

Гайдукевич С.В.

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України
«Бережанський агротехнічний інститут»

Семенова Н.П.

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України
«Бережанський агротехнічний інститут»

Леськів Я.А.

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України
«Бережанський агротехнічний інститут»

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ В СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ПРИМІЩЕНЬ ЗАКРИТОГО ГРУНТУ

Низька енергоефективність технологій та застаріле електрообладнання тепличного господарства призводить до надмірної витрати електроенергії. Усунути ці недоліки можна за рахунок зменшення обсягу технологічних втрат у результаті модернізації, автоматизації роботи електрообладнання та впровадження сучасних енергоефективних технологій.

У статті розглядається автоматизація роботи електрообладнання з метою підвищення ефективності в системах керування мікрокліматичними параметрами приміщень закритого ґрунту за рахунок зниження енерговитрат.

З урахуванням всіх факторів на алгоритмі керування роботою електрообладнання із забезпечення мікрокліматичного режиму приміщень закритого ґрунту розроблено автоматичну систему на основі комплексного підходу, який охоплює комунікаційні та інформаційно-управляючі технології та системи, сучасну елементну базу, програмне забезпечення, що дає можливість забезпечення точного і надійного підтримання параметрів мікроклімату, з урахуванням їх зовнішніх і внутрішніх змін, виконання цілодобового дистанційного керування процесами, контроль мікрокліматичних параметрів у будь-якій точці приміщення та їх моніторинг.

Принцип керування автоматичної системи вибирається автоматично програмованим логічним мікроконтролером на основі оброблення даних про значення температури або вологості в кожній зоні приміщення.

Розроблений та виготовлений пристрій на базі мікроконтролера повністю в автоматичному режимі керує всіма типами виконавчих систем теплиці із суворим лімітованим дотриманням усіх показників, що покращує функціональні можливості електрообладнання, підвищує надійність роботи, забезпечує необхідну точність параметрів мікроклімату.

У результаті досліджень встановлено, що використання запропонованого алгоритму роботи електрообладнання для забезпечення необхідних параметрів мікроклімату дозволяє знизити використання теплової енергії, а тим самим – зниження енерговитрат.

Ключові слова: мікроклімат, система автоматичного керування, параметри, закритий ґрунт.

Постановка проблеми. Актуальним питанням сьогодні є зниження енерговитрат у приміщеннях закритого ґрунту, оскільки овочівництво в залежності від різноманітних факторів не завжди буває прибутковим. Більша частина затрат витрачається на підтримання мікрокліматичних параметрів, які повинні постійно контролюватися і підтримуватися в суворо лімітованих межах, тому що незначні відхилення можуть призвести до незворотних наслідків. Це пов'язано з тим, що рослини, які являються біологічними

об'єктами в захищеному ґрунті, піддатливі до змін навколишнього середовища.

Тому основною задачею є виявлення і запобігання негативних наслідків внутрішніх і зовнішніх загроз за рахунок постійної готовності системи керування, що дозволяє реагувати на мінімальні зміни параметрів мікроклімату в приміщеннях закритого ґрунту. При цьому питання розроблення і дослідження систем автоматизації роботи електрообладнання вивчені недостатньо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз літературних джерел [1; 2], різноманітних наукових публікацій, а також власні дослідження показали, що точності регламентованих параметрів можна досягти завдяки використанню автоматизації систем регулювання, робота яких базується на застосуванні в них мікроконтролерів. Алгоритм функціонування таких систем оснований на відхиленні або збуренні регулюючої величини. Тому розробка таких систем, що здатні враховувати взаємний вплив параметрів мікроклімату в захищеному ґрунті, є немаловажним енергоощадним ресурсом у роботі електрообладнання.

Мета дослідження – зниження енерговитрат під час функціонування електрообладнання і систем автоматичного керування в приміщеннях закритого ґрунту для досягнення мікрокліматичних режимів, що вимагається нормативною документацією.

Виклад основного матеріалу дослідження.

У тепличному господарстві для вирощування біологічних об'єктів виконується велика кількість складних технологічних процесів, що пов'язано з використанням різноманітного електрообладнання, яке живиться електроенергією. Але застарілі системи автоматики не тільки призводять до величезних витрат, але й не задовольняють найпростіші вимоги агротехніки. Наприклад, для регулювання параметрів мікроклімату теплиць переважно використовуються традиційні промислові ПД – регулятори, хоча вони володіють тривалими перехідними процесами. Але якість перехідних процесів за великої інерційності каналу регулювання і сильних збурень може виявитися посередньою, що негативно впливає на роботу електрообладнання та не задовольняє вимоги, які пред'являються до систем автоматики на об'єктах захищеного ґрунту. Тому нині розробляються нові методики управління об'єктами автоматизації.

У зв'язку з подорожчанням електроенергії перед сучасними тепличними господарствами лежить найскладніша задача їх переозброєння з метою підвищення продуктивності виробництва та ефективності роботи електрообладнання. Тому, враховуючи складність процесу оптимізації мікроклімату, зумовлену наявністю багатьох збурюючих впливів і необхідністю безперервного контролю й управління об'єктом, ефективне функціонування таких систем можливо лише в разі їх автоматизації [3].

Оскільки сучасна автоматизація роботи електрообладнання для підтримання параметрів мікроклімату є основою максимального контролю і відслідковування всіх основних процесів

тепличного господарства, це дає можливість проводити цілодобове дистанційне керування і контролювання їхніх параметрів.

Режим мікроклімату класично поділяється на чотири показники: температура повітря, вологість повітря, освітленість і рівень вуглекислого газу. Для керування переліченими параметрами теплиці оснащуються відповідними виконавчими системами: системою опалення, вентиляції, опромінення рослин й освітлення і системою подачі вуглекислого газу. Ці системи повинні не тільки підтримувати основні показники оптимального мікроклімату, але й контролювати їх.

У лабораторії «Електротехнології» розроблений та виготовлений пристрій, що повністю в автоматичному режимі керує всіма типами виконавчих систем теплиці із суворим лімітованим дотриманням усіх показників. Принципіальна електрична схема пристрою представлена на рисунку 1. Серцем передбачених систем являється промисловий мікроконтролер, що має достатню кількість аналогових входів і дискретних виходів.

Використання мікропроцесорів та мікроЕОМ у складі промислового обладнання забезпечує зниження на порядок їх вартості в порівнянні із системами на елементах малого й середнього ступеня інтеграції, які реалізують аналогічні функції. Одночасно досягається різке зменшення маси й габаритних розмірів, а також енергоспоживання системи.

Існує безліч мікроконтролерів і мікропроцесорних пристроїв, призначених для програмування різних апаратних засобів, таких як: Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Phidgets, MIT's Handyboard і багато інших. Всі ці пристрої мають схожу функціональність і покликані звільнити користувача від необхідності заглиблюватися в дрібні деталі внутрішньої будови мікроконтролерів, надавши йому простий і зручний інтерфейс для їх програмування.

Контролер теплиці складається з апаратно-обчислювальної платформи Arduino NANO на базі мікроконтролера ATmega328 (datasheet), адаптований для використання з макетної плати. Макетну плату, до якої припаяно Arduino NANO, було замовлено та виготовлено на заводі JLCPCB за власною розробкою студента Я.А. Леськівця (файл розробки у форматі Gerber) (рис. 2).

За функціональністю пристрій схожий на Arduino Duemilanove і відрізняється від нього розмірами, відсутністю рознімачу живлення, а також іншим типом (Mini-B) USB-кабелю. Платформу Arduino Nano розроблено і випущено фірмою Gravitech. Arduino Nano може живитися через

кабель Mini-B USB від зовнішнього джерела живлення з нестабілізованою напругою 6–20 В (через вивід 30) або зі стабілізованою напругою 5 В (через вивід 27). Пристрій автоматично вибирає джерело живлення з більшою напругою.

Напруга на мікросхему FTDI FT232RL подається тільки в разі живлення Arduino Nano через USB. Тому в разі живлення пристрою від інших зовнішніх джерел (НЕ USB) вихід 3.3 В (формований мікросхемою FTDI) буде неактивний,

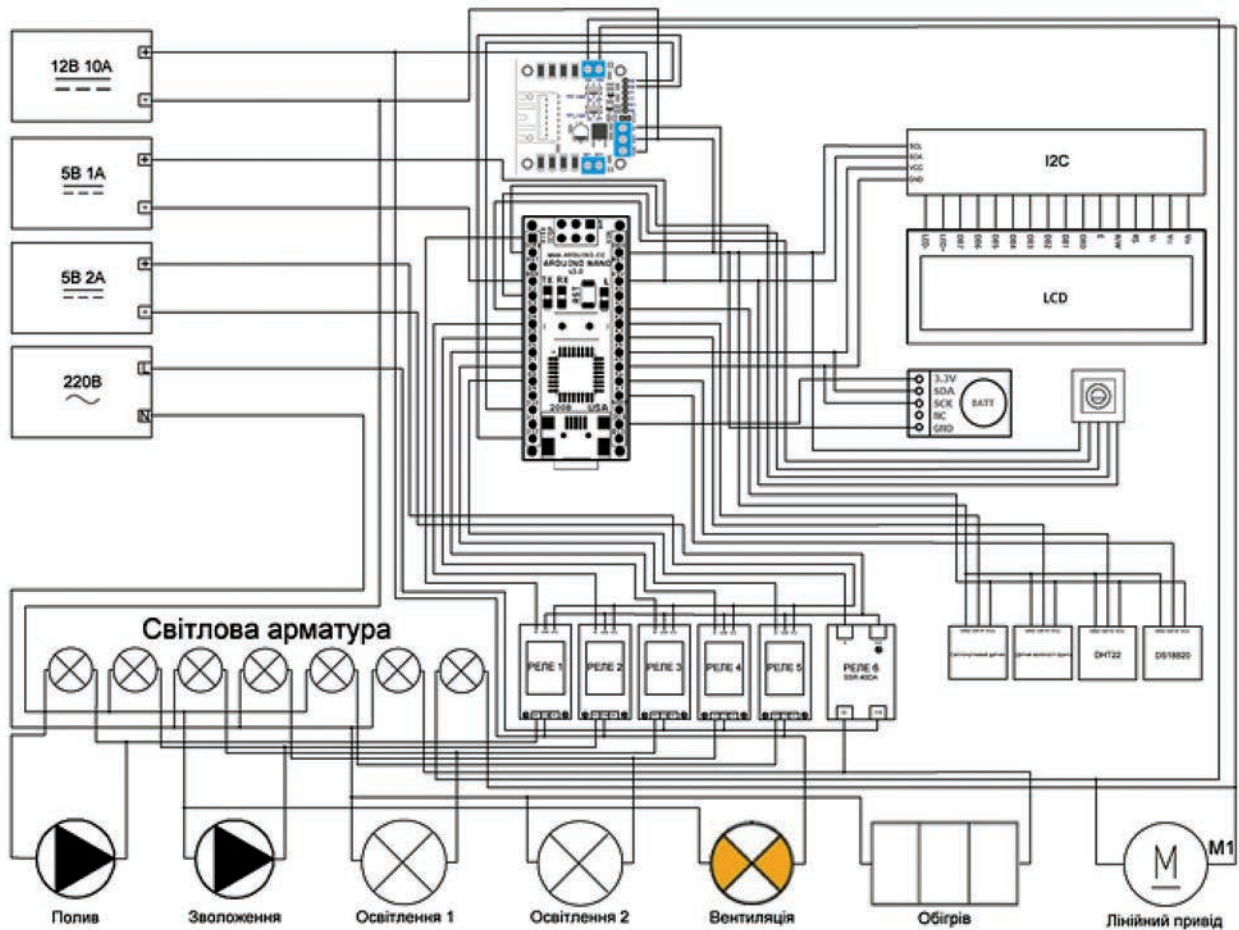


Рис. 1. Принципіальна електрична схема пристрою

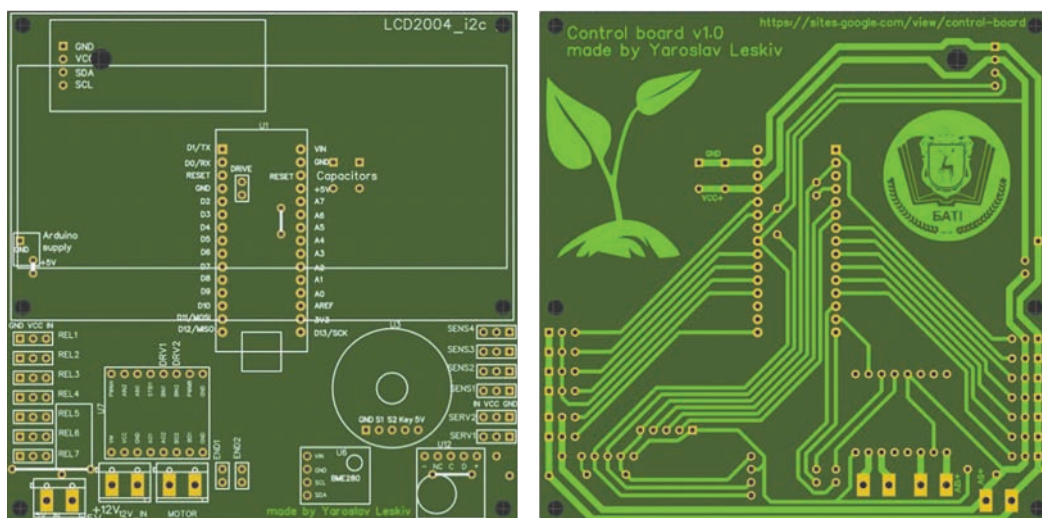


Рис. 2. Загальний вигляд розробленої плати

у результаті чого світлодіоди RX і TX можуть мерехтіти за наявності високого рівня сигналу на виводах 0 і 1.

Обсяг пам'яті програм мікроконтролера ATmega328 становить 32 КБ (з яких 2 КБ також відведені під завантажувач). Крім цього, ATmega328 – 2 КБ SRAM і 1 КБ EEPROM.

Arduino Nano надає низку можливостей для здійснення зв'язку з комп'ютером, ще одним Arduino або іншими мікроконтролерами. У ATmega328 є приймач UART, що дозволяє здійснювати зв'язок з послідовним інтерфейсом за допомогою цифрових виводів 0 (RX) і 1 (TX).

Мікросхема FTDI FT232RL забезпечує зв'язок приймача з USB-портом комп'ютера і під час підключення до персонального комп'ютера дозволяє Arduino визначитися як віртуальний COM-порт (драйвера FTDI включені в пакет програмного забезпечення Arduino). У пакет програмного забезпечення Arduino також входить спеціальна програма, що дозволяє зчитувати і відправляти на Arduino прості текстові дані. Під час передачі даних комп'ютера через USB на платі будуть мигати світлодіоди RX і TX. (За послідовної передачі даних за допомогою виводів 0 і 1 дані світлодіоди задіюються).

Бібліотека SoftwareSerial дозволяє реалізувати послідовний зв'язок на будь-яких цифрових виводах Arduino Nano.

У мікроконтролерах ATmega328 також реалізована підтримка послідовних інтерфейсів I2C (TWI) і SPI. У програмне забезпечення Arduino входить бібліотека *Wire*, що дозволяє спростити роботу з шиною I2C.

Arduino Nano програмується за допомогою програмного забезпечення Arduino. Для цього з меню *Tools > Board* необхідно вибрати «Arduino Duemilanove or Nano w / ATmega328» (у залежності від мікроконтролера на платі). ATmega328 в Arduino Nano випускається з прошитим завантажувачем, що дозволяє завантажувати в мікроконтролер нові програми без необхідності використання зовнішнього програматора. Взаємодія з ним здійснюється за оригінальним протоколом STK500. Проте мікроконтролер можна прошити і через рознімач ICSP (In-Circuit Serial Programming), не звертаючи уваги на завантажувач.

Щоб кожного разу перед завантаженням програми не було потрібно натискати кнопку скидання, Arduino Nano спроектований таким чином, що дозволяє здійснювати його скидання програмно з підключеного комп'ютера. Один із виходів мікросхеми FT232RL, який бере участь

в управлінні потоком даних (DTR), з'єднаний з виходом RESET мікроконтролера ATmega168 або ATmega328 через конденсатор номіналом 100 нФ. Коли на лінії DTR з'являється нуль, вихід RESET також переходить у низький рівень на час, достатній для перезавантаження мікроконтролера. Дана особливість використовується для того, щоб можна було прошивати мікроконтролер всього одним натисканням кнопки в середовищі програмування Arduino. Така архітектура дозволяє зменшити таймаут завантажувача, оскільки процес прошивки завжди синхронізований зі спадом сигналу на лінії DTR.

Однак ця система може призводити й до інших наслідків. У разі підключення Arduino Nano до комп'ютерів, що працюють на Mac OS X або Linux, його мікроконтролер буде скидатися за кожного з'єднання програмного забезпечення з платою. Після скидання на Arduino Nano активізується завантажувач на час близько 0,5 секунди. Незважаючи на те, що завантажувач запрограмований ігнорувати сторонні дані (тобто всі дані, які не стосуються процесу прошивки нової програми), він може перехопити кілька перших байт даних із посилки, що відправляється платі відразу після установки з'єднання. Відповідно, якщо в програмі, що працює на Arduino, передбачено отримання від комп'ютера будь-яких налаштувань або інших даних під час першого запуску, необхідно переконатися, що програмне забезпечення, з яким взаємодіє Arduino, здійснює відправку через секунду після установки з'єднання.

Система, зібрана на платі Arduino, яка складається з приладового та програмного забезпечення, дозволяє керувати всіма процесами в теплиці (рис. 3). Причому всі параметри мікроклімату керуються без взаємного впливу один на одного, тобто за одноконтурною схемою, яка містить тільки один вимірювальний перетворювач і забезпечує оброблення тільки одного вхідного сигналу на керуючий пристрій.

Сигнали на виконавчі механізми передаються через твердотільні або напівпровідникові реле, що призначені для безконтактної комутації нагрівальних елементів, ламп розжарювання та інших електричних з активним (резистивним) навантаженням (за дотримання особливих умов і для навантаження індуктивного характеру) і робочою напругою живлення від 24 до 380 В змінного струму. У твердотільних реле комутація кіл навантаження здійснюється безконтактно за рахунок комутації вбудованих напівпровідникових елементів.

У контролері теплиці, щоб знати точний час, використано модуль реального часу RTC (Real Time Clock). Даний модуль відраховує точний час і може зберігати його навіть у разі відключення основного живлення за використання резервного живлення (батарея CR2032 або літій-іонний акумулятор LIR2032-3,6 В), якого вистачить на кілька років.

Регулювання насосом подачі води на полив біологічних об'єктів здійснюється за допомогою датчика вологості ЕМ. Ввімкнення і вимкнення ґрунтових нагрівних елементів здійснюється за допомогою датчика ЕТ, який розміщений безпосередньо в ґрунті на нагрівній системі, а ввімкнення і вимкнення електрокалорифера здійснюється за допомогою датчика, який вимірює температуру повітря ЕТ. Режим роботи налаштовується за допомогою перемикача режимів роботи. Робота вентиляторів контролюється регулятором температури за допомогою датчика, який вимірює температуру в приміщенні теплиці.

Датчик температури DS18B20 працює з Arduino по протоколу передачі даних 1-Wire® і дозволяє підключатися кільком датчикам на одну шину.

Датчики підключаються до Arduino двома варіантами: зовнішнє підключення (по трьох проводах); паразитне підключення (по двох проводах). Кожний датчик температури має унікальну 64-бітну адресу пристрою, за якою можна приєднати датчик і зчитувати з нього значення температури. Для роботи з датчиком використовувалася бібліотека Dallas Temperature, оскільки вона більш зручна і практична.

Пристрій живиться трьома блоками живлення:

– перший блок для живлення логіки контролера (5 В/1А);

– другий блок для живлення реле, сервоприводу і датчиків (5 В/2А);

– третій блок для живлення лінійного приводу помпи (12 В/3А).

Можна було використати один загальний блок живлення на 5 В, але для кращої роботи контролера живлення було розділено.

Після подачі живлення відкривається стартове меню DEBUG, в якому є:

- показники з усіх датчиків;
- стан усіх каналів, тобто яке реле замкнуте, а яке – ні;
- стан сервоприводу, на який кут (у градусах) обернений сервопривод;
- стан лінійного приводу (відритий чи закритий);
- поточний час (ГГ:ХХ:СС);
- день тижня;
- скільки пройшло часу з останнього ввімкнення.

Основним органом управління є енкодер, за допомогою якого, переміщаючи курсор вибору по пунктах меню, можна вибирати потрібний режим роботи.

Зазвичай режим мікроклімату в теплицях моніторять протягом доби за фазами росту рослин з урахуванням особливостей вирощування культур і сортів. Вимірювання окремих змінних і визначення параметрів проводять у режимі реального часу [4].

На екрані налаштування показані всі поточні положення реле (рис. 4), приводів і покази датчиків. У разі обертання рукоятки перемикачу на екрані налагодження послідовно перегортаються добові графіки показів датчиків: температура повітря, вологість і покази з аналогових датчиків. Поділки на графіку мають крок 1,6 години. На екрані сервісу можна керувати будь-яким каналом у ручному режимі, за активного екрану сервісу автоматика не працює, тоді система знаходиться

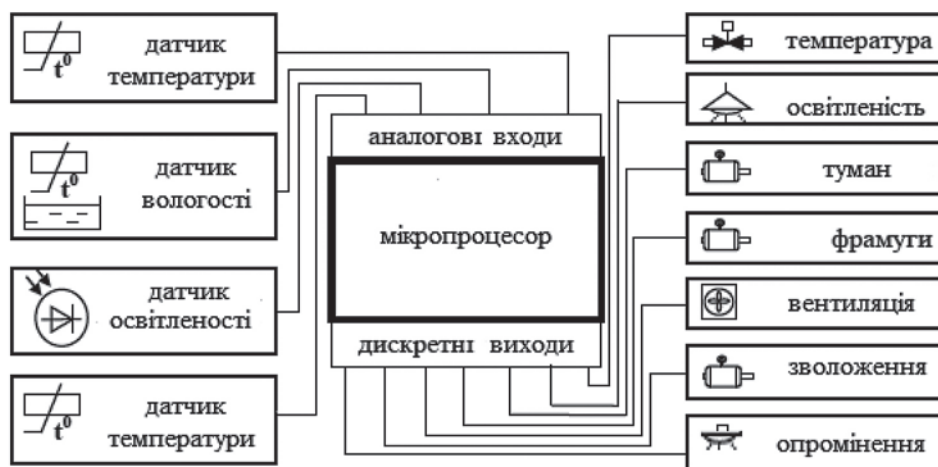


Рис. 3. Структурна схема керування мікрокліматом теплиці

повністю в ручному режимі. Поворотом рукоятки можна вибирати потрібний канал, положення сервопривода або налаштування поточного часу й утриманим поворотом її змінювати.



Рис. 4. Загальний вигляд розробленого і виготовленого пристрою

Якщо вмикати систему із затиснутою рукояткою енкодера, відбувається скидання налаштувань каналів і режимів, причому прошивка зберігається.

За допомогою розробленого та виготовленого пристрою повністю автоматизується робота електрообладнання теплиці, причому керування проходить у широких межах, як в автоматичному, так і в ручному режимах.

Інформація з усіх датчиків потрапляє на мікропроцесор, так званий обчислювальний цент, а потім виводиться на індикатор і у свою чергу передається до вищого рівня виконавчих механізмів, причому здійснюється строгий контроль параметрів.

Для проведення повної оцінки роботи електрообладнання розробленої системи керування

мікрокліматом, заснованої на запропонованих у справжній роботі інновацій, проводилися дослідження на макеті теплиці. Аналіз досліджень показав, що розроблена автоматична система, яка ґрунтується на нових інтелектуальних інформаційних технологіях і сучасній елементній базі, враховуючи багатофакторність та нелінійність мікрокліматичних параметрів, підвищує енергоефективність теплиць унаслідок автоматизації роботи електрообладнання, тим самим зменшуючи обсяг технологічних і невиробничих втрат енергоресурсів та підвищуючи надійність.

Висновки. Аналіз експериментальних досліджень дозволив розробити алгоритм функціонування програмуючих контролерів, котрі мають можливість більш ефективно витратити енергоресурси на створення мікрокліматичних режимів у спорудах закритого ґрунту, що дозволило знизити використання теплової енергії на 10,4%, а тим самим знизити енерговитрати.

На сучасній мові програмування розроблено програму для логічних контролерів з метою автоматичного керування роботою електрообладнання теплиці та визначення мікрокліматичних параметрів у будь-якій точці приміщення, що призвело до точності роботи системи.

Розроблена автоматична система в умовах реального часу дозволяє створювати енергоефективну базу автоматизації роботи електрообладнання для функціонування в тепличному господарстві.

Використання мікропроцесора у складі автоматичної системи керування покращує функціональні можливості обладнання, систем управління, значно підвищує надійність їхньої роботи, що в кінцевому результаті позитивно відображається на якості продукції.

Список літератури:

1. Токманов Н.М. Особенности управления микроклиматом в ангарных теплицах. *Гавриши*. Москва. 2007. № 7. С. 24–28.
2. Мартыненко И.И., Гирнык Н.Л., Полищук В.М. Автоматизация управления температурно-влажностным режимом сельскохозяйственных объектов. Москва : Колос, 1984. 152 с.
3. Діордієв В.Т., Кашкарьов А.О., Діордієв О.О. Автоматизована система моніторингу та керування мікрокліматом у теплиці. *Матеріали науково-технічної конференції студентів та магістрантів. Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь, 2018. Вип. 8. Т. 2.
4. Віхрова Л.Г., Каліч В.М., Прокопенко Т.О. Адаптивна автоматизована система збору та контролю основних параметрів мікроклімату в теплиці. *Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. Кіровоград, 2016. Вип. 29. С. 168–172.
5. URL: wikiwand.com/uk/Arduino

Haidukevych S.V., Semenova N.P., Leskiv Ya.A. INCREASE OF EFFICIENCY IN CONTROL SYSTEMS BY PARAMETERS OF MICROCLIMATE OF APARTMENTS OF THE CLOSED SOIL

Low energy efficiency of technologies and out-of-date electrical equipment brings electric power over to the surplus expense. Removing these failings is possible due to diminishment of volume of technological losses as a result of modernization of greenhouses, automation of work of electrical equipment and introduction of modern energy efficient technologies.

The article considers the automation of work of electrical equipment in order to increase efficiency in the control systems of microclimatic parameters of indoor areas closed reducing energy consumption.

Taking into account all factors on the algorithm of management by work of electrical equipment after providing the microclimatic mode of apartments of closed ground is developed automatic system on the basis of complex approach, which engulfs of communications and informatively-managing technologies and systems, modern element base, software, that enables providing of exact and reliable support of parameters of microclimate, taking into account their external and internal changes, implementation of round-the-clock remote process control, control of microclimatic parameters in the dear point of apartment and their monitoring.

Principle of management of the automatic system is elected by automatically programmable-logical microcontroller on the basis of the data processing about the value of temperature or humidity in every area of the apartment.

The developed and manufactured device based on microprocessor fully automatically controls all types of greenhouse executive systems with strict limited compliance with all indicators, which improves the functionality of electrical equipment, increases reliability, provides the necessary accuracy of microclimate parameters.

The analysis of researches has shown that use of the offered algorithm of work of the electric equipment for maintenance of necessary parameters of a microclimate allows to reduce use of thermal energy and by that reduction of energy consumption.

Key words: *microclimate, automatic control system, parameters, protective soil.*