

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У СКЛАДСЬКОМУ ПРИМІЩЕННІ

Д. О. Бельков

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: dmytro.belkov@nure.ua

Анотація: В роботі запропоновано проект системи управління мікрокліматом у складському приміщенні, розроблено основні алгоритми роботи клієнтської та серверної частин системи управління. Застосування запропонованої системи управління мікрокліматом дозволить підвищити рівень керування енергоефективністю і споживанням енергоресурсів.

Ключові слова: мікроклімат, складське приміщення, система управління, мікроконтролер.

INTELLIGENT MICROCLIMATE CONTROL SYSTEM IN THE WAREHOUSE

D.O. Belkov

Kharkiv National University of radio electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, 14 Nauki Ave

E-mail: dmytro.belkov@nure.ua

Abstract: The paper proposes a project of the microclimate control system in the warehouse, developed the basic algorithms of the client and server parts of the control system. The use of the proposed microclimate management system will increase the level of energy efficiency and energy consumption management.

Keywords: microclimate, warehouse, control system, microcontroller.

Мікроклімат у складському приміщенні залежить від зовнішніх (вологість повітря, зовнішня температура, сила вітру, сонячне освітлення), експлуатаційних (маса повітря) і конструкторських (теплопровідність підлоги та стін) факторів впливу, які необхідно враховувати при його формуванні. Схему взаємодії факторів впливу, складського приміщення та системи управління мікрокліматом складського приміщення наведено на рис. 1, де P_1 , P_2 , P_3 , P_4 та P_5 – відповідно температура повітря, вологість повітря, вміст двоокису вуглецю, вміст кисню та освітленість; U_1 , U_2 та U_3 – відповідно сигнали управління освітленням, провітрюванням, температурним режимом повітряного середовища; K_1 та K_2 – відповідно теплоємність підлоги та стін; E_1 – маса повітря.

Формування мікроклімату в складському приміщенні залежить від комплексу параметрів: температури, вологості повітря та вмісту кисню в складському приміщенні; зовнішньої температури, швидкості повітря; освітлення, вмісту вуглекислого газу. Для регулювання вмісту кисню та вуглекислого газу в складському приміщенні використовують систему вентиляції, в якій передбачають механічну систему відкриття і закриття верхніх і бічних вікон за допомогою приводів.

Тепловий режим складського приміщення підтримують за допомогою систем обігрівання і вентиляції. Найперспективнішим обігрівом приміщень сьогодні є електричний. При електричному обігріві використовують нагрівальні елементи, які генерують тепло індивідуально. Управляють нагрівальними елементами за допомогою терморегуляторів, завдяки чому підсистема обігріву забезпечує високу динамічність і високу точність підтримання температури в заданому діапазоні.

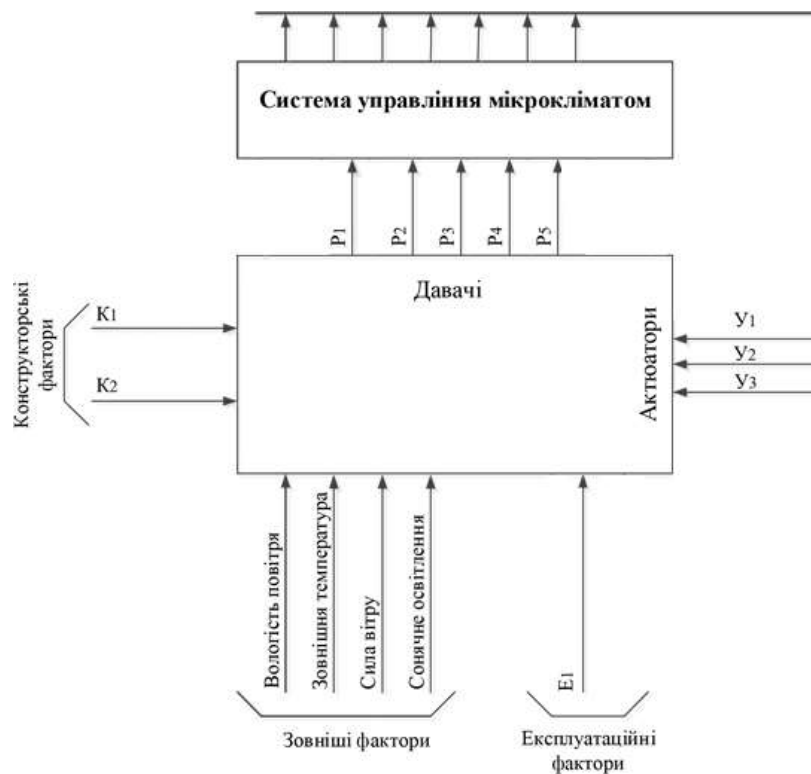


Рисунок 1 – Схема інформаційної взаємодії складського приміщення із оточенням

В основу проектування сучасних систем управління мікрокліматом складського приміщення покладено системну інтеграцію, яка ґрунтується на системному підході, який охоплює всі рівні інтеграції процесів управління мікрокліматом з врахуванням вимог та ефективності їх застосування. Розробляти системи управління мікрокліматом складського приміщення доцільно на основі комплексного підходу, який охоплює комунікаційні та інформаційно-управляючі технології та системи, сучасну елементну базу, програмне забезпечення з використанням ОС Android, засоби підтримки прийняття рішень і ґрунтується на таких принципах: системності, змінного складу обладнання, відкритості, модульності та використання комплексу базових проектних рішень.

Управляють мікрокліматом у складському приміщенні за допомогою системи управління, основними компонентами якої є: мікроконтролерна система, мобільний пристрій зв'язку під управлінням ОС Android, множина датчиків і актуаторів (рис. 2).

Мікроконтролерна система складається із мікроконтролера Arduino на базі ATmega2560, Ethernet модуля, модуля пам'яті та модуля інтерфейсів.

Мікроконтролер з'єднаний із усіма модулями системи в єдину систему. Він відповідає за автономне управління мікрокліматом складського приміщення. З цією метою мікроконтролер зчитує через модуль інтерфесів показники датчиків та згідно із внутрішньою програмою керує актуаторами. Внутрішня програма аналізує межі необхідних параметрів мікроклімату та формує керівні сигнали. У разі наявності зв'язку із мобільним пристроєм управління мікроконтролер перевіряє, чи наявні зміни у параметрах управління мікрокліматом та перезаписує конфігураційний файл.

Модуль Ethernet базується на Wiznet W5100 контролері. Модуль відповідає за комунікацію через локальну мережу. Модуль здатний приймати і надсилати різноманітні пакети даних.

Його використовують для організації локального сервера та комунікації із мобільним пристроєм через локальну мережу.



Рисунок 2 – Структура системи управління мікрокліматом складського приміщення

Модуль пам'яті відповідає за збереження та завантаження конфігураційних файлів. Цей модуль необхідний для відновлення стану системи у разі різноманітних збоїв. Дані зберігаються на SD-картці.

Системний таймер відповідає за відлік локального часу. Це необхідно для визначення часу доби та відслідковування додаткових параметрів управління системою.

Модуль інтерфейсів відповідає за організацію аналогових та цифрових виходів за допомогою I2C/TWI інтерфейсів. Ці інтерфейси використовують для комунікації із датчиками та управлінням актуаторами.

Мобільний пристрій зв'язку під управлінням OS Android містить Wi-Fi інтерфейс, який використовують для створення двостороннього з'єднання між Ethernet модулем та мобільним пристроєм.

На пристрій встановлено програму для управління мікрокліматом складського приміщення для перевірки та налаштування параметрів її роботи. Програма повинна отримувати дані від мікроконтролера, відображати їх на екрані мобільного пристрою та надсилати команди через Wi-Fi інтерфейс.

Програма повинна бути гнучкою і здатною працювати з різною структурою складського приміщення. Це досягається тим, що програма на початку роботи зчитує конфігурацію складського приміщення і залежно від отриманої інформації коригує свою роботу.

Модуль датчиків використовують для аналізу параметрів мікроклімату приміщення. Модуль інтерфейсів періодично описує дані від датчиків. Модуль датчиків складається з датчика температури та вологості DHT11, датчика освітленості, який ґрунтується на фоторезисторі.

Модуль актуаторів відповідає за керування різноманітними актуаторами. З цією метою модуль інтерфейсів надсилає керуючі сигнали для утримання параметрів мікроклімату в нормі, згідно з якими вмикаються актуатори.

Основною частиною мікроконтролерної системи Arduino є мікроконтролер ATmega2560. Для комунікації із мобільним пристроєм зв'язку на базі мікроконтролера розгортається сервер, який здатний опрацювати запити згідно із протоколом комунікації. Оскільки мікроконтролер

може одночасно виконувати тільки одне завдання, то необхідно розробити алгоритм, який дає можливість переключатись між керуванням мікрокліматом та комунікацією з клієнтом.

З цією метою розроблено алгоритм роботи сервера, який складається з таких основних кроків:

Крок 1. Запуск системи на виконання, що передбачає увімкнення живлення для мікроконтролера з його периферійними пристроями;

Крок 2. Ініціалізація системи: складається з ініціалізації давачів, перевірки актюаторів, модулів комунікації, модуля пам'яті, системного таймеру тощо;

Крок 3. Зчитування системної конфігурації, що полягає в зчитуванні інструкції із конфігураційного файлу та роботі системи згідно із конфігураційним файлом;

Крок 4. Перевірка на отримання запиту, яка дає можливість з'ясувати, чи необхідно приступити до аналізу і опрацювання запиту, чи продовжувати керувати мікрокліматом; опрацювання запиту полягає в розбитті та аналізі запиту згідно із протоколом комунікації; збереження конфігурації системи відбувається у разі надходження запиту із зміною налаштувань системи. У цьому випадку перезаписується конфігураційний файл системи.

Крок 5. Під час зчитування даних від давачів відбувається послідовне опитування кожного із давачів системи та збереження поточного стану системи. В процесі перевірки стану актюаторів аналізують дані від давачів та формують стратегію роботи кожного актюатора. На основі цієї стратегії відбувається включення/виключення кожного із актюаторів.

Крок 6. Під час перевірки таймерів відбувається перевірка поточного часу системи, порівняння часу таймера та поточного часу. У разі, коли поточний час знаходиться в межах роботи таймера, відбувається переналаштування роботи актюаторів згідно із заданим сценарієм роботи.

Згідно із основною структурою системи, клієнт не повинний мати постійний зв'язок із сервером. Саме тому значна частина логіки роботи системи переноситься на сервер, а на клієнті знаходиться тільки логіка для налаштування та контролю. Алгоритм роботи клієнта містить такі важливі етапи:

Крок 1. Користувач запускає програму на мобільному пристрої. Початкова ініціалізація клієнта та генерація інтерфейсу користувача.

Крок 2. Додаток встановлює з'єднання із сервером. Генерування тестових запитів до сервера та перевірка успішності їхнього виконання.

Крок 3. У разі, якщо з'єднання не встановлено, то виводиться повідомлення про помилку, можливі варіанти вирішення проблеми. Через деякий час з'єднання перевіряється повторно та у разі успішного налаштування з'єднання відбувається перехід на крок 4.

Крок 4. Формується та надсилається запит на дані, стан складського приміщення.

Крок 5. Якщо даних про стан системи не отримано, то виконується крок 3. Якщо дані отримано, то програма переходить на крок 6.

Крок 6. Відповідь, отримана від сервера, опрацьовується та формується список даних про стан давачів, актюаторів та таймерів.

Крок 7. На основі отриманих від сервера даних відображаються дані про стан давачів, актюаторів та таймерів.

Крок 8. Програма очікує на зміни у налаштуваннях від користувача. У разі внесення необхідних правок у налаштування системи та підтвердження змін відбувається перехід на наступний крок.

Крок 9. Усі зміни в системі необхідно синхронізувати одна за однією. З цією метою послідовно формуються та надсилаються запити для зміни параметрів роботи давачів, актюаторів чи таймерів, залежно від змін.

Крок 10. У разі певних проблем із надсиланням даних необхідно перейти на крок 3 та очікувати налаштування з'єднання. Якщо всі дані успішно синхронізовано, то сервер надсилає дані про поточну роботу системи та її стан. Після цього відбувається перехід на крок 6.

Для постійної перевірки з'єднання, збереження та відображення поточних даних, Android програма запускає сервіс, який періодично збирає дані про стан системи. Цей сервіс працює в окремому потоці та є за межами роботи основного алгоритму системи.

ВИСНОВКИ. Розроблено структуру системи управління мікрокліматом у складському приміщенні, яка має змінний склад обладнання, що забезпечує швидку адаптацію до вимог управління для конкретного складського приміщення.

Запропоновано здійснювати розробку компонентів і синтезувати структуру системи управління мікрокліматом складського приміщення за комплексним підходом, який охоплює комунікаційні та інформаційно-управляючі системи та технології, сучасну елементну базу, програмне забезпечення з використанням ОС Android, засоби підтримки прийняття рішень і ґрунтується на таких принципах: системності, змінного складу обладнання, відкритості, модульності та використання комплексу базових проектних рішень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Поліщук Є. С., Дорожовець М. М., Яцук В. О., Ванько В. М., Яцук Ю. В. Вимірювальні перетворювачі (сенсори): підручник. Львів: Вид-во Львівської політехніки. 2015. 584 с.
2. Пупена О. М., Ельперін І. В., Луцька Н. М., Ладанюк А. П. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: навч. посібник. К.: Ліра-К. 2011. 552 с.
3. Медиковський М. О., Ткаченко Р. О., Цмоць І. Г., Цимбал Ю. В., Дорошенко А. В., Скорохода О. В. Інтелектуальні компоненти інтегрованих автоматизованих систем управління: монографія. Львів: Видавництво Львівської політехніки. 2015. 280 с.
4. Speetjens S. L., Stigter J. D., Straten G. V. Towards an adaptive model for greenhouse control. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2009. Vol. 67 (1–2). P. 1–8.
5. Rodriguez F., Berenguel M., Arahal M. R. Feedforward controllers for greenhouse climate control based on physical models. *Proceedings of the European Control Conference ECC*. 2001. P. 2158–2163.
6. Takakura T., Son J. E. *Simulation of biological and Environmental Processes*. 2004, Kyushu University Press. 139 p.
7. Diaz M. *Petri Nets: Fundamental Models, Verification and Applications*. 2010. John Wiley & Sons. 768 p.
8. Yevsieiev, V., & Demska, N. (2023). *Application of Generative Design Methods for Improving Manipulator Designs for Mobile Robots* (Doctoral dissertation, Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького).
9. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Maksymova, S., Demska, N., Kolesnyk, K., & Miliutina, O. (2022, September). Object Recognition for a Humanoid Robot Based on a Microcontroller. In *2022 IEEE XVIII International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)* (pp. 61-64). IEEE.
10. Євсєєв, В. В., Демська, Н. П., & Олександров, Ю. М. (2022). *Моделювання виробничої лінії SMT-монтажу в кібер-фізичних виробничих системах* (Doctoral dissertation, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського).

Науковий керівник: Косенко Наталія Вікторівна, доц. кафедри КІТАР, Харківського національного університету радіоелектроніки