

Автор: ст. гр. КТ-41 Кульчицький Сергій Зіновійович

Керівник: зав. каф. КТ Микитишин Андрій Григорович

Тема: «Розробка автоматизованої системи керування мікрокліматом теплиці на базі ПЛК Овен-150»

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота складається із пояснювальної записки та слайдів в якості ілюстративного матеріалу.

Об'єм графічної частини кваліфікаційної роботи становить 11 слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає 53 друкованих сторінок формату А4 (210x297), об'єм додатків – 1 друкована сторінка формату А4.

Кваліфікаційна робота складається з чотирьох розділів, в яких нараховується 32 рисунки та 4 таблиці з даними. В роботі використано 23 літературні джерела.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка надійної, дешевої у монтажі та обслуговуванні системи керування кліматичними параметрами теплиці для вирощування рослин сільськогосподарського призначення. Недоліками існуючих дешевих систем керування мікрокліматом є висока вартість, у зв'язку з чим тривалий термін окупності, низька адаптивність та зазвичай відсутність сповіщення власника про аварійні сигнали з датчиків. Разом з тим системи, що мають можливість зворотнього зв'язку є багатокомпонентними та дорого коштують. Розроблена схема автоматизації із використанням ПЛК Овен 150 містить вмонтовані системи захисту від коливання напруги та повного зникнення електричного струму, а також дає можливість віддаленого управління та контролю з допомогою мережі інтернет.

Розроблена система автоматичного керування мікрокліматом може бути використана для впровадження як у великих функціонуючих теплицях так і в малих приватних угіддях.

Ключові слова: МІКРОКЛІМАТ ТЕПЛИЦІ, ПРОГРАМОВАНИЙ ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР, СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ, ДАТЧИКИ ВОЛОГОСТІ, ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРИ, АЛГОРИТМ, СЕНСОРНА ПАНЕЛЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	5
1.1 Аналіз стану питання за літературними джерелами.....	5
1.2 Актуальність виконання роботи.....	5
1.3 Методи вирішення поставленої задачі.....	6
2. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА.....	8
2.1 Опис об'єкта автоматизації.....	8
2.2 Обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації.....	14
2.2.1. Вибір контролера для системи автоматизації.....	14
2.2.2 Вибір додаткового модуля з аналоговими входами МВ110-8А.....	18
2.2.3 Вибір модуля дискретних входів МВ110-16Д.....	20
2.2.4 Вибір датчиків температури та вологості.....	21
2.2.5 Схема підключення обладнання.....	23
2.2.6 Вибір клапана для подачі води.....	24
2.2.7 Вибір вентиляторів система кондиціонування.....	25
2.2.8 Вибір ламп освітлення.....	26
2.2.9 Блок живлення ОВЕН БП60Б-Д4.....	27
2.2.10 Блок мережевого фільтру ОВЕН БСФ.....	28
2.2.11 Вибір GSM/GPRS модему ОВЕН ПМ-01.....	28
2.2.12 Сенсорна панель овен СП200.....	30
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	32
3.1 Розробка системи керування автоматизованою системою.....	32
3.2 Вибір програмного забезпечення.....	32
3.3 Розробка алгоритму роботи програми.....	33
3.4 Розробка програмного коду в CoDeSys.....	36
3.5 Інтерфейс сенсорної панелі керування теплицею.....	41
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	44
4.1 Значення охорони праці.....	44
4.2 Розрахунок заземлення теплиці.....	46
4.3 Безпека життєдіяльності при електрифікації сільськогосподарських об'єктів.....	49
Висновки.....	51
Список використаних джерел.....	52

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку промисловості при будівництві теплиць для вирощування фруктів та овочів значна увага приділяється питанням забезпечення високої продуктивності, а також енергоефективності та екологічності. Для вирішення цих завдань та для автоматизації процесу вирощування в цілому використовують різноманітні пристрої автоматики. Це забезпечує як функціонування всіх систем в автоматичному режимі, так і швидку реакцію на зміну внутрішніх умов чи впливу зовнішнього середовища. В наш час існує велика кількість готових рішень по системах автоматизації для теплиць. Однак, далеко не всі ці рішення задовольняють сучасним вимогам, що ставляться до теплиць.

Для високої продуктивності та врожайності теплиці необхідним є підтримання параметрів її мікроклімату в межах допустимих норм. Забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату системами кондиціонування, освітлення, опалення, поливу та вентиляції є складним завданням, у зв'язку з тим, що при встановленні цих систем не враховуються чинники, спричинені ефектами старіння та забруднення як самих систем так і приміщення в цілому. Засоби автоматизації дозволяють розширити можливості теплиці по забезпеченні необхідних умов для високої врожайності. При цьому знижуються страхові ризики, зростає стійкість до впливу різноманітних дестабілізуючих чинників та знижуються експлуатаційні витрати в цілому. Теплиці, в яких використовуються такі об'єднані в єдину автоматизовану систему пристрої, називають «розумними теплицями».

Серед обладнання для автоматизації теплиць вигідно виділяється вітчизняний виробник «Овен», що відповідає вимогам промислових стандартів та підтримує звичайні протоколи обміну інформацією.

Метою даного проекту є розробка і проектування автоматизованої системи регулювання мікроклімату теплиці на базі контролера «Овен», що дозволить керувати роботою усіх виконавчих механізмів обробляючи інформацію, що надходить від сенсорів. Для цього треба вирішити наступні завдання:

1. Проаналізувати існуючі автоматизовані системи «розумних теплиць»;
2. Розробити схему автоматизованої системи управління мікрокліматом;

3. Підібрати сенсори, виконавчі механізми, програмне забезпечення та інше технічне оснащення;
4. Розробити алгоритм керування;
5. Реалізувати розроблені рішення в емуляції програмного середовища.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз стану питання за літературними джерелами

На сучасному етапі розвитку харчової промисловості та сільського господарства дедалі важливішу роль відіграє автоматизація вирощування продуктів. Засоби автоматизації станом на сьогодні використовуються на всіх етапах виробництва, в тому числі і в тепличному господарстві. Сьогодні існує велика кількість способів для досягнення часткової чи навіть повної автоматизації вирощування рослин. Для цього існують як невеликі прилади для непрофесійного використання так і готові налагоджені системи і програмне забезпечення. Автоматизована з допомогою сучасного обладнання теплиця дозволяє повністю керувати всім ходом вирощування рослин з мінімальним втручанням людини. Проаналізувавши останні наукові дослідження по системах автоматизованого керування теплицею [1-4], можна зробити висновок, що найбільшою популярністю серед таких систем керування користуються такі бренди як ТОВ «ФИТО», компанії «ICP DAS», компанії «ОВЕН», «ЕКФ».

Технічне забезпечення для керування мікрокліматом в теплиці дозволяє автоматизувати такі процеси як: керування роботою системи вентиляції та кондиціонування (вентилятори), керування роботою системи опалення (електронагрівачі), керування освітленням (лампи), керування роботою поливальних та зрошувальних систем (гідравлічні та пневматичні електронасоси). Крім того, сучасні системи автоматизації є простими в монтажі, захищеними від впливу агресивного середовища чи зникнення електроживлення, та мають спрощене налагодження.

1.2 Актуальність виконання роботи

В сучасних погодніх умовах України, у зв'язку із зміною клімату із помірно-континентального на різко-континентальний, дедалі більшого поширення здобувають тепличні господарства. Це пов'язано з тим, що для таких кліматичних умов притаманні різкі перепади температури повітря та ґрунту із значною амплітудою, що створює труднощі для вирощування рослин на відкритому повітрі.

Для вирішення таких завдань служать автоматизовані системи підтримання мікроклімату в теплиці на оптимальному рівні.

Застосування автоматизованих систем керування мікрокліматом теплиці дозволяє підвищити ефективність економії тепла, полегшити умови праці обслуговуючого персоналу, чітко забезпечити дозування підживлення рослин, і таким чином отримати власне максимальну врожайність та результативність. Це вимагає підтримки на певному рівні параметрів, строго визначених та оптимальних для конкретних культур рослин. Сюди відноситься: підігрів повітря в середині теплиці, обігрів ґрунту, контроль вмісту вуглекислого газу в повітрі, циркуляція повітряних мас по теплиці, вентиляція, вологість та освітленість.

Однак в сучасних реаліях системам керування мікрокліматом теплиці притаманні певні недоліки, зокрема нестабільність параметрів, недостатня точність підтримання температури при зміні зовнішнього освітлення, низька адаптивність до особливостей урожайності певних видів культур при різних фазах розвитку рослин та пори року. Розв'язок цих завдань є актуальним питанням сучасної автоматизації.

1.3. Методи вирішення поставленої задачі

Для вирішення поставленої задачі спершу треба розглянути як реалізується типова схема керування мікрокліматом в теплиці. Цей процес забезпечується контролером, що на основі отриманої від датчиків освітленості, вологості, температури та тиску інформації керує виконавчими механізмами, що забезпечують регулювання температури ґрунту і витрату теплоносія, відкривання і закривання вентиляційних перегородок, додаткове обігрівання повітря за допомогою калориферів. Зволоження повітря здійснюється розпиленням води через форсунки, полив ґрунту — через систему зрошення за допомогою насосів-дозаторів. Постачання сонячного проміння зазвичай не регулюється, або здійснюється завдяки висуванні під дахом термоекрану.

Технічні засоби обігріву теплиці містять ґрунтовий і надґрунтовий обігрів. В якості теплоносія зазвичай використовують воду, яка циркулює по трубопроводах системи обігріву. Системи надґрунтового та ґрунтового обігріву часто прокладені або окремим трубопроводами, або для ґрунтового підігріву використовують зворотній контур, по якому теплоносії повертається до енергопункту, оскільки

оптимальна температура для ґрунту та повітря сильно відрізняється [5-6]. Також для повітряних мас притаманно коливання температури, в залежності від зміни зовнішніх погодніх умов, в той час як температура ґрунту є більш стабільною.

Опалення, та інші системи повинні забезпечувати в теплиці оптимальні параметри мікроклімату, такі як температура повітря та ґрунту, вологість повітря та ґрунту, швидкість переміщення повітряних мас і т.і. Ці параметри мікроклімату на даний час є відомими, та встановлюються вимогами норм технологічного проектування теплиць для вирощування різних видів рослин. В сучасних теплицях передбачено регулювання майже всіх параметрів, що впливають на інтенсивність росту та врожайності рослин впродовж усього року.

Для вирішення раніше зазначених завдань пропонується використати сучасний контролер із керуванням через сенсорну панель, що дозволить швидко вносити зміни у випадку виявлення негативних результатів від роботи поточної програми, та за потреби вручну корегувати кліматичні параметри теплиці оператором. Застосування GSM-модему дозволить інформувати власника (відповідальну особу) текстовими повідомленнями в разі граничних сигналів з датчиків.

2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

2.1. Опис об'єкта автоматизації

В якості об'єкта автоматизації в роботі розглядається теплиця. Загальний вигляд теплиці представлено на рис. 2.1.

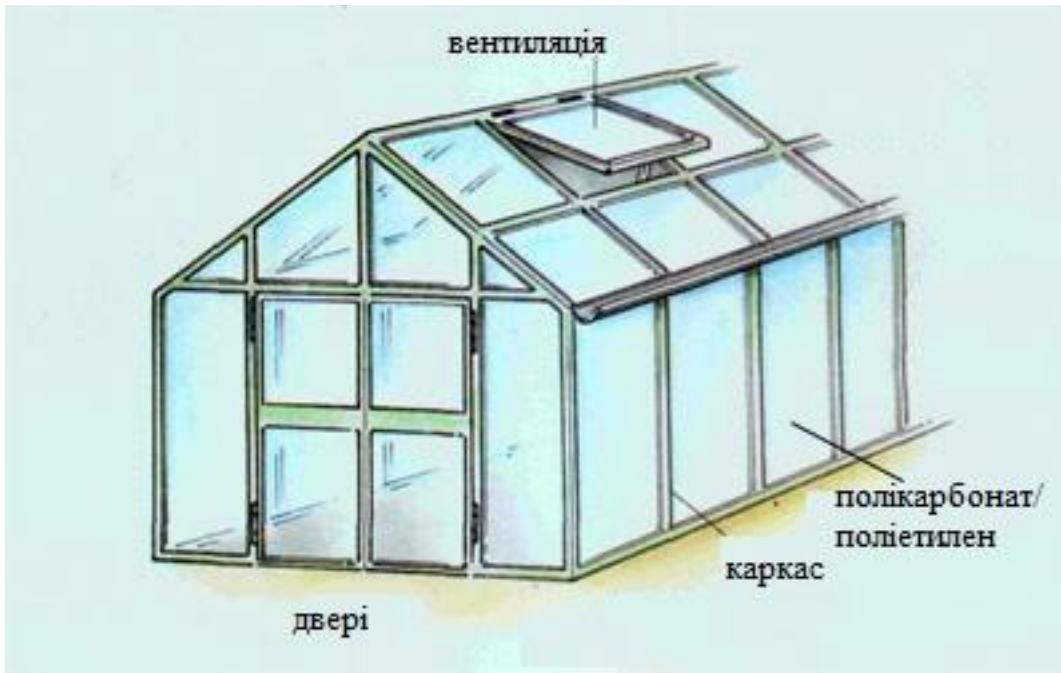


Рис. 2.1 – Загальний вигляд теплиці

Зазвичай теплиці являють собою каркасні приміщення обшиті прозорим або напівпрозорим матеріалом. В якості прозорого матеріалу зазвичай використовують рами зі склом, в якості напівпрозорого – полікарбонат або поліетилен (в домашніх умовах). Каркас в основному використовують із профільованого металу. Промислові теплиці будують на фундаменті, для забезпечення стійкості до впливу складних погодніх умов. Саме приміщення теплиці має двері та вентиляційні фрамуги (форточки) [7].

Оснащення теплиці різними технічними засобами може відрізнитись в залежності від цільового призначення теплиці та рослин, котрі передбачається вирощувати. На рис. 2.2 представлено схему розташування датчиків та виконавчих механізмів теплиці. Для оптимальних кліматичних умов контролеру необхідна вся поточна інформація про кліматичні показники довкола рослин. Тому деякі датчики

(наприклад температури та тиску повітря) встановлені на різній висоті, оскільки по мірі зростання рослин їхня висота змінюється.

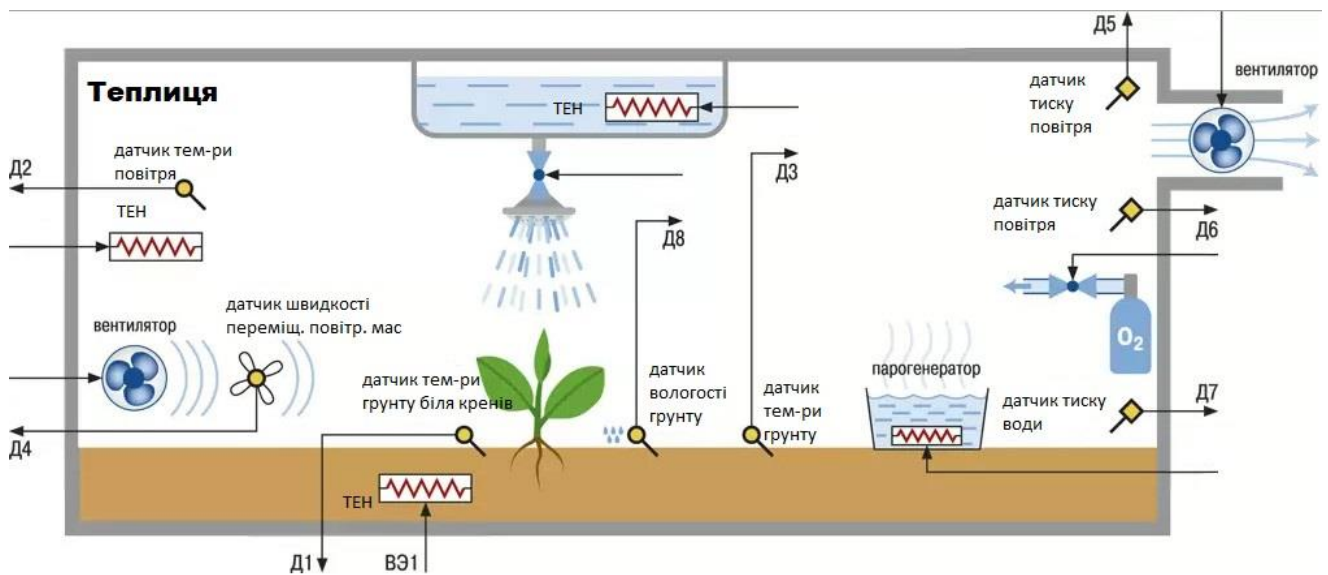


Рис. 2.2 – Загальна схема об'єкта автоматизації

Розумна теплиця це така автоматизована система, яка на основі аналізу інформації, зчитаної з сенсорів і датчиків, підбирає та керує оптимальними умовами для росту та розвитку рослин. Як правило для цього необхідними є оптимальний діапазон температури, вологості повітря та ґрунту, освітлення, вмісту в повітрі вуглекислого газу та кисню. Додатковим пунктом є наявність добрив [8-9]. Основними системами, які впливають на мікроклімат теплиці (рис. 2.2), та які потрібно строго контролювати є наступні:

- система нижнього та верхнього підігріву повітря;
- система обігріву ґрунту;
- система освітлення;
- система вентиляції та рециркуляції повітря;
- система зашторювання;
- система випарного охолодження і зволоження повітря;
- система крапельного зрошування.

Кожна теплиця характеризується, в залежності від властивостей матеріалів з яких вона побудована, певною величиною максимальних тепловтрат. При розрахунку тепловтрат теплиці беруться до уваги мінімальні температурні показники для даної кліматичної зони. Незалежно від типу опалювача, важливо

розрахувати необхідну величину потужності системи опалення вцілому. Це забезпечить компенсацію тепловтрат з врахуванням наявності внутрішніх тепловиділень від працюючого обладнання.

Важливість оптимально теплового режиму для рослин важко переоцінити. У кожного виду рослин є сприятливий для врожаю діапазон температур, при якому забезпечується найкращий ріст та врожайність.

Загальний принцип роботи будь-якої системи опалення полягає в тому, що джерело енергії нагріває теплоносії, який в свою чергу через трубопроводи цієї системи передає тепло повітря, ґрунту та конструкціям приміщення теплиці [10-11]. Джерелом енергії як правило виступає паливо (природний газ, дров'яні відходи, вугілля і т.і.) В якості теплоносія зазвичай використовують воду.

Системи опалення теплиць можуть мати один теплоносії, як, припустимо при безпосередньому нагріванні повітря в газових чи електричних конвекторах. Але мають місце також кілька теплоносіїв, - один основний, інший допоміжний - наприклад, вода у водяних повітряно-опалювальних агрегатах. Відповідно, в залежності від основного теплоносія і буває повітряна система опалення чи водяна система опалення.

Система опалення є найбільш енергозатратною. Застосування сучасного обладнання та програмного забезпечення дозволить суттєво економити на витратах теплоенергії [12]. Цього можна досягнути, застосувавши адаптивний алгоритм роботи всіх систем, що забезпечують мікроклімат теплиці. Так, наприклад, при недостатній температурі повітря в теплиці, спершу програма перевірятиме чи повністю відчинена система зашторювання, щоб отримати максимальний нагрів від природнього сонячного випромінювання. Крім того, значні тепловтрати відбуваються при провітрюванні теплиці [13]. Застосування сучасних датчиків тиску та вологості повітря, що повідомляють контролеру про необхідність задіяння системи вентиляції, дозволять більш точно керувати переміщенням повітряних мас в теплиці, і таким чином уникати надлишкового провітрювання. Це зменшить непотрібні втрати підігрітого повітря назовні.

Систему опалення теплиці пропонується виконати класичним способом – циркуляцією теплоносія по трубопроводах, що проходять на різних рівнях приміщення теплиці (рис. 2.3).

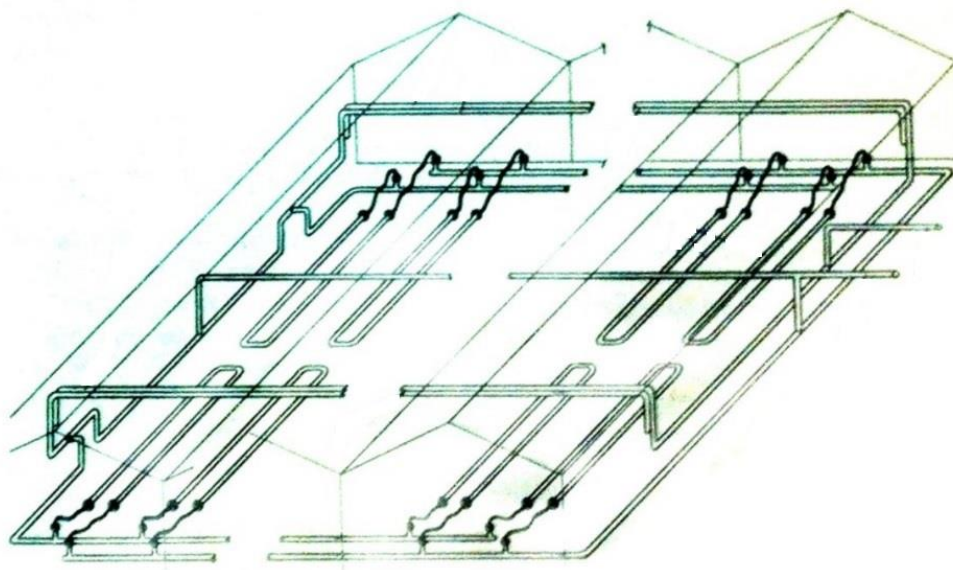


Рис. 2.3 – Схема трубопроводного опалення теплиці

Система опалення, що включає в себе підсистеми обігріву повітря та ґрунту схематично представлена на рис. 2.4. Датчики температури (термопари), розташовані на різних рівнях в теплиці, підключаються на аналогові входи контролера, і таким чином забезпечується регулярне інформування ПЛК про температуру повітря та ґрунту. Контролер у свою чергу, керує роботою (подає керуючий сигнал на силові реле, що замикають електричне коло і подають напругу живлення) насоса для циркуляції води в системі опалення, та вентиля для подачі теплоносія.

Для того, щоб забезпечити своєчасний полив рослин теплою водою, пропонується використати водонагрівач із запасом підігрітої води, оскільки для поливу необхідно великий об'єм теплої води. А доведення температури попередньо підігрітої води до необхідного для поливу конкретних культур рослин значення, забезпечується тенном, котрий також через силове реле вмикається контролером.

ПЛК також через реле керує насосом, який закачує воду у бак з резервуару для поливу. У баці вода нагрівається до заданого значення і по мірі необхідності витрачається для поливу. Можливість обігріву реалізована за допомогою

електрообігрівачів (тенів), які також забезпечують температурний режим повітря і ґрунту.

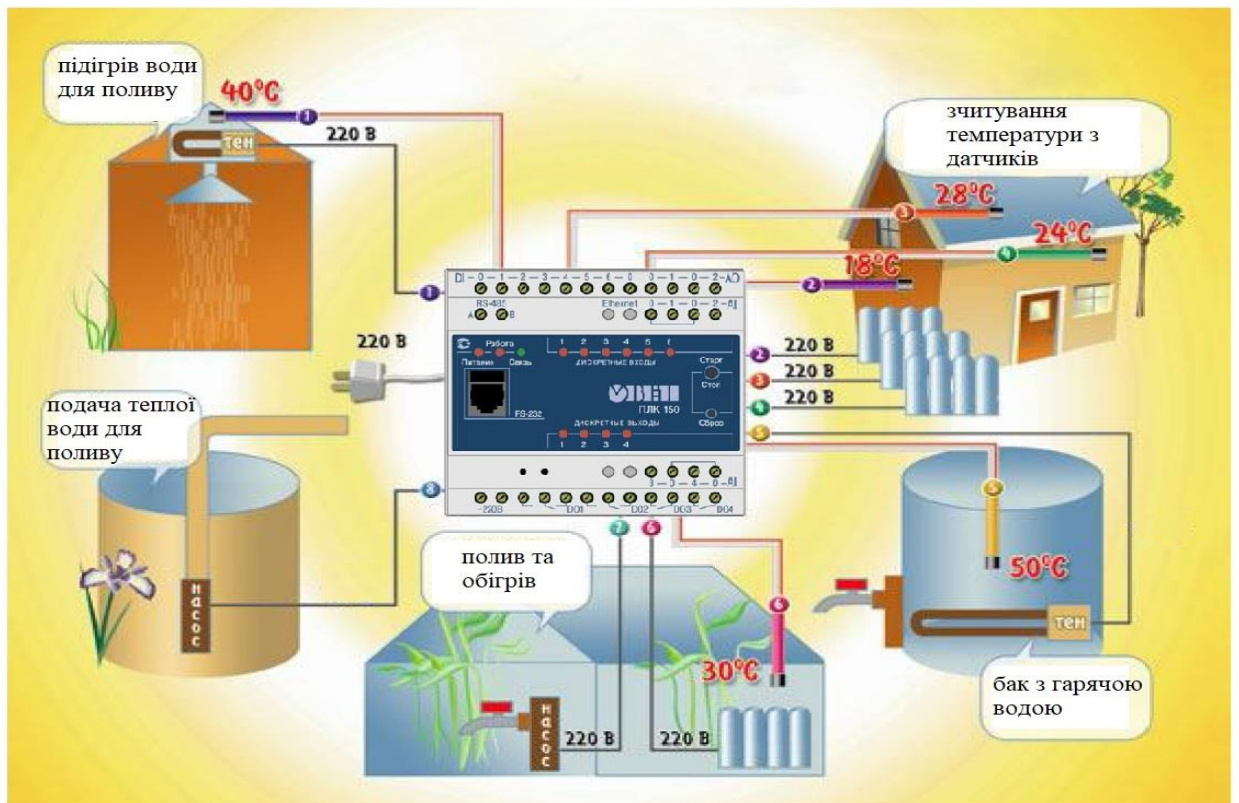


Рис. 2.4 – Схема підключення опалення теплиці

Система освітлення являє собою датчики освітленості, які підключені на аналогові входи ПЛК. При недостатньому освітленні контролер через реле вмикає лампи, а також керує електроприводом системи зашторювання. Оптимальна яскравість освітлення забезпечує стрімкий ріст рослин та компенсує нестачу природнього світла. У спекотні дні система зашторювання блокує певний відсоток природнього освітлення із певною довжиною хвилі [13-14].

Система вентиляції є дуже важливою, так як подача свіжого повітря – єдиний спосіб забезпечити ГДК (гранично допустимі концентрації) різних відпрацьованих газів та випарів, які можуть виділятися в приміщенні теплиці. Найефективніший спосіб вентиляції – механічна вентиляція, тобто повітря приводиться в рух за допомогою вентилятора. Вентиляційні системи поділяються на приточні та витяжні. Приточна вентиляція служить для подачі свіжого, попередньо обробленого (відфільтрованого від пилу та сторонніх часток) повітря у

приміщення теплиці. Витяжна вентиляція служить для видалення відпрацьованого повітря з приміщень.

Система вентиляції та рециркуляції повітря являє собою датчики тиску та вологості повітря, та вентилятори приточної (що подають повітря ззовні) та витяжної (що виводять повітря з теплиці назовні) вентиляції. ПЛК керує роботою вентиляторів через реле. Крім того, сюди належить електропривід фрамуг провітрювання. На перший погляд здається, що провітрювати теплиці, на підігрів повітря у якій затрачається багато енергії є економічно не виправдано. Однак, в залежності від періоду доби та року, більшість рослин потребують різну наявність у повітрі кисню або вуглекислого газу. Не оптимальний вміст цих газів у повітрі, як і відсутність переміщення самих повітряних мас, призводить до зниження врожайності рослин [15-16].

Система зашторювання являє собою термоекран, підвішений під стелею теплиці, що у спекотну погоду закриває рослини від надмірного впливу сонячного нагріву та ультрафіолетового опромінювання та перешкоджає надмірному висиханню ґрунту. При недостатньому освітленні та пониженій температурі у теплиці, ПЛК дає команду на відкривання термоекрану.

Система випарного охолодження і зволоження повітря являє собою парогенератор. ПЛК керує реле увімкнення парогенератора, та вентилем.

Система крапельного зрошування (система поливу) являє собою насос, вентиль та тен, роботою яких керує ПЛК з допомогою реле. Така система поливу є життєвонеобхідною для рослин в теплиці, оскільки її стіни та дах виконані із матеріалів, що не пропускають опади. Крім того, для здоров'я рослин та їх врожайності важливо контролювати об'єм використаної для поливу води, її температуру та час поливу [17].

Автоматизована система управління параметрами мікроклімату в теплицях дає змогу спостерігати, збирати, обробляти, передавати, зберігати та аналізувати інформацію про стан параметрів мікроклімату в теплицях. Варто пам'ятати, що окрім вищенаведених чинників, що впливають на ріст рослин, також важливу роль для врожайності відіграють: наявність шкідників, що можуть потрапити із

грунтом, або через систему провітрювання; і запилення рослин, які потребують додатково вітру або запилюючих комах (напр. бджіл).

2.2 Обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації

2.2.1 Вибір контролера для системи автоматизації

Контролер виконує роль важливого елемента системи керування. Він здійснює керуючі, комунікаційні функції і підключення зовнішніх пристроїв. Як модуль контролю використовують мікроконтролер, що являє собою елемент з функціоналом процесора і периферійного пристрою. У нього також можуть включатися блоки ОЗУ та ПЗУ. Фактично, контролер - це найпростіша обчислювальна машина, що може самостійно виконувати роботу за окремими напрямками операцій. Виконання мікроконтролерів у вигляді єдиної мікросхеми з високою продуктивністю дозволяє істотно скоротити габаритні розміри виробу та суттєво зменшити енергоспоживання. З кожним роком зменшується вартість виробництва мікроконтролерів та пристроїв, до складу яких вони входять.

ПЛК ОВЕН серії 100/ 150/ 154 – це моноблочні контролери з дискретними та аналоговими входами і виходами (рис. 2.5).

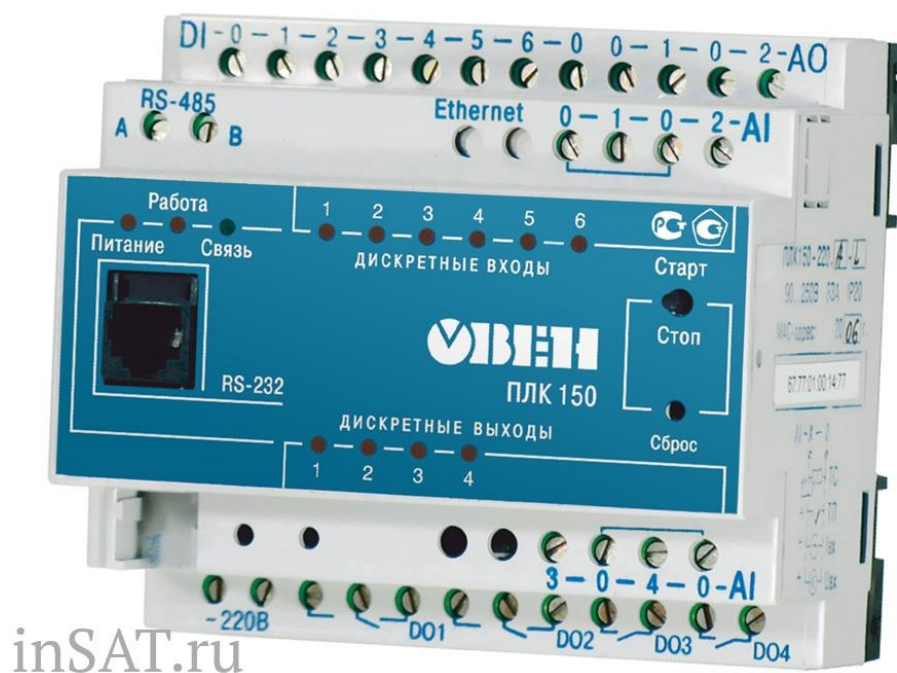


Рис. 2.5 – Зовнішній вигляд ПЛК Овен 150

Призначені для автоматизації невеликих об'єктів. Їх обирають для створення систем керування малими та середніми об'єктами, а також для побудови систем диспетчеризації та керування малими верстатами і механізмами. Безсумнівною перевагою цієї серії контролерів є компактний корпус із кріпленням на DIN-рейку. Також сильною стороною є наявність одночасно дискретних і аналогових входів та виходів. При недостатній кількості входів та виходів передбачено можливість доповнення їх шляхом підключення зовнішніх модулів введення (наприклад MB110-8A) і виведення (наприклад МУ110-6У) за допомогою інтерфейсу RS-485. Крім ця серія контролерів забезпечує швидкість роботи цифрових входів до 10 КГц, і має всі необхідні на комфортної роботи інтерфейси. А саме: Ethernet, RS-485, RS-232 Debug, RS-232², USB Device.

Для контролю та програмування використовується програмне середовище CODESYS V2.3 та новіші. Підключення до ПК здійснюється через порти USB Device, Ethernet або RS-232 Debug (через COM-Port).

Таблиця 2.1 Технічні характеристики ПЛК 100/ 150/ 154.

Параметр	ПЛК100	ПЛК150	ПЛК154
Дискретні входи	8	6	4
Дискретні виходи	6 є/м реле	4 є/м реле	4 є/м реле
Аналогові входи	-	4	4
Аналогові виходи	-	2	4
Інтерфейс	Ethernet 100 Base-T RS-232 RS-485	Ethernet 100 Base-T RS-232 RS-485	Ethernet 100 Base- T RS-232 RS-485
Центральний процесор	32-розрядний RISC-процесор 200 МГц на базі ядра ARM9	32-розрядний RISC-процесор 200 МГц на базі ядра ARM9	32-розрядний RISC-процесор 200 МГц на базі ядра ARM9
Оперативна пам'ять	8 Мб	8 Мб	8 Мб
Мережа	= 18...29 В	= 90...264 В	= 90...264 В

В конструкції контролера передбачено вмонтовану батарею живлення, що дозволяє працювати за відсутності мережі і виконувати програму при відсутності живлення. Наявний годинник реального часу, та вмонтовані аналогові входи / виходи (передбачені тільки для моделей ПЛК150 і ПЛК154). Додаткові роз'єми RS-232 і USB Device виконано лише у ПЛК100.

Проаналізувавши технічне завдання на проект, було обрано ПЛК Овен 150. Його функціоналу цілком достатньо для реалізації контролю мікрокліматом теплиці. Крім того завдяки наявним інтерфейсам, простому та зручному програмному середовищу забезпечується можливість підключення додаткового обладнання (наприклад сенсорної панелі СП200). Також варто відзначити, що контролери Овен мають хороший захист від впливу зовнішнього агресивного середовища і виконані з якісних та надійних матеріалів. Це особливо важливо в умовах теплиці, де порівняно із більшістю приміщень, де використовується таке обладнання, підвищена вологість та температура повітря.

Основні особливості даної моделі контролера:

- Потужні обчислювальні ресурси.
- Великий об'єм внутрішньої пам'яті.
- Має швидкі дискретні входи / виходи із швидкознімним конектором.
- Наявність аналогових входів та виходів.
- Має кілька послідовних портів (RS-232, RS-485).
- Наявність Ethernet підключення для локальних або глобальних мереж верхнього рівня.
- Підтримує поширені протоколи обміну Modbus (RTU, ASCII), OVEN, DCON.
- Має можливість працювати безпосередньо з портами контролера, що дозволяє підключати зовнішні пристрої із нетиповими протоколами.

ПЛК Овен позиціонується як промисловий контролер, що має міцний та надійний корпус захищений від зовнішніх умов. Це забезпечує можливість експлуатації контролера при температурі навколишнього повітря від -10 °C до +50 °C, а також при високій вологості, що особливо важливо для використання в теплицях. Найвище значення відносної вологості в повітрі, при якому ПЛК може видавати свої характеристики без втрати ресурсу, складає 80 % за температури 25

°С. Атмосферний тиск від 84 до 106,7 кПа. Такі експлуатаційні характеристики відповідають групі виконання В4 по ГОСТ 12997-84. По стійкості до впливу механічних та ударних навантажень контролер відповідає групі виконання N2 по ГОСТ 12997. По стійкості до займання контролер відповідає вимогам розділу 6 по ГОСТ Р 51841.

Таблиця 2.2 – Підтримувані протоколи та інтерфейси

Протокол	Інтерфейс	Призначення
ОВЕН	RS-232 RS-485	Підтримка модулів ОВЕН МВА8, МВУ8. Робота в мережах ОВЕН спільно з Трм2хх, Трм151, Трм148, Трм133 і т.д.
Modbus RTU Modbus ASCII	RS-232 RS-485	Підтримка модулів вводу/вивода і операторських панелей, зв'язок з SCADA-системами
Modbus TCP	Ethernet 10/100 Mbps	Підтримка модулів вводу/вивода, наприклад ADAM-6000, зв'язок з SCADA-системами
DCON	RS-232 RS-485	Підтримка модулів вводу та виводу I-7000, Adam-4000, операторських панелей
GateWay (протокол CoDeSys)	RS-232 Ethernet 10/100 Mbps USB-Device	Програмування контролера, відладка призначеної для користувача програми (в т.ч. високошвидкісна відладка в режимі Realtime по Ethernet). Робота з файлами на вбудованому Flash-диску. Зв'язок з контролерами інших виробників, виготовлених на базі CoDeSys. Робота з OPC-сервером CoDeSys
Mass Storage Device	USB-Device	Представлення Flash-диска ПЛК як зовнішнього файлового накопичувача. Робота з файлами архівів даних і файлами проекту

Програмування контролера Овен 150 здійснюється в поширеному програмному середовищі CODESYS. Цей програмний продукт повністю відповідає стандарту МЕК 61131. Його основними особливостями є:

- підтримка 6 мов програмування (ST, IL, LD, SFC, FBD, CFC);
- можливість роботи в режимі емуляції;
- можливість документування проектів;
- логічні операції лімітуються тільки кількістю вільної пам'яті контролера;
- в програмі можна використовувати майже безлімітну кількість лічильників, тригерів, таймерів, генераторів.

- Можливість вибору різних інтерфейсів для програмування, завантаження і налаштування: Ethernet, USB, RS-232 (Debug).

2.2.2 Вибір додаткового модуля з аналоговими входами MB110-8A

Програмований логічний контролер Овен ПЛК 150 має на борту 4 аналогові входи, що є недостатнім для організації технологічного процесу керування мікрокліматом теплиці, так як для забезпечення однакових умов по всій площі необхідно розташувати по кілька датчиків на кожній секції. Додатковий (доставний) модуль вводу аналогових сигналів надає можливість підключати до ПЛК більшу кількість аналогових датчиків. Овен MB110-8A (рис.) призначений для опитування аналогових входів з передачею їх в мережу RS-485 із швидкістю від 2400 до 115200 біт/сек до головного ПЛК.

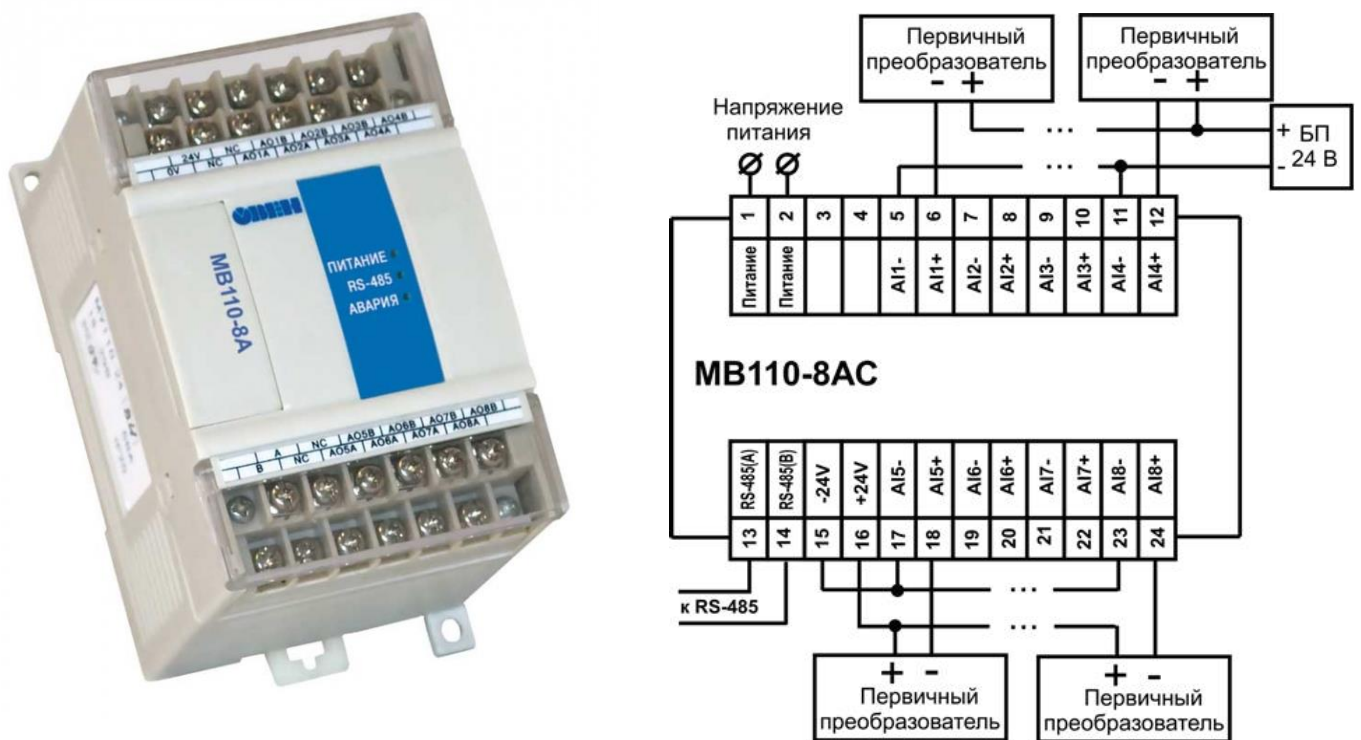


Рис. - 2.6 Зовнішній вигляд та схема підключення сенсорів до модуля вводу аналогових сигналів MB110-8A

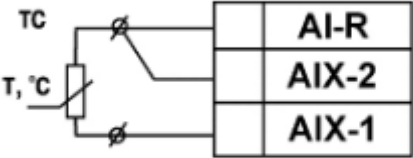
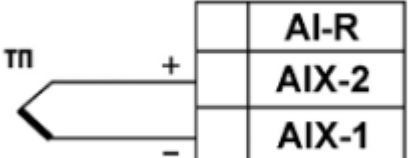
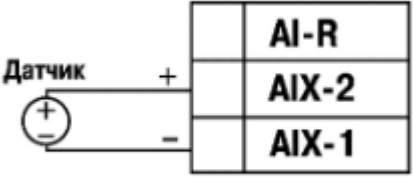
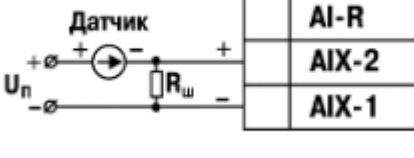
Аналогові перетворювачі мають незначну похибку, що не перевищує 0,25% для датчиків термоопору та 0,5% для термоелектричних перетворювачів. Для опитування одного входу з під'єднаним датчиком термоопору модулю достаньо

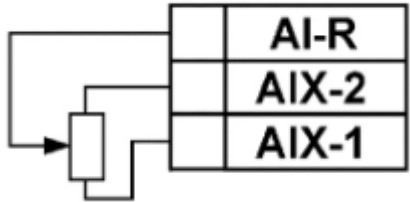
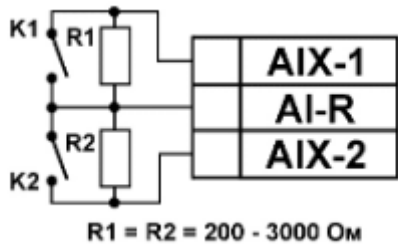
0,8 сек. Якщо на вхід підключено термоелектричні перетворювачі чи інші види датчиків, з яких приходить сигнал постійної напруги або струму, то час опитування не перевищує 0,4 сек. Для передачі вінформації до головного контролера використовуються протоколи передачі даних ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII або DCON. При цьому модуль в мережі виступає як Slave, а Овен ПЛК-150 відповідно як Master мережі.

Для роботи модуля з контролерами інших виробників, а також для підключення до SCADA-систем, на офіційному сайті є у вільному доступі OPC-драйвер та WIN DLL-бібліотеки. Як і решта додаткових модулів виробництва Овен, конфігурування та налаштування забезпечується спеціалізованим програмним забезпеченням «Конфігуратор М110». При цьому модуль під'єднується до ноутбука чи ПК з допомогою стандартних адаптерів RS-485/USB або RS-485/RS-232. Завадостійкість модуля МВ110 відповідає вимогам стандарту ГОСТ Р 51522.

Під'єднання датчиків дрового типу здійснюється в залежності від їх виду. Електрична-принципова схема основних видів датчиків приведена у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Схема під'єднання датчиків на входи МВ 110-8А

	
<p>Датчик термоопору</p>	<p>Термоелектричний перетворювач</p>
	
<p>Датчик активного типу з виходом напруги -50...+50мВ або 0...1В</p>	<p>Датчик активного типу з виходом струму 0...5мА, 0...20мА або 4...20мА</p>

	 <p style="text-align: center;">$R1 = R2 = 200 - 3000 \text{ Ом}$</p>
Датчик положення резистивного типу	Датчики дискретного типу

2.2.3 Вибір модуля дискретних входів MB110-16Д

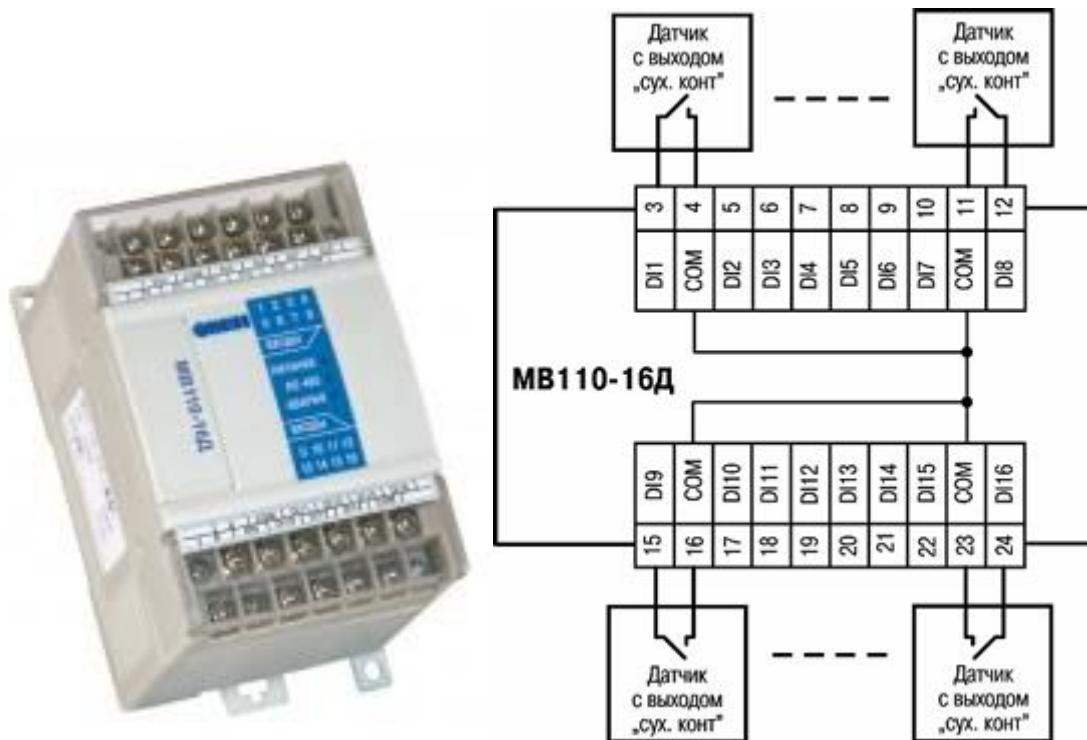


Рис. - 2.7 Модуль введення дискретних сигналів MB110-16Д

Головний контролер Овен ПЛК-150 має 6 цифрових входів на борту. Цього не достатньо для забезпечення технологічного процесу упарвління мікрокліматом теплиці та підключення усіх датчиків, так як для забезпечення однакових умов по всій площі необхідно розташувати по кілька датчиків на кожній секції. Додатковий (доставний) модуль вводу дискретних сигналів надає можливість підключати до ПЛК більшу кількість цифрових датчиків.

Призначенням приладу є збір даних з датчиків та передача їх до головного ПЛК через мережу по стандарту RS-485. Дискретні входи модуля можуть працювати також і в режимі лічильника імпульсів при частоті до 1 кГц. Для

передачі інформації по мережі використовуються протоколи OВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

Основні параметри модуля дискретних входів MB110-16Д:

- 16 каналів дискретного введення
- Підтримка типів сигналів: беспотенціальні («сухі») контакти та транзисторні ключі n-p-n типу
- Частота вимірів: до 1 кГц, мінімальна тривалість імпульсу 0,5 мс
- Для кожного каналу присутній лічильник імпульсів
- Напруга живлення: ~220 В змінного струму або +24 В постійного струму.

2.2.4 Вибір давачів температури та вологості

Для забезпечення керування мікрокліматом необхідно підібрати сенсори вологості та температури.

Основними вимогами до датчиків є:

- висока чутливість;
- стабільність показів впродовж тривалого часу роботи;
- швидкість зчитування показів;
- стійкість до впливу агресивного середовища (наприклад при використанні добрив);
- простота монтажу;

Підбір датчиків відбувається за каталогами від виробників. Спершу треба визначитись із видом перетворювача, а тоді із його типорозміром.

Для виміру вологості я обрав датчик MiniCap2 виробництва Panametrics (рис 2.8). В залежності від значення вологості оточуючого середовища в ньому змінюється електрична ємність чутливого елемента.

Датчики такого типу є дешевшими, видають більш стабільну характеристику сигналу в порівнянні з датчиками, принцип дії яких базується на визначенні різниці по температурі вологого та сухого повітря.



Рис.2.8 Зовнішній вигляд датчика вологості MiniCap2

Технічна характеристика датчика:

- Діапазон виміру 0...100 %
- Робоча температура -40...+180°C
- Робоча частота 10...200кГц
- Час спрацювання 30 сек
- Стабільність показів ± 2 %

Вибір датчика температури

Діапазон зміни температури в теплиці не виходить за межі 10-26°C. Для таких умов вибір датчиків дуже великий. В даній роботі я обрав вимірювач температури ТСМ-50М виробництва ПАТ «ТЕРА». Він має конкурентну ціну та високу ступінь захисту (рис.).

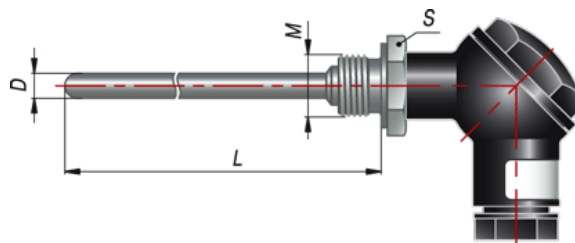


Рис.2.9 Датчик температури ТСМ-50М

Технічна характеристика датчика:

- Діапазон виміру -50...150 °С
- Інерційність 15 сек
- Умовний тиск вимірюваного середовища 0,4-4 Мпа
- Ступінь захисту IP55

2.2.5 Схема підключення обладнання

Для підключення цифрових датчиків на входи контролера Овен ПЛК-150 або модуля дискретних входів МВ110-16Д використовується метод розмикання нульового сигналу, або плюсового +24 В (рис. 2.10). Вибір залежить від особливостей роботи конкретного датчика. Дискретні датчики, або такі, що містять на вході транзисторний ключ під'єднуються як транзисторні датчики (рис. 2.11.)

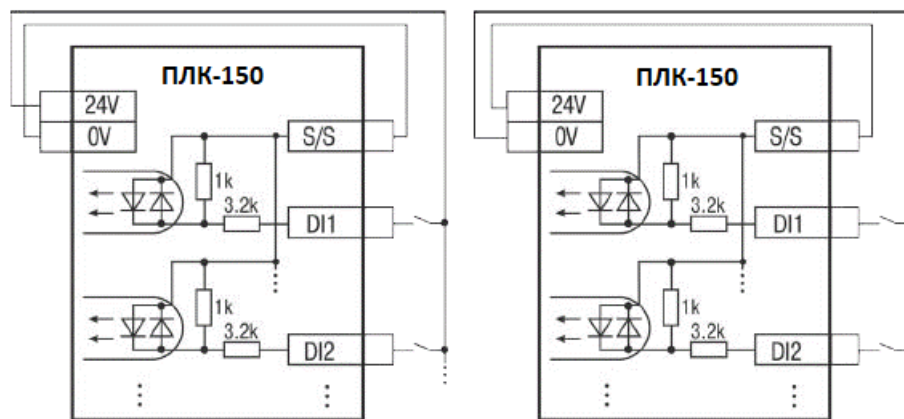


Рис. 2.10 - Електрична-принципова схема під'єднання цифрових датчиків до дискретних входів ПЛК 150

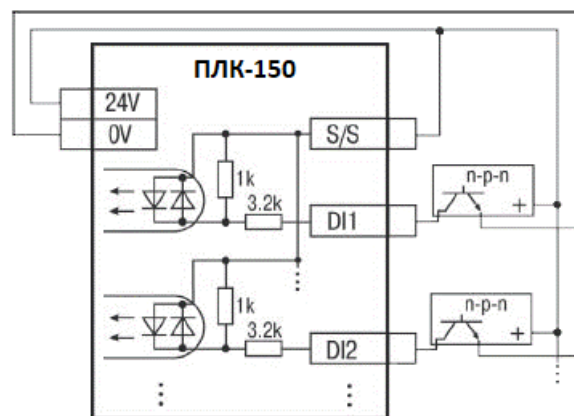


Рис. 2.11 - Електрична-принципова схема під'єднання на дискретні входи транзисторних датчиків із ключем типу n-p-n

Цифрові датчики провідного типу під'єднуються до клемної колодки на контакти +24В та нульовий. Щоб під'єднати виконавчі механізми до дискретних виходів контролера служить клема відповідного виходу та контакт «СОМ»

(рис. 2.12). При цьому, максимальне сумарне значення сили струму для всіх під'єднаних сенсорів і задіяних пристроїв має не перевищувати 620 мА. При потребі підключення більшого числа датчиків, або при вищому споживанні використовують додатковий блок живлення відповідної потужності.

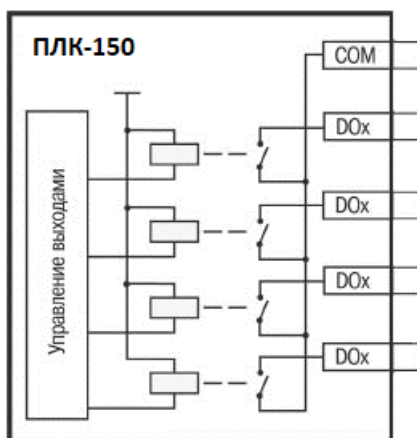


Рис. 2.12 – Схематичне представлення подачі керуючого сигналу на дискретні виходи контролера ПЛК-150

2.2.6 Вибір клапана для подачі води

Клапан електромагнітної дії GAMA 2W-15 N.C (рис. 3.17) використовується для регулювання подачі води для поливу. Застосовується для автоматичного відкривання або закривання потоку води чи інших рідин. Містить соленоїдний клапан з алюмінієвим корпусом.



Рис. 2.13 – Електромагнітний клапан системи поливу GAMA 2W-15 N.C

Шток запірного механізму виконано із нержавіючої сталі. За відсутності електричного струму клапан закритий. Завдяки цьому досягається високий рівень

безпеки у випадку аварійного відключення електроенергії. Електромагнітний клапан забезпечує високу швидкість спрацювання, а отже і точність дозування.

2.2.7 Вибір вентиляторів система кондиціонування

Вентилятори використовуються в припливних і витяжних системах вентиляції в теплицях, де потрібна висока продуктивність та низьке споживання електроенергії. Вентилятори серії ОВ1 застосовуються як для прямого виводу відпрацьованого повітря (витяжна вентиляція), так і для нагнітання свіжого. Корпус вентиляторів спроектовано для легкого монтажу на зовнішні стіни. Корпус виготовлений із сталі з полімерним антикорозійним покриттям. Асинхронний однофазний двигун легко піддається регулюванню обертів та має вмонтований тепловий захист із системою автоматичного перезапуску. Двигун оснащено кульковими підшипниками. Клас захисту двигуна IP 24.

Для зміни продуктивності вентилятора передбачено ступінчасте регулювання обертів з використанням автотрансформаторного регулятора. Плавність регулювання забезпечується тиристорним регулятором. До одного регулятора швидкості як правило під'єднують кілька вентиляторів. Загальна потужність і спожитий електричний струм при цьому мають не перевищувати номінальні значення регулятора.

Вентилятор монтується на стіну з використанням приєднувальної пластини прямокутного профілю. Під'єднання до електричної мережі здійснюється за допомогою виносної клемної планки.



Рис. 2.14 – Осьовий вентилятор низького тиску ОВ1

2.2.8 Вибір ламп освітлення

Штучне освітлення крайнє необхідно для вирощування сільсько-господарських культур в теплицях. Особливо у зимовий період або у хмарну погоду. Різні культури рослин потребують різного по тривалості та яскравості освітлення. Інтенсивність освітлення має відповідати таким чинникам як інтенсивність тепла та вміст вуглекислого газу в повітрі.

Основними видами штучного освітлення в теплицях є:

- Ртутні лампи високого тиску. Такі лампи швидко нагріваються і забезпечують сильне ультрафіолетове опромінювання;
- Лампи розжарювання. На даний момент вважаються застарілими, оскільки мають низьки ККД, велике споживання електроенергії і сильно нагрівають повітря в замкнутому просторі;
- Люмінесцентні лампи. Є відносно дешевими та довговічними;
- Натрієві лампи. Економні, проте для деяких культур рослин мають надто слабку яскравість;
- Галогенні лампи. Являються розвитком ламп розжарювання. Мають ті ж недоліки, і крім того характеризуються високою вартістю;
- Діодні лампи. Економні, добре піддаються регулюванню яскравості.

Враховуючи вищенаведені переваги та недоліки, я обрав діодні лампи в якості штучного освітлення для теплиці.



Рис. 2.15 Світлодіодн балка Philips greenpower для теплиць

2.2.9 Блок живлення ОВЕН БП60Б-Д4

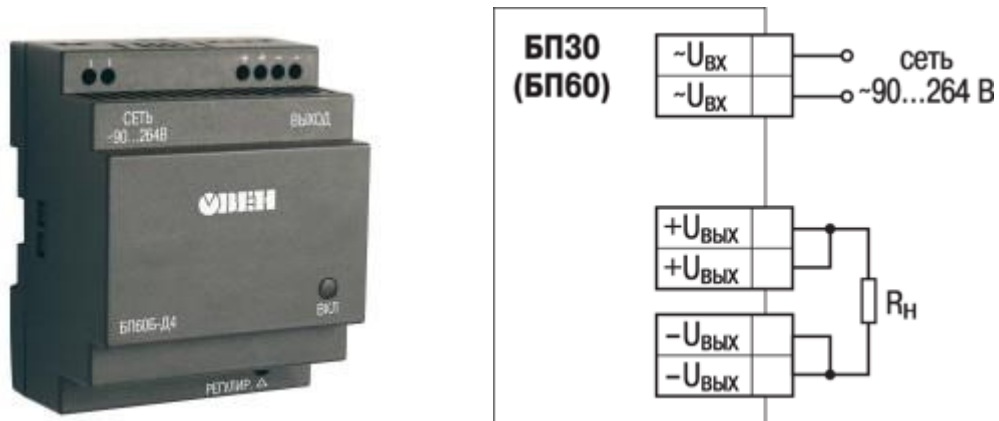


Рис. - 2.16 Одноканальный блок живлення ОВЕН БП60Б-Д4

Блок живлення БП60Б застосовується для живлення електричних споживачів постійного струму. Зокрема це можуть бути електронні пристрої, такі як прилади релейної автоматики, контролери, сенсори і т.д. Використовується для розробки і побудови різноманітних систем електроживлення, в тому числі і розподілених. Корпус блока живлення передбачає можливість монтажу на DIN-рейку.

Основними перевагами цього блоку живлення є:

- Дозволяє перетворювати змінний та/чи постійний струм в постійний стабілізований;
- Має можливість обмежувати стартовий струм;
- Має захист від перепадів напруги та захищає від імпульсних перешкод;
- Має захист від перевантаження;
- Має захист від перегріву та короткого замикання;
- Обладнаний налагоджувальним резистором і має можливість регулювати вихідну напругу в межах $\pm 8\%$ від номінальної вихідної напруги не впливаючи на вихідну потужність;
- Має діодну індикацію напруги на виході.

2.2.10 Блок мережевого фільтру ОВЕН БСФ

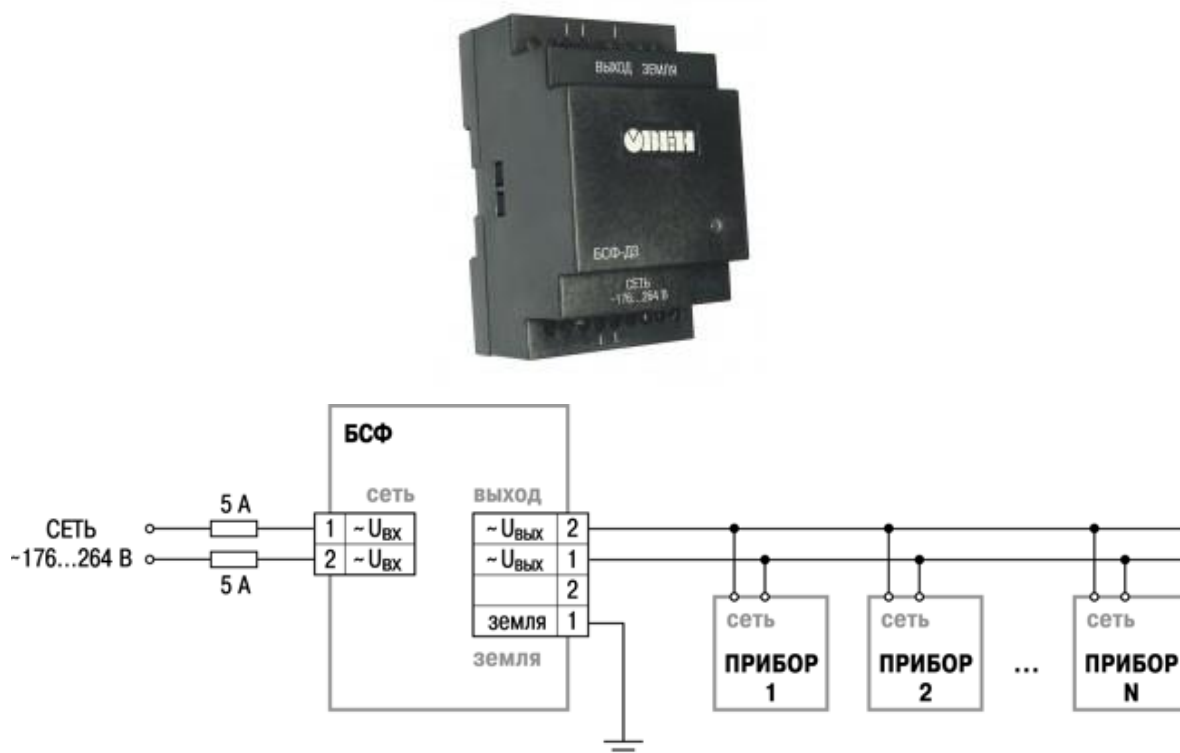


Рис. - 2.17 Загальний вигляд і підключення блоку мережевого фільтру ОВЕН БСФ

Мережевий фільтр ОВЕН БСФ використовується в мережі як захист від імпульсних та високочастотних завад. Застосовується для обладнання, що споживає змінний струм. Основним призначенням є захист електроустаткування від впливу завад, що потрапляють з мережі. Також дозволяє захистити мережу від емісії завад спричиненої працюючим електроустаткуванням, що живиться з цієї ж мережі. Для зручності монтажу на корпусі передбачено кріплення на DIN-рейку.

2.2.11 Вибір GSM/GPRS модему ОВЕН ПМ-01

Модем ОВЕН ПМ-01 (рис. 2.18) призначений для забезпечення віддаленим обміном інформацією по бездротових каналах зв'язку стандарту GSM. Для підключення модему до контролера використовуються інтерфейси для зв'язку стандарту RS-232 або RS-485.

Переваги при використанні для GSM-зв'язку модему Овен ПМ-01:

- автоматичне перезавантаження у випадку зависання;
- інтерфейси RS-232 та RS-485 підключення та програмування;
- живлення від мережі 220 В змінного струму або постійним струмом +24 В;

- Широкий діапазон робочої температури: $-30 + 70$ °С, та можливість застосування при підвищеній вологості, що особливо актуально для застосування у теплицях.



Рис. 2.18 - Зовнішній вигляд GSM / GPRS модему ОВЕН ПМ-01

GSM / GPRS модему ОВЕН ПМ-01 застосовують на автоматизованих системах охорони та при віддаленому контролі технологічного процесу по сигналах з датчиків та різноманітного обладнання, що має можливість підключення з доступом в інтернет. Основними функціональними можливостями GSM / GPRS модема Овен ПМ-01 є прийом і передача SMS-повідомлень, а також прийом і передача інформації як з використанням CSD та GPRS, так і через послідовні порти RS-232 і RS-485, що відповідає стандартам GSM 07.05 та GSM 07.07. Обмін інформацією по послідовних портах RS-232 та RS-485 сигналізується світловою індикацією. Реєстрація в мережі GSM чи передача інформації в режимі GPRS також.

Основною задачею модему є негайне інформування відповідальної особи при перевищенні граничних значень у показах датчиків, для запобігання завданню непоправної шкоди сільськогосподарським культурам, що вирощуються в теплиці. Наприклад, при поломці системи поливу вмикається протиаварійний захист, що перекриває подачу води. Однак, якщо запобіжний вентиль не спрацював, або є підтікання, ПЛК отримає сигнал з датчиків про критично високу вологість, і проінформує відповідальну особу для вживання заходів.

2.2.12 Сенсорна панель овен СП200

Сенсорна панель оператора (рис. 2.19) є програмованим терміналом. Вона дозволяє візуально спостерігати поточні параметри роботи системи. Панель може як виконувати функції програмованого логічного контролера, так і оператора, що контролює стан всіх процесів. Дозволяє за необхідності, коригувати роботу головного ПЛК. Всі параметри відображаються в режимі реального часу, і можуть бути змінені оператором. Для цього при створенні інтерфейсу в Конфігураторі СП 200 передбачено велику кількість функціональних графічних об'єктів у вигляді клавiш, табло та піктограм у вигляді кнопок, насосів, двигунів і т.д. Це дозволяє легше орієнтуватися при великій кількості команд на табло. Великою перевагою є можливість змінювати інтерфейс самих вікон керування.



Рис. 2.19 - Зовнішній вигляд панелі оператора овен СП 200

Власноруч створений інтерфейс дозволяє як групувати для зручності окремі параметри технологічного процесу, так і розділяти їх по різних вікнах для уникнення перенасичення інформації, чи відділяти інформацію яка рідко використовується від часто вживаної.

Дорожчі моделі панелі оператора мають додаткові функціональні клавiші, та більш стильний інтерфейс. В моєму проекті я обрав панель оператора СП 200 через її низьку вартість, і так як її можливості повністю задовільняють технологічному процесу теплиці.

Таким чином, сенсорна панель допомагає вирішити такі задачі:

- контролювати оператором технологічний процес та слідкувати за показниками роботи обладнання;
- вносити зміни в параметри роботи обладнання та технологічного процесу.

Вирішення цих завдань забезпечується виконанням панеллю оператора наступних функцій:

- відображення параметрів поточного стану контрольованої системи в режимі реального часу. Панель дозволяє відобразити ці параметри в графічному вигляді, що максимально полегшує сприйняття інформації оператором.
- Передача команд оператора, отриманих з сенсорного екрану панелі, в ПЛК і далі в контрольовану систему.

Велика кількість вбудованих функціональних можливостей «Конфігуратора СП 200» дозволяє підлаштувати та оптимізувати конфігурацію панелі під конкретний технологічний процес. Проста програмування дозволяє швидко вносити зміни за потреби в інтерфейс користувача. Програмне забезпечення для конфігурування пристрою передбачає можливість роботи з багатьма різними проектами. Однак одночасно виконується лише поточна програма для конкретного ПЛК.

Основні технологічні можливості овен СП 200:

- Кольоровий дисплей із високою роздільною здатністю;
- Просте та інтуїтивно зрозуміле сенсорне управління;
- Можливість під'єднання до периферійних пристроїв по стандарту RS-232 та RS-485;
- Обмін інформацією по поширених протоколах - modbus rtu, modbus ascii;
- Живлення напругою 24В постійного струму надає широкий вибір блоків живлення як у випадку ремонту, так і в разі потреби використання безперебійних джерел струму;
- Можливість роботи в мережі як master для ПЛК, так і slave;
- Програмне забезпечення для програмування панелі «Конфігуратор СП200» вільно доступний на офіційному сайті розробника.

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка системи керування автоматизованою системою

Система керування мікрокліматом теплиці являє собою набір програмних та апаратних засобів, які дозволяють покращити економію витрат на енергоресурси такі як тепло, вода, електроенергія. Крім того, ці засоби надають додаткові спеціальні можливості користувачу, що підвищують зручність користування, зменшують час і трудозатрати на експлуатацію та обслуговування. Наприклад це може бути ручне дистанційне включення чи виключення окремого обладнання. Система контролю і керування мікрокліматом теплиці може бути частиною загальної SCADA-системи керування комплексом теплиць. Аналогічно, така SCADA-система також містить програмні і апаратні засоби, завдання яких забезпечити автономну роботу і віддалений контроль як комплексу теплиць в цілому, так і технологічного процесу вирощування в них сільськогосподарських культур.

3.2 Вибір програмного забезпечення

Для розробки програми контролю та керування мікрокліматом в теплиці скористаємось програмним середовищем CODESYS V2.3. Його безсумнівної перевагою є наявність у відкритому доступі на сайті розробника обладнання Овен www.owen.ua із всіма бібліотеками та target-файлами.

CoDeSys V2.3 - це інтегроване середовище для розробки (IDE) додатків, призначених для використання у програмованих логічних контролерах. CoDeSys дозволяє створювати проекти на 5 мовах програмування стандарту MEK 61131-3 (LD, FBD, IL, ST, SFC), а також підтримує популярну додаткову мову CFC (вона являє собою FBD, проте з вільним порядком розташування блоків). В CoDeSys реалізовано редактор візуалізації, конфігуратор для протоколів обміну і засоби налаштування.

Для створення та завантаження програми у сенсорну панель СП 200 використаємо «Конфігуратор СП 200».

3.3 Розробка алгоритму роботи програми

Алгоритм роботи апаратних засобів теплиці схематично представлено на рис. 3.1. Послідовність роботи системи керування мікрокліматом наступна:

Якщо головний вимикач електроенергії живлення знаходиться в увімкненому положенні, контролер проводить опитування цифрових та аналогових входів на додаткових модулях і власних. При перевищенні значення на будь-якому датчику контролер запускає запрограмовану процедуру згідно програмного коду, і посилає сигнал на відповідний вихід, що через додаткове реле активує шляхом подачі напруги від блоку живлення потрібний виконавчий механізм.

Саму автоматизовану систему керування можна розділити по функціональному призначенню на: систему поливу, освітлення, вентиляції та підігріву. Кожна з цих систем виконана на окремому обладнанні, та для зручності мають власне функціональне вікно на сенсорній панелі оператора. Однак вони пов'язані алгоритмом роботи автоматизованої системи керування в цілому. Так, наприклад система опалення керується не тільки сигналами з датчиків температури, а і враховує значення абсолютної вологості повітря, оскільки при увімкненому опаленні вологість повітря знижується.

Уся теплиця розділена на секції, контроль параметрів мікроклімату в яких здійснюється окремим датчиками, для більшої точності. Тобто кожна секція має власний датчик температури ґрунту, температури повітря та його вологості. Якщо сигнал з однотипних датчиків, відрізняється від сигналу з таких же датчиків на інших секціях (наприклад висока вологість на одній секції, в той час як на інших вона низька, може свідчити про наявність протікання системи поливу у цій секції, або несправність цього датчика вологості), передбачено сповіщення відповідальної особи про несправність у теплиці. Сповіщення відображається як на сенсорній панелі оператора, так і надсилається текстовим повідомленням через GSM-модем Овен ПМ-01.

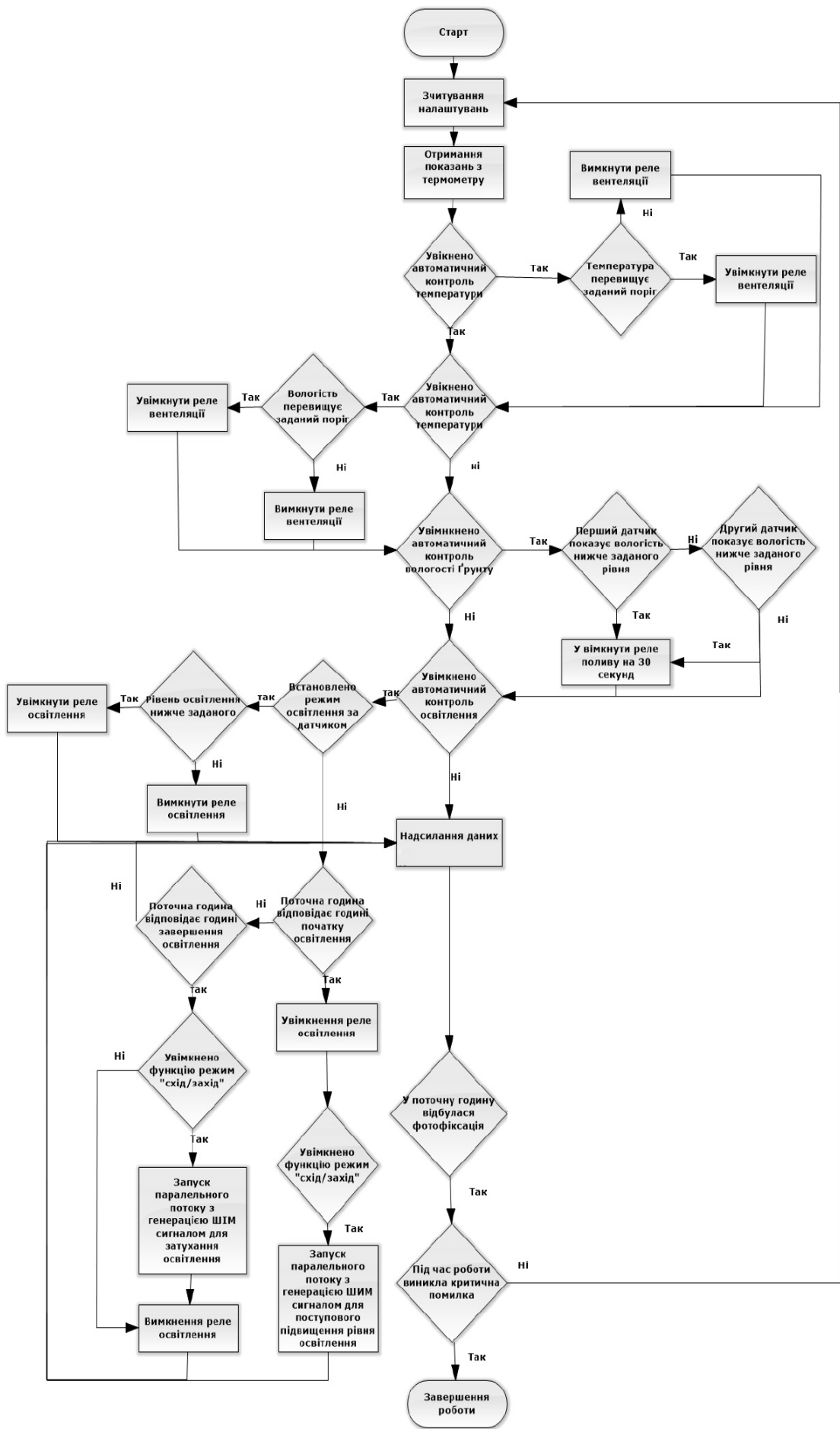


Рис. 3.1 Алгоритм роботи пристроїв автоматики теплиці

Щоби спростити загальний алгоритм, окремі його системи автоматизованого керування мікрокліматом теплиці мають власні алгоритми роботи. Наприклад, при активації реле системи поливу, вмикається не відразу оприскувач, а запускається окремий алгоритм роботи системи поливу (рис. 3.2) який має власні перевірки, призначені для запобігання хибного спрацювання поливу у випадку невірних показів з одного чи кількох датчиків.

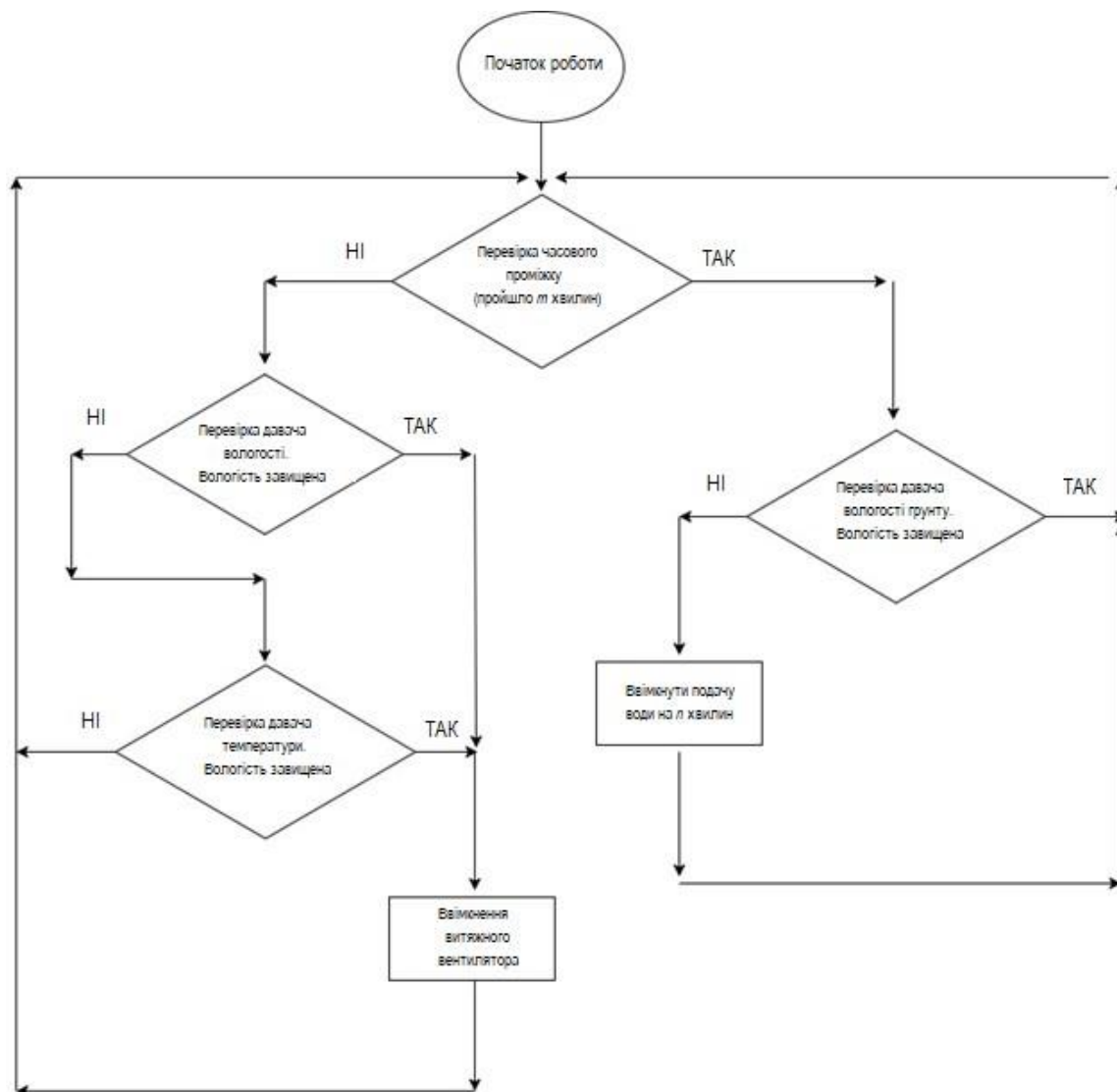


Рис. 3.2 Алгоритм роботи системи поливу

Крім того в саму систему поливу входить велика кількість технічного оснащення (рис. 3.3). Однак, оскільки їх конструкція являє собою набір стандартних готових рішень, детальний опис кожної ланки не має второго інтересу і не розглядається в рамках цієї роботи. Система освітлення враховує поточний час доби для економії електроенергії. Це здійснюється завдяки вбудованому годиннику реального часу у ПЛК. Крім того, для економії спожитого

електричного струму передбачено застосування ШИМ-регулятора у таких виконавчих механізмах як вентилятори приточної та витяжної вентиляції і лампах системи освітлення. ШИМ-регулятор дозволяє зменшувати споживання електричної енергії без суттєвих втрат по потужності, і забезпечує плавне регулювання, коли це потрібно. Наприклад, можна увімкнути вентилятори не на повну потужність, або лампи освітлення не на повну яскравість при сильному захмеренні. Крім того, використання вмонтованого у виконавчі механізми регулятора дозволяє спростити та зменшити в об'ємі програмний код для ПЛК, що підвищує його надійність та швидкодію.

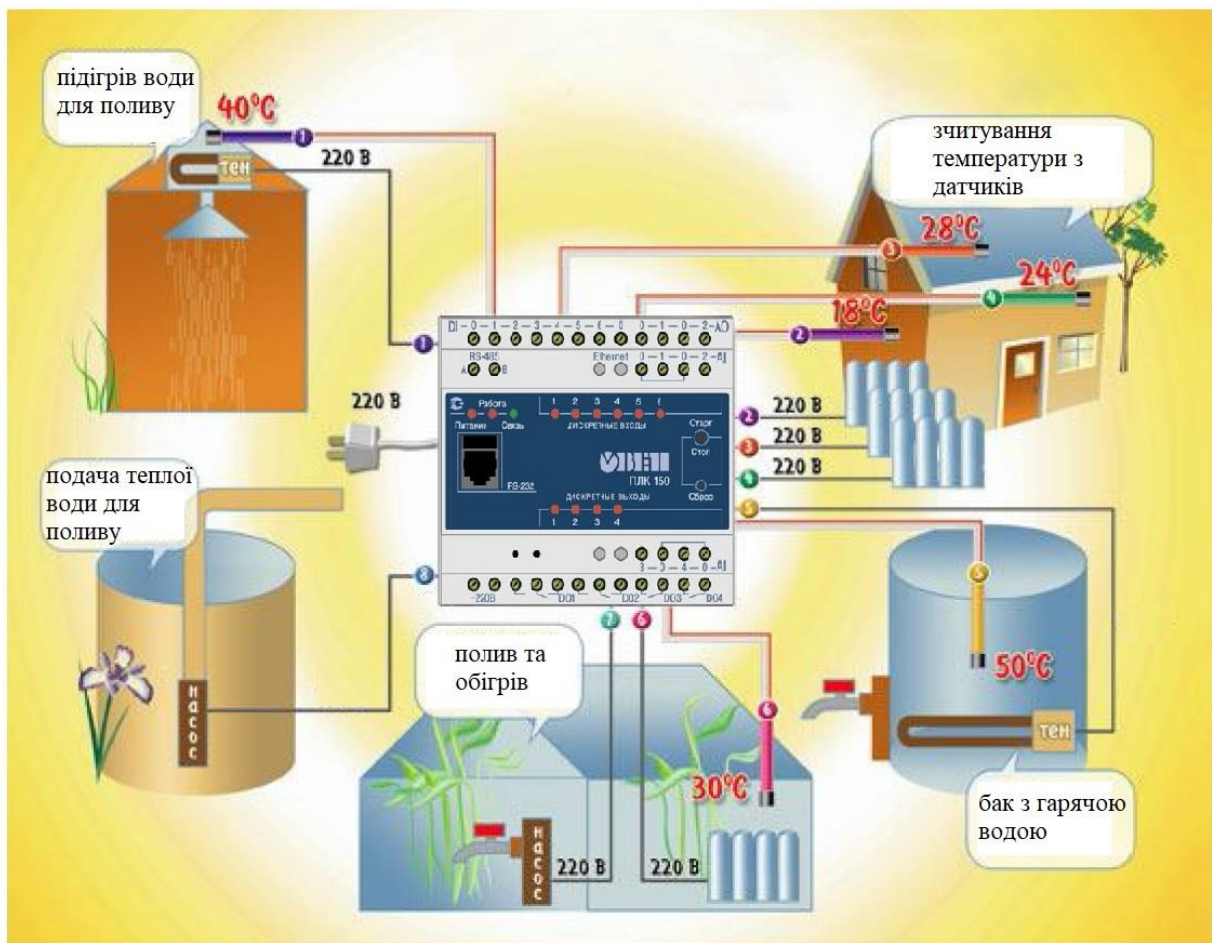


Рис. 3.3 Система поливу теплиці на базі ПЛК ОВЕН 150

3.4 Розробка програмного коду в CoDeSys

Програмний код для ПЛК Овен 150 написано на графічній мові програмування CFC (The Continuous Function Chart). Основну частину програмного коду побудовано в програмному блоці «PLC_PRG». Окремі підпрограми такі як відправлення смс-повідомлень, опис окремих підсистем

(система освітлення, поливу, опалення, вентиляції) виконано у вигляді окремих функціональних блоків. Змінні, описано для зручності у вікні оголошення змінних. До назви кожної змінної прикріплено коментар українською мовою, так як CoDeSys підтримує введення коментарів на кирилиці. Список змінних, які використано для написання програми, наведено в додатку А.

Для захисту запуску автономної роботи чи внесення змін в налаштування в кодї програми передбачено введення паролю на сенсорній панелі оператора (рис. 3.4).

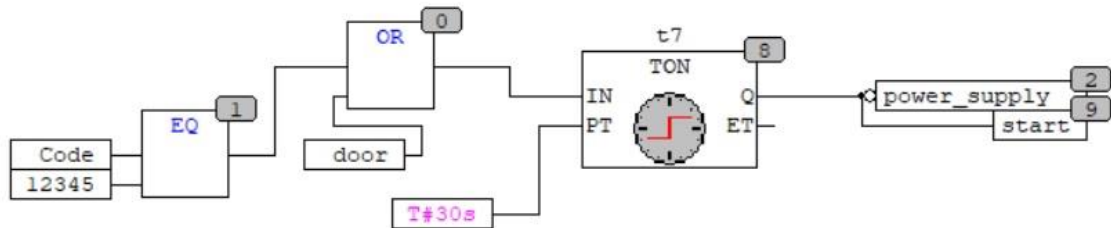


Рис. 3.4 – Програмний CFC-код введення паролю

Змінна Start відповідає за запуск програми, а таймер затримки квлючення потрібен для відрахунку часу, за який має бути введено пароль на сенсорній панелі оператора.

Вцілому системи керування теплицею виконані по однотипній схемі. Розглянемо на прикладі системи подачі води для поливу (рис. 3.5). Значення вологості з датчиків порівнюється з уставленим. Уставку можна змінювати для налаштування автоматизованої системи керування мікрокліматом під конкретні сільськогосподарські культури. Якщо значення вологості нижче цієї уставки, то на виході сигнал «TRUE» подається на таймер «Т4». При спрацюванні датчиків вологості сигнал подається на таймер затримки включення. Це потрібно для уникнення випадкових включень. Якщо сигнал з датчиків короткочасний, то таймер обнулиться і вентиль системи поливу залишиться закритим. Якщо сигнал з датчиків більш тривалий, спрацює RS-тригер «Trig1», який подає сигнал на змінну «Turn_on_water», що відповідає за подачу електричного сигналу на реле керування клапанами подачі води в системі поливу. У випадку несправності системи, передбачено змінну «Manual_water_stop», якою через сенсорну панель можна перекрити подачу води.

Тригер «Trig_start» потрібен для першого запуску, а таймер затримки

виключення «Т3» гарантиме, що система поливу не увімкнеться повторно через занадто малий проміжок часу. Це потрібно у випадку помилки ручного вводу оператором, або несправності датчиків вологості.

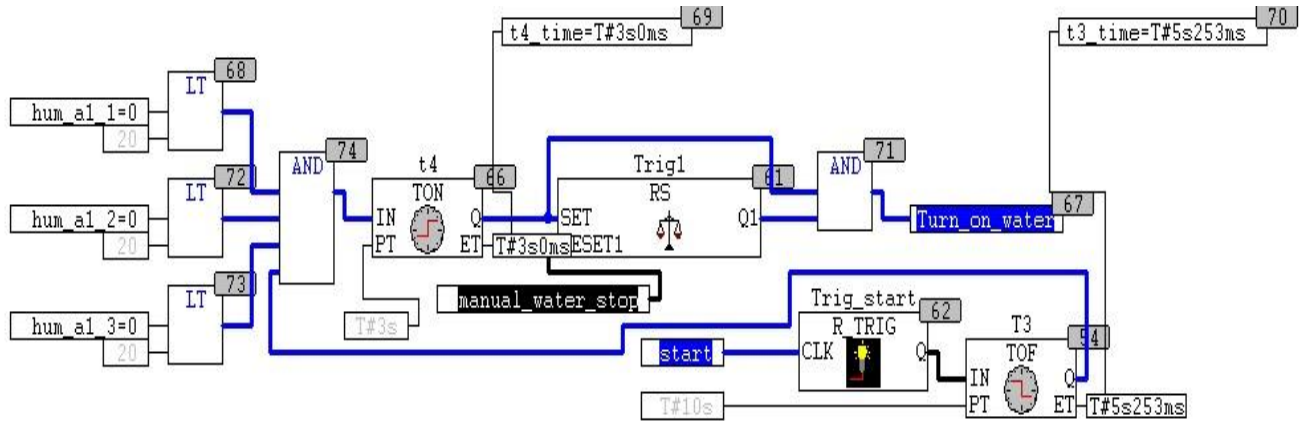


Рис. 3.5 - Програмний CFC-код подачі води в систему поливу

Інші системи теплиці запрограмовані подібним чином. Наприклад система вентиляції також має затримку від випадкового спрацювання (таймер «Т5»), ручне вимкнення вентиляторів («Manual_fan_stop») та таймер для захисту від повторного увімкнення («Т6») (рис. 3.6). Тригер типу «RS» дозволяє забезпечити пріоритет ручного керування перед автоматичним. Тобто, якщо по сигналах з датчиків вологості ПЛК увімкнув вентилятори, і одночасно з панелі оператора приходить команда Stop, то тригер вимкне подачу живлення на реле включення вентиляторів.

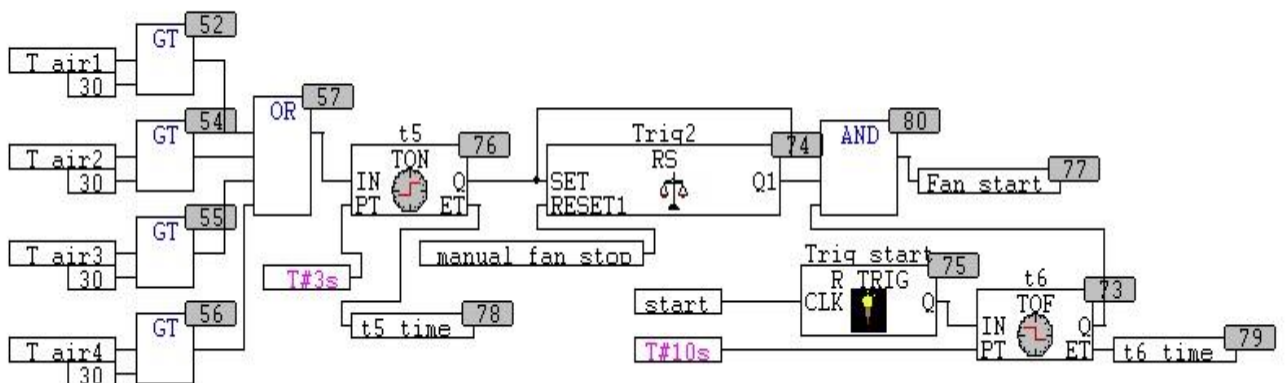


Рис. 3.6 - Програмний CFC-код увімкнення вентиляції

Щоб вручну активувати окремі виконавчі механізми, достатньо подати сигнал «TRUE» на булеву змінну, яка відповідає за конкретний дискретний вихід,

що відповідає за цей механізм. Зробити це можна як з середовища програмування Codesys, так і з панелі оператора, якщо в її інтерфейсі передбачено такий елемент. При цьому така ручна активація буде виконуватись по першому пріоритету, оскільки сенсорна панель виступає як Master мережі для ПЛК.

Для сповіщення відповідальної особи у випадку нештатної ситуації передбачено відправка текстового повідомлення через GSM-модем Овен ПМ-01 (рис. 3.7). Номер телефону та текст повідомлення вказується на входах «SendSmsNum» та «SendSmsText».

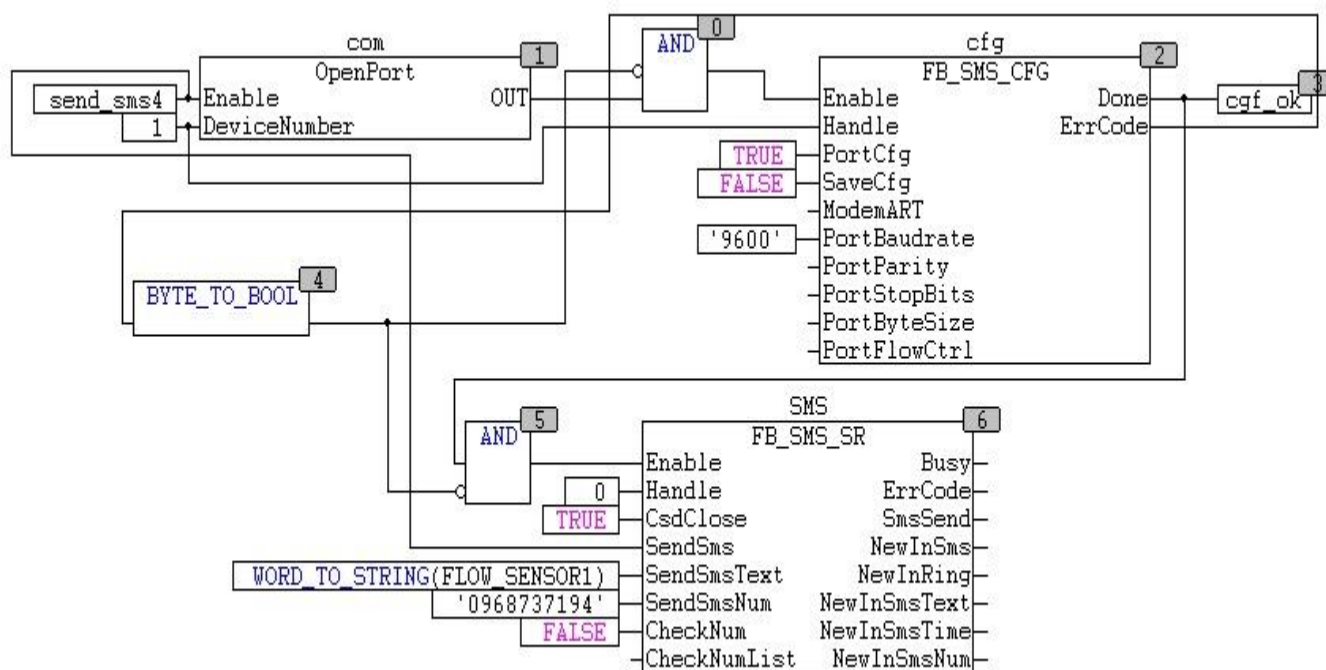


Рис. 3.7 CFC-код програми відправки смс про фіксацію невідповідності показів датчиків вологості

Віддалений доступ до системи керування мікрокліматом теплиці забезпечується через під'єднання LAN-мережі до ПЛК, а також через GSM-модем Овен ПМ-01. В першому випадку доступ можна отримати через адресу стрічку будь-якого інтернет-браузера, ввівши IP-адресу ПЛК. В другому випадку, оператор чи відповідальна особа, номер якої вказаний у CFC-коді отримання смс-повідомлень, може виконати запрограмовані дії надіславши текстове повідомлення. Отримане смс-повідомлення розпізнається блоками 7-9, 11-12. На рис. 3.8 наведено програмний код керування електромагнітним клапаном подачі води через смс-повідомлення.

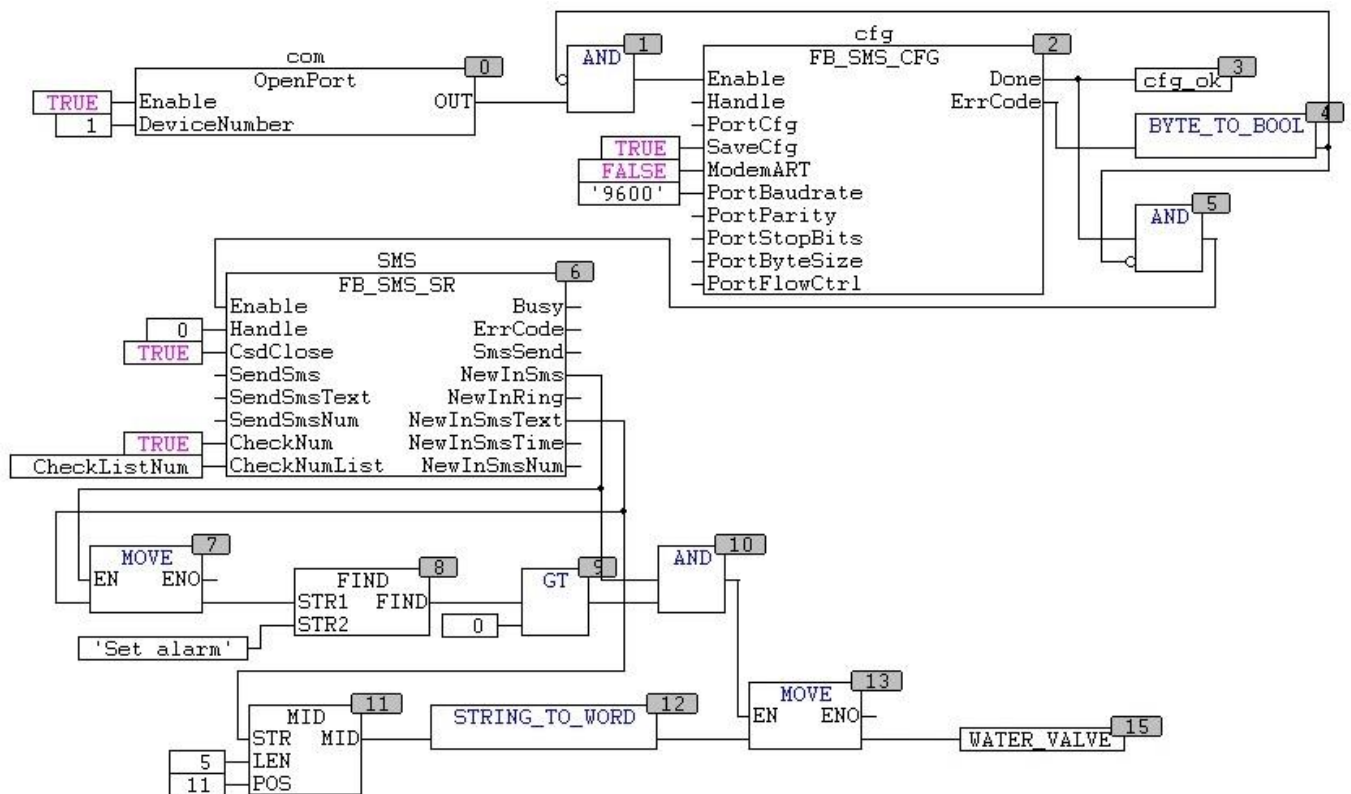


Рис. 3.8 CFC-код програми керування відкриттям та закриттям клапану системи водопостачання через sms-повідомлення

Логіку для програмного коду функціональних блоків відправлення та отримання sms-повідомлень взято із офіційних бібліотек виробника GSM модуля Овен.

Таким чином, можливості програмного середовища Codesys дозволяють не тільки розробити програму керування мікрокліматом, а і при потребі швидко адаптувати програмний код по індивідуальних налаштуваннях замовника. Однак, для внесення змін в технологічний процес (наприклад для зміни температури повітря, при якій автоматично вмикаються вентилятори системи вентиляції) використовуючи лише ПК та Codesys доведеться кожного разу завантажувати нову програму в ПЛК. Тому, для зручності контролю та керування основними параметрами мікроклімату, для панелі оператора Овен СП200 використовуючи програму-конфігуратор завантажено інтерфейс, в якому можна слідкувати за окремими параметрами, і активувати необхідні виконавчі механізми.

3.5 Інтерфейс сенсорної панелі керування теплицею

Для внесення змін в окремі параметри технологічного процесу керування мікрокліматом теплиці та для наочного спостереження за роботою окремих систем теплиці розроблено графічний інтерфейс для панелі оператора СП-200. Сенсорна панель СП 200 є Master в мережі з контролером. Це дозволяє керувати ПЛК, зчитувати і задавати значення для змінних. З метою спрощення управління процесами в теплиці, все керування розподілено по п'яти вікнах: головне меню, опалення, освітлення, полив і вентиляція.



Рис. 3.9 – Екран головного меню сенсорної панелі СП 200

В головному вікні (рис. 3.9) розміщено клавіатуру для набору пароля доступу до аварійного вимикача живлення, вікно відображення набраних символів, клавіші з індикацією ручного увімкнення режиму тривоги та сирени звукової сигналізації, власне сам вимикач електроживлення, та кнопки переходу між вікнами керування окремими функціями.

У вікні «Опалення» (рис. 3.10) розташовані табло відображення температури ґрунту, води для поливу та повітря по секціях теплиці. Справа від кожного табло, розміщено регулятор для коректування відповідного параметра. Як і у вікні головного меню, праворуч розташовуються клавіші переходу між іншими вікнами сенсорної панелі.



Рис. 3.10 – Екран керування системою опалення теплиці

У вікні «Освітлення» (рис. 3.11), подібно до опалення, розташовано кнопки ручного ввімкнення/вимкнення ламп освітлення кожної секції теплиці, та регулятори ручного коректування яскравості освітлення. Аналогічно, справа знаходяться клавіші для можливості переключення між іншими вікнами панелі.

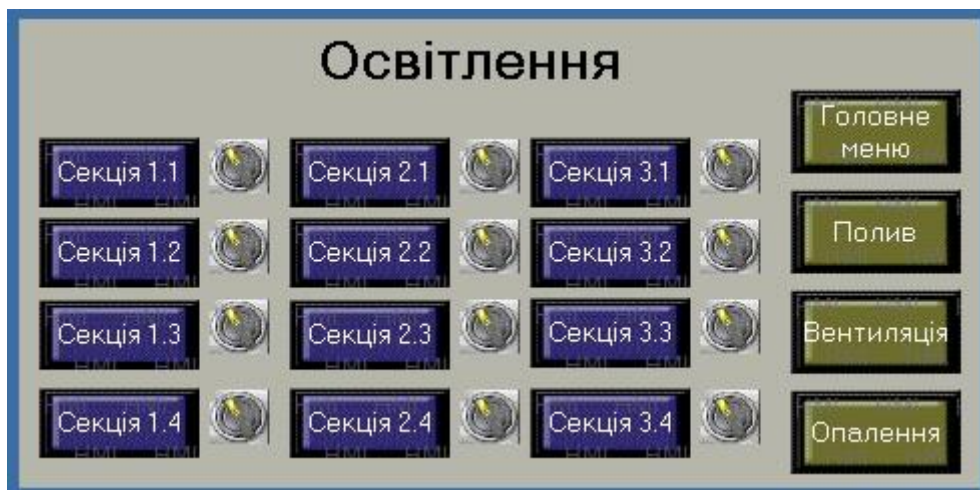


Рис. 3.11 – Екран керування системою освітлення теплиці

У вікні «Полив» (рис. 3.12) розміщено кнопку керування головним запірним клапаном системи водопостачання, стрілочний показчик тиску води в системі, табло відображення значення з датчиків вологості між секціями та кнопки ручного відкривання/закривання клапанів подачі води на розпилювачі. Аналогічно, справа розташовано кнопки переходу до інших вікон панелі.



Рис. 3.12 – Екран керування поливом секцій теплиці

У вікні «Вентиляція» (рис. 3.13) користувач може слідкувати за роботою, а також вручну вмикати чи вимикати вентилятори приточної та витяжної системи вентиляції теплиці. Передбачено можливість змінювати продуктивність (частоту обертання ротора електродвигуна) вентиляторів, та табло відображення поточного її значення. Аналогічно до попередніх вікон, справа є кнопки переходу між іншими вікнами панелі.



Рис. 3.13 – Екран керування пристроями вентиляції

Сенсорна панель з'єднується з контролером штатним кабелем по стандарту RS-232. Налаштування панелі при підключенні до ПЛК у програмному середовищі CoDeSys вказані у технічній документації, що йде у комплекті.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Значення охорони праці

На сучасному етапі охорона праці являє собою систему правових, соціально-економічних, лікувально-профілактичних засобів та заходів спрямованих на забезпечення здоров'я і працездатності людини в процесі праці [19].

Основним принципом політики в галузі ОП є визнання пріоритету життя і здоров'я працівників. Виходячи з цього сформовані основні завдання в галузі ОП:

- розробка і впровадження високовиробничих технологій;
- підвищення рівня безпеки діючого виробничого устаткування і технологічних процесів за рахунок ліквідації небезпечних і шкідливих виробничих факторів;
- удосконалення оснащення підприємств сучасними технічними засобами безпеки і виробничої санітарії;
- впровадження стандартів (ССБП);
- здійснення навчання населення і підвищення кваліфікації працівників з ОП;
- зміцнення технологічної і виробничої дисциплін;
- охорона навколишнього середовища.

Техніка безпеки і заходи по охороні праці і промислової санітарії невід'ємно пов'язані з технологією. Зміна технологічних процесів і обладнання потребують вивчення їх з точки зору безпеки виробництва та вишукування відповідних шляхів, які усувають фактори, що приводять до нещасних випадків.

Основна задача в тому, щоб зробити працю на підприємстві чи об'єкті безпечною та здоровою. Виконання цієї задачі може бути забезпечено шляхом комплексної механізації виробничих процесів, більш повної їх автоматизації, досконалістю технологічних процесів, переходом від техніки безпеки до безпечної техніки, а також широкого впровадження на робочих місцях заходів по оздоровленню умов праці, техніки безпеки та наукової організації праці.

У повній відповідності з діючим законодавством на робочих місцях розробляються правила внутрішнього розпорядку і інструкції з техніки безпеки з

детальним вказівками профілактичних заходів, безпечних прийомів роботи для кожної професії і кожного виду робіт.

Контроль за дотриманням законодавства, а також за виконанням заходів по охороні праці на всіх робочих місцях покладається на органи державного та громадського нагляду. Функції держнагляду виконують технічні інспекції профспілок, Державний міський технагляд, Державна санітарна інспекція та інші.

Велику роль у створенні на підприємствах здорових та безпечних умов праці грають комісії та громадські інспектори по охороні праці. Ця комісія утворюється з числа членів профспілки – робочих, інженерно-технічних робітників і службовців та очолюється членом місцевого комітету підприємства.

Комісії повинні здійснювати: контроль над виконанням законодавства про працю, правил та інструкцій з техніки безпеки та промислової санітарії і над проведенням заходів по попередженню нещасних випадків на виробництві та по зниженню захворюваності. Контроль організації і якості інструктування та навчання працюючих безпечним прийомам роботи, а також своєчасного постачання їх спецодягом, спеціальним взуттям та індивідуальними засобами захисту.

Комісії сприяють впровадженню у виробництво більш сучасної технології, нової техніки, автоматизації і механізації виробничих процесів з метою ліквідування тяжких ручних робіт.

Існують номенклатурні заходи, які входять в план роботи підприємств та фірм: по попередженню нещасних випадків, захворювань та по загальному поліпшенню умов праці. Раціональне використання коштів що виділяються, на номенклатурні заходи сприяє зниженню числа виробничих нещасних випадків та полегшенню праці працюючих.

Гарна постановка навчання працюючих правилам техніки безпеки та безпечним методам праці значно сприяє боротьбі з нещасними випадками на робочих місцях. Управлінню та обслуговуванню технічними пристроями та засобами робочі повинні навчатися в навчальних закладах професійно-технічної освіти або на спеціальних курсах, які організують учбові комбінати.

На робочих місцях працівники проходять відповідний інструктаж, об'єм і зміст якого та термін стажування для робочих по кожній професії встановлює головний інженер. Інструктуванням передбачаються загальні питання безпеки, які встановлені у даній фірмі, і спеціальні питання техніки безпеки, які пов'язані з виконанням окремих видів робіт.

Всі робочі не менше одного разу на рік повинні проходити повторний інструктаж з техніки безпеки і підлягають перевірці знань комісією. При введенні нових технологічних процесів і методів праці, а також при введенні в дію нових правил і інструкцій з техніки безпеки робочі повинні пройти додаткове навчання і інструктаж. Результати всіх видів інструктажу перевірки знань працюючих при позитивній оцінці заносяться в картку інструктажу з техніки безпеки, яку підписують всі члени комісії і той, хто проходить інструктаж.

4.2 Розрахунок заземлення теплиці

Заземлення теплиць як правило здійснюють через каркасні труби. Також це можуть бути труби системи водопостачання, або спеціальні [20].

Опір протікання струму через одиночний заземлювач з труб діаметром 25...50 мм визначаємо по формулі:

$$R_{mp} = 0,9 \cdot (p / l_{mp}), \quad (4.1)$$

де p – питомий опір ґрунту, який вибирають в залежності від його типу, Ом·см (для піску значення складає 40000...70000, для суглинку – 4000...15000, для глини 800...7000, для чорнозему – 900...5300). Так як здебільшого ґрунт має структуру чорнозему, приймаємо середнє значення 3000 Ом·см;

l_{mp} – довжина труби, м.

$$R_{mp} = 0,9 \cdot \left(\frac{900}{3}\right) = 270 \text{ Ом.}$$

Далі визначаємо орієнтовну кількість вертикальних заземлювачів без врахування коефіцієнта екранування:

$$n = R_{mp} / r, \quad (4.2)$$

де r – допустимий опір заземлюючого пристрою, Ом.

$$n = 270 / 4 = 68 \text{ шт.}$$

Відповідно до Правил влаштування електроустановок (ПУЕ) на електричних пристроях напругою до 1000 В допустимий опір заземлюючого пристрою повинен бути не більше 4 Ом.

Розмістивши вертикальні заземлювачі на плані і визначивши відстань між ними, визначаємо коефіцієнт екранування заземлювачів (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Коефіцієнти екранування заземлювачів $\eta_{тр}$

Число труб (кутників)	Співвідношення відстані між трубами	$\eta_{тр}$	Співвідношення відстані між трубами	$\eta_{тр}$	Співвідношення відстані між трубами	$\eta_{тр}$
4	1	0,66-0,72	2	0,76-0,8	3	0,84-0,86
6	1	0,58-0,65	2	0,71-0,75	3	0,78-0,82
10	1	0,52-0,58	2	0,66-0,71	3	0,74-0,78
20	1	0,44-0,5	2	0,61-0,66	3	0,68-0,73
40	1	0,38-0,44	2	0,55-0,61	3	0,64-0,69
60	1	0,36-0,42	2	0,52-0,58	3	0,62-0,67

Число вертикальних заземлювачів з врахуванням коефіцієнта екранування визначаємо по формулі:

$$n_1 = n / \eta_{тр} \quad (4.3)$$

$$n_1 = 68 / 0,36 = 188 \text{ шт.}$$

Визначаємо довжину з'єднувальної смуги:

$$l_n = n \cdot a, \quad (4.4)$$

де a – відстань між заземлювачами:

$$a = \frac{2(a+b)}{n} = \frac{2(60+24)}{68} = 2,5 \text{ м.}$$

$$l_n = 188 \cdot 2,5 = 470 \text{ м.}$$

Після цього варто уточнити значення $\eta_{тр}$. Якщо $a / l_{тр} = 2,5 / 3 = 0,83$ що є менше 3, то приймаємо $\eta_{тр} = 1$.

Тепер обчислимо кількість вертикальних електродів та периметр заземлюючої смуги.

$$n_1 = 68 / 1 = 68 \text{ шт.}$$

$$l_n = 68 \cdot 2,5 = 170 \text{ м.}$$

Оскільки розрахункова довжина з'єднувальної смуги незначно більша за периметр будинку, то довжину з'єднувальної смуги необхідно прийняти рівною периметру будинку та доплюсувавши 12-16 м:

$$a_n = l_n + 12. \quad (4.5)$$

$$a_n = 170 + 12 = 182 \text{ м.}$$

Визначаємо опір розтікання електричного струму через з'єднувальну смугу:

$$R_n = 2,1 \cdot (p / l_n), \quad (4.6)$$

$$R_n = 2,1 \cdot \left(\frac{900}{182}\right) = 10,38 \text{ Ом.}$$

Визначаємо результуючий опір розтіканню струму всього заземлювального пристрою:

$$R_3 = \frac{R_{mp} R_n}{\eta_n R_{mp} + \eta_{mp} R_n n_1}, \quad (4.7)$$

де η_n - коефіцієнт екранування сполучної смуги, $\eta_n = 0,7$ (табл. 6.1).

$$R_3 = \frac{270 \cdot 10,38}{0,7 \cdot 270 + 1 \cdot 10,38 \cdot 68} = 3,1 \text{ Ом.}$$

Отриманий результуючий опір розтіканню струму всього заземлювального пристрою порівнюємо з допустимим.

На плані приміщення розташовуємо вертикальні заземлювачі та сполучну смугу.

Коефіцієнти екранування сполучної смуги заносимо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Коефіцієнти екранування сполучної смуги

Співвідношення відстані між заземлювачами до їх довжини	Число труб					
	4	8	10	20	30	40
1	0,45	0,36	0,27	0,24	0,24	0,21
2	0,55	0,43	0,32	0,30	0,30	0,28
3	0,70	0,60	0,45	0,41	0,41	0,37

4.3 Безпека життєдіяльності при електрифікації сільськогосподарських об'єктів

Електрифікація стала міцною базою переведення сільського господарства країни на індустріальну основу з використанням високопродуктивної техніки і засобів автоматизації.

Електрична енергія в сільськогосподарському виробництві застосовується повсюдно. Основна її частина перетворюється в механічну енергію в електроприводах стаціонарних і пересувних сільськогосподарських машин та знарядь. Вона у великих кількостях використовується для обігріву парників, підлог в тваринницьких приміщеннях, підігріву повітря в опалювально-вентиляційних установках і т. д [21].

Переваги електрики перед іншими видами енергії незаперечні. Але вона невидима, не має ні запаху, ні кольору, беззвучна і тому дуже небезпечна, особливо якщо не знати основних правил електробезпеки або, знаючи, порушувати їх. Безграмотність, недбалість і неухважність в поводженні з електроенергією, як на виробництві, так і в побуті, можуть призвести до нещасних випадків. Ось чому зараз, коли електрика знаходить повсюдне застосування в сільській місцевості, проблема навчання людей, які там проживають, правилам електробезпеки стає особливо актуальною.

Численні випадки травматизму, пов'язані з електричним струмом, бувають викликані різними причинами. Основні з них такі:

- порушення правил електробезпеки в охоронній зоні лінії електропередачі (ЛЕП);
- дотик до провідників, які опинилися під напругою;
- порушення правил електробезпеки при усуненні несправностей на підстанціях і в розподільних щитах, при експлуатації пересувних машин на токах і обладнання на тваринницьких фермах;
- експлуатація несправних зварювальних трансформаторів;
- відсутність заземлення (занулення) електроустаткування;
- порушення технології монтажу і демонтажу електроустановок;
- заміна електроламп під напругою;

-використання несправного інструменту і т. д.

Основні правила електробезпеки повинні знати, перш за все, електромонтери, механізатори, різноробочі - люди, що найчастіше мають справу з електричним струмом, а також представники інших професій, які пов'язані з ним безпосередньо або побічно [22].

За ступенем небезпеки ураження електричним струмом парники і теплиці категорії Б менш небезпечні, ніж категорії А, однак при їх обслуговуванні також необхідно суворо дотримуватися правил техніки безпеки. Перш ніж включити їх на електрообігрів, електромонтер зобов'язаний сповістити всіх працюючих в них про це і вивісити попереджувальний плакат «Під напругою! Небезпечно для життя».

Пристрої для автоматичного регулювання температури і вологості всередині споруд виконують на напрузі не вище 36 В. Рукоятки регуляторів для установки і зміни режимів, як правило, виготовляють з ізолюючих матеріалів. Змінювати режими автоматичного регулювання температури і вологості в теплицях і парниках можуть ті, хто їх обслуговують, але за умови, що вони пройшли інструктаж з електробезпеки під керівництвом електромонтера на робочому місці. Про проведення інструктажу записують в спеціальному журналі з обов'язковим розписом інструктували та особи, яка інструктує [23].

У електрифікованому парниково-тепличному господарстві повинні бути електрична схема всієї ділянки закритого ґрунту, інструкції по експлуатації та безпечного обслуговування електроустановок, а також комплект захисних засобів. Для виключення небезпеки ураження кроковою напругою забороняється виконувати будь-які зміни в схемах комутації електропарникового тепличного господарства без погодження з організацією, що має право змінювати схему.

ВИСНОВКИ

В результаті виконаної роботи, розроблено проект контролю та керування системою мікроклімату теплиці на базі мікроконтролера Овен 150.

Спроектована система контролю та керування мікрокліматом може бути використана в теплицях для вирощування рослин сільсько-господарського призначення.

Програмний код основної програми розроблено в програмному забезпеченні Codesys V2.3 та написано на мові програмування CFC. Для програмування панелі оператора використано програму Конфігуратор СП-200.

Для розробки проекту здійснено огляд та аналіз існуючих рішень для контролю та керування мікрокліматом теплиць. Проведено аналіз об'єкта автоматизації, велику увагу приділено підбору технічного оснащення всіх систем. Спроектовано алгоритм роботи основних систем, що відповідають за мікроклімат. Описано мнемосхему програми керування для ПЛК та панелі оператора.

Оператор має можливість як візуально спостерігати за основними параметрами автоматизованого процесу керування мікрокліматом, так і вносити зміни через сенсорну панель оператора.

Ключовими перевагами розробленої автоматизованої системи є її висока надійність завдяки використанню повноцінного ПЛК із захистом від коливань та зникнення струму, простота схеми та обладнання і невисока вартість в порівнянні з готовими комплектами для теплиць. Спроектована система є гнучкою та легко піддається масштабуванню. Це дозволяє легко налаштовувати її під індивідуальні вимоги для вирощування тих чи інших рослин та потреб замовника.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Курдюмов Н., Малишевський К., Розумна теплиця, Видавництво: Владіс, 2007.-19 с.
2. Сучасні теплиці і парники [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
3. <http://mexalib.com/read/486014>
4. Автоматизація технологічних процесів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://studopedia.ru/3_68128_lektsiya-avtomatizatsiya-tehnologicheskikhprotsessov.html
5. Схиртладзе, А.Г. Автоматизация технологических процессов: Учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, С.В. Бочкарев, А.Н. Лыков. - Старый Оскол: ТНТ, 2013. - 524 с.
6. Оснащення тепличних конструкцій [Електронний ресурс]. - Режим
7. доступу: <http://parnikiteplicy.ua/ustrojstvo/avtomatizaciya.html>
8. Автоматизація теплиць, квіткових господарств і оранжерей [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://poltraf.ua/publications/otrasli_promyshlennosti/avtomatizatsiya_teplics_oran_zherey/ 60 БР.44.03.04.139.2017
9. Технологічний комплекс для вирощування салату і зелених культур методом гідропоніки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://schetelig.ua/equipment-and-technology/salatnye-linii/salatnye-linii/>
10. Сучасна теплиця: автоматизована система [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<http://vseoteplicah.ru/instrumenty/avtomatizaciya-teplicy-svoimirukami.html>.
11. Автоматичне регулювання споживання теплової енергії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.aiss33.ua/other_fotos/auto_regulate.pdf/
12. Волошенко А.В. Проектирование функциональных схем систем автоматического контроля и регулирования: учебное пособие / А.В. Волошенко, Д.Б. Горбунов – Томск: И–во Томского политех. У-та, 2008. – 109 с.
13. Иванов, А.А. Автоматизация технологических процессов и производств:
14. Учебное пособие / А.А. Иванов. - Москва: Форум, 2012. - 224 с.
15. Emmanuel Solidakis, Nikolaos Konstantinou, Emily-Sirin Pashou, Anthi Papanikolaou and Nikolas Mitrou. A Decentralized Multi-Agent Ontology-Based System for Information Retrieval. 2005.

16. F. Bellifemine, G. Caire, T. Trucco, and G. Rimassa. JADE Programmer's Guide. Italy: CSELT SpA, 2:120–122, 2000.
- 13 Fabio Bellifemine, Giovanni Caire, and Dominic Greenwood. Developing Multi-Agent Systems with JADE. John Wiley & Sons Ltd., The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, 2007.
- 14 Fensel, D. Ontologies and Electronic Commerce. IEEE Intelligent Systems, January/February, 8, 2001.
- 15 Gardiner Tom. Automated Benchmarking of Description Logic Reasoners / Gardiner Tom, Ian Horrocks, Dmitry Tsarkov. - Description Logics Workshop 2006. – 8 с.
- 16 Hähnle, R. Tableaux and Related Methods. Handbook of Automated Reasoning / Hähnle, R. – Volume I. Elsevier science, 2001. – 277 с.
- 17 Hayes, P. OWL Web Ontology Language Semantics and Abstract Syntax / Hayes, P., Horrocks, I., Patel-Schneider, P.F. - W3C Recommendation, 10 February 2004. – 136 с.
- 18 Hayes-Roth F. - Building Expert Systems / Hayes-Roth F., Waterman D., Lenat D.- Addison-Wesley, 1983. – 254 с.
- 19 J. Becker, M. Kugeler, and M. Rosemann. Process Management: A Guide for the Design of Business Processes. Springer, 2003.
- 20 Kaczor K. Overview of Expert System Shells / Kaczor K., Szymon B., Grzegorz J. - Krakow, Poland: Institute of Automatics: AGH University of Science and Technology, Poland, 5 December 2010. – 334 с
- 21 M. Wooldridge and N.R. Jennings. Intelligent Agents: Theory and Practice. The Knowledge Engineering Review, 10(2):115–152, 1995.
- 22 Белогубова, Е. Н. Современное овощеводство закрытого и открытого грунта : учеб. пособие для аграр. учеб. заведений I-IV уровней аккредитации по спец. 1310 «Агрономия» / Е. Н. Белогубова, А. М. Васильев, Л. С. Гиль и др. – Житомир : ЧП «Рута», 2007. – 532 с.
- 23 Голуб Г.А. Микроклимат сооружений для выращивания грибов // Вестник аграрной науки. - 2003. - №10. - С. 46-49.