювань та в широкому діапазоні зміни дестабілізуючих факторів на місці експлуатації.  8. Обґрунтовано вибір методу, який дозволяє термічними дослідженнями визначити геометричні параметри мініатюрних термоперетворювачів опору і, при цьому, дає можливість порівнювати між собою термометри за наступними параметрами: довжина чутливого елементу, його розташування по відношенню до каркасу, стала часу ТО. Суть методу полягає у нагріві чутливого елементу ТО вимірювальним струмом та його покроковому зануренню з газового у рідинне середовище. Проведений аналіз показав, що термічним способом можливо встановити геометричні розміри чутливого елементу з похибкою не більшою, ніж ±1 %, що є достатнім для встановлення розмірів мініатюрних калібраторів температури на основі реперних матеріалів.  9. Розроблено експериментальний взірець цифрового термометра і проведено його лабораторні дослідження, які показали добру збіжність результатів з розробленими фізико-математичними моделями діодних сенсорів. Важливо також відмітити те, що розкид його показів від зразка до зразка не перевищив +0,3 К, причому для 60%від всієї кількості транзисторів цього розкиду не було виявлено. | |