

ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ БІОМЕТРИЧНОГО СТАНУ РОСЛИНИ ТА МІКРОКЛІМАТУ В ТЕПЛИЦІ

Решетюк В. М., Лендел Т. І., Куляк Б. В.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Реалізовано вимірювальний електротехнічний комплекс для моніторингу параметрів біометричного стану рослини та мікроклімату в теплиці із можливістю безпроводної передачі інформації.

Постановка проблеми. Тепличне овочівництво – це інтенсивна форма використання вирощувальних площ і характеризується високим ступенем технологічного розвитку. Регулювання технологічних умов, при яких вирощують тепличні культури (температура і вологість повітря, живлення рослин, вміст CO₂ у повітрі, освітленість, а при певних умовах – температура і вологість субстрату), забезпечує високу продуктивність і збільшену тривалість виробництва протягом року [1].

Основною функцією теплиці є продовження вегетаційного періоду для рослин, при цьому важливу роль у формуванні врожаю овочів в тепличному господарстві відіграє температура рослин [2] та інші параметри мікроклімату [1].

Проте, існуючі системи, які забезпечують необхідні умови для вирощування в тепличних приміщеннях, не відстежують реакцію рослини на зміну цих умов. Наведений недолік можливо вирішити доповненням системи управління теплицею складовими для проведення фітомоніторингу [2, 3].

Суть фітомоніторингу – полягає в повній оцінці та діагностиці стану рослини, спостереженні за процесами росту і розвитку, що повинні здійснюватися безперервно. Система для фітомоніторингу в теплиці – це датчики, які вимірюють параметри рослини і навколишнього середовища і передають отриману інформацію на комп'ютер [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження параметрів біометричного стану рослини у реальному часі (безперервно) в процесі вирощування із використанням підсистем фітомоніторингу проводилися науковцями раніше та є актуальним науковим завданням і сьогодні [1-4].

Мета статті. Пропонується програмно-апаратне забезпечення вимірювального електротехнічного комплексу для моніторингу параметрів біометричного стану рослин та мікроклімату в спорудах закритого ґрунту.

Основні матеріали дослідження. Архітектуру проекту розробленої системи показано на рис. 1. Інструментом фітомоніторингу наведеного електротехнічного комплексу є апаратна частина системи, яка включає в себе вимірювальні елементи – давачі, електронні пристрої для перетворення сигналів – аналого-цифрові (АЦП) та цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП), керуючий пристрій для автоматизації та керування процесами вимірювання – спеціалізована мікропроцесорна система (мікроконтролер), та комп'ютер для людино-машинної взаємодії.

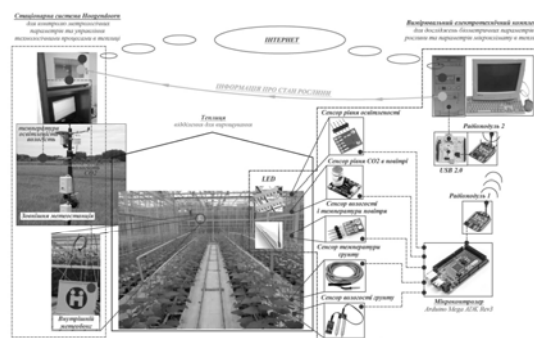


Рисунок 1 – Архітектура вимірювального електротехнічного комплексу для моніторингу параметрів біометричного стану рослини та мікроклімату в спорудах закритого ґрунту

Схожа, за функціоналом, система [3] була розроблена науковцями раніше, але при її розгляді виявлено певний недолік, який полягає в необхідності провідної передачі вимірюваної інформації, а це в свою чергу погіршує мобільність моніторингу стану рослини або мікроклімату теплиці. Для вирішення цієї проблеми у проектуваному електротехнічному комплексі передбачено безпроводний канал передачі інформації у всевітню мережу, що дозволяє оператору та технологам отримувати вільний доступ до вимірних даних.

Функцію керування проектованою системою моніторингу виконує програмований пристрій Arduino Mega ADK.

Arduino Mega ADK – це пристрій на основі мікроконтролера ATmega2560. У його склад входить: 54 цифрових входів/виходів (з яких 15 можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів), 16 аналогових входів, 4 апаратних приймача для реалізації послідовних інтерфейсів (UART), кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення (7 - 12 В), роз'єм ICSP для програмування в середині схеми і кнопка скидання. У мікроконтролер ATmega2560 попередньо вшитий завантажувач, що дозволяє записувати нові програми без використання зовнішніх програматорів – зв'язок здійснюється оригінальним протоколом STK500. На концептуальному рівні пристрій Arduino Mega ADK програмується через RS-232 [6].

Вимірювальна функція системи реалізована за допомогою електричних давачів, які в залежності від характеру виконання мають різні види вихідних сигналів – аналогові та цифрові. Підібрано відповідні давачі для вимірювання необхідних параметрів:

- температура та вологості повітря – сенсор типу

DHT22;

- температури ґрунту – сенсор типу DS18B20 в герметичному виконанні (IP67);
- вологості ґрунту – сенсор типу YL-69;
- освітленості – сенсор типу BH1750;
- концентрації рівня CO₂ в повітрі – сенсор типу MG-811;
- температури на поверхні листка – сенсор температури версії 3667s від компанії Spectrum Technologies (США);
- товщини листка рослини – сенсор типу Leaf Sensor від компанії AgriHouse (США).

Вище описана система програмується в середовищі Arduino [6].

Для запроєктованої системи спеціально розроблена програма, фрагмент коду наведено на рис. 2 а. Результати роботи системи (фрагмент потоку даних) показано на рис. 2 б.

```
Soil temperature1: 22.75 °C
Soil temperature2: 20.94 °C
Soil temperature3: 22.31 °C
Soil temperature4: 22.56 °C
Soil temperature5: 19.25 °C
Soil temperature6: 21.56 °C
Soil temperature7: 21.00 °C
Soil temperature8: 19.81 °C

Soil humidity 1: 87 %
Soil humidity 2: 85 %

Light: 13744 lx

Air temperature 1: 25.10 °C
Air temperature 2: 26.30 °C
Air temperature 3: 24.90 °C
Air temperature 4: 24.80 °C
Air temperature 5: 25.70 °C
Air temperature 6: 24.60 °C
Air temperature 7: 26.50 °C
Air temperature 8: 23.90 °C

Air humidity 1: 79.60 %
Air humidity 2: 76.70 %
Air humidity 3: 79.20 %
```

а)

б)

Рисунок 2 – Загальний вигляд програмного забезпечення вимірювального електротехнічного комплексу: а - інтегроване середовище розробки Arduino із програмним кодом; б - фрагмент потоку даних вимірювань (із архіву)

Функціонал розробленого програмного забезпечення (рис. 2) дозволяє зчитувати інформацію із давачів, забезпечує моніторинг вимірювальних параметрів в реальному часі з адресною прив'язкою до давачів і передачею даних в мережу Інтернет, та запис інформації вимірювання в базу даних з можливістю подальшої обробки.

Описаний комплекс проходив налаштування, калібрування та перевірку у лабораторних умовах, і тільки після отримання задовільних результатів, щодо робоздатності системи, випробування продовжилися у виробничих умовах.

Дослідження проводилися в виробничій теплиці науково-практичного центру тепличних технологій, який розміщений в селі Нові Петрівці, Вишгородського району, Київської області. Споруда являє собою блочну теплицю 4-го покоління голландської технології типу "Venlo".

Моніторинг проводився в одному із 12 виробничих відділень площею 144 м², де вирощувався гібрид огірків Беттіна F1. Давачі розміщувались у методично вибраних місцях по всьому просторі тепличного відділення.

Функціональну схему системи, яка реалізована по місцю проведення досліджень, разом із розміщенням

давачів наведено на рис. 3.

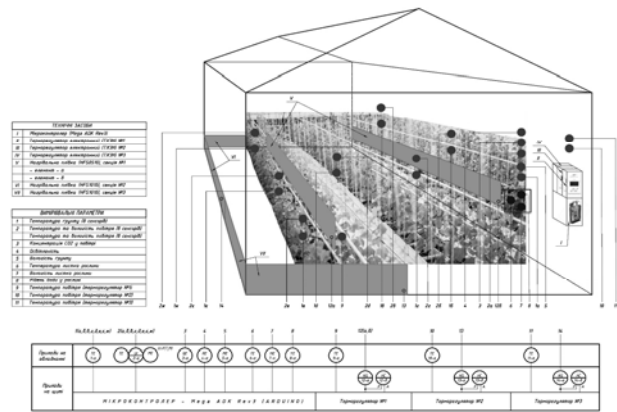


Рисунок 3 – Функціональна схема вимірювального електротехнічного комплексу, який реалізований по місцю проведення досліджень.

Безпроводний канал передачі вимірювальної інформації у всесвітню мережу виконаний за стандартом IEEE 802.11 (Wi-Fi). Для реалізації такого варіанту передачі цифрових потоків даних електротехнічний комплекс був укомплектований Wi-Fi модулем IOT ESP8266, що підтримує три основні редакції необхідного стандарту – 802.11a, 802.11b, 802.11g та є сумісним із керуючим пристроєм Arduino Mega ADK.

Щоб упевнитись у достовірності переданої інформації слід провести оцінку роботи системи. Для цього необхідно визначити похибки інформаційно-вимірювальних каналів (ІВК). Так як розрахунки похибок ІВК температури для подібної системи проводилися раніше [3], тому в даній роботі необхідно провести оцінку якості роботи безпроводного каналу передачі інформації, згідно наведеної методики [4, 5] по перевірці каналів зв'язку на відповідність нормам.

Як зазначалось вище, для передачі даних від вимірювального пристрою до системи керування використовується стандарт безпроводних локальних мереж. Оскільки промислова теплиця має значну площу і вміщує велику кількість рослин, то виникає необхідність у розміщенні декількох підсистем вимірювання параметрів вирощування.

Відстань на яку можливо передати цифровий сигнал розраховується за формулою:

$$D = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \log F\right)}, \quad (1)$$

де FSL (*Free Space Loss*) – втрати в просторі, дБ;
 F – частота каналу передачі, МГц.

Втрати в просторі визначаються по формулі:

$$FSL = Y - S, \quad (2)$$

де Y – сумарна потужність каналу, дБ;
 S – запас підсилення каналу, дБ.

Достатній запас каналу для розрахунків прийнято – 20 дБ.

Сумарна потужність каналу рівна сумі всіх поту-

жностей передавача, антени передавача і приймача, чутливості системи та різниці втрат системи передачі:

$$Y = P_t + G_t + G_r - P_{min} - L_t - L_r, \quad (3)$$

де P_t – потужність передавача, дБ;

G_t – коефіцієнт посилення передавальної антени, дБ;

G_r – коефіцієнт посилення приймальної антени, дБ;

P_{min} – чутливість приймача на даній швидкості, дБ;

L_t – втрати сигналу в коаксіальному кабелі і роз'ємі передавального тракту, дБ;

L_r – втрати сигналу в коаксіальному кабелі і роз'ємах приймального тракту, дБ.

В якості робочої частоти був обраний 13 канал, оскільки частота роботи маршрутизатора рівна 2474 МГц, а швидкість передачі рівна 6 МВ/с, де чутливість рівна 88 дБ [5].

Звідси:

$$Y = 18 + 5 + 5 + 88 - 3 - 3 = 110 \text{ дБ}$$

Тоді:

$$FSL = Y - SOM = 110 - 20 = 90 \text{ дБ}$$

Відстань передачі рівна:

$$D = 10^{\left(\frac{90 - 33}{20} \cdot \lg 2472\right)} = 0,282 \text{ км.}$$

Розрахована відстань передачі цифрового сигналу для розробленого вимірювального комплексу забезпечує отримання інформації відповідно до конструктивних особливостей теплиці, довжина якої становить – 64 м, а ширина – 40,5 м.

Висновки

1. Розроблено вимірювальний електротехнічний комплекс для моніторингу параметрів біометричного стану рослин та мікроклімату в спорудах закритого ґрунту. Наведено архітектуру та функціональну схему реалізованої системи по місцю встановлення.

2. Створено програму, яка забезпечує взаємодію між всіма окремими елементами і дозволяє узгоджено працювати усьому функціоналу системи (зчитування вимірювальних сигналів із давачів, моніторинг параметрів в реальному часі з адресною прив'язкою до давачів, передача даних в мережу Інтернет, архівація даних з можливістю подальшої обробки).

3. Проведено випробування розробленої системи у виробничих умовах на дослідній теплиці науково-практичного центру тепличних технологій, територіально розміщеного в селі Нові Петрівці, Вишгородського району, Київської області.

4. Розраховано відстань передачі цифрового сигналу для розробленого вимірювального комплексу, який рівний 0,282 км, що забезпечує отримання інформації відповідно до існуючих вимог виробництва овочів у спорудах закритого ґрунту.

5. Розроблена система фітотестування в теплиці доповнює існуючу систему керування параметрами вирощування рослинної продукції та дозволяє оперативно отримувати інформацію про виміряні параметри.

Список використаних джерел

1. Гіль Л. С. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Ч. 1. Закритий ґрунт. Навчальний посібник / Л. С. Гіль, А. І. Пашковський, Л. Т. Суліма. – Вінниця: Нова Книга, 2008. – 368 с.
2. Лисенко В. П. Фітотемпературний критерій оцінки розвитку рослини / В. П. Лисенко, І. М. Болбот, Т. І. Лендел // Енергетика і автоматика. – 2013. – №3. – С. 122-128.
3. Лисенко В. П. Програмно-апаратне забезпечення системи фітотестування в теплиці / В. П. Лисенко, І. М. Болбот, Т. І. Лендел, І. І. Чернов // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2014. – Вип. 154. – С. 42-45.
4. Пенін П. И. Системы передачи цифровой информации. Учебное пособие для вузов. М.: Сов. радио, 1976. – 368 с.
5. Рошан П., Лизри Дж. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11. : Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. – 304 с.: ил. – Парал. тит. англ. ISBN 5-8459-0701-2 (рус.)
6. Офіційний сайт Arduino [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.arduino.org>. (дата звернення 10.10.2016 р.). – Назва з екрана.

Анотація

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ БИОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАСТЕНИЯ И МИКРОКЛИМАТА В ТЕПЛИЦЕ

Решетюк В. М., Лендел Т. И., Куляк Б. В.

Реализовано измерительный электротехнический комплекс для мониторинга параметров биометрического состояния растения и микроклимата в теплице с возможностью беспроводной передачи информации.

Abstract

ELECTRICAL MEASURING SYSTEM FOR MONITORING PARAMETERS OF BIOMETRIC STATE OF THE PLANT AND THE MICROCLIMATE IN THE GREENHOUSE

V. Reshetyuk, T. Lendiel, B. Kuliak

Realized measuring electrical system for monitoring parameters of the biometric state of the plant and the microclimate in the greenhouse, with the possibility of wireless transmission of information.