

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ПОГОДЖЕНО

Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження
(назва ННІ)

_____ В.В. Каплун
(підпис) (ПІБ)

« ____ » _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

В.о. завідувача кафедри автоматики
та робототехнічних систем
ім. акад. І.І. Мартиненка
(назва кафедри)

_____ О.О. Опришко
(підпис) (ПІБ)

« ____ » _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **«ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОПАЛЕННЯМ В ТЕПЛИЧНОМУ ГОСПОДАРСТВІ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМПЛЕКСУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОВЕН»**

Спеціальність:

174 – «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма:

Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка
(назва)

Гарант освітньої програми

(підпис)

Т.І. Лендел, к.т.н., доцент
(П.І.Б, науковий ступінь та вчене звання)

Виконав

(підпис)

А.В. Лисенко
(П.І.Б студента)

Керівник магістерської роботи

(підпис)

М.О. Кіктєв, к.т.н., доцент
(П.І.Б, науковий ступінь та вчене звання)

КИЇВ-2025

З М І С Т

1.	АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ (ВИРОБНИЦТВА) ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ	7
1.1.	Стан автоматизації технологічного процесу (виробництва) із використанням функціональної схеми автоматизації	8
1.2.	Параметричний аналіз технологічного процесу (виробництва) як об'єкта автоматизації	11
2.	ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ	13
2.1	Математична модель об'єкта за результатами теоретичних досліджень	13
2.2	Порядок виконання розрахунків	16
2.3	Імітаційна модель котлоагрегата	17
2.4	Результат моделювання	19
2.5	Знаходження передатної функції	19
3.	ВИБІР РЕГУЛЯТОРА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЙОГО НАЛАШТУВАНЬ	21
3.1	Розробка функціональної схеми САР	21
3.2	Вибір Алгоритму керування	21
3.3	Вибір регулюючого органу	23
3.4	Вибір виконавчого механізму та визначення його передатної функції..	24
3.5	Вибір сприймаючого елемента	26
3.6	Визначення параметрів ПІ-регулятора за методикою на заданий кореневий показник коливальності $m = 0.3$	29
3.7	Створення структурно-алгоритмічної схеми скоректованої системи	33
3.8	Створення Simulink-моделі скоректованої системи з цифровим ПІ-регулятором та отримання перехідної характеристики цифрової скоректованої системи	34

4.	РОЗРОБКА СХЕМ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	38
4.1	Вибір технічних засобів	38
4.2	Вибір пускозахисної апаратури	44
4.3	Вибір проводів та кабелів	48
4.4	Розробка принципової схеми	50
4.5.	Схеми системи автоматизації	50
4.5.1.	Розробка схеми з'єднань	50
4.5.2.	Розробка схеми підключень	52
4.5.3.	Розробка щита управління	53
4.5.4.	Розрахунок надійності системи автоматичного керування	55
5.	РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ОПАЛЕННЯМ В ТЕПЛИЧНОМУ ГОСПОДАРСТВІ	57
5.1.	Операторський інтерфейс автоматизованого робочого місця оператора-технолога	57
5.2.	Розроблення SCADA-системи	58
6.	РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ САК	63
7.	ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	67
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	74
	ДОДАТКИ	76
	Додаток 1. Перелік стандартів до виконання роботи	76
	Додаток 2. Схема електрична принципова	83
	Додаток 3. Схема електрична з'єднань	84
	Додаток 4. Схема електрична підключень	85
	Додаток 5. Зовнішній Вигляд щита Керування	86

Анотація

У рамках магістерської роботи був проведений детальний аналіз процесів, пов'язаних з експлуатацією котла для опалення в технічному господарстві. Робота включала опис технологічного процесу автоматизації котла, а також системно-інформаційний аналіз об'єкта керування. У роботі був обґрунтований вибір відповідного алгоритму керування, обладнання та системи захисту при пуску.

Були розроблені схеми автоматизації, побудовані математична та імітаційна моделі. Також був проведений розрахунок економічної доцільності проекту, який був підтверджений відповідними розрахунками для досліджуваного каналу регулювання. Дослідження якості функціонування системи автоматичного регулювання включало побудову перехідного процесу та отримання вартості розробленої системи.

Також була створена SCADA-система для візуалізації реалізації технологічного процесу.

Abstract

As part of the master's thesis, a detailed analysis of the processes related to the operation of a heating boiler within a technical facility was carried out. The work included a description of the technological process of boiler automation, as well as a system-information analysis of the control object. The choice of an appropriate control algorithm, equipment, and start-up protection system was substantiated.

Automation schemes were developed, and both mathematical and simulation models were constructed. An economic feasibility assessment of the project was also performed and confirmed through corresponding calculations for the investigated control channel.

The study of the performance quality of the automatic control system included the development of a transient process and the determination of the cost of the designed system.

Additionally, a SCADA system was created to visualize the implementation of the technological process

ВСТУП

Сучасне сільське господарство характеризується високими вимогами до ефективності використання енергетичних ресурсів, підвищення продуктивності та стабільності технологічних процесів. Одним із ключових напрямів розвитку є автоматизація біотехнічних об'єктів, зокрема тепличних господарств, які потребують постійного підтримання оптимальних мікрокліматичних умов для вирощування сільськогосподарських культур.

Опалення в теплицях відіграє вирішальну роль у забезпеченні належного температурного режиму, що безпосередньо впливає на ріст і розвиток рослин, їх врожайність та якість продукції. Традиційні методи керування системами опалення часто базуються на ручному управлінні або простих автоматах, що не дозволяє в повній мірі враховувати змінні фактори середовища та ефективно використовувати енергоресурси. У зв'язку з цим виникає потреба у впровадженні комп'ютерно-інтегрованих систем керування, які дозволяють підвищити точність регулювання параметрів, знизити енерговитрати та забезпечити стабільність технологічного процесу.

Дослідження і розробка таких систем є актуальною задачею, оскільки вони поєднують сучасні апаратні та програмні засоби автоматизації, сенсорні технології та алгоритми керування. Використання подібних рішень у тепличному господарстві створює умови для оптимізації енергоспоживання, зменшення впливу людського фактора та підвищення економічної ефективності виробництва.

Розвиток агропромислового комплексу неможливий без впровадження новітніх технологій, спрямованих на підвищення ефективності виробництва та оптимізацію використання ресурсів. Одним із ключових напрямів є автоматизація процесів у тепличному господарстві, зокрема систем опалення, які забезпечують необхідні умови для вирощування рослин протягом усього року.

Традиційні методи керування опаленням у теплицях потребують значних витрат енергоресурсів та людських зусиль, що знижує економічну ефективність господарства.

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ (ВИРОБНИЦТВА) ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

Тепличне господарство є складним біотехнічним об'єктом, основним завданням якого є створення та підтримання оптимальних умов для вирощування рослин незалежно від зовнішніх кліматичних факторів. Одним із ключових елементів технологічного процесу є система опалення, що забезпечує підтримання необхідного температурного режиму в холодний період року та в умовах різких коливань зовнішньої температури.

Дільниця, яка підлягає дослідженню та автоматизації, включає систему теплопостачання теплиці. Джерелом теплової енергії можуть виступати котельні установки, теплогенератори або центральна система теплопостачання. Тепло передається у приміщення теплиці за допомогою системи трубопроводів, по яких циркулює теплоносіє (гаряча вода або пара). Для рівномірного розподілу тепла використовуються нагрівальні прилади: радіатори, труби обігріву, конвектори або повітрянагрівачі.

Процес керування опаленням передбачає регулювання температури теплоносія та інтенсивності його подачі в залежності від показників мікроклімату. Основними контрольованими параметрами є температура повітря всередині теплиці, вологість, а також зовнішня температура. Вимірювання здійснюється за допомогою датчиків температури і вологості, сигнали з яких надходять у систему керування.

Завданням автоматизації є підтримання встановленого діапазону температури в теплиці, враховуючи добові та сезонні коливання, фазу розвитку рослин і погодні умови. Для цього застосовуються регулятори та комп'ютерно-інтегровані системи, які аналізують дані з датчиків, формують керуючі сигнали і здійснюють подачу тепла у потрібному обсязі. Такий підхід дозволяє уникнути перегріву або переохолодження, зменшити енергоспоживання та забезпечити стабільний розвиток культур. Таким чином, технологічний процес дільниці

опалення тепличного господарства полягає у виробництві, транспортуванні та регулюванні теплової енергії для створення оптимального мікроклімату, а його автоматизація спрямована на підвищення точності, надійності та економічної ефективності системи.

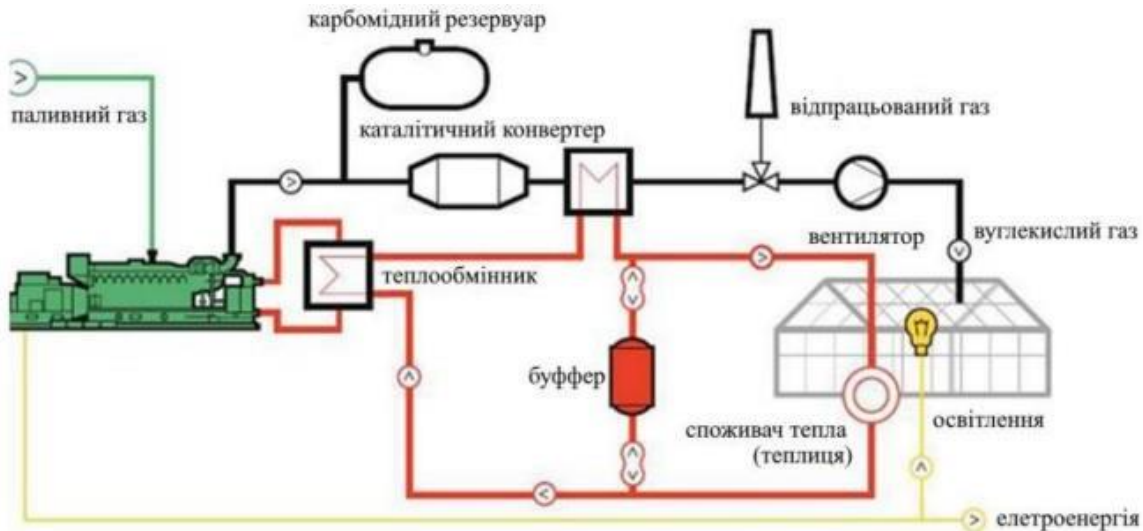


Рис. 1.1 Будова зимових теплиць з газовим опаленням

Серед електричних методів опалення інфрачервоне обладнання стає все більш затребуваним. Принцип роботи інфрачервоних обігрівачів - нагрівання рослин і ґрунту, а не повітря. Завдяки цьому витрати на опалення вдається мінімізувати. Варіанти інфрачервоного обігріву: лампи і плівка. ІЧ- лампи та обігрівачі. Інфрачервоні випромінювачі поміщені в захисний кожух з рефлектором, що забезпечує ефективний розподіл променів. Обігрівачі підвішують до стелі або кріплять до стін. Відстань між приладами - 1,5-3 м (залежить від потужності ламп). ІЧ-плівка. Плівкове покриття може розміщуватися різними способами: укладання в ґрунт, «драпірування» стін і стел.

1.1. Стан автоматизації технологічного процесу (виробництва) із використанням функціональної схеми автоматизації

Моделювання системи слід розділити на декілька етапів: • Аналіз об'єкта та умови роботи суб'єкта дослідження; • Теоретичний аналіз сигналів і обробки

інформації об'єкта; • Визначення загальних вимог до системи. Після цього можлива побудова фізичної моделі системи для аналізу можливостей використання системи автоматичного керування параметрами теплиці. У випадку, коли використовується автоматизація, виникає необхідність в модернізації конструкції теплиці. Так як раніше було визначено, що домінуючими параметрами контролю є температура та вологість, то в нашому випадку функціональна схема теплиці має наступний вигляд:

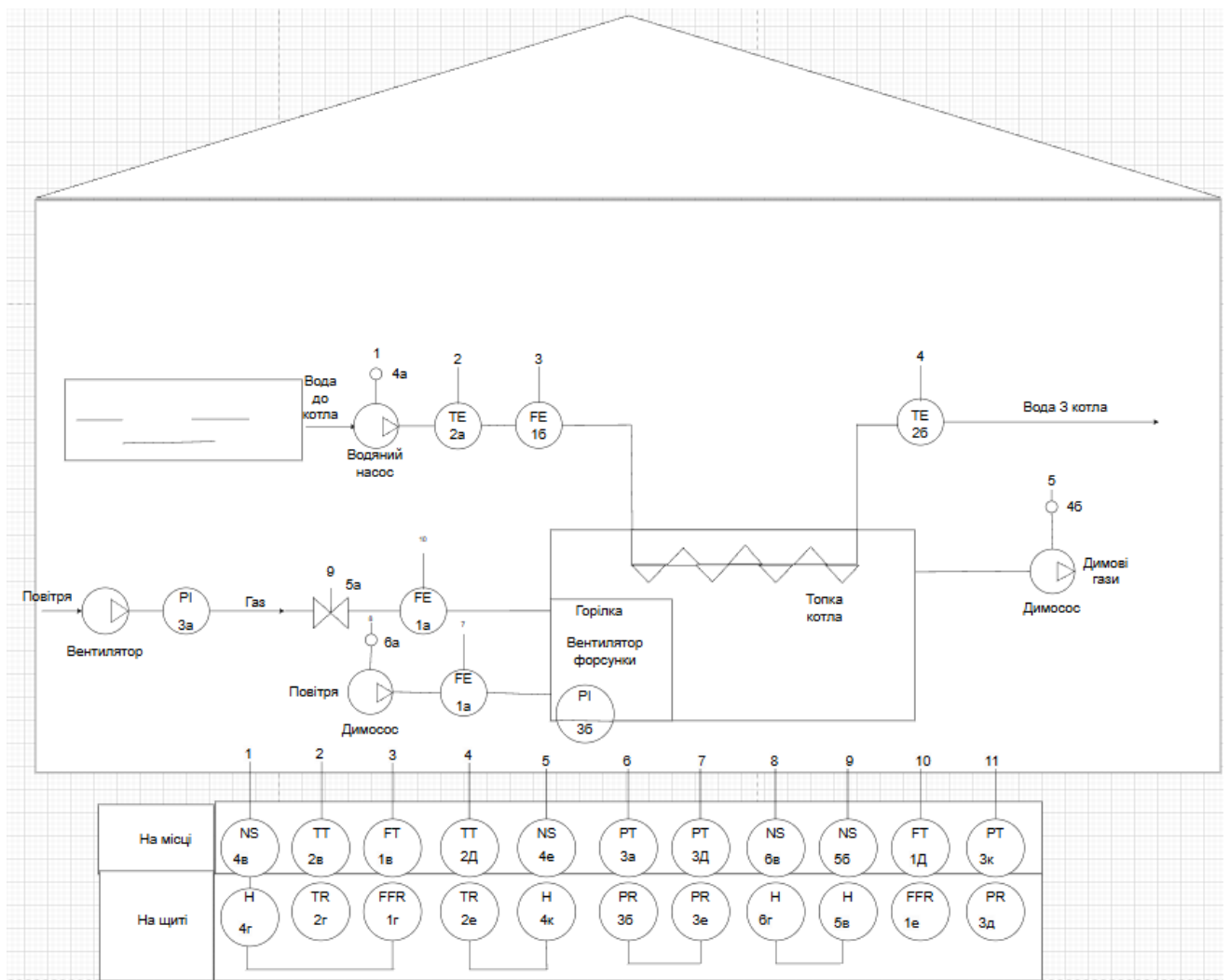


Рис. 1.2. Функціональна схема автоматизації

Функціональна схема автоматизації графічно поділяється на дві зони. У верхній частині креслення зображується технологічна схема, а в нижній креслять умовні графічні позначення, які умовно зображують: встановлення місцевих

приладів, щитів, пультів, пунктів контролю та керування. Графічні умовні зображення приладів і засобів автоматизації, їх розміри і літерні позначення повинні відповідати згідно з ДСТУ БА.2.4-16:2008 «Автоматизація технологічних процесів. Умовні графічні зображення приладів і засобів автоматизації в схемах» [1, с. 54].

Функціональна схема теплиці для імітаційного моделювання може включати наступні основні компоненти:

1. Система датчиків: Включає датчики температури, вологості, освітлення та інших параметрів мікроклімату в теплиці. Ці датчики забезпечують збір даних про стан середовища в теплиці.

2. Мікроконтролер: Відповідає за збір даних з датчиків, обробку цих даних та прийняття рішень щодо управління параметрами мікроклімату. Мікроконтролер може бути програмованим для виконання різних алгоритмів управління.

3. Актуатори: Це різні пристрої, що впливають на мікроклімат в теплиці, такі як система поливу, система освітлення, система обігріву та вентиляції. Вони виконують команди, що надходять від мікроконтролера, для зміни параметрів середовища в теплиці.

4. Керуюче програмне забезпечення: Включає в себе алгоритми управління, які визначають оптимальні значення параметрів мікроклімату, такі як температура, вологість та освітленість. Це програмне забезпечення може бути встановлене на мікроконтролері або на підключеному комп'ютері.

5. Комунікаційна мережа: Використовується для передачі даних з датчиків до мікроконтролера та для передачі команд від мікроконтролера до актуаторів. Мережа може бути бездротовою, такою як Wi-Fi, Bluetooth або LoRaWAN, або дротовою.

6. Контроль та моніторинг: Включає в себе інтерфейс користувача, який дозволяє оператору теплиці відстежувати стан параметрів мікроклімату, налаштовувати параметри управління та отримувати сповіщення про події або помилки

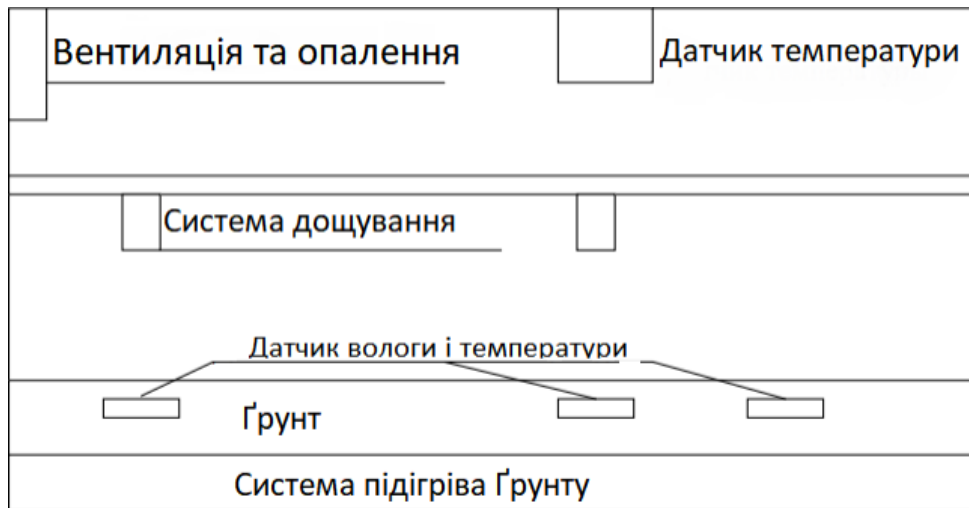


Рис. 1.3 Структурна схема теплиці

1.2. Параметричний аналіз технологічного процесу (виробництва) як об'єкта автоматизації

Параметрична схема об'єкта автоматизації

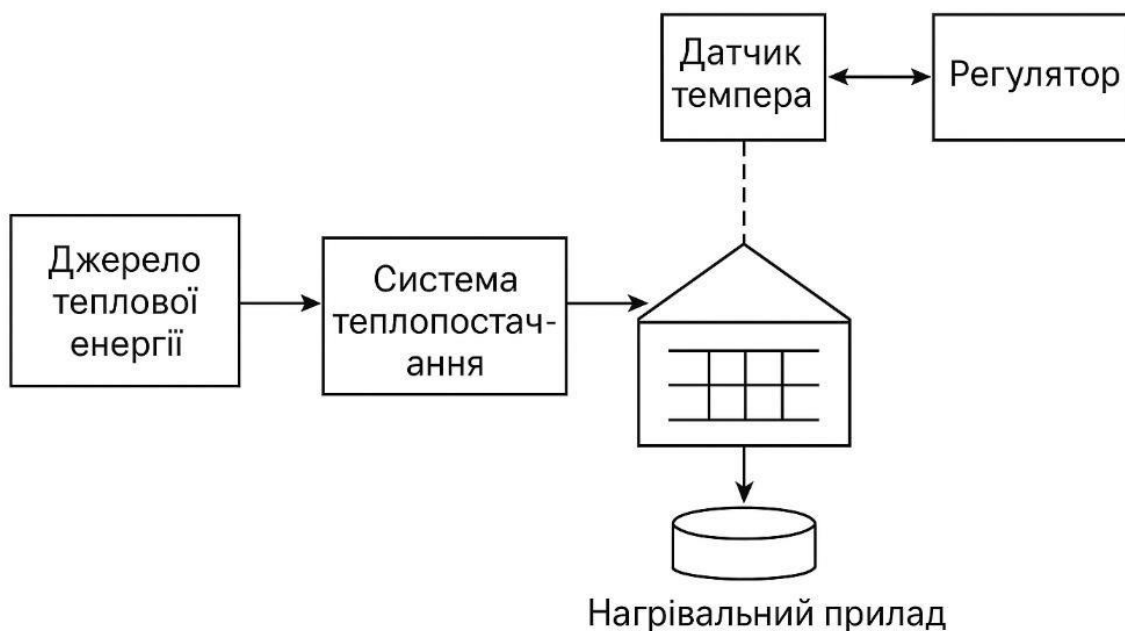


Рис.1.4 - Параметрична схема об'єкта автоматизації

Схема відображає основні елементи системи опалення тепличного господарства та зв'язки між ними.

- Джерело теплової енергії – котельня, теплогенератор або інше обладнання, що виробляє тепло.
- Система теплопостачання – трубопроводи та допоміжні пристрої, які транспортують теплоносій від джерела до теплиці.
- Теплиця (об'єкт керування) – приміщення, де відбувається вирощування рослин і де необхідно підтримувати стабільний мікроклімат.
- Нагрівальний прилад – елементи, що безпосередньо забезпечують передачу теплової енергії у приміщення (радіатори, труби обігріву, конвектори).
- Датчик температури – вимірювальний пристрій, що контролює температуру повітря у теплиці та передає дані в систему керування.
- Регулятор – пристрій (контролер), який аналізує інформацію з датчика та формує сигнали керування для зміни подачі тепла.

Таким чином, схема відображає замкнутий цикл: тепла енергія → подача у теплицю → зміна температури → вимірювання датчиком → передача даних регулятору → коригування режиму роботи системи.

Це дозволяє автоматично підтримувати необхідні параметри мікроклімату в теплиці та забезпечує ефективне використання енергоресурсів.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1. Математична модель об'єкта за результатами теоретичних досліджень

Вирощування рослин в закритому ґрунті вимагає використання систем підігріву повітря і ґрунту для створення комфортних умов вирощування рослин. Обігрівання приміщення теплиць виконується паром, пароводяною сумішшю або гарячою водою. Як показала практика збільшення температури води на 30 – 35 оС приводить до зменшення кількості опалювальних труб-радіаторів, які встановлюються в теплиці, у два рази. Обігрівальні труби прокладаються в ґрунтових теплицях у ґрунті, в стелажних теплицях під стелажками, а також вздовж стін і під скляним дахом.

Саме математична модель буде використана для подальшого моделювання системи керування у програмному середовищі MatLab.

Розробимо математичну модель котла. У статичному режимі кількість тепла, що поступає в приміщення від біологічних об'єктів Q_t і додаткового нагрівання Q_d , дорівнює кількості тепла, що втрачається на нагрівання вентиляційного повітря Q_v і втрати тепла в навколишнє середовище Q_w (рис.2.1):

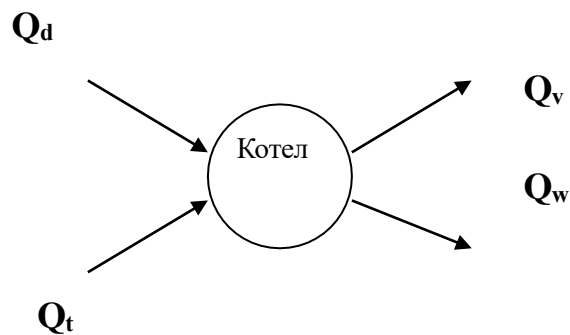


Рис. 2.1. Схема теплових потоків у виробничому приміщенні

У динамічному режимі, коли буде змінюватися температура у приміщенні t_p

в залежності від збурень, наприклад зовнішнього чинника (температури навколишнього середовища t_z), в приміщенні буде змінюватись кількість тепла Q_p і рівняння (2.1) перетвориться на рівняння динаміки процесу

$$Q_d + Q_t - Q_v - Q_w = 0. \quad (2.1)$$

Кількість тепла в приміщенні розраховується як, Вт(2.2)

$$\frac{dQ_p}{d\tau} = Q_d + Q_t - Q_v - Q_w. \quad (2.2)$$

кількість тепла, витраченого на нагрівання вентиляційного повітря, Вт(2.3)

$$Q_p = V_p \rho_p C_p t_p, \quad (2.3)$$

кількість тепла, витраченого на нагрівання вентиляційного повітря, Вт(2.4)

$$Q_v = V_v \rho_p C_p (t_p - t_z), \quad (2.4)$$

кількість тепла, втраченого в навколишнє середовище, Вт(2.5)

$$Q_w = KF_p (t_p - t_z), \quad (2.5)$$

Де: V_p – об'єм виробничого приміщення, м³ ; F_p – площа поверхні стін і стелі приміщення, м² ; ρ_p – густина повітря, кг/м³ ; C_p – теплоємність повітря, Дж/(кг град); K – середнє значення коефіцієнта теплопередачі стін і стелі виробничого приміщення, Вт/(м² град); V_v – витрати вентиляційного повітря, м³ /с. Витрати вентиляційного повітря, необхідного для забезпечення допустимої концентрації шкідливих речовин у приміщенні, визначаємо з допустимого вмісту водяних парів у повітрі як (2.6)

$$V_v = \frac{W_t}{(d_p - d_z) \rho_p}, \quad (2.6)$$

де: Wt – волога, що виділена біологічними об'єктами, г/с; dp і dz – вологовміст внутрішнього і зовнішнього вентиляційного повітря, г/кг сухого повітря. Підставимо вирази (2.3), (2.4) і (2.5) у вираз (2.2), і отримаємо(2.7)

$$\frac{d(V_p \rho_p C_p t_p)}{d\tau} = Q_d + Q_t - V_v \rho_p C_p (t_p - t_z) - KF_p (t_p - t_z). \quad (2.7)$$

Після перетворення рівняння (2.7) прийме вигляд(2.8):

$$\frac{V_p \rho_p C_p}{(KF_p + V_v \rho_p C_p)} \frac{dt_p}{d\tau} + t_p - \left(t_z + \frac{Q_d + Q_t}{(KF_p + V_v \rho_p C_p)} \right) = 0 \quad (2.8)$$

Позначимо постійну часу нагрівання об'єкта(2.9)

$$T = \frac{V_p \rho_p C_p}{(KF_p + V_v \rho_p C_p)} \quad (2.9)$$

і усталену, при нульовій швидкості зміни температури повітря у виробничому приміщенні, температуру повітря, град.(2.10):

$$t_y = t_z + \frac{Q_d + Q_t}{(KF_p + V_v \rho_p C_p)}. \quad (2.10)$$

Тоді рівняння (2.10) запишемо як (2.11):

$$T \frac{dt_p}{d\tau} + t_p - t_y = 0. \quad (2.11)$$

Час транспортного запізнення знайдемо в залежності від довжини L_k і площі поперечного перетину F_k повітропроводу, яким подається гаряче повітря після нагрівання в приміщення, як (2.12).

$$\tau_z = \frac{L_k F_k}{V_v}. \quad (2.12)$$

Передатний коефіцієнт об'єкта визначаємо діленням максимального приросту регульованої величини на величину приросту керуючої дії (2.13).

$$K_o = \left| \frac{\Delta\delta^{\max}}{\Delta\lambda} \right|, \quad (2.13)$$

де: максимальний приріст регульованої величини складе $\Delta\delta^{\max} = t_p - t_0$, а величину приросту керуючої дії $\Delta\lambda$ знаходимо як різницю додаткового нагрівання Q_d при t_p і при t_0 .

2.2.Порядок виконання розрахунків

Вхідні дані для виконання роботи. Технологічний об'єкт керування – Котел має об'єм $V_p = 7201 \text{ м}^3$ з площею стін і стелі $F_p = 8101 \text{ м}^2$. Середнє значення коефіцієнта теплопередачі для них складає $K = 6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ град})$. Волога і тепло, що виділені біологічними об'єктами, складають: $W_t = 51 \text{ г/с}$, і $Q_t = 195001 \text{ Вт}$.

Густина і теплоємність повітря $\rho_p = 1,294 \text{ кг/м}^3$ і $C_p = 1006 \text{ Дж}/(\text{кг град})$. Температура і вологовміст повітря в приміщенні становить $t_p = 16 \text{ }^\circ\text{C}$ і $d_p = 8,6 \text{ г/кг}$ сухого повітря, а температура і вологовміст зовнішнього повітря - $t_z = -25 \text{ }^\circ\text{C}$ і $d_z = 2,6 \text{ г/кг}$. Довжина і площа поперечного перетину повітропроводу $L_k = 20 \text{ м}$ і $F_k = 3 \text{ м}^2$. Початкова температура повітря приміщення $t_0 = 6 \text{ }^\circ\text{C}$.

Визначимо потужність опалювального пристрою, необхідного для підтримання заданої температури повітря в приміщенні t_p , розгінну характеристику об'єкта керування, а також постійну часу нагрівання об'єкту T , час запізнення τ_z і передатний коефіцієнт об'єкта K_o .

Розрахунки

Розрахунок коефіцієнтів виконується в програмному середовищі MathCad. Спочатку визначимо продуктивність системи вентиляції (2.6), $\text{м}^3/\text{с}$

$$V_v = \frac{W_t}{(d_p - d_z)\rho_p} = \frac{51}{(8.6 - 2.6) \cdot 1.294} = 6.569$$

Постійна часу нагрівання (2.9) буде рівною, с

$$T_t = \frac{V_p \rho_p C_p}{(KF_p + V_v \rho_p C_p)} = \frac{7201 \cdot 1.294 \cdot 1006}{6 \cdot 8101 + 6.569 \cdot 1.294 \cdot 1006} = 164.004$$

Кількість тепла, витраченого на нагрівання вентиляційного повітря, Вт

$$Q_d = V_v \rho_p C_p (t_p - t_z) = 6.569 \cdot 1.294 \cdot 1006 \cdot [16 - (-25)] = 342474$$

Час запізнення для каналу регулювання (2.12) складає, с

$$\tau_z = \frac{L_k F_k}{V_v} = \frac{20 \cdot 3}{6.569} = 9.134$$

Для створення моделі в системі Simulink MATLAB приведемо рівняння (2.14) до виду Коші і запишемо у формі.

$$\frac{dt_p}{d\tau} = \frac{t_z}{T_t} + \frac{Q_d + Q_t}{(KF_p + K_v) \cdot T_t} - \frac{t_p}{T_t} \quad (2.14)$$

2.3. Імітаційна модель Котлоагрегата

Створимо в середовищі **Simulink MATLAB** імітаційну схему Котла (рис. 2.2). Для введення запізнення для каналу нагрівання Q_d використаємо блок **Transport Delay**. Для побудови кривої розгону об'єкта вибираємо часову відмітку не менше $4 \cdot T_t$ (приймаємо 1000 с). Початкову температуру в приміщенні візьмемо, наприклад, $t_0 = 6$ °С. Тоді для досягнення значення температури в приміщенні 16 °С максимальний приріст регульованої величини складе $\Delta \delta^{\max} = 16 - 6 = 10$ °С.

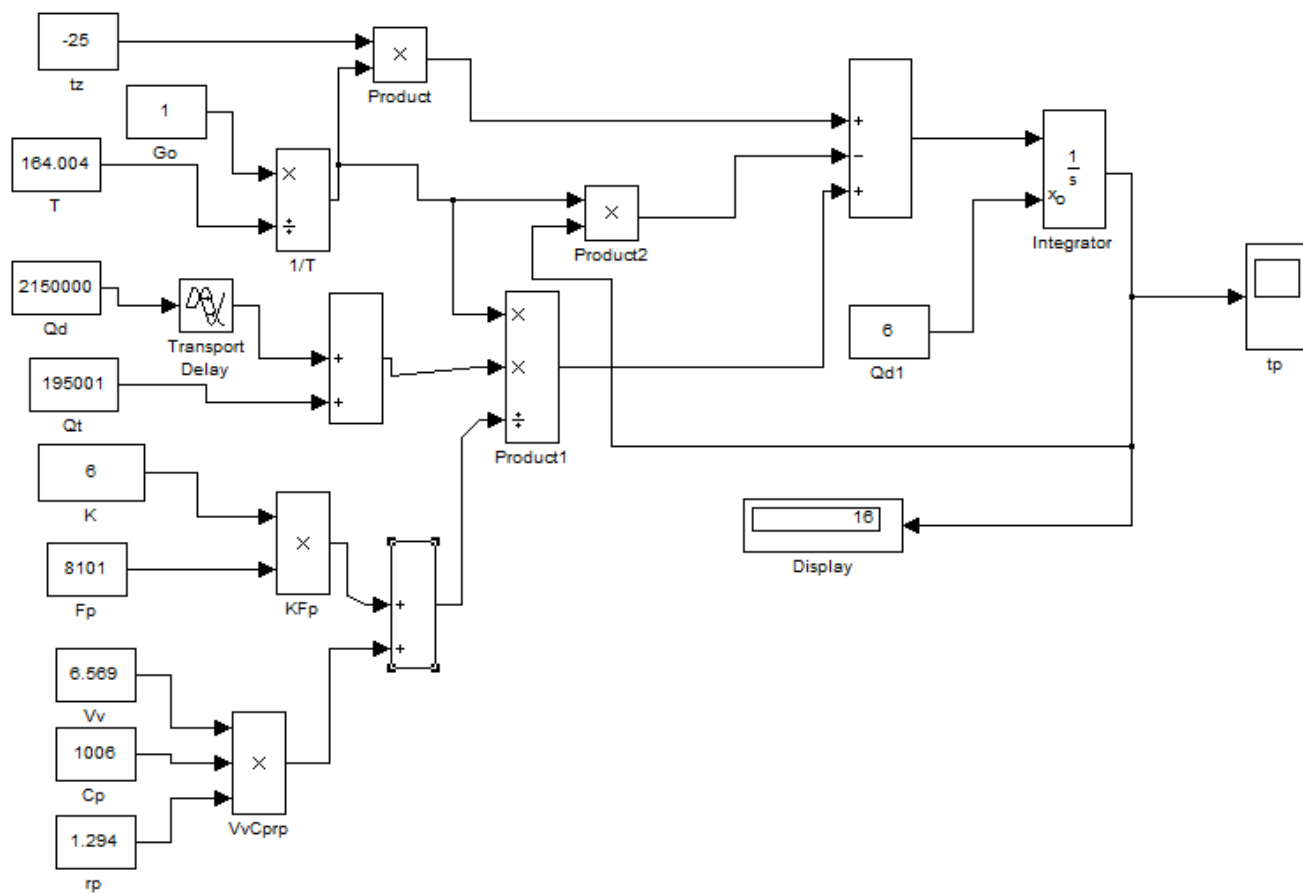


Рис. 2.2. Схема імітаційної моделі опалення котла в Simulink MATLAB

Для того, щоб визначити величину приросту керуючої дії, обчислимо кількість тепла Q_d , необхідного для підтримання температури в приміщенні при 6 і 16 °C. Встановлено дослідженнями на моделі, що температура в 6 °C підтримується при $Q_d = 1571000$ Вт, а температура в 16 °C - при $Q_d = 2150000$ Вт. Таким чином $\Delta\lambda = 579000$ Вт. Передатний коефіцієнт об'єкта (град/Вт) буде рівним.

2.4. Результат моделювання

Результат імітаційного моделювання отримаємо, використовуючи блок *Scope* у вигляді графіка перехідного процесу (рис. 2.3.). Характеристики об'єкта для каналу регулювання відповідають розрахованим. Постійна часу нагрівання $T_i = 164,004$ с, час запізнення для каналу регулювання $\tau_z = 9.134$ с.,

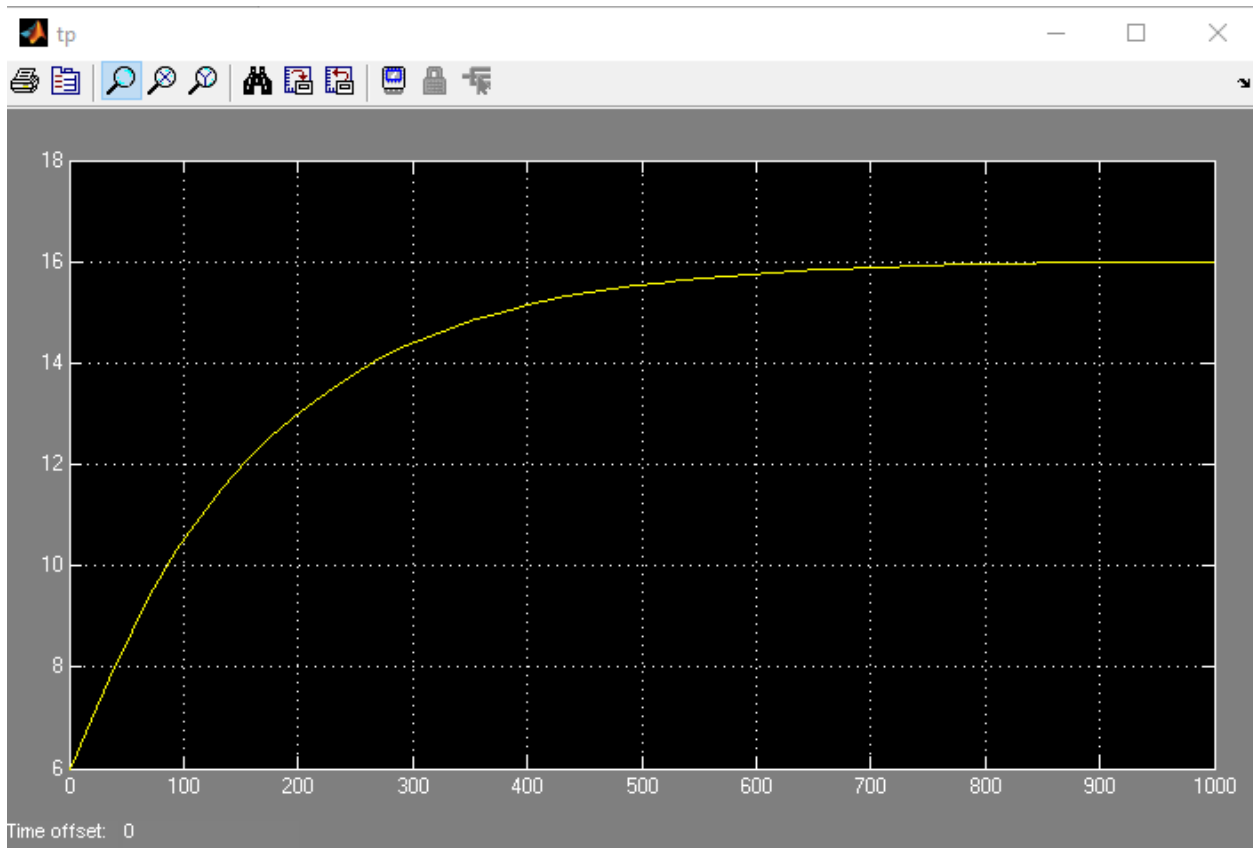


Рис. 2.3. Розгінна крива зміни температури у виробничому приміщенні котла (заданими імітаційного моделювання)

2.5. Знаходження передатної функції

Маючи розгінну криву яка зображена на Рисунку 2.4, отримаємо передатні функцію для контура: tp .

Для статичних об'єктів передатна функція у виразі 2.15, отримана згідно кривої розгону, матиме вигляд:

$$W_0(p) = \frac{K_0}{T_0 * p + 1}, \quad (2.15)$$

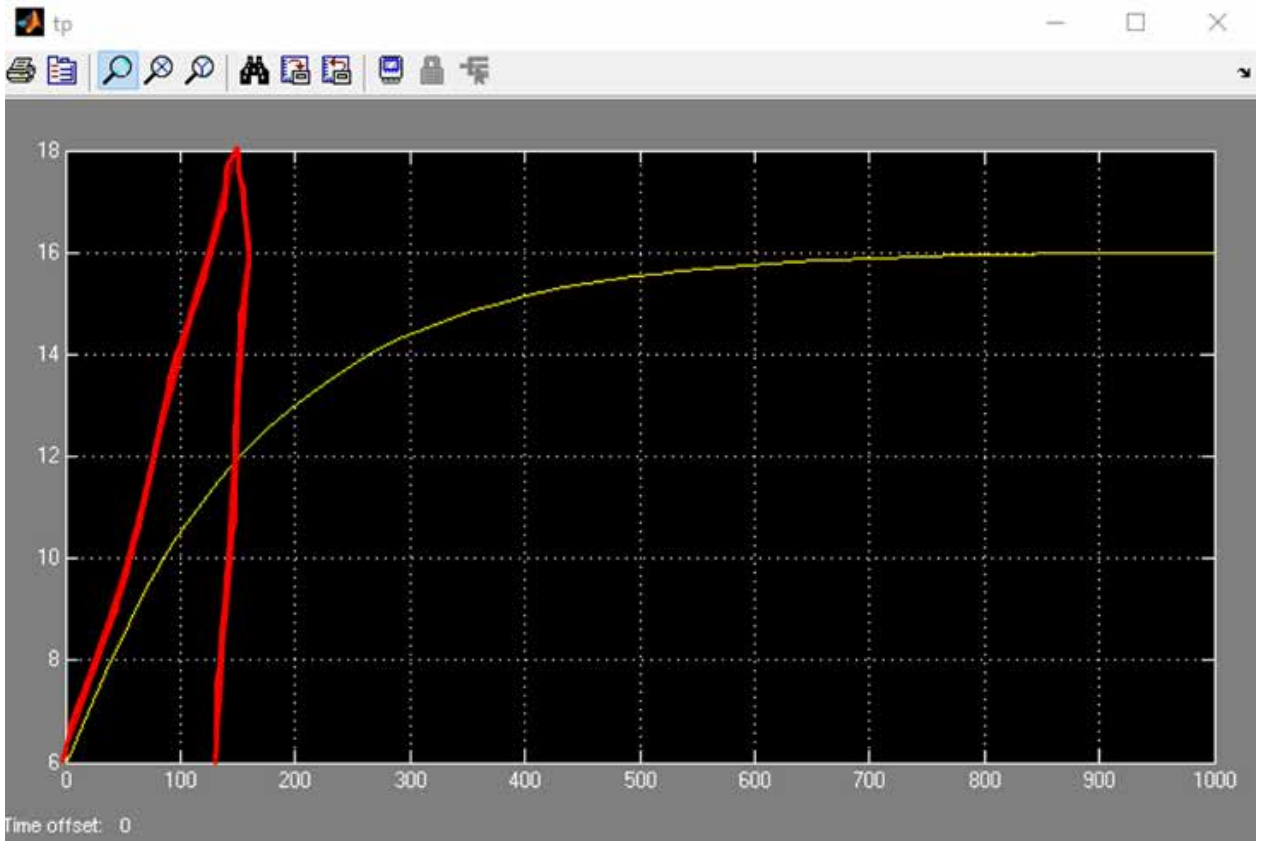


Рисунок 2.4 – Нормована характеристика рівня об’єкту керування

де p – оператор Лапласа; T_0 – постійна часу, яка згідно розгінній кривій дорівнює 120 с; K_0 – коефіцієнт передачі об’єкта(див. формулу 2.16), який визначається за формулою:

$$K_0 = \frac{\Delta y}{\Delta x} = 0.01, \quad (2.16).$$

де $\Delta x = 100$, $\Delta y = 1$.

У цьому випадку передатну функцію котла як об’єкта регулювання рівня можна апроксимувати інерційною ланкою (2.17), яка буде мати вигляд:

$$W_0(p) = \frac{K_0}{T_0 * p + 1} = \frac{0.01}{120 * p + 1} \quad (2.17)$$

3. ВИБІР РЕГУЛЯТОРА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЙОГО НАЛАШТУВАНЬ

3.1. Розробка структурно-функціональної схеми САР

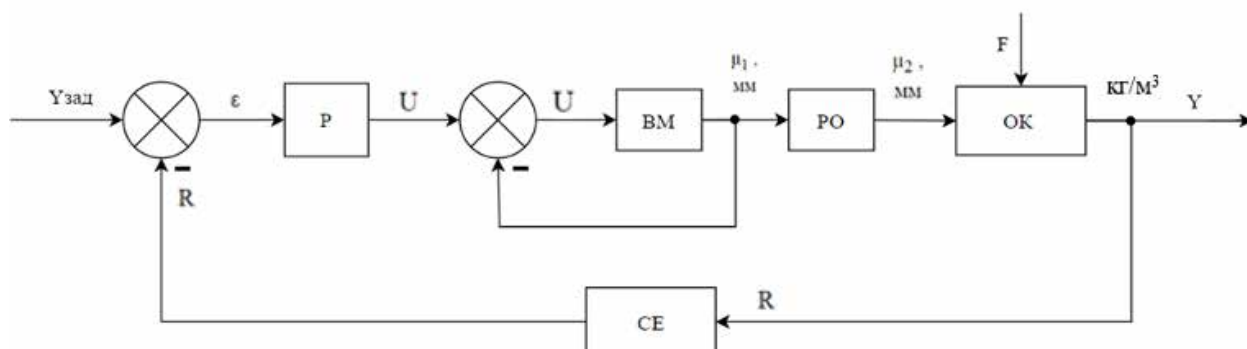


Рис. 3.1. Структурно-функціональна схема САР

ϵ - керуючий сигнал; U – напруга; μ_1 – переміщення штоку; μ_2 – переміщення заслінки;
 R – опір; Y (кг/м³) – вихідна величина; F – збурення

3.2. Вибір алгоритму керування

Динамічні властивості об'єктів керування дають змогу розробникам систем на стадії проектування визначити алгоритм керування. Для цього слід проаналізувати співвідношення між сталою часу та часом запізнення об'єкта керування. Якщо $0,2 \leq \tau / T \leq 1$, то рекомендують лінійний алгоритм керування; за умов, коли $\tau / T > 1$ – імпульсний, а при $\tau / T < 0,2$ – позиційний алгоритм керування. $\tau / T = 200 / 1800 = 0,11$ – позиційний алгоритм керування. Для конкретного об'єкта вибирають такий алгоритм, який забезпечив би один із трьох типових перехідних процесів: аперіодичний, із 20 %-м перерегулюванням, із мінімальним інтегральним показником якості. Обираємо із 20 %-м перерегулюванням (Рис 3.2).

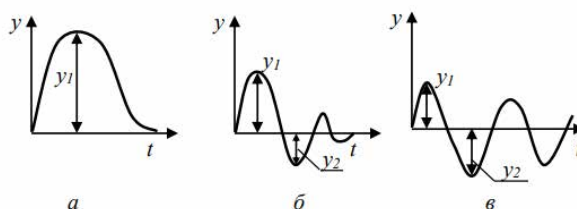


Рисунок 3.2 – а - аперіодичний; б – із 20 % - ним перерегулюванням; в - із мінімальним інтегральним показником якості

Динамічний коефіцієнт регулювання дає змогу вибрати найкращий алгоритм для конкретного об'єкта керування.

Методика вибору найкращого алгоритму керування полягає у визначенні динамічного коефіцієнта регулювання [1, с. 209]. Оскільки котел – статичний об'єкт (3.1), розрахуємо динамічний коефіцієнт для статичних об'єктів (Котел):

$$R_d = \frac{y_1}{K_0 * y_{\max}}, \quad (3.1)$$

де y_1 – максимальне динамічне відхилення; K_0 – коефіцієнт передачі ОК; y_{\max} – максимально можливе значення збурення по навантаженню (береться у відсотках переміщення РО).

Динамічний коефіцієнт становить ($K_0 = 0.01$, $y_1 = 0.05\%$ - задане значення технологів, $y_{\max} = 40\%$):

$$R_d = \frac{y_1}{K_0 * y_{\max}} = \frac{0.05}{0.01 * 40} = 0.125 \quad (3.1)$$

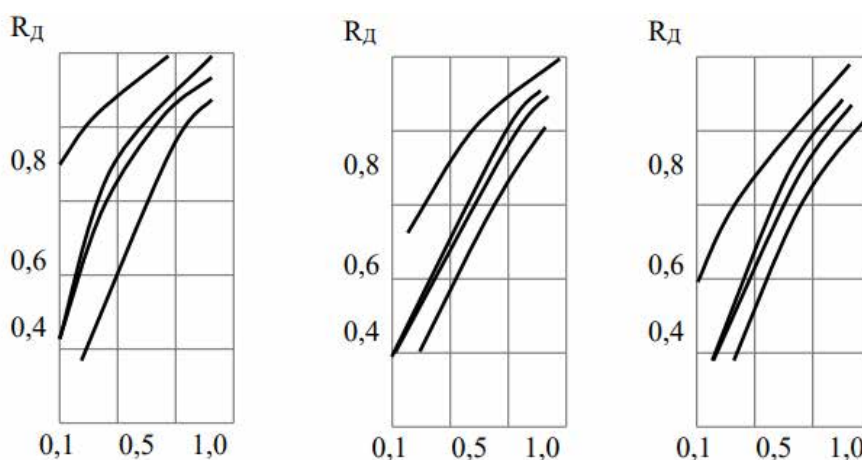


Рисунок 3.3 – Залежність динамічного коефіцієнта регулювання від динамічних властивостей об'єкта керування: а - для типового аперіодичного перехідного процесу;

б - для коефіцієнта передачі об'єкта типового перехідного процесу з 20 %-вим перерегулюванням; в - для типового перехідного процесу з мінімальним інтегральним показником якості; 1–П–алгоритм керування, 2–І–алгоритм керування; 3–ПІ–алгоритм керування; 4–ПІД–алгоритм керування

Обираємо ПІ-алгоритм який зображений на Рисунку 3.3, керування згідно отриманого динамічного коефіцієнту.

Щоб переконатись у правильності вибору алгоритму керування(3.2), слід обчислити час регулювання, який порівнюють з вимогами технологів:

$$t = \psi * \tau = 12 * 9.134 = 109.608 \text{ с.} \quad (3.2)$$

де ψ – відносний час регулювання, що вибирається з табл. 3.1 [1, с. 210].

3.3. Вибір регулюючого органу

Знаючи, що потік води має бути 41 м³/год, а щоб встигати наповнювати Котел – у цьому випадку було обрано насос 48 м³/год. Тому у якості регулюючого органу ми обираємо Danfoss VF2 двоходовий регулюючий клапан DN100 який зображено на Рисунку 3.4(пропускна здатність клапану 145 м³/год, номінальний тиск 16 бар, робоча температура від 2 °С до 130 °С, максимальний перепад тиску 1.5 бар, мінімальний 0.2 бар).



Рисунок 3.4 – Двоходовий регулюючий клапан

Таблиця.3.1— Технічні характеристики Двоходовий регулюючий клапан

Тип клапана	сідельний
Тип продукції	2-х ходовий клапан
Номінальний діаметр (DN)	100
Принцип роботи	регулювання потоку
Приєднання	фланцеве
Спосіб керування/регулювання пристрою	електропривід
Застосування	Опалення, охолодження

На підставі характеристик регулюючого органу розрахуємо коефіцієнт передачі:

$$K_{PO} = \frac{48}{16.55} = 2.9, \quad (3.3)$$

де хід штоку для 33.1 % відкриття $\mu = 16.55 \text{ мм} \leq 100x = 50 * 33.1$, максимальний потік 48 м³/год.

Знаючи максимальний перепад тиску після РО 1.5 бар при 145 м³/год, знайдемо його для 48 м³/год за допомогою лінійній пропорційній пропускній здатності. Тобто зменшивши пропорційно потік в 3 рази, отримаємо тиск $1.5/3 \approx 0.5$ бар.

3.4. Вибір виконавчого механізму та визначення його передатної функції

У якості виконавчого механізму обрано електропривід АМЕ655 який зображено на Рисунку 3.5 (тип керуючого сигналу аналоговий та імпульсний; напруга живлення 24 В; час руху штоку 3 або 6 с/мм; хід штоку електроприводу 50 мм, зусилля закриття 2000 Н).



Рисунок 3.5 – електропривід АМЕ655

Таблиця.3.2 — Технічні характеристики АМЕ655

Напруга живлення	24 В
Хід штока, мм	50
Максимальная температура, °С	200
Клас захисту	IP 54
Тип сигналу	Аналоговий
Сфера використання	Опалення та охолодження

Час відкриття клапану на 100%, а це для 145 м³/год, становить 150 с = 50 мм * 3 с/мм.

У піковий період має подаватися 48 м³/год води, тому маємо таку пропорцію для відкриття клапану: $145x = 100 \cdot 48 \Rightarrow 33.1$ – максимальний відсоток відкриття затвору. Так само знаходимо максимальний час відкриття заслінки на максимальний відсоток: $150 \cdot 33.1 = 100x \Rightarrow 49.65$ с. Час оберту валу на 33.1 %: $T_{BM} = 49.65$ секунд. Клапан та електропривід кінематично зв'язані. Маємо лінійну залежність між переміщенням штока електроприводу та потоком води через клапан який зображено на Рисунку 3.6:

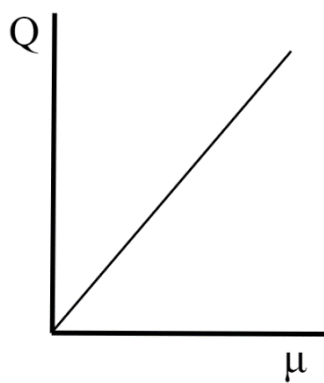


Рисунок 3.6– лінійна залежність між переміщенням штока електроприводу та потоком води через клапан (μ – переміщення штоку, Q - потік)

Знаходження передатної функції та охоплення її зворотнім зв'язком згідно з рекомендаціями виробників який зображено на Рисунку 3.7:

$$W_{BM}(s) = \frac{K_{BM}}{s} = \frac{1}{49.65 \cdot s}$$

$$W_{BM}(s) = \frac{1}{1 + \frac{1}{49.65 \cdot s}} = 0.5$$

Рис. 3.7. Знаходження передатної функції та охоплення її зворотнім зв'язком

3.5. Вибір сприймаючого елемента

Сприймаючий елемент (датчик): рекомендується вибирати датчик таким чином, щоб його діапазон вимірювання включав у себе зміни контрольованої величини та був максимально близьким до них. Також важливо враховувати потрібну перевантажувальну здатність датчика та його сумісність з обраною системою управління. Особливу увагу слід звертати на швидкодію або інерційність вимірювального пристрою, що виражається у постійній часу T .

Обрано датчик температури Pt1000 Stw-04 який зображено на Рисунку 3.8, оскільки його робочий діапазон вимірювання складає від 0 до +150 °C, також він має захисний кожух з нержавіючої сталі, який робить його стійким до корозії та інших агресивних середовищ, що задовольняє потреби для даного об'єкту.



Рисунок.3.8. Датчик температури води Raut Automatic Pt1000 Stw-04

Таблиця. 3.3 — Технічні характеристики давача температури Raut Automatic Pt1000 Stw-04

Назва	Значення
Робочий діапазон вимірюваних температур, °C	Від 0 до +150
Номінальна статична характеристика при 0 °C	100 Ом
Клас допуску, %	0.5
Довжина дроту, мм	10000
Довжина монтажної частини, мм	30
Показник теплової інерції, с	15...16
Макс. потужність, що розсіюється, мВт, не більше	0.5
Опір ізоляції при (25±10) °C та відносній вологості	100

до 80 %, МОм, не менше	
Матеріал захисної арматури	Пластик
Ступінь захисту монтажної частини	IP 54
Ступінь захисту зовнішньої частини	IP 54

Для того, щоб датчик температури не вносив динамічну похибку вимірювання, постійна часу датчика повинна бути на порядок меншою від постійної часу об'єкта управління.

Інерційність датчика складає 16 с, а постійна часу об'єкта керування значно вища, ніж даного датчика температури, то він задовольняє нас по технічним параметрам та не викличе похибки у вимірюваннях параметрів температури в обраному діапазоні.

Визначення коефіцієнта перетворення датчика температури за формулою 3.4.

$$K_{CE} = R_0 * \alpha = 100 * 3.9 * 10^{-3} = 0.39, \quad (3.4)$$

де R_0 - опір при 0 °C даного датчика, що становить 100 Ом.

α - температурний коефіцієнт опору платини, який дорівнює $3.9 * 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

Тоді передатна функція має вигляд вираз 3.5:

$$W_{CE} = \frac{0.39}{16 * S + 1} \quad (3.5)$$

Знаходимо амплітудно-частотну характеристику виконавчого пристрою (див. рис. 3.9) та час дискретизації (див. рис. 3.10) (максимально допустимий період квантування, що забезпечує максимальну похибку $\theta_{зад} = 1 \%$):

$$W_{\text{БП}}(s) = W_{\text{БМ}} \cdot W_{\text{СЕ}} \cdot W_{\text{РО}} \cdot W_{\text{ОК}} = 0.5 \cdot \frac{0.39}{16s + 1} \cdot 2.9 \cdot \frac{0.01e^{-9s}}{1700s + 1} = \frac{0.249e^{-9s}}{(16s + 1) \cdot (1700s + 1)}$$

$$\omega := 0, 0.001..1 \quad j := \sqrt{-1}$$

$$W(\omega) := \frac{0.249e^{-9j \cdot \omega}}{(16j \cdot \omega + 1) \cdot (1700j \cdot \omega + 1)} \quad A(\omega) := \sqrt{\text{Re}(W(\omega))^2 + \text{Im}(W(\omega))^2}$$

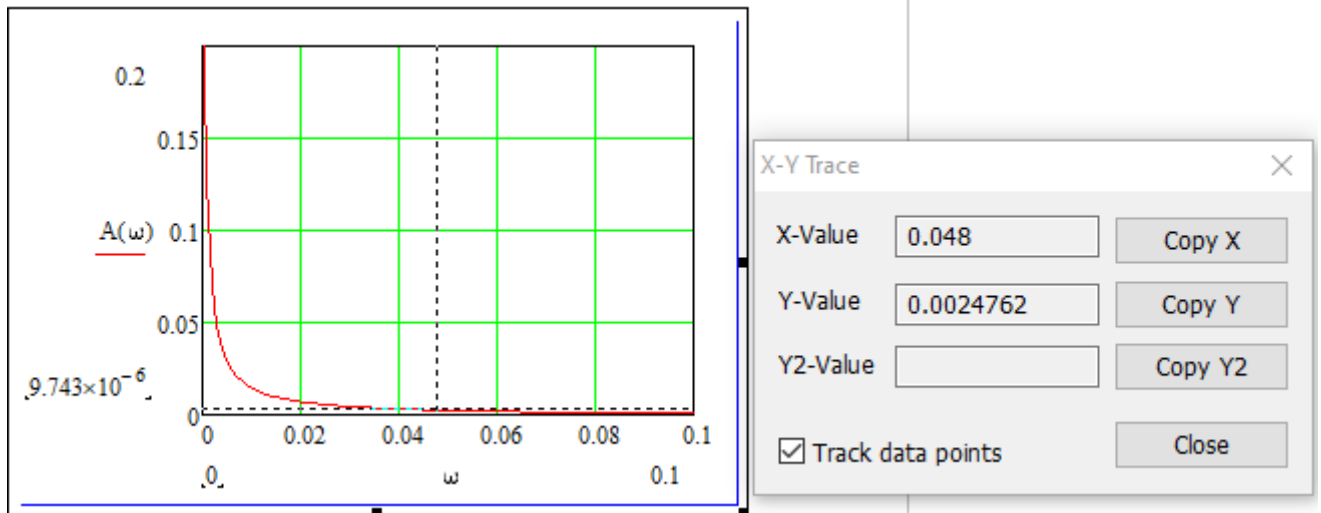


Рис. 3.9. Знаходження амплітудно-частотної характеристики виконавчого пристрою

$$A1 := A(0) \cdot 0.01 = 0.002$$

Given

$$\omega := 0.1$$

$$A(\omega) = A1$$

$$\omega1 := \text{Find}(\omega) = 0.048 \quad \leftarrow \text{Найбільша суттєва частота}$$

$$\text{Час дискретизації} \quad \frac{\pi}{\omega1} = 65.722 \quad \text{с}$$

Рис. 3.10. Знаходження часу дискретизації

3.6. Визначення параметрів ПІ-регулятора за методикою на заданий кореневий показник коливальності $m = 0.3$

Передатна функція незмінної частини визначається за формулою 3.6.

$$W(p) = \frac{0.249}{(16p+1)(1700p+1)} * e^{-9p} \quad (3.6)$$

де $k = 0.249$, $\tau = 9$ с, $T = 1700$ с, $T_{CE} = 16$ с.

Маючи функціональні залежності параметрів налаштування ПІ-регулятора від частоти можемо отримати функцію відношення $K_p(\omega)/T_i(\omega)$ та за цією функцією визначити частоту яка зображена на Рисунку 3.11, при якій параметри налаштування будуть оптимальними:

$$m = 0.3$$

$$W_o(\omega) := \frac{0.249}{[16 \cdot (-m + i) \cdot \omega + 1] \cdot [1700 \cdot (-m + i) \cdot \omega + 1]} \cdot e^{-9(-m+i) \cdot \omega}$$

$$\frac{K_p}{T_i} = KT(\omega) := \operatorname{Im} \left(\frac{1}{W_o(\omega)} \right) \cdot (m^2 + 1) \cdot \omega$$

Рис. 3.11. Задані умови

Вираховуючи частоту, яка відповідає додатному екстремуму отриманої функції (див. рис. 3.12). Оскільки об'єкт керування є низькочастотним – у наявності є кілька екстремумів, то, згідно рисунку 3.13, обрано той, при якому частота для налаштування регулятора буде найкращою.

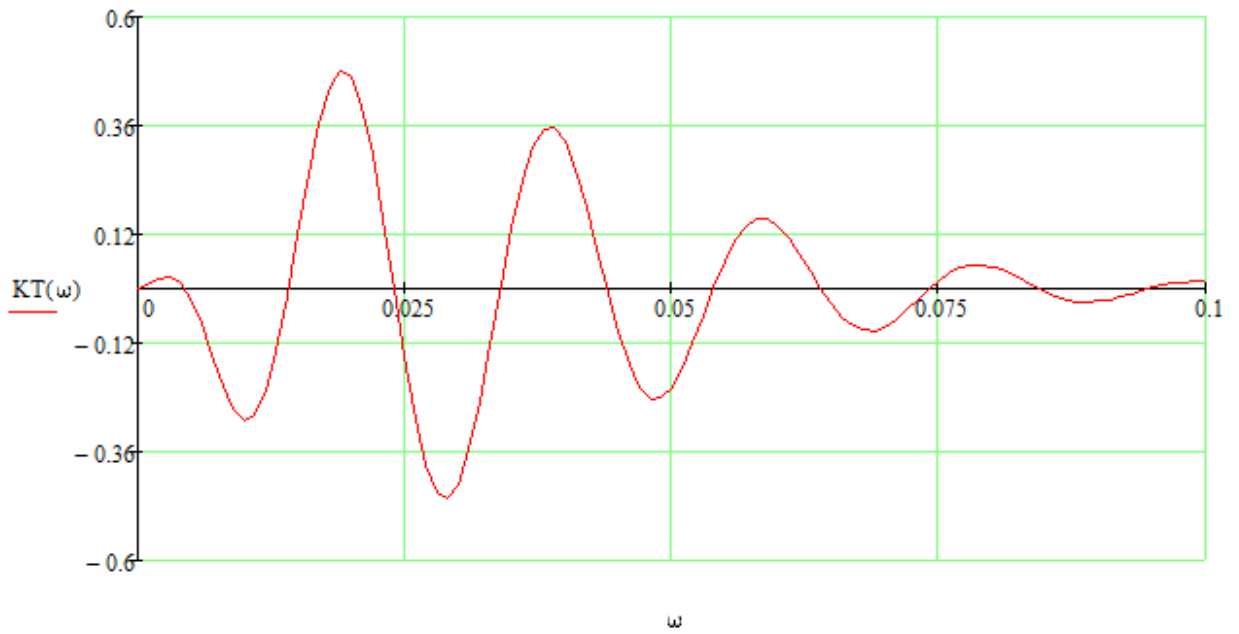


Рис. 3.12. Графік функції

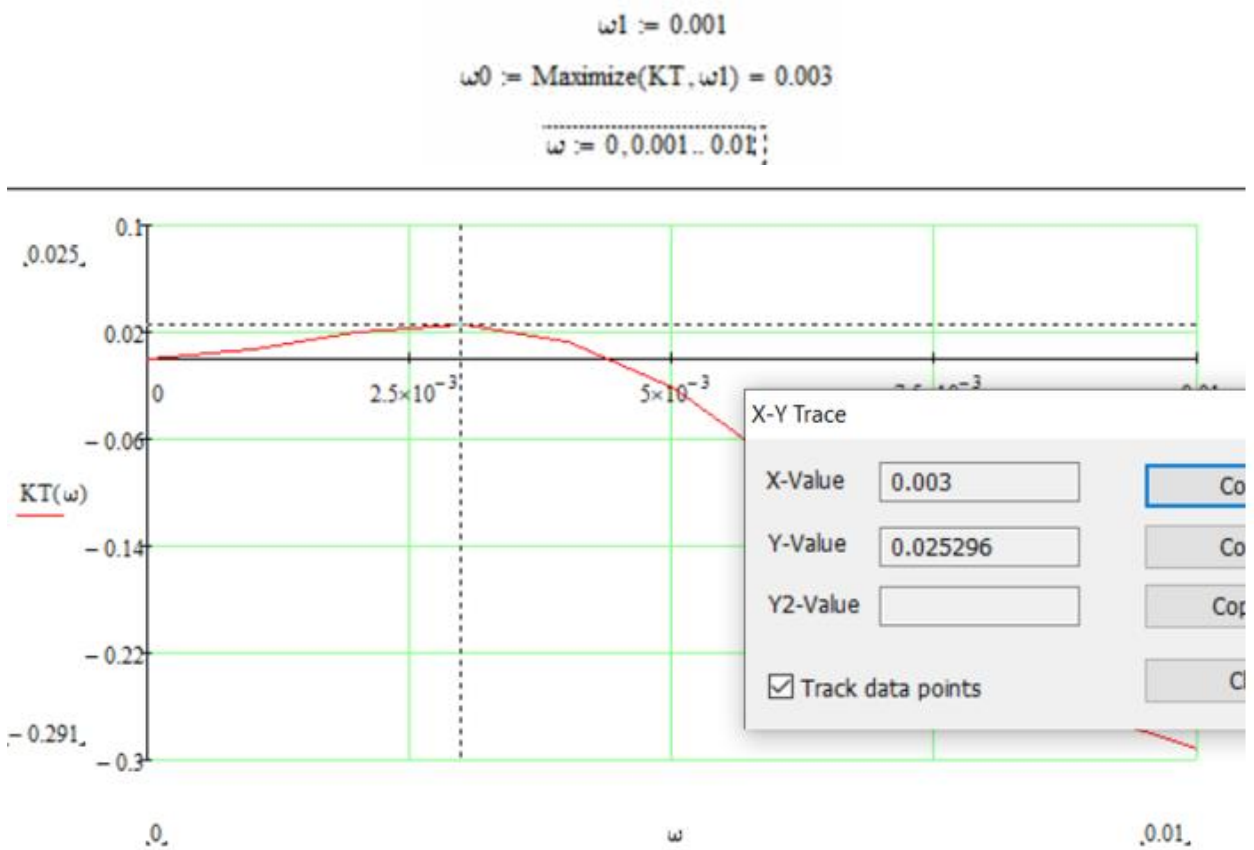


Рис. 3.13. Знаходження додатного екстремуму функції та визначення його частоти

За отриманим значенням частоти розраховано параметри налаштування ПІ-регулятора. Оскільки результати застосування всіх трьох способів приблизно однакові, згідно рисунку 3.14, можна стверджувати про правильність розрахунків:

$$\omega_0 := 0.003$$

$$K_p := m \cdot \operatorname{Im}\left(\frac{1}{W_0(\omega_0)}\right) - \operatorname{Re}\left(\frac{1}{W_0(\omega_0)}\right) = 19.293$$

$$T_i := \frac{K_p}{\operatorname{Im}\left(\frac{1}{W_0(\omega_0)}\right) \cdot (m^2 + 1) \cdot \omega_0} = 623.799$$

Рис. 3.14. Налаштування регулятора

На рисунку 3.15. побудовано графік перехідного процесу, використовуючи метод Солодовнікова:

$$W(\omega) := K_p \cdot \left(1 - i \cdot \frac{1}{T_i \cdot \omega}\right) \cdot \frac{0.249}{(16 \cdot i \cdot \omega + 1) \cdot (1700 \cdot i \cdot \omega + 1)} \cdot e^{-9 \cdot i \cdot \omega} \quad \omega := 0, 0.001 \dots 0.1 \quad t := 0, 1 \dots 7000$$

$$W_{zam}(\omega) := \frac{W(\omega)}{1 + W(\omega)}$$

$$x(t) := \frac{2 \cdot \int_0^5 \operatorname{Re}(W_{zam}(\omega)) \cdot \frac{\sin(\omega \cdot t)}{\omega} d\omega}{\pi}$$

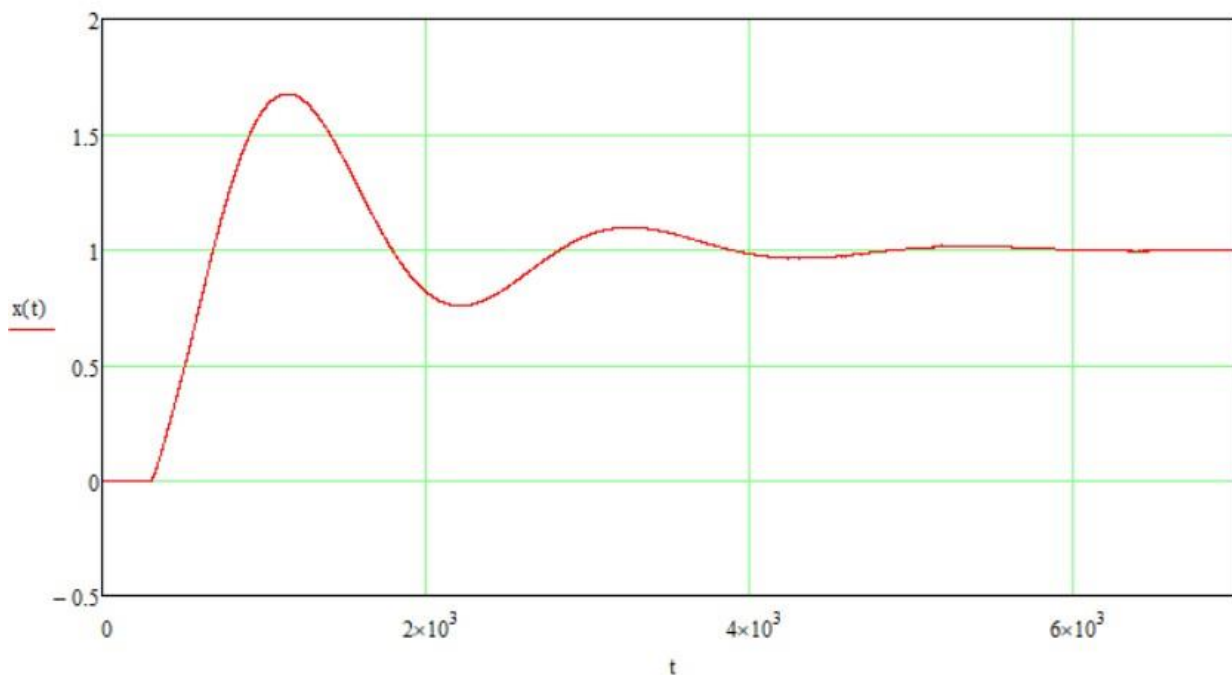


Рис. 3.15. Графік перехідного процесу

Отже, згідно виразу 3.7, передатна функція ПІ-регулятора має наступний вигляд.

$$W_{\text{ПІ}}(s) = 19.293 * \left(1 + \frac{1}{623.8*s}\right) = \frac{19.293*623.8s+19.293}{623.8s} \quad (3.7)$$

На рисунку 3.16 було взято наступний додатний екстремум, повторюючи попередні кроки для знаходження передатної функції ПІ-регулятора (див. рис. 3.17 та 3.18).

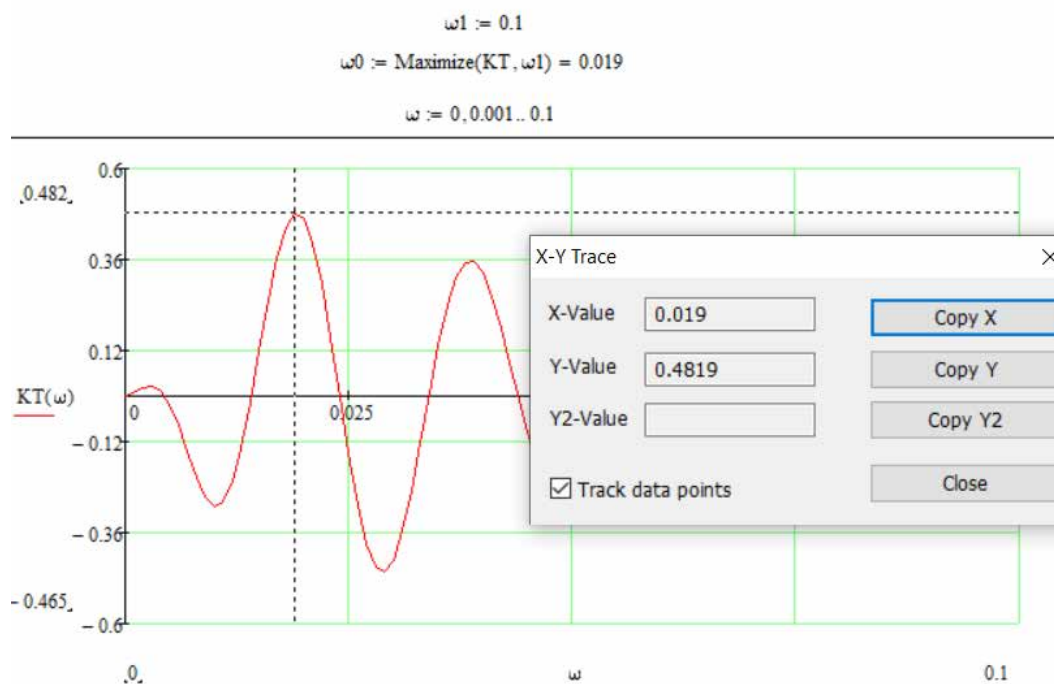


Рис. 3.16. Знаходження другого додатного екстремуму функції та його частоти

$$\omega_0 := 0.019$$

$$K_p := m \cdot \text{Im}\left(\frac{1}{W_o(\omega_0)}\right) - \text{Re}\left(\frac{1}{W_o(\omega_0)}\right) = 6.556$$

$$T_i := \frac{K_p}{\text{Im}\left(\frac{1}{W_o(\omega_0)}\right) \cdot (m^2 + 1) \cdot \omega_0} = 13.604$$

Рис. 3.17. Налаштування ПІ-регулятора при $\omega_0 = 0.019$

$$W(\omega) := K_p \cdot \left(1 - i \cdot \frac{1}{T_i \cdot \omega} \right) \cdot \frac{0.249}{(16 \cdot i \cdot \omega + 1) \cdot (1700 \cdot i \cdot \omega + 1)} \cdot e^{-9 \cdot i \cdot \omega} \quad \omega := 0, 0.001 .. 0.1 \quad t := 0, 1 .. 7000$$

$$W_{zam}(\omega) := \frac{W(\omega)}{1 + W(\omega)}$$

$$x(t) := \frac{2 \cdot \int_0^5 \operatorname{Re}(W_{zam}(\omega)) \cdot \frac{\sin(\omega \cdot t)}{\omega} d\omega}{\pi}$$

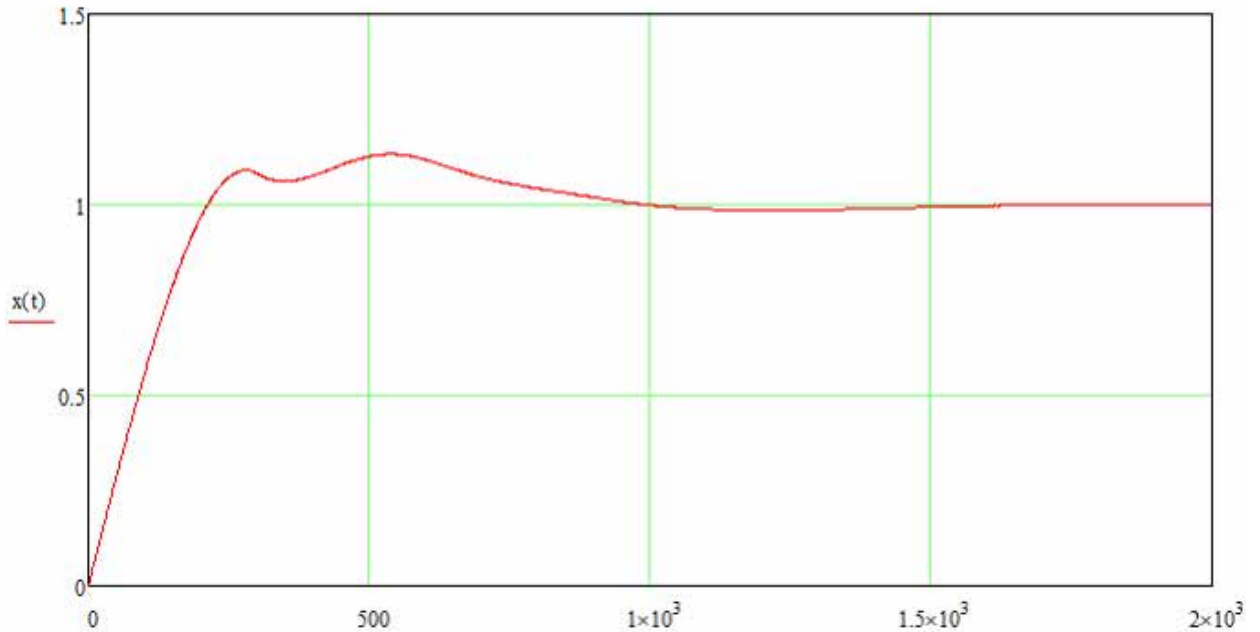


Рис. 3.18. Перехідний процес при $\omega_0 = 0.019$

Як видно, графік перехідного процесу кращий, ніж при частоті 0.003. Передатна функція ПІ-регулятора при частоті 0.019 має вигляд (3.7):

$$W_{PI}(s) = 6.56 * \left(1 + \frac{1}{13.6*s} \right) = \frac{6.56*13.6s+6.56}{13.6s} \quad (3.7)$$

3.7. Створення структурно-алгоритмічної схеми скоректованої системи

На рисунку 3.19 показано структурно-алгоритмічну схему неперервної системи із ПІ-регулятором:

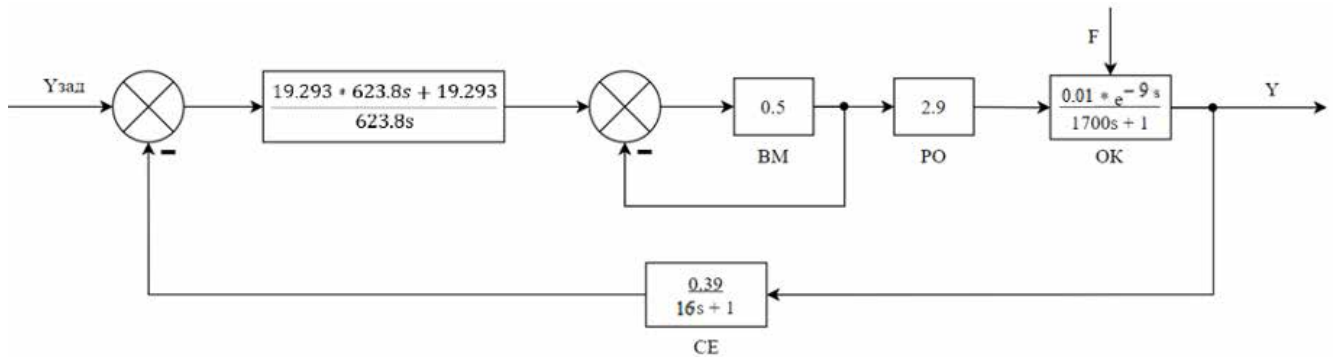


Рис. 3.19. Структурно-алгоритмічна схема неперервної системи із ПІ-регулятором

ВМ – виконавчий механізм; РО – регулюючий орган; ОК – об’єкт керування; СЕ – сприймаючий елемент; F – збурення.

3.8. Створення Simulink-моделі скоректованої системи з цифровим ПІ-регулятором та отримання перехідної характеристики цифрової скоректованої системи

На рисунку 3.20 показано Simulink-модель системи із цифровим ПІ-регулятором, при частоті 0.003:

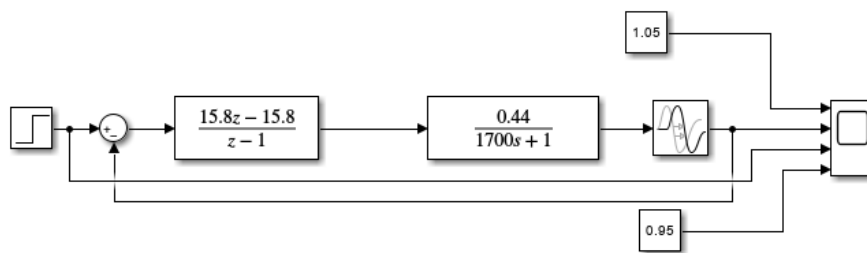


Рис. 3.20. Simulink-модель при частоті 0.003

На рисунку 3.21 показано Simulink-модель системи із цифровим ПІ-регулятором, при частоті 0.019:

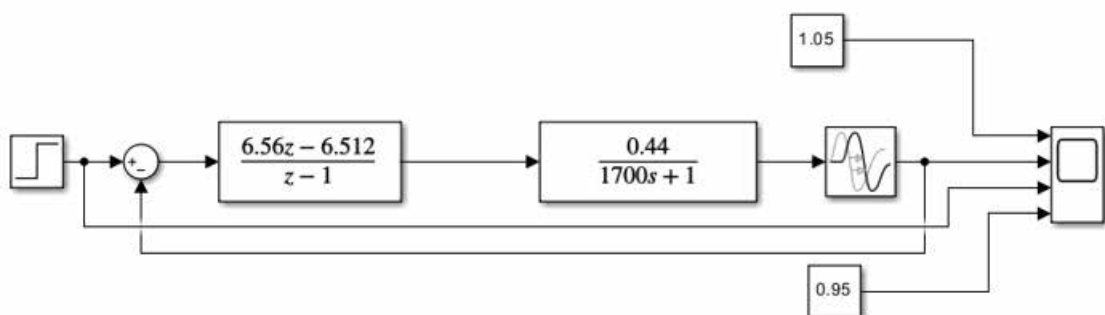


Рис. 3.21. Simulink-модель при частоті 0.019

Налаштувавши елементи, перейдено до отримання передатної функції цифрового регулятора в Z-перетворенні. У командному рядку проведено наступні розрахунки (див. рис. 3.22 та 3.23). Примітка: час дискретизації обираємо $t_d < t_r$, де t_r – граничний час дискретизації. Нехай $t_d = 0.1$ с.

```
>> Wpi=tf([19.3*623.8 19.3], [623.8 0])
```

```
Transfer function:
1.204e004 s + 19.3
-----
      623.8 s
```

```
>> Wpiz=c2d(Wpi, 0.1)
```

```
Transfer function:
19.3 z - 19.3
-----
      z - 1
```

```
Sampling time: 0.1
```

Рис. 3.22. Z-перетворення при налаштуваннях частоти 0.003

Для частоти 0.019:

```
>> Wpi=tf([6.56*13.6 6.56], [13.6 0])
```

```
Transfer function:
89.22 s + 6.56
-----
      13.6 s
```

```
>> Wpiz=c2d(Wpi,0.1)
```

```
Transfer function:
6.56 z - 6.512
-----
      z - 1
```

```
Sampling time: 0.1
```

Рис. 3.23. Z-перетворення при налаштуваннях частоти 0.019

На рисунку 3.24 проведено моделювання, при якому були отримані графіки перехідного процесу:

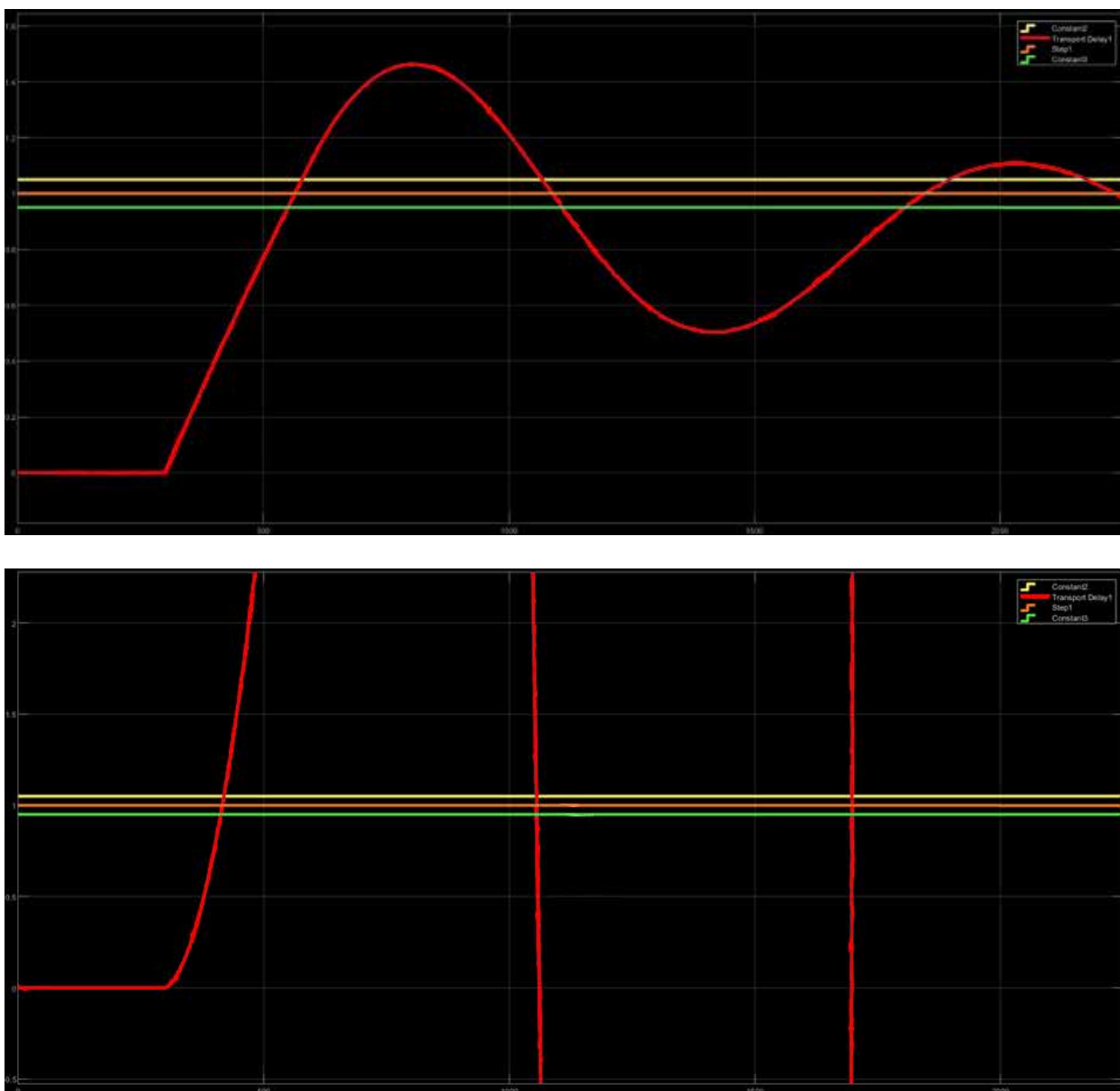


Рис. 3.24. Графіки перехідного процесу об'єкта з цифровим регулятором при частотах 0.003 та 0.019 відповідно

Як видно, при $t_d = 0.1$ с та з налаштуваннями при частоті 0.003 наявність цифрового регулятора задовольняє вимогам технологів. А при $t_d = 0.1$ с та з налаштуваннями при частоті 0.019 – система розходиться та є нестійкою, тому приймається ПІ-регулятор із налаштуваннями згідно першого додатного екстремуму (частота 0.003).

Показники якості системи визначені за рисунком 4.3 (частота 0.003):

– статична похибка $\delta = \frac{U_{\text{зад}} - U_{\text{уст}}}{U_{\text{зад}}} * 100\% = \frac{1-1}{1} * 100 = 0 \%$;

– час регулювання $t_p = 2250 \text{ с}$;

– перерегулювання $\sigma = \frac{U_{\text{мах}} - U_{\text{уст}}}{U_{\text{уст}}} * 100\% = \frac{1.462-1}{1} * 100 = 46.2 \%$;

– коливальність $n = 3$.

4. РОЗРОБКА СХЕМ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

4.1. Вибір технічних засобів

Для реалізація розроблюваної автоматичної системи керування теплицею з безґрунтовим способом вирощування рослин в умовах наближених до промислових використання платформи Arduino, буде недоцільним. Адже при таких умовах є необхідність не тільки збору та обробки інформації від вимірювальних датчиків, але й забезпечувати керування великою кількістю потужних виконавчих елементів. Тому для керування такою системою найкращим вибором буде застосування повноцінного програмованого логічного контролера (ПЛК). Перевагою ПЛК є те, що даний пристрій майже не потребує обслуговування, а налаштування здійснюється за допомогою персонального комп'ютера. Проаналізувавши ринок контролерів за характеристиками та вартістю для побудови розроблюваної системи був обраний контролер фірми “ОВЕН” ПЛК160. Даний ПЛК обладнаний с дискретними та аналоговими входами/виходами та застосовується для побудови систем автоматичного керування. Обраний контролер має наступні переваги та характеристики: – наявність вбудованих дискретних входів/виходів на борту; – наявність вбудованих аналогових входів/виходів; – швидкісні входи для оброблення енкодерів; – ведення архіву роботи, при підключенні до контролера usbнакопичувачів; – просте та зручне програмування у системі codesys v. 2; – передавання даних на верхній рівень через Ethernet або GSM-мережі; – 3 послідовних портів (RS-232, RS 485); – живлення: 220 В та 24 В.



Рис 4.1 – Програмований логічний контролер ПЛК160



Рис4.2. Водогрійний котел Vitomax 200-LW

У данному випадку система має такі характеристики: Котел об'ємом 6.8 м³, Висота 4 м, діаметр, 0.8 м³. Циркуляційний насос для систем опалення Grundfos UPS 25-40-130 (Див. 4.3) потужність 35 Вт, з'єднання 130мм.



Рис.4.3 Циркуляційний насос для систем опалення Grundfos UPS 25-40-130

Високопродуктивний електричний насос для бензину та дизельного пального PL-ATEX-43/380 показано на рисунку 4.4.: потужність 4кВт, схема з'єднання 90мм.



Рисунок 4.4- Високопродуктивний електричний насос для бензину та дизельного палива

Системні насоси Hayward HCP10253E3 KA250 T1.B IE3 (380 В, 44 м³/год, 2.5 HP) потужність 2.3 кВт, з'єднання 90 мм, показано на рисунку 4.5:



Рисунок 4.5 – Системний насос

Насос подачі води Hayward HCP10303E KA300 IE3 (380 В, 48 м³/год, 3 HP), потужність 2.76 кВт, з'єднання 90 мм, показано на рисунку 4.6:



Рисунок 4.6 – Насос подачі води

Проміжне реле: HARMONY RXG – 1 C/O стандарт – 24 VDC, показано на рисунку 4.7:



Рис. 4.7. Реле

Датчик температури повітря: NTC, НАСНІТ, показано на малюнку 4.8, Приладдя для управління температурним режимом



Рис4.8. Датчик температури повітря NTC, НАСНІТ

Таблиця4.2 — Технічні характеристики датчика температури повітря NTC, НА

Серія продукту	Modicon M171/M172
Категорія аксесуара/запасної частини	Приладдя для управління температурним режимом
Тип аксесуара/запасної частини	Щуп
Додаткова інформація	
Тип датчика температури	NTC
Монтаж пристрою	Настінний
Монтажна опора	Монтажна коробка
Тип виходу	NTC 10 кОм/25 °С +/- 1 °С
Конкретне застосування виробу	Вимірювання зовнішньої температури
Діапазон вимірювань	- 50...100 °С
Електричне з'єднання	Гвинтові затискачі
Спосіб кріплення	2 точки кріплення
Ширина	69 мм
Висота	75 мм
Глибина	44 мм

Перепад тиску вимірюється за допомогою датчика АН.ДАТЧИК ТИСКУ 16 BAR 4 20МА M12 Schneider Electric XMLK016B2D21 (рис.4 . 1 0). Даний прилад має діапазон (0,25÷3,5) бар,ступінь захисту IP20. Клас точності 0,5



Рис.4.10. Аналоговий датчик тиску 16 BAR 4 20МА M12 Schneider Electric XMLK016B2D21

Таблиця 4.3 — Технічні характеристики 9АН.ДАТЧИК ТИСКУ 16 BAR 4 20МА M12 Schneider Electric XMLK016B2D21

Технічні характеристики:
Робочий тиск:
<ul style="list-style-type: none"> • Діапазон: 0...16 бар • Перевантаження: до 24 бар • Розрив тиску: 32 бар
Среда встановлення:
<ul style="list-style-type: none"> • Рідини та газу, сумісні з матеріалами датчика (нержавіюча сталь AISI 316L, EPDM, PTFE)
Температурний діапазон:
<ul style="list-style-type: none"> • Робочий: -20°C...+85°C • Зберігання: -40°C...+100°C
Електричне з'єднання:
<ul style="list-style-type: none"> • Роз'єм M12, 4-контактний • Напруга живлення: 10...30 В постійного струму • Споживання струму: ≤ 20 мА • Вихідний сигнал: 4...20 мА • Клас захисту: IP67 • Вага: 50 г

Клапан 3-ходовий з електромеханічним приводом Salus PMV31 див рис. 4.11.

Технічні характеристики наведені у табл.4.4



Рисунок 4.11 — PMV31

Таблиця 4.4 — Технічні характеристики PMV31

Напруга живлення	230В
Макс. навантаження	3А
Споживання електроенергії	6 Вт
Діапазон температури рідини	5...88°C
Максимальний статичний тиск	8,6 бар
Диференціальний тиск 1"	0,8 бар
Клас захисту	IP 20

Перехідник KALDE з зовнішньою різьбою див Рисунок 4.12.



Рисунок 4.12 — Перехідник KALDE

4.2. вибір пускозахисної апаратури

Автоматичний вимикач QF1-QF5: для вибору автоматичних вимикачів обираємо той, який буде підходить для двигуна $P = 2.8/2.3$ кВт, $I_H = 5.1/4.8$ А, $I_{\text{пуск}} = 8.8/8.3$ А, $U_{\text{н.м.}} = 380$ В. Згідно приведених умов обираємо автоматичний вимикач Schneider Electric EZ9 3P, 10А, С, дивитися Рисунок 4.13 (3 полюси, $U_H = 400$ В, $I_H = 10$ А, частота 50 Гц, змінний тип напруги)



Рисунок4.13 – Трьохфазний автоматичний вимикач

Двопозиційні аварійні перемикачі SA1: за напругою > 380 В та за струмом > 8.8 А . Згідно приведених умов обираємо двопозиційний кулачковий аварійний перемикач TeSys VARIO дивитися Рисунок4.14, 3-полюсний ON-OFF (0-1) 80 А (згідно суми пускових струмів) Schneider Electric ($I_n = 57$ А $U_n = 400$ В)



Рисунок4.14 – Двопозиційний аварійний перемикач

Теплові реле перевантаження: для наявних двигунів з $U_n = 380$ В та максимальним пусковим струмом $I_{пуск} = 8.8$ обираємо TeSys LRD 7-10 А дивитися Рисунок4.15, для захисту 3-х фазних двигунів при 400 В. У ньому передбачено регулятор температури, селектор ручного й автоматичного скидання, тестовий селектор для імітації кнопок відключення, скидання та зупинки, прапорець індикації та 2 допоміжні контакти 1NO+1NC для сигналізації про несправність. Підключення здійснюється за допомогою гвинтових клем, підключається безпосередньо до нижніх клем 3-полюсних контакторів LC1D09-D38. Монтаж здійснюється на DIN-рейку або гвинтове кріплення, окремо від контактора, за допомогою клемної колодки LAD7B106 (замовляється окремо)



Рисунок 4.15– Теплове реле перевантаження

Контактори: обрано контактори з номінальною напругою 380-400 В, номінальним струмом 12 А, котушкою на 24 В (тому що схема керування має 24 В). Контактор TeSys D дивитися Рисунок 4.16, 3 полюси (3 NO), для керування двигуном до 12 А. Котушка змінного струму 24 В 50/60 Гц, вбудовані допоміжні контакти 1NO+1NC (дзеркально сертифіковані NC), підключення здійснюється за допомогою гвинтових клем. Для робочої швидкості до 3600 циклів/год і навколишнього середовища до 60 °С він забезпечує високу надійність і довговічність. Компактний (ширина 45 мм), монтаж здійснюється на DIN-рейку або кріплення гвинтами



Рисунок 4.16 – Контактор

Лампа аварії: Harmony XB5 22 мм, дивитися Рисунок 4.17, 24 В, біла, Schneider Electric (номінальна напруга живлення 24 V AC/DC, 50/60 Hz)



Рисунок 4.17 – Сигнальна лампа

Кнопки старт/стоп SB1-SB10: Harmony XB5 22 мм, 24 В, зелена, з підсвіткою, з поверненням, Schneider Electric; Harmony XB4 кнопка 22 мм, 24В, червона, з поверненням, з підсвіткою, Schneider Electric, дивитися Рисунок4.18



Рисунок 4.18– Кнопки старт/стоп

Трипозиційні перемикачі: 1-0-2 у зборі, з фіксацією, IP67, 2NO, серія Harmony XB5, Schneider Electric, дивитися Рисунок4.19



Рисунок 4.19– Трипозиційний перемикач

Запобіжники: 14x51 GF 16A Schneider Electric,Рисунок 4.19



Рисунок 4.21– Запобіжник

Трансформатор: Modicon Transformer Optimized 230-400В 1x24В 1000Ва
Schneider Electric,Рисунок 4.20



Рисунок 4.21– Понижуючий трансформатор

4.3. Вибір проводів та кабелів

Монтаж у щитах буде здійснюватися за допомогою кількох типів кабелів. Кабель вибирається за найбільшим номінальним струмом. Для системних, наповнюючих та дозуючих насосів маємо такі тривалі струми: $I_H = 4.8/5.1$ А; $I_H = 1.6$ А.

Кабель повинен витримувати тривалий струм 5.1 А, із терміном служби 25-30 років та щільністю струму 5-10 А/мм². Надійним та підходящим кабелем є КВВГнгд 4x2.5 (4 жили, переріз жили 2.5 мм², матеріал жили мідь, температура експлуатації -50 до +50 °С, 10 м), показано на рисунку 4.22:

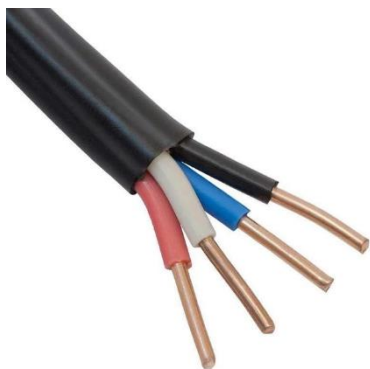


Рис. 4.22. Зовнішній вигляд кабелю ВВГнгд

Кабель для підключення датчиків температури та рН: МКЕШ 3x0.35, довжина 10 м. Кабель гнучкий; екран – мідний дріт, щільність обплетення не менше 65%; оболонка – полівінілхлоридний пластикат, показано на рисунку 4.23:



Рис. 4.23. Зовнішній вигляд кабелю МКЕШ 3x0.35

Кабель для підключення датчиків ЕС: оскільки ці датчі мають вбудовані датчі температури, то було обрано МКЕШ 6x0.35, 10 метрів. Кабель гнучкий; екран – мідний дріт, щільність обплетення не менше 65%; оболонка – полівінілхлоридний пластикат, показано на рисунку 4.25:



Рис. 4.24. Зовнішній вигляд кабелю МКЕШ 6x0.35

4.4. Розробка принципової схеми

Принципові електричні схеми - це документи, що розробляються на основі функціональних схем автоматизації, що визначають повний склад електричних елементів і зв'язків між ними, а також дають детальне уявлення про принципи роботи схеми. [1, с. 63].

Автоматичне керування роботою котла базується на рівні води (всередині встановлений поплавковий вимикач, який зупиняє насос наповнення при досягненні певного рівня) та показниках датчиків палива, що передаються до ПЛК. Для наповнення резервуару використовуються насоси, а двигун МЗ подачі працює з певними інтервалами. Вода забирається і подається з котла системними насосами. При спрацюванні поплавкового вимикача насоси наповнення вимикаються, що зупиняє подачу води та палива.

Перехід на ручний режим роботи здійснюється перемикачами SA2-SA6 та кнопками SB1-SB10, де парні номери відповідають кнопкам зупинки, а непарні – кнопкам запуску. Оскільки схема надзвичайно складна (див. рис. 4.25), було вирішено спростити елементи кнопок пуск/стоп (див. рис. 4.26):

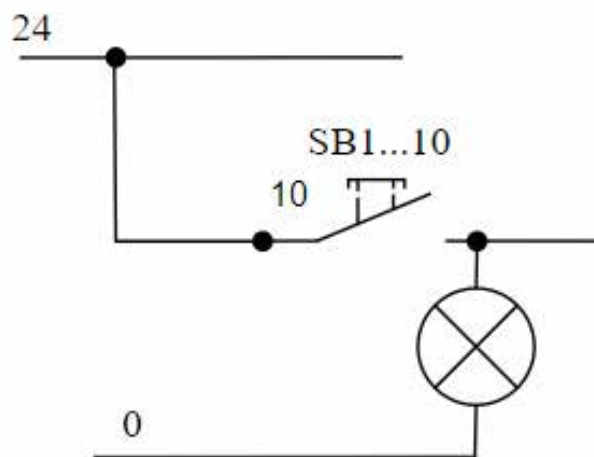


Рис. 4.25. Позначення кнопки на електрично-принциповій схемі

4.5. Схеми системи автоматизації

4.5.1. Розробка схеми з'єднань

Згідно з ДСТУ ГОСТ 2.702–2013 “Правила виконання електричних схем” схеми з'єднань – це схеми, на яких зображують з'єднання складових частин установки або

виробу. Вони розробляються на основі принципів схем живлення та використовуються під час виконання монтажних і налагоджувальних робіт.

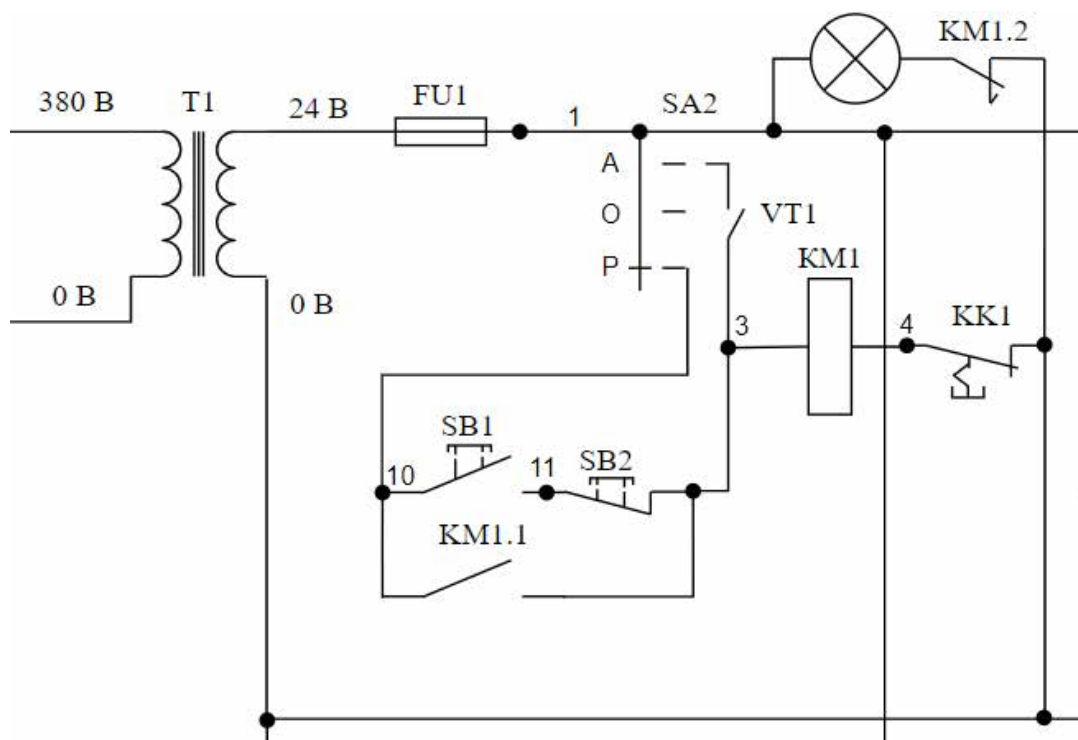


Рис. 4.26. Спрощене позначення кнопки на електрично-принциповій схемі

Схеми з'єднань виконують на підставі таких загальних правил:

- схеми з'єднань розробляють на один щит, пульт, стив, станцію керування
- усі типи апаратів, приладів та арматури, що передбачені принциповою електричною схемою, мають бути повністю відображені на схемі з'єднань;
- позиційне позначення приладів та засобів автоматизації, а також маркування ділянок кіл, що прийняті на принципівих схемах, потрібно зберегти на схемі з'єднань.

Застосовують три способи виконання схем з'єднань: адресний, графічний і табличний. Для перших двох, крім зазначених вище правил, слід виконувати ще декілька:

- щит або шафу керування розвертають в одну площину, показуючи лише ті їхні конструкції, на яких розміщуються прилади та засоби автоматизації; при цьому зберігають взаємне розміщення приладів та засобів автоматизації;
- прилади та засоби автоматизації показують спрощено без збереження масштабу

у вигляді прямокутників, над якими розміщують кола, розподілені рисою навпіл; цифри над рисою вказують порядковий номер виробу (номера присвоюються попанельно зліва направо і зверху вниз), а під рисою – позиційне позначення цього виробу (відповідно до принципової електричної схеми); за потребою показують внутрішню схему апаратів;

- вивідні затискачі зображують колами, у середині яких показують їхнє заводське маркування; якщо у вивідних апаратів заводського маркування немає, то їх маркують умовно арабськими цифрами, що зумовлено пояснювальними надписами; слід зазначити, що маркування проводів і позначення затискачів на схемах з'єднань є незалежними;

- платам, на яких розміщуються резистори, конденсатори та інші елементи, присвоюється лише порядковий номер (проставляється в колі над рисою); позиційне позначення елементів розміщують у безпосередній близькості від їхнього умовного графічного позначення;

Адресний спосіб є найбільш поширеним і полягає в тому, що лінії зв'язку між окремими елементами апаратів, які встановлюють на щиті або на пульті, не показують, а замість цього у місці приєднання проводу на кожному апараті або елементі проставляють цифрову або літерно-цифрову адресу того апарата або елемента, з яким він електрично має бути зв'язаний (позиційне позначення згідно з принциповою схемою) або порядковий номер елемента. Це не загромаджує схему лініями зв'язку, що дає змогу її легко читати.

4.5.2 Розробка схеми підключень

Згідно з ДСТУ ГОСТ 2.702:2013 «Правила виконання електричних схем» схеми під'єднань показують зовнішнє під'єднання апаратів, установок щитів, пультів і т.д. Такі схеми виконують на підставі принципів схем живлення, специфікацій приладів і обладнання а також креслень виробничих приміщень із розміщенням технологічного обладнання та трубопроводів. Їх використовують під час монтажу проводок, що забезпечують живлення щитів, пультів, установок, приладів та апаратів.

Практично використовують дві побудови схем під'єднань: графічну та табличну.

Більш поширеною є графічна. При цьому умовними графічними позначеннями зображують: відбірні пристрої та первинні перетворювачі; щити, пульти та локальні пульти керування, контролю, сигналізації та вимірювання; позащитові прилади та засоби автоматизації; з'єднувальні та протяжні коробки, вільні коробки кінців термпари, електропроводки та кабелі, що прокладаються поза щитами; вузли приєднання електропроводів і приладів, апаратів та коробок; забірну апаратуру, елементів для з'єднання та відгалуження; комутаційні затискачі, розміщені поза щитами; захисне заземлення.

Шафи, пульти, окремі прилади та апарати зображують у вигляді прямокутників або кіл, всередині яких розміщують відповідні надписи. Зв'язки одного призначення на схемах підключень показують суцільними лініями, і лише в місцях приєднання для приладів виконавчих механізмів та до інших апаратів проводи розділяють, щоб провести їх маркування.

На лініях зв'язку, що означають проводи або кабелі, вказують номер проводки (підключення), марку, переріз та довжину проводів і кабелів (якщо проводка виконана в трубі, то необхідно вказати також характеристику труби). Проводи, джгути та кабелі показують лініями товщиною 0.4...1 мм. Схеми підключень виконують без збереження масштабу у вигляді, зручному для користування.

4.5.3 Розробка щита управління

Щити управління виконують функцію пунктів контролю, керування та сигналізації. Їх розташовують у спеціальних приміщеннях (операторські, апаратні тощо). Ці щити призначені для розташування засобів контролю та керування технічними процесами, контрольно-вимірювальними приладами, сигнальними пристроями й т. д.

Розміри обладнання

Тип	Розміри, мм		
	Ширина	Висота	Глибина
Автоматичний вимикач QF – QF	54	81	66.5
Теплове реле перевантаження КК – КК	45	66	70
Контактор КМ – КМ	45	77	86
Сигнальна лампа (аварія) НЛ – НЛ	30	42	57
Кнопки старт/стоп SB – SB1 (парні - стоп)	30	42	57
Трипозиційний перемикач SA – SA	30	42	70
Понижуючий трансформатор Т	174	148	183
Двопозиційний аварійний перемикач QS	60	83	60

Загальна робоча ширина задньої панелі в мм $54 \cdot 5 + 174 = 444$.

Загальна робоча висота задньої панелі в мм $81 + 66 + 77 = 224$.

Загальна робоча глибина 200 мм.

Знаючи розміри обраного обладнання, обираємо шафу із невеличким запасом - бокс монтажний навісний BW t=1,2-(500x400x200) IP65 У2 без панелі, металевий замок Билмакс, DIN-рейки монтуються окремо, товщина металу 1.2 мм(Див Рис.4.28) :



Рисунок 4.27. – Щит управління

Характеристики:

- Виробник: Шнайдер Електрик
- Ряд: Просторовий CRN
- Тип монтажу панелей: Навісне
- Панелі: Монтажні
- Матеріал корпусу: сталь
- Колір корпусу: сірий
- Матеріал дверей: сталь
- Колір дверей: сірий
- Кількість секцій щита: 1
- Обладнання: Замок, з фланцем
- Ступінь захисту, IP: IP65
- Клас захисту, IK: IK10
- Вогнестійкість: -
- Клас ізоляції: Я
- Ширина, мм: 800
- Висота, мм: 1000
- Глибина, мм: 300

4.5.4 Розрахунок надійності системи автоматичного керування

Надійність визначають як властивість об'єкта виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників у заданих межах.

Надійність функціонування окремих елементів всієї системи регламентується ДСТУ 2860-94 "Надійність техніки. Терміни та визначення".

Основним питанням в теорії надійності є відмова - це повна або часткова втрата працездатності та порушення нормального функціонування об'єкта, внаслідок чого його характеристики не відповідають певним вимогам. Відмова завжди розглядається як функція часу, яка з певною ймовірністю може існувати в будь-який момент часу, тобто момент появи відмови може розглядатись як безперервна функція

Інтенсивність відмов елементів схеми

№	Найменування	Кількість	Інтенсивність відмови елемента, 10^{-6}год^{-1}	Результуюча інтенсивність, 10^{-6}год^{-1}
1	Пакетний вимикач	1	0.175	0.175
2	Автоматичні вимикачі	5	0.13	0.65
3	Контактори	5	0.5	2.5
4	Теплові реле	5	0.4	2
5	Електродвигуни VAC	5	5.24	26.2
6	Трансформатор	1	1.04	1.04
7	Запобіжник	1	0.5	0.5
8	Лампи (аварійні)	5	0.2	1
9	Кнопки	10	0.063	0.63
10	ПЛК	1	0.5	0.5
11	Перемикачі	5	0.175	0.875
				36.07

Результуюча інтенсивність відмови всіх елементів:

$$\lambda_p = (0.175 + 0.65 + 2.5 + 2 + 26.2 + 1.04 + 0.5 + 1 + 0.63 + 0.5 + 0.875) =, \text{ год}^{-1}$$

Беремо, що термін експлуатації системи становитиме $t = 10000$ год, тобто результуючу ймовірність безвідмовної роботи системи визначимо за виразом:

$$P_{\text{рез}}(10000) = e^{-1 \cdot 36.07 \cdot 10^{-6} \cdot 10^4} = 0.7$$

Видно, що отримана надійність $P_{\text{рез}}$ відповідає заданій надійності технологіями $P_z(t)$.

5. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ОПАЛЕННЯМ В ТЕПЛИЧНОМУ ГОСПОДАРСТВІ

5.1 Операторський інтерфейс автоматизованого робочого місця оператора-технолога

Інтерфейс мобільного додатку контролю клімату



Рис. 5.1. - Інтерфейс додатку для контролю клімату

Автоматичне управління теплицею особистого садового господарства

«Розумна теплиця» Проблема теплиці вимагає щоденної уваги: відкрити двері, закрити, включити полив, вимкнути, включити опалення на ніч. Ціна помилки висока: пропустив два спекотних дня, і всі рослини в теплиці загинуть. Кожна поїздка типу «поїхати на дачу, полити» коштує від 1,5 години часу. Рішення проблеми - автономний електронний пристрій, забезпечений датчиками і виконавчими механізмами, каналом зв'язку. Функція: підтримка вологості ґрунту і температури всередині теплиці в заданому, оптимальному діапазоні. Складові системи: керуюча електроніка, GSM і Bluetooth модуль для управління і зв'язку, датчик температури і вологості повітря, водяний кран системи крапельного поливу, датчик фактичної подачі води, датчик вологості ґрунту, силове реле, електропривод стулки вентиляції, корпус, блок живлення, світлодіоди індикації.

Можливості пристрою: повністю автономна робота; підтримка температури повітря в заданому діапазоні; підтримка вологості ґрунту; віддалений моніторинг пристрою (показники температури і вологості, всі події та спрацювання передаються по мережі GSM і видно власнику в мобільному додатку); (наприклад, перерва водопостачання, неможливість провентилювати, збій електроживлення); виконання команд (власник в будь-який момент може сам запустити будь-який механізм, або переналаштувати пристрій на нові параметри); управління по Bluetooth, якщо GSM мережу недоступна. Розумна теплиця кожні п'ять хвилин передає на центральний сервер телеметрію і приймає звітти команди на виконання, якщо вони є. Власник теплиці бачить графіки зміни температури повітря та вологості. Знає, коли включався полив, відкривалися і закривалися двері. Можна в будь-який момент змінити бажані параметри клімату в теплиці, а також виконати будь-яку команду в примусовому режимі. Для передачі даних використовується GSM.

5.2 Розроблення SCADA-системи

Розроблення SCADA-системи згідно досліджування котла, де береться до уваги: 2 насоси наповнення (резервуар, басейн); виконавчий механізм клапану; ємність; 2 системні насоси та давачі а також насос подачі палива і котел. Для спрощення та наглядної роботи системи було прибрано деякі елементи (запірна арматура, екранний фільтр тощо).

Створимо програми регулювання температури, рівня, співвідношення повітря-газ, розрідження в топці(Див. 5.1,5.2,5.3 і 5.4):

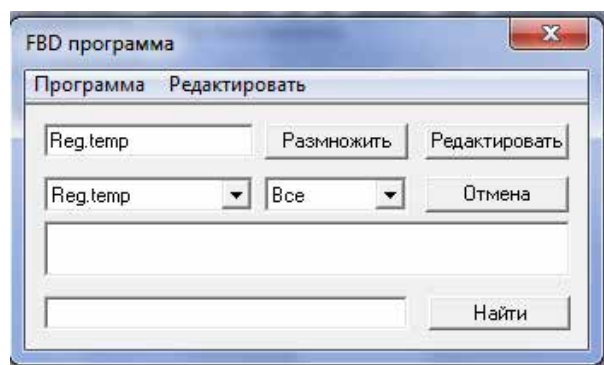


Рис. 5.2. Створення програми регулювання температури у вікні "FBD программа"

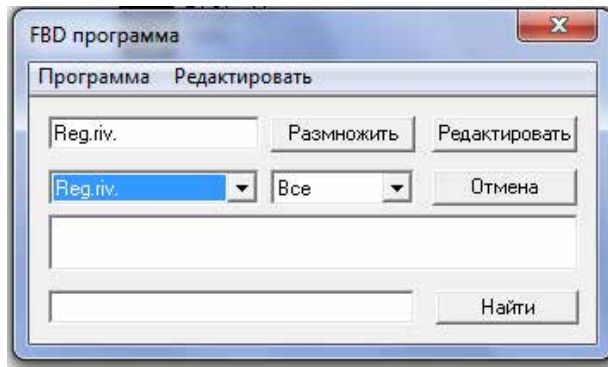


Рис. 5.3. Створення програми регулювання рівня у вікні "FBD программа"

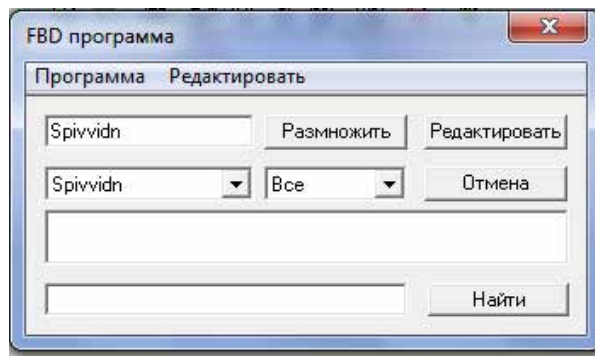


Рис. 5.4. Створення програми регулювання газу, повітря і води у вікні "FBD программа"

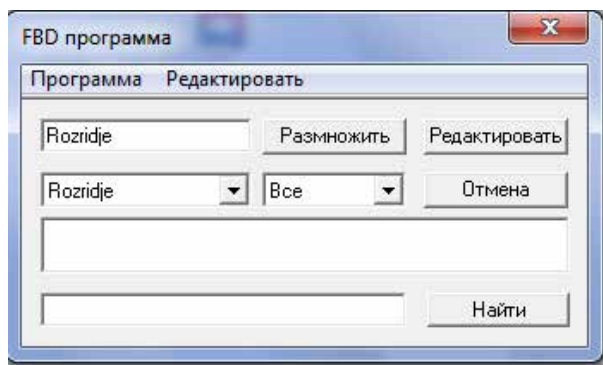


Рис. 5.5. Створення програми регулювання у вікні "FBD программа"

У робочій області редактора виводиться діаграма функціональних блоків, що реалізують необхідну функцію, список внутрішніх перемінних і діалог керування редагуванням. Після редагування, FBD програми будуть мати такий вигляд(Див. 5.6 та 5.7):

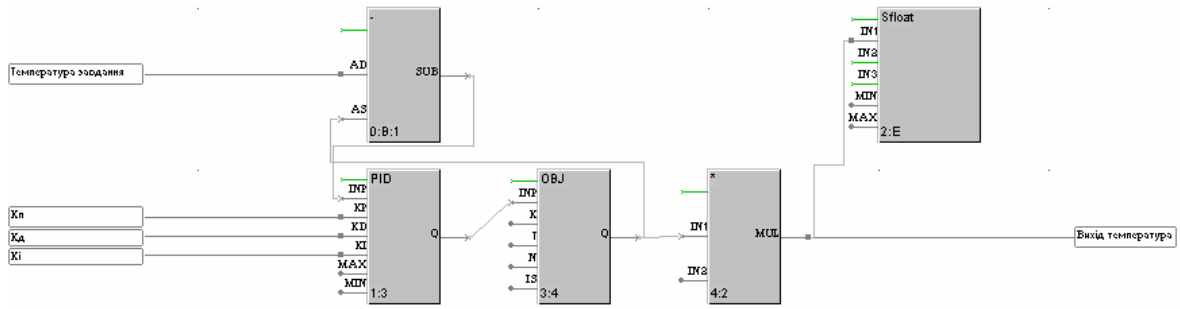


Рис. 5.6. FBD програма регулювання температури води "Reg.temp".

де:

SUB- віднімає від сигналу завдання сигнал зворотного зв'язку;

PID - реалізує регулювання за ПІД-законом

OBJ - імітує

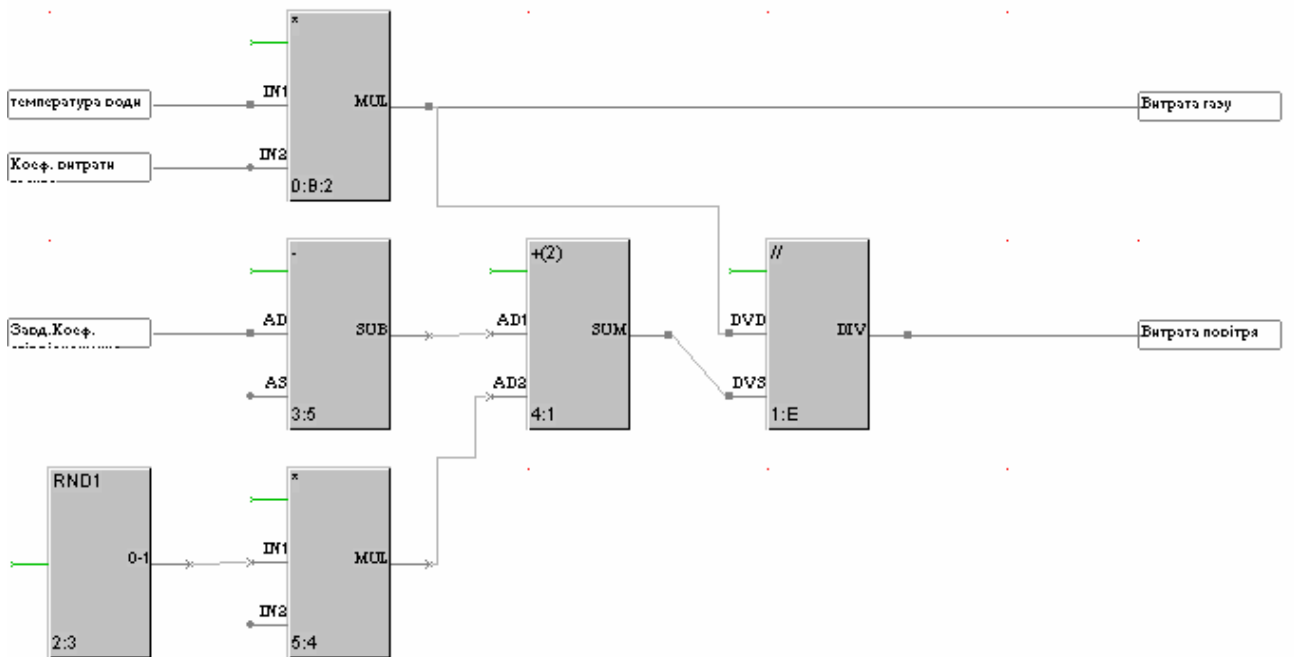


Рис. 5.7. FBD-програма регулювання співвідношення газ/повітря
«spivvidn»

де:

RND (генератор випадкових чисел) - на виході формує випадкові значення в межах від 0 до 1;

MUL * - виконує множення двох чисел, які надходять на його входи IN1 та IN2 (множника),

+(2) - здійснює арифметичне додавання двох сигналів AD1 та AD2 (аргументу на вході).

//DIV - ділить значення входу DVD на значення на вході DVS

Розробка графічних інтерфейсів полягає у розташуванні на них різних графічних компонентів. Ці компоненти можуть бути як статичними, так і динамічними.

Статичні компоненти не змінюються залежно від контрольованих параметрів і не мають інтерактивних функцій для управління інформацією на екрані. Вони слугують для створення фіксованої частини графічних інтерфейсів і тому також відомі як елементи малювання.

Динамічні компоненти, або форми відображення, прив'язані до атрибутів каналів, щоб відображати їх значення на екрані. Деякі форми відображення використовуються для зміни значень атрибутів каналів або керування інформацією, що виводиться на екран. Є також форми, які поєднують в собі обидві ці функції.

На екранах можна розташовувати набори статичних і динамічних елементів, представлених у вигляді графічних об'єктів. Екран керування "Вигляд системи" включає мнемосхему технологічного процесу з кнопками для керування ним, який зображено на Рисунку 5.9.

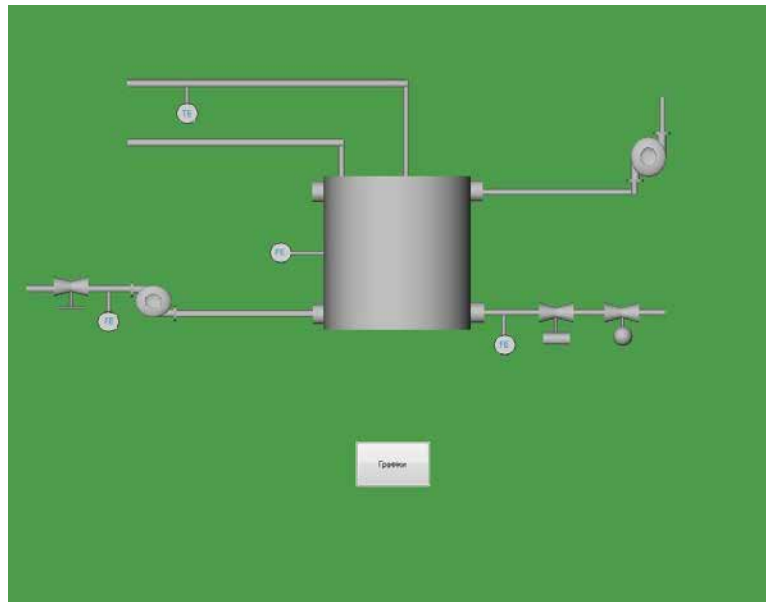


Рис. 5.9. Мнемосхема технологічного процесу

Графіки, що реєструють зміни контрольованих параметрів, розміщені на наступному екрані, який має вигляд(Рис.5.10):

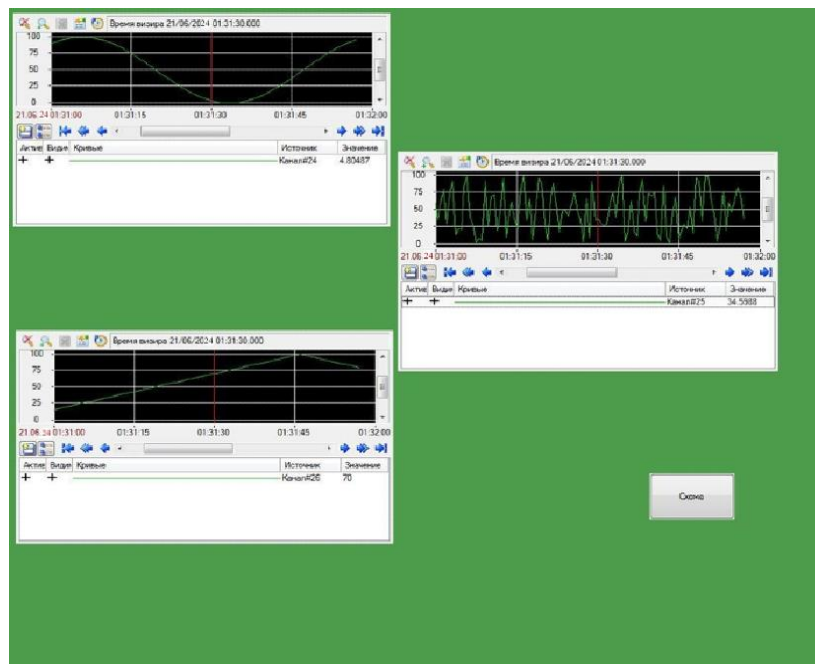


Рис.5.10. Графік витрат, температури і тиску води

6. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ САК

В контексті зростання цін на природний газ стає очевидною необхідність зменшення залежності промисловості від великої кількості газу. Використання менше газу, джерела енергії, виявляється дієвим шляхом у досягненні цієї мети. Оцінка ефективності вкладення ресурсів у встановлення котла для зменшення витрати палива є ключовим етапом у прийнятті рішення щодо інвестування у такий проект. Один з головних аспектів при розгляді інноваційних проектів, пов'язаних із змінами у виробництві теплової енергії, полягає у здатності оцінити економічні переваги таких змін. Саме тому важливо провести аналіз собівартості теплової енергії, прибутку від її виробництва та періоду окупності нововведень.

Установка котла для спалювання менше газу місцевим паливом. Такий підхід дозволить знизити витрати на паливо і, відповідно, підвищити рентабельність виробництва теплової енергії.

Таблиця 6.1. Вихідні дані для розрахунку собівартості теплової енергії

Найменування показника	Базове значення	Після реконструкції
Витрата пари D, т/год	75	75
Витрата палива V_p : - природного газу, м ³ /год	2795 —	— 35541
Ціна природного газу, грн/тис м ³	4900	—

Розрахунок собівартості теплової енергії котла до реконструкції

Витрати на паливо(природний газ):

$$Z_n = V_p \cdot C_n \cdot T,$$

де V_p – витрата палива, м³/год;

C_n – ціна палива, грн/ м³;

T – число годин роботи котла в рік, 8760 год

$$Z_{\Pi} = 5671 \cdot 4,9 \cdot 8760 = 243\,422\,004 \text{ грн/рік}$$

Витрати на воду:

$$Z_B = 5,22 \cdot T \cdot k_{\text{бвк}},$$

де $k_{\text{бвк}}$ – коефіцієнт, що враховує безповоротні втрати конденсату;

$$Z_B = 5,22 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,15 = 6859 \text{ грн/рік}$$

Витрати на електроенергію, що витрачається на власні потреби:

$$Z_{\text{ел.ен.}} = N_{\text{вст.}} \cdot T \cdot C_{\text{ел.ен.}},$$

де $N_{\text{вст.}}$ – встановлена потужність живилиних pomp, димотягів, вентиляторів, кВт;

T - число годин роботи котла в рік, 8760 год;

$C_{\text{ел.ен.}}$ – собівартість електроенергії, 0,734 грн/кВт;

$$Z_{\text{ел.ен.}} = 750 \cdot 8760 \cdot 0,734 = 4\,822\,380 \text{ грн/рік}$$

Витрати на заробітну плату:

$$Z_{\text{з.п.}} = n \cdot m \cdot \Phi_{\text{сер}},$$

де n – кількість змін;

m – кількість людей в зміні;

$\Phi_{\text{сер}}$ – середньорічна заробітна плата одного робітника;

$$Z_{\text{з.п.}} = 2 \cdot 15 \cdot 3000 \cdot 12 = 1\,080\,000 \text{ грн/рік}$$

Із врахуванням відрахувань на соціальне страхування, у фонд зайнятості, пенсійний фонд затрати на заробітну плату складають:

$$Z''_{\text{зп}} = 1,5 \cdot Z_{\text{зп}} = 1,5 \cdot 1\,080\,000 = 1\,620\,000 \text{ грн/рік.}$$

Витрати на амортизацію:

$$Z_{\text{ам}} = A \cdot \frac{1}{100} \cdot K_{\text{бл}};$$

де $A = 3,3\%$ - середня норма амортизаційних відрахувань;

$K_{\text{бл}}$ – капіталовкладення в блок. $K_{\text{бл}} = 45 \cdot 10^6$ грн.

$$Z_{\text{ам}} = \frac{3,3}{100} \cdot 45 \cdot 10^6 = 1\,485\,000 \text{ грн/рік}$$

Витрати на виробництво теплової енергії:

$$Z_{\text{заг}} = Z_{\Pi} + Z_B + Z_{\text{ел.ен.}} + Z_{\text{з.п.}} + Z_{\text{ам}};$$

$Z_{\text{заг}} = 243\,422\,004 + 6859 + 4\,822\,380 + 1\,620\,000 + 1\,485\,000 = 251\,356\,243$ грн/рік

Собівартість теплової енергії до реконструкції:

$$C^{\text{до}} = \frac{Z_{\text{заг}}}{i_{\text{пп}} \cdot D \cdot T}$$
$$C^{\text{до}} = \frac{251\,356\,243}{0,889 \cdot 75 \cdot 8760} = 430 \text{ грн}$$

Розрахунок собівартості теплової енергії котла після реконструкції

Витрати на паливо:

$$Z_{\text{п}} = V_{\text{р}} \cdot C_{\text{п}} \cdot T = 35541 \cdot 0,65 \cdot 8760 = 202\,370\,454 \text{ грн/рік}$$

Витрати на воду:

$$Z_{\text{в}} = 5,22 \cdot T \cdot k_{\text{бвк}} = 5,22 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,15 = 6859 \text{ грн/рік}$$

Витрати на електроенергію, що витрачається на власні потреби:

$$Z_{\text{ел.ен.}} = N_{\text{вст.}} \cdot T \cdot C_{\text{ел.ен.}} = 750 \cdot 8760 \cdot 0,734 = 4\,822\,380 \text{ грн/рік}$$

Витрати на заробітну плату, а також відрахування на соціальне страхування, у фонд зайнятості, пенсійний фонд залишилися ті ж самі:

$$Z_{\text{зп}} = 1,5 \cdot Z_{\text{зп}} = 1,5 \cdot 1\,080\,000 = 1\,620\,000 \text{ грн/рік.}$$

Витрати на амортизацію:

$$Z_{\text{ам}} = A \cdot \frac{1}{100} \cdot (K_{\text{бл}} + K_{\text{рек}});$$

де $K_{\text{рек}}$ – капіталовкладення в реконструкцію.

Ці витрати складають :

вартість обладнання (235 000 грн.)

вартість проектувальних та монтажних робіт (58 750 грн.)

Тоді $K_{\text{рек}} = 235\,000 + 58\,750 = 293\,750$ грн.

$$Z_{\text{ам}} = 3,3 \cdot \frac{1}{100} \cdot (45 \cdot 10^6 + 293\,750) = 1,495 \cdot 10^6 \text{ грн/рік}$$

Витрати на виробництво теплової енергії:

$$Z_{\text{заг}} = Z_{\text{п}} + Z_{\text{в}} + Z_{\text{ел.ен.}} + Z_{\text{з.п.}} + Z_{\text{ам}} ;$$

$$Z_{\text{заг}} = 202\,370\,454 + 6859 + 4\,822\,380 + 1\,620\,000 + 1\,495\,000 = 210\,314\,693 \text{ грн/рік}$$

Собівартість теплової енергії після реконструкції:

$$C^{\text{після}} = \frac{Z_{\text{заг}}}{i_{\text{пп}} \cdot D \cdot T} = \frac{210\,314\,693}{0,889 \cdot 75 \cdot 8760} = 360 \text{ грн}$$

Економічний ефект від реконструкції :

$$\varepsilon_p = (C^{\text{до}} - C^{\text{після}}) \cdot i_{\text{шт}} \cdot D \cdot T - E_n \cdot K_{\text{рек}},$$

де ε_p - річний економічний ефект, грн.;

$C^{\text{до}}$, $C^{\text{після}}$ – собівартість теплоенергії до і після реконструкції, грн./Гкал;

$i_{\text{шт}}$ – частка відпущеної теплоенергії за рік,

D – паропроодуктивність, т/год;

T – число годин роботи котла в рік, 8760 год;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, $E_n=0,15$;

$K_{\text{рек}}$ – додаткові капіталовкладення, які необхідні для реконструкції.

$$\varepsilon_p = (430 - 360) \cdot 0,889 \cdot 75 \cdot 8760 - 0,15 \cdot 293\,750 = 408,41 \cdot 10^3 \text{ грн/рік}$$

Термін окупності реконструкції:

$$T = \frac{K_{\text{рек}}}{\varepsilon_{\text{рік}}} = \frac{293\,750}{408\,410} = 0,7 \text{ рок}$$

Таблиця 6.2. Економічні показники реконструкції котла

Найменування	До реконструкції (на прир. газі)	Після реконструкції (на прир. газі)
Витрати пари, т/год	75	75
Число годин роботи T, год	8760	8760
Витрата палива V_p : - природного газу, м ³ /год - природного газу, кг/год	5671	35541
Річні експлуатаційні витрати		
Загальні, 10 ⁶ грн/рік	251,356	210,314
Витрати на амортизацію, 10 ⁶ грн/рік	1,485	1,495
Витрати на паливо, 10 ⁶ грн/рік	243,422	202,370
Витрати на заробітну плату, 10 ⁶ грн/рік	1,62	1,62
Капіталовкладення на реконструкцію, 10 ⁶ грн/рік	—	0,293
Собівартість теплової енергії, грн.	430	360
Економічний ефект, 10 ³ грн/рік	—	408,41
Термін окупності, роки	—	0,7

Отже, собівартість теплоенергії становить 360 грн, а розрахунковий термін окупності складає 0,7 року тому реконструкція є рентабельною.

7. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

Розробка, монтаж і експлуатація комп'ютерно-інтегрованої системи керування опаленням у тепличному господарстві передбачають роботу з електричними приладами, нагрівальними елементами, системами водопостачання та обчислювальною технікою. Усі ці компоненти пов'язані з потенційними небезпеками для обслуговуючого персоналу, навколишнього середовища та обладнання. Тому дотримання правил техніки безпеки є ключовою умовою на кожному етапі реалізації проекту.

Заходи з безпеки умовно поділяються на електробезпеку, протипожежну безпеку, технічну безпеку під час монтажу й обслуговування, а також захист даних і кібербезпеку — у контексті комп'ютерно-інтегрованої системи.

Електробезпека

Робота із засобами автоматики передбачає підключення до електричних мереж (220/380 В), а отже — наявність небезпеки ураження електричним струмом. Для попередження нещасних випадків необхідно:

- Здійснювати монтаж електрообладнання лише при знеструмленій мережі.
- Використовувати інструменти з ізольованими ручками, відповідно до класу напруги.
- Обов'язково виконувати заземлення корпусів металевих шаф, котлів, насосів.
- Перевіряти відсутність фази за допомогою індикаторів напруги перед початком робіт.
- Встановлювати автоматичні вимикачі та пристрої захисного відключення (ПЗВ) у кожному модулі системи.
- Не допускати до роботи з електрообладнанням осіб без кваліфікації або інструктажу.

Небезпека	Захисний захід
Ураження електрострумом	Робота при знеструмленні, ізольований інструмент, інструктаж персоналу
Замикання в умовах вологи	Використання герметичних розеток IP54+, заземлення, відключення за вологості
Пожежа через перевантаження	Автомати захисту по струму, відповідний перетин кабелю

Протипожежна безпека

Система опалення — це потенційне джерело загоряння у разі несправності або перегріву. Для зниження ризику виникнення пожежі:

- Усі кабелі повинні бути з негорючою або вогнетривкою ізоляцією (маркування FR, LSZH).
- Не допускається монтаж нагрівальних елементів біля легкозаймистих матеріалів (дерево, поліетиленова плівка тощо).
- У приміщенні щитового обладнання має бути вогнегасник (порошковий або вуглекислотний) з маркуванням В,С.
- Здійснюється регулярний контроль температури поверхонь опалення та стану ізоляції.
- Проводяться навчання та інструктаж з дій при пожежі.

Техніка безпеки під час монтажу та обслуговування

Встановлення засобів автоматики, зокрема контролерів, датчиків, насосів, потребує дотримання загальнотехнічних вимог безпеки:

- Роботи з інструментом (дрилі, шуруповерти) виконуються в захисних окулярах, рукавицях.
- Монтаж на висоті (дах теплиці, вентиляційні отвори) потребує використання страхувальних поясів або підмостів.
- При виконанні зварювальних або паяльних робіт обов'язкове вентиляційне провітрювання.
- Заборонено експлуатацію несправного або тимчасово підключеного обладнання.
- Усі дії з технічного обслуговування проводяться згідно з регламентом ППР

(планово-попереджувальних робіт).

Кібербезпека та захист даних

Оскільки система керування є комп'ютерно-інтегрованою і передбачає доступ до мережі (локальної або через Інтернет), необхідно забезпечити захист інформаційних каналів:

- Усі пристрої повинні мати паролі доступу до інтерфейсів конфігурації.
- Бажано впровадити VPN або шифрування трафіку при віддаленому доступі.
- Регулярне оновлення прошивок, контроль журналів подій, резервне копіювання SCADA-бази.
- Обмеження доступу до системи керування тільки для авторизованого персоналу.

Медичні та організаційні заходи

- Персонал, який здійснює монтаж і обслуговування, повинен проходити медогляд та мати допуск до роботи з електроустановками.
- Працівники зобов'язані ознайомлюватись під підпис з інструкціями з техніки безпеки.
- У разі виникнення аварійної ситуації — передбачено автоматичне вимкнення системи та евакуаційний порядок.
- У приміщеннях слід розмішувати плани евакуації, інструкції з надання першої допомоги, номери екстрених служб.

Забезпечення техніки безпеки під час проектування, монтажу та експлуатації комп'ютерно-інтегрованої системи керування опаленням у тепличному господарстві — це фундаментальна складова проекту. Вона спрямована на збереження життя й здоров'я персоналу, захист обладнання від пошкоджень та запобігання надзвичайним ситуаціям. Комплексний підхід до електричної, пожежної, технічної та інформаційної безпеки дозволяє забезпечити довготривалу, безпечну і стабільну роботу автоматизованої системи у сільськогосподарських умовах.

Забезпечення охорони праці та дотримання вимог техніки безпеки під час впровадження й експлуатації комп'ютерно-інтегрованої системи керування опаленням у тепличному господарстві є важливою складовою загального процесу

автоматизації. Роботи з електричним обладнанням, нагрівальними пристроями, водяною системою та обчислювальною технікою створюють потенційно небезпечні ситуації для обслуговуючого персоналу. Тому необхідне впровадження комплексу заходів, спрямованих на запобігання виробничому травматизму, аваріям, пожежам та пошкодженню обладнання.

Загальні положення

Охорона праці — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, профілактичних і медико-біологічних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності. У сфері автоматизації тепличного господарства вона охоплює:

- організацію безпечного робочого середовища;
- забезпечення працівників інструкціями, ЗІЗ та інструментами;
- контроль дотримання правил електробезпеки; виявлення та усунення небезпечних виробничих факторів.
- Основні шкідливі та небезпечні фактори в умовах теплиці

Фактор	Джерело виникнення	Наслідки при недотриманні безпеки
Електричний струм	Електроцити, кабелі, автоматика	Ураження, опіки, зупинка серця
Висока температура	Нагрівачі, теплоносій, теплотраси	Опіки, пожежі
Підвищена вологість	Внутрішній клімат теплиці	Коротке замикання, корозія обладнання
Висота монтажу	Дах теплиці, підвісні кабелі	Падіння з висоти
Механічні пошкодження	Робота з насосами, вентиляторами, дрелями	Травмування рук, очей
Напруження зору / тривала робота	Монітори, діагностика SCADA-системи	Погіршення зору, перевтома

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Для виконання монтажних і діагностичних робіт персонал повинен бути забезпечений відповідними ЗІЗ:

- діелектричні рукавички та килимки (робота з напругою до 1000 В);
- захисні окуляри (при свердлінні, зачистці);
- каска (під час роботи під дахом теплиці або з громіздким обладнанням);
- респіратор або маска (при роботі у закритих приміщеннях з пилом або парами);
- захисний одяг з бавовняної тканини, спецвзуття з гумовою підошвою.

Інструктажі з охорони праці

Перед початком роботи з обладнанням автоматизації всі працівники проходять обов'язкові інструктажі:

- Вступний інструктаж — для всіх нових працівників, незалежно від посади;
- Первинний інструктаж на робочому місці — для ознайомлення з конкретним обладнанням;
- Повторний інструктаж — не рідше одного разу на 6 місяців;
- Позаплановий інструктаж — при зміні умов праці або після нещасного випадку;
- Цільовий інструктаж — для разових, аварійних або небезпечних робіт.

Всі інструктажі реєструються в Журналі інструктажів з охорони праці, де ставляться підписи інструктора і працівника.

Дотримання вимог охорони праці та техніки безпеки під час реалізації комп'ютерно-інтегрованої системи керування опаленням у теплицях є основою безпечної, стабільної та ефективної експлуатації обладнання. Це забезпечує збереження здоров'я персоналу, захищає матеріальні ресурси підприємства і створює умови для безперервного функціонування системи керування мікрокліматом

ВИСНОВОК

Наведено методи та основні операції при забезпеченні технологічного процесу, а саме: підготовка приміщення котла перед посадкою рослин; промивання труб та дренажного лотка в теплиці; моніторинг та налаштування системи.

Проведено системно-інформаційний аналіз об'єкта керування, у результаті чого встановлені необхідні показники для обраної культури.

Розроблено функціональні схеми автоматизації, що дало змогу визначити необхідний рівень автоматизації технологічного процесу для об'єкта.

Розраховано коефіцієнти на основі керування температурним режимом у виробничому приміщенні котла, де знаходяться біологічні об'єкти.

На основі математичної моделі побудовано імітаційну модель, де, задавши розраховані коефіцієнти, отримано розгінну криву одного каналу: рівня, води, тепла. Знайдено передатну функцію.

Був обраний ПІ алгоритм керування, де отримано час регулювання 3600 с, що задовольняє вимогам технологів.

Отримано необхідний потік води 41 м³/год.

Обраховано хід штоку відкриття (33.1 %) та обрано виконавчий механізм. Знайдено час дискретизації при найбільшій частоті ($\omega = 0.048$).

Визначено параметри налаштування ПІ-регулятора при частоті 0.003 та 0.019. Створено модель системи для цифрового регулятора та отримано перехідні процеси, де видно, що при частоті 0.003 регулятор задовольняє вимоги технологів та має такі значення: статична похибка 0 %; час регулювання $t_p = 2250$ с; перерегулювання 46.2 %; коливальність $n = 3$. А при частоті 0.019 – система нестійка.

Було обрано обладнання для котла та пускозахисна апаратура, також вибрано проводи та кабелі (для двигунів КВВГнгд 4x2.5, для давачів МКЕШ 3x0.35/6x0.35).

Розроблена схема: електрична принципова, з'єднань, підключень та зовнішнього

вигляду шафи керування. Підрахована надійність системи, що задовольняє вимоги технологів. На основі проведених досліджень та розрахунків були обрані технічні засоби автоматизації та розроблена SCADA-система проекту з використанням редактора TRACE MODE, що дало змогу ефективно керувати процесами на котельній установці.

У розділі "Економічний аналіз" були проведені розрахунки основних показників ефективності, що підтвердили доцільність реконструкції котла використання природного газу, переходячи на використання зменшення газу для виробництва. Результати показали зниження собівартості теплоенергії до 360 грн/град і оцінили період окупності в 0,7 року, що підтверджує рентабельність цієї реконструкції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Автоматизація технологічних процесів та виробництв./Лукін В.Є., Мірошник В.О., Цигульов І.Т. // Навчальний посібник. – К.: ЦП «Компринт», 2016. – 472 с.
2. В.П.Лисенко, І.М.Болбот, В.А.Наливайко, К.В.Наконечна, Т.І.Лендел, Д.Є.Жук Проектування систем автоматизації для АПК: Підручник. - Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2022 - 626 с.
3. Головінський Б.Л., Шуруб Ю.В., Лисенко В.П. Теорія автоматичного управління: навч. посіб. – К.: Вид.Центр НУБіП України, 2012. – 240 с.
4. Герасимов Б.М., Оксіюк О.Г., Шворов С.А. / Проектування та застосування експертно-навчальних систем. К. Вид. Європ. ун-ту, 2010. – 263 с.
5. В.Лисенко, Є.Чернищенко, В.Решетюк, В.Мірошник, Н.Заєць, І.Цигульов. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів. Навчальний посібник. К.:АграрМедіаГруп, 2016. 476 с.
6. Інтелектуальні системи керування біотехнічними об'єктами / В.Лисенко, Н.Заєць, М. Гачковська, О. Савчук. – К.: КомПрінт, 2019. – 549 с.
7. Ладанюк А.П., Заєць Н.А., Власенко Л.О. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів: монографія. - К.: видавництво Ліра-К, 2016. - 312с .
8. В. Лисенко, В. Решетюк, В. Мірошник, Н. Заєць. Методи синтезу та аналізу систем автоматичного керування в АПК/ К.: "Компринт", 2017. 621 с.
9. Програмовані реле керування: Навчальний посібник / Бурштинський М.В., Крещула В.І., Хай М.В. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2008. – 228 с.
10. Сучасні комп'ютерні технології : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів /М.З. Швиденко , Н.В. Морзе , О.Г. Глазунова. К.2010.
11. Климентовський Ю.А., Гладкий А.М. Технічні засоби автоматики: Навчальне видання. – К.: Видавництво “КВІЦ”, 2003. – 238 с.
12. Котов Б.І., Іванишин В.В., Грищенко В.О., Панцир Ю.І., Герасимчук І.Д. Системи тепло- і енергопостачання технологічних процесів агропромислового виробництва, що використовують поновлювальні джерела енергії: функціонування і моделювання динамічних режимів. Монографія. Київ: ЦП «КОМПРИНТ», 2023. 315 с.
13. Головінський Б. Л. Мікропроцесорна техніка. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. / Б. Головінський, А. Руденський. – К.: НАУ, 2005. – 50 с.
14. Методи сучасної теорії управління: підручник / А.П.Ладанюк, Н.М.Луцька, В.Д.Кишенько, Л.О. Власенуко, В.В.Іващук – Київ, 2018.

15. Особливості автоматизації у спорудах закритого ґрунту / В.П.Лисенко, А.О.Дудник, Т.І.Лендел. – К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2017. – 157 с.
16. Решетюк В. М. Типові технологічні процеси і об'єкти виробництв. Метод. вказівки для підготовки, виконання та самост. опрацювання лабор. Робіт / В. Решетюк, В. Мірошник. – К.: НУБПУ, ПП «Універсіл», 2009. – 83 с.
17. Ладанюк А.П., Решетюк В.М., Кишенько В.Д., Смітюх Я.В. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу - К.: Центр учбової літератури, 2014.- 360 с.
18. Комп'ютерно–інтегровані технології. Основи MatLab. Навчальний посібник / Лисенко В. П. , Мірошник В. О., Штепа В. М. – К.: Вид. центр НУБіП України, 2010. – 80 с.
19. В.П.Лисенко та ін. Системи штучного інтелекту: нечітка логіка, нейронні мережі, нечіткі нейронні мережі, генетичний алгоритм. - Монографія. //Лисенко В.П., Решетюк В.М., Штепа В.М., Заєць Н.А., Мірошник В.О., Дудник А.О. //Київ, НУБіП України, 2014. -270 с.
20. Автоматизація біотехнічних об'єктів: навч. посіб. / За ред. В. П. Кравця. – Київ: НАУ, 2019. – 312 с.
21. Основи автоматизації технологічних процесів: підручник / О. І. Медведєв, С. В. Іванов. – Харків: ХНУРЕ, 2020. – 280 с.
22. Біотехнічні системи та комплекси: навч. посіб. / Л. М. Коваль, І. В. Назаренко. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. – 256 с.
23. Системи автоматичного керування: підручник / П. І. Мельник. – Київ: Видавничий дім «Кондор», 2018. – 368 с.
24. ОВЕН. Програмовані логічні контролери ПЛК110. Керівництво користувача. – Режим доступу: <https://owen.ua>
25. Дейнека, В. І. Автоматизація технологічних процесів: Підручник. – К.: Лібра, 2018. – 416 с.
26. Пащенко, В. І. Контрольно-вимірювальні прилади та автоматика: Підручник. – Х.: ХНУРЕ, 2020. – 328 с.
27. Мовчан, В. А. Системи автоматизованого керування: Навчальний посібник. – Львів: Видавництво ЛНУ, 2019. – 274 с.
28. Шиманський, В. В. Автоматизовані системи управління технологічними процесами. – К.: Видавництво НАУ, 2016. – 392 с.
29. Наказ Міністерства економічного розвитку України № 193 від 08.02.2016 «Про затвердження Порядку проведення повірки засобів вимірювальної техніки».
30. Кириченко, О. В. Мікроконтролери в автоматизованих системах: Навч. посібник. – Харків: НТУ "ХП", 2020. – 210 с.
31. Власюк, С. І. Інтелектуальні системи в агропромисловому комплексі. – Тернопіль: ТНТУ, 2021. – 186 с.

ДОДАТКИ

Додаток 1. Перелік стандартів до виконання роботи

ISO (International Organization for Standardization) — Міжнародна Організація з стандартизації, яка була створена делегатами 26 країн у 1947 році. Це всесвітня федерація національних органів стандартизації (комітетів — членів ISO). Головне завдання ISO — сприяти розробці всесвітньо визнаних стандартів, правил і інших аналогічних документів з метою полегшення міжнародного обміну товарами й послугами в усіх галузях народного господарства.

Стандарт ISO 9001:2000 встановлює вимоги до системи керування якістю, якщо підприємство:

має необхідність продемонструвати свою спроможність поставляти продукцію, що відповідає вимогам споживачів та галузевим вимогам;

зорієнтоване на підвищення задоволеності споживачів завдяки результативному застосуванню системи.

Стандарт ISO 9001 не визначає вимоги, яким повинна відповідати вироблена продукція. Стандарт визначає умови, що забезпечують, щоб продукція стабільно відповідала вимогам споживача (у тому числі, при їхній зміні). Аналогічні підприємства, що працюють на різних сегментах ринку з різними категоріями споживачів, можуть робити продукцію з різними технічними характеристиками — це цілком допускається стандартом ISO 9001. Крім того, стандарт ISO 9001 вимагає, щоб підприємство відслідковувало законодавчі і нормативні вимоги до продукції і забезпечувало їхнє виконання. Тому неправильно говорити, що "продукція відповідає стандарту ISO 9001". Правильно сказати, що "Система керування якістю підприємства щодо його виробництва і продажу продукції (надання послуг) відповідає стандарту ISO 9001".

Система керування якістю — це один із засобів постійного вдосконалення підприємства за рахунок підвищення якості усіх видів його діяльності всіма співробітниками. Це сукупність всіх аспектів (ресурси, персонал, організаційна структура і т.п.), що впливають на якість кінцевої продукції.

У словосполученні «система керування якістю» головний акцент ставиться не на слово «якість», а на слово «керування». Тому вона націлена не тільки на контроль якості продукції, а в першу чергу, на керування підприємством в цілому, на всі

процеси, від яких залежить якість продукції чи послуг. Під керуванням якістю мається на увазі, керування виробництвом цієї продукції (наданням послуг), тобто керування всіма процесами, що задіяні в створенні продукції (послуг) і впливають на її якість.

Система керування якістю регламентує дії всіх співробітників підприємства, що можуть вплинути на якість продукції, що випускається і на задоволеність споживачів.

Системи керування якістю будуються на основі процесного підходу. Тобто діяльність підприємства розглядається як сукупність усіх процесів, що беруть участь у створенні продукції. Один із критеріїв ефективності функціонування підприємства — це працююча система керування якістю. У цілому ця система є організаційно-технічним комплексом, головна мета якого знайти оптимальний баланс між витратами на підтримку дійсної якості і прибутком від його забезпечення, але не опуститися нижче вже існуючого рівня.

Вимоги до системи керування якістю висуваються для того, щоб споживачі і керівництво були упевнені в здатності підприємства ефективно випускати якісну продукцію протягом тривалого часу. За цей час може мінятися технологія, постачальники, співробітники і т.д., але це не повинно позначатися на якості продукції.

Система вимагає постійної підтримки, доробки, вдосконалення, тому що підприємство працює в постійно змінюваних внутрішніх і зовнішніх умовах і його потребує також зміни його діяльності. Постійне удосконалювання є прямою вимогою стандарту ISO 9001.

Для того щоб підтвердити здатність підприємства стабільно виконувати установлені вимоги, стандарт ISO 9001:2000 вимагає наявності документації,

що описує виконання визначених процесів. Рівень деталізації цих документів залежить від складності процесів і кваліфікації персоналу. Визначені дії можуть не описуватися, якщо вони стабільно виконуються без дефектів і збоїв і досягають установлених цілей. Але якщо при виконанні цих дій виникають проблеми, документи повинні бути розроблені або конкретизовані.

Наявність документованих описів процесів допомагає в рішенні багатьох питань, вони:

сприяють прозорості й ефективності діяльності організації, її організаційної структури і структури процесів підприємства;

сприяють ранньому визначенню слабких його місць;
 дозволяють скоординувати діяльність окремих співробітників і підрозділів,
 запобігають виникненню між ними конфліктів;
 конкретизують відповідальність окремих співробітників;
 виступають як навчальні матеріали, особливо при прийомі на роботу або
 внутрішні переміщення співробітників;
 полегшують запровадження змін у процес.

Система керування документацією повинна забезпечити використання персоналом тільки затверджені й актуалізовані екземпляри документів. Для цього кожен екземпляр повинний бути зареєстрований і ідентифікований.

Перелік стандартів для використання в навчальному процесі
 за спеціальністю “Автоматизоване управління технологічними процесами ”

ДСТУ ІЕС 60730-2-14:2003*	Регулятори електричні автоматичні побутового та аналогічного призначення. Ч.2 – 14. Додаткові вимоги до електричних приводів. (ІЕС 60730-2-14:95, ІДТ)
ДСТУ 2936-94	Реле електричне. Терміни та визначення
ДСТУ 4176-2003	Регулятори електричні автоматичні для домашнього та аналогічного призначення. Ч.2-7. Додаткові вимоги до таймерів та реле часу. (ІЕС 60730-2-7:1990, МО)
ДСТУ 2372-94	Джерела вторинного електроживлення. Терміни та

	визначення.
ДСТУ 2715-94	Джерела вторинного електроживлення. Загальні технічні умови.
ДСТУ 2847-94	Перетворювачі електроенергії напівпровідникові. Терміни та визначення.
ДСТУ 3596-97 (ГОСТ 30718-99)	Перетворювачі напівпровідникові побутові. Загальні технічні умови.
ДСТУ 3679-98 (ГОСТ 28167-98)	Перетворювачі змінної напруги напівпровідникові. Загальні технічні умови.
ДСТУ EN 50091-2-2003 (EN 50091-2:1995, IDT)	Системи безперебійного електроживлення. Ч.2. Вимоги до електромагнітної сумісності.
ДСТУ ІЕС 60050-551:2007 (ІЕС 60050-551:1998, IDT)	Електротехнічний словник термінів. Ч.551: Силова електроніка.
ДСТУ ІЕС 60335-2-29:2008 (ІЕС 60335-2-29:2004, IDT)	Прилади побутові та аналогічні електричні. Безпека. Ч.2-29. Додаткові вимоги до заряджальних пристроїв батарей.
ДСТУ ІЕС 60618-97	Подільники напруги індуктивні. Загальні технічні вимоги.
ДСТУ 4441:2005	Енергозбереження. Енергетичне маркування електрообладнання побутового призначення. Визначення енергетичної ефективності електричних ламп.
ДСТУ ІЕС-TS 61231:2005 (ІЕС-TS 61231:1998, IDT)	Міжнародна система маркування ламп.
ДСТУ ІЕС 61069-5:2007 (ІЕС 61069-5:1994: IDT)	Вимірювання та керування в промислових процесах. Визначення властивостей системи для оцінювання системи. Ч.5. Оцінювання надійності системи.
ДСТУ 2267-93	Вироби електричні. Терміни та визначення.
ДСТУ 2313-93	Електроприводи. Терміни та визначення.
ДСТУ 28715-94	Електричні та магнітні кола та пристрої. Терміни та визначення.
ДСТУ 2843-94	Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення.

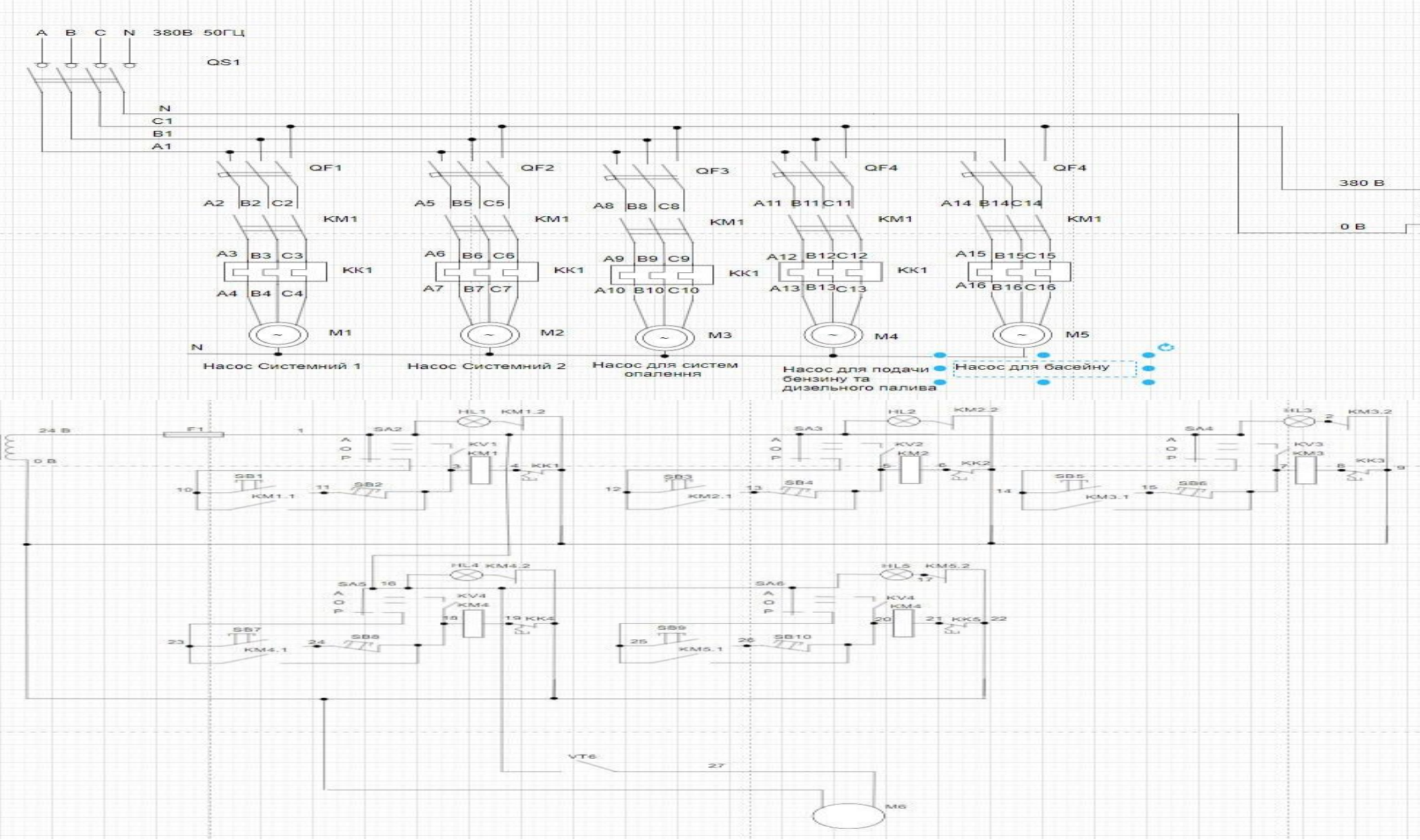
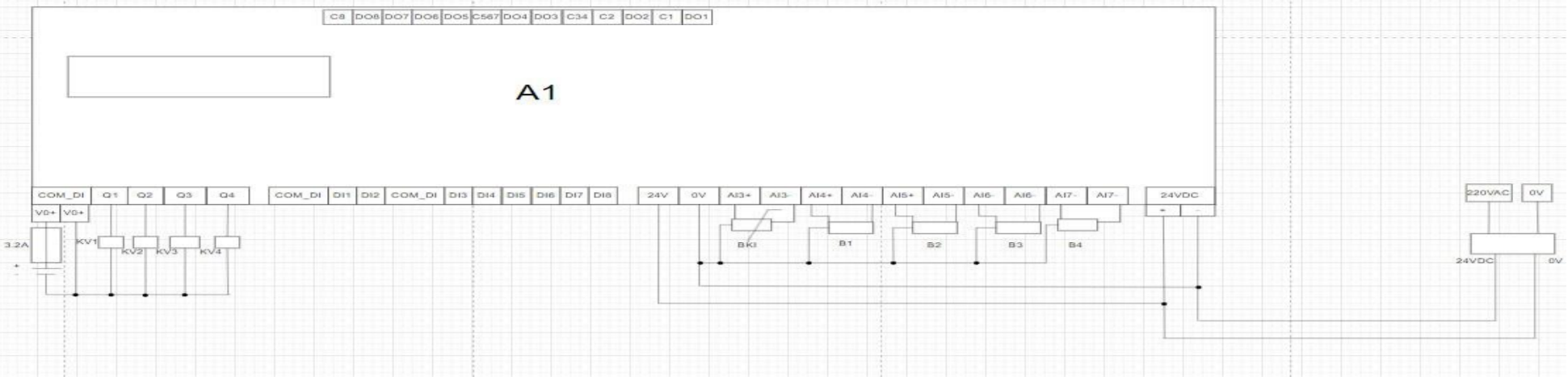
ДСТУ ІЕС 60227-5:2004 (ІЕС 60227-5:1997, IDT)	Кабелі з полівінілхлоридною ізоляцією на номінальну напругу до 450/750 В включно. Ч.5 гнучкі кабелі (шнури)
ДСТУ ІЕС 60947-6-1:2007 (ІЕС 60947-6-1:2005, IDT)	Пристрої комплектні розподільчі низьковольтні. Ч. 6-1. Багатофункційне обладнання. Перемикальне комутаційне обладнання.
ДСТУ ІЕС 60269-1-2001 (ІЕС 60269-1:1998, IDT)	Запобіжники плавкі низьковольтні. Ч.1 Загальні технічні вимоги.
ДСТУ ІЕС 60898-2:2005 (ІЕС 60898-2:2003, IDT)	Вимикачі автоматичні для захисту від надструмів побутового та аналогічного призначення. Ч.1 Вимикачі змінного струму.
ДСТУ 2305-93	Підсилювачі операційні. Терміни та визначення.
ДСТУ ІЕС 60477-2001 (ІЕС 60477:1974, IDT)	Резистори постійного струму лабораторні.
ДСТУ ІЕС 60252-2-2005 (ІЕС 60252-2:2003, IDT)	Конденсатори для електричних двигунів змінного струму. Ч.2 Конденсатори пускові.
ДСТУ 2481-94	Системи оброблення інформації. Інтелектуальні інформаційні технології. Терміни та визначення.
ДСТУ ISO/ІЕС 2382-4:2005 (на заміну ДСТУ 2505-94)	Інформаційні технології. Словник термінів. Ч.34 Штучний інтелект. Нейронні мережі.
ДСТУ ISO/ІЕС 13251:2008	Сукупність графічних символів для офісного устаткування.
ДСТУ ISO/ІЕС 13236:2008	Інформаційні технології. Якість послуг. Основні положення.
ДСТУ ISO/ІЕС 10918-1:2003	Інформаційні технології. Метод цифрового кодування на півтонових нерухомих зображень JPEG. Технічні вимоги
ДСТУ ISO/ІЕС 11179-1:2005	Інформаційні технології. Реєстри метаданих. Ч1. Основні положення
ISO/ІЕС 10918-2:1995	Інформаційні технології. Метод цифрового кодування на півтонових нерухомих зображень JPEG. Compliance testing

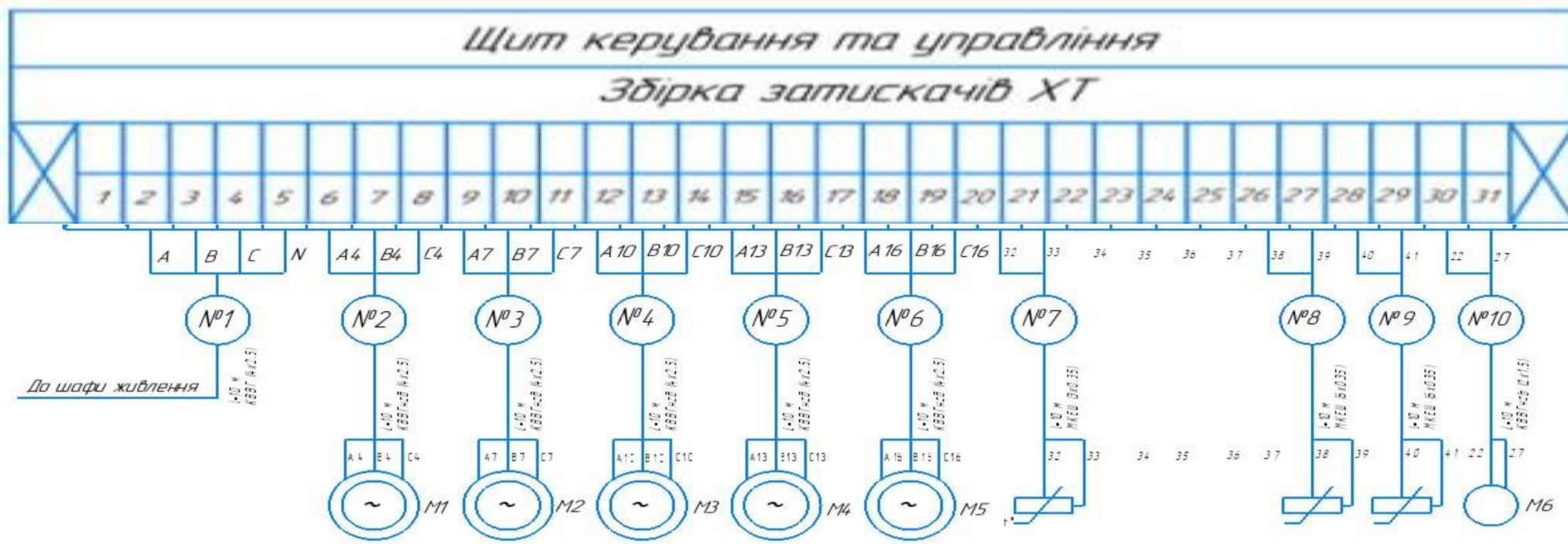
ДСТУ ГОСТ ИСО 8790:2003	Системи оброблення інформації. Символи й умовні позначення для схем конфігурації обчислювальної техніки.
ДСТУ ISO 1831-2001	Технічні вимоги до друкованих знаків для їх оптичного розпізнавання.
ДСТУ 2420-94	Енергозбереження. Терміни та визначення.
ДСТУ 2804-94	Енергобаланс промислового підприємства. Загальні положення. Терміни та визначення.
ДСТУ 3581-97 (ГОСТ 30517-97)	Енергозбереження. Методи вимірювання і розрахунку теплоти згоряння палива.
ДСТУ 4472:2005	Енергозбереження. Система енергетичного менеджменту. Загальні вимоги.
ДСТУ 4713:2007	Енергозбереження. Енергетичний аудит промислових підприємств. Порядок проведення та вимоги до організації робіт.
ДСТУ 4715:2007	Енергозбереження. Система енергетичного менеджменту промислових підприємств. Склад і зміст робіт на стадіях розроблення та впровадження.
ДСТУ 5066:008 (IP MVP 1997, MOD)	Міжнародний протокол виконання вимірювань і верифікації. Загальні підходи щодо розроблення та реалізації енергоощадних і водоощадних заходів.
ДСТУ ISO 13600-2001 (ISO 13600: 1997, IDT)	Системи енергетичні технічні. Основні положення.
ДСТУ 5078:2008	Енергозбереження. Обладнання промислової призначеності енергоспоживальне. Вимоги до показників енергетичної ефективності.1
ДСТУ P50-081-2000	Енергозбереження. Методика оцінювання стану систем енергопостачання промислових підприємств для їх паспортизації.
ДСТУ EN 247-2003 (EN 247: 1997, IDT)	Теплообмінники. Термінологія
ДСТУ EN 305-2001 (EN 305: 1997, IDT)	Визначення експлуатаційних характеристик теплообмінників та загальна методика випробування для встановлення експлуатаційних характеристик усіх теплообмінників
ДСТУ 3859-99 (ГОСТ 30645-99)	Енергоощадність. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії. Теплові насоси «повітря-вода» для комунально-побутового теплопостачання. Загальні технічні вимоги і методи випробувань.
ДСТУ ISO 1323-97	Мережні повітряні кондиціонери і повітряно-повітряні теплові насоси. Випробування та оцінка

	експлуатаційної якості
ДСТУ 4034-2001 (ГОСТ 30757-2001)	Енергозбереження. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії. Колектори сонячні плоскі. Методи випробування.
ДСТУ ISO 9459-1005	Теплопостачання сонячне. Системи водогрійні побутові (ч.1-3).
ДСТУ ISO 9806:2005	Колектори сонячні. Методи випробування (ч.1-3)
ДСТУ 227	Енергозбереження. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії. Терміни та визначення
ДСТУ 365597 (ГОСТ5214-97)	Енергозбереження. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії. Терміни та визначення
ДСТУ655-97 (ГОСТ0604-98)	Енергозбереження. Установки теплоізоляційні. Загальні технічні вимоги.
ДСТУ 37-2001	Вітроенергетика. Установки електричні вітрові. Загальні технічні вимоги.
ДСТУ859-2007	Вітроенергетика. Установки електричні вітрові малої потужності. Загальні технічні вимоги.
ДСТ ІЕС WT 01:2007 (IE WT 01:2001, IDT)	Система ІЕС перевіряння відповідності та сертифікації вітряних турбін. Правила і процедури
ДСТУ ІЕС 1400-1:2001 (ІЕС 1400-1:1999, IDT)	Системи турбогенераторні вітряні (ч.1-24)

Міжнародні стандарти: Показчик 2008: У 2-х тт., у 6 кн./ Упорядник Л.Осинська. – К.: ДП “УкрНДНЦ”. 2008. – Т.1. Кн.1. – 318 с (Асоційовані країни: Азербайджанська республіка, Вірменія, Республіка Беларусь, Грузія, Казахстан, Молдова, Російська Федерація, Таджикистан, Туркменистан, Узбекистан, Україна)

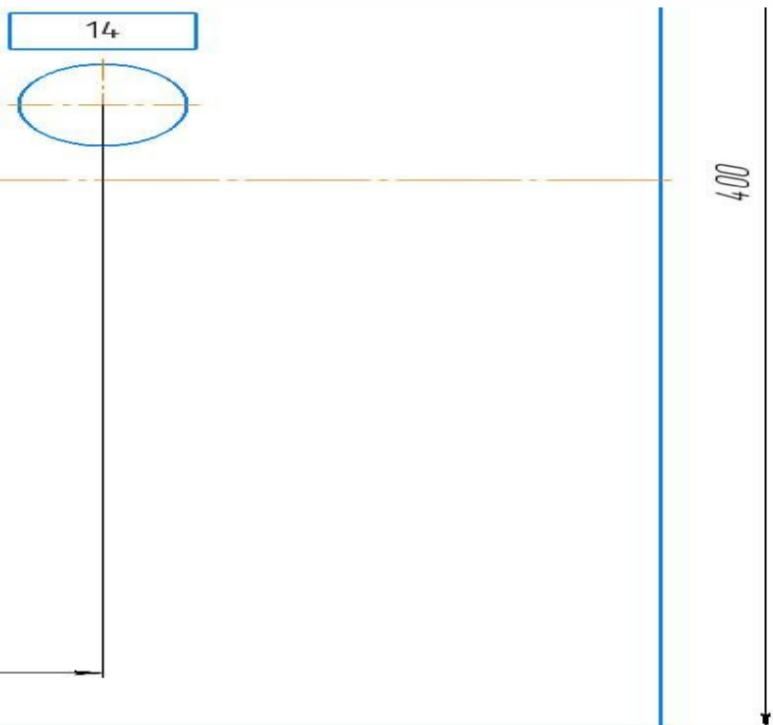
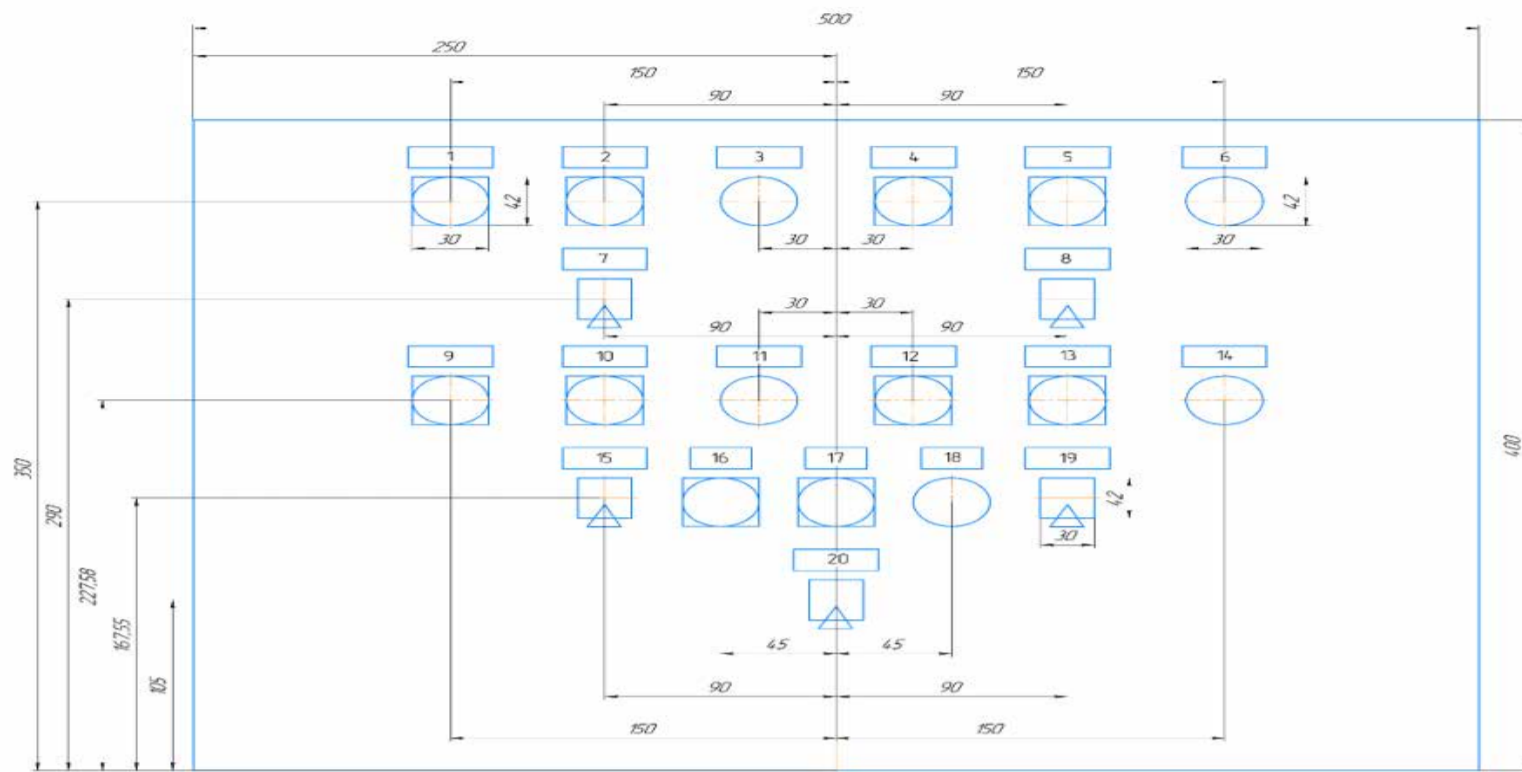
Каталог нормативних документів 2009: У 3-х т. – К.: ДП “УкрНДНЦ”, 2009 – Т.1





Назва	Щит живлення	Двигун системного насоса №1	Двигун системного насоса №2	Двигун насоса подачі палива	Двигун насоса подачі води	Двигун насоса подачі води (басейн)	Датчик температури	Датчик електро-проводності	Датчик електро-проводності	Виконавчий механізм
Тип		Hayward HCP1025	Hayward HCP1025	PL-ATEX-43/380	Hayward HCP1030	Hayward HCP1030	Raut automatic pf1000 Stw-04	H17638/10	H17638/10	AME655

Позиц. познач.	Найменування	Кіл	Примітка
QS1	TeSys VARIO, VCF4	1	
QF1-QF5	Schneider Electric EZ9 3P	5	
KM1-KM5	TeSys LRD, Контактор	5	
KK1-KK5	TeSys LRD, 10A/690B	5	
T1	Modicon Transformer Optimized	1	
F1	14x51 GF 16A Schneider Electric	1	
HL1-HL5	Harmony XB5 24 V AC/DC, 50/60 Hz	5	
SB1, SB3, SB5, SB7, SB9	Harmony XB5 24 V AC/DC, 50/60 Hz	5	
SA2-SA6	Harmony XB5, 1-0-2	5	
A1	Modicon M241 TM241CE24T, 24VDC	1	
A2	TM3A18G	1	
KV1-KV6	HARMONY RXG	5	
C1	Schneider Electric Modicon 1.2A 24 B	1	
SB2, SB4, SB6, SB8, SB10	Harmony XB4 24 V AC/DC, 50/60 Hz	5	
XT	Linergy TR	1	



№	Найменування				Примітка			
1	Вкл. сист. насос №1							
2	Вимк. сист. насос №1							
3	Аварія сист. насос №1							
4	Вкл. сист. насос №2							
5	Вимк. сист. насос №2							
6	Аварія сист. насос №2							
7	Трипоз. перем. сист. нас. №1							
8	Трипоз. перем. сист. нас. №2							
9	Вкл. насоса подачі палива							
10	Вимк. насоса подачі палива							
11	Аварія насоса подачі палива							
12	Вкл. насоса подачі води							
13	Вимк. насоса подачі води							
14	Аварія насоса подачі води							
15	Трипоз. перем. нас. палива							
16	Вкл. насоса басейн							
17	Вимк. насоса басейн							
18	Аварія насоса басейн							
19	Трипоз. перем. насоса подачі води							
20	Трипоз. перем. насоса басейн							
№ чер. наблису	Навлис	ШВГ	К л	№ чер. наблису	Навлис	ШВГ	К л	
1	SB1	30x42x57	1	11	HL3	30x42x57	1	
2	SB2	30x42x57	1	12	SB7	30x42x57	1	
3	HL1	30x42x57	1	13	SBB	30x42x57	1	
4	SB3	30x42x57	1	14	HL4	30x42x57	1	
5	SB4	30x42x57	1	15	SA4	30x42x70	1	
6	HL2	30x42x57	1	16	SB9	30x42x57	1	
7	SA2	30x42x70	1	17	SB10	30x42x57	1	
8	SA3	30x42x70	1	18	HL5	30x42x57	1	
9	SB5	30x42x57	1	19	SA5	30x42x70	1	
10	SB6	30x42x57	1	20	SA6	30x42x70	1	