УДК 004.67, 621.317

А.О. Подорожняк, А.М. Клименко, Д.В. Гончаров

Національний технічний університет "Харківський політехнічний університет", Харків

ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ СЕРВЕРНОЇ КІМНАТИ

В статті наведений опис моделі мікропроцесорного вимірювача температури та проведене її дослідження для різних умов функціонування і характеристик температурних датчиків в мікропроцесорних вимірювальних системах. Розроблені пропозиції по застосуванню методів вимірювання температури з коригуванням похибки для мікропроцесорних вимірювачів. Наведені результати роботи схемотехнічної моделі розробленої мікропроцесорної системи контролю температури серверної кімнати з обробкою даних від декількох температурних датчиків та корекцією похибки вимірювання.

***Ключові слова**: вимірювальна система, температурні вимірювання, мікропроцесорний вимірювач, обробка даних.*

Аналіз публікацій та постановка проблеми

В наш час будь яка організація потребує встановлення серверного обладнання для обслуговування веб-сайта, поштової скриньки, охорони приміщення, створення локальної мережі, та інше. Для розміщення серверного обладнання виділяється окрема серверна кімната. Як правило, це закрите приміщення, найчастіше невеликих розмірів, достатніх для розміщення серверних стійок з певним набором мережевого обладнання. У більшості випадків серверна кімната розміщується або в підвальному / напівпідвальному приміщенні, або в горищному приміщенні [1, 2].

Для нормального функціонування обладнання потребується підтримання нормальних температурних показників, від +18 до +24 °С, та відносної вологості повітря, від 30 до 50%. Для контролю температури повітря у серверній кімнаті використовуються спеціальні пристрої – мікроконтролерні системи, які вимірюють температуру та контролюють вентиляцію або кондиціонер. Однією із вимог до таких пристроїв є висока точність вимірювання. Мікроконтролерна система являє собою автономну 8-канальну 12-розрядну вимірювально-інформаційну систему (ВІС). Виходячи з призначення та вимог до ВІС, до її складу входять сучасні датчики та пристрої [3, 4].

Для визначення шляхів реалізації запропонованої концепції необхідно створити модель системи та провести її дослідження.

Проведений аналіз літератури показав [5-9], що існує багато варіантів вимірювання температури однак вони не розглядають процес вимірювання з урахуванням роботи великої кількості сучасних пристроїв, на які впливають різні дестабілізуючи фактори. Основним завданням для точного вимірювання є безпосередній контакт із вимірювальною поверхнею та зменшення дестабілізуючих факторів на систему. Для автоматизації роботи система повинна бути обладнана необхідною кількістю датчиків і приладами автоматизації.

Таким чином, актуальності набуває питання створення мікроконтролерної системи з використанням декількох датчиків для більш точного вимірювання температури в серверних кімнатах.

Мета статті. Дана стаття присвячена розробці та дослідженню моделі, а також пропозицій щодо побудови мікропроцесорної системи вимірювання температури з використанням декількох датчиків в серверній кімнаті.

Основна частина

Розробка моделі мікропроцесорного вимірювача температури (МВТ) була проведена в середовищі моделювання MATLAB та наведена на рис. 1.

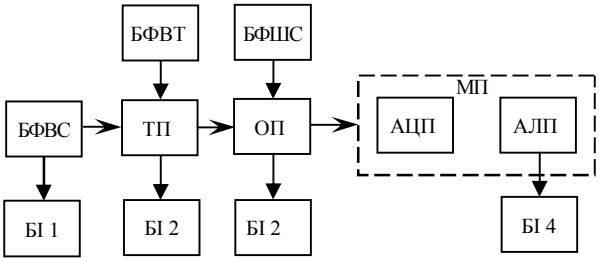

Рис. 1. Модель мікропроцесорного вимірювача температури

На приведеній схемі: БФВС – блок формування вхідного сигналу; БФВТ – блок формування вимірюваної температури; ТП – температурний перетворювач; ОП – операційний підсилювач; БФШС – блок формування шумового сигналу; АЦП – аналогово-цифровий перетворювач; АЛП – арифметико-логічний пристрій; МП – мікропроцесор; БІ 1, 2, 3, 4 – блоки індикації.

БФВС в наведеній моделі формує два види досліджуємих сигналів зміни температурі за часом – $X_{вх1}$=const, $X_{вх2}$=kx, які видаються для графічної індикації на БІ 1.

© А.О. Подорожняк, А.М. Клименко, Д.В. Гончаров

В сигнал після температурного перетворювача (ТП) адитивно подається шумова складова randn, яка має розподіл за нормальним законом із визначеними параметрами розподілу, що змінюються під час дослідження:

$$X_{ТП_1} = \text{const} + \text{randn};$$

$$X_{ТП_2} = \text{kt} + \text{randn}.$$

На виході операційного підсилювача маємо сигнал вигляду:

$$X_{ОП_1} = k_{ОП}(\text{const} + \text{randn}) + x_0;$$

$$X_{ОП_2} = k_{ОП}(\text{kt} + \text{randn}) + x_0.$$

Аналіз причин появ похибки вимірювань їх виявлення та зменшення є одним з основних етапів процесу вимірювань. В нашому випадку основну частину займають контактні методи вимірювання температури та пов'язані з цим похибки, то розглянемо їх більш детальніше. Основним є те, що всі контактні методи основані на перетворенні в сигнал вимірювальної інформації будь-якої термічної властивості термоперетворювача, а не об'єкта дослідження. Тому, всі відповідні засоби вимірювальної техніки вимірюють температуру чутливого елементу термоперетворювача, яка в загальному випадку не дорівнює температурі об'єкту.

Крім того, при даних методах вимірювання суттєве значення має похибка, яка обумовлена взаємодією об'єкту вимірювання та засобом вимірювальної техніки, особливо якщо останній використовується тільки для періодичних вимірювань та є штатним приладом даного об'єкту.

Методичні похибки терморезистивного методу обумовлені нагрівом термоперетворювача струмом, який проходить через нього та впливом опору ліній, а термоелектричного – похибки від нестабільності температури вільних кінців термопари, впливу постійних магнітних полів та інших факторів.

Загальними для всіх контактних методів є похибки, обумовлені недостатнім тепловим контактом між перетворювачем та об'єктом дослідження. При проведенні вимірювань з використанням мікроконтролеру пропонується відмовитися від звичайного способу калібрування вимірювального приладу за допомогою вимірювального підсилювача і компенсаційного потенціометра, а перекласти завдання калібрування/корекції на мікроконтролер.

Окрім перелічених похибок існують ще й такі як: похибка за рахунок особистого споживання теплової енергії термоперетворювачем; похибка від паразитного теплообміну між об'єктом дослідження та навколишнім середовищем через термоперетворювач; динамічна похибка.

Найважливішими завданнями є підвищення точності як найбільш важливого показника якості вимірювань. Воно досягається зменшенням усіх складових похибки МВТ, причинами яких є внутрішні впливні величини та зовнішні впливні величини, до яких належать умови експлуатації МВТ і неінформативні параметри вхідних (вимірювальних) сигналів.

Відомо багато методів підвищення точності МВТ, які розділяють на дві групи:

– методи, що забезпечують усунення або зведення до мінімуму причин виникнення окремих складових похибки МВТ. Ці методи називають також консервативними;

– методи, які направлені на зниження рівня похибок МВТ. Їх називають також методами корекції похибок.

Консервативні методи запобігають появі тих чи інших похибок МВТ або не припускають перевищення ними допустимих значень. Вони відрізняються простотою реалізації, бо не потребують чуттєвого структурного ускладнення МВТ. До консервативних методів належать конструктивно-технологічні та захисно-запобіжні методи. Відомо також багато методів корекції похибок МВТ, але найбільш поширеними є структурні, статистичні й алгоритмічні методи. Структурні методи підвищення точності МВТ ґрунтуються на використанні принципу інваріантності (нечутливості), згідно з якими МВТ виконуються так, щоб зменшити їх чутливість до певної впливної величини, або їх сукупності, що призводять до тих чи інших похибок МВТ. Досить перспективними є алгоритмічні методи підвищення точності МВТ. Вони ґрунтуються на використанні таких алгоритмів обробки декількох результатів вимірювань, які дозволяють зменшити похибку вимірювань.

Пропонується також використовувати статистичні методи корекції похибки МВТ призначені для зменшення випадкової складової похибки вимірювань, коли відомі статистичні характеристики похибки (оцінка інтервалу кореляції похибки, оцінка взаємної кореляційної функції похибки тощо). Такі методи ґрунтуються на часовому осередненні результатів вимірювань, тобто на їх цифровому інтегруванні та використовуються при умові, що інтервал кореляції похибки є значно меншим від допустимого значення часу вимірювання або перетворення. Часове осереднення здійснюється на основі багаторазових вимірювань фізичної величини X постійного розміру одним МВТ за незмінних умов і з наступним обчисленням результату вимірювань, яким є середнє арифметичне значення $\overline{Y}$ окремих результатів вимірювань Y_i, виконаних послідовно в часі:

$$\overline{Y} = \frac{1}{N_{oc}} \sum_{i=1}^{N_{oc}} Y_i .$$

Середньоквадратична похибка отриманих після осереднення результатів вимірювань може бути оцінена за формулою

$$\sigma(\overline{Y}) = \frac{\sigma(Y)}{N_{oc}},$$

де N_{oc} – кількість відліків вимірювання, що підлягають осередненню.

Результати дослідження мікропроцесорного вимірювача температури наведені рис. 2 – 3.

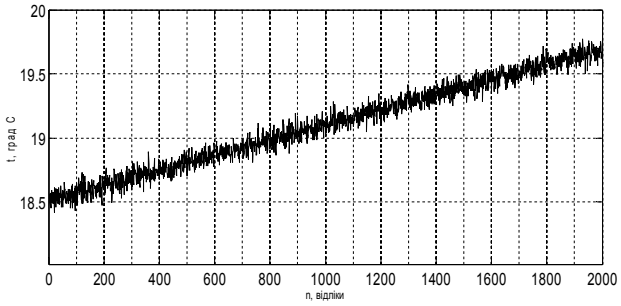

Рис. 2. Температура на виході термодатчика, з урахуванням випадкової похибки (температура термодатчика лінійно зростає)

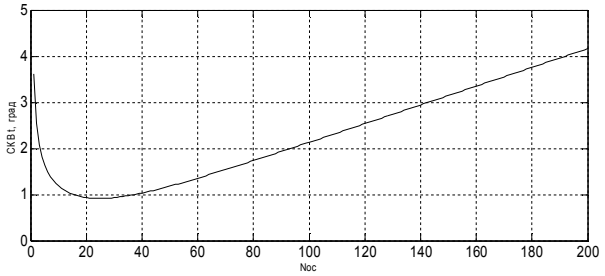

Рис. 3. Середньоквадратична похибка вимірювань, з урахуванням осереднення у мікропроцесорі (температура термодатчика лінійно зростає)

На основі проведеного дослідження було розроблено та протестовано на працездатність схемотехічну модель системи в середовищі Proteus, що наведена на рис. 4. РБМ є універсальними апроксіматорами і при цьому вони мають просту структуру Розглянемо блок-схему алгоритму роботи мікроконтролера, представлену на рис. 5. Спочатку програма проходить ініціалізацію та пошук датчиків. Якщо знайдено бодай 1 датчик, то програма продовжує працювати, інакше видає помилку про відсутність датчиків та припиняє роботу. Далі програма отримує результати з датчиків і виводить дані на LCD-дисплей окремо по кожному з датчиків. Після того, як з усіх датчиків були зняті показники, програма на основі отриманих результатів регулює систему охолодження або підігріву серверної кімнати. Якщо ж охолодження або підігрів не допомогли і температура піднялась або впала від заданих налаштувань більше ніж на 5 градусів, то програма сповіщає адміністрацію про критичний стан. Далі програма повертається до зняття показників з датчиків і так знов і знов.

Для підвищення точності підтримки температури, при аналізі використовуються показники з декількох датчиків і приймається рішення про ввімкнення або вимкнення охолодження або підігріву на основі декількох датчиків. Кількість датчиків для прийняття рішення встановлюється при налаштуванні температурних кордонів. Цей показник не може бути більше ніж кількість встановлених датчиків. Так при отримані результатів виміряної температури з датчиків, результат кожного датчика аналізується, і якщо результат виходить за допустимі кордони, в пам'ять мікроконтролера записується кількість датчиків, які вийшли за допустимі межі. Потім, на основі кількості датчиків, які перевищили показники і налаштувань приймається рішення про ввімкнення або вимкнення охолодження або підігріву. При перевищені температурних показників більше ніж на 5° система вмикає сигналізацію для оповіщення адміністрації про перевищення температури в серверній кімнаті. Також замість сигналізації можна підключити лінію до пульта охорони приміщення. Якщо на лінії з'явилася напруга, то це сигнал про перевищення критичних показників температури.

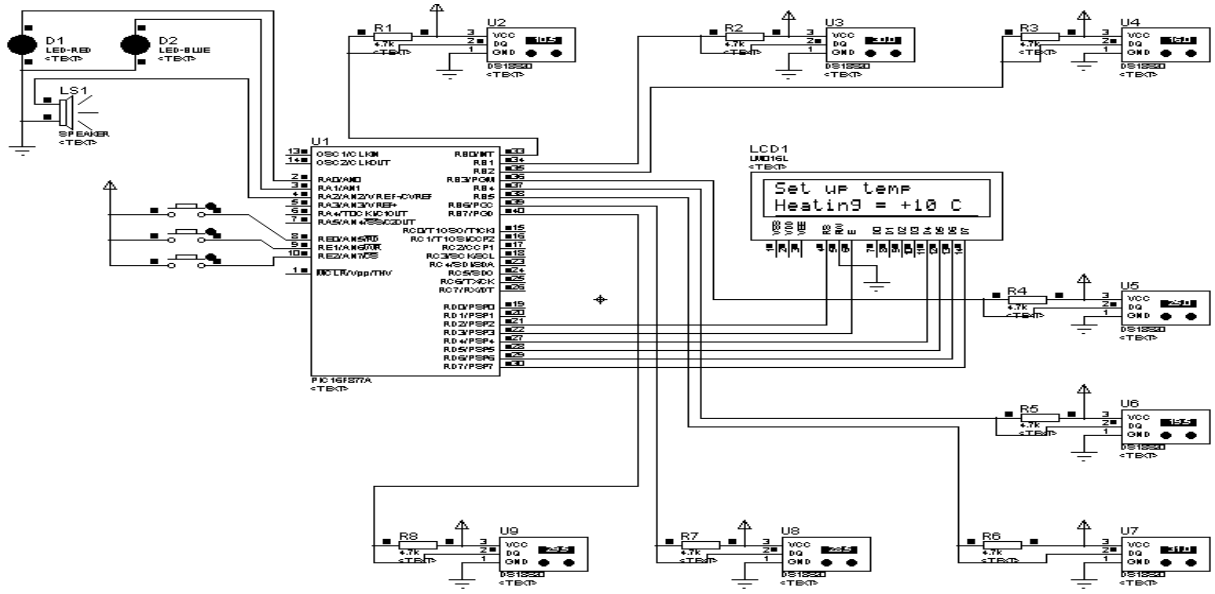

Рис. 4. Схемотехічна модель мікропроцесорної системи контролю температури в серверній кімнаті

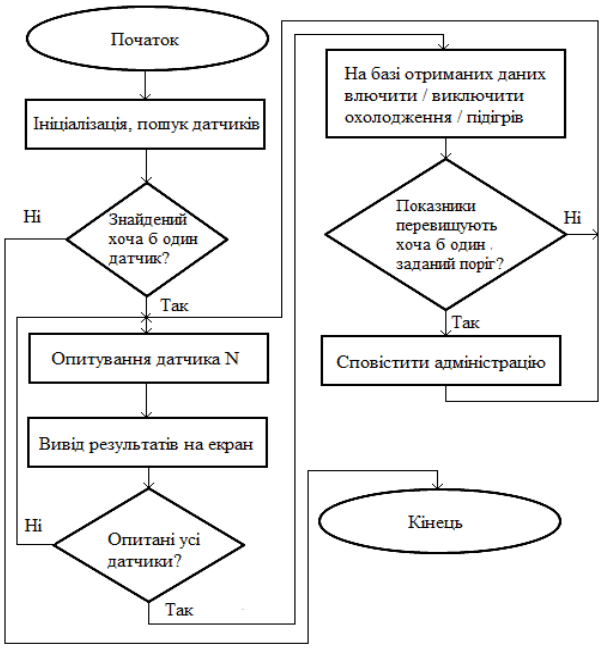

Рис. 5. Блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера

Висновки

В статті наведені моделі та принципи функціонування мікропроцесорного вимірювача температури в серверній кімнаті з використанням декількох датчиків для прийняття більш точного рішення щодо охолодження або підігріву серверної кімнати та проведене дослідження для різних умов функціонування і характеристик температурних датчиків. Розроблені пропозиції для зменшення похибок при вимірюванні температури.

Приведено алгоритм роботи мікроконтролерної програми з описом усіх частин функціонування програми. Результати дослідження можуть бути застосовані при охолодженні серверних стійок, які знаходяться як в «проблемних» серверних кімнатах, так і тих, які відповідають усім нормам.

Список літератури

1. Датчики температуры [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://www.devicesearch.ru/article/datchiki-temperatury.

2. Hashemian H.M. Monitoring and measuring I&C performance in nuclear power plants / H.M.. Hashemian. – USA: International Society of Automation, 2014. – 376 с.

3. Подорожняк А.О., Гончаров Д.В. Модель вимірювально-інформаційної системи для контролю температури у серверній кімнаті / Х. Університетська науково-практична студентська конференція магістрантів НТУ «ХПІ»: матеріали конференції: у 3-х ч. – Ч. 3. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – С. 104.

4. Дослідження моделі мікропроцесорного вимірювача системи терморегулювання / Любченко Н.Ю., Клименко А.М., Подорожняк А.О., Гурський В.М. // Стандартизація, сертифікація, якість. – К.: ДП «УНДіНЦПССтаЯ». – вип. 5 (102). – 2016. – С. 54 – 60.

5. . Дослідження мікропроцесорної системи вимірювання температури / Безкоровайний П.Ю., Клименко А.М., Любченко Н.Ю., Е.К. Мирко // Системи обробки інфо-рмації. – Х.: ХУ ПС, 2016. – Вип. 2 (139). – С. 10 – 13.

6. Мирский Г.Я. Микропроцессоры в измерительных приборах / Г.Я. Мирский. – М.: Радио и связь, 1984. – 160 с.

7. Подорожняк А.О. Динамічна нейромережева модель первинного перетворювача / А.О. Подорожняк, О.В. Полярус, А.О. Коваль // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". – 2014. – Вип. 35 (1078). – С. 152-160.

8. Кохц Д. Измерение, управление и регулирование с помощью PIC-микроконтроллеров / Д. Кохц. – К.: МК - Пресс, 2006. – 304 с.

9. Документація по PIC мікроконтролерам [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://www.microchip.ru.

Надійшла до редколегії 12.02.2017

Рецензент: д-р техн. наук проф. В.Б. Кононов, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СЕРВЕРНОЙ КОМНАТЫ

А.А. Подорожняк, А.Н. Клименко, Д.В. Гончаров

В статье приведено описание модели микропроцессорного измерителя температуры и проведено ее исследование для различных условий функционирования и характеристик температурных датчиков в микропроцессорных измерительных системах. Разработаны предложения по применению методов измерения температуры с корректировкой погрешности для микропроцессорных измерителей. Приведены результаты работы схемотехнической модели разработанной микропроцессорной системы контроля температуры серверной комнаты с обработкой данных от нескольких температурных датчиков и коррекцией погрешности измерений.

***Ключевые слова**: измерительная система, температурные измерения, микропроцессорный измеритель, обработка данных.*

RESEARCH MICROPROCESSOR TEMPERATURE CONTROL SYSTEM IN THE SERVER ROOM

A.O. Podorozhniak, A.M. Klimenko, D.V. Honcharov

The article describes the model of the microprocessor temperature and carried out its investigation for various operating conditions and characteristics of temperature sensors in microprocessor measuring systems. Proposals on the application of temperature measurement methods with error correction for microprocessor meters have been developed. The results of the circuit-technical model of the developed microprocessor system for monitoring the temperature of the server room with data processing from several temperature sensors and correction of the measurement error are presented.

***Keywords**: measuring system, temperature measurement, microprocessor meter, data processing.*