

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

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

К.Т.Н., доц. \_\_\_\_\_ О.О. Опришко  
(підпис) (ПІБ)

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

на тему **"КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА  
АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРОЮ ПОВІТРЯ В  
ПРОМИСЛОВОМУ ПТАШНИКУ"**

Спеціальність: 151 - "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

**Гарант освітньої програми**

Д.Т.Н., проф.  
(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Заєць Н.А.  
(П.І.Б.)

**Керівник кваліфікаційної бакалаврської роботи**

К.Т.Н., асистент  
(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Ромашук О.М.  
(П.І.Б.)

**Виконав**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Радько І.В.  
(П.І.Б.)

**КИЇВ – 2025**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**В.о. завідувача кафедри**

автоматики та робототехнічних систем

ім. акад. І.І. Мартиненка

(назва кафедри)

К.Т.Н., доц. \_\_\_\_\_ О.О. Опришко  
(підпис) (ПІБ)

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи студенту**

**Радьку Івану Віталійовичу**

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність: 151 - "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

1. Тема кваліфікаційної бакалаврської роботи: "Комп'ютерно-інтегрована система автоматичного керування температурою повітря в промисловому пташнику",

затверджена наказом ректора НУБіП України від "18" 11 2024 р. № 2056"С"

2. Термін подання завершеної роботи на кафедру "29" травня 2025 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної бакалаврської роботи:

3.1. Завдання кафедри на виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи.

3.2. Нормативні документи по проектуванню об'єктів автоматизації.

3.3. Наукова література з тематики кваліфікаційної бакалаврської роботи.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

4.1. Характеристика об'єкта керування

4.2. Розробка системи автоматизації технологічного процесу

4.3. Електротехнічна частина

4.4. Техніко-економічне обґрунтування

5. Перелік графічних документів:

- 5.1. Функціональна схема автоматизації САК температури у пташнику.
- 5.2. Розгінна характеристика об'єкта управління. Структурно - алгоритмічна схема САК температури повітря в пташнику. Функціональна схема САК температури повітря в пташнику.
- 5.3. Амплитудо-фазо частотна характеристика САК. Перехідний процес САК. Перехідний процес САК температури повітря в пташнику.
- 5.4. Схема електрична принципова. Схема підключень. Схема електричних з'єднань. Загальний вигляд щита керування.

Дата видачі завдання "21" листопада 2024 року

**Керівник  
кваліфікаційної  
бакалаврської роботи**

\_\_\_\_\_

(підпис)

Ромашук О.М.  
(П.І.Б.)

**Завдання прийняв до  
виконання**

\_\_\_\_\_

(підпис)

Радько І.В.  
(П.І.Б.)

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

/п	Назва етапів випускної бакалаврської роботи	Строк виконання етапів випускної бакалаврської роботи	Примітка
.	Характеристика об'єкта керування.	01.04.25	
.	Розробка системи автоматизації технологічного процесу.	10.04.25	
.	Електротехнічна частина.	15.04.25	
.	Техніко-економічне обґрунтування.	25.04.25	
	Студент	<hr/> (підпис)	Радько І.В.
	Керівник випускної бакалаврської роботи	<hr/> (підпис)	Ромашук О.М.

## АНОТАЦІЯ

У цій випускній бакалаврській роботі розглянуто основи термінології та властивостей об'єктів і систем управління, представлених матричними лінійними диференціальними рівняннями та передавальними функціями. Проаналізовано технологічні процеси різних тепличних комплексів та математичні моделі теплових процесів, які є найбільш економічно доцільними для автоматизації. Також проведено аналіз відомих рішень низки проблем управління зазначеними процесами з обґрунтуванням необхідності вдосконалення цих рішень. У висновках роботи визначено конкретні завдання бакалаврського дослідження.

In daniy bakalavrskiy dani work on fundamentals and terminology vlastyvostryah objects and systems upravlinnya , predstavlenyh matrychnymy dyferentsialnymy linear equations and functions peredatochnymy . Considered processes various greenhouses and matematychni model of thermal processes , cost naybilsh suitable for avtomatyzatsiyi . Here takozh podanyy analiz known solutions of some problems with upravlinnya discussed protsesamy obhruntuvannyam necessary vdoskonalennya these decisions. In zaklyuchenni bakalavrskoyi work dani conclusions that vyznachayut specific zadachi bakalavrskoyi wo

					12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ прим.	Прим.
		<b>Текстові документи</b>				
1	A4	12.03.01.- ДП.144"С".14.01.25.008.ПЗ	Пояснювальна записка			
		<b>Графічні документи</b>				
2	A3	12.03.01.- ДП.144"С".14.01.25.008.ТХ	Функціонально-технологічна схема теплиці	1		
3	A3	12.03.01.- ДП.144"С".14.01.25.008.Е3.1	Схема електрична принципів	1		
4	A3	12.03.01.- ДП.144"С".14.01.25.008.Е3.2	Схема керування виконавчим механізмом	1		
5	A3	12.03.01.- ДП.144"С".14.01.25.008.Е4	Схема з'днань	1		
6	A3	12.03.01.- ДП.144"С".14.01.25.008.Е5	Схема підключень	1		
7	A3	12.03.01.- ДП.144"С".14.01.25.008.ГР2	Розгінна характеристика	1		
8	A3	12.03.01.- ДП.144"С".14.01.25.008.ГР3	Нормована розгінна характеристика ОУ	1		
9	A3	12.03.01.- ДП.144"С".14.01.25.008.ГР4	Структурна схема	1		
10	A3	12.03.01.- ДП.144"С".14.01.25.008.ГР5	Структурно - алгоритмічна схема	1		

Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Комп'ютерно-інтегрована система автоматичного керування температурою повітря в промисловому пташнику пташнику	Літ.	Маса	Масштаб	
Розробив		Радько І.В..							
Перевірив		Ромашук О.М.							
						Арк.	5	Аркушів	
Н. Контроль					Пояснювальна записка	НУБіП України			
Затвердив		.Опришко О.О.							

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ I. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ .....	8
1.1. Опис технологічного процесу, обладнання та вибір каналу регулювання .....	8
1.2. Характеристика існуючих систем автоматизації технологічного процесу .....	10
1.3. Мета та задачі дипломного проекту .....	12
РОЗДІЛ II. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ .....	13
2.1. Функціональна схема автоматизації .....	13
2.2. Аналіз статичних і динамічних характеристик об'єкта керування ..	14
2.3. Вибір закону керування.....	18
2.4. Вибір сприймаючого елемента САК.....	19
2.5. Вибір виконавчих механізмів САК.....	21
2.6. Вибір регулятора .....	23
2.7. Розробка електричної принципової схеми САК .....	28
2.8. Дослідження САК на стійкість.....	33
2.9. Отримання перехідного процесу та визначення показників якості регулювання .....	35
РОЗДІЛ III. ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....	39
3.1. Розрахунок електропривода виробничого механізму.....	39
3.2. Вибір апаратів захисту та керування .....	42
3.3. Вибір проводів керуючої мережі.....	43
3.4. Вибір щитів та пультів керування.....	45
РОЗДІЛ IV. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ .....	47
Висновок .....	51
Список використаної літератури.....	52

					12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

У сільському господарстві автоматизація технологічних процесів почала активно розвиватися лише з 1960-х років ХХ століття. Це стало можливим завдяки досягненням у комплексній механізації та електрифікації сільськогосподарського виробництва.

Спочатку автоматизація була частковою, тобто автоматизувалися окремі установки та виробничі процеси. Згодом почали впроваджувати системи комплексної автоматизації, які охоплювали не лише основні, а й допоміжні виробничі процеси та операції. Наразі проводяться науково-дослідні роботи зі створення автоматизованих систем управління.

Сьогодні велика увага приділяється подальшому розвитку автоматизації як важливому фактору прискорення науково-технічного прогресу. Підвищення продуктивності праці в сільському господарстві та ефективності виробництва можливе лише за умови максимальної автоматизації та механізації, що сприяє зменшенню частки ручної праці.

Скорочення важкої та малокваліфікованої праці є однією з важливих умов подальшого економічного зростання. Мета автоматизації не обмежується лише зниженням затрат праці та підвищенням ефективності використання техніки. Вона також сприяє створенню енерго- та ресурсозберігаючих технологій, а також підвищенню якості виробленої продукції.

Впровадження систем автоматизації підвищує надійність та продовжує термін служби обладнання, полегшує умови праці та призводить до економії трудових витрат. **Метою бакалаврської роботи** є проведення досліджень системи автоматичного керування температурою повітря у пташнику за допомогою мікропроцесорних пристроїв. **Задача бакалаврської роботи** – розробити систему автоматизованого регулювання мікроклімату пташника.

## РОЗДІЛ I. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

									Арк.
									8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ

12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ

## 1.1. Опис технологічного процесу, обладнання та вибір каналу регулювання

Для виконання проєктних робіт необхідно обрати оптимальну технологію утримання птиці, оскільки від цього залежать планування виробничих приміщень, вибір та розміщення технологічного обладнання, а також організація роботи на птахофермі. Сучасні технології утримання курей-несучок повинні забезпечувати зручне розміщення птиці, можливість використання засобів механізації та автоматизації виробничих процесів, а також наукову організацію праці.

На птахівницьких фермах застосовуються різні методи утримання птиці: підлоговий, клітковий та комбінований. Найбільш прогресивним є кліткове утримання, яке дозволяє ефективно використовувати виробничі площі, обладнання та корми. При вигульному утриманні існує певна сезонність виробництва, тоді як кліткова система забезпечує стабільність поголів'я продуктивних птахів та рівномірне виробництво яєць і м'яса протягом усього року. Це досягається завдяки багаторазовому комплектуванню поголів'я курей-несучок у клітках та створенню для них оптимальних умов (стабільна температура повітря, режим освітлення та ефективна годівля), що значно зменшує вплив зовнішніх факторів, пов'язаних зі зміною пори року.

Відмінною особливістю кліткової системи, яка вигідно відрізняє її від інших методів інтенсивного птахівництва, є утримання птахів невеликими групами або індивідуально. Це не лише спрощує нагляд за птахами, але й дозволяє вчасно виявляти слабких та малопродуктивних курей-несучок, що сприяє кращому збереженню поголів'я.

Відмінною особливістю кліткової системи, яка вигідно відрізняє її від інших методів інтенсивного птахівництва, є утримання птахів невеликими групами або індивідуально. Це не лише спрощує нагляд за птахами, але й дозволяє вчасно виявляти слабких та малопродуктивних курей-несучок, що сприяє кращому збереженню поголів'я.

					12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для утримання курей-несучок використовується комплект обладнання ККТ, який включає:

- зовнішній бункер з дозатором ємністю 12 м<sup>3</sup>;
- ланцюговий транспортер для подачі кормів із зовнішнього бункера в бункери-дозатори;
- шість рядів батарей з ланцюговим транспортером та приводними станціями;
- поздовжні та поперечні стрічкові транспортери для збору яєць;
- ніпельні напувалки;
- шість спарених скребкових транспортерів для видалення посліду з верхніх ярусів;
- поперечний транспортер;
- електроцит для електричного управління завантаженням корму, роздачею корму, освітленням, видаленням посліду та збором яєць.

Цей комплекс обладнання забезпечує автоматизацію основних процесів в пташнику, що сприяє підвищенню ефективності виробництва та поліпшенню умов утримання птиці.

Для підтримання оптимального мікроклімату в приміщенні пташника використовується тепловентилятор ТВ-36. Його основні характеристики:

- Подача повітря: 18 000/36 000 м<sup>3</sup>/год.
- Теплопродуктивність: 96 000 кДж/год.
- Повний тиск повітря: 392 Па.
- Температура теплоносія (води або пари):
  - на вході в калорифер: 150°C;
  - на виході з калорифера: 70°C.



комплектів: «Клімат-45М» та «Клімат-47М». Кожен типорозмір обладнання може комплектуватися різною кількістю осьових вентиляторів. Комплекти «Клімат-45М» та «Клімат-47М» виготовляються у двох модифікаціях: «Клімат-45М» з 16 та 24 вентиляторами ВО-Ф-5,6А; «Клімат-47М» з 14 та 24 вентиляторами ВО-Ф-7,1А

Комплекти вентиляційного обладнання «Клімат-4М» призначені для витяжної вентиляції у тваринницьких та птахівницьких приміщеннях. Вони випускаються у двох основних модифікаціях: «Клімат-45М» та «Клімат-47М», які відрізняються типом і кількістю вентиляторів.

До складу комплекту «Клімат-45М» входять осьові вентилятори типу ВО-Ф-5,6А, тоді як «Клімат-47М» оснащений вентиляторамі ВО-Ф-7,1А. Кількість вентиляторів у кожній модифікації може варіюватися залежно від потреб конкретного приміщення. Осьові вентилятори типу ВО приводяться в дію асинхронними двигунами з підвищеним ковзанням. Управління системою здійснюється за допомогою станції керування, яка включає трипозиційний регулятор температури ПТР-3 та автотрансформатори для регулювання напруги живлення електродвигунів.

Шафа керування ШОА9203-3474УХЛЗ забезпечує автоматичне та ручне керування електровентиляторамі серії ВО обладнання «Клімат-4М». Вона може замінювати станцію керування ШАП5701-ОЗА2Д і призначена для забезпечення необхідного повітрообміну та температурних умов у приміщеннях.

Застосування конкретної модифікації та кількості комплектів вентиляційного обладнання визначається розрахунком повітрообміну для кожного окремого приміщення, враховуючи зооветеринарні вимоги та особливості утримуваних тварин чи птиці.

Установки «Клімат-4М» є комплексними системами для автоматичного регулювання мікроклімату в тваринницьких та птахівницьких приміщеннях. Вони включають осьові вентилятори, які відповідають стандарту ГОСТ 105–

5458–578, та блок керування, що складається з безконтактного тиристорного регулятора напруги типу МК-ВАУЗ з екранованим проводом і термометра опору (мідного датчика температури ТСН–55071). Також до складу входять автоматичні вимикачі захисту двигунів вентиляторів, які можуть бути згруповані в герметичних силових ящиках. Кількість комплектів визначається розрахунком необхідного повітрообміну конкретного приміщення. Технічні характеристики комплектів вентиляційного обладнання наведені в таблиці

Управління комплектом здійснюється від сигналу одного перетворювача, розташованого в характерній точці приміщення при використанні пристрою МК-ВАУЗ, або за усередненим сигналом кількох командних перетворювачів, встановлених у різних точках приміщення при застосуванні пристрою «Кліматика-1». Це дозволяє підтримувати необхідні параметри середовища по всьому приміщенню.

Таблиця 1. -

Технічна характеристика комплектів вентиляційного устаткування

Тип	«Клімат-45М»	«Клімат-47М»
Подача повітря, тис. м <sup>3</sup> /год	95	140
Встановлена потужність, квт	5,92	7,7
Діапазон регулювання температури повітря в приміщенні, °С	Від 0 до 35	
Точність регулювання температури в зоні активного вентилявання, °С	± 2	± 2
Маса, кг	380	540

Обладнання комплекта “Клімат-4М” не розраховане на підтримання оптимальних параметрів температури повітря в приміщенні в літній період року, тому з його використанням проблему охолодження повітря в приміщенні можна вирішити тільки частково.

Нерідко трапляються пошкодження деяких вузлів системи та як наслідок аварії, які спричиняють порушення температурного режиму що викликає зниження продуктивності курей-несучок і підвищення затрат на

					<b>12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ</b>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробництво одиниці продукції. Тому потрібно автоматизувати процес регулювання температури припливного повітря.

### **1.3. Мета та задачі випускної кваліфікаційної роботи**

Підтримка оптимальної температури в пташнику є ключовим фактором для забезпечення високої продуктивності курей-несучок при мінімальних витратах корму. Основною метою цієї роботи є розробка надійної системи автоматичного регулювання температури повітря в пташнику для курей-несучок, яка базується на безперервному контролі за допомогою мікропроцесорних пристроїв.

У цій системі планується використання цифрового контролера, оскільки він забезпечує надійне та сучасне управління температурою. Крім налаштування роботи регулятора, передбачається визначення оптимальних параметрів його налаштування з урахуванням динамічних характеристик об'єкта управління.

#### **Завдання дослідження:**

- Розробка системи автоматизації технологічного процесу.
- Розробка електротехнічної частини.
- Техніко-економічне обґрунтування.

## **РОЗДІЛ II. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ**

### **2.1. Функціональна схема автоматизації**

Функціональна схема подає систему автоматичного регулювання у вигляді складових частин, розділених за функціональним призначенням. Функціональна схема САК наведена на рис. 2.1.

Зміст	АрАрк.	№	Журнал	Підпис	Дата				

1210306101ВВ20388С1818114010113

АрАрк.

143

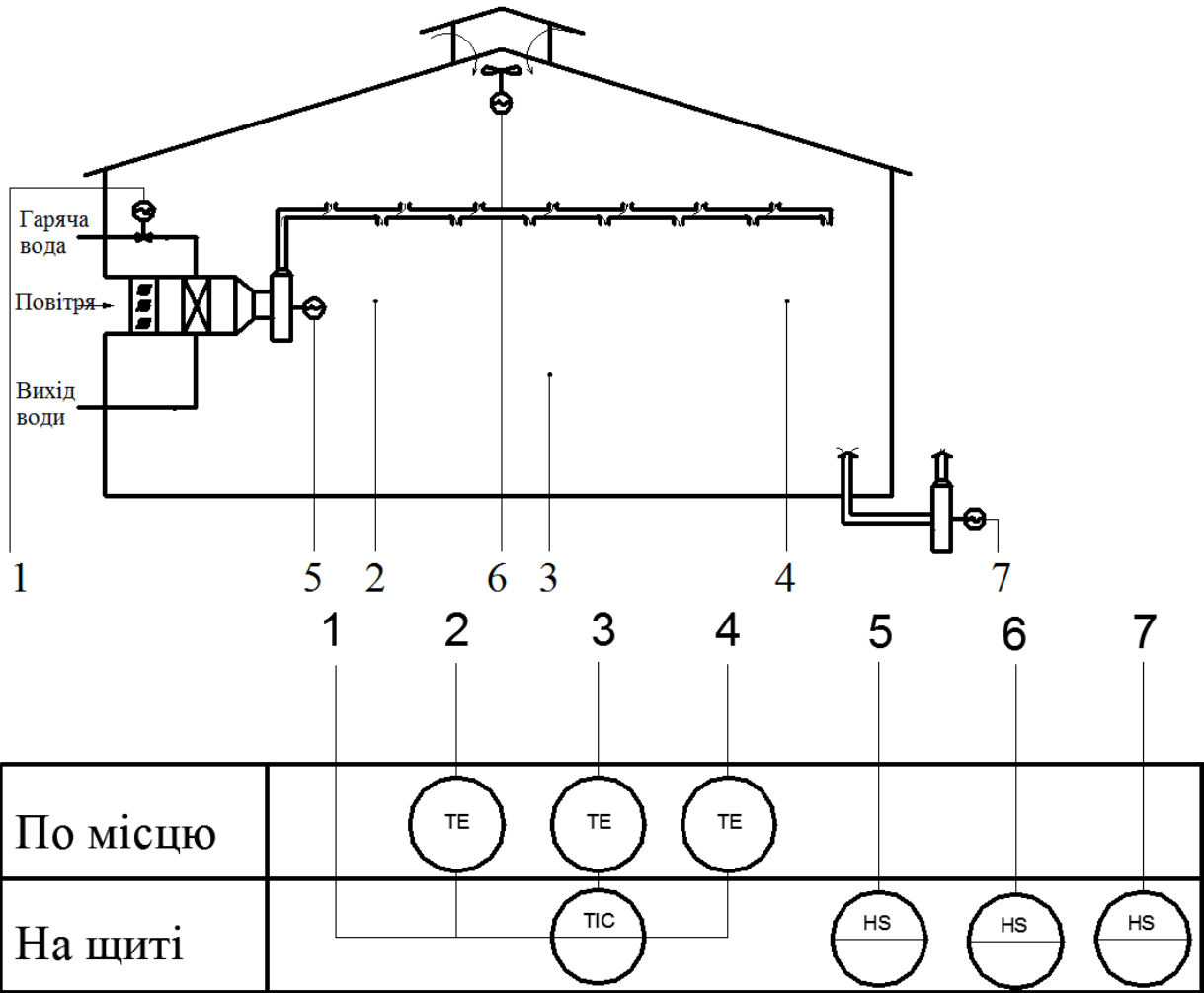


Рис. 2.1 Функціональна схема САК температури повітря в пташнику

Умовні позначення:

TE – переведення електричної велечини в значення температури;

TIC – індикація (виведення) і реєстрація значень температури;

HS – виконання керуючої дії.

## 2.2. Аналіз статичних і динамічних характеристик об'єкта керування

Для подальшого дослідження об'єкта автоматизації необхідно визначити його передаточну функцію. Для цього дослідимо розгінну характеристику пташника з напільним утриманням курей-несучок. Аналізуватимемо технологічний процес підтримки параметрів мікроклімату через канал управління температурою, зокрема потужність калориферної установки в зимовий та перехідний періоди. У середовищі MATLAB створимо модель

об'єкта керування. Для дослідження перехідних характеристик на вхід об'єкта подамо сигнал.

Для оцінки характеристик пташника як об'єкта регулювання температури буде використана його розгінна характеристика, яка відображає залежність температури ( $T_B$ ) від часу при ступінчастій зміні управляючої дії ( $\alpha_{кр}$ ). Отримані дані розгінної характеристики представлені на рисунку 2.2.

Графік перехідного процесу об'єкта керування буде мати вигляд, показаний на рисунку 2.3.

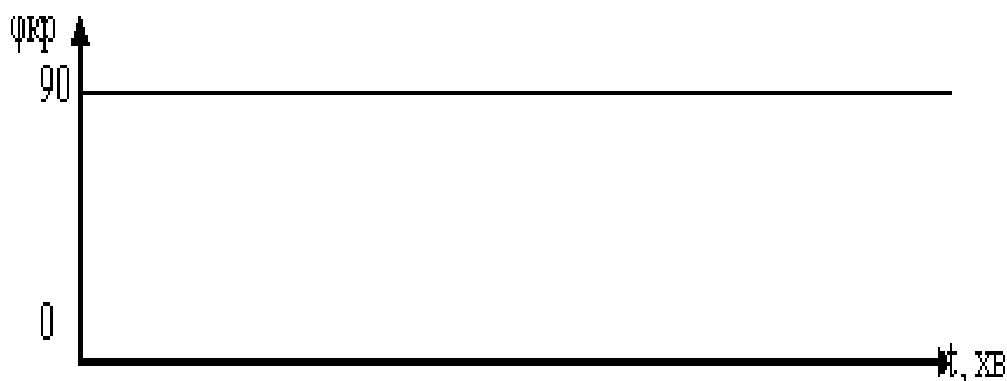
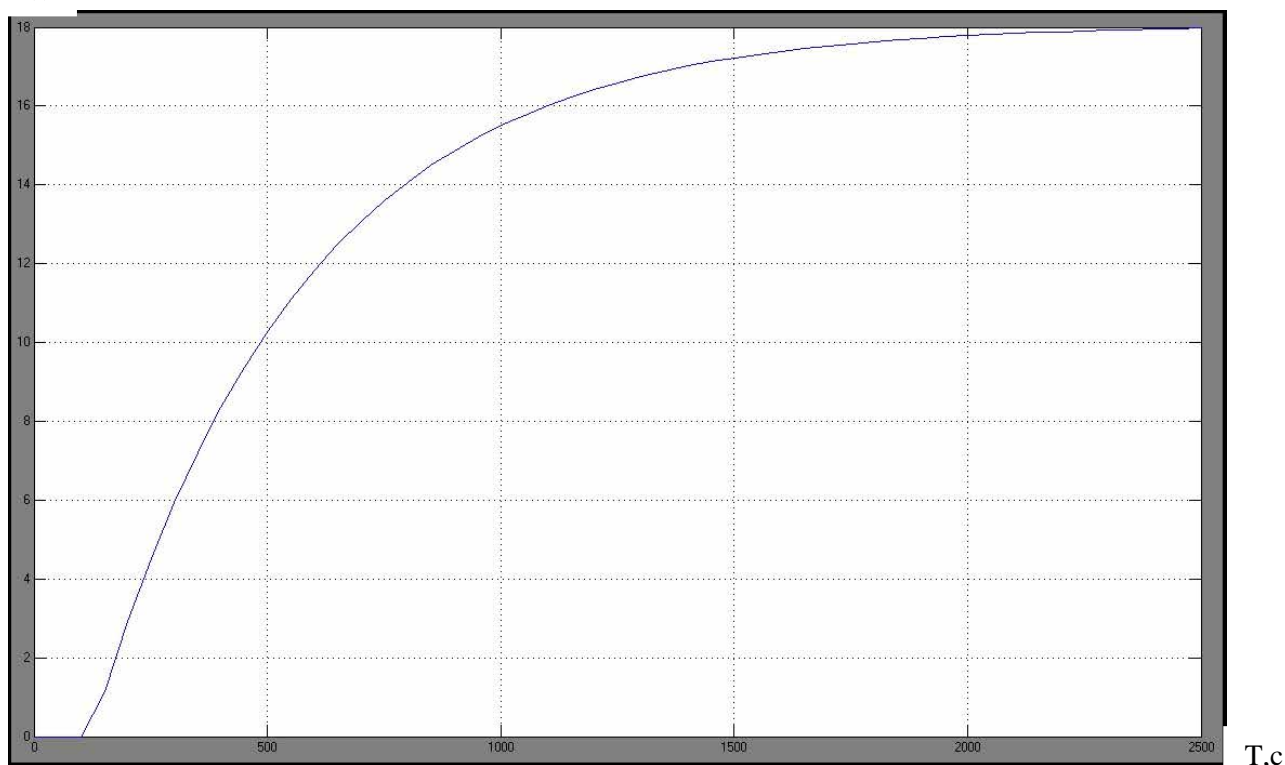


рис.2.3  
 $h(t)$



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ

Арк.  
16

Рис.2.2 Розгінна характеристика об'єкта керування

Для визначення передатної функції пташника проводиться аналіз його розгінної характеристики. Координати нормованої розгінної характеристики визначаються за допомогою формули:

$$h(t_i) = \frac{T_B(t_i) - T_B(0)}{T_B(t_{\max}) - T_B(0)} \quad (2.1)$$

де  $T_B(t_i)$  проміжне значення температури в  $i$ -й момент часу  $t_i$ ;  $T_B(0)$  початкове значення температури повітря в теплиці 0-й момент часу;  $T_B(t_{\max})$  кінцеве значення температури повітря на новому усталеному режимі;  $h(t_i)$  значення нормованої кривої розгону в  $i$ -й момент часу.

Ця формула дозволяє оцінити, як швидко система досягає стабільного температурного режиму після зміни параметрів управління.

Для перевірки аналітично отриманих значень постійної часу та часу запізнення, побудуємо нормовану розгінну характеристику. З цієї характеристики, представлено на рисунку 2.2, визначимо дані для передаточної функції об'єкта керування, які будуть занесені до таблиці 2.1. Для цього кожні 0 секунд вимірювали температуру повітря в діапазоні від 0 °C до 18 °C.

Таблиця 2.1.

Вихідні дані для визначення розгінної характеристики ОУ .

$t, c$	0	20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
$\theta, ^\circ C$	0	0	0	0	0.99	2.99	4.5	6.01	7.29	8.34	9.26	10.28	11.10	11.82
$t, c$	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300
$\theta, ^\circ C$	12.51	13.01	13.53	14.03	14.45	14.88	15.18	15.47	15.73	16.00	16.29	16.42	16.62	16.82
$t, c$	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000
$\theta, ^\circ C$	16.95	17.05	17.15	17.24	17.34	17.41	17.47	17.54	17.57	17.64	17.67	17.7	17.77	17.79
$t, c$	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400						

$\Theta, ^\circ C$	17.84	17.87	17.88	17.91	17.95	17.98	1	1						
--------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	---	---	--	--	--	--	--	--

Із даних таблиці 2.1 ми отримуємо дані для розгінної нормованої характеристики за формулою:

$$\Theta = \frac{\Theta_i - \Theta_0}{\Theta_{уст} - \Theta_0} \quad (2.2)$$

$\Theta_i$  - поточне значення;  $\Theta_{уст}$  установлене значення;

$\Theta_0$  - початкове значення.

Для даного випадку  $\Theta_0 = 0, \Theta_{\delta_{\text{нм}}} = 18$ . Результати заносимо до таблиці 2.2. і зобразимо його на рис.2.4.

Таблиця 2.2.

Дані для розгінної нормованої характеристики

$t, c$	0	20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
$\Theta, ^\circ C$	0	0	0	0	0.055	0.166	0.25	0.334	0.405	0.63	0.514	0.571	0.617	0.657
$t, c$	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300
$\Theta, ^\circ C$	0.695	0.723	0.752	0.779	0.8803	0.827	0.843	0.859	0.874	0.889	0.905	0.912	0.923	0.934
$t, c$	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000
$\Theta, ^\circ C$	0.942	0.947	0.953	0.958	0.963	0.967	0.971	0.974	0.976	0.98	0.982	0.983	0.987	0.988
$t, c$	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400						
$\Theta, ^\circ C$	0.991	0.993	0.995	0.996	0.997	0.998	1	1						

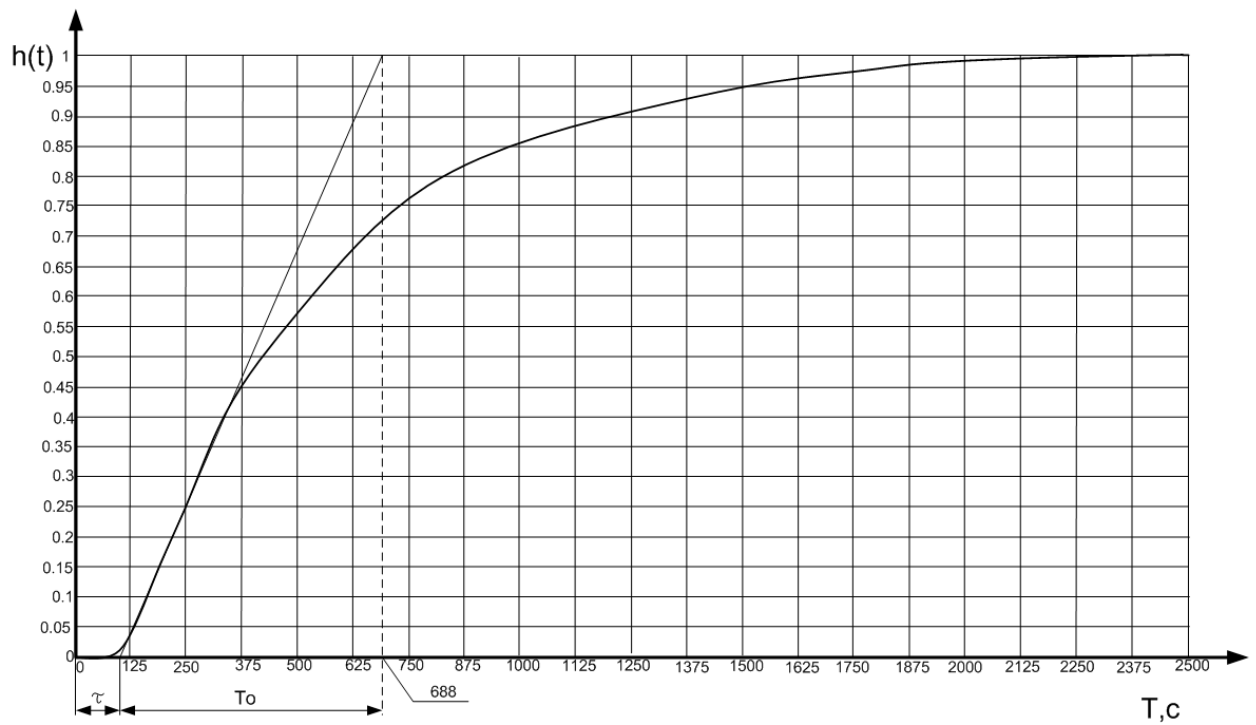


Рис.2.4 Розгінна нормована характеристика об'єкта керування

Побудувавши дотичну до розгінної нормованої характеристики ми знайшли:  $T_o = 568c$ ,  $\tau = 120c$

Побудуємо передаточну функцію для пташника з напільним утриманням курей-несучок:

$$W_{OY}(s) = \frac{0.33}{568 \cdot s + 1} e^{-s120}$$

### 2.3. Вибір закону керування

Вибір закону регулювання залежить від динамічних властивостей об'єкта та показників якості регулювання, які мають відповідати технологічним вимогам. Один із критеріїв вибору закону регулювання



Для досягнення високої точності регулювання при значних змінах навантаження рекомендується використовувати пропорційно-інтегральний (ПІ) регулятор.

#### **2.4. Вибір сприймаючого елемента САК**

При виборі датчиків для систем автоматичного контролю (САК) слід враховувати такі технічні характеристики:

- Лінійність та однозначність статичної характеристики: допустима нелінійність не повинна перевищувати 0,1–0,3%.
- Чутливість та розрізнявальна здатність: датчик повинен точно фіксувати незначні зміни вимірюваного параметра.
- Стабільність характеристик швидкодії: здатність датчика підтримувати стабільну роботу при швидких змінах параметрів.
- Стійкість до хімічного впливу та умов навколишнього середовища: особливо важливо для первинних перетворювачів, які розміщені в захисних оболонках для запобігання впливу агресивних середовищ.
- Взаємна заміність: датчики одного типу повинні бути взаємозамінними для спрощення обслуговування та ремонту.
- Мінімальний зворотний вплив на керований параметр: датчик не повинен істотно змінювати значення вимірюваного параметра під час вимірювання.
- Зручність монтажу обладнання: простота встановлення та налаштування датчика в системі.

Як правило, вибір датчика здійснюється в два етапи: спочатку визначають тип датчика на основі вимірюваного параметра та умов експлуатації, а потім, під час підбору елементів САУ, уточнюють його типорозмір за каталогами виробників. При цьому рекомендується обирати датчик так, щоб вимірювана величина знаходилася в межах його робочого діапазону, забезпечуючи точність та надійність вимірювань.

					12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інерційність датчика повинна бути в 10–100 разів меншою за інерційність об'єкта регулювання. Як керовану величину обирають температуру повітря, тому підбирають первинний перетворювач, здатний вимірювати температуру в діапазоні від  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . У таких випадках зазвичай використовують термометри опору, які відповідають вимогам щодо вимірювання температури в межах від  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

$$\frac{T_d}{T_o} = \frac{30}{568} = 0.052 < 0.1 \quad (2.4)$$

Отже датчик можна вважати без інерційним, по швидкодії датчик задовольняє вимогам об'єкта управління. Температура в об'єкті змінюється в  $\frac{2}{3}$  діапазону, на який розрахований датчик.

Остаточо вибираємо первинний вимірювальний перетворювач ТСМ-8034М, який задовольняє вищезазначені вимоги з градуванням 23.

Визначимо чутливість датчика  $K_d$ , Ом/ $^{\circ}\text{C}$ :

$$K_d = \frac{dR_t}{dt} = \alpha \cdot R_o, \quad (2.5)$$

де  $\alpha = 4.26 \cdot 10^{-3}$ ,  $1/^{\circ}\text{C}$  - температурний коефіцієнт опору;

$R_o = 23$ , Ом значення опору при  $t = 0, ^{\circ}\text{C}$ .

$$K_d = 4.26 \cdot 10^{-3} \cdot 23 = 0.098, \text{ Ом}/^{\circ}\text{C}$$

Передаточна функція датчика має вигляд:

$$W_d(p) = K_d = 0.098 \quad (2.6)$$

## 2.5. Вибір виконавчих механізмів САК

Виконавчий механізм є пристроєм, який безпосередньо взаємодіє з регулюючими органами, переміщуючи їх відповідно до сигналів, отриманих від пристрою, що формує закон регулювання. Залежно від споживаної енергії, виконавчі механізми поділяються на електричні, пневматичні та гідравлічні. У сільському господарстві найбільш поширеними є електричні виконавчі

					12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

механізми, які в свою чергу поділяються на електромагнітні та електродвигунні.

Електромагнітні приводи керують різними регулюючими та запірними клапанами, вентилями та золотниками, які працюють за принципом "відкрито-закрито". При їх виборі розраховують котушку електромагніта за напругою та розвиваним тяговим зусиллям.

Електродвигунні виконавчі механізми поділяються на однообертні та багатообертні. До однообертних відносяться механізми типу МЭОБ, МОЭ, МЭБ-Б, МЭК-К та інші, а до багатообертних — оберткової дії типу МЭМ, двигуни постійного струму ДНД, АДТ, АДП та інші.

Особливістю однообертних виконавчих механізмів є те, що їх вихідний вал обертається з постійною швидкістю на кут не більше 360°. Необхідний кут повороту встановлюється за допомогою кінцевих вимикачів, якими оснащуються однообертні виконавчі механізми, а також датчиками положення вихідного вала.

Регулюючим органом є клапан, положення якого регулює подачу теплоносія в радіатор. Виконавчі механізми повинні відповідати таким вимогам:

- Здатність розвивати необхідне зусилля для переміщення регулюючого органа.
- Забезпечувати переміщення регулюючого органу на потрібну величину.
- Забезпечувати потрібну швидкість і прискорення пересування регулюючого органа;

Виконавчий механізм, безпосередньо з'єднаний з регулюючими органами, переміщує їх відповідно до сигналу, отриманого від пристрою, що формує закон регулювання. За типом споживаної енергії вони поділяються на електричні, пневматичні та гідравлічні. У сільському господарстві найбільш поширені електричні виконавчі механізми, які, у свою чергу, поділяються на електромагнітні та електродвигуни.

Електромагнітні приводи керують різними регулюючими та запірними клапанами, вентилями й золотниками, що працюють за дискретним

					12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

принципом «відкрито-закрито». При їх виборі розраховують котушку електромагніта за напругою та розвиваючим тяговим зусиллям. Електродвигунні виконавчі механізми поділяються на одно- та багатообертові. До однооберткових належать механізми типу МЭОБ, МОЭ, МЭБ-Б, МЭК-К та інші, а до багатооберткових — механізми оберткової дії типу МЭМ, двигуни постійного струму ДНД, АДТ, АДП та інші.

Особливістю однооберткових виконавчих механізмів є властивість їх вихідного вала обертатися з постійною швидкістю на кут не більше  $360^\circ$ . Потрібний кут повороту встановлюється за допомогою кінцевих вимикачів, якими також комплектуються однооберткові виконавчі механізми, оснащені датчиками положення вихідного вала.

Регулюючим органом є клапан, від положення якого регулюється подача теплоносія в радіатор. Виконавчі механізми повинні відповідати таким вимогам:

- Здатність розвивати потрібне зусилля для переміщення або момент, достатній для переміщення регулюючого органа.
- Забезпечення переміщення регулюючого органа на потрібну величину.
- Наявність високих техніко-економічних показників (надійність, вартість).

Оскільки об'єкт управління має досить велику сталу часу, обираємо багатообертковий двигун. При виборі привода виконавчого механізму необхідно враховувати, що його момент повинен бути в десять разів більшим за момент, необхідний для регулювання клапаном. Це потрібно для того, щоб швидкодія виконавчого механізму не залежала від опору потоку рідини.

Одним із найвідповідальніших органів системи автоматичного керування є регулюючий орган, який безпосередньо діє на об'єкт керування. Від його працездатності багато в чому залежить надійність системи в цілому та якість регулювання. За принципом дії на об'єкт регулюючі органи поділяються на дроселюючі та дозуючі; при регулюванні потоків газів і рідин використовуємо

					12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

клапан. Залежно від конструктивних особливостей кожен регулюючий орган визначається трьома якісними показниками:

- Пропускною здатністю.
- Характеристикою регулювання.
- Герметичністю.
- Пропускною характеристикою (залежність пропускної здатності від переміщення клапана при постійному перепаді тиску).
- Споживчою характеристикою (залежність в робочих умовах відносного споживання середовища від ступеня відкриття регулюючого органу).

Для контролера ТРМ133 обираємо рекомендовану запірно-регулюючу арматуру, а саме автоматичний запірно-регулюючий гідроклапан Ду-100 для керування тепло-водомережами.

Робочий діапазон температури теплоносія: від +5 °С до +150 °С.

Робочий тиск у тепломережі: до 1,6 МПа.

Тип приводу – електромеханічний, напруга живлення однофазна 220 В, 0 Гц.

Запірно-регулюючий гідроклапан Ду-100 для керування тепло-водомережами являє собою поєднання регулюючого органу та виконавчого механізму, тому передаточна функція регулюючого органу та виконавчого механізму дорівнює:

$$W_{\text{ВМ}}(p) = \frac{K_{\text{в.м}}}{100 \cdot p} = \frac{1}{100 \cdot p}. \quad (2.7)$$

## 2.6. Вибір регулятора

Контролер ОВЕН ТРМ133 (рис.2,5) призначений для регулювання температури повітря в приміщеннях із припливною вентиляцією, оснащеною водяним калорифером.

Основні функції ТРМ133 включають:

- Керування калорифером для нагрівання припливного повітря.

					12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Автоматичний вибір режимів роботи (підтримка температури припливного повітря, захист від замерзання, режими день/ніч тощо).
- Автонастроювання ПІД-регуляторів.
- Повідомлення про аварії.
- Інтерфейс RS-485 для зв'язку з іншими пристроями.
- Можливість конфігурування приладу з ПК або за допомогою клавіатури на передній панелі.
- Захист від перешкод завдяки імпульсному джерелу живлення 90...245 В з частотою 47...63 Гц.

Цей контролер забезпечує точне підтримання температури припливного повітря та зворотної води завдяки використанню ПІД-закону регулювання та сучасного алгоритму автонастроювання.



Рис. 2.5. Панель контролера TRM133.

Універсальні вимірювальні входи TRM133 має 7 універсальних входів, до яких можна підключати датчики температури різних типів:



Отже знайдемо оптимальні параметри настройки регулятора табличним методом на заданий запас стійкості по амплітуді.

Таблиця 2.4. -

Технічні характеристики ТРМ133.

Харчування	
Напруга живлення	90...245 В частотою 47...63 Гц
Споживана потужність	не більше 5 ВА
Входи	
Кількість каналів вимірювання	7
Кількість дискретних входів	6
Мін. час опитування одного каналу вимірювання	~0,3 с
Мін. час опитування всіх каналів вимірювання	~2 с
Вихідні пристрої	
Кількість вихідних пристроїв	4 реле, 2 ЦАП
Допустиме навантаження	
- реле електромагнітні	4 А при 220 В 50 Гц (cos f > 0,4)
- ЦАП "параметр-струму 4.20 мА"	100...800ОМ
- ЦАП "параметр-напруги 0 ... 10 В"	> 5000 Ом
Інтерфейс	
Інтерфейс підключення до мережі	RS-485
Протокол передачі даних	стандартний ОВЕН
Корпус	
Тип корпусу	на DIN-рейку
Габаритні розміри корпусу	157x86x58 мм
Ступінь захисту корпусу	IP20

Передаточна функція ПІ-регулятора має вигляд:

$$W_{reg}(p) = K_r \left( 1 + \frac{1}{T_{iz} \cdot p} \right); \quad (2.2)$$

де:  $K_r$  - коефіцієнт передачі регулятора;  $T_{iz}$  - час ізодрому,

					12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_r = \frac{0.7}{K_o \cdot \tau_o / T_o} = \frac{0.7}{0.33 \cdot 120 / 568} = 10,14 ; \quad (2.3)$$

$$T_{IZ} = 0.7 \cdot T_o = 0.7 \cdot 568 = 397.6, \text{с}$$

звідки передаточна функція ПІ-регулятора має вигляд:

$$W_{REG}(p) = 10.14 \cdot \left( 1 + \frac{1}{397.6 \cdot p} \right)$$

## **2.7. Розробка електричної принципової схеми системи автоматичного керування (САК)**

Електрична принципова схема є проектним документом, що визначає повний склад електричних елементів, їх взаємозв'язки та надає повне уявлення про принципи роботи системи.

При розробці електричних принципових схем необхідно керуватися відповідними нормативними документами, які встановлюють правила їх виконання та оформлення. Зокрема, в Україні діє ДСТУ ГОСТ 2.702:2013 "Єдина система конструкторської документації. Правила виконання електричних схем", який є ідентичним ГОСТ 2.702-2011.

Цей стандарт поширюється на електричні схеми виробів усіх галузей промисловості, а також на електричні схеми енергетичних споруд і встановлює правила їх виконання.

Дотримання цих стандартів забезпечує уніфікацію та зрозумілість електричних схем, що сприяє правильному виготовленню, експлуатації та обслуговуванню електротехнічних виробів.

Принципові електричні схеми є проектними документами, що визначають повний склад електричних елементів, їх взаємозв'язки та надають повне уявлення про принципи роботи схеми. При виконанні таких схем слід керуватися нормативними документами, зокрема ДСТУ ГОСТ 2.702:2013

					<b>12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ</b>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

«Єдина система конструкторської документації. Правила виконання електричних схем» та ГОСТ 2.710-81 «Позначення буквено-цифрові в електричних схемах».

Загалом, принципові електричні схеми містять:

- умовні зображення елементів та їх взаємозв'язків;
- пояснювальні надписи;
- частини окремих елементів, що використовуються в інших схемах;
- діаграми перемикань контактів багатопозиційних пристроїв;
- перелік пристроїв, засобів автоматизації та апаратури, що застосовуються в даній схемі;
- перелік креслень, пов'язаних з даною схемою, загальні пояснення та примітки.

Для зображення принципових електричних схем використовують умовні графічні та літерно-цифрові (позиційні) позначення. Літерно-цифрові позначення застосовують для доповнення умовних графічних позначень елементів на схемах, керуючись стандартом ГОСТ 2.710-81 «Позначення буквено-цифрові в електричних схемах».

Позиційне позначення згідно з ГОСТ 2.710-81 складається з трьох частин: перша частина містить одну або дві літери латинського алфавіту, що вказують на вид елемента; друга частина — одну або кілька цифр, які позначають номер елемента; третя частина (необов'язкова) — одну або кілька літер, що вказують на функцію елемента. Обов'язковими є лише вид та номер елемента.

При виконанні принципових електричних схем слід дотримуватися таких правил:

1. Розташування елементів на схемі:
  - Основну схему розміщують у лівій частині листа.

					12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Графічні матеріали, що пояснюють роботу схеми (циклограми, діаграми перемикачів контактів тощо), розташовують посередині.

- Текстову інформацію розміщують у правій частині листа.

2. Метод виконання схем:

- Схеми виконують структурним методом, де графічні позначення елементів або їх складових частин, що входять до одного кола, зображують послідовно один за одним по прямій лінії.

- Окремі кола розташовують поруч, створюючи паралельні горизонтальні або вертикальні ряди.

3. Зображення апаратів у схемах:

- Усі апарати (реле, контакти, кнопки та ключі керування, автоматичні вимикачі, перемикачі кіл тощо) на електричних схемах слід зображувати, як правило, у вимкненому положенні, тобто за відсутності напруги в усіх колах схеми та зовнішніх механічних впливів на апарати.

Дотримання цих правил забезпечує правильне виконання принципових електричних схем відповідно до встановлених стандартів.

Позиційне позначення, відповідно до ГОСТ 2.710-81, складається з трьох частин. Перша частина містить одну або дві літери латинського алфавіту, що вказують на вид елемента; друга — одну або кілька цифр, що позначають номер елемента; третя (необов'язкова) — одну або кілька латинських літер, які вказують на функцію елемента. Обов'язковими є лише перша та друга частини позиційного позначення.

При виконанні принципових електричних схем слід дотримуватися таких правил:

1. Лист зі схемами оформлюють таким чином: у лівій частині розміщують основну схему, далі — графічні матеріали, що пояснюють

					12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роботу схеми (циклограми, діаграми замикань контактів тощо), а в правій частині — текстові матеріали.

2. Принципові схеми виконують строковим методом. При цьому графічні позначення елементів або їх складових частин, що входять до одного кола, зображують послідовно один за одним по прямій лінії, а окремі кола розташовують поруч, створюючи паралельні (горизонтальні або вертикальні) ряди.

3. Усі апарати (реле, контакти, кнопки та ключі керування, автоматичні вимикачі, перемикачі кіл тощо) на електричних схемах слід зображувати, як правило, у вимкненому положенні, тобто за відсутності напруги в усіх колах схеми та зовнішніх механічних впливах на апарати.

4. Контакти реле, контакторів, кнопкових перемикачів зображують таким чином, щоб сила, необхідна для спрацювання, діяла на рухомий контакт зверху вниз при горизонтальному зображенні кіл схеми та зліва направо при вертикальному.

5. Для позиційного позначення елементів рекомендується застосовувати дволітерні коди. Однак, залежно від конкретного змісту схеми, елемент будь-якого виду можна позначити і однією літерою — загальним кодом виду. Наприклад, якщо в схемі є магнітний пускач і немає інших реле, то цей пускач можна позначити літерою «К», хоча він має дволітерний код «КМ». Позиційне позначення на схемі проставляють біля умовного графічного зображення елементів (пристроїв) з правої сторони або над ними.

6. Для покращення розуміння принципів електричних схем їх іноді розбивають на функціональні ділянки і збоку (справа) роблять написи, що пояснюють функціональне призначення кола або вказують, якій схемі технологічного обладнання належить це коло.

Загалом, принципові електричні схеми містять:

- умовні позначення елементів та їх взаємозв'язків;
- пояснювальні написи;

					12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

- частини окремих елементів цієї схеми, які використовуються в інших схемах, а також елементи з інших схем;
- діаграми перемикачів контактів багатопозиційних пристроїв;
- перелік пристроїв, засобів автоматизації та апаратури, що застосовуються в даній схемі;
- перелік креслень, пов'язаних із цією схемою, загальні пояснення та примітки.

Для зображення принципів електричних схем використовують умовні графічні та літерно-цифрові (позиційні) позначення. Для доповнення умовного графічного позначення елементів на принципів електричних схемах застосовують літерно-цифрові позначення, які також називають позиційними. При цьому використовують ГОСТ 2.710-81 «Позначення літерно-цифрові в електричних схемах».

					<b>12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ</b>	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

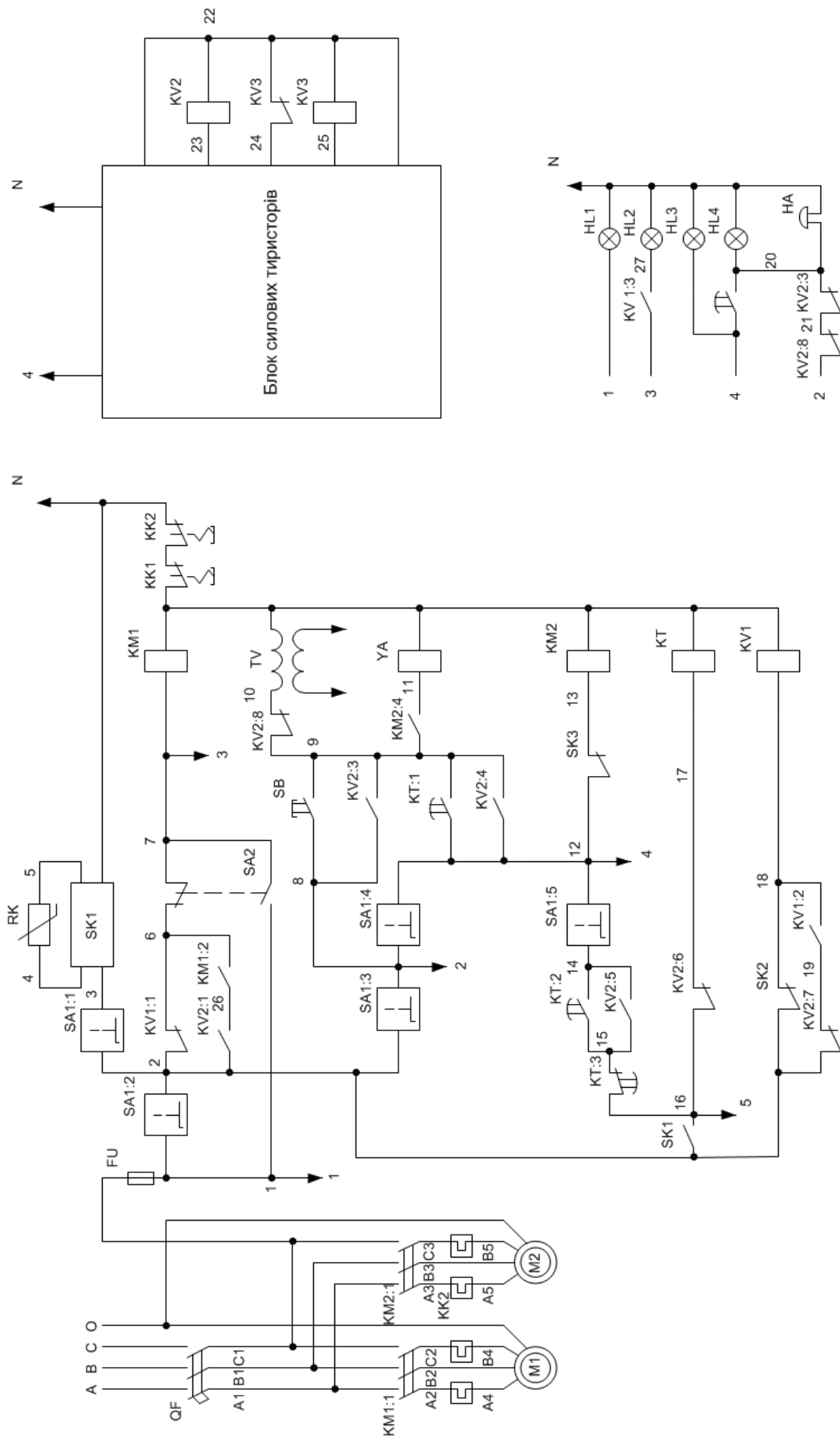


Рис. 2.6 Схеми електрична принципова

Розглянемо структурно-функціональну схему системи автоматичного керування (САК) температурою повітря в пташнику, яка представлена на рисунку 2.7. Така схема зазвичай включає наступні компоненти:

Ця замкнута система автоматичного регулювання забезпечує стабільний мікроклімат у пташнику, що є ключовим для здоров'я та продуктивності птахів.

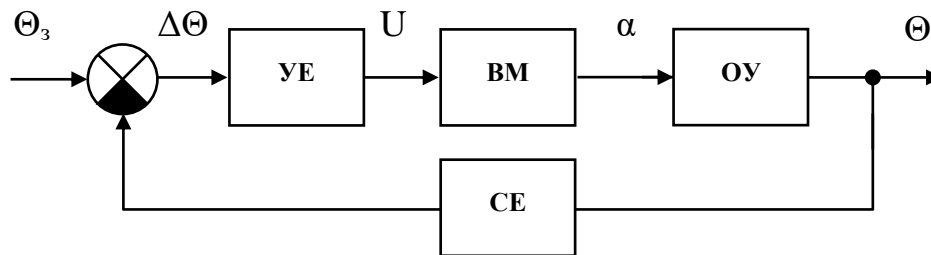


Рис 2.7 Структурно функціональна схема САК

Функціональна схема САК складається з таких основних функціональних елементів:

CE – сприймаючий елемент (первинний вимірювальний перетворювач);

UE – управляючий елемент (регулятор);

VM – виконавчий механізм;

PO – регулюючий орган;

OU – об'єкт управління.

Розглянемо структурно-алгоритмічну схему системи автоматичного керування (САК) температурою повітря в пташнику, яка представлена на рисунку 2.8.

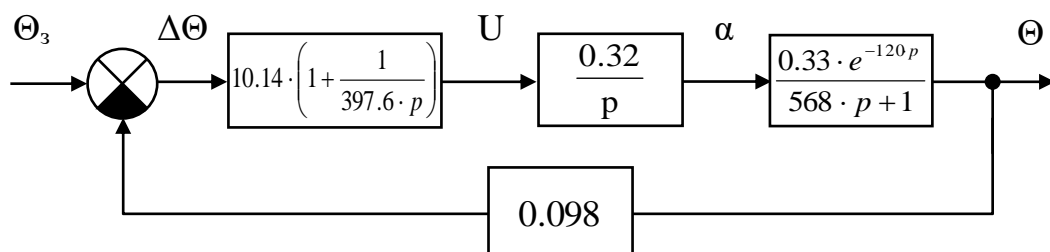


Рис 2.8 Структурно-алгоритмічна схема САК

## 2.8. Дослідження САК на стійкість

					12.03.01.- ВР.2058"С" 18.11.24.019.ПЗ	Арк. Арк.
Змп.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.03.01.- ВР.2058"С" 18.11.24.019.ПЗ	36
Змп.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

При проектуванні систем автоматичного керування (САК) необхідно забезпечити їх стійкість із певним запасом, щоб зміни параметрів системи під час її роботи не призводили до нестійкості. Запас стійкості характеризується віддаленістю параметрів системи від межі стійкості.

Положення системи на межі стійкості можна визначити за допомогою критеріїв стійкості. Точні кількісні характеристики запасу стійкості як за амплітудою, так і за фазою, розраховують методом Найквіста. Для цього визначають передавальну функцію розімкненої системи САК, щоб побудувати її амплітудно-фазову характеристику.

Передавальна функція розімкненої системи визначається за формулою для послідовного з'єднання ланок. Передавальна функція САК, що відповідає завданню курсової роботи та структурно-алгоритмічній схемі, визначається за відповідною формулою.

$$W_{ROZ}(p) = W_d(p) \cdot W_{REG}(p) \cdot W_{BM}(p) \cdot W_o(p); \quad (2.8)$$

$$W_{ROZ}(p) = \frac{0.33}{568p + 1} \cdot e^{-120p} \cdot 10.14 \cdot \left(1 + \frac{1}{397,6 \cdot p}\right) \cdot \frac{0.32}{p} \cdot 0.098;$$

Будуємо амплітудо-фазову частотну характеристику розімкненої САК. Дані розрахунку АФЧ САК наведені в таблиці 2.5

Таблиця 2.5. -

Дані амплітудо-фазової частотної характеристики розімкненої САК.

Re(jw)	-0,79	-0,75	-0,74	-0,69	-0,62	-0,55	-0,456	0,22
Im(jw)	-1,6	-1,2	-0,9	-0,6	-0,4	-0,2	0	0,2

Згідно з критерієм Найквіста, замкнена система буде стійкою, якщо амплітудно-фазова характеристика (АФЧХ) розімкненої системи не охоплює точку з координатами  $(-1; j0)$  на комплексній площині.

У нашому випадку, АФЧХ розімкненої системи перетинає дійсну вісь у точці  $(-0,456; j0)$ , що свідчить про стійкість замкненої системи, оскільки точка  $(-1; j0)$  не охоплюється.

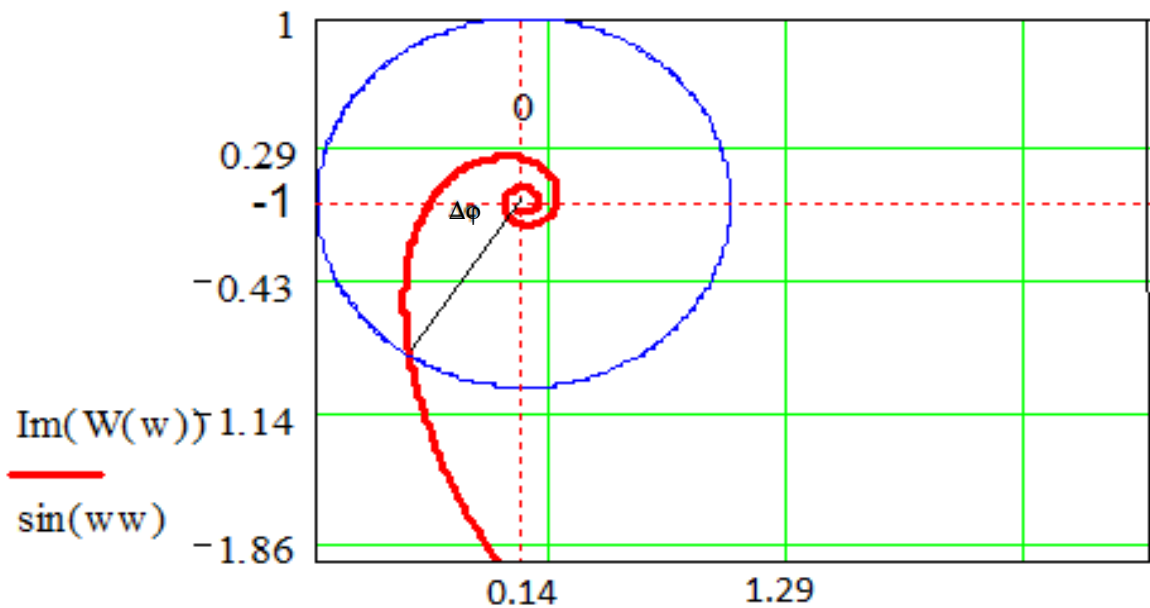


Рис 2.9 Амплітудо-фазо частотна характеристика розімкненої САК

Запас стійкості системи автоматичного керування (САК) характеризує її здатність зберігати стійкість при зміні параметрів або зовнішніх впливів. Він визначається як відстань між поточними параметрами системи та межею стійкості.

Для кількісної оцінки запасу стійкості використовуються два показники:

Запас стійкості за амплітудою: визначається як відстань від амплітудно-фазової характеристики (АФЧХ) розімкненої системи до критичної точки  $(-1; j0)$  на комплексній площині. Запас стійкості по модулю в децибелах при  $\omega_o = 0,0015$ :

$$\Delta L = \frac{1}{|W_{ROZ}(j \cdot \omega_o)|} = 15 \text{ дБ.}$$

Запас стійкості за фазою: визначається як кут між АФЧХ розімкненої системи та негативною дійсною віссю на частоті зрізу, тобто частоті, на якій амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) дорівнює нулю дБ.

Для оцінки запасу стійкості часто використовують частотний критерій Найквіста, який базується на аналізі АФЧХ розімкненої системи та її віддаленості від критичної точки  $(-1; j0)$

При проектуванні САК важливо забезпечити достатній запас стійкості, щоб зміни параметрів системи під час її роботи не призвели до втрати стійкості. Рекомендується, щоб запас стійкості за фазою знаходився в межах  $30^{\circ}$ – $60^{\circ}$ , хоча в деяких системах допустимі й інші значення.

## **2.9. Отримання перехідного процесу та визначення показників якості регулювання**

При проектуванні автоматичних систем регулювання (АСР) важливо не лише забезпечити їхню стійкість, але й досягти заданих показників якості регулювання. Основні показники якості включають:

- Час регулювання: час, необхідний для того, щоб регульована величина досягла та залишалася в межах певного діапазону від сталого значення після збурення.
- Перерегулювання: максимальне відхилення регульованої величини від заданого значення під час перехідного процесу.
- Коливальність: наявність та характер коливань регульованої величини навколо заданого значення.
- Устала похибка: різниця між заданим значенням і вихідним сигналом у сталому режимі.

Завданням є проектування системи так, щоб ці показники відповідали заданим вимогам, забезпечуючи ефективну та стабільну роботу системи.

Час регулювання визначається як інтервал часу від моменту подачі впливу до моменту, коли відхилення регульованої величини від заданого значення стає меншим за визначене мале число  $\delta$ , що відповідає зоні нечутливості регулятора.

Перерегулювання характеризує максимальне відхилення регульованої величини від встановленого значення, виражене у відсотках від цього значення.

Час регулювання визначає тривалість перехідного процесу, тобто швидкість, з якою система досягає стабільного стану після впливу.

$$W_{ZAM}(p) = \frac{W_{ROZ}(p)}{1 + W_{ROZ}(p)}; \quad (2.10)$$

Перехідний процес отримаємо за виразом:

$$h(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \left[ \int_0^1 \operatorname{Re} [W_{ZAM}(w)] \cdot \frac{\sin(w \cdot t)}{w} dw \right] \quad (2.11)$$

Дані для побудови перехідного процесу, наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6.

- Дані розрахунку перехідного процесу.

h(t)	t	h(t)	t
0	0	1.002	600
0.7	50	1.007	650
1.015	100	1.007	700
1.181	150	1.004	750
1.197	200	1.001	800
1.133	250	0.999	850
1.05	300	0.998	900
0.988	350	0.998	950
0.96	400	0.999	1000
0.959	450	0.999	1050
0.973	500	1	1100
0.99	550	1	1150

На рис. 2.10 побудовано перехідний процес по даним, що отримали при розрахунку перехідного процесу з табл. 2.6.

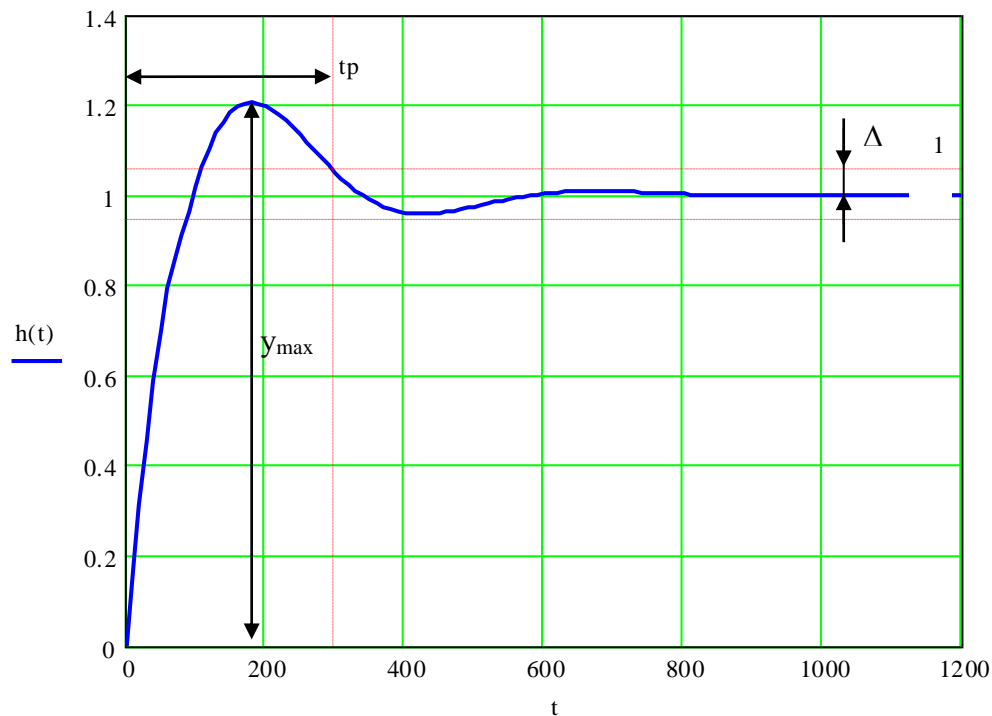


Рис. 2.10 Перехідний процес САК

З побудованого графіка перехідного процесу в САК визначимо, що час регулювання системи становить 300 секунд, а кількість півхвиль  $n$  дорівнює 1. Встановлена похибка складає...

$$\Delta = y(\infty) \cdot 5\% = 1 \cdot 5\% = 0.05. \quad (2.12)$$

Перерегулювання не виходить за межі 20 %:

$$\sigma = \frac{y_{\max} - y(\infty)}{y(\infty)} \cdot 100\% = \frac{1.197 - 1}{1} \cdot 100\% = 19,7\%. \quad (2.13)$$

					<b>12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ</b>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ III. ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Розрахунок електропривода виробничого механізму

Вибір регулюючого органу об'єкту управління та повний розрахунок його технічних параметрів.

Регулюючі органи та виконавчі механізми служать для управління підведенням (відведенням) речовин або енергії в об'єкти управління з метою зміни регульованих параметрів. По роду теплоносія, що протікає, або енергії вони діляться на пневматичні, гідравлічні та електричні.

Для роботи в ролі регулюючого органу виконавчого механізму була обрана вентильна заслонка.

1. Визначаємо максимальну кількісну пропускну здатність регулюючого органу:

$$K_{V \max} = Q_{\max} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_c - \Delta P_l}} \quad (3.1)$$

$$K_{V \max} = Q_{\max} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_c - \Delta P_l}}, \quad (3.2)$$

Де:  $\gamma$  – об'ємна маса рідини, для води  $\gamma=1,01$  г/м<sup>3</sup>;

$\Delta P_c$  – перепад тисків у системі,  $\Delta P_c = 11$  кг/м<sup>2</sup>;

$\Delta P_l$  – перепад тисків на лінії,  $\Delta P_l=4,31$  кг/м<sup>2</sup>

$$K_{V \max} = 520 \cdot \sqrt{\frac{1}{10 - 4}} = 212,289 \quad \text{т / год} \quad (3.3)$$

2. Визначаємо показник індексу в'язкості:

$$Z = \frac{520 \cdot Q_{\max}}{\nu \cdot \sqrt{K_{V \max}}} = 74947,8 \quad (3.4)$$

3. Обираємо регулюючий орган у вигляді вентильної заслінки за такими технічними параметрами:

$$K_v=325 \text{ т/год та } D_y=135 \text{ мм.}$$

Перевіряємо виконання наступної умови:

$$K_{vpo} \geq 1.21 \cdot K_{vmax} = 254,7475 \text{ т/год}$$

					12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$325 \text{ т/год} > 254,7475 \text{ т/год}$$

Отже, обраний регулюючий орган – вентиляна заслонка ПРІ-125

4. Знаходимо пропускну здатність технологічної лінії:

$$K_{Vл} = Q_{\max} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{л}}} = 520 \cdot \sqrt{\frac{1}{4}} = 260 \text{ т/год} \quad (3.5)$$

5. Визначаємо відношення пропускних здатностей обраного регулюючого органу технологічної лінії:

$$n = \frac{K_{vpo}}{K_{vn}} = \frac{320}{260} = 1,231 \quad (3.6)$$

6. Визначаємо різницю тисків в регулюючому органі:

$$\Delta P_{po} = \frac{\Delta P_c}{1+n^2} = \frac{10}{1+1,231^2} = 3,976 \text{ кг/см}^2 \quad (3.7.)$$

7. Витрати теплоносія регулюючого середовища через регулюючий орган:

$$Q_{po} = K_{vpo} \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_{po}}{\gamma}} = 520 \cdot \sqrt{\frac{3,976}{1}} = 638,115 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.8)$$

8. Відносні витрати регулюючого середовища через обраний регулюючий орган:

$$\mu_{\max} = \frac{Q_{\max}}{Q_{po}} = \frac{520}{638,115} = 0.815$$

$$\mu_{\min} = \frac{Q_{\min}}{Q_{po}} = \frac{260}{638,115} = 0.407 \quad (3.9.)$$

Визначаємо значення кутів  $\alpha_{\max}$  та  $\alpha_{\min}$  з графіків:

$$\alpha_{\max} = 52,3^\circ,$$

$$\alpha_{\min} = 32,1^\circ$$

9. Визначаємо відношення різниці тисків на регулюючому органі виконавчого механізму до перепадів тиску користуючись графіками:

$$\beta_{\min} = 0,65, \beta_{\max} = 0,91 \quad (3.10.)$$

					<b>12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ</b>	Арк.
						43
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Автоматичні вимикачі призначені для нечастих комутацій та захисту електричного обладнання та мереж від надструмів перевантаження та короткого замикання. Автоматичний вимикач для схеми керування обираємо за наступними умовами:

$$U_A \geq U_M$$

$$V=660 \text{ В};$$

$$I_A \geq I_H$$

$$25A > 1.75A;$$

$$I_{ROZ} \geq I_H$$

$$2.5A > 1.75A;$$

$$I_{BID} \geq 1.6 \cdot I_{нyc}$$

$$35A > 12.25A.$$

Для схеми керування обираємо автоматичний вимикач ВА47-29.

Після обґрунтування вибору автоматичного вимикача, який призначені для захисту електродвигуна приводу вентилятора обґрунтовуємо вибір відповідного автоматичного вимикача за наступним алгоритмом:

$$U_A \geq U_M$$

$$V=660 \text{ В};$$

$$I_A \geq \sum I_H$$

$$63A > 31.5A;$$

$$I_{ROZ} \geq \sum I_H$$

$$63A > 43.5A.$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА 47-31.

Вибираємо магнітних пускач серії ПМЛ-410004А так як він задовольняє вимогам

					12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_n \geq U_M$$

$$380V > 380V$$

$$I_n \geq \sum I_H$$

$$63A > 31.5A$$

$$U_K \geq U_{K.K}$$

$$220V = 220V$$

### 3.3. Обґрунтування вибору проводів для електричної мережі

Електрична мережа - сукупність проводів і кабелів з певними до них кріпленнями та підтримуючими захисними конструкціями. Для стаціонарних електропроводок застосовують переважно проводи і кабелі як з алюмінієвими жилами так і з мідними. Для зменшення втрат внутрішні проводки повинні мати мінімальну довжину. Обґрунтування перерізу струмопровідної жили здійснюється виходячи з умов гранично допустимої величини його нагрівання при достатній механічній міцності.

Основою вибору поперечного перерізу проводу є розділ 1.3 ПУЕ-2017. При визначенні її кількості проводів, що прокладають в одній трубі, нульовий робочий провід чотирьохпроводної системи трифазного струму не враховують.

Площа поперечного перерізу жил проводів обґрунтовується за тривало допустимим струмом за умовами нагріву (розділ 1.3 ПУЕ-2017):

$$I_{TP} \geq I_{POZ}$$

Де:  $I_{POZ}$  - розрахунковий тривалий струм ділянки електричної мережі,

А

Для відгалужень до окремих споживачів за максимально-допустимі тривалі робочі струми беруть їх номінальні струми, які визначають за наступною формулою

$$I_H = \frac{10^3 \cdot P_H}{\sqrt{3} U_H Z_H \cos \phi_H} \quad (3.13)$$

Знайдемо номінальний тривалий розрахунковий струм для проводу дивлення АСУ ТП:

$$I_H = \frac{10^3 \cdot 0.75}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.66 \cdot 0.83} = 2.07 \text{ A} \quad (3.14)$$

Вибираємо кабель ВВГнгд (5x1.5) з тривало допустимим струмом 19 А:

$$19 \text{ A} > 2.07 \text{ A}$$

Спосіб прокладання проводів – в трубах.

### 3.4 Обґрунтування вибору шафи керування

Щити і пульти - це пости керування, контролю, сигналізації автоматизованої системи управління технологічними процесами. В них розміщують апарати керування, контрольно-вимірювальні засоби, пристрої сигналізації та захисту. На передніх сторонах щитів можуть бути нанесені мнемосхеми, накладні надписи (пояснюючі), освітлювальні та сигналізуючі пристрої тощо.

Щафи та пульти керування на стадії проектування вибирають на підставі наступних нормативних документів: ДСТУ 20504-01 «Система уніфікованих типових конструкцій агрегатних комплексів ГСП. Типи і основні розміри», ДСТУ 3288-95 (ГОСТ 26032-96) "Система уніфікованих типових конструкцій агрегатних комплексів. Загальні технічні вимоги". ОСТ 36.13-76 "Щити і пульти систем автоматизації технологічних процесів". На додаток до ОСТ 36.13-75 розроблені інструкції РМ4-107-89.

					<b>12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ</b>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно з вище наведеними нормативними документами шафи і пульти розраховані, на розміщення їх у закритих приміщеннях із температурою навколишнього середовища від  $-20$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  за відносної вологості не більше як 85%. Промисловість випускає також шафи та пульти спеціального призначення, які розраховані на більш високі або низькі значення температури та вологості, наявність біологічно-активного середовища, тощо. Шафи та пульти умовно позначають згідно з вимогами ДСТУ 36.13-96.

Шафові щити використовують:

- у виробничих приміщеннях, які характеризуються підвищеною запиленістю, відносно великою вологістю та можливістю механічного пошкодження апаратів й внутрішньо щитових проводів;
- для розміщення допоміжного обладнання апаратури (реле, джерел живлення) в щиті;
- для захисту обслуговуючого персоналу від випадкових дотиків до струмоведучих частин електрообладнання та затискачів.

Враховуючи каталожні габаритні розміри всіх апаратів схеми керування зрошувальною насосною установкою, які розміщуються на передній і задній панелях, вибираємо щит шафовий малогабаритний ШУКУ-20-90 (таблиця 3.1). Цей шкаф призначений для роботи в закритих приміщеннях, які не містять вибухонебезпечних домішок, струмопровідного пилу, їдких парів і газів, які руйнують метали та ізоляцію.

Таблиця 3.1 –

Технічні характеристики шафи керування

Номінальна напруга в мережі, В	660
Вид струму	Змінний, трифазний
Номінальна частота, Гц	50-60
Номінальна напруга кола керування, В	Змінна 220

					12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Габарити (довжина, ширина, висота)	215/325/390
Маса, кг	
ШУК 20-25	7
ШУК 30-41	8
ШУК 60-92	10,1

Потужність електродвигуна вентилятора до 5 кВт. За способом захисту від ураження електричним струмом шафи управління відповідають класу 1 ДСТУ 12.2.007.0-95. Шафа керування забезпечує автоматизоване включення і відключення установки. Для запобігання нещасних випадків виключати можливість доступу до елустановки сторонніх осіб. Враховуючи габаритні розміри всіх пристроїв схеми керування зрошувальною насосною установкою, що розміщуються на передній і задній панелях, вибираємо щит шафовий малогабаритний ЩШМ (1200x1000x500) V4IP30 (ОСТ 36.13-76).

					<b>12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ</b>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ IV. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

Використання засобів автоматичного керування і контролю веде до зростання як продуктивності праці, так і знижує собівартість продукції та терміну окупності.

Узагальнюючим показником ефективності капітальних вкладень є зведені розрахункові витрати, що враховують річні експлуатаційні затрати і долю капіталовкладень, що припадає на один рік.

Зведені витрати визначають за формулою

$$V_{зв} = C + E_n \cdot K_1 \quad (4.1)$$

Де:  $V_{зв}$  - зведені витрати, грн/рік

$C$  - річні експлуатаційні затрати, грн./рік

$E_n$  - номінальний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, 1/рік;

$K_1$  - капітальні витрати, грн.

Річні експлуатаційні затрати складаються з наступних складових:

- витрат на заробітну плату обслуговуючого персоналу для виконання сервісних робіт,  $C_з$ ;

- витрат на поточний та капітальні ремонти засобів автоматизації,  $C_{пт}$ ;

- витрат на оплату енергоносіїв,  $C_e$ ;

- витрат на допоміжні витратні матеріали,  $C_d$ ;

Витрати на місячну заробітну плату визначаються кількістю обслуговуючого персоналу та тарифною нормованою ставкою (приймаємо тариф  $C_m = 1,15$  грн/год).

Річний фонд заробітної плати обслуговуючого електротехнічного персоналу визначається за наступною формулою:

$$C_z = N \cdot Z \cdot Z_{зм} \cdot T$$

					12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Де: N-кількість робітників в одній зміні, N=2;

Z- кількість змін на добу, Z=2;

Ззм - середня заробітна плата робітника за добу 950 грн.;

T- кількість робочих днів, T=257

Підставивши дані у формулу (4.2) матимемо:

$$C_3 = 2 \cdot 2 \cdot 950 \cdot 257 = 976600 \text{ грн}$$

Нормовані амортизаційні відрахування становлять 14 % від балансової вартості електрообладнання.

Витрати на поточні ремонти та сервісні роботи визначаються також у відсотках від балансової вартості обладнання 6 %.

Витрати на енергоресурси визначаються по величині затрат енергоносіїв та тарифах на неї, (9,8 грн/кВт\*год):

$$C_e = 68168 \text{ грн}$$

Інші прямі витрати приймають рівним 2 % від загальних експлуатаційних витрат.

$$C = (C_3 + C_a + C_{\text{спр}} + C_e) \cdot C_d \quad (4.3)$$

Балансова вартість техніки становить 45000 грн.

$$C = (976600 + 0.14 \cdot 45000 + 0.06 \cdot 45000 + 68168) \cdot 1.02 = 1074843,36 \text{ грн.}$$

Величина капітальних затрат системи автоматизації визначається:

- вартістю засобів автоматизації АСУ ТП  $K_3$
- вартістю доставки, зберігання та монтажу  $K_m$ ;
- прокладку внутрішньої електропроводки  $K_{\text{пр}}$ ;
- інші капітальні вкладення, пов'язані з здійсненням автоматизації  $K_i$ .

Витрати на придбання засобів автоматизації 64500 грн.

Вартості їх доставки зберігання і монтажу приймемо в середньому 27% від загальної вартості засобів автоматизації.

Витрати на прокладку електричних кабелів включають в себе вартість кабелю та вартість його прокладки.

					<b>12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		5/2

Інші витрати приймаємо рівними 3% від суми капітальних вкладень:

$$K=(K_3+K_M+K_{пр})K_i \quad (4.4)$$

Підставивши значення в формулу 4.4 отримаємо наступне:

$$K=(64500 + 0.27 \cdot 64500 + 64500) \cdot 1.03 = 150807,45 \text{ грн.}$$

Повертаючись до формули (4.1) отримаємо загальні зведені витрати, які становлять:

$$B_{зв}=1074843,36+0,15 \cdot 150807,45=1097464,78 \text{ грн.}$$

Загальна собівартість продукції визначається з урахуванням зведених затрат до яких додаються питомі витрати на сировину, корми, воду та інші прямі та непрямі витрати на виробництво одиниці продукції:

$$C_B = \frac{\sum B}{Q}$$

Q - кількість продукції, яка вироблена протягом року; Q=1105000 дес.шт

$$\sum B - \text{сума всіх витрат на виробництво продукції} \quad \sum B = 2074064 \text{ грн}$$

$$C_B = 2074064 / 1105000 = 1,87 \text{ грн/дес. шт.}$$

Плановий прибуток визначаємо за формулою:

$$ПР = Ц - C_B$$

Де: Ц - ціна одиниці продукції.

$$ПР = 20 - 1,87 = 18,13 \text{ грн/дес. шт.}$$

Планову рентабельність виробництва визначаємо за наступною формулою:

$$P = ПР / C_B = 18,13 / 1,87 = 9,7 \%$$

Розрахунок терміну окупності капітальних вкладів. Плановий термін окупності капітальних вкладів:

$$K_k - 2074064 \text{ грн}$$

$$G - 2066350 \text{ грн}$$

$$T = K/G \quad T = 2074064 / 2066350 = 1,004 \text{ роки,} \quad (4.5)$$

					12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Термін окупності нового обладнання пташника з клітковим утриманням курей-несучок становитиме 1 рік

## Висновок

При виконанні випускної бакалаврської роботи проведено дослідження алгоритму регулювання температури повітря у пташнику з утриманням курей-несучок.

1. Досліджено амплітудо-фазо частотні характеристики об'єкта управління.
2. Побудовані логарифмічні характеристики розімкненої системи автоматичного регулювання. Визначено, що запас стійкості по амплітуді становить 17 дБ запас стійкості по фазі  $51^{\circ}$ .
3. На основі аналізу перехідної характеристика об'єкта управління визначили такі показники якості: час регулювання складає 310 с, пере регулювання  $\sigma=19,71\%$ , коливальність  $n=1$  при встановленій похибці яка дорівнює  $\Delta=5,1\%$ . Враховуючи отримані результати розрахунків робим висновок, що система є стійкою, а отже можливе її використання на практиці.
4. В роботі наведено техніко-економічне обґрунтування проєкту, де розраховано термін окупності системи автоматичного керування, який складає 1 рік та визначено, що рентабельність роботи САК рівна 9,7 %.

## Список літератури

					12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Мартиненко І. І. “Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва” Урожай 1995 р.
2. Мартиненко І.І., Лисенко В. П., Тищенко Л. П., Лукач В. С. “Проектування систем автоматизації сільськогосподарського виробництва” 1995 р.
3. Марченко О.С. “Механізація та автоматизація у тваринництві і птахівництві”, Київ “Урожай” 1995 р.
4. Гряник Г. М., Лехман С. Д., Бутко Д. А., Луценков В. А., Работягов В. І. “Охорона праці”. Київ “Урожай” 2005 р.
5. Інкубація яєць та утримання курчат: Корисні поради фахівців. – Донецьк: ТОВ ВКФ “БЕО”, 2007. – 112 с.
6. Програма розвитку галузі птахівництва України на 2005-2010 роки / Асоціація “Союз птахівників України”. – К., 2005. – 270 с.
7. Автоматизація технологічних процесів і систем автоматичного керування/ Барало О. В. Гуртовенко Ю. О. К.-2015. 365 с.
8. Автоматизовані системи керування технологічними процесами/ А.О. Бобух. Навч. посібник. – Харків: ХНАМГ, 2007. - 185 с.
9. О. М. Соснин “Основи автоматизації технологіческих процесів і производств” 2007 р. арк: 240 с.
10. Автоматизація типових технологічних процесів і установок: Підручник для вузів Автор: А.М Коритін, Н.К. Петров, С.М. Радімов, Н.К. Шапарев. Київ “Урожай” 2005 р.

					<b>12.03.01.- ВР.2058"С".18.11.24.019.ПЗ</b>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		