

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Навчально-науковий інститут енергетики, автоматики і  
енергозбереження

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри автоматики та  
робототехнічних  
систем ім. акад. І. І. Мартиненка  
В. П. Лисенко  
\_\_\_\_\_ 2021 р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ МАГІСТРА**

на тему: «Розробка системи автоматичного керування температурою повітря  
в теплиці 4-го покоління типу VENLO при вирощуванні огірка Battina F1 із  
застосуванням комплексу технічних засобів Shneider Electric»

Напрямок підготовки 6.050202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані  
технології"

Керівник дипломного проекту магістра:

Кандидат технічних наук, професор

Лисенко В.П.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

(ПІБ)

Виконав:

Скорич В.А.

(підпис)

(ПІБ студента)

КИЇВ - 2021

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**  
Навчально-науковий інститут енергетики, автоматики і  
енергозбереження

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
Завідувач кафедри автоматики та  
робототехнічних  
систем ім. акад. І. І. Мартиненка  
В. П. Лисенко  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р

**ЗАВДАННЯ**  
на виконання дипломного проекту магістра студенту  
Скоричу Владиславу Андрійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Напрямок підготовки 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
(код і назва)  
Тема дипломного проекту магістра: Розробка системи автоматичного керування  
температурою повітря в теплиці 4-го покоління типу VENLO при вирощуванні огірка Battina F1  
із застосуванням комплексу технічних засобів Shneider Electric

затверджена наказом ректора НУБіП України від \_\_\_\_\_ р. № 2290 «С»  
Термін подання завершеної роботи на кафедру \_\_\_\_\_ (рік, місяць, число)  
Вихідні дані до дипломного проекту магістра: Завдання кафедри на виконання дипломного  
проекту магістра. Відповідна наукова література, що відповідає тематиці дипломного  
проекту магістра.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:  
1. Аналіз технологічного процесу.  
2. Дослідження об'єкта автоматизації.  
3. Вибір регулятора та обґрунтування його параметрів.  
4. Дослідження системи автоматизації.  
5. Схеми системи автоматизації.  
6. Техніко-економічне обґрунтування.

Дата видачі завдання «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р  
Керівник дипломного проекту магістра \_\_\_\_\_ Лисенко В.П.  
Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Скорич В.А.

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
		<u>Текстові документи</u>			
1	A 4	02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 ПЗ	Пояснювальна записка	60	
		<u>Графічні документи</u>			
2	A 1	02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 E1	Схема електрична принципова	1	
3	A 1	02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 E2	Схема електрична з'єднань	1	
4	A 1	02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 E3	Схема електрична підключень	1	
5	A 1	02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 E4	Зовнішній вигляд щита керування	1	
6	A 1	02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 ТХ	Функціональна схема автоматизації	1	
7	A 3	02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 ГР1	Структурна схема математичної моделі об'єкта	1	
8	A 3	02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 ГР2	Крида розгону об'єкта по каналу регулювання температури	1	
9	A 3	02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 ГР3	Структурна функціональна схема САК по каналу регулювання	1	
10	A 3	02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 ГР4	Simulink модель	1	
11	A 3	02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 ГР5	Перехідний процес системи з ПІ-регулятором	1	
12	A 1	02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 А1	Схеми та моделі	1	

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Ізм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

02.03 - ДП.000 "Д" 2021.7.19010 ПЗ

Лист

4

ВСТУП.....	7
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ.....</b>	<b>8</b>
1.1. Конструктивні особливості сучасної теплиці .....	8
1.2. Керування температурним режимом в блочних теплицях .....	10
1.3. Мета і задачі дипломного проекту.....	13
<b>РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛИЦІ ЯК ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ....</b>	<b>14</b>
2.1. Розробка та дослідження математичної моделі теплиці .....	14
2.2. Визначення передатної функції об'єкту .....	21
2.3. Розробка системи автоматичного керування мікрокліматом в теплиці.....	23
<b>РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ.....</b>	<b>27</b>
3.1. Розробка функціональної технологічної схеми системи автоматизованого керування температурою повітря в теплиці.....	27
3.2. Вибір алгоритму керування.....	30
3.3. Вибір датчика температури.....	30
3.4. Вибір регулюючого органу .....	31
3.5. Вибір керуючого елемента .....	35
3.6. Час квантування ЦСК.....	36
3.7. Реалізація цифрового ПІ-регулятора .....	38
3.8. Вибір SCADA-системи.....	43
<b>РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ ЧАСТИНИ САК.....</b>	<b>45</b>
4.1. Розробка схеми електричної принципової системи керування теплицею .....	45
4.2. Розробка схеми з'єднань.....	46
4.3. Розробка схеми підключень.....	47
<b>РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....</b>	<b>49</b>
5.1. Економічна ефективність автоматизації .....	49
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>53</b>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>54</b>

# НУБІП України

## Анотація

У цьому дипломному проекті коротко аналізуються виробничі процеси в теплиці, аналізуються існуючі системи та стан їхньої автоматизації.

Було розроблено програму для автоматичного контролю температури.

Проводиться розрахунок та вибір технологічного обладнання та засобів автоматизації.

Рациональність прийнятих рішень продемонстровано у розрахунках, доведено економічну доцільність використання такої системи.

# НУБІП України

## Annotation

This diploma project briefly analyzes the production processes in the greenhouse, analyzes the existing systems and the state of their automation.

The program for automatic temperature control was developed. The design and selection of technological equipment and automation equipment is carried out.

Cost-effectiveness of the adopted solutions is demonstrated in the calculations, the economical feasibility of such a system is proved.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

02.03 - дп.000 "Д" 2021.7.19010 ПЗ

Лист

6



## ВСТУП

Використання теплиць в даний час застосовується у всьому світі, причому Нідерланди в даний час лідирують у світі з їх виробництва та впровадження.

Використання теплиць обумовлено різними факторами, такими як: сезонність, широкий діапазон коливань температури та вологості, вирощування продукції протягом усього року, вимога продукції до конкретних кліматичних умов.

Теплиця VENLO – це алюмінієва конструкція зі скляними стінами та дахом, в якій вирощуються рослини. Уся конструкція спроектована таким чином, щоб витримувати внутрішні погодні, вітрові та снігові навантаження регіону, де вона буде встановлена. Кожен компонент виготовляється максимально легким і відповідає будівельним стандартам, що вимагають регульованих кліматичних умов. Ці споруди варіюються від невеликих будівель до промислових приміщень.

У сонячні дні температура всередині теплиці стає вищою, ніж температура навколишнього середовища зовні; контролер Shneider Electric відстежує температуру та коригує її відповідно до заданої програми. Дуже важливо підтримувати правильну температуру для огірків Battina F1 під час посадки на початку червня, коли оптимальна температура повітря становить +20...+25°C. Ґрунт для посадки повинен бути пухким, добре дренованим і обов'язково прогрітим до мінімальної температури +15°C.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 ПЗ

Лист

7

## РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

### 1.1. Конструктивні особливості сучасної теплиці

Вирощування овочів у теплицях зі спеціальними умовами вже давно стало звичною справою, але саме голландські теплиці, завдяки своїм численним перевагам, стали відправною точкою для серйозного прориву в цій галузі. Теплиці VENLO найчастіше використовуються як промислові споруди і не підходять для приватних ділянок.

Однією з фундаментальних проблем у великих комплексах є відведення води після дощу, ця проблема вирішується за допомогою спеціально розроблених алюмінієвих піддонів, у яких використовуються спеціальні утилізатори скла та конденсатовідвідники. Під час зливи вода не потрапляє в середину теплиці, а стікає по склу, захищаючи від світла листя рослин, що призводить до руйнування та остаточної загибелі рослин.



Рис. 1.1. Теплиця типу VENLO

В якості покриття для цієї споруди використовують спеціальне скло «флоат». Перевага такого матеріалу полягає в його новітній технології виробництва, а саме формованій заливки. Воно надає фантастичних можливостей, пропускає сонячне світло на 90% більше від звичайного, що дає змогу збільшити врожайність. Так як скло матеріал не прихитливий та

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата



довговічний, потребує тільки очищення від осадів пилу які з часом осідають на поверхню.

Конструкція несучого каркаса теплиці та сполучних коридорів складається з колон, решетування, стійок, лотків, сполучних та кріпильних елементів: колони - закритий профіль; ферми - гратчаста конструкція закритого профілю; решетування - сталь відкритого профілю, лотки для збору дощової води та чавун.

Огороджувальні конструкції теплиць та з'єднувальних коридорів складаються із спеціального алюмінію, вертикальних, горизонтальних плінтусних та покрівельних кабелів, кватирок та дверей, з'єднувачів та кріплень.

Всепогодні профілі для ущільнення стиків скла також використовуються в конструкціях огорож. Вікна виготовлені з алюмінієвих профілів і розташовані на кожному ковзані теплиці в шаховому порядку, по одному на кожен крок колон каркасу: праворуч та лворуч.

Загальна площа ригельних отворів становить 25% загальної площі теплиці.

Алюмінієвий профіль шафи має подвійне скління на передній та бічних сторонах та одинарне скління на даху зі склом завтовшки 4 мм. У конструкціях теплиці та коридорного огороження передбачені гумові профілі для ущільнення скла.

					02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		9

## 1.2. Керування температурним режимом в блочних теплицях

Автоматизовані системи керування (АСК) температурним режимом дозволяє економити 15-20 % тепла при підвищенні врожайності, покращенні умов праці та загальної культури виробництва [3].

Сучасна теплиця як об'єкт керування характеризується такими параметрами мікроклімату, як температура та вологість, характеризуються незадовільною динамікою та нестабільністю параметрів в залежності від особливостей технології виробництва. У той же час агротехнічні норми потребують високої точності стабілізації температури ( $\pm 2$  °C), своєчасної її зміни в залежності від рівня фотосинтезу, інтенсивності випромінювання, фази розвитку рослини та часу доби. Всі ці обставини висувають високі вимоги до функціонування та технічній довершеності обладнання автоматизації управління мікрокліматом в теплицях.

Самі сучасні та професійні автоматизовані системи характеризуються такими параметрами:

- забезпечують в теплиці контроль вентиляції, зволоження, склодження, опалення, рівня CO<sub>2</sub>, повітрообміну, додаткового освітлення;

- керують зашторюванням, пальниками опалювальних котлів, зрошенням та внесенням добрив, системою очищення даху, дезінфекцією дренажної води і рециркуляцією води в системі зрошення.

- контроль усіх параметрів в теплиці може здійснюватись з одного операторського робочого місця, оснащеного комп'ютером;

- притаманна висока гнучкість та масштабованість. Можуть використовуватись в будь-яких теплицях, в різних конфігураціях. Для кожного проекту складається індивідуальний набір апаратного і програмного забезпечення;

- моніторинг та обробка даних виконується за допомогою центрального комп'ютера із передбаченою можливістю резервного копіювання даних;

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

зручність монтажу та технічного обслуговування;

- можливість організації декількох дублюючих робочих місць, а також віддаленого управління теплицею через мережу Інтернет.

Найбільш поширеною з існуючих систем опалення теплиць є трубна, де теплоносієм в якій є гаряча вода. Для того аби досягти рівномірності температурного поля в середовищі теплиці, то розміщують труби обігріву по периметру всередині всієї теплиці у зазначених зонах. Також прокладають труби опалення у підґрунтовому середовищі та встановлюють у верхній частині теплиці додаткові вентилятори невеликої потужності для створення руху повітря з допустимсю швидкістю. Додатковим засобом для зменшення втрат є влаштування бокового огороження із поліетиленової плівки [1].

Призначення контурів обігріву:

- контур верхнього технологічного обігріву призначений для регулювання температури повітря в верхній частині теплиці для виключення проникнення холодного повітря в зону рослин під час різкого зниженні температури навколишнього середовища та відкривання штормового екрану;

- контур підтопкового обігріву (рис. 1.2) розташовується у площині верхніх горизонтальних конструкцій і призначений для попередження утворення намерзання на склі даху теплиці та танення снігу у верхніх жолобах;

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 ПЗ

Лист

11

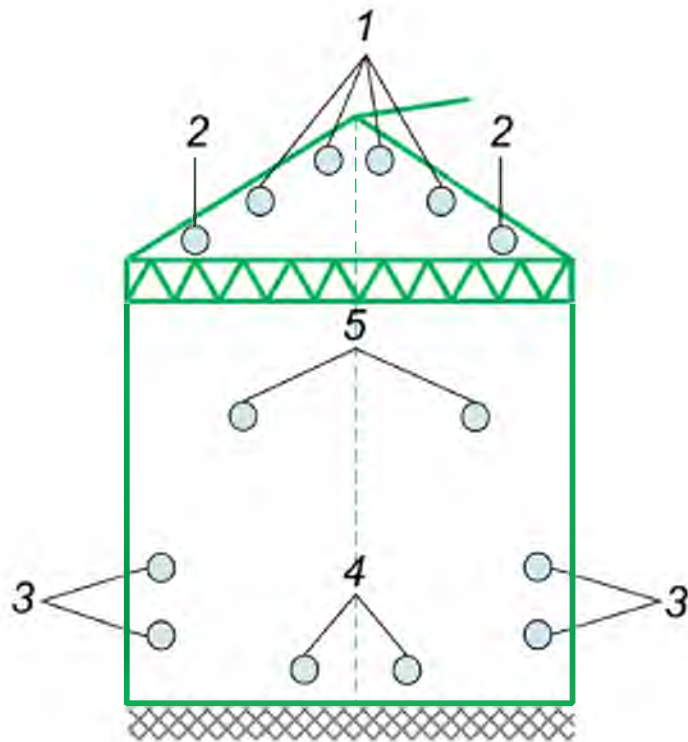


Рис. 1.2. — Секція теплиці блочної типу

1 — підпокрівельний; 2 — підлотковий; 3 — торцевий; 4 — контур нижнього технологічного; 5 — контур верхнього технологічного

### Процес вирощування огірка Battina F1

Пророщене насіння висаджують у вологий ґрунт в контейнер на глибину 1.5 см і вкривають ґрунтом. В період проростання насіння температура повинна бути не нижче +20-25 °С, період проростання насіння 3-5 дні.

Як тільки насіння проростає температура протягом 5 днів повинна бути + 15-17°С вдень, +12-14°С – вночі.

Не можна допускати високих температур більше + 35 °С, гудина може пересохнути і рослина постраждає, при низьких температурах нижче + 0.5 °С, огірки вповільнюють свій ріст а при довгочасних низьких температурах гинуть/ Термін дозрівання від 38 до 40 днів.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

### 1.3. Мета і задачі дипломного проекту

Як було назначено, ефективність виробництва продукції тепличних господарств в умовах сучасної енергетичної кризи значною мірою залежить від запровадження сучасних технологій і менеджменту енергозбереження, питання ефективного використання виробничих ресурсів і природно-кліматичних умов набувають особливого значення.

Тому метою даного дипломного проекту є підвищення продуктивності промислового виробництва овочевої продукції шляхом збільшення якості керування температурним режимом в просторі теплиці.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі.

1. Проаналізувати складові елементи технологічного процесу формування мікроклімату в сучасних промислових теплицях.
2. Для визначення динамічних властивостей блочної теплиці з трубною системою опалення розробити математичну модель температурного стану її повітряного середовища.
3. Розробити функціональну та структурну схеми системи автоматичного регулювання температурного режиму повітряного середовища в теплиці, обґрунтувати вибір комплексу сучасних засобів автоматизації для реалізації комп'ютерно-інтегрованої системи на базі Shneider Electric, керування температурним режимом та розрахувати показники якості роботи системи.
4. Розробити електричну принципову схему системи керування з відповідним програмним забезпеченням.
5. Оцінити економічну ефективність її впровадження.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 ПЗ

Лист

13



## РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛИЦІ ЯК ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

### 2.1. Розробка та дослідження математичної моделі теплиці

Для вирощування огірків на протязі всього року в теплиці необхідна система підігріву повітря і ґрунту та система контролю за цим, тому створюємо математичну модель опалення теплиці [11]. Температура повітря в теплиці  $t_p$  однакова для всього об'єкту теплиці, а температура води у опалювальних трубах  $t_v$  має середньоарифметичне значення між вхідною температурою гарячої води  $t_g$  і температурою води на виході з теплиці  $t_y$ .

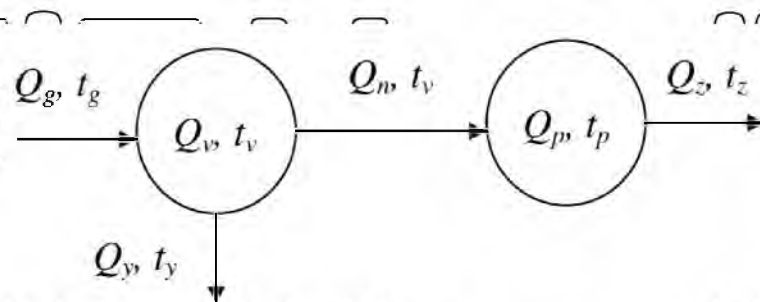


Рис. 2.1. — Схема потоків тепла в теплиці

де  $t_p$  — температура повітря

$t_v$  — температура води в опалювальних трубах;

$t_g$  — температура гарячої води на вході;

$t_y$  — температура води на виході;

$t_z$  — температура зовнішнього середовища;

$Q_p$  — тепло, котре знаходиться в повітрі;

$Q_v$  — тепло, котре знаходиться у воді;

$Q_g$  — тепло введене з водою;

$Q_y$  — тепло виведене з водою;

На рис. 2.1. знаходиться об'єкт у вигляді двох ланок, перша ланка - ланка води, акумулює енергію, друга ланка - повітря теплиці, яка підігривається цією водою.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

В статичному режимі значення тепла, що знаходиться у воді,  $Q_v$  і тепла, що знаходиться у повітрі теплиці,  $Q_p$ , лишається незмінним і тому ми маємо два рівняння теплових балансів, для води і для повітря теплиці:

$$Q_g - Q_y - Q_n = 0, Q_n - Q_z = 0 \quad (2.1)$$

де  $Q_g$  – тепло введене з водою;

$Q_y$  – тепло виведене з водою;

$Q_n$  – тепло, що перейшло до повітря;

$Q_z$  – тепло втрачене в навколишній простір.

Значення кількості тепла, що поступило в систему опалення теплиці за секунду і вийшло з нею залежить від теплоємності води  $C_v$ , продуктивності насоса  $G_n$ , густини води  $\rho_v$  і відповідної температури води, а значення кількості тепла, що знаходиться в системі опалення ще й від об'єму води в системі  $V_v$ . Відповідно до цього:

$$Q_g = C_v G_n \rho_v t_g$$

$$Q_y = C_v G_n \rho_v t_y \quad (2.2)$$

$$Q = C_v V_p \rho_p t_p$$

Кількість тепла, яка знаходиться в даному приміщенні залежить від теплоємності повітря  $C_p$ , густини повітря  $\rho_p$ , відповідної температури повітря  $t_p$ , і об'єму теплиці  $V_p$

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

Тепло, яке передається від води через стінку труби до повітря і від повітря через скло теплиці до навколишнього повітря рахуємо по закону

Фур'є:

$$Q_n = k_1 F_t (t_v t_p)$$

$$Q_z = k_2 F_c (t_p t_z) \quad (2.4)$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

де  $k_1, k_2$  — коефіцієнти теплопередачі через стінку труби системи опалення і через скло поверхні теплиці;

$F_t, F_c$  — поверхня труби системи опалення, закрита поверхня теплиці;

$t_z$  — температура навколишнього середовища. Коефіцієнти

теплопередачі рахуються по відомій формулі:

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{vt}} + \frac{\delta_t}{\lambda_t} + \frac{1}{\alpha_{tp}}}$$

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{pc}} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_{cz}}} \quad (2.5)$$

де  $\alpha_{vt}, \alpha_{tp}, \alpha_{pc}, \alpha_{cz}$  — коефіцієнти тепловіддачі відповідно від води до стінки труби, від стінки труби до повітря теплиці, від повітря теплиці до скла стінки теплиці, від скла до зовнішнього повітря;

$\lambda_t, \lambda_c$  — коефіцієнти теплопровідності відповідно сталі труби і скла стінки;

$\delta_t, \delta_c$  — товщина стінки труби і скла.

Тепер необхідно від статичної моделі перейти до динамічної.

Враховуючи всі попередні рівняння отримуємо систему диференціальних рівнянь зміни кількості тепла в часі у воді і повітрі (об'єм середовища,

густина, теплоємність повітря і води ми беремо за незмінні дані). Похідні будуть знаходитись по температурі (середній) води і, і температурі повітря і теплиці:

$$C_v V_v p_v \frac{dt_v}{d\tau} = C_v C_n p_v t_g - C_v C_n p_v t_y - k_1 F_t (t_v - t_p),$$

$$C_p V_p p_p \frac{dt_p}{d\tau} = k_1 F_t (t_v - t_p) - k_2 F_c \quad (2.6)$$

Вважаючи, що  $t_p = (t_g + t_y)/2$ , з наведеного рівняння знайдемо

значення температури охолодженої в теплиці води і підставимо в рівняння

(2.6). Після спрощення приведемо рівняння (2.6) до виду Коші:

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

$$\frac{dt_v}{d\tau} = \frac{2G_n}{V_v} (t_g - t_v) - \frac{k_1 F_t (t_v - t_p)}{C_p V_p \rho_p} \quad (2.7)$$

Ще в тепличному підприємстві відбувається обмін вологи. На кількість вологи впливає температура і активність процесу фотосинтезу і інші чинники. Складаємо схему потоків вологи. В статичному режимі схема вологи зображена на рис. 2.2

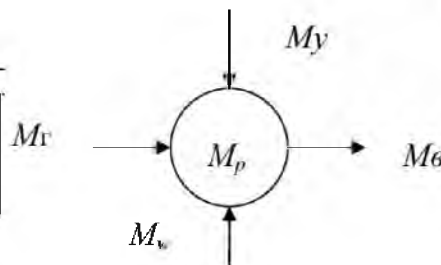


Рис. 2.2. — Схема потоків вологи в теплиці з вентиляцією

де  $M_p$  — вологість в теплиці;

$M_u, M_v$  — вологість уведена і виведена з вентиляційним повітрям;

$M_g$  — вологість від випаровування з ґрунту;

$M_w$  — вологість від розпилювання води.

Ефективність зволоження повітря шляхом розпилювання води визначається дисперсністю рідкої фази та різницею парціальних тисків і кількісно може бути оцінена інтенсивністю випаровування краплин за формулою Максвелла:

$$\frac{dm_k(\tau)}{d\tau} = \frac{4 * \pi * r_k(\tau) * D(\theta) * m_w * [P_H(\theta) - P(d)]}{R * T} \quad (2.8)$$

де  $m_k, r_k$  — маса і радіус краплі кг, м;

$D(\theta)$  — коефіцієнт дифузії пари повітря;

$m_w, R$  — молекулярна вага води у газовому стані та газова стала пари;

$T$  — температура пари, К;

$P_n, P_c$  — парціальний тиск пари над поверхнею краплі та в огочуючому середовищі, Па.

Рівняння Максвела також записують у вигляді

$$\frac{dm_n(\tau)}{d\tau} = 4 * \pi * r_k * D * \frac{P_v}{P_w} (d_n - d_c) * 10^3 \quad (2.9)$$

де  $d_n, d_c$  — вологовміст повітря над поверхнею краплі та в повітрі, г/кг

$P_w$  — густина повітря кг/м<sup>3</sup>.

Коли протікає ізобарно-адіабатичний процес змішування вологого повітря (у вологе повітря додають дрібно розпилену воду, з теплового та матеріального балансу об'єкта для не сталого режиму) отримаємо рівняння у вигляді

$$m_v \frac{di_2}{dt} = G_w * i_w * G_v (i_2 - i_1) \quad (2.10)$$

$$m_w c_w \frac{d\theta_w}{dt} = G_v (d_2 - d_1) r + G_w (\theta_{w1} - \theta_{w2}) c_w + G_v c_v (t_1 - t_2) \quad (2.11)$$

$$i_w = \frac{i_2 + i_1}{(d_2 - d_1) * 10^{-3}} \quad (2.12)$$

де  $i_w$  — ентальпія води, кДж/кг;

$$i_w = c_w \theta_w = 4.19 \theta_w \quad (2.13)$$

Враховуючи що  $i_w = a_1 t - b_1 d$ , сумісним розв'язком для сталого режиму отримано рівняння:

$$t_2 = \frac{G_w}{G_v a} (4.19 * \theta_w - b * 10^{-3}) + t_1 \quad (2.14)$$

з якого визначено, що температура повітря при зволоженні дрібно розпиленою водою не залежить від вологовмісту і визначається витратами повітря і води та температурою води, яка подається в розпилювач.

$$m_v \frac{dM_p}{dt} = G_w * d_w + G_v (M_p - d_1) \quad (2.15)$$



Використовуючи наближений запис для ентальпії вологого повітря:

$$h_v = c_p t_v + r_v d_v r_p \approx 2500$$

розв'язком (2.16) отримано диференціальне рівняння, що описує динаміку змінення вологості повітря в теплиці:

$$\frac{m_v}{G_v} * \frac{dM_p}{dt} + M_p = G_w * 10^3 + G_v d_1 \quad (2.16)$$

Отже, отримана математична модель зміни параметрів мікроклімату в теплиці (температура, вологість) описується системою диференціальних рівнянь:

$$\frac{dt_v}{dt} = \frac{2G_n}{V_v} (t_g - t_p) - \frac{k_1 F_t (t_v - t_p)}{C_v V_v p_v}$$

$$\frac{dt_p}{dt} = \frac{k_1 F_t (t_v - t_p) - k_2 F_c (t_p - t_z)}{C_v V_v p_v}$$

$$\frac{m_v}{G_v} * \frac{dM_p}{dt} + M_p = G_w * 10^3 + G_v d_1 \quad (2.17)$$

Для створення моделі об'єкту розрахуємо деякі коефіцієнти системи рівнянь (2.5). Порахуємо коефіцієнти теплопередачі з урахуванням розмірностей змінних:

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{vt}} + \frac{\delta_t}{\lambda_t} + \frac{1}{\alpha_{tp}}} = 14.765, \text{ Вт/м град}$$

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{pc}} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_{cz}}} = 4.284 \text{ Вт/м град} \quad (2.5)$$

Довжина нагрівальних труб при об'ємі системи опалення 80 м<sup>3</sup> діаметри труби 40 мм складе

$$L = \frac{80}{\frac{\pi * 0.040^2}{4}} = 63661.9, \text{ м}$$

а її поверхня теплообміну:

$$F_t = 63661.9 * \pi * 0.044 = 8799.9, \text{ м}^2$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

Поверхню закритої теплиці порахуємо, умовно вважаючи форму теплиці прямокутною

$$F_c = 18000 * 8000 * 2 * 3 = 66000, \text{ м}^2$$

а об'єм повітря в теплиці буде дорівнювати:

$$V_v = 18000 * 3 = 54000, \text{ м}^3$$

Час запізнення розраховуємо по формулі:

$$t_c = \frac{80}{4 * \frac{270}{3600}} = 266.667, \text{ с}$$

Для зручності формування імітаційної, блочної, моделі введемо додаткові коефіцієнти:

$$a1 = k_1 F = 14.765 * 8799.9 = 129930.5$$

$$a2 = k_2 F = 4.284 * 66000 = 282942$$

$$b1 = C_v V_v p_v = 100 * 14.74 * 80 = 1.18 * 10^5$$

$$b2 = C_v V_v p_v = 100 * 14.74 * 80 = 1.18 * 10^5$$

Для рівняння вологості розв'язки мають вигляд:

$$t_2(\tau) = B - (B - t_{20}) e^{-\frac{\tau}{T_v}} \quad (2.18)$$

$$d_2(\tau) = A_1 - (A_1 - d_{20}) e^{-\frac{\tau}{T_v}} \quad (2.19)$$

$$\varphi_2 = \frac{10^5 * dz}{622(232.7t_2 - 2394)}$$

де,

$$T_v = \frac{m_v}{G_v} \quad (2.20)$$

$$E = \frac{G_w}{G_v G_p} (4.28 * \theta_w - r_0) + t_1 \quad (2.21)$$

$$A = \frac{G_w}{G_v} 10^3 + d_1 \quad (2.22)$$

Залежності  $t_2(\tau)$  та  $d_2(\tau)$  описують перехідні процеси при зволоженні повітря дрібнорозпиленою водою.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Отже, приведемо математичну модель до операторного вигляду:

$$\begin{aligned} T_1 \frac{dt_v}{dt} + t_v &= k_1 t_g + k_2 t_p \\ T_2 \frac{dt_p}{dt} + t_p &= k_3 t_v - k_4 t_z \end{aligned} \quad (2.23)$$

$$T_3 \frac{dM_p}{dt} + M_p = k_5 G_w + k_6 G_v - k_7 t_z$$

Де сталі часу та коефіцієнти передачі об'єкта розраховуються за формулами:

$$\begin{aligned} T_1 &= \frac{C_v V_v \rho_v}{k_1 F_1}; \quad T_2 = \frac{C_p V_p \rho_p}{k_2 F_2}; \quad T_3 = \frac{m_v}{G_v} \cdot R_2 = \frac{2}{V_v}; \quad k_2 = \frac{k_1 F_1}{C_v V_v \rho_v}; \quad k_3 = \frac{k_1 F_1}{C_p V_p \rho_p}; \\ k_4 &= \frac{k_2 F_2}{C_v V_v \rho_v}; \quad k_5 = d_w; \quad k_6 = d_1; \quad k_7 = d \frac{G_v}{F_c} \end{aligned}$$

## 2.2. Визначення передатної функції об'єкту

Дослідження математичної моделі об'єкта та вибір алгоритму керування. За допомогою пакету прикладних програм Matlab Simulink побудуємо структурну схему математичної моделі (рис.2.3). Для визначення основних динамічних властивостей об'єкта визначимо розгінні характеристики по каналам регулювання температури та вологості в теплиці. Для цього на вхід об'єкта подаватимемо стрибкоподібний сигнал величиною, що рівна номінальному значенню управляючого параметру. Як видно з рівнянь управляючою дією для підтримання температури в теплиці буде подача гарячої води в трубопровід  $t_g$ , а для регулювання вологості — подача стисненого зволоженого повітря  $G_v$ . Збурюючою дією є температура зовнішнього середовища  $t_z$ .

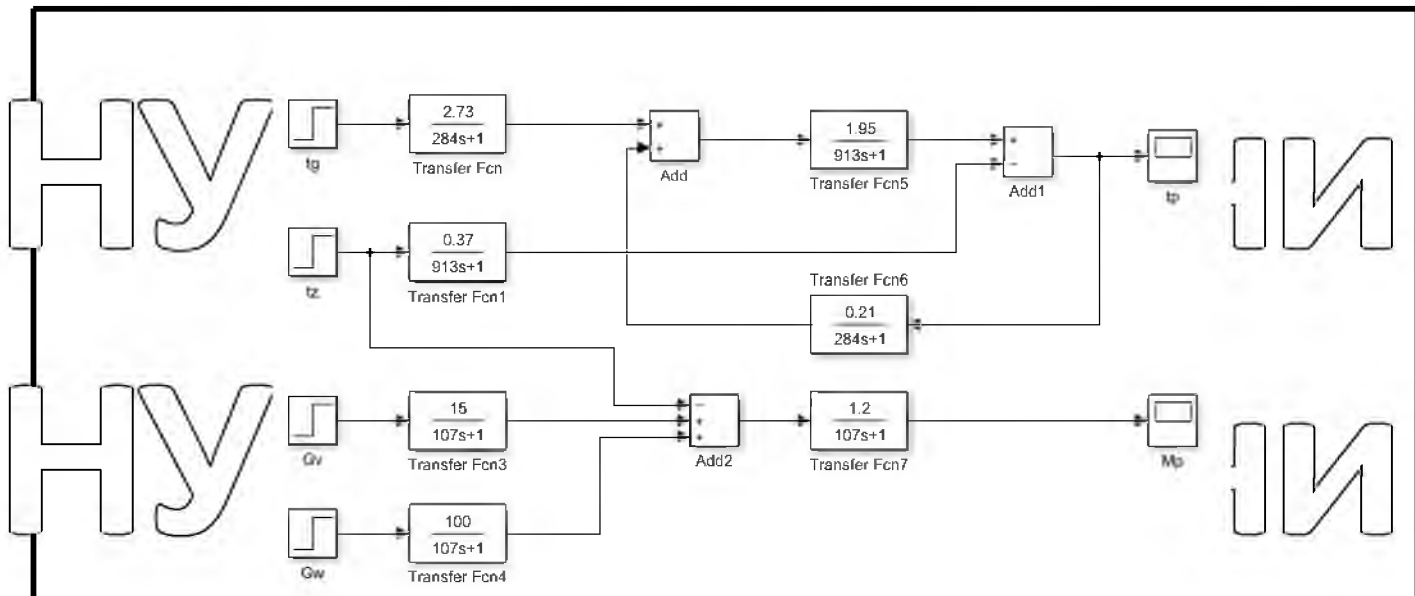


Рис. 2.3. — Структурна схема математичної моделі об'єкта

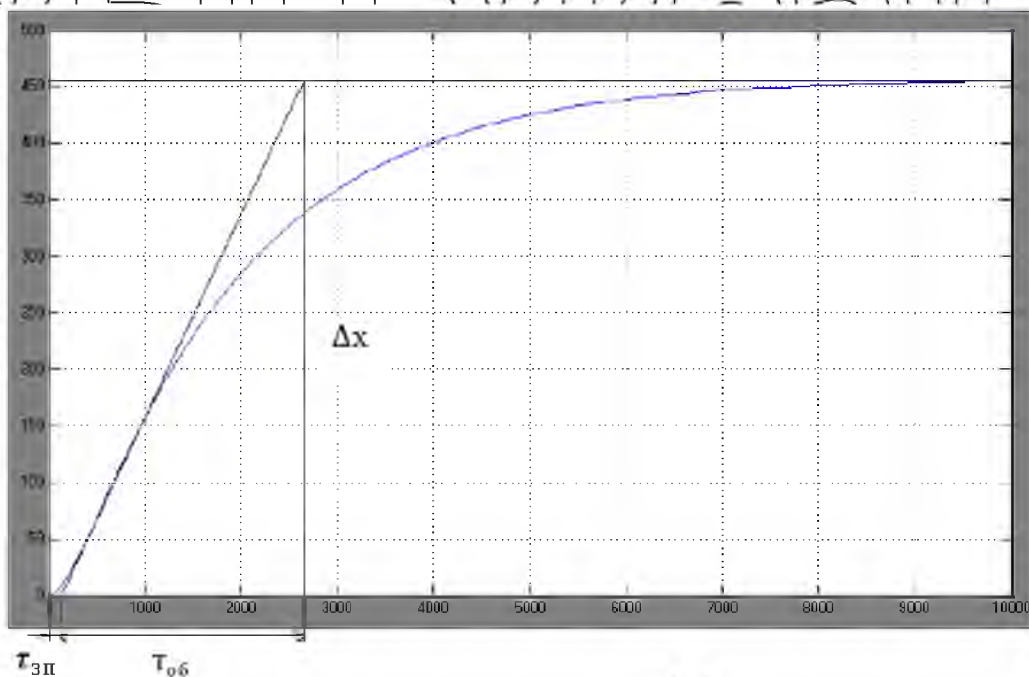


Рис. 2.4. — Крива розгону об'єкта по каналу регулювання температури в теплиці

Враховуючи, що вхідний стрибокоподібний сигнал  $\Delta U = 90 \text{ } ^\circ\text{C}$ , визначимо динамічні властивості об'єкта по каналу регулювання температури в теплиці (рис. 2.5):

$$\tau_{эл} = 100 \text{ с}, \quad T_{об} = 2500 \text{ с}, \quad K_{об} = \frac{\Delta x}{\Delta U} = \frac{455}{90} = 5,5$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------



$$W_{oy(t)}(s) = \frac{455,05}{2500s + 1} e^{-s100}$$

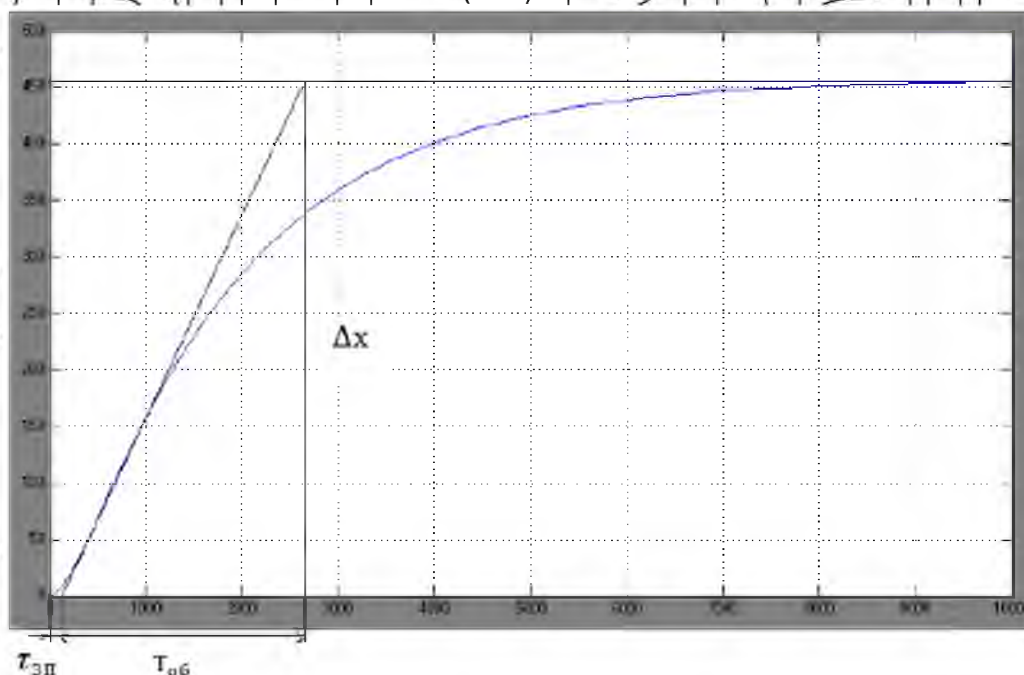


Рис. 2.5. — Крива розгону об'єкта по каналу регулювання вологості в теплиці

Так як вхідні стрибкоподібні сигнал  $\Delta U = 35 \text{ м}^3/\text{хв}$  визначимо динамічні властивості об'єкта по каналу регулювання вологості в теплиці:

$$\tau_{ЭП} = 27 \text{ с}, \quad T_{об} = 310 \text{ с}, \quad K_{об} = \frac{\Delta x}{\Delta U} = \frac{31,5}{35} = 0,9$$

$$W_{oy(t)}(s) = \frac{0,9}{310s + 1} e^{-s27}$$

### 2.3. Розробка системи автоматичного керування мікрокліматом в теплиці

Завжди актуальною із задач підвищення рівня автоматизації, що дозволить збільшити можливості конкретної системи автоматизації та підвищити її відповідність сучасним вимогам і техніко-економічну ефективність. Показником рівня автоматизації вважають ту частину



праці по управлінню процесом, яка здійснюється автоматично, без участі людини. Важливою умовою, яка характеризує підготовку підприємства до автоматизації, є механізація всіх основних і допоміжних операцій.

Важливе значення має використання типових комплексно-механізованих виробничих ліній, що дає можливість застосовувати розроблені для них типові схеми автоматизації. Правильне розташування обладнання забезпечує можливість здійснення комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів, безпеку виробничого персоналу.

Велике значення при підготовці об'єкта або технологічної дільниці до автоматизації має вибір основних технологічних параметрів, по яких здійснюється об'єктивне управління процесом. Теплиця характеризується високим рівнем механізації і автоматизації основних виробничих процесів. Всі технологічні операції по приготуванню живильного розчину, контролю та підтриманню температури, вологості, освітленості і т.д. повністю механізовані і частково автоматизовані.

Головне обладнання оснащено засобами контролю та автоматизації, що дозволяють найбільш повно забезпечити вимоги технології та техніки безпеки, а також підвищити продуктивність праці. В дипломній роботі пропонується розробити автоматизовану систему управління температури на платформі Schneider Electric, в теплиці, побудовану на базі управляючої обчислювальної техніки, мікропроцесорних контролерів (МПК) та персональних комп'ютерів. Розроблена система автоматизації забезпечить комплексний контроль за температурою в теплиці, а саме управління температурою, вологістю, обігрівом та рециркуляцією повітря в автоматичному та ручному режимі.

Сучасна система автоматизації повинна забезпечувати безперебійну роботу промислового обладнання, і управляти технологічним процесом з

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

потрібною точністю і чіткістю. В даній дипломній роботі забезпечена автоматизація в таких режимах:

ручному режимі з щита управління за допомогою графічного інтерфейсу

автоматичне управління з використанням мікроконтролера Shnider

Electric

Розроблена система управління, регулювання і контролю параметрів температури в теплиці.

Центральним пристроєм системи автоматизації є контролер Shnider Electric використовуються для підключення керуючих елементів.

Від вірного вибору приладів та засобів автоматизації багато в чому залежить безперервна та надійна робота системи автоматизації. Основними факторами, які впливають на вибір приладів та засобів автоматизації є:

- особливості технологічного процесу та технологічних середовищ;
- вимоги щодо безпеки протікання технологічного процесу;
- вимоги щодо надійності системи автоматизації;
- матеріальні кошти, які виділяються на придбання приладів та засобів автоматизації, матеріалів та комплектуючих.

**При виборі датчиків і первинних перетворювачів враховувались наступні фактори:**

1. Відповідність діапазону первинного перетворювача номінальним значенням, відповідно до технологічного процесу. Всі датчики підібрані таким чином, щоб номінальне значення входило в діапазон. Всі виконавчі механізми підібрані з потрібною пропускною здатністю.
2. Відповідність наперед заданому класу точності. В даному випадку клас точності всіх засобів автоматизації не нижче 0,5%.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

3. Відповідність монтажних розмірів засобів автоматизації до тих комунікацій і апаратів, де вони встановлені.

4. Відповідність матеріалів, з яких виготовлені засоби автоматизації таким що не піддаються дії агресивних середовищ. Тому корпуси приладів виконані переважно з нержавіючої сталі, або матеріалів, які не піддаються впливу агресивних середовищ

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

02.03 - дп.000 "Д" 2021.7.19010 ПЗ

Лист

26

## РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

### 3.1. Розробка функціональної технологічної схеми системи автоматизованого керування температурою повітря в теплиці

Функціональна схема автоматизації є основним проектним документом, який визначає структуру і рівень автоматизації технологічного процесу об'єкта. На функціональній схемі за допомогою умовних графічних позначень вказують технологічне обладнання, комунікації, органи керування, прилади і засоби автоматизації та ін. із зазначенням зв'язків між ними, таблиці умовних позначень і необхідних пояснень.

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, пультав, пунктів контролю та керування. Графічні умовні зображення приладів і засобів автоматизації, їх розміри і літерні позначення повинні відповідати ГОСТ 21.404 – 85 СПДС - Автоматизація технологічних процесів. Позначення умова приборів і способів автоматизації в схемах.

Пристрої і засоби автоматизації показують на функціональних схемах розгорнутим способом, згідно з яким кожний прилад чи блок, який входить в єдиний комплект, показують окремими умовними графічними зображеннями. У верхній частині зображення (кола, овалу) наносять позначення вимірюваної величини та функції, яка виконується приладом в порядку їх розміщення зліва направо. В нижній частині вказують позиційне позначення комплексу вимірювання або його окремих елементів.

Функціональна схема відображає процеси, що відбуваються в окремих функціональних колах виробу чи у виробі в цілому. Ця схема в порівнянні зі структурною детальніше розкриває функції окремих елементів чи пристроїв.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 ПЗ

Лист

27

На схемі зображують всі функціональні частини виробу та основні зв'язки між ними.

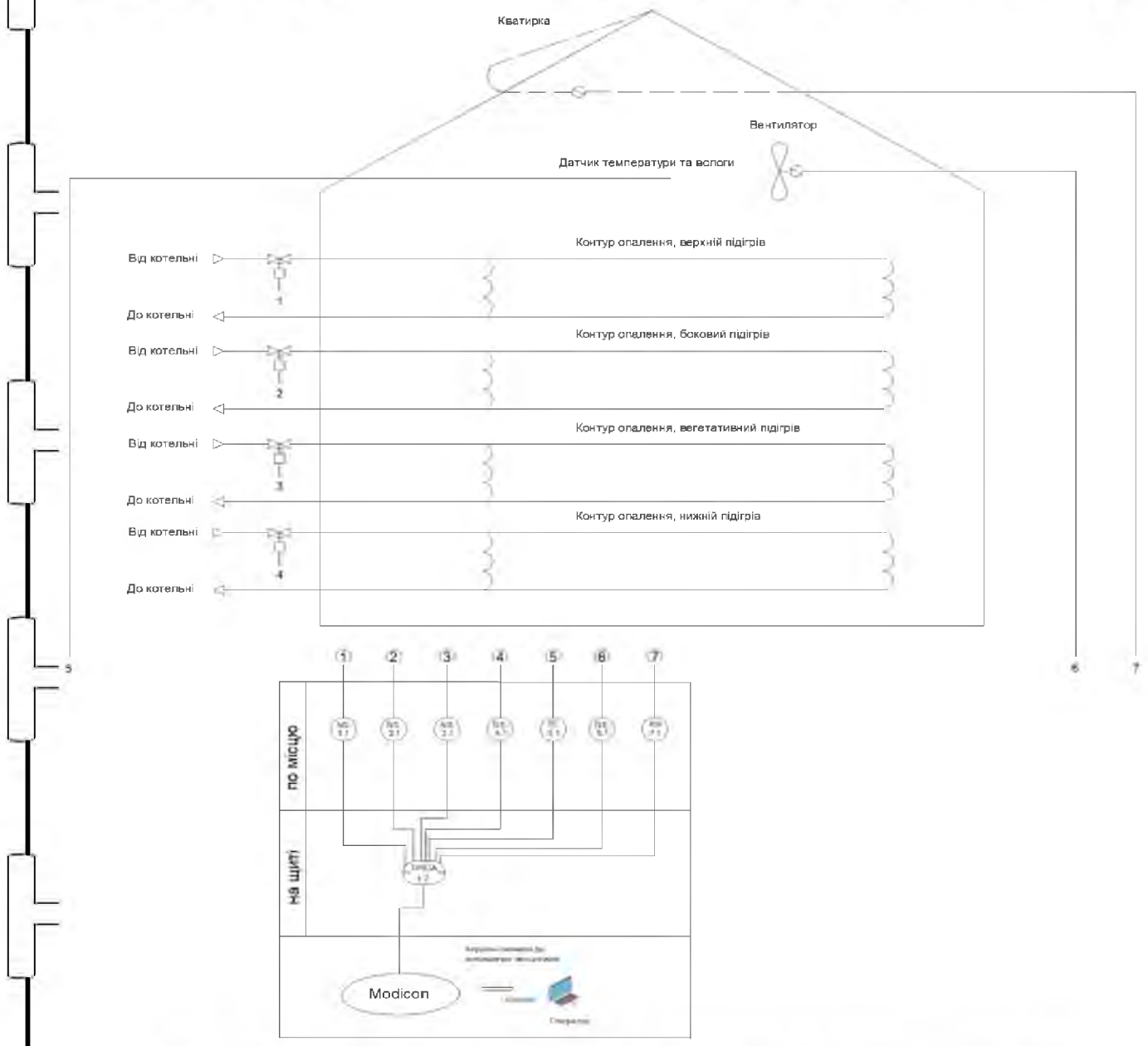


Рис. 3.1. Функціональна схема САК температури повітря в теплиці

Пояснення до функціональної схеми:

TE – датчик температури;

NS – реле

TMRKA – індикація та реєстрація значень температури

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата



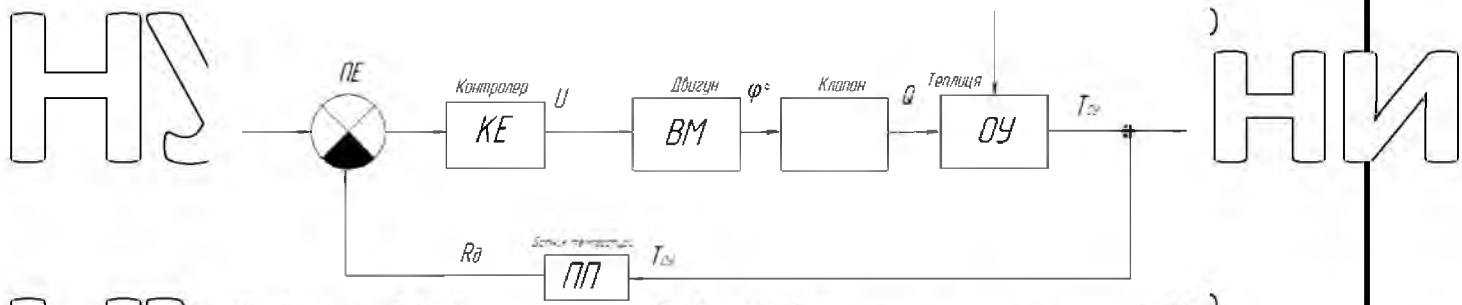


Рис. 3.2. Функціонально-структурна схема САК по каналу регулювання температури в теплиці

На функціональній схемі САК зображені такі основні елементи:

КЕ - керуючий елемент

РО - регулюючий орган

ВМ - виконавчий механізм

ОУ - об'єкт управління

ПП - первинний перетворювач

$R_z$  - задане значення температури;

$R$  - температура повітря в теплиці;

$\Delta R = R - R_{зад} = T_{сп} - T_{д}$  - значення температури що вимірюється;

$U$  - напруга керування;

$F, z$  - збурюючі дія на ОУ.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

### 3.2. Вибір алгоритму керування

Алгоритм керування визначається з врахуванням динамічних властивостей об'єкта. Також враховуються при цьому показники якості, що повинні забезпечувати технологічні вимоги.

Згідно літературних джерел регулятор обирають за величиною відношення часу запізнення до постійної часу об'єкта керування:

$0,2 < \tau/T < 1$  — пін йний алгоритм керування

$\tau/T > 1$  — алгоритм для імпульсних систем

керування;  $\tau/T < 0,2$  — пропорційний алгоритм керування

### 3.3. Вибір датчика температури

Для вимірювання поточної температури повітря обрано цифровий датчик температури «NTC 10K»



Рис.3.3. Датчик температури

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Даний датчик за своїми технічними характеристиками відповідає умовам використання для теплиці. Технічні характеристики сприймаючого елемента наведено в таблиці 3.1

Табл.3.1. Характеристики датчика

Напруга	Робоча температура, °С	Теплова інерція, с	Точність: °С	Тип інтерфейсу передачі даних
5 В	-30 ~ 105	0.75	0.1	аналоговий

В загальному вигляді передаточна функція датчика має вигляд:

$$W_{CE}(s) = \frac{K_{CE}}{T_{CE} * s + 1}$$

Де,  $K_{CE} = \frac{\Delta R}{\Delta y}$ ;  $K_{CE}$  – Цифрова система керування

$T_{CE}$  – постійна часу.

### 3.4. Вибір регулюючого органу

Для вибору регулюючого органу проведемо певні розрахунки. Задані параметри

$Y = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^2}$  - об'ємна маса води;  $v = 0.2$  с в'язкість;

Изм.	Лист	№ докум	Підпись	Дата

НУБІ

аїни

НУБІ

аїни

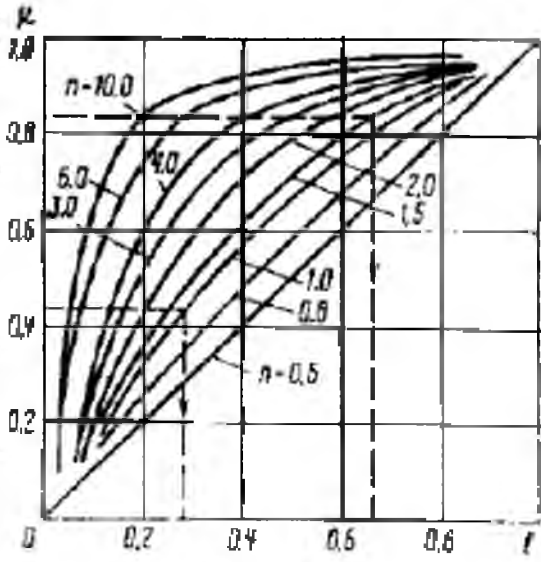


Рис. 3.4. — Робочі витратні характеристики для регулювальних клапанів

$$K_{v_{max}} = Q_{max} \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{min}}} = Q_{max} \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_c - \Delta P_{f_{max}}}} = 375 \sqrt{\frac{1}{10-4}} \approx 153 \%/_{год} \quad (2.24)$$

Поправку на в'язкість не вводимо, оскільки підкоряє в'язкості.

$$z = 420 \frac{Q_{max}}{v} \sqrt{K_{v_{max}}} = 420 \frac{375}{0,2} \sqrt{153} = 9743797,04 > 1000 \quad (3.1)$$

З довідникової літератури приймаємо діаметр регулювального клапана, який становить  $D$ . — 125 мм  $K$  — 250. Оскільки умова  $k > 1,2 K$ ,  $> 1,2 153 = 183,6$  виконується, то даний регулювальний обертовий клапан цілком підходить.

Знаходимо робочу ділянку витратної характеристики вибраного

Регулювального органу (рис. 3.5.). Для цього скористаємось наступними

формулами:

$$K_{v_2} = Q_{max} \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{f_{max}}}} = 500 \sqrt{\frac{1}{4}} = 250 \%/_{год} \quad (3.2)$$

$$K_{v_1} = Q_{max} \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{f_{min}}}} = 375 \sqrt{\frac{1}{4}} = 187,5 \%/_{год} \quad (3.3)$$

НУБІП УКРАЇНИ

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата





Рис.3.5. — Регулювальний клапан з приводом

Визначаємо відношення перепаду тиску на регулювальному органі при максимальній витраті до перепаду тиску в лінії:

$$n = \frac{K_{\gamma_{\text{BM}}}}{K_{\gamma_0}} = \frac{250}{187,5} = 1,33 \quad (3.4)$$

Уточнюємо перепад тиску на виконавчому механізмі:

$$\Delta P_{\text{BM}} = \frac{\Delta P_c}{1+n^2} = \frac{10}{1+1,33^2} = 3,717 \text{ кг/см}^2 \quad (3.5)$$

Визначаємо витрату через виконавчий механізм у разі перепаду тиску на ньому:

$$Q_{\text{BM}} = K_{\gamma_{\text{BM}}} \sqrt{\frac{\Delta P_{\text{BM}}}{\gamma}} = 250 \sqrt{\frac{3,717}{1}} = 481,98 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.6)$$

Знаходимо відносну максимальну та мінімальну витрату рідини:

$$\mu_{\text{max}} = \frac{Q_{\text{max}}}{Q_{\text{BM}}} = \frac{375}{481,98} = 0,778; \quad (3.7)$$

$$\mu_{\text{min}} = \frac{Q_{\text{min}}}{Q_{\text{BM}}} = \frac{250}{481,98} = 0,519. \quad (3.8)$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата



З графіка, що зображений на (рис. 3.4) вибираємо витратну характеристику ВМ в відповідності з якою відносний кід плунжера  $l_{\text{пл}} = 0,3$  та  $l_{\text{max}} = 0,52$ . Визначаємо відношення

$$k_{\text{PO}} = \frac{\Delta\mu}{\Delta l} = \frac{\mu_{\text{max}} - \mu_{\text{min}}}{l_{\text{max}} - l_{\text{min}}} = \frac{0,778 - 0,519}{0,52 - 0,3} = 1,18 \quad (3.9)$$

Використовуючи довідникову літературу, приймаємо в якості виконавчого механізму асинхронний трифазний електродвигун АІР80В4 загальнопромислового застосування для роботи від напруги 220/380В при частоті 50 Гц,



Рис 3.6. – Електродвигун АІР 80 В4  
 Передаточна функція виконавчого механізму.

$$W_{\text{BM}}(s) = \frac{k_{\text{BM}}}{T_{\mu} \cdot s}$$

$$k_{\text{BM}} = \frac{t_{\text{max}}}{220/50} = 18,182$$

$$T_{\mu} = 210\text{с}$$

$$W_{\text{BM}}(s) = \frac{18,182}{210 \cdot s}$$

### 3.5. Вибір керуючого елемента

Для реалізації розрахованого алгоритму керування обрано контролер лінійки Shneider Electric ПЛК M241



Рис. 3.13. Зовнішній вигляд Shneider Electric ПЛК M241

Контролер має на борту 14 дискретних входів з яких 8 швидких транзисторних розраховані на 0.5 А та 6 релейних розраховані на 2 А, час спрацювання становить 50 мікросекунд. Робоча напруга 100–240 В.

На борту знаходиться 64 МВ для системної пам'яті, 8 МБ для програм, 128 МВ вбудованої флеш-пам'яті для резервування програм користувача та можливість вставити карту пам'яті на 16 Тб, цього вистачає щоб зберігати резервні копії протягом 2 років.

Для віддаленого управління контролером є роз'єм RJ-45 Ethernet 10/100 Mbit/s він дає змогу підключитись до Web сервера контроллера та змінювати налаштування за допомогою Web-інтерфейсу.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 ПЗ

Лист

35



Оскільки ПЛК М241 не має аналогових вхотів треба використувувати

модуль TM3-8 TEMP BX



Рис. 3.14. Зовнішній вигляд Shneider Electric

Він підключається до контролера на спеціальних крилечках, модуль має 8 аналогових входів/виходів підтримує верику кількість датчиків температури таких як NTC 10k, PT-100, PT-1000, термопару, thermocouple E, thermocouple N, thermocouple T

### 3.6. Час квантування ЦСК

Дискретизація (квантування) — заміна неперервного сигналу тими чи іншими дискретними значеннями.

Задача вибору раціонального часу квантування  $T_k$  є однією з основних проблем реалізації ЦСК.

Згідно з теоремою Котельникова для можливості безпомилкового відтворення сигналу, як показує аналіз амплітудних спектрів імпульсної системи, найменша частота квантування повинна дорівнювати  $2\omega_c$ , де  $\omega_c$  — частота зрізу вихідного сигналу, яка має

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

місце в амплітудно-частотній характеристиці неперервної частини системи.

Теорема стверджує, що сигнал не містить в собі частот вище, ніж  $\omega$  рад/с, він повністю описується своїми значеннями, вимірними у дискретні моменти часу за інтервалом:  $T_k = \pi \omega c$ .

Визначення передаточної функції неперервної частини розімкнутої системи:

$$W_{\text{роз. н.ч.}}(s) = \frac{K_c K_o}{T_c s + 1} \frac{K_o}{T_o s + 1} \frac{K_c K_o}{T_c T_o s^2 + (T_c + T_o) s + 1} \quad (3.10)$$

Підставивши значення отримаємо:

$$W_{\text{роз.}}(s) = \frac{0,33}{96800s^3 + 16676s^2 + 580s + 1} \quad (3.11)$$

Виведено дану функцію в середовище Matlab для дослідження:

```
Transfer function:
                0.33
-----
96800 s^3 + 16676 s^2 + 580 s + 1
```

Визначасмо передаточну функцію неперервної частини замкненої системи:

$$W_{\text{замкн. н.ч.}} = \frac{W_{\text{роз.}}(s)}{1 + W_{\text{роз.}}(s)} = \frac{K_c K_o}{(T_c T_o s^2 + (T_c T_o) s + 1) + K_c K_o} \quad (3.12)$$

Визначення амплітудно-частотної характеристики неперервної частини замкненої системи:

$$W_{\text{замкн.}}(j\omega) = \frac{K_c K_o}{(T_c T_o (j\omega)^2 + (T_c T_o) (j\omega) + 1) + K_c K_o} \quad (3.13)$$

У результаті розв'язання рівняння

$$A(\omega) = \frac{K_c K_o}{\sqrt{(-T_c T_o \omega^2 + 1 + K_c K_o)^2 + (T_c T_o)^2 \omega^2}} = 0.01. \quad (3.14)$$

Отримаємо значення частоти:

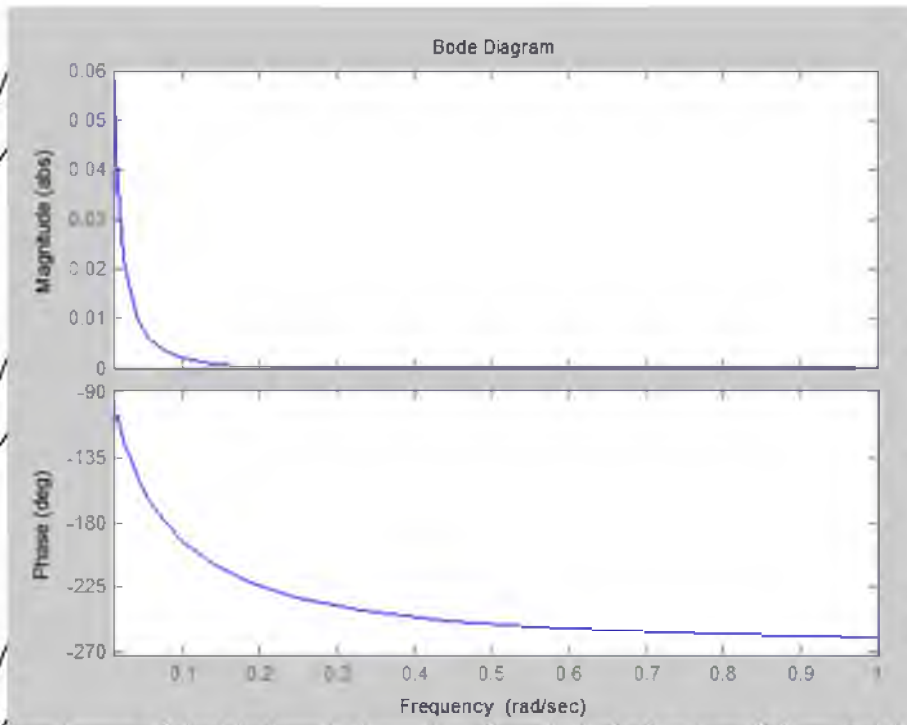


Рис. 3.15. АЧХ АСК

і значення часу квантування:

$$\omega_c = 0,05$$

$$T_k = \pi / \omega_c = 62,8$$

### 3.7. Реалізація цифрового ПІ-регулятора

Аналогічно з неперервними системами в цифрових системах можна реалізувати ПІ закон регулювання

Синтез ПІ-регулятора полягає у знаходженні параметрів  $K_p K_i$ :

Параметр інтегральної складової регулятора, який залежить від добротності та швидкості  $K$  неперервної частини, визначаються за формулою

$$K_i = K_v \lim_{z \rightarrow 1} z - 1 W \text{ н. ч } (z)$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата



Добротність за швидкістю визначається залежно від постійної часу об'єкта (таб. 3.2).

Таблиця 3.2 Співвідношення добротності за швидкістю від постійної часу об'єкта

$T_0, c$	$K_v$
$\sim 1$	3...10
$\sim 10$	0,3...1
$\sim 100$	0,01...0,04
$\sim 1000$	0,004...0,012

Згідно з таблицею  $K = 0,01$ , оскільки  $T_0 = 550$  с. Для визначення передаточної функції  $W$  н. ч ( $z$ ) застосуємо пакет програм MATLAB

використовуючи операції задання передаточної функції неперервної системи та Z-перетворення неперервної передаточної функції на дискретну  $wz = c2d(w, T)$ , де  $w$  — змінна, що отримала вираз неперервної передаточної функції,  $T$  — крок квантування.

В середовищі Matlab введемо команду:  $wz = c2d(w, 62.8)$

Після чого отримаємо результат:

```
Transfer function:
0.02006 z^2 + 0.01335 z + 0.0001367
-----
z^3 - 0.9501 z^2 + 0.05174 z
- 2.002e-005
```

При синтезі ПІ-регулятора ми нехтуємо малою постійною часу СЕ

Тоді

$$K_i = \frac{0.01}{\frac{0.002006 \cdot 1 + 0.01335 + 0.00013}{1^2 - 0.9501 \cdot 1 + 0.05174 + 0.00002}} = 6.6$$

Після знаходження  $K_i$  параметр  $K_p$  визначасмо таким чином, щоб компенсувати полюс Z-перетворення неперервної частини системи.

Передаточна функція ПІ-регулятора має вигляд:

$$W_{PI}(z) = \frac{K_i \times T z + 1}{2(z-1)} = \frac{2 \times K_p \times z - 2 \times K_p + K_i \times T \times z + K_i \times T}{2z - 2} = \frac{(2 \times K_p + K_i \times T)z + (K_i \times T - 2 \times K_p)}{2(z-1)} = \frac{(2 \times K_p + K_i \times T) \left[ z + \frac{K_i \times T - 2 \times K_p}{2 \times K_p + K_i \times T} \right]}{2(z-1)}$$

Для компенсації полюсу необхідно знайти такий  $K_p$ , який би задовольняв рівняння:

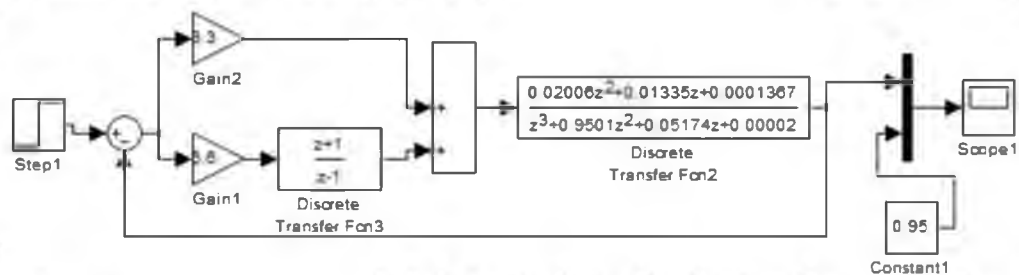
Параметр знаходимо за допомогою програми Matlab

Given

$$\frac{K_i \cdot T - 2 \cdot K_p}{K_i \cdot T + 2 \cdot K_p} = 0.000197$$

$$\text{Find}(K_p) = 3.281$$

Для дослідження показників якості роботи системи використовуємо модель у програмному середовищі Simulink



Фиг. 3.16. Структурна модель цифрової системи

Та отримасмо перехідний процес системи з ПІ-регулятором

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

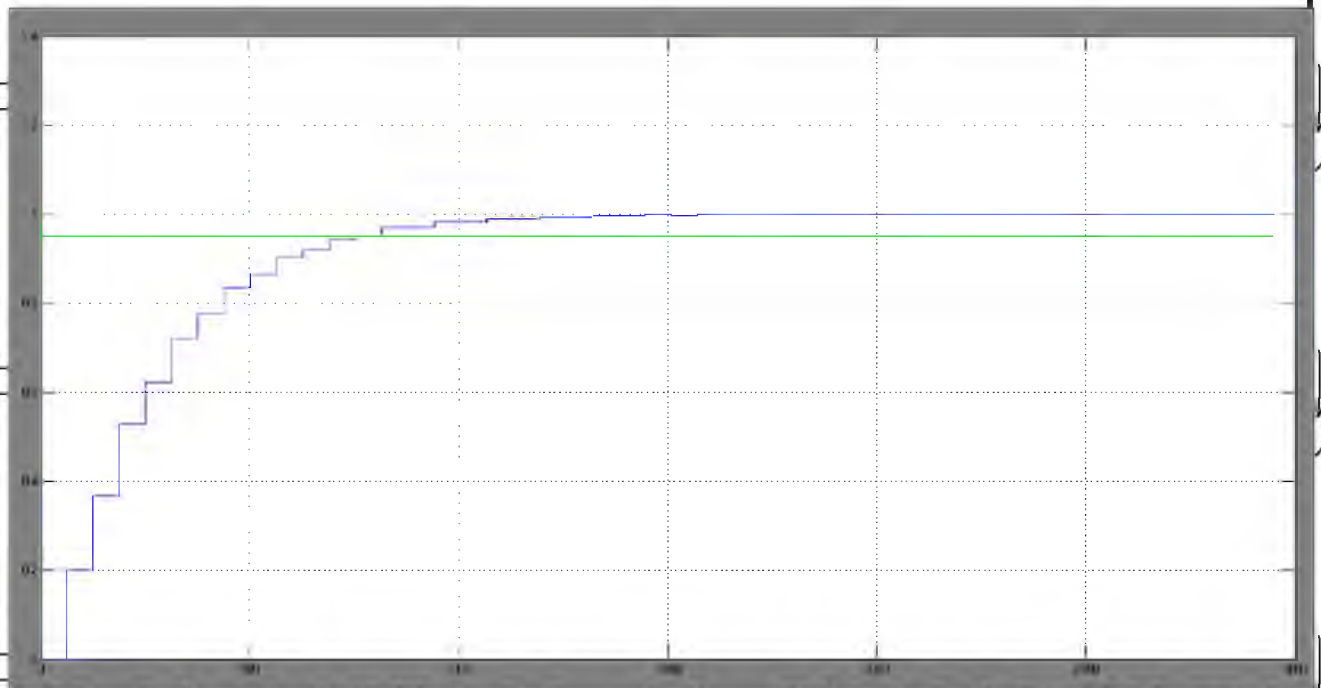


Рис. 3.17. Перехідний процес системи з ПІ-регулятором

Дослідження цифрової системи автоматичного керування на стійкість та якість

Використовуючи розімкнуту передаточну функцію цифрової системи  $W_{роз}(z)$ , знайдемо  $W_{зам}(z)$ , розв'яжемо рівняння та знайдемо характеристичні корені.

$$W(p) := \frac{33}{9.68e6 \cdot p^3 + 1.6676e6 \cdot p^2 + 58000.0 \cdot p + 133.0} \cdot \frac{28.4p - 18.2}{6.6p - 6.6} \quad (3.15)$$

Отримаємо рівняння в z-перетворенні

$$W(z) := \frac{142.0 \cdot z - 91.0}{(z - 1.0) \cdot (9.68e6 \cdot z^3 + 1.6676e6 \cdot z^2 + 58000.0 \cdot z + 133.0)}$$

У результаті було отримано наступне характеристичне рівняння:



$$9.68e6 \cdot z^4 - 8.0124e6 \cdot z^3 - 1.6096e6 \cdot z^2 - 57867.0 \cdot z - 133.0 = 0$$

Використавши програмне середовище Mathcad знайдемо можливі корені рівняння:

$$z := (-0.00246535485787517003990.125345444637357851680.044461927777494251003.0)$$

Згідно теорії Джурі визначимо чи задовольняють знайдені корені

показники стійкості.

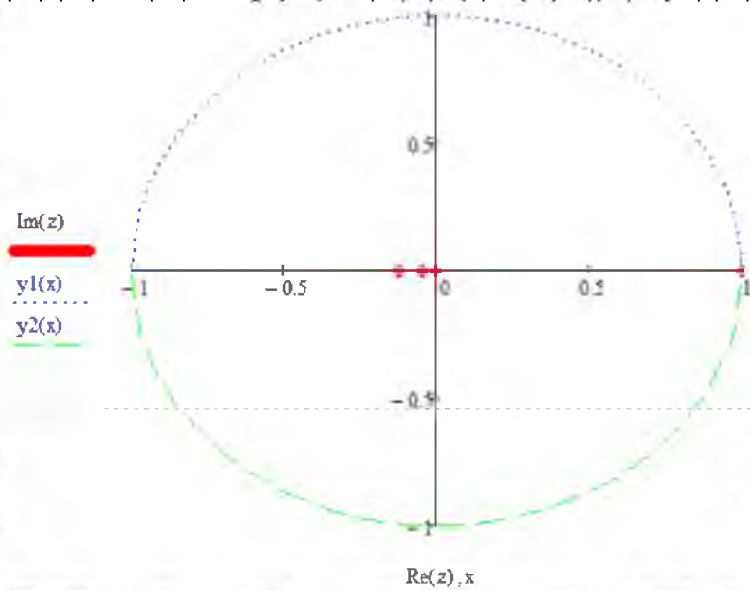


Рис 3.18. Корені характеристичних рівняння на площині.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

### 3.8. Вибір SCADA-системи

SCADA – диспетчерське управління і збір даних – програмний пакет, призначений для розробки або забезпечення роботи в реальному часі систем збору, обробки, відображення та архівування інформації про об'єкт моніторингу або управління. SCADA може бути частиною АСК ТЦ, АСКОЕ, системи екологічного моніторингу, наукового експерименту, автоматизації будівлі і т. Д.

SCADA-системи використовують у всіх галузях господарства, де потрібно забезпечувати операторський контроль за технологічними процесами в реальному часі. Це програмне забезпечення встановлюється на комп'ютери і, для зв'язку з об'єктом, використовує драйвери введення-виведення або OPC DDE сервери. Програмний код може бути як написаний на одній з мов програмування, так і згенерований в середовищі проектування.

Іноді SCADA-системи комплектуються додатковим ПЗ для програмування промислових контролерів. Такі SCADA-системи називаються інтегрованими і до них додають термін SoftLogic.

Термін «SCADA» має двояке тлумачення. Найбільш широко поширене розуміння SCADA як програмного комплексу, що забезпечує виконання зазначених функцій, а також інструментальних засобів для розробки цього програмного забезпечення. Однак часто під SCADA-системою мають на увазі програмно-апаратний комплекс. Подібне розуміння терміна SCADA більш характерно для телеметрії.

Програмне забезпечення реалізовано використавши мову HTML5, Java Script. Програму реалізовано в середовищі Schneider Electric Machine Expert





Рис 3.19. Фронтна панель SCADA-системи

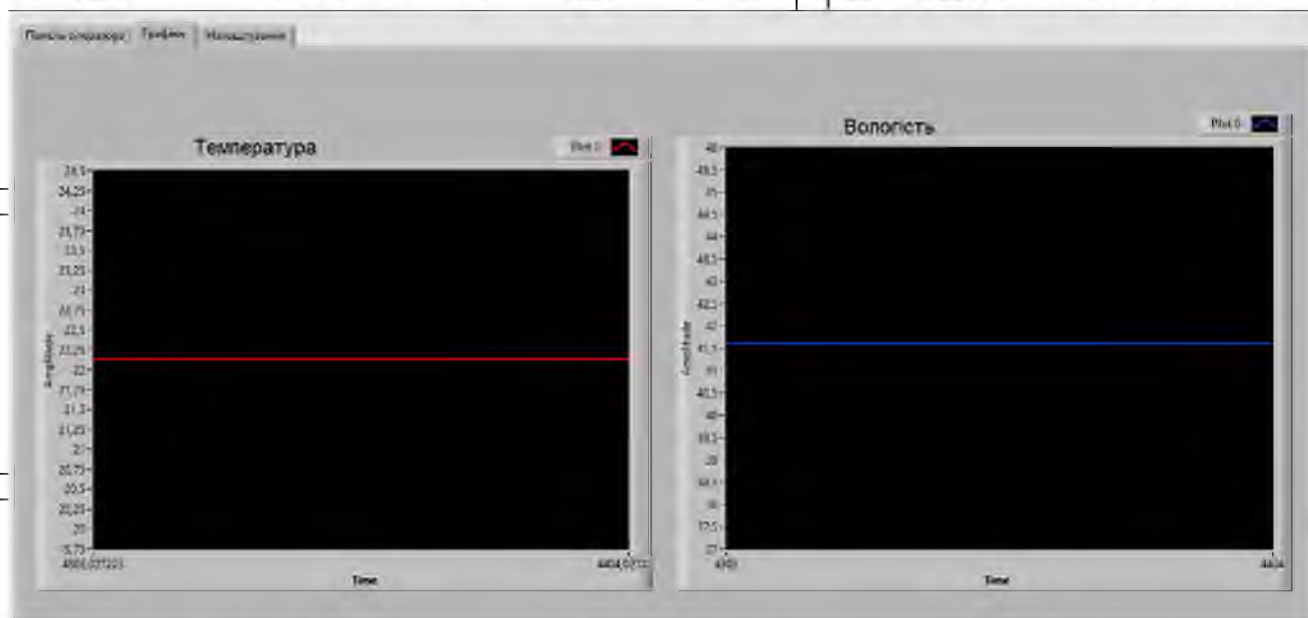


Рис 3.20. Фронтна панель SCADA-системи розділ графіки

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

## РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ ЧАСТИНИ САК

### 4.1. Розробка схеми електричної принципової системи керування теплою

Електричну принципову схему подано на форматі А1 графічної частини проекту.

Опис схеми. При включенні автоматичного вимикача OF підє струм на привід фрамуг але буде чекати замикаання реле KV1 для включення, коли контролер подасть сигнал на контакт D13 спрацює реле яке замкне контакт KV1 який включить привід за фрамуг M1. Реле KV2 відповідає за напрям обертання приводу фрамуги на відкриття та закриття. При подачі сигналу контролером на контакт D12 спрацює твердотіле реле TP1 яке замкне своїм контактом електро-клапан який відкриє подачу гарячої води.

При подачі сигналу контролером на контакт D11 спрацює твердотіле реле TP2 яке замкне своїм контактом електро-клапан який відкриє подачу гарячої води.

При подачі сигналу контролером на контакт D10 спрацює твердотіле реле TP3 яке замкне своїм контактом електро-клапан який відкриє подачу гарячої води.

При подачі сигналу контролером на контакт D9 спрацює твердотіле реле TP4 яке замкне своїм контактом електро-клапан який відкриє подачу гарячої води.

Датчик температури T1 передає інформацію про температуру на контакт D2 де контролер передає отриману інформацію на комп'ютер і по встановленій програмі виконується керування системою.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

#### 4.2. Розробка схеми з'єднань

Схема з'єднань представлена на форматі А1 графічної частини проекту.

**Електрична схема з'єднань** — це електрична схема, що визначає конструктивне виконання електричних з'єднань елементів у виробі. Цей вид схем позначається у шифрі основного напису символами Е4.

Правила виконання, правила зображення вхідних та вихідних елементів, які встановлені для принципів електричних схем, залишаються в силі і для схем з'єднання. З'єднувачі дозволяється зображати без окремих контактів.

В загальному випадку проводи, групи проводів, джгути та кабелі показують на схемі окремими лініями товщиною 0,4...1 мм. Проводи, які йдуть на схемі в одному напрямку, дозволяється зливати в загальну лінію із зображенням при підході до контактів кожного провода окремо.

Проводи, джгути, кабелі, жили кабелю повинні бути пронумеровані в межах виробу окремо. Їх позначення на схемі наносять по-різному: номери кабелів проставляють в колах, які поміщені в розривах зображень кабелів біля місць розгалуження; номери джгутів проставляють на поличках ліній-віносок біля місць розгалуження проводів.

Дозволяється над кабелем писати його позначення, якщо з'єднання читається за схемою однозначно. Дозволяється розмішувати на схемі необхідні технічні вказівки (над основним написом), наприклад, величини допустимих відстаней між проводами, джгутами та кабелями.

Схема повинна також містити відомості про проводи, кабелі (марку, переріз проводу, кількість та переріз жид в кабелі та н.), які поміщають або біля ліній, якими зображують проводи і кабелі, або в таблиці з'єднань. Форму таблиці з'єднань вибирає розробник схеми в залежності від відомостей, які необхідно помістити в схемі. Таблицю розташовують на першому аркуші схеми над основним написом на відстані не ближче 12 мм від нього

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

(продовження — зліва від основного напису) або у вигляді самостійного документа на форматі А4 з основним написом за формою 2.

В таблиці записують спочатку окремі проводи, а потім джгути проводів та кабелів у порядку зростання їх номерів. В графу «Примітки» поміщають дані про ізоляційні трубки та ін.

### 4.3. Розробка схеми підключень

Схема підключень представлена на листі А1 графічної частини проекту.

Електрична схема підключення — вид електричної схеми, що показує зовнішні підключення виробу. Правила виконання цих схем та використання умовних графічних зображень збігаються з правилами виконання принципів електричних схем. Вони позначаються у шифрі основного напису символами Е5.

#### Вимоги до схем підключення

На схемі підключення повинні бути зображені виріб, його входні і вихідні елементи (з'єднувачі, затискачі і т. п.) і кінці проводів і кабелів (багатожильних проводів, електричних шнурів) зовнішнього монтажу, до яких підводяться до них, біля яких поміщають дані про підключення виробу: характеристики зовнішніх електричних кіл і (або) адреси.

#### Особливості виконання

Виріб на схемі зображують у вигляді прямокутника, а його входні і вихідні елементи — у вигляді умовних графічних позначень. Допускається зображати виріб у вигляді спрощених зовнішніх обрисів. Входні і вихідні елементи зображають в цьому випадку також у вигляді спрощених зовнішніх обрисів.

Розміщення зображень входних і вихідних елементів всередині графічного позначення виробу повинно приблизно відповідати їх дійсному



розміщенню у виробі. На схемі повинні вказуватись позиційні позначення вхідних та вихідних елементів, присвоєні їм на принциповій схемі виробу.

Елементи вводу, через які проходять проводи (групи проводів, дроти, кабелі — багатожильні проводи, електричні шнури) зображують у вигляді умовних графічних позначень, встановлених стандартами ЄСКД. Прохідні ізолятори, гермовводи, саліники також зображують у вигляді умовних графічних позначень.

На схемі слід вказувати позначення вхідних, вихідних або вивідних елементів, що нанесені на виріб. Якщо позначення вхідних, вихідних і вивідних елементів в конструкції виробу не вказані, то допускається умовно присвоювати їм позначення на схемі, повторюючи їх у відповідній конструкторській документації. При цьому на полі схеми поміщають необхідні пояснення.

На схемі біля умовних графічних позначень з'єднувачів, до яких приєднані проводи та кабелі, допускається вказувати найменування цих з'єднувачів і (або) позначення документів, на підставі яких вони застосовані. Дроти і кабелі (багатожильні дроти, електричні шнури) повинні бути показані на схемі окремими лініями. При необхідності на схемі вказують марки, перерізи, заарвлення проводів, а також марки кабелів (багатожильних проводів, електричних шнурів), кількість, перетин і зайнятість жил.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата



## РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

### 5.1. Економічна ефективність автоматизації

Економічна ефективність автоматизації вимірюється ступенем зменшення сукупної живої і минулої праці, що витрачається на виробництво одиниці продукції. При автоматизації тепличних виробничих процесів вартість капітальних затрат зазвичай зростає, а експлуатаційні витрати на одиницю продукції значно скорочуються. Таким чином, ефективність автоматизації характеризується сумарним скороченням затрат на виробництво одиниці продукції.

Загальна вартість технічних засобів автоматизації становить:

$$K_3 = K_{дв} + K_d + K_p + K_{обл} + K_{щ}; \quad (5.1)$$

$K_{дв} = 1800$  – вартість двигуна

$K_d = 130$  грн. – вимірювач – NTC 10к

$K_p = 6000$  грн – вартість регуляторів;

$K_{щ} = 600$  грн - вартість щита

$K_{обл} = 4140$  грн – обладнання, комп'ютера для SCADA-системи;

керування; Отже:

$$K_3 = 1800 + 130 + 6000 + 600 + 4140 = 12670 \text{ грн.}$$

Торівельно-транспортні витрати будуть становити:

$$K_{т.т.} = 0,11 \cdot K_3 = 0,11 \cdot 12670 = 1393 \text{ грн.} \quad (5.2)$$

Витрати на монтаж технічних засобів становлять:

$$K_m = 0,17 K_3 = 0,17 \cdot 12670 = 2153 \text{ грн.}$$

Витрати на прокладання проводок:

$$K_{пр} = K_{пр1} \cdot K_{пр} = 8 \cdot 120 = 960 \text{ грн.} \quad (5.3)$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

де:  $K_{ДР1} = 8$  грн./м – вартість проводки та їх монтажу;

$L = 120$  м – довжина проводки.

Інші капітальні витрати будуть становити 2% від суми капітальних

вкладень:

$$K_{ин} = 0,02 \cdot 12670 = 253 \text{ грн.} \quad (5.4)$$

Капітальні витрати визначаємо за формулою:

$$K = K_3 + K_{тт} + K_m + K_{пр} + K_{ин}. \quad (5.5)$$

$$K = 12670 + 1393 + 2153 + 960 + 253 = 17429 \text{ грн.}$$

Визначивши суму капіталовкладень, можна знайти відрахування на амортизацію:

$$C_a = 0,142$$

$$C_a = 0,142 \cdot 17429 = 2474 \text{ грн.} \quad (5.6)$$

Витрати на поточний ремонт будуть становити:

$$C_{пр} = 0,18 \quad C_{пр} = 0,18 \cdot 17429 = 3137 \text{ грн.} \quad (5.7)$$

Витрати на енергоресурси будуть становити:

$$C_e = P \cdot \Gamma \cdot 0,21. \quad (5.8)$$

де:  $P = 2,5$  кВт – потужність автоматизації;

$\Gamma = 250 \cdot 24 = 6000$  год. – кількість годин роботи (сирсвиготовлювач працює 250 днів на рік).

Отже:

$$C_e = 2,5 \cdot 6000 \cdot 0,21 = 3150 \text{ грн.} \quad (5.9)$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

# НУБІП України

Витрати на оплату праці персоналу, що пов'язаний з експлуатацією системи автоматизації (в нашому випадку 2 оператора), становить:

$$C_3 = 1 \cdot 3,0 \cdot 8 \cdot 250 = 6000 \text{ грн.} \quad (5.10)$$

де:  $V$  - кількість операторів;

3,0 грн/год. - ставка оператора; 8 - години роботи на добу;

250 - кількість днів роботи на рік.

# НУБІП України

Отже річні експлуатаційні витрати будуть становити:

$$C = 2474 + 3137 + 3150 + 6000 = 14761 \text{ грн.} \quad (5.11)$$

# НУБІП України

Розрахунок основних показників економічної ефективності.

Знайшовши річні експлуатаційні витрати і капітальні вкладення можна знайти зведені витрати

$$B_{зв} = C + E_n \cdot K. \quad (5.12)$$

$$B_{зв} = 14761 + 0,15 \cdot 17429 = 17375 \text{ грн.}$$

Тоді чистий прибуток буде визначатись за формулою:

$$Ч_{пр} = \Delta C_3 + \Delta C_e \quad (5.13)$$

де:

$\Delta C_e$  - прибуток за рахунок економії електричної енергії;

$$\Delta C_3 = C_3 - (1,2 \cdot C_3 \cdot 0,21). \quad (5.14)$$

$$\Delta C_3 = 6000 - (1,2 \cdot 6000 \cdot 0,21) = 4488 \text{ грн.} \quad (5.15)$$

$$\Delta C_e = C_e - (P \cdot G \cdot 0,1 \cdot \Delta P). \quad (5.16)$$

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

# НУБІП України

$$\Delta C_e = 3150 - (2,5 \cdot 6000 \cdot 0,1 \cdot 0,4) = 2550 \text{ грн.} \quad (5.17)$$

$\Delta \Pi = 0,4 = 40\%$  - економія часу енергоспоживання при автоматизації.

Термін окупності установки визначається за формулою:

# НУБІП України

$$T_{\text{окуп}} = K / \Delta C_e \quad (5.19)$$

$$C_{\text{пр}} = 4488 + 2550 = 7038 \text{ грн.} \quad (5.18)$$

# НУБІП України

$$T_{\text{окуп}} = 17375 / 7038 = 2,4 \text{ року.} \quad (5.20)$$

Отже, з вище приведених розрахунків ми бачимо, що чистий прибуток від впровадження розробленої САР складає 7038 грн, а строк окупності складає 2,4 роки, що вказує на доцільність такого впровадження.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата



## ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті було розроблено САК температурним режимом температури повітря в теплиці. Розроблено функціональну технологічну схему, принципальну схему, схему електричних підключень та веднань. Проведено аналіз технології вирощування.

У роботі виведено математичну модель теплиці по контуру регулювання температури повітря та з моделі визначено криву розгону, після чого виведено передатну функцію об'єкта керування.

Реалізовано цифрову систему керування з розрахованим ПІ-регулятором, де визначено коефіцієнт пропорційності та розраховано коефіцієнт інтегральної складової регулятора. Перевірено на стійкість цифрову систему керування за критерієм Джурі та визначено, що дана система задовольняє умови стійкості.

Проведено вибір пуско-захисної апаратури та технічних засобів автоматики. Наведено аналіз економічної ефективності модернізації системи керування температурним режимом розробленою САК з використанням контролера Shneider Electric.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизация и электрификация защищенного грунта / под ред. Л. Г. Прищепа — М. : Колос, 1976. — 320 с.
2. Агарков А. М. Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов при эксплуатации теплиц / А. М. Агарков, Г. Г. ШИШКО. - Киев Будивельник, 1985. — 120 с.
3. Акопян Р. А. Механизация и автоматизация производственных процессов в защищенном грунте / Р. А. Акопян. М. : Колос, 1969. — 296 с.
4. Алабовский А. Н. Техническая термодинамика и теплопередача / А. Н. Алабовский, И. А. Недужий. — М. : Выща школа, 1990. — 255 с.
5. Альянах И. Н. Моделирование вычислительных систем / И. Н. Альянах. М. : Машиностроение, 1998. — 223 с.
6. Андриевский Е. Н. Эксплуатация электроустановок в сельском хозяйстве / Е. Н. Андриевский. — М. : Энергоатомиздат, 1988. — 143 с.
7. Ахатов А. К. Мир томата глазами фитопатолога / А. К. Ахатов. М. КМК, 2010. — 288с.
8. Бейко И. В. Методы и алгоритмы решения задач оптимизации / И. В. Бейко, Б. Н. Бублик, П. Ч. Зинько. — К. : Вища шк., 1983. — 511 с.
9. Беликов Ю. М. Автоматизация управления микроклиматом в тепличных комбинатах / Ю. М. Беликов // Техника в сельском хозяйстве. — 1984. — №1 — С. 26-29.
10. Боровиков В. П. Нейронные сети. Statistica Neural Networks. Методология и технологии современного анализа данных / В. П. Боровиков. — М. : Горячая линия — Телеком, 2008. - 392 с.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

11. Бородин И. Ф. Автоматизация технологических процессов / И. Ф. Бородин, Н. М. Недилько. — М. : Агропромиздат, 1986. — 368 с.

12. Введение в теорию интеллектуальных систем : учеб. пособ. / Кудрявцев В. Б., Гасанов Э. Э., Подколзин А. С. [и др.] — М. : Шдательский отдел факультета ВМиК МГУ им. М. В. Ломоносова МАКС Пресс, 2006. — 208 с.

13. Вейвлет-анализ в фитометрии растений / В. Ф. Лысенко, И. М. Болбот, Т. И. Лендел. // Актуальные вопросы современной науки — Новосибирск Издательство ЦРНС, 2014. - С. 163-173.

14. Гавриченко А. И. Динамика температуры воздуха в блочной теплице при обогреве / А. И. Гавриченко, А. М. Ключков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 1975. — № 4. - С. 12 - 15.

15. Гайдышев И. Анализ и обработка данных : специальный справочник / И. Гайдышев. - СПб : Питер, 2001. — 752с

16. Ганжа В. Л. Основы эффективного использования энергоресурсов. Теория и практика энергообережения / В. Л. Ганжа — Минск : Белорусская наука, 2007. — 450 с.

17. Гареев А. Ф. Применение вероятностной нейронной сети для задачи классификации текстов / А. Ф. Гареев // Наука и образование. — М. : НиО, 2004. — № 11. — С. 105-117.

18. Гилл Ф. Практическая оптимизация / Ф. Гилл, У. Мюррей, М. Райт. — М. : Мир, 1985. — 509 с.

19. Гілля Л. С. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Частина 1. Закритий ґрунт /Л. С. Гілля — Вінниця : Нова книга, 2008. — 364с.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

20. Гольцев Д. Г. Розрахунок результативності системи управління якістю на підприємстві [Електронний ресурс] / Д. Г. Гольцев. — 2011. — Режим доступу: <http://uisap.en.ru/rozrakhunok-rezultativnosti-sistemi-upravlinnya-yakistyu-na-pidприємстві>. (дата звернення 13.06.2013 р.). — Назва з екрана.

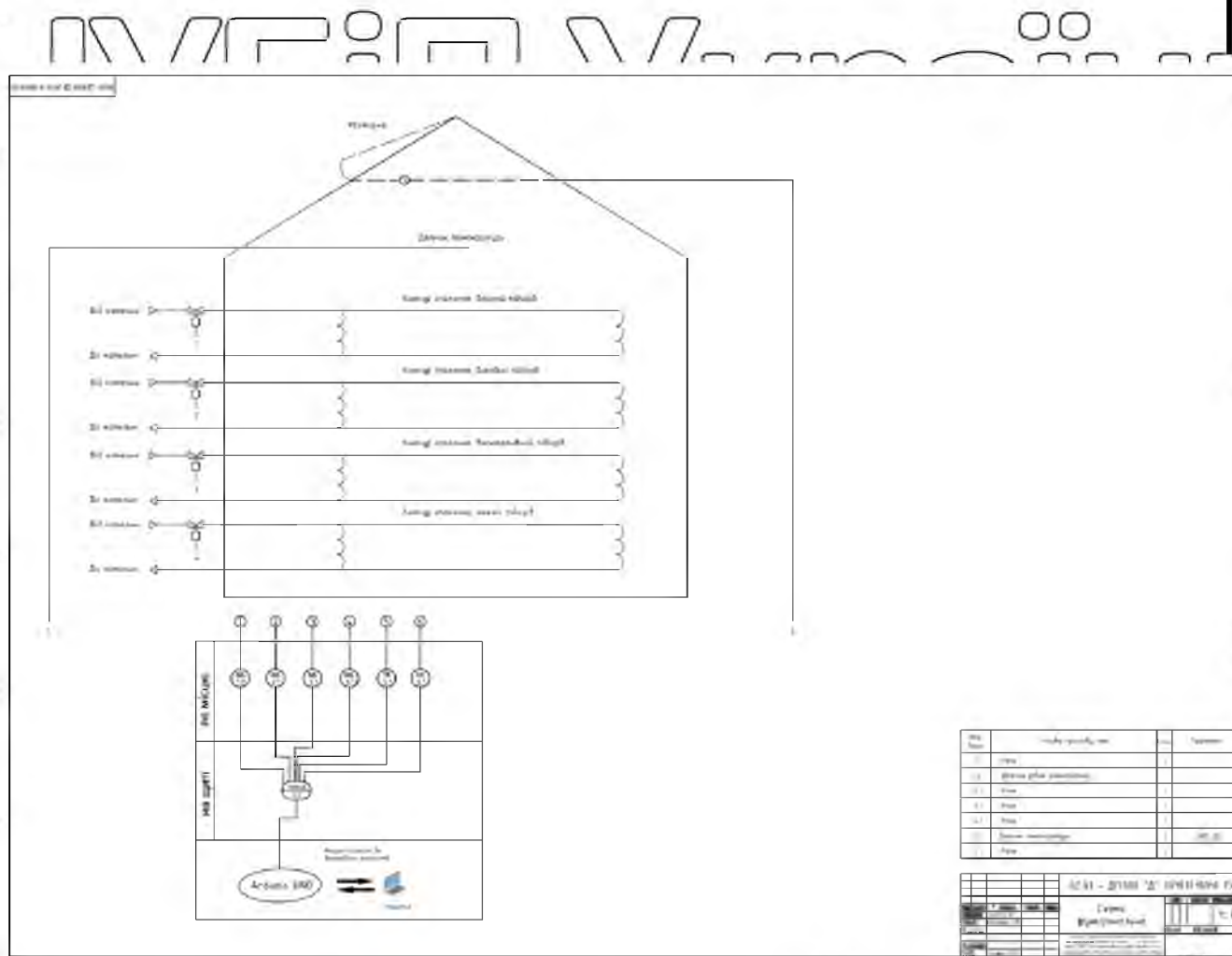
21. Гольцев Д. Г. Сутність та маркетинговий підхід до поняття «якість» у системі управління якістю // Д. Г. Гольцев // Актуальні проблеми економіки. — 2009. — № 3. — С. 79-88.

22. Державні будівельні норми України. Теплиці та парники: ДБН В.2.2-2-95. [Чинний від 1995-02-01]. — К.: Держкоммістобудування України, 1995. — 14 с. — (Державні будівельні норми України).

23. Драганов Б. Х. Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве / Б. Х. Драганов, В. А. Кузнецов, С. П. Рудобашта — М. : АПИ, 1986. — 463 с.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата





НУБІП України

НУБІП України

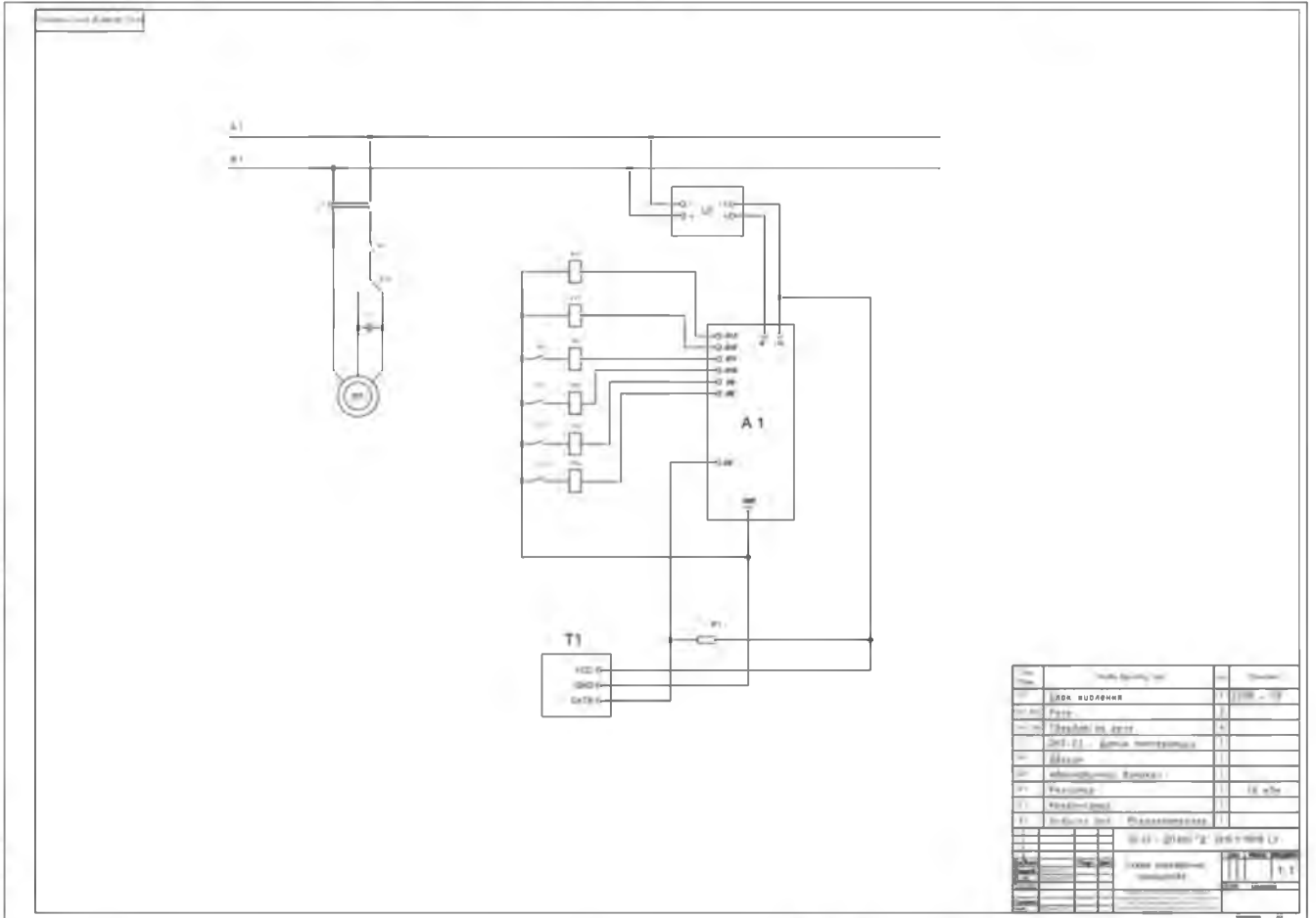
НУБІП України

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 ПЗ

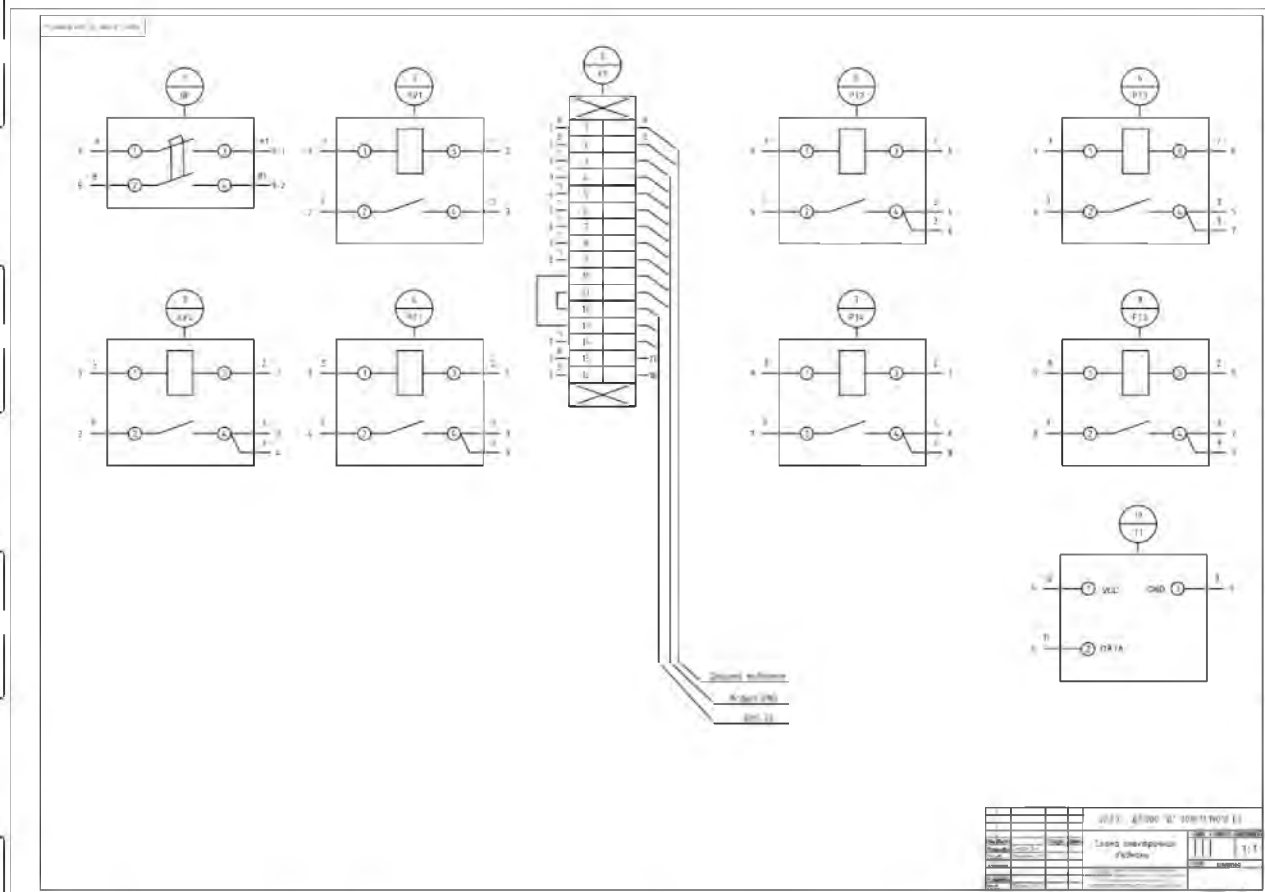
Лист

57



НУБІП України  
 НУБІП України  
 НУБІП України

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата



Універсальний блок управління

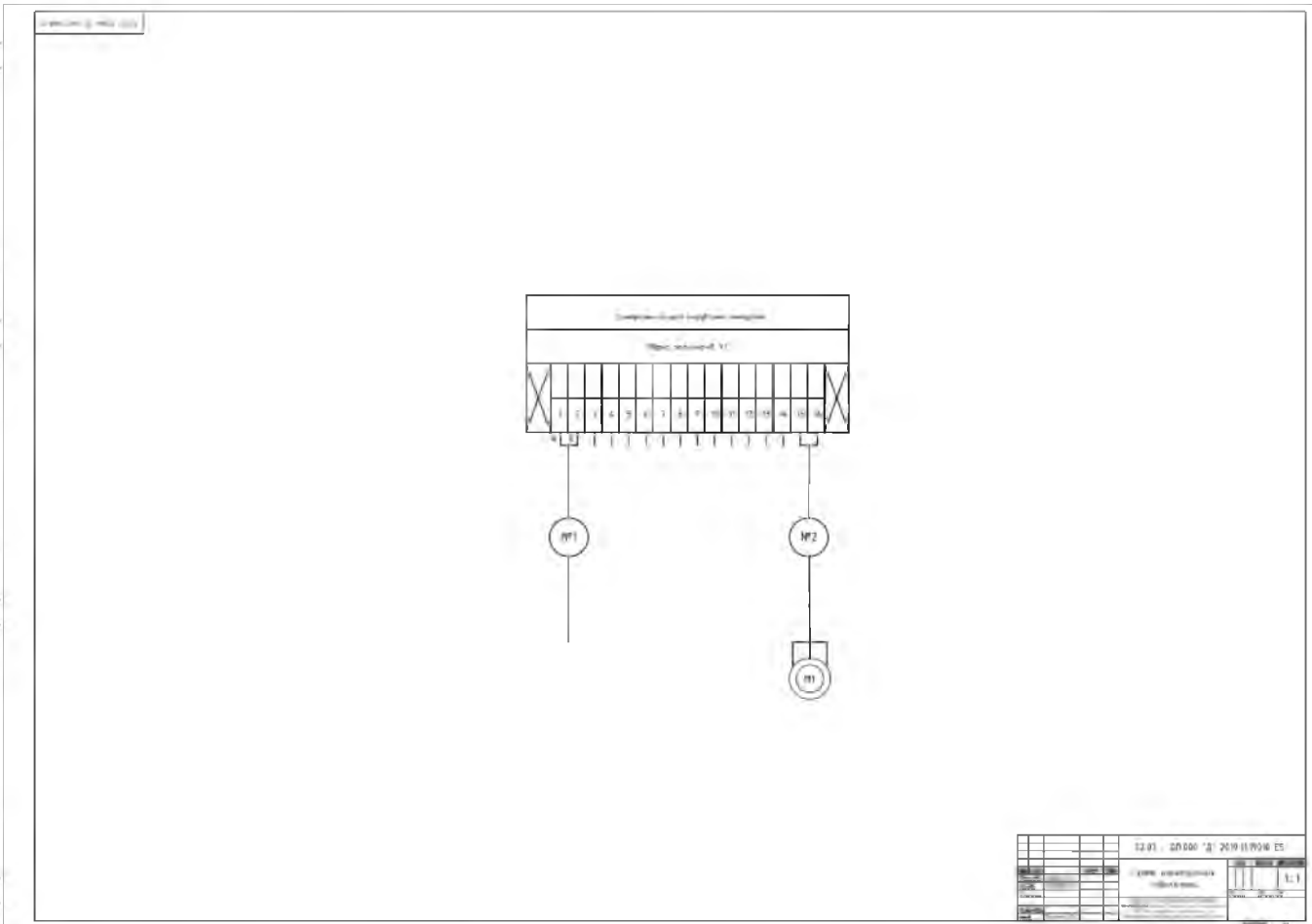
НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 ПЗ



U

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

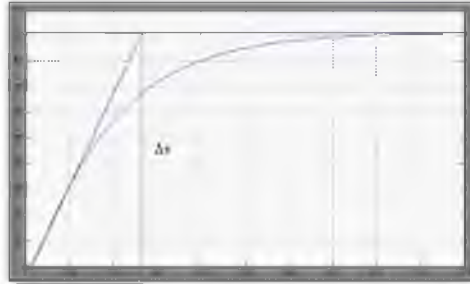
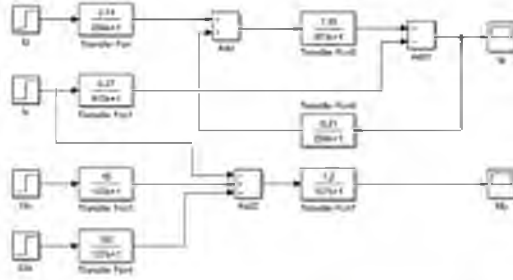
02.03 - ДП.000 "Д" 2021.7.19010 ПЗ

Лист

60

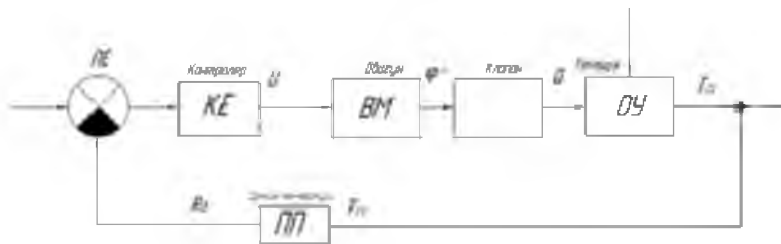


02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 ГР1



					02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 ГР1																								
					Структурна схема математичної моделі об'єкта																								
					<table border="1"> <tr> <td>Лист</td> <td>Листів</td> <td>Всього</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Лист	Листів	Всього																	
Лист	Листів	Всього																											
					<table border="1"> <tr> <td>Розроб.</td> <td>Скворин ВА</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Проб.</td> <td>Резников ВМ</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Т.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Інв.</td> <td>Скворин ВА</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Розроб.	Скворин ВА				Проб.	Резников ВМ				Т.контр.					Інв.	Скворин ВА			
Розроб.	Скворин ВА																												
Проб.	Резников ВМ																												
Т.контр.																													
Інв.	Скворин ВА																												
					НУБІП Укрїїни Формат А3																								

02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 ГР2



					02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 ГР2																								
					Структурна функціональна схема САК по каналу регулювання																								
					<table border="1"> <tr> <td>Лист</td> <td>Листів</td> <td>Всього</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Лист	Листів	Всього																	
Лист	Листів	Всього																											
					<table border="1"> <tr> <td>Розроб.</td> <td>Скворин ВА</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Проб.</td> <td>Резников ВМ</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Т.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Інв.</td> <td>Скворин ВА</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Розроб.	Скворин ВА				Проб.	Резников ВМ				Т.контр.					Інв.	Скворин ВА			
Розроб.	Скворин ВА																												
Проб.	Резников ВМ																												
Т.контр.																													
Інв.	Скворин ВА																												
					НУБІП Укрїїни Формат А3																								

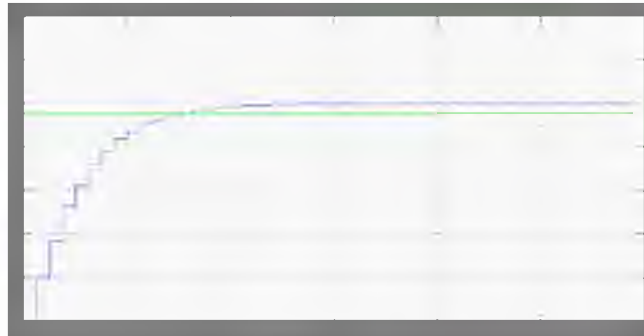
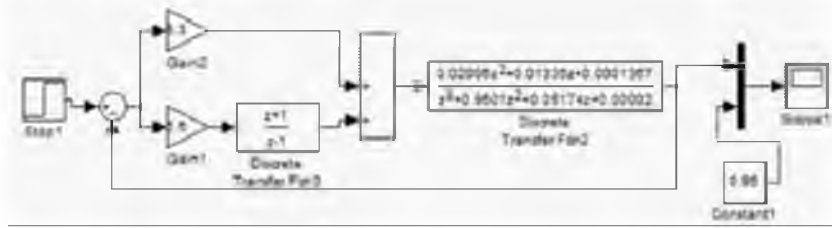
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 ПЗ

Лист

61

№ДП00019010 Д. 00017 - 1903



					02.03 - ДП000 "Д" 2019.11.19010 ГР3		
№ДП	№Док	№Док	№Док	№Док	Симуляція моделі		
№Док	№Док	№Док	№Док	№Док	№Док	№Док	№Док
					НУБІП України		
					Київ		

№ДП00019010 Д. 00017 - 1903



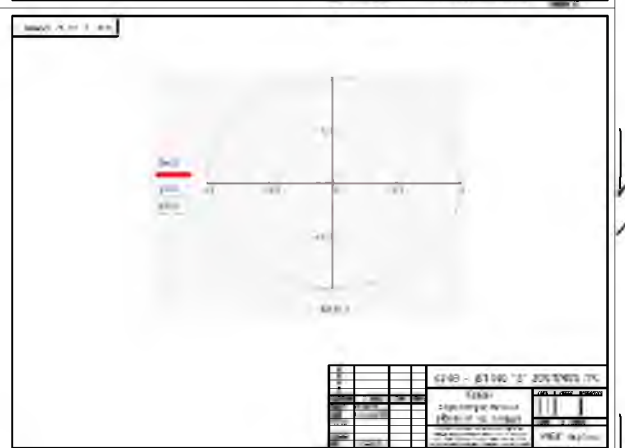
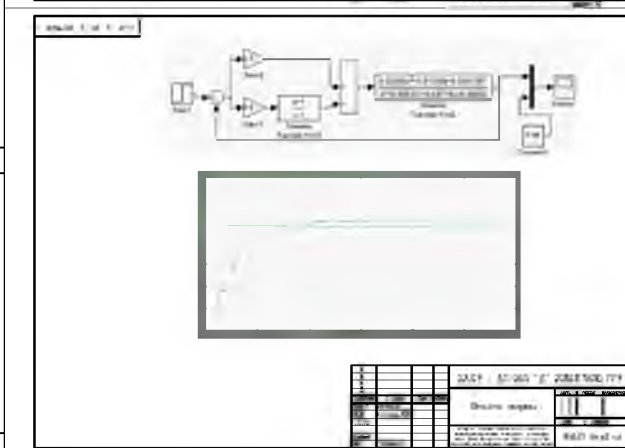
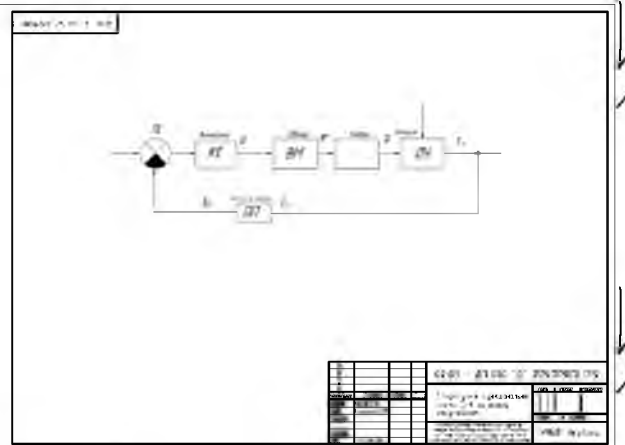
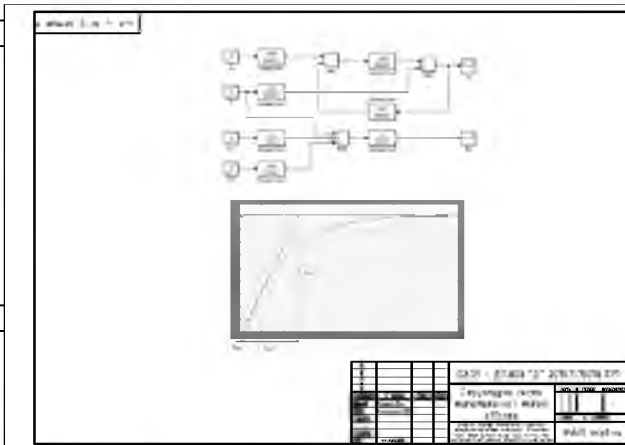
					02.03 - ДП000 "Д" 2019.11.19010 ГР4		
№ДП	№Док	№Док	№Док	№Док	Корні характеристичного рівняння на площині		
№Док	№Док	№Док	№Док	№Док	№Док	№Док	№Док
					НУБІП України		
					Київ		

№ДП	№Док	№Док	№Док	№Док
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

02.03 - ДП.000 "Д" 2021.7.19010 ПЗ

Лист

62



НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

02.03 - ДП.000 "Д" 2019.11.19010 ПЗ

Лист

63