

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
Відділення «Інженерної інфраструктури та комп'ютерних наук»
Кафедра «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

До захисту допущено

завідувач кафедри

_____ І.В. Нездвєцька
“ ____ ” _____ 2024 р.

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної випускової роботи
освітньо-професійного ступеня “фаховий молодший бакалавр”
спеціальність 141 “*Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка*”

на тему: “ **Проект системи автоматичного забезпечення мікроклімату
виращування квітів в умовах закритого ґрунту** ”

Виконав: студент IV курсу, групи Е -41
спеціальності
141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”

_____ Гурин Р. Р.
Керівник роботи _____ к.т.н., доц. Нездвєцька І. В.

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Випускова кваліфікаційна робота «**Проект системи автоматичного забезпечення мікроклімату вирощування квітів в умовах закритого ґрунту**» складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка виконана на 64 сторінках формату А4, містить рисунки та таблиці. В роботі розроблено систему автоматичного управління мікроклімату теплиці за допомогою ПЛК, враховуючи параметри температури, вологості, освітленості та ергономічності.

Актуальність теми. За рахунок автоматизації технологічних процесів в тепличному господарстві можливо вирішення завдань підвищення продуктивності і покращення умов праці, підвищення якості і розширення асортименту продукції. Робота відрізняється реалізацією трьох контурів регулювання: одноконтурної системи регулювання концентрації вуглекислого газу, одноконтурної системи регулювання вологості повітря та каскадної системи регулювання температури повітря в теплиці.

Мета роботи Метою даної розробки є створення проекту автоматизації обладнання для забезпечення мікроклімату теплиці. Очікувані цілі реалізації цього проекту: підвищення ефективності управління; підвищення рівня безпеки, зниження аварійності; поліпшення умов праці персоналу; скорочення часу пошуку та усунення несправностей; зниження енергетичного навантаження.

Ключові слова: вологість, температура, вміст CO₂, програмований логічний контролер, система управління, алгоритм, регульований параметр.

					ДП 14.104.1029 ПЗ			
Змн.З	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Гурин Р.Р.					Літ.	Арк	Аркушів
Перевір.	Нездівецька І. В.							
Реценз.						ЖАТФК зр. Е-41		
Н. Контр.								
Затверд.	Лабрицев О.О.							

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ	4
2 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ	7
2.1 Регулювання температурного балансу в теплиці.	7
2.2 Регулювання концентрації вуглекислого газу.	9
2.3 Регулювання вологості.	11
3 ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІЙ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	14
4 ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ ДО ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	18
5 ОПИС ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧ- НОГО КОМПЛЕКСУ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	23
6. РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ.....	26
7. РОЗРАХУНКИ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІЙ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	31
8. ФОРМУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ	39
8.1 Функції нижнього рівня системи автоматизації	44
8.2 Ручне керування технологічним процесом.....	46
8.3 Функції верхнього рівня системи автоматизації	46
9. ОПИС ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПТКЗА	50
9.1 Опис ПЗ ПТКЗА локального рівня	50
9.2 Опис ПЗ для моніторингу.....	50
10 ПЕРЕВІРКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	54
ВИСНОВКИ	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	61

					ДП 14.104.1029 ПЗ		
Змн.З	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ		
Розроб.		Гурин Р.Р.					
Перевір.		Нездвєцька І. В.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Лавріщев О.О.					
					Літ.	Арк	Аркушів
					ЖАТФК зр. Е-41		

ВСТУП

Загальна світова тенденція розвитку тепличної галузі – скорочення обсягів закритого ґрунту з одночасним збільшенням обсягу виробництва. Цей тренд розвитку тепличної галузі можливий у зв'язку з повсюдним переходом до інтенсивних технологій та способів вирощування рослин у закритому ґрунті, використання нових конструкцій, матеріалів та енергозберігаючих технологій. Крім того, в умовах глобальної урбанізації, укрупнення міських конгломератів спостерігається збільшення дефіциту земель, придатних для аграрного виробництва та скорочення площ відкритого ґрунту. У таких умовах зниження виробництва плодоовочевої продукції відкритого ґрунту має бути компенсоване за рахунок збільшення обсягів вирощування в закритому ґрунті. Тенденція переходу до здорового та збалансованого харчування також призводить до збільшення ринкових потреб у екологічно чистій продукції, у тому числі і вирощеної в умовах закритого ґрунту.

Впровадження автоматизації на виробництві, в тому числі і в сільському господарстві, в першу чергу спрямоване на підвищення продуктивності і поліпшення умов праці, підвищення якості та розширення асортименту продукції. В даний час в сільськогосподарському виробництві використовуються складні і трудомісткі технології, що вимагає розробки комплексних систем автоматизації для цих підприємств. Впровадження передових технологій, механізація та автоматизація окремих виробничих процесів повинні гарантувати високу якість продукції, підвищити продуктивність праці, заощадити час і принести високі результати.

					ДП 14.104.1029 ПЗ			
Змн.3	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Гурин Р.Р.				ВСТУП	Літ.	Арк	Аркушів
Перевір.	Нездвєцька І. В.							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.	Лавріщев О.О.					ЖАТФК зр. Е-41		

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

Об'єктом, який пропонується для модернізації, є теплиця в якій вирощуються троянди. За габаритними розмірами (40х10х4,5м) об'єкт проектування відноситься до невеликих підприємств, де в промисловому об'ємі вирощуються рослини.

Відомо, що такі параметри мікроклімату як температура, концентрація вуглекислого газу та вологості суттєво впливають на швидкість проростання і визрівання рослин, тому саме ці параметри необхідно контролювати та регулювати особливим чином і з особливою точністю і надійністю.

Сучасна автоматизація теплиць – це складна система з різноманітним обладнанням, яке контролює температуру, світло і вологість, а також керує різними технічними процесами, необхідними для повноцінної та ефективної роботи такого виробництва. Як правило, тепличним обладнанням керують з центрального пункту, а комунікація з обладнанням для автоматизаційного керування технологічними параметрами і процесами здійснюється за допомогою кабелів або бездротових ліній зв'язку. Завдяки такій автоматизації теплиця відкриває фрамугу в потрібний час і на потрібну тривалість, вмикає систему вентиляції, зволожувач, системи освітлення і поливу та виконує інші завдання. Однак така автоматизація теплиць коштує дорого і може бути не рентабельною для невеликих виробничих потужностей.

Технологічна схема керування режимами температури та вологості повітря в теплиці наведена на рис.1.1

					ДП 14.104.1029 ПЗ			
Змн.З	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Гурин Р.Р.			ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ	Літ.	Арк	Аркушів
Перевір.		Нездвєцька І. В.						
Реценз.						ЖАТФК зр. Е-41		
Н. Контр.								
Затверд.		Лавріщев О.О.						

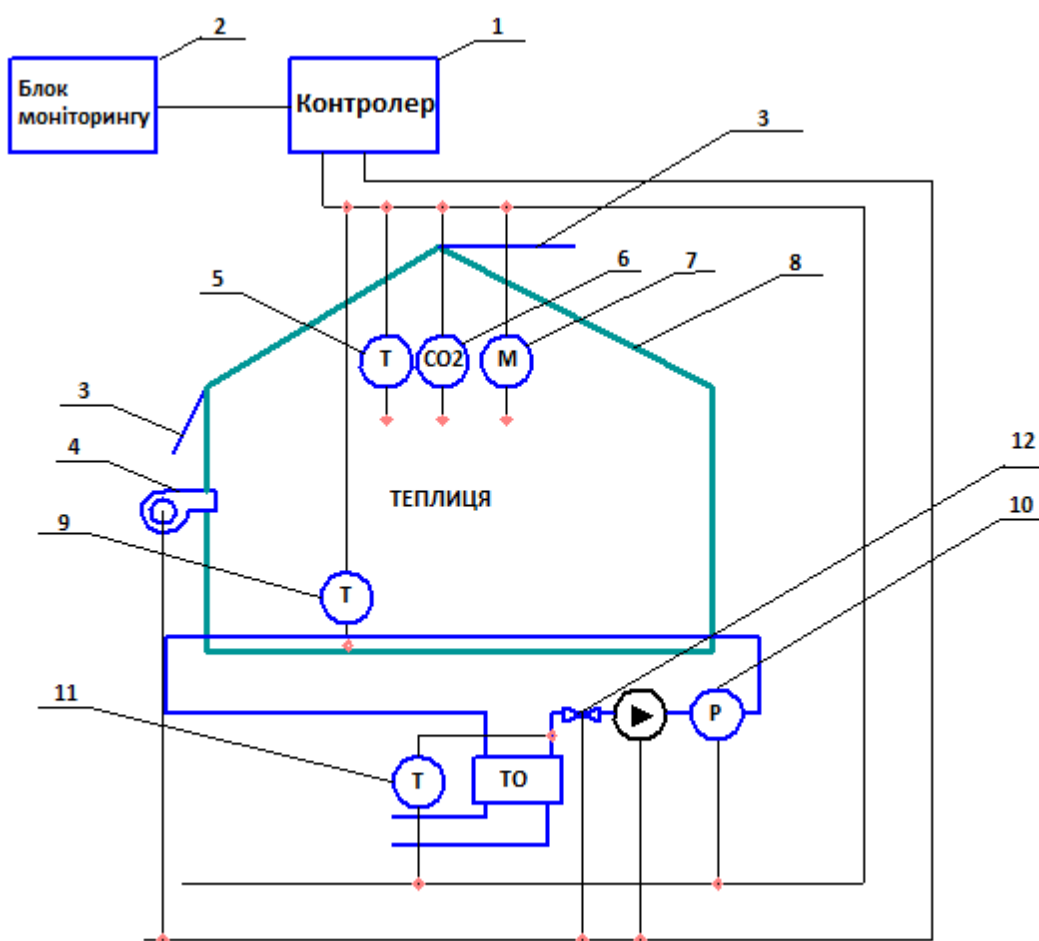


Рисунок 1.1 – Технологічна схема теплиці

Відомо, що вуглекислий газ, наряду з мінеральними і органічними добривами, поливом і температурним режимом, необхідний для проходження процесу фотосинтезу в рослинах. Деякі аграрії, акцентуючи увагу на ньому, прозвали його добривом. В деякій мірі його можна вважати більш важливим, ніж мінеральні добрива, оскільки він бере участь у синтезі сухої речовини рослин – лише 6% утворюється за допомогою мінеральних добрив. Крім того, він підвищує стійкість рослин до хвороб і шкідників [19]. Тому чимала увага приділяється організації контролю концентрації вуглекислого газу в теплиці.

Управління контролером 1 (рис. 1.1) відбувається через блок моніторингу 2 (рис. 1.1), який відстежує оператор. Підсистема датчиків повинна охопити:

- датчик температури повітря теплиці (5);
- датчик концентрації CO₂ (6);
- датчик вологості повітря теплиці (7);
- датчик температури ґрунту (9);
- датчик температури повітря після виходу з теплообмінника (11);
- вентилятор (4);
- механізм (кран) регулювання подачі води для обігріву ґрунту (12);
- фрамуги для регулювання температури та вологості(3);
- датчики перепаду тиску (10).

Майбутня система автоматизації повинна підтримувати температуру повітря всередині теплиці на рівні 22 °С, вологість – 70 %; температуру ґрунту 20 °С; концентрацію CO₂ – 400 ppm.

2 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ

2.1 Регулювання температури в теплиці

В даний час відомі наступні системи спалювання теплиць: газове опалення, опалення твердопаливним котлом, електричне опалення (електроопалення), інфрачервоне. Розглянемо кожну систему окремо, щоб з'ясувати, яка система є найбільш адаптованою для нашого випадку.

2.1.1 Газове опалення. Зазвичай такі генератори використовують для приватних будинків. Проте при обігріві теплиць таке опалення є також доволі розповсюдженим.

Нагрівальні елементи для повітряного опалення не потребують постійного технічного обслуговування, мають зручне управління. Більшість зразків таких елементів забезпечені регуляторами потужності та датчиками температури, завдяки яким змінюється потужність генератора тепла в залежності від температури навколишнього середовища.

Разом з тим, такі пристрої мають недоліки: необхідні системи видалення чадних газів; не всі об'єкти (теплиці) проходять повз газотрубопроводів, звідки можна протягнути газове відгалуження до них.

2.1.2 Парове опалення теплиць. Такі системи обігріву реалізуються за допомогою водяного контуру, що проходить вздовж теплиці і обігріває як ґрунт, так і повітря. Циркуляція води забезпечується за допомогою насосів, біля яких ставляться датчики перепаду тиску. Нагрівання води здійснюється в теплообміннику. Перевагою такої системи обігріву є те, що вода в закритих трубах не впливає на концентрацію вуглекислого газу в повітрі всередині теплиці.

					ДП 14.104.1029 ПЗ			
Змн.З	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Гурин Р.Р.			ОГЛЯД І АНАЛІЗ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ		Літ.	Арк
Перевір.		Нездівецька І. В.						Аркушів
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Лабріцев О.О.						
						ЖАТФК зр. Е-41		

2.1.3 Електричне опалення. Воно доволі просте в експлуатації. Перевагою є відсутність продуктів горіння в повітрі теплиці (не потрібен димар), мінімальні затрати людино-годин на технічне обслуговування, не потребує зайвої площі для розміщення в теплиці. Проте залежне від підключення до електромережі. Часті перебої в електропостачанні можуть порушити температурний режим в теплиці, а системи комутації та інше електрообладнання можуть вийти з ладу із-за несанкціонованих вимикань.

2.1.4 Вибір технічного рішення щодо методу опалення теплиці. Наразі найбільш відомі такі методи для опалення промислової теплиці:

1) Аналіз існуючих методів опалення показав, що найбільш раціональним методом для нашого випадку буде використання ґрунтового обігріву за допомогою подачі гарячої води, оскільки коріння троянд найбільш вимогливе до температурних режимів. Також система є безпечнішою, відносно газового та електричного опалення.

2.1.5 Управління обігрівом теплиці. Для автоматичного керування системою забезпечення мікроклімату, враховуючи техніко-економічні аргументи, нами обрано програмований контролер, в задачу якого входить збір і аналіз даних з датчиків і визначає температуру теплоносія за ступенем неузгодженості розрахункових і вимірних даних [4]. Система автоматизації повинна забезпечувати підтримку температури ґрунту на рівні 20 °С та температури повітря в межах 22 °С. Для цього потрібно регулювання надходження гарячої води до ґрунту. Щоб підвищити температуру, клапан відкривається, і навпаки, щоб знизити температуру, клапан закривається. Якщо температура повітря перевищує порогове значення, відкриваються вентиляційні жалюзі. Блок-схема системи регулювання температури наведена на рисунку 2.1.

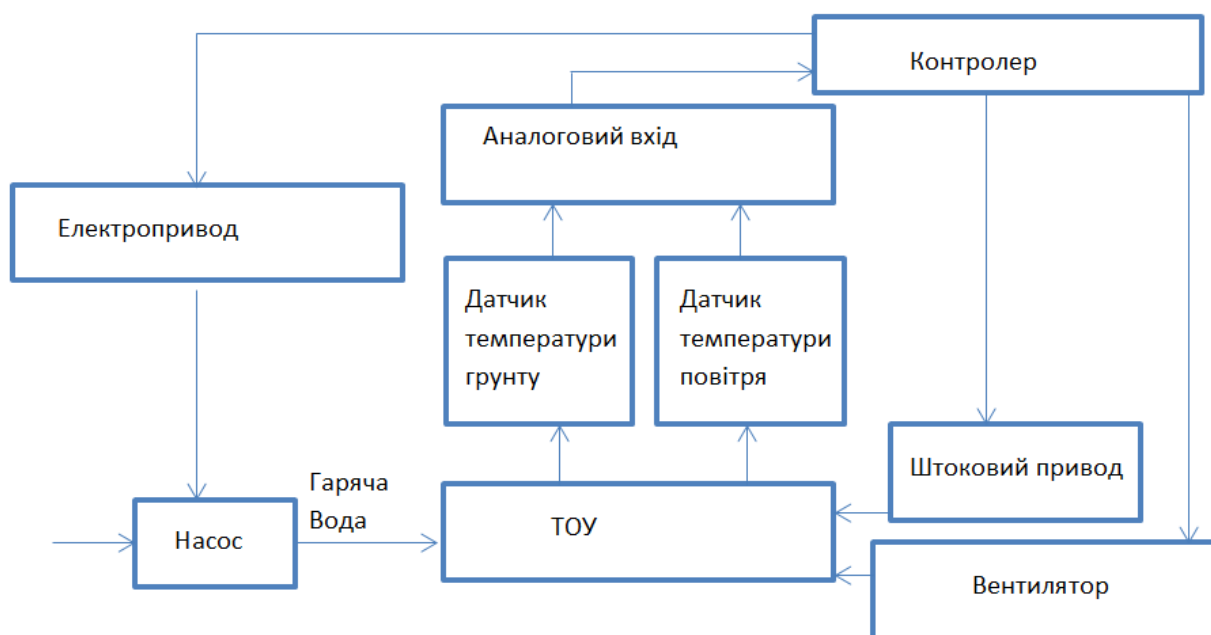


Рисунок 2.1 – Комбінована схема регулювання температури водяним клапаном та фрамугами

2.2 Регулювання концентрації вуглекислого газу

Відомо, що основним компонентом для процесу фотосинтезу в рослинах є CO_2 , від достатньої кількості якого залежить якість культур. Наразі відомі деякі технології генерації CO_2 при вирощування рослин в закритому ґрунті.

2.2.1 Випаровування «сухого льоду» є найпростішим рішенням. При цьому тверда вуглекислота («сухий лід») розкладається в теплицях для виділення необхідної кількості газу. Тверду вуглекислоту завозять в теплоізованих фургонх шматками по 25-35 кг, яку потім подрібнюють до близько 1 кг і розподілюють рівномірно по теплиці в ящики, які зазвичай встановлюються на стелажі або підвішуються на дротяні каркаси на висоті 1,7-2 м. Для насичення повітря вуглекислим газом до необхідної концентрації на 1 м³ теплиці витрачається 15-20 г сухого льоду. При підвищенні концентрації за задане критичне значення, відкриваються фрамуги з вентилятором, що дозволяє забезпечити допустиме значення концентрації.

3 ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІЙ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

АСР теплиці забезпечує функції контролю, регулювання, сигналізації, захисту та блокування. Для забезпечення нормального режиму роботи об'єкту керування необхідно забезпечити виконання таких функцій:

1. Функція контролю.

Контролю підлягають наступні технологічні параметри:

- Температура повітря та ґрунту (22, 20°C)
- Температура води після теплообмінника (40°C)
- Відносна вологість повітря (70%)
- Відносна концентрації вуглекислого газу (400ppm)
- Перепад тиску на насосах.

2. Функція регулювання

Регулюванню підлягають такі параметри теплиці:

- Температура повітря та ґрунту в теплиці
- Концентрація вуглекислого газу
- Вологість повітря

3. Функція сигналізації

У розробленій АСР передбачена технологічна сигналізація двох типів:

1. Попереджувальна, котра дає сигнал, якщо регульований параметр відрізняється від номінального значення, або виходить за межі номінального допустимого діапазону.
2. Аварійна, яка спрацьовує якщо регульований параметр досягає аварійного значення. Вона спрацьовує одночасно з автоматичним захистом. Технологічна сигналізація застосовується для оповіщення обслуговуючого персоналу у наступних випадках:

					ДП 14.104.1029 ПЗ		
Зм.З	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Гурин Р.Р.				Літ.	Арк
Перевір.		Нездівця І. В.					Аркушів
Реценз.							
Н. Контр.						ЖАТФК зр. Е-41	
Затверд.		Лавріщев О.О.					

4 ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ ДО ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ

Згідно з описом технологічного процесу та агротехнічних вимог до вирощування троянд необхідно визначити задачі програмно-технічного комплексу АСУ ТП теплиці:

- виконання функцій сигналізації, блокувань та технологічного захисту;
- контроль та регулювання основних технологічних параметрів;
- керування виконавчою апаратурою (ручне та автоматичне);
- зв'язок та обмін даними з верхнім рівнем АСУ ТП;
- реалізація функцій верхнього рівня АСУ ТП.

До програмно-технічного комплексу АСУ ТП теплиці ставляться наступні вимоги [11, 19]:

1. Вимоги щодо відповідності державним та міжнародним стандартам:

- Програмовані логічні контролери та супутнє обладнання повинні відповідати вимогам державного стандарту ДСТУ 4108-2002 «Контролери програмовані. Частина 2. Вимоги до обладнання та випробування», міжнародним аналогом якого є стандарт ІЕС 61131-2. Дані стандарти визначають вимоги щодо обслуговування, експлуатації, зберігання ПЛК та супутнього обладнання, а також вимоги щодо безпеки;
- Мови програмування ПЛК повинні відповідати вимогам стандарту ІЕС 61131-3;
- Також ПТКЗА повинен відповідати вимогам стандарту ДСТУ 3481-96 «Локальна мережа введення - виведення для розподілених автоматизованих систем керування. Загальні технічні вимоги».

					ДП 14.104.1029 ПЗ					
Змн.3	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Гурин Р.Р.			ФОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ			Літ.	Арк	Аркушів
Перевір.		Нездівцька І. В.								
Реценз.								ЖАТФК зр. Е-41		
Н. Контр.										
Затверд.		Лавріщев О.О.								

2. Вимоги до реалізації функцій автоматизації.

Функції автоматизації реалізуються за допомогою пристроїв вимірювання технічних параметрів, пристроїв контролю, які приймають сигнали від пристроїв вимірювання, пристроїв управління, які формують сигнали управління на основі отриманої інформації і перетворюють їх в керуючі впливи на робочий орган за допомогою виконавчих механізмів. Таким чином, якість функціональності системи автоматизації залежить від якості інформації, отриманої від вимірювальних пристроїв, можливості реалізації законів керування та якості виконавчих механізмів. Тому для якісної реалізації функціональності системи автоматизації в якості основи для нижнього рівня повинен бути обраний високоякісний вільно програмований контролер, який здатний реалізувати необхідні закони управління за допомогою операційної системи реального часу. Контролер повинен мати можливість підключення необхідної кількості аналогових і цифрових входів і виходів або необхідної кількості модулів вводу/виводу. Контролер також повинен мати максимально швидкий канал зв'язку з вищими рівнями системи автоматизації, щоб забезпечити своєчасне спрацювання технологічної сигналізації та оповіщення обслуговуючого персоналу. Повинно бути передбачено резервне копіювання цього каналу зв'язку. Всі датчики температури повинні мати допустиму похибку вимірювання, що не перевищує $\pm 0,2\%$. Максимально допустима похибка вимірювання вологості не повинна перевищувати $\pm 5\%$, а концентрації не повинна перевищувати $\pm 10\%$. Для реалізації функцій вищого рівня повинна бути впроваджена система SCADA, за допомогою якої можна відстежувати значення всіх параметрів процесу та їх зміни в часі, а також змінювати завдання контуру управління.

SCADA-система також повинна відображати повідомлення про аварійні ситуації та аварійні сигнали процесу і мати базу даних для архівування значень параметрів процесу, подій, аварійних сигналів та інцидентів.

3. Вимоги щодо забезпечення показників якості регулювання. В системі, що розробляється повинно бути реалізовано три контури регулювання для яких ставляться наступні вимоги [11, 19]:

Для формування звітів про різного роду спрацювання, зокрема захистів, блокувань та сигналізації, необхідно фіксувати час їх виникнення, відображати інформацію про оператора, що перебував в той момент на робочому місці. Також необхідно фіксувати значення технологічних параметрів, причини виникнення даних ситуацій, заходи, що були вжиті для нормалізації протікання технологічного процесу та час відновлення роботи обладнання.

6. Вимога своєчасного оповіщення персоналу про надзвичайні ситуації.

Персонал повинен бути сповіщений негайно після виникнення нештатної ситуації. Зокрема, він повинен бути сповіщений безпосередньо на робочому місці оператора за допомогою системи SCADA.

Чітко вказуйте операторам, що виникла нештатна ситуація.

7. Вимоги до управління обладнанням в ручному режимі .

Для реалізації можливості управління технологічним обладнанням в ручному режимі в шафі управління повинен бути встановлений блок ручного управління електроприводом регулюючої арматури, встановленої на технологічному трубопроводі. За допомогою блоку ручного керування оператор повинен мати можливість перемикати схему керування в ручний режим, відображати положення виконавчих механізмів, контролювати положення виконавчих механізмів і виконувати керуючі дії.

Ці пристрої повинні бути встановлені на панелі управління і бути легко доступними для оператора.

8. Вимоги до відображення інформації про хід технологічного процесу.

Інформація про хід технологічного процесу повинна відображатися у вікні мнемосхеми, що показує технологічне обладнання, значення всіх параметрів процесу, трубопровід і напрямок руху матеріальних потоків. Необхідно забезпечити відображення графіків зміни технологічних параметрів в реальному часі.

9. Вимоги щодо надійності системи автоматизації. Показником надійності технічного об'єкта є середнє напрацювання на відмову $T_{сер}$. Така умова є доволі жорсткою, оскільки при відмові інформаційної функції інформація безповоротно втрачається та при відновленні працездатності не може бути відновлена.

Вимоги до керуючої функції є найбільш жорсткими, тому її надійність характеризується середнім часом відновлення T_v .

Середнє напрацювання на відмову для всіх функцій $T_{сер}=20000$ год.
Середній час відновлення для керуючої функції $T_v \leq 4$ год . Коефіцієнт готовності для захисної функції 0,95 [19].

5 ОПИС ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Інформаційне забезпечення АСУ ТП включає системи класифікації та кодування техніко-економічної інформації, системи документації та масиви інформації, що використовуються в процесі експлуатації.

Інформаційне забезпечення включає вхідну інформацію, що характеризує поточний стан об'єкта управління. Вхідною інформацією є аналогові сигнали (уніфіковані та неуніфіковані) від датчиків, що вимірюють значення технічних параметрів [19].

Таблиця 5.1 – Вхідні сигнали

Інформаційний канал	Необхідна точність	Діапазон вимірювань	Функція сигналу	Тип сигналу
Температура повітря в теплиці	$\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-40\dots 180\text{ }^{\circ}\text{C}$	Контроль, сигналізація	Аналоговий уніфікований (4...20мА)
Температура ґрунту в теплиці	$\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-40\dots 180\text{ }^{\circ}\text{C}$	Контроль, сигналізація	Аналоговий уніфікований (4...20мА)
Температура води після теплообмінника	$\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-40\dots 180\text{ }^{\circ}\text{C}$	Контроль, сигналізація	Аналоговий уніфікований (4...20 мА)
Вологість повітря в теплиці	$\pm 5\text{ }\%$	$0\dots 100\text{ }\%$	Контроль, сигналізація	Аналоговий уніфікований (0...10В)
Концентрація CO_2	$\pm 50\text{ ppm}$	$0\dots 2000\text{ ppm}$	Контроль, сигналізація	Аналоговий уніфікований (4...20 мА)

					ДП 14.104.1029 ПЗ			
Змн.3	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Гурин Р.Р.				Літ.	Арк	Архувів
Перевір.		Нездівецька І. В.						
Реценз.						ЖАТФК зр. Е-41		
Н. Контр.								
Затверд.		Лаврищев О.О.						

6. РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Верхній рівень цієї АСУ - це рівень диспетчерського управління, а нижній - рівень локального управління та збору інформації. Системи локального управління реалізуються на базі програмованих контролерів, функція якого полягає у формуванні керуючих впливів відповідно до заданих законів керування. ПЛК отримує сигнали від датчиків через вхідні модулі. Частина цих сигналів використовується для виконання алгоритмів керування.

Для порівняння і вибору конкретного контролера, необхідно провести аналіз характеристик одних із найвідоміших представників цих пристроїв – OVEN PLC160-220-U-M, SIMATIC S7-1200 CPU 1215C та Advantech ADAM-5000E.

В якості програмно-апаратного комплексу для системи управління теплицею було обрано систему на базі обладнання Siemens. З аналізу інформаційних джерел походить, що в середньому інтервал між відмовами ПЛК Siemens S7-1200 складає 19 років, у порівнянні з 11,5 роками для ПЛК OVEN і 8 роками для ПЛК Advantech.

Швидкість логічних операцій Siemens S7-1200 становить менше 0,1 мкс, Advantech ADAM-5000E - менше 250 мкс, а OVEN PLC160-220-U-M - 0,1 мс. Швидка реакція на збурення прискорює генерацію керуючих сигналів і, відповідно, покращує якість керування.

					ДП 14.104.1029 ПЗ			
Змн.З	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Гурин Р.Р.						Літ.	Арк
Перевір.	Нездвєцька І. В.							Аркуші
Реценз.								
Н. Контр.							ЖАТФК зр. Е-41	
Затверд.	Лавріщев О.О.							

Довжина кабелю, не більше	
- екранований	500 м
- звичайний	150 м
Аналогові входи	
Кількість	2
Діапазон вимірювання вхідних сигналів	0..10 В
Точність перетворення	$\pm 3 \%$, при $t \ 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\pm 3,5 \%$ при $t \ 0...+55^{\circ}\text{C}$
Довжина екранованого кабелю	100 м, вита пара
Аналогові виходи	
Кількість	2
Точність перетворення	$\pm 3 \%$, при $t \ 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\pm 3,5\%$ при $t \ 0...+60^{\circ}\text{C}$
Тип вихідного сигналу	0..20 мА
Інтерфейси зв'язку	Вбудовані інтерфейси
Ethernet/PROFINET	Обмін даними через мережі Industrial Ethernet/
PROFINET/ PROFIBUS DP, PtP (Point-to-Point)	Протоколи TCP/IP, ISO, MODBUS TCP
Програмування	Середовище програмування STEP 7 от V11 SP2 + HSP

Таблиця 6.2 – Технічні характеристики модуля виводу аналогових сигналів SIMATIC SM 1232

Напруга живлення	SIMATIC SM 1232 =24 В постійного струму
Кількість виходів	4
Типи вихідних сигналів	0...20 мА, -10...10 В

Напруга живлення	SIMATIC SM 1232 =24 В постійного струму
Кількість виходів	4
Типи вихідних сигналів	0...20 мА, -10...10 В
Інтерфейс зв'язку	RS-485
Межа основної приведенної похибки, %	0,3
Вхідний опір при вимірюванні струму 0...20мА, 4...20мА, Ом	130-250
Вхідний опір в режимі вимірювання напруги 0...10В, кОм	Не менше 200

Як видно зі структурної схеми ПТКПА, нижньою елементною базою є контролер Siemens Simatic S7-1200. До аналогових входів контролера підключені датчик температури TSM102, датчик відносної вологості NSN-100, датчик концентрації CO₂ CO102, датчик перепаду тиску MBS 3000 та електропневматичний перетворювач EP5.

До аналогових виходів підключені частотні перетворювачі Siemens 6SL3210-5BE32-2UV0 і FC-51 Danfoss VLT, керовані сигналами 0-10 В, електроприводи водяних заслінок Verimo LMQ24A-SR і LMQ24A, блок ручного керування BRU-17 Блок управління BRU-17.

Лампочки для оптичних сигналів підключаються до дискретних виходів контролера.

Для розширення точок входу/виходу контролера використовуються додаткові модулі розширення:

- Модуль вводу аналогових сигналів;
- Модулі виводу аналогових сигналів;

Комунікаційний модуль (CM), сигнальний модуль (SM) і сигнальний модуль (S7-1200) підключаються до центрального процесора програмованого.

Плати вводу/виводу цифрових і аналогових сигналів (SB). Всі плати SB використовуються для введення і виведення цифрових і аналогових сигналів. Всі модулі встановлюються на профільну шину S7-1200 і закріплюються внутрішніми гвинтами; 4-канальний промисловий комутатор Ethernet (CSM 1277) і модуль живлення (PM 1207) використовуються разом.

Інтегрований інтерфейс зв'язку Profinet або Ethernet використовується для обміну даними контролера з вищими рівнями системи автоматизації.

Griggle встановлюється на профільну рейку S7-1200 і кріпиться вбудованими гвинтами; використовується в поєднанні з 4-канальним промисловим Ethernet-комутатором (CSM 1277) і силовим модулем (PM 1207).

Інтегрований інтерфейс зв'язку Profinet або Ethernet використовується для обміну даними контролера з вищими рівнями системи автоматизації.

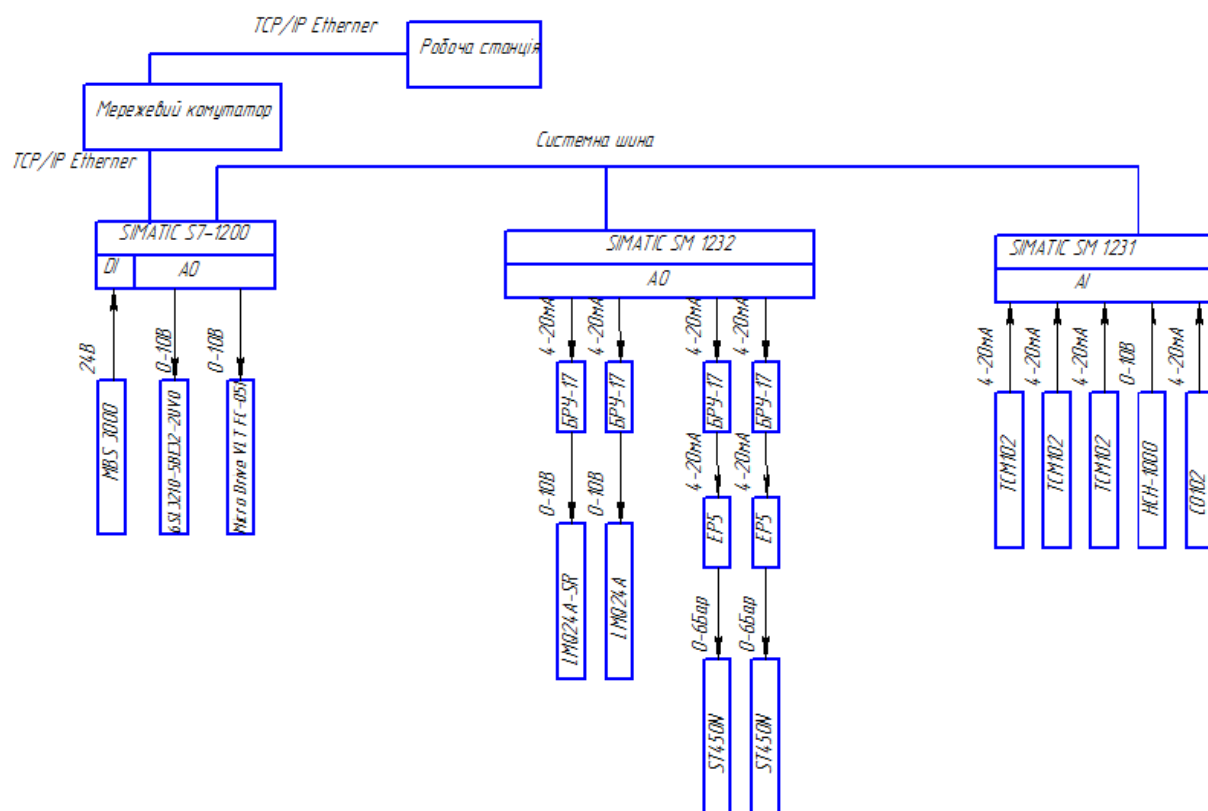


Рисунок 6.1 – Структурна схема ПТКЗА

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i, \quad (7.1)$$

де n – кількість елементів у структурній схемі надійності; λ_i – інтенсивність відмов для i -го елемента схеми; λ – загальна інтенсивність відмов.

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{\lambda}, \quad (7.2)$$

де $T_{\text{сер}}$ – середнє напрацювання на відмову для схеми; λ – загальна інтенсивність відмов.

$$P(\tau) = e^{-\lambda\tau}, \quad (7.3)$$

де P_b – ймовірність безвідмовної роботи за час τ ; λ – загальна інтенсивність відмов. Задаємо $\tau=720$ год.

Для керуючої функції вірогідність відновлення роботоздатності:

$$P_b(\tau) = 1 - e^{-\frac{T_{\text{доп}}}{T_b}} \quad (7.4)$$

де $T_b=2$ год – час відновлення роботи функції, $T_{\text{доп}}=4$ год ? допустимий час функціонування об'єкту при невиконанні керуючої функції.

Вірогідність безвідмовної роботи протягом одного місяця з урахуванням відновлення функції, що відмовляє:

$$P_c(\tau) = P_b(\tau) + P_b(\tau)(1 - P_b(\tau)) \quad (7.5)$$

Для захисної функції:

Коефіцієнт готовності:

$$K_{\text{гот}} = \frac{T_{\text{сп}}}{T_{\text{сп}} + T_b} \quad (7.6)$$

Вірогідність безвідмовної роботи при виконанні очікуваної задачі :

					ДП 14.104.1029 ПЗ	
						32

$$P_{0y}(\tau) = K_{\text{TOT}} P_6(\tau). \quad (7.7)$$

середнього напрацювання на відмову, сумарного потоку відмов та місячної ймовірності безвідмовної роботи.

Розглянемо структурну схему надійності інформаційної функції (рис. 7.1) і виконаємо необхідні розрахунки:

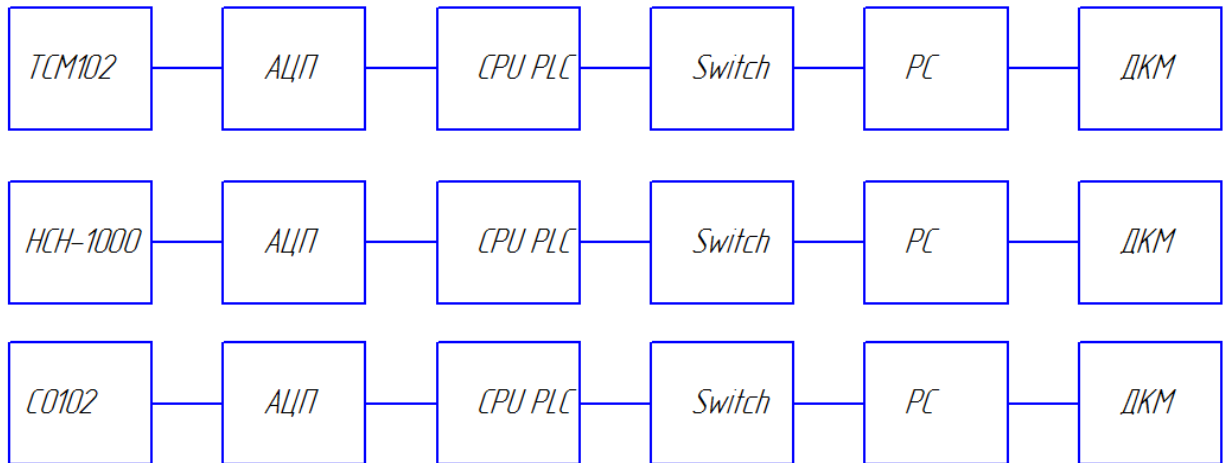


Рисунок 7.1 – Структурна схема надійності для інформаційної функції

1)Контур регулювання температури повітря:

$$\lambda = 25 + 1 + 1,9 + 25 + 6,7 + 11,4 = 71 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год}$$

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{71 \cdot 10^{-6}} = 14084 \text{ год}$$

$$P_{\text{інф}}(\tau) = e^{-71 \cdot 10^{-6} \cdot 720} = 0,9501$$

2)Контур регулювання вологості:

$$\lambda = 10 + 1 + 1,9 + 25 + 6,7 + 11,4 = 56 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год}$$

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{56 \cdot 10^{-6}} = 17857 \text{ год}$$

$$P_{\text{інф}}(\tau) = e^{-56 \cdot 10^{-6} \cdot 720} = 0,96$$

3)Контур регулювання концентрації CO₂:

$$\lambda=20+1+1,9+25+6,7+11,4=66 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год}$$

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{66 \cdot 10^{-6}} = 15150 \text{ год}$$

$$P_{\text{інф}}(\tau) = e^{-66 \cdot 10^{-6} \cdot 720} = 0,953$$

Розрахунок надійності функції керування. Для функції керування за формулами (7.1 - 7.5) розраховуються значення середнього напрацювання на відмову, сумарного потоку відмов, ймовірності безвідмовної роботи протягом одного місяця, ймовірності відновлення працездатності та ймовірності безвідмовної роботи протягом одного місяця з урахуванням відновлення функції, що відмовила.

Розглянемо блок-схему надійності функції управління (рис. 7.2) і виконаємо необхідні розрахунки:

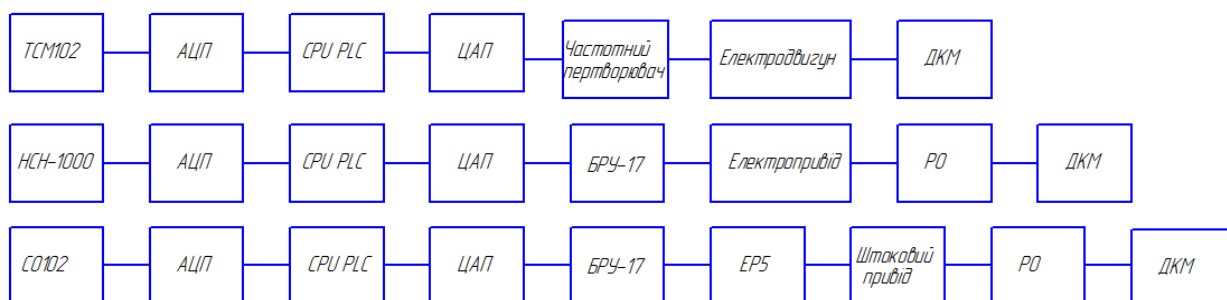


Рисунок 7.2 – Структурна схема надійності для функції керування

1)Контур регулювання температури повітря:

$$\lambda=25+1+1,9+1+15+52,6+11,4=107,9 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год}$$

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{107,9 \cdot 10^{-6}} = 92,67 \text{ год}$$

$$P_{\text{інф}}(\tau) = e^{-107,9 \cdot 10^{-6} \cdot 720} = 0,925$$

2)Контур регулювання вологості:

$$\lambda=10+1+1,9+1+50+75+63,4=213,7 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год}$$

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{213,7 \cdot 10^{-6}} = 4679 \text{ год}$$

$$P_{\text{інф}}(\tau) = e^{-213,7 \cdot 10^{-6} \cdot 720} = 0,857$$

3) Ко нтур регулювання концентрації CO₂:

$$\lambda=20+1+1,9+1+50+50+75+63,4+11,4=273,7 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год}$$

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{273,7 \cdot 10^{-6}} = 3653 \text{ год}$$

$$P_{\text{інф}}(\tau) = e^{-273,7 \cdot 10^{-6} \cdot 720} = 0,821.$$

Приймаємо середній час встановлення працездатності $T_{\text{в}} = 2$ год та допустимий час функціонування об'єкту при невиконанні функції керування $T_{\text{доп}} = 4$ год та визначимо ймовірність відновлення працездатності $P_{\text{в}}$ та ймовірність безвідмовної роботи $P_{\text{с}}(T)$ за період з припущенням можливості відновлення:

$$P_{\text{в}}(\tau) = 1 - e^{\frac{-4}{2}} = 0,865$$

$$1) P_{\text{с}}(\tau) = 0,925 + 0,865(1 - 0,925) = 0,989$$

$$2) P_{\text{с}}(\tau) = 0,857 + (1 - 0,857)0,865 = 0,98$$

$$3) P_{\text{с}}(\tau) = 0,821 + (1 - 0,821)0,865 = 0,9758$$

Розрахунок надійності функції сигналізації. Для захисних функцій за формулами (7.1 - 7.7) розраховується середній час міжвідмовного інтервалу, сумарна інтенсивність відмов, ймовірність відмови протягом одного місяця, ймовірність відновлення працездатності, ймовірність відмови протягом одного місяця, коефіцієнт готовності та ймовірність відмови при виконанні очікуваного завдання з урахуванням відновлення функції, яка відмовила:

Розглянемо структурну схему (рис. 7.3) надійності для функції сигналізації та здійснимо необхідні розрахунки.

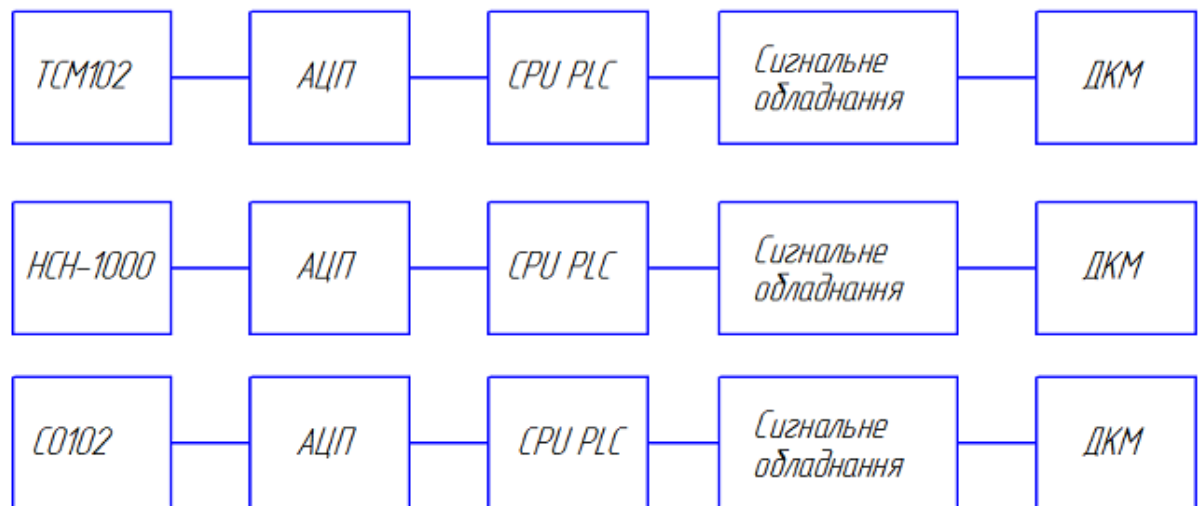


Рисунок 7.3 – Структурна схема надійності для функції сигналізації

1) Контур регулювання температури повітря.

$$\lambda = 25 \cdot 10^{-6} \cdot 1,9 \cdot 5 \cdot 11,4 = 44,3 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год}$$

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{44,3 \cdot 10^{-6}} = 22573 \text{ год}$$

$$P_6(\tau) = e^{-44,3 \cdot 10^{-6} \cdot \tau} = 0,968.$$

$$K_{\text{гот}} = \frac{22573}{22573 + 2} = 0,9999$$

$$P_{\text{оч}}(\tau) = 0,9999 \cdot 0,968 = 0,9679$$

2) Контур регулювання вологості:

$$\lambda = 10 \cdot 10^{-6} \cdot 1,9 \cdot 5 \cdot 11,4 = 29,3 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{29,3 \cdot 10^{-6}} = 34129 \text{ год.}$$

$$P_6(\tau) = e^{-29,3 \cdot 10^{-6} \cdot 720} = 0,979.$$

$$K_{\text{гот}} = \frac{34129}{34129 + 2} = 0,9999.$$

$$P_{оч}(\tau) = 0,9999 \cdot 0,979 = 0,9789.$$

3) Контур регулювання концентрації CO₂:

$$\lambda = 20 \cdot 10^{-6} \cdot 1,95 \cdot 10^4 = 49,3 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

$$T_{сер} = \frac{1}{49,3 \cdot 10^{-6}} = 20283 \text{ год.}$$

$$P_{с}(\tau) = e^{-49,3 \cdot 10^{-6} \cdot 720} = 0,965.$$

$$K_{гот} = \frac{20283}{20283+2} = 0,9999.$$

$$P_{оч}(\tau) = 0,9999 \cdot 0,965 = 0,9649.$$

Таблиця 7.2 – Рівень надійності функцій АСУ ТОУ

Функція	$\lambda \cdot 10^{-6}, \text{ 1/год}$			Tсер, год			P (τ)		
	Контур регулювання температури повітря	Контур регулювання вологості	Контур регулювання концентрації CO ₂	Контур регулювання температури повітря	Контур регулювання вологості	Контур регулювання концентрації CO ₂	Контур регулювання температури повітря	Контур регулювання вологості	Контур регулювання концентрації CO ₂
Регулююча	107,9	213,7	273,7	9267	4679	3653	0,925	0,857	0,821
Інформаційна	71	56	66	14084	17857	15150	0,9501	0,96	0,953
Захисна	44,3	23,9	49,3	22573	34129	20283	0,968	0,979	0,965

Рівень надійності виконання функцій АСК повинен відповідати наступним вимогам [13]:

Середнє напрацювання на відмову для усіх функцій $T_{сер} \geq 1000 \text{ год}$;

Середній час відновлення для регулюючої функції $T_B \geq 4 \text{ год}$;

Коефіцієнт готовності для захисної функції $K_{гот} > 0.998$.

За розрахунками ми отримали вірну нерівність :

$$P_{ксер}(\tau) \leq P_{інф}(\tau) \leq P_{зах}(\tau) .$$

8 ФОРМУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПТКЗА

Основою нижнього рівня системи автоматизації є контролер Siemens Simatic S7-1200. Для програмування контролера використовується середовище розробки Totally Integrated Automation Portal v13 або скорочено (TIA Portal v13).

Після встановлення необхідного ПЗ для програмування контролера, можна створювати програми користувача. TIA Portal пропонує зручне для користувача середовище розробки, щоб розробити логіку контролера, конфігурувати НМІ візуалізацію і налаштувати мережеві комунікації.

Пропонується два різних представлення проекту: орієнтований на завдання набір порталів, які організовані на функціональності інструментів (Portal view) або орієнтоване на проект представлення елементів в проекті (Project view), переключитися між представленнями Portal view і Project view, можна на будь-якій стадії розробки.

Завдяки наявності всіх цих компонентів в одному місці, ми маємо простий доступ до кожного аспекту проекту. Наприклад, вікно інспектора показує властивості і інформацію про об'єкт, який ми вибрали в робочій області.

Оскільки можуть бути обрані різні об'єкти, вікно інспектора виводить на екран властивості, які ми можемо налаштувати. Вікно інспектора містить вкладки, які дозволяють бачити діагностичну інформацію і інші повідомлення

					ДП 14.104.1029 ПЗ			
Змн.З	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Гурин Р.Р.				Літ.	Арк	Архувів
Перевір.		Нездівця І. В.						
Реценз.						ЖАТФК зр. Е-41		
Н. Контр.								
Затверд.		Лаврищев О.О.						

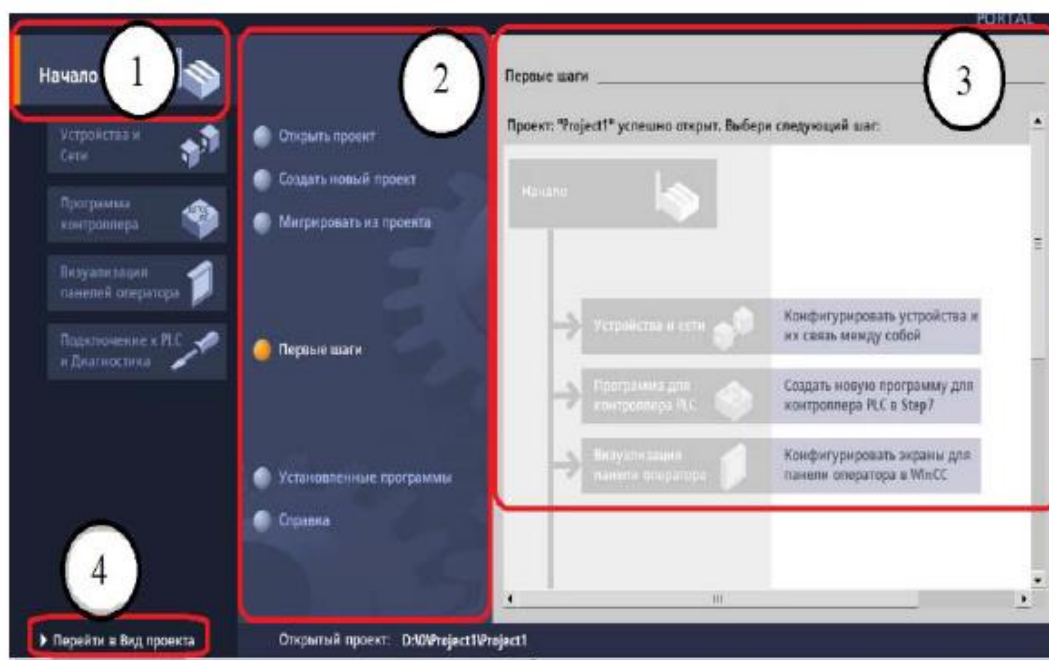


Рисунок 8.1 – Представлення у вигляді Portal view:

1 - портали для різних задач; 2 – задачі для вибраного порталу; 3 – панель вибору для обраної дії; 4 – перехід в Project view.



Рисунок 8.2 – Представлення у вигляді Project view:

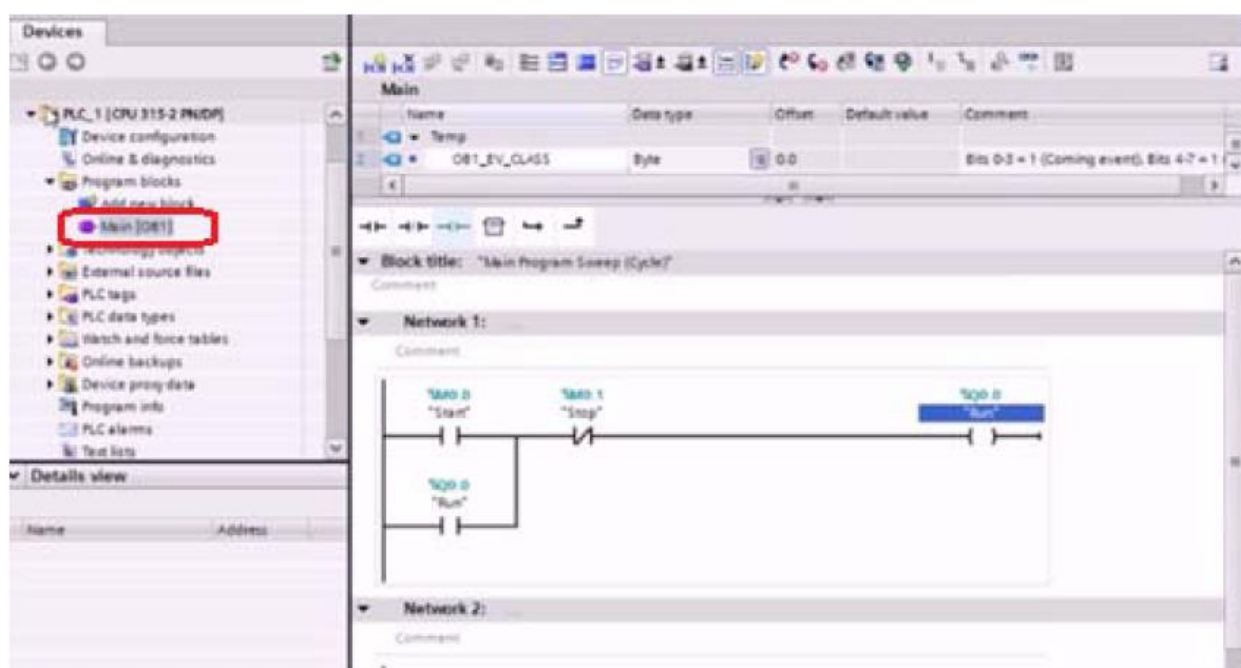
1 – меню і панель інструментів; 2 – навігатор проекту; 3 – робоча область; 4 – карти задач; 5 – вікно інспектора; 6 – перехід в Portal view; 7 – панель редактора.

Показуючи всі відкриті редактори, панель редактора допомагає працювати швидше та ефективніше. Щоб перемикатися між відкритими редакторами, просто натисніть на інший редактор. Ви також можете розташувати два редактори вертикально або горизонтально. Ця функція дозволяє перетягувати об'єкти між редакторами.

Щоб створити новий проект:

1. Після запуску програми обрати команду «Створити новий проект» задати ім'я та шлях розміщення в пам'яті нового проекту і натиснути кнопку «Створити». Додатково можна змінювати ім'я автора проекту та додавати коментарі, щодо проекту.
2. Далі необхідно перейти до вибору необхідної дії із запропонованого списку, серед яких: «Пристрої і мережі», «Програмування ПЛК», «Візуалізація панелей оператора», «Підключення до ПЛК й діагностування». В першу чергу необхідно обрати «Пристрої і мережі» і додати контролер та набір модулів підібраних для розширення кількості аналогових та дискретних входів/виходів, що доступні у модулі CPU. У разі обрання будь-якого іншого меню зі списку, програма також запропонує обрати в першу чергу необхідні пристрої.
3. Після додавання пристрою відкривається головне вікно робочої області ТІА Portal (рис. 8.1). З лівого боку знаходиться дерево проекту, де можна перемикатися між такими вкладками, як «Конфігурація», «Програмування» та «Відображення». У правій частині екрана знаходяться різні допоміжні вкладки, такі як Tasks (Завдання), Libraries (Бібліотеки) і Device Sets (Набори пристроїв), які полегшують процес пошуку необхідного компонента в проекті.
4. Якщо необхідно змінити параметри пристрою, потрібно двічі клацнути на пристрої лівою кнопкою миші (ЛКМ) в меню "Параметри пристрою" дерева проекту і в меню, що з'явилося, встановити властивості вибраного пристрою.

6. Програму, що буде записана в контролер для виконання, необхідно перенести у блок Main (рис 8.3).

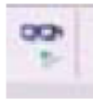


7. Наступним кроком є збереження налаштувань, компілювання та завантаження програми в ПЛК. Для цього необхідно натиснути на відповідний значок в панелі інструментів . У наступному вікні обрати тип підключення та просканувати доступні для підключення пристрої. Обравши потрібний пристрій зі списку, натиснути кнопку завантажити.

8. Для спостереження стану змінних у проекті, необхідно натиснути на значок



, що знаходиться у верхній частині екрану, або створити Watchtable у

дереві проекту, додати потрібні змінні та натиснути .

Встановлення зв'язку контролера з верхнім рівнем автоматизації по інтерфейсу Ethernet:

Для встановлення з'єднання з необхідним Siemens Simatic s7-1200, потрібно встановити наступні обов'язкові параметри підключення:

1. Тип підключення (PN/IE), скорочено від назви протоколу та інтерфейсу Profinet/Ethernet.
2. Обрати зі списку мережеву карту комп'ютера.

Наступним кроком буде пошук пристроїв, які можна підключити. На рисунку 8.3 виділено вікно з інформацією про пристрої, що підключаються. Після вибору потрібного пристрою можна перевірити зв'язок з комп'ютером, поставивши галочку напроти команди "Блимати світлодіодом". У разі успішного встановлення зв'язку світлодіодний індикатор на контролері буде блимати протягом певного часу.

Налаштувавши з'єднання необхідно натиснути клавішу "Go online"(рис 8.4.).

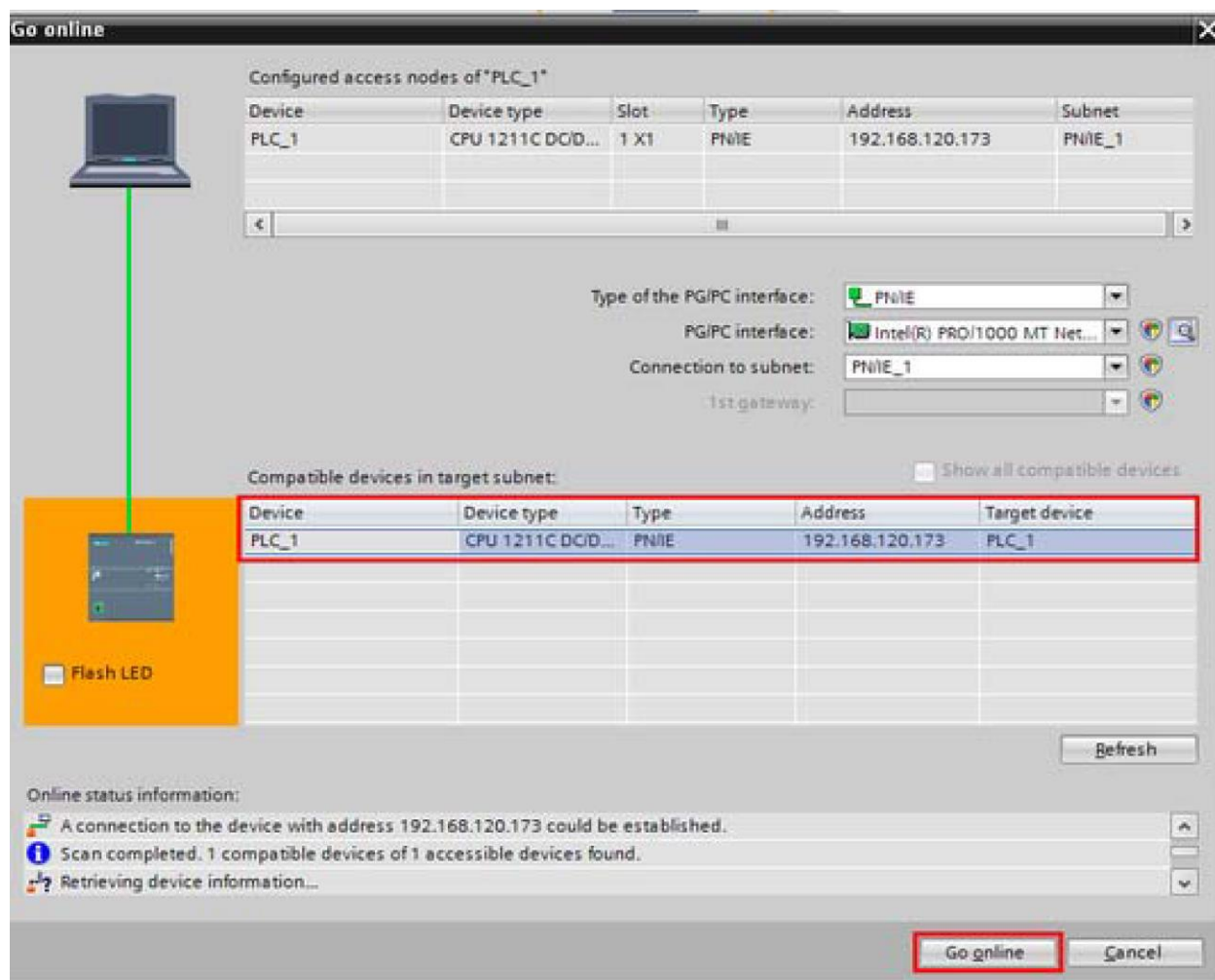


Рисунок 8.4 – Налаштування зв'язку з верхнім рівнем автоматизації

8.1 Функції нижнього рівня системи автоматизації

Реалізація регулювання вологості:

- Значення вологості вимірюється датчиком відносної вологості повітря HCN-1000 з уніфікованим виходом 0-10 В.
- Струмний сигнал від датчика надходить на контролер через аналоговий вхід модуля Simatic SM1231.
- В контролері реалізована одноконтурна схема управління. Для регулювання використовується – ПІ-регулятор.
- Контролер видає керуючий сигнал 0..10В через аналоговий вихід модуля Simatic SM1232 .

- Аналоговий сигнал, що проходить через блок управління БРУ-17 поступає на виконавчий механізм.
- Виконавчий механізм LMQ24A-SR приймає сигнал 0..10В і в залежності від нього переміщує шток запірно-регулюючого клапану, що регулює подачу води в теплицю.
- Реалізація регулювання концентрації вуглекислого газу :
- Значення концентрації газу вимірюється за допомогою датчика CO102 з уніфікованим виходом 4-20 мА.
- Струмний сигнал від датчика надходить на контролер через аналоговий вхід модуля Simatic SM1231.
- В контролері реалізована одноконтурна схема управління. Для регулювання обрано ПІ-алгоритм регулювання.
- Контролер видає керуючий сигнал 4...20А через аналоговий вихід модуля Simatic SM1232.
- Аналоговий сигнал, що проходять через блок управління БРУ-17 поступає на електропневмоперетворювач.
- Електропневмоперетворювач видає пневмосигнал 0...6 бар, який передається на штоковий привід.
- Штоковий привід приймає сигнал, і в залежності від нього регулює положення фрамуги.
- Реалізація регулювання температури в робочій зоні:
- Значення тиску в робочій зоні вимірюється термометром опору ТСМ102 з уніфікованим виходом 4-20 мА.
- Струмний сигнал від датчика надходить на вхід модуля Simatic SM1231.
- В контролері реалізована каскадна схема управління. Для регулювання тиску обрано ПІ-алгоритм регулювання.
- Контролер видає керуючий сигнал 0..10 В на свій аналоговий вихід ? Аналоговий сигнал 0-10 В, надходить на частотний перетворювач Siemens 6SL3210-5BE32-2UV0, який в свою чергу змінює потужність

насосу ALPHA2 32-40 180 в трубопроводі.

8.2 Ручне керування технологічним процесом

Для регулювання вологості в теплиці, концентрації вуглекислого газу використовуються блоки ручного керування БРУ-17 для керування електроприводами LMQ24A-SR та частотним перетворювачем 6SL3210-5BE32-2UV0.

8.3 Функції верхнього рівня системи автоматизації

SCADA система для обраного контролера фірми Siemens, розробляється у програмі WinCC. Вона використовується для візуалізації процесу і розробки графічного інтерфейсу оператора.

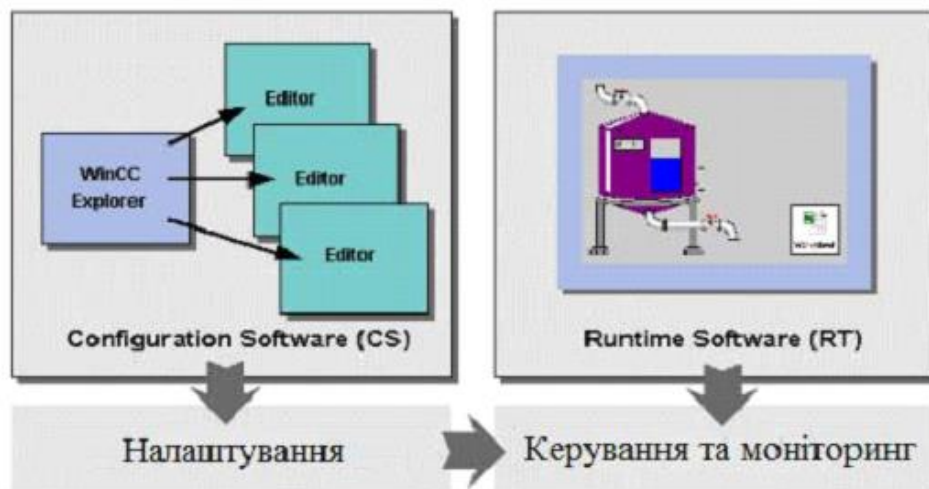
Для забезпечення контролю над всім процесом встановлюється з одного боку зв'язок між WinCC і оператором, а з іншого боку - між системою автоматизації і WinCC.

- WinCC дозволяє оператору стежити за процесом, процес відображається на екрані графічно, при цьому відображення оновлюється при кожній зміні стану процесу.
- WinCC забезпечує управління процесом з боку оператора. Наприклад, оператор може задавати значення уставок або задавати положення виконавчого механізму за допомогою графічного інтерфейсу.
- Система аварійних повідомлень автоматично сповістить про критичний стан процесу.

Якщо, наприклад, перевищено заздалегідь задане граничне значення, то на екрані з'явиться повідомлення про це.

- У WinCC значення процесу можуть бути роздруковані або збережені в електронний вигляд. Це полегшує процес документування процесу і дозволяє аналізувати технологічні дані пізніше.

Структура WinCC WinCC - це модульна система. Основними компонентами є Configuration Software [Система проектування] (CS) і Runtime Software (RT) [Система виконання].



У WinCC певні конфігураційні дії доповнюють вже пройдені етапи конфігурації. Тому деякі кроки конфігурації можуть бути виконані тільки після того, як пройдені інші конфігураційні кроки.

Далі представлена послідовність етапів конфігурації.



Для створення проектів рекомендовано використовувати редактор системи проектування. Усі редактори WinCC зберігають інформацію про проект у базі даних конфігурації (CS database). Під час виконання, інформація про проект зчитується з бази даних конфігурації системою виконання і проект виконується. Поточні дані проекту зберігаються у базі даних часу виконання (БДВ).

Графічна система відображає мнемосхему на екрані. Можливий зворотний зв'язок, і графічна система організовує введення даних оператором, наприклад, шляхом натискання кнопок або введення значень безпосередньо в поля введення.

Зв'язок між WinCC і системою автоматизації організовується за допомогою комунікаційних драйверів або "каналів". Канали збирають інформацію про значення процесу, запитувану компонентами часу виконання, зчитують значення тегів процесу з системи автоматизації та записують нові значення в компоненти автоматизації за необхідності.

Система архівування зберігає значення процесу в архіві значень процесу. Архів значень процесу можна використовувати, наприклад, у таблицях в онлайн-контролі трендів або онлайн-контролі таблиць для відображення змін значень у тренді.

Окремі значення можна контролювати за допомогою реєстрації аварійних сигналів. У разі перевищення порогових значень система реєстрації аварійних сигналів генерує повідомлення, яке відображається в системі керування аварійною сигналізацією. Система сповіщень також контролює

Система стежить за кольором повідомлень і керує їхнім статусом. Система реєстрації тривоги зберігає всі тривоги в архіві тривоги. Сюди входять тривоги про підвищену або знижену температуру повітря та ґрунту, концентрацію CO₂ та вологість.

Процеси документуються системою звітності за запитом або у визначений час. Для цього використовуються архіви значень процесів і

архів повідомлень Додаткову інформацію про редактор WinCC та комунікацію в WinCC можна знайти в розділі "Інформаційна система WinCC". Для реалізації функцій ручного керування в SCADA-системі передбачені кнопки перемикання режиму керування (ручний/автоматичний) для всіх каналів керування. Перехід в режим "Ручний" дозволяє оператору вручну задавати положення виконавчих механізмів і налаштовувати параметри об'єкта. Оператор може вручну задавати положення виконавчого механізму і налаштовувати параметри об'єкта. Зміна положення виконавчого механізму здійснюється за допомогою відповідного вікна для введення значень від 0 до 100% з клавіатури.

У ручному режимі передбачено алгоритм перевірки некоректного введення, наприклад, не можна встановити значення, яке не входить до поточного діапазону параметрів.

9 ОПИС ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПТКЗА

9.1 Опис ПЗ ПТКЗА локального рівня

Локальний рівень системи управління теплицею забезпечує функції контролю, регулювання, сигналізації, захисту та блокування.

Програмне забезпечення локального рівня системи управління забезпечує контроль температури повітря, концентрації CO₂ і вологості повітря в теплиці.

До складу блоку "Головна організація" входять блоки "Перетворення", "Блокування" та "Сигналізація_теплиця". Блок "Convert" відповідає за масштабування вхідних та вихідних значень. Alarms_tep1" реалізує функцію аварійної сигналізації системи управління теплицею. "Blocking" реалізує функцію блокування системи керування.

Організаційний блок "Циклічне переривання" [ОВ30], який працює циклічно і виконується кожні 100 мс, реалізує контроль температури повітря, концентрації CO₂ і вологості повітря в теплиці.

9.2 Опис програмного забезпечення для моніторингу

Програмне забезпечення вищого рівня системи автоматизації надається у вигляді SCADA-програми, яка включає наступні розроблені вікна: стартове вікно, мнемосхему, аварійні сигнали, тренди та налаштування.

У стартовому вікні клієнт проходить авторизацію та переходить до іншого вікна (рис. 9.1).

					ДП 14.104.1029 ПЗ			
Змн.З	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Гурин Р.Р.					Літ.	Арк	Аркушів
Перевір.	Нездівцька І. В.							
Реценз.						ЖАТФК зр. Е-41		
Н. Контр.								
Затверд.	Лаврищев О.О.							



Рисунок 9.1 – Стартове вікно

Кнопки передбачено для переходу між вікнами системи. Натиснувши на кнопку «Мнемосхема_____» відкривається нове вікно(рис. 9.2), на якому зображений об'єкт.

На вікні знаходиться кнопки повернення на стартове вікно та кнопка «Налаштування». При натисненні на неї відкривається вікно «Налаштування» (рис. 9.3).

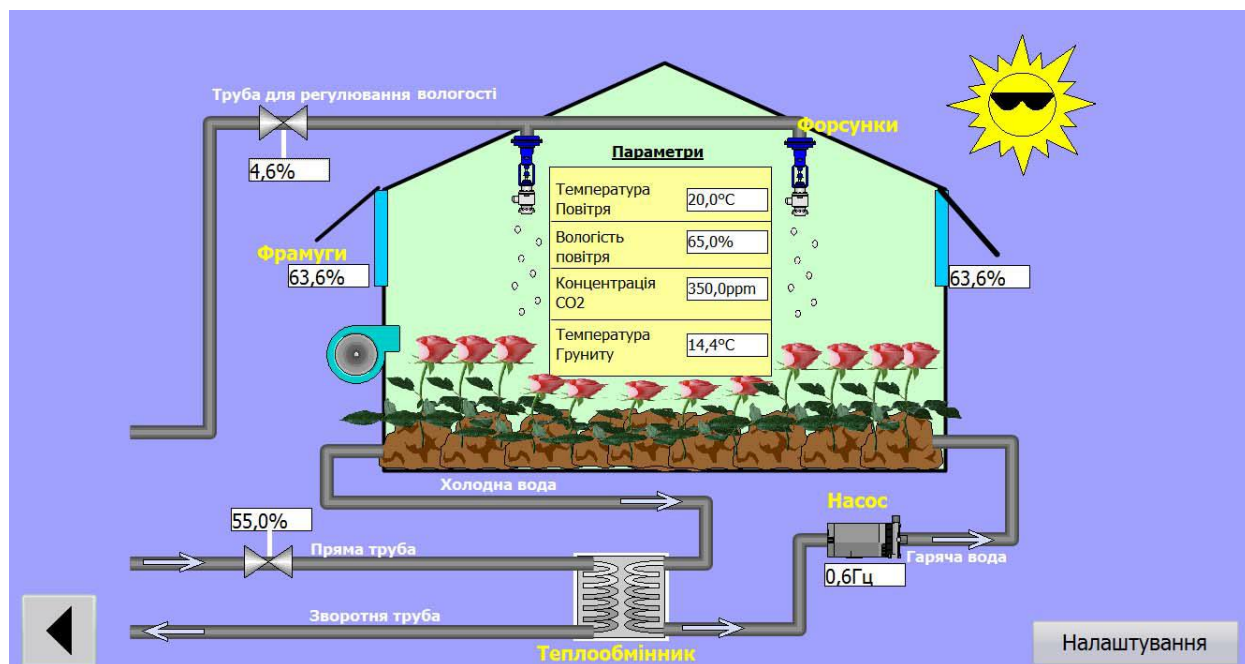


Рисунок 9.2 – Вікно «Мнемосхема»

Температура повітря в теплиці

Частота обертів	1Гц	Ручний/Автомат	
Завдання температури	20,0°C		
Стабілізуючий регулятор :	Кп 5,0	Ти 20,0	
Коригуючий регулятора :	Кп 1,0	Ти 20,0	

Вологість повітря в теплиці

Положення ВМ	5,2%	Ручний/Автомат	
Завдання вологості	+65,0%		
Налаштування регулятора :	Кп 1,0	Ти 20,0	

Концентрація вуглекислого газу

Положення ВМ	80,0%	Ручний/Автомат	
Завдання концентрації	350ppm		
Налаштування регулятора :	Кп 7,5	Ти 15,0	
		Завдання положення ВМ у ручному режимі	80%

Рисунок 9.3 – Вікно «Налаштування»

В вікні «Налаштування» здійснюється перехід між режимами роботи регулятора Ручний/Автомат. Також маємо змогу задавати значення параметрів регуляторів, положення ВМ.

При натисненні кнопки «Аларми» переходимо в вікно сигналізації, де відображаються аларми реального часу, до яких входять вихід за межі таких параметрів: температура повітря і ґрунту, концентрація CO₂ та вологість повітря в теплиці (рис. 9.4).

WinCC Alarm Control			
	Date	Time	Alarm text
1	17/06/17	09:15:31 PM	Критичне зниження концентрації
2	17/06/17	09:14:06 PM	Критичне зниження вологості
3	17/06/17	09:07:56 PM	Критичне перевищення температури ґрунту
4	17/06/17	09:07:56 PM	Критичне перевищення температури повітря
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			

Ready Pending: 4 To acknowledge: 4 Hidden 0 List: 4 9:18:13 PM

Рисунок 9.4 – Вікно сигналізації

При натисненні кнопки «Тренди» відображається вікно з перехідними процесами кожного контуру регулювання (рис. 9. 5).



Рисунок 9.5 – Вікно трендів

Робоча станція та контролер локально з'єднуються за допомогою PN/IE зв'язку. Інтерфейс зв'язку – Ethernet, а протокол передачі даних – Profinet.

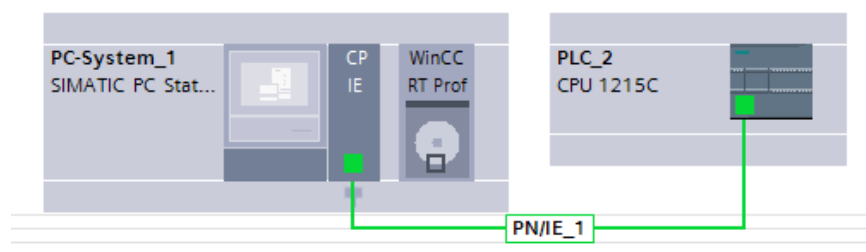


Рисунок 9.6 – Локальне з'єднання контролера з робочою станцією

Для доступу WinCC до даних контролера необхідно створити з'єднання HMI Connection між ними.

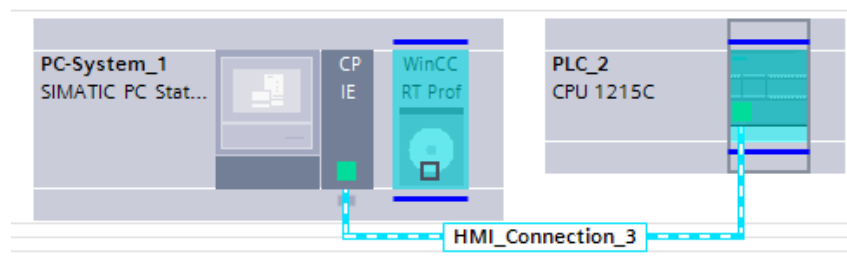


Рисунок 9.7 – HMI Connection

10 ПЕРЕВІРКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Для тестування симуляції цього об'єкта в середовищі порталу ТІА було створено блоки для контролю температури, концентрації вуглекислого газу та вологості.

Модель являє собою ациклічну ланку першого порядку, інтегральну ланку та ланку з транспортним запізненням.

Температура повітря: $W = \frac{36}{95p+1} e^{-1p}$.

Вологість повітря: $W = \frac{14}{40p+1} e^{-3p}$.

Концентрація CO₂: $W = \frac{5,5}{50p} e^{-5p}$.

Всі об'єкти реалізовані в окремих блоках, виходи яких під'єднані до відповідних регуляторів. На вхід об'єкта подається сигнал про положення ВМ, від зміни цього значення об'єкт змінює свій вихідний параметр, за яким працює весь контур регулювання.

Розглянемо контур регулювання вологості повітря (рис. 10.1).

```
//Регулятор вологості в теплиці
PID_Compact_5 (Setpoint:="tep_reg".Hum_sp,
               Input:="tep_reg".Hum_in,
               ManualEnable:= "tep_reg".Hum_man_on,
               ManualValue:="tep_reg".Hum_man,
               Output=>"tep_reg".Hum_out);

AP_1_DB_4 (Input:="tep_reg".Hum_out,
           K:=14.0,
           T:=40);

Delay_DB_5 (In:="AP_1_DB_4".Out,
            Time_delay:=T#3ms,
            h:=100.0);

"tep_reg".Hum_in := "Delay_DB_5".Out;
```

Рисунок 10.1 – Регулювання вологості повітря

					ДП 14.104.1029 ПЗ			
Змн.З	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Гурин Р.Р.					Літ.	Арк	Аркушів
Перевір.	Нездівцька І. В.							
Реценз.						ЖАТФК зр. Е-41		
Н. Контр.								
Затверд.	Лаврищев О.О.							

Сигнал "Тер_reg".Hum_in йде на вхід ПІ-регулятора, що порівнює його з завданням "Тер_reg".Hum_sp та видає сигнал "Тер_reg".Hum_out на об'єкт. Контур регулювання температури повітря (рис. 10.2).

Сигнал "ter_reg".T_pov_in йде на вхід стабілізуючого регулятора, що порівнює його з завданням "ter_reg".T_pov_sp. Видає сигнал "ter_reg".T_pov_out_1 як завдання коригуючого регулятора, який порівнює його з сигналом "ter_reg".T_grunt з внутрішнього об'єкта. Сигнал коригуючого регулятора "ter_reg".T_pov_out йде на об'єкт по температурі повітря, далі на об'єкт по температурі ґрунту.

```
//Регулятор температури повітря в теплиці
PID_Compact_7 (Setpoint:="ter_reg".T_pov_sp,
               Input:="ter_reg".T_pov_in,
               ManualEnable:= "ter_reg".T_man_on,
               ManualValue:="ter_reg".T_man,
               Output=>"ter_reg".T_pov_out1);

//Регулятор температури ґрунту в теплиці
PID_Compact_8 (Setpoint:="ter_reg".T_pov_out1,
               Input:="ter_reg".T_grunt,
               ManualEnable:= "ter_reg".T_man_on,
               ManualValue:="ter_reg".T_man,
               Output=>"ter_reg".T_pov_out);

"AP_1_DB_5" (Input:="ter_reg".T_pov_out,
             K:=36.0,
             T:=95.0);
"Delay_DB_6" (In:="AP_1_DB_5".Out,
             Time_delay:=T#1ms,
             h:=100.0);
"ter_reg".T_grunt := "Delay_DB_6".Out;

"AP_1_DB_6" (Input:="ter_reg".T_grunt,
             K:=0.9,
             T:=3.0);

"Delay_DB_7" (In:="AP_1_DB_6".Out,
             Time_delay:=T#4ms,
             h:=100.0);

"ter_reg".T_pov_in := "Delay_DB_7".Out;
```

Рисунок 10.2 – Регулювання температури

Контур регулювання концентрації CO₂ (рис. 10.3).

```
//Регулятор концентрації вуглекислого газу в теплиці
PID_Compact_6 (Setpoint:="tep_reg".Cons_sp,
               Input:="tep_reg".Cons_in,
               ManualEnable:= "tep_reg".Cons_man_on,
               ManualValue:="tep_reg".Cons_man,
               Output=>"tep_reg".Cons_out);

"AP_1_DB_4" (Input:="tep_reg".Hum_out,
            K:=14.0,
            T:=40);

"Delay_DB_5" (In:="AP_1_DB_4".Out,
             Time_delay:=T#3ms,
             h:=100.0);
"tep_reg".Hum_in := "Delay_DB_5".Out;
```

Рисунок 10.3 – Регулювання концентрації CO₂

Сигнал "tep_reg".Cons_in йде на вхід регулятора, що порівнює його з завданням "tep_reg".Cons_sp та видає сигнал "tep_reg".Cons_out на об'єкт.

```
#Out_3 := #T / (#h + #T) * #Out_1 + #h / (#h + #T) * #K * #Input;
#Out_1 := #Out_3;
#Out := #Out_3;
```

Рисунок 10.4 – Код реалізації АПІ-ланки

Для перевірки функції автоматичного контролю використовується вікно мнемосхеми SCADA-програми. Усі цифрові показники повинні відображати числові значення параметрів системи, діапазон яких вказано у вікні налаштувань. Якщо значення не відображаються, то функція контролю працює не коректно.

```

#T := #h / 1000;
#Ar[#i] := #In;
#i := #i + 1;
IF NOT (#start2) THEN
    #length := TIME_TO_INT(#Time_delay) / (1000.0 * #T);
    #start2 := TRUE;
END_IF;
IF #i >= #length THEN
    #start := TRUE;
    #i := 0;
END_IF;
IF #start THEN
    #Out := #Ar[#j];
    #buff := #Out;
    #j := #j + 1;
END_IF;
IF #j >= #length THEN
    #j := 0;
END_IF;

```

Рисунок 10.5 – Код реалізації ланки транспортної затримки

Перевірка функцій автоматичного регулювання У вікні "Налаштування" задайте значення завдання для одного регулятора в контурі регулювання. На мнемосхемі можна побачити зміни значень параметрів за допомогою цифрового показчика, а у вікні тренду - перехідний процес. Якщо через певний час значення встановлюються на задані значення, можна вважати, що функція керування працює коректно.

Для перевірки правильності роботи в ручному режимі переведіть контур регулювання в ручний режим і задайте положення КМ (рис. 10.6). В результаті правильної роботи ви побачите, що КМ поступово встановлюється на задане значення.

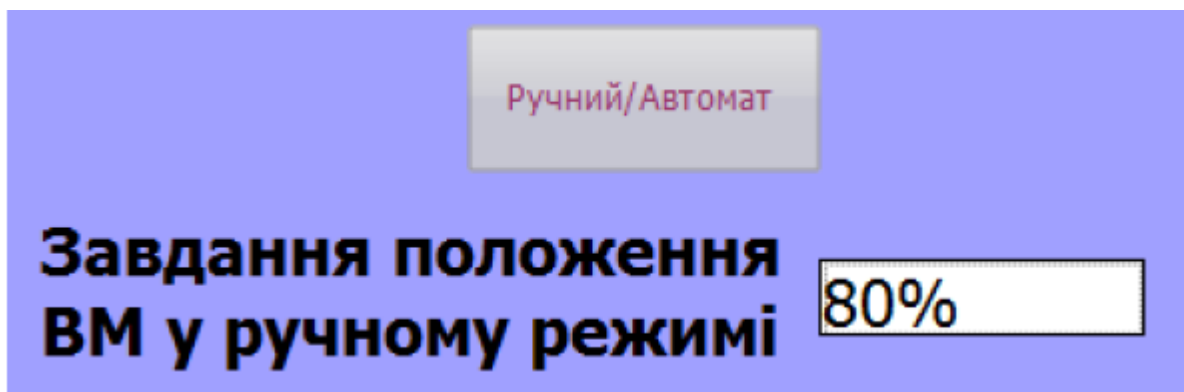


Рисунок 10.6 – Перемикання режиму роботи системи

Перевірка функції тривоги

Щоб перевірити цю функцію, один з параметрів має бути встановлений за технічними межами. В обох випадках у вікні тривог буде додано тривогу. У цьому випадку функція працює коректно.

Перевірка функції блокування

Щоб перевірити цю функцію, один з параметрів повинен бути поза діапазоном. Якщо параметр заблоковано, з'явиться попередження про тривогу і кнопка скидання, але тривогу можна буде скинути лише тоді, коли параметр повернеться в допустимі межі.

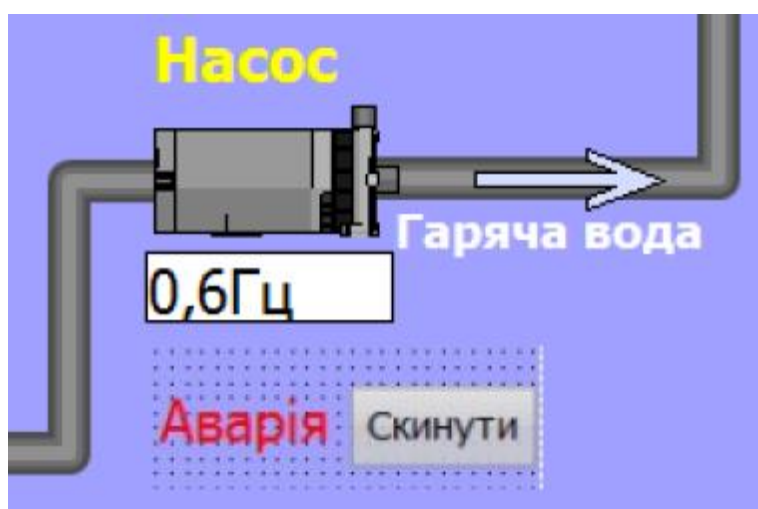


Рисунок 10.7 – Попередження про несправність та встановлення відповідного значення для алгоритму під час блокування

ВИСНОВКИ

В ході дипломного дослідження розробив автоматичну систему управління теплицею. Система складається з системи контролю концентрації вуглекислого газу в теплиці, системи контролю вологості повітря та каскадної системи контролю температури повітря.

В ході роботи було описано технологічні процеси, досліджено об'єкти керування, встановлено вимоги до метрологічного забезпечення системи керування та розглянуто обрану систему автоматизації. Обґрунтовано та програмно реалізовано обрану схему керування.

Виконано проектування системи автоматичного керування теплицею. Система автоматичного управління має два рівні. Для реалізації нижнього рівня АСУ ТП був обраний вільно програмований модульний контролер Siemens S-7 1200. Він дозволяє підключати різні модулі вводу/виводу і відповідає вимогам високої продуктивності.

Верхній рівень системи управління – моніторинг, для якого була розроблена HMI/SCADA-система з використанням WinCC. Отримана система включає мнемосхему, що описує технологічні агрегати, даючи користувачеві чітке уявлення про процеси, що відбуваються в них, тренди в реальному часі та історичні тренди, аварійні сигнали в реальному часі та історичні сигнали в реальному часі. На вищому рівні системи управління можливе повне управління процесом, архівування даних процесу, сигналізація та моніторинг процесу в реальному часі.

					ДП 14.104.1029 ПЗ			
Змн.З	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Гурин Р.Р.				ВИСНОВКИ		Літ.	Арк
Перевір.	Нездвєцька І. В.							Аркушів
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.	Лавріщев О.О.						ЖАТФК зр. Е-41	

Якщо нагрівання або охолодження недостатнє, процесом можна керувати дистанційно.

Рівень надійності виконання функцій АСК відповідає поставленим наступним вимогам, середній час відновлення для регулюючої функції $T_v \leq 4200$, коефіцієнт готовності для захисної функції $K_{gom} \geq 0.998$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Василега П. О. Електропостачання. Суми: Університетська книга, 2008. 415 с.
2. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. Норми проектування.
3. ДНПАОП 0.00 1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів // К.: АТ «Київська книжкова фабрика», 1998. 380 с.
4. ДСанПін 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами ЕОМ. К.: МОЗ України, 1998. 20 с.
5. ДСТУ Б А.2.4-19:2008. СПДБ. Зображення умовні графічні електрообладнання і проводок на планах.
6. ДСТУ Б А.2.4-21:2008. СПДБ. Силове електрообладнання. Робочі креслення.
7. ДСТУ Б А.2.4-24:2008. СПДБ. Внутрішнє електричне освітлення. Робочі креслення
8. Економічне обґрунтування впровадження робототехнічних систем у тепличні господарства / В. П. Лисенко, І. М. Болбот, І. І. Чернов // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2019. Вип. 174(2). С. 53-59. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_tech_2012_174\(2\)](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_tech_2012_174(2)) 10.
9. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / Р.В. Кушлик, В. Ф. Яковлев, Ю. М. Куценко, М. Л. Лисиченко, М. П. Кунденко, Ю. М. Федюшко, Х: ТОВ «Планета-прінт», 2016. 332 с.

					ДП 14.104.1029 ПЗ			
Змн.З	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Гурин Р.Р.			СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	Літ.	Арк	Аркушів
Перевір.		Нездівцька І. В.						
Реценз.						ЖАТФК зр. Е-41		
Н. Контр.								
Затверд.		Лаврищев О.О.						

- 10.Кашенко В.П., Біленко О.І., Устименко О.А. та ін. Монтаж, обслуговування та ремонт електротехнічних установок в АПК: курсове і дипломне проектування. К.: Аграрна освіта, 2008. 500 с.
11. Коломієць Т. І. Автоматизована система управління параметрами мікроклімату в теплицях / Т. І. Коломієць // Автоматизація та комп'ютерно- інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науковопрактичної Internet-конференції. Черкаси, 2018. С. 32-33.
12. Лисенко В. П. Програмно-апаратне забезпечення системи фітомоніторингу в теплиці / В. П. Лисенко, І. М. Болбот, Т. І. Лендел, І. І. Чернов // Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК. 2018. №2. С. 65
- 13.Мартиненко І. І., Лисенко В. П., Тищенко Л. П. та ін. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК. К., 2008. 330 с.
- 14.Методика дипломного проектування з теплопостачання: навчальний посібник для студентів напряму 6.100101 «Енергетика та електротехнічні системи АПВ» за освітньо-кваліфікаційним рівнем «Бакалавр» / В.В. Чекменьов, І. М. Бендера та ін. К-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2013. 552 с.
- 15.Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів // К.: ДП НТУКЦ «АсЕлЕнерго», 2007. 304 с.
- 16.Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. К. 2007. 276 с.
- 17.Правила улаштування електроустановок. Енергообладнання спеціальних установок: ДНАОП 0.00–1.32–01// К.: Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2001. 121 с.
- 18.Правла улаштування електроустановок. К.: Індустрія, 2008. 256 с.
- 19.Сацик В. О. Апаратне забезпечення автоматизованого регулювання мікроклімату теплиці / В. О. Сацик, Д. П. Карпук // Міжвузівський

збірник "Наукові нотатки". 2019. Вип. №40. С. 245-250.

20.СНіП 23-05-95 «Природне та штучне освітлення».

21.Червінський Л. С., Шевель С. С. Експлуатація освітлювальних та опромінювальних установок у сільському господарстві. К.: Урожай, 1990. 241 с.

22.ДСТУ 3481-96 «Локальна мережа введення - виведення для розподілених автоматизованих систем керування. Загальні технічні вимоги»