

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

ПОГОДЖЕНО
Директор ННІ
Енергетики, автоматики і
енергозбереження

_____ Каплун В.В.
« ____ » _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
автоматики та робототехнічних
систем ім. акад. І. І. Мартиненка

_____ Опришко О.О.
« ____ » _____ 2025
р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА
РОБОТА**

на тему «Розробка та дослідження комп'ютерно-інтегрованої системи
керування температури повітря в промисловому пташнику з використанням КТЗ
"Arduino"»

Спеціальність 174 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»

Освітня програма Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка

Орієнтація освітньої програми освітньо-наукова

Гарант освітньої програми

Д.Т.Н, доц. _____ Іващук.В.В

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

д-р філософії, асистент _____ Ромащук О.М.
науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав

_____ Мохно Т.О.
(підпис) (ПІБ студента)

КИЇВ – 2025

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
**Завідувач кафедри автоматики та
робототехнічних
систем ім. акад. І. І. Мартиненка**
_____ О. О.
Опришко
«__» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студенту
Мохну Тарасу Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 174 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»
(код і назва)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: Розробка та дослідження комп'ютерно-інтегрованої системи керування температури повітря в промисловому пташнику з використанням КТЗ "Arduino"

затверджена наказом ректора НУБіП України від "26" вересня 2024 р. № 1667 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2025.05.30.
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: Завдання кафедри на виконання магістерської кваліфікаційної роботи. Наукова література та публікації, що відповідають тематиці магістерської кваліфікаційної роботи.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації.
2. Побудова та дослідження математичної моделі об'єкта автоматизації.
3. Аналіз якості функціонування автоматичної системи керування
4. алгоритмізація та розробка програмного забезпечення .
5. Техніко-економічне обґрунтування.

Дата видачі завдання "26" вересня 2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ Ромашук.О.М.
Завдання прийняв до виконання _____ Мохно Т.О.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ I. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	7
1.1. Аналіз технологічного процесу утримання птиці.....	7
1.2. Стан технічного рівня пташника, та засобів його автоматизації.	10
1.3. Загальна характеристика технологічного об'єкту	12
РОЗДІЛ II. ПОБУДОВА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	24
2.1 Розробка математичної моделі технологічного процесу	24
2.2. Розробка та дослідження контура керування по каналу температура повітря	27
2.3. Побудова передатної функції об'єкта автоматизації.....	28
2.4. Вибір закону керування	31
РОЗДІЛ III. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРОЮ ПОВІТРЯ В ПТАШНИКУ	33
3.1. Вибір сприймаючого елемента	33
3.2. Вибір виконавчого механізму	35
3.3. Вибір регулятора	36
РОЗДІЛ IV. АНАЛІЗ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ	42
4.1. Дослідження САК на стійкість	42
4.2. Визначення показників якості регулювання	44
РОЗДІЛ V. СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	47
5.1. Вибір апаратів захисту та керування.....	47
5.2. Вибір проводів керуючої мережі	53
5.3. Розробка схем електричних.....	57
5.4. Монтаж та наладка засобів автоматики.	62
РОЗДІЛ VI. АЛГОРИТМІЗАЦІЯ ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	68
РОЗДІЛ VII. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	74
ВИСНОВОК.....	77
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	78

ВСТУП

На сучасному етапі науково-технічного прогресу автоматизація та комплексна механізація виступають одними з ключових завдань розвитку суспільства. Їхнє впровадження сприяє зростанню обсягів виробництва, покращенню умов праці та підвищенню рівня добробуту населення.

У сільському господарстві активний розвиток автоматизації технологічних процесів розпочався лише з 60-х років ХХ століття. Цьому сприяли успіхи в галузі механізації та електрифікації аграрного виробництва. Спочатку автоматизували окремі процеси та установки, однак згодом почали впроваджувати комплексні автоматизовані системи, які охоплюють як основні, так і допоміжні виробничі операції. Наразі ведуться науково-дослідні роботи щодо створення оптимальних систем управління.

Проте засоби автоматичного керування енергетичними процесами, зокрема мікрокліматом, які широко застосовуються в аграрному секторі, мають низку недоліків. Вони часто не відповідають основним вимогам сільськогосподарського виробництва, що призводить до надмірного енергоспоживання та зростання енергоємності продукції. Тому питання подальшого розвитку автоматизації залишається надзвичайно актуальним, оскільки вона є важливим чинником прискорення науково-технічного прогресу. Досягнення в підвищенні продуктивності праці та ефективності виробництва в сільському господарстві можливі лише за умови максимальної механізації та автоматизації, зокрема через створення оптимальних систем керування.

Слід відзначити, що такі системи не лише скорочують затрати праці та покращують ефективність використання техніки, але й сприяють впровадженню енерго- та ресурсозберігаючих технологій, підвищенню надійності виробництва та якості продукції.

Птахівництво є важливою галуззю, що забезпечує населення цінними дієтичними продуктами — яйцями та м'ясом. Однією з переваг цієї галузі є низьке споживання кормів для отримання 1 кг приросту живої маси — від 2 до

5 кормових одиниць. Птахівничі господарства характеризуються високою рентабельністю, швидким поверненням капіталовкладень та високою продуктивністю праці.

Промислове птахівництво вирізняється високим рівнем автоматизації. На птахофабриках застосовується обладнання, здатне в автоматичному режимі виконувати всі технологічні операції, забезпечуючи оптимальні умови утримання та високу продуктивність птиці. Проте існують певні проблеми: механізми, що створюють шум і вібрацію, негативно впливають на продуктивність поголів'я, не завжди точно витримуються раціони годівлі та умови роздачі кормів, а деякі ділянки виробництва залишаються неавтоматизованими.

Впровадження сучасних автоматичних систем дозволить заощадити трудові та матеріальні ресурси, знизити енергоспоживання, підвищити продуктивність праці та зменшити собівартість продукції. У сукупності це створює передумови для подальшого розвитку сільського господарства, економіки загалом і покращення рівня життя в країні.

Отже, розробка систем автоматичного регулювання температури в аграрному секторі є важливою та актуальною задачею.

РОЗДІЛ I. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1. Аналіз технологічного процесу утримання птиці

Одним із ключових елементів технологічного процесу виробництва продукції птахівництва є правильна організація утримання птиці.

Під терміном «утримання сільськогосподарської птиці» мають на увазі комплекс заходів, споруд і обладнання, які створюють необхідні умови для життєдіяльності птиці в навколишньому середовищі. Ці умови повинні бути оптимальними для забезпечення максимальної продуктивності птиці при мінімальних витратах кормів та енергетичних ресурсів.

У господарствах, що займаються вирощуванням м'яса курчат-бройлерів, застосовують три основні способи їх утримання: на підлозі з глибокою підстилкою, в кліткових батареях та на сітчастій підлозі. Продуктивність цих методів є різною.

У зв'язку з розвитком глибокої переробки м'яса зростає потреба у вирощуванні бройлерів з вищою живою масою. Вирощувати важких бройлерів у кліткових батареях складніше, тому найефективнішою технологією є утримання на підлозі з глибокою підстилкою.

Якщо оцінювати системи вирощування за собівартістю товарної продукції та рівнем рентабельності виробництва м'яса, традиційна підлогова система має перевагу. Зокрема, прибутковість виробництва на глибокій підстилці на 4,5% вища, ніж при вирощуванні у клітках, і на 3,8% — порівняно із сітчастою підлогою.

При утриманні на глибокій підстилці у одному приміщенні разом вирощують як півників, так і курочок — тобто використовують змішане утримання. Пташники без вікон мають розміри 90×18 м або 108×м при висоті 3,5 м. Як підстилковий матеріал використовують лущиння соняшника або тирсу, яку влітку насипають шаром 3–5 см, а взимку — 5–7 см.

У господарстві пташники обладнані припливно-витяжною вентиляцією з примусовим рухом повітря. В середині приміщення встановлюють чотири лінії

бункерних годівниць та п'ять ліній ніпельних напувалок. Одна годівниця обслуговує 70 голів бройлерів, а одна напувалка — 12–13 голів.

Високої продуктивності від бройлерів можна досягти лише за умови забезпечення комфортного середовища, всі параметри якого мають відповідати віковим та фізіологічним особливостям птиці. До таких параметрів належать температура, відносна вологість, швидкість руху повітря тощо — для кожного з них визначено певні межі, за яких організм курчат-бройлерів витрачає мінімум енергії на підтримання життєдіяльності. Ці межі називають зонами біологічного комфорту. Їхні значення залежать від віку птиці, рівня акліматизації, годівлі та продуктивності.

На практиці параметри мікроклімату не завжди відповідають нормативним вимогам, що пояснюється впливом різноманітних зовнішніх і внутрішніх чинників, які формують повітряне середовище в пташнику.

Перед посадкою курчат проводять підготовку приміщень, яка триває 13–14 днів і включає: очищення пташників від використаної підстилки, сухе і вологе прибирання, вологу та аерозольну дезінфекцію, побілку стін і дератизацію. Лише після цього вносять нову підстилку.

До моменту розміщення молодняка у пташнику встановлюють відповідний температурний і вологісний режим. Добові курчата мають живу масу 35–40 г. Щільність посадки бройлерів становить 20 голів на 1 м² підлоги. Курчат не розділяють за статтю. Тривалість вирощування до досягнення забійної маси становить 42 доби.

Показники мікроклімату в пташниках підтримуються відповідно до встановлених норм (табл. 1.1).

Таблиця 1.1. Температурно-вологісний режим у пташниках при вирощуванні курчат-бройлерів

Вік бройлерів, діб	Температурний режим, °C	Вологість, %
1	33	70
2-3	31	70
4	31	75
5-7	30	75
8	29	75
9-10	29	70
11-13	28	70
14	27	70
15-16	27	65
-18	26	65
19	27	65
20-21	25	65
22-25	23	60
26-34	22	60
35	21	60
36-42	20	60

Температуру та відносну вологість повітря контролюють за допомогою комп'ютерної системи кілька разів на добу. Зокрема, вимірювання температури проводять чотири рази на день — о 8:00, 14:00, 20:00 та 2:00, а вологість визначають двічі на день — о 8:00 та 17:00.

Світловий режим у пташниках регулюється за допомогою штучного освітлення, яке забезпечує цілодобове світло з варіаціями його інтенсивності згідно з установленим графіком (табл. 1.2).

Для оцінки темпів росту та розвитку бройлерів у господарстві щотижня фіксують їх живу масу, розраховують середньодобові прирости та визначають витрати корму на 1 кг приросту живої маси.

Таблиця 1.2. Світловий режим у пташниках при вирощуванні курчат-бройлерів

Вік 9курчат 9– 9бройлерів, 9діб	Освітленість, 9лк
1 9– 97	20
8 9– 914	15
15 9– 928	10
29 9– 942	8

1.2. Стан технічного рівня пташника, та засобів його автоматизації.

На сьогоднішній день для забезпечення належного повітрообміну та створення оптимального температурного режиму в птахівничих приміщеннях використовують системи автоматичного регулювання мікроклімату, зокрема комплекти вентиляційного обладнання типу «Клімат-45М» і «Клімат-47М». До складу таких систем входять вентилятори, калорифери, автоматизовані станції управління мікрокліматом, а також автотрансформатор потужністю 10 кВт. Забезпечення стабільних параметрів повітря досягається шляхом плавного автоматичного регулювання швидкості обертання витяжних вентиляторів.

Регулювання швидкості вентиляції здійснюється безступеневим тиристорним регулятором напруги — зокрема, за допомогою пристроїв типу МК-ВАУЗ або автоматизованого комплексу керування «Кліматика-1» ТСУ-2-КЛ УЗ, до якого входять тиристорний силовий блок із груповим охолодженням, блок керування та перемикач.

Цей пристрій являє собою тиристорний регулятор напруги з аналогово-цифровою системою керування на базі інтегральних мікросхем, що забезпечують плавне регулювання вихідної напруги за фазовим принципом, орієнтуючись на зміни температури повітря у приміщенні.

Розроблено два типорозміри систем — «Клімат-45М» і «Клімат-47М», кожен з яких може комплектуватися різною кількістю осьових вентиляторів. Зокрема, модифікація «Клімат-45М» доступна у варіантах із 16 або 24 вентиляторами ВО-Ф-5,6А, а «Клімат-47М» — із 14 або 24 вентиляторами ВО-Ф-7,1А.

До складу комплекту вентиляційного обладнання «Клімат-4М» входять осьові вентилятори відповідно до стандарту ОСТ 105–458–78, блок керування з безконтактним регулятором МК-ВАУЗ, екранованим проводом і мідним терморезистором ТСН–5071 (датчиком температури), а також автоматичні вимикачі захисту двигунів вентиляторів, які можуть монтуватися в герметичні силові шафи.

Необхідна кількість обладнання для кожного конкретного приміщення визначається на основі розрахунку повітрообміну. Технічні характеристики комплектів наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3. - Технічна характеристика комплектів вентиляційного устаткування

Тип	«Клімат-45М»	«Клімат-47М»
Подача повітря, тис. м ³ /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

Регулювання повітрообміну та підтримання заданої температури в приміщенні здійснюється шляхом автоматичного плавного коригування швидкості обертання витяжних вентиляторів залежно від відхилень температури повітря від встановленого значення.

У випадку використання пристрою МК-ВАУЗ, система керується сигналом від одного датчика, розміщеного в характерній контрольній точці приміщення. Якщо застосовується система «Кліматика-1», регулювання здійснюється на основі усередненого сигналу від кількох датчиків, встановлених у різних місцях, що дозволяє більш рівномірно підтримувати необхідні параметри мікроклімату по всьому об'єму приміщення.

Обладнання комплексу «Клімат-4М» не забезпечує належного контролю температури в літній період, тому його використання дозволяє лише частково вирішити проблему охолодження повітря в спекотну пору року.

Часто трапляються несправності окремих елементів системи, що можуть призводити до аварійних ситуацій, порушення температурного режиму, зниження продуктивності курей-несучок та зростання собівартості продукції. З огляду на це, виникає необхідність автоматизувати процес регулювання температури припливного повітря для забезпечення стабільного мікроклімату.

1.3. Загальна характеристика технологічного об'єкту

Розглянемо промисловий пташник для вирощування бройлерів як об'єкт керування з великою кількістю складних і нестабільних взаємозв'язків. Його аналіз ускладнюється тим, що всі процеси відбуваються не в стабільних умовах, а супроводжуються численними випадковими збуреннями. Основним зовнішнім чинником впливу на технічну систему є температура навколишнього середовища. Багаторічні спостереження цього параметра на 48–50-й паралелі (зокрема в районі Києва) показали, що річні температурні коливання можуть сягати від -42 до $+44$ °C, а типовими є коливання в межах $-\dots+31$ °C.

З іншого боку, сучасний пташник можна розглядати як біотехнічну систему, що включає як біологічний компонент (птиця), так і технічний (автоматизовані системи регулювання мікроклімату, роздачі корму, транспортування тощо). Завдання технічної частини цієї системи — створення та підтримання оптимальних умов для життєдіяльності птиці, тобто забезпечення відповідного мікроклімату.

Мікроклімат у тваринницьких приміщеннях — це сукупність фізичних, хімічних, механічних та біологічних характеристик повітряного середовища певного приміщення. Він формується під впливом багатьох факторів: температури, вологості, освітлення, рівня шуму, швидкості руху повітря, концентрації газів, запиленості тощо. Без належного мікроклімату птиця, як і

будь-яка інша тварина, не здатна повноцінно реалізувати свій продуктивний потенціал.

На мікроклімат суттєво впливають такі чинники, як кліматичні умови регіону, ефективність вентиляції, наявність опалення, якість освітлення тощо. Важливу роль також відіграє вибір будівельних матеріалів для облаштування тваринницьких приміщень. Для досягнення максимального прибутку при мінімальних витратах необхідно ретельно проаналізувати властивості матеріалів і підібрати оптимальні варіанти. Під час спорудження пташників слід враховувати, що огорожувальні конструкції з високим коефіцієнтом теплопередачі та низьким термічним опором не здатні утримувати достатню кількість тепла в приміщенні. Це призводить до зниження температури повітря і, відповідно, до зменшення продуктивності птиці.

Із гігієнічної та економічної точки зору доцільно застосовувати будівельні матеріали з покращеними технологічними властивостями.

Будівельні матеріали здатні акумулювати тепло. Матеріали з високою теплоємністю повільніше нагріваються, тому потребують більше теплової енергії. Водночас вони так само повільно віддають тепло під час охолодження, що дозволяє краще підтримувати стабільний температурний режим у приміщенні.

Досягти оптимального мікроклімату при мінімальних витратах у приміщеннях для вирощування бройлерів можливо лише за умови використання ефективних вентиляційно-опалювальних систем, побудованих на базі сучасного технічного обладнання.

Для створення та підтримки необхідного мікроклімату потрібно розуміти основні поняття вентиляції: мінімальна та максимальна вентиляція, розрідження, припливні клапани, напрямок і швидкість руху повітря.

Мінімальна вентиляція. Для видалення з приміщення вуглекислого газу, водяної пари, аміаку та забезпечення птиці свіжим повітрям з необхідним рівнем кисню, необхідно постійно підтримувати певний рівень повітрообміну. Такий режим називають мінімальною або зимовою вентиляцією. Її обсяг у

межах 0,8–1 м³/кг/год є достатнім для контролю концентрації шкідливих речовин у межах допустимих норм. Через швидкий приріст маси бройлерів (у середньому від 40 г до 2 кг за 40 днів), обсяг мінімальної вентиляції поступово зростає.

Максимальна вентиляція. При підвищенні зовнішньої температури повітрообмін також повинен збільшуватись, щоб видалити надлишок тепла, який виділяється дорослою птицею. У цьому випадку використовується режим максимальної вентиляції — великі об'єми повітря (до 5 м³/кг/год) подаються безпосередньо на поголів'я зі швидкістю до 2 м/с.

Проте застосування такого режиму в пташниках із молодняком може негативно вплинути на його здоров'я. Особливо небажано використовувати максимальну вентиляцію під час різкого зниження зовнішньої температури — у вечірній або нічний час, коли холодне повітря з високою швидкістю сприймається птахами як протяг.

Отже, роботу вентиляційної системи слід коригувати відповідно до зовнішньої температури, пори року та часу доби. Варто пам'ятати, що максимальна вентиляція потребує додаткових енергозатрат, тому її використання доцільне лише у спекотну погоду, коли інші способи охолодження стають неефективними.

На сьогодні для вирощування бройлерів здебільшого застосовуються припливно-витяжні вентиляційні системи з великою кількістю вентиляторів, поєднані з повітряним або децентралізованим опаленням на базі теплогенераторів. У таких системах повітрообмін забезпечується великою кількістю малопотужних керованих агрегатів. Їх основною перевагою є висока надійність — вихід з ладу одного або кількох агрегатів не спричиняє суттєвого впливу на параметри мікроклімату. Залежно від співвідношення припливних і витяжних агрегатів, системи класифікують на чотири основні типи (табл. 1.4).

Таблиця 1.4. Типи систем вентиляції.

Тип системи	Приплив повітря	Витяжка повітря	Співвідношення $n_{\text{п}}=n_{\text{в}}$	Область застосування
Ідеальна	Децентралізований	Децентралізована	$n_{\text{п}} = n_{\text{в}}$	В будівлях моноблочного типу
Реальна	Централізовані (2 та більше агрегатів)	Децентралізована	$n_{\text{п}} \leq n_{\text{в}}$	В усіх типах будівель
Традиційна	Природний через велику кількість отворів	Децентралізована	$n_{\text{п}} = 0$ $n_{\text{п}} > 2 n$	В павільйонних будівлях південної зони
Умовна	Децентралізований	Природна через велику кількість отворів	$n_{\text{п}} > 2 n$ $n_{\text{п}} = 0 >$	В невеликих виробничих будівлях

Для забезпечення належної якості вентиляції необхідне використання припливно-витяжної (механічної) системи. Найбільш універсальним рішенням у цьому випадку є сучасна багатовентиляторна система. Подавання підігрітого повітря в приміщення доцільно організовувати з верхньої зони.

Конструкція припливної системи для холодного та перехідного періодів року може відрізнитися залежно від об'ємно-планувальних та технологічних особливостей конкретного об'єкта.

Залежно від типу створюваного в приміщенні тиску, літні вентиляційні системи поділяють на два основні типи:

- з надлишковим тиском (рис. 1.1. б, в);
- з розрідженням, тобто вакуумні системи (рис. 1.1. а, г).

Крім того, багатовентиляторні системи класифікують за розміщенням основних вентиляторних агрегатів:

з даховими вентиляторами – з розміщенням вентиляторів на даху (рис. 1.1. в, г);

з настінними вентиляторами – з розміщенням вентиляторів в стінах (рис. 1.1. а, б).

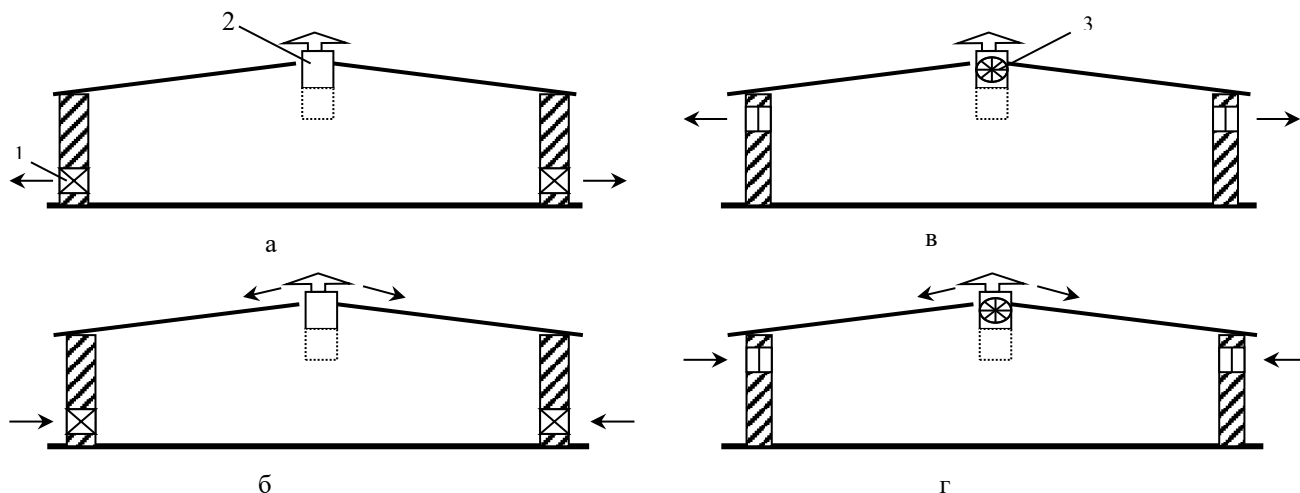


Рис. 1.1. Схема систем вентиляції

а – вакуумного типу з настінними вентиляторами, б – з надлишковим тиском з настінними вентиляторами, в – з надлишковим тиском з даховими вентиляторами, г – вакуумного типу з даховими вентиляторами, 1 – настінний вентилятор, 2 – шахта, 3 – даховий вентилятор.

Створення надлишкового тиску в приміщенні запобігає неконтрольованому проникненню зовнішнього повітря через нещільності, щілини та отвори. Однак це може спричинити конденсацію вологи всередині. При використанні повітряних фільтрів ризик потрапляння збудників інфекцій значно зменшується, що пояснює кращі прирости бройлерів за однакових енергетичних витрат у порівнянні з вакуумними системами вентиляції.

Конструктивно такі системи реалізують так: приплив повітря здійснюється за допомогою дахових або настінних вентиляторів, а його видалення — через вентиляційні отвори у стінах або шахтах під дією надлишкового тиску, створеного припливними вентиляторами (рис. 1.1. а). У холодну пору року додатково вмикаються нагрівальні агрегати.

У традиційних системах повітряного опалення температура припливного повітря зазвичай відрізняється від температури повітря в приміщенні. Нагріте повітря піднімається вгору, витісняючи тепле повітря у верхню зону, що призводить до зростання тепловтрат разом із вентиляційним повітрям.

У спекотний період перевищення допустимих значень температури в приміщенні негативно впливає на продуктивність птиці. Навіть застосування

простих систем випарного охолодження ускладнює конструкцію вентиляційно-опалювальної системи.

Дослідження показали, що при температурі зовнішнього повітря понад 20 °С доцільно змінювати напрям роботи витяжних вентиляторів на припливний режим, щоб створити потік повітря, який обдуває птицю. У такому разі додатковий температурний перепад сприяє покращенню подачі повітря вентиляторами.

Реверсування вентиляторів типу ВО підвищує ефективність охолодження, адже при швидкості повітряного потоку 0,1–0,5 м/с (саме така швидкість характерна для руху повітря в пташниках при подачі знизу вгору) курчата здатні віддавати на 8–25 % більше тепла.

У приміщеннях, де створюється розрідження завдяки роботі витяжної вентиляції, відбувається інфільтрація повітря — тобто проникнення його через різні щілини та нещільності огорожувальних конструкцій. При проходженні крізь огорожі повітря частково нагрівається за рахунок зустрічного теплового потоку через конструкції, що дозволяє дещо використовувати тепло. Проте інфільтруюче повітря ускладнює попадання вологи всередину огорожувальних елементів.

Якщо припливні отвори розташовані на великій висоті, основний повітряний потік проходить над зоною, де знаходяться тварини (рис. 1.1. а). Щоб уникнути цього недоліку, припливні отвори розміщують у нижній частині стін (рис. 1.2. б).

Однак такі схеми мають інші мінуси: без захисних екранів вони чутливі до вітру, що особливо негативно впливає в холодний період року. Такі системи не є економічними, оскільки в холодну пору тепле повітря активно видаляється з верхньої зони приміщення, а забезпечити циркуляцію повітря складно.

Тому навіть у приміщеннях із сучасним вентиляційним обладнанням спостерігається нерівномірність і нестабільність повітряних потоків, утворюються “мертві” зони, і виникають додаткові енергетичні витрати на обігрів.

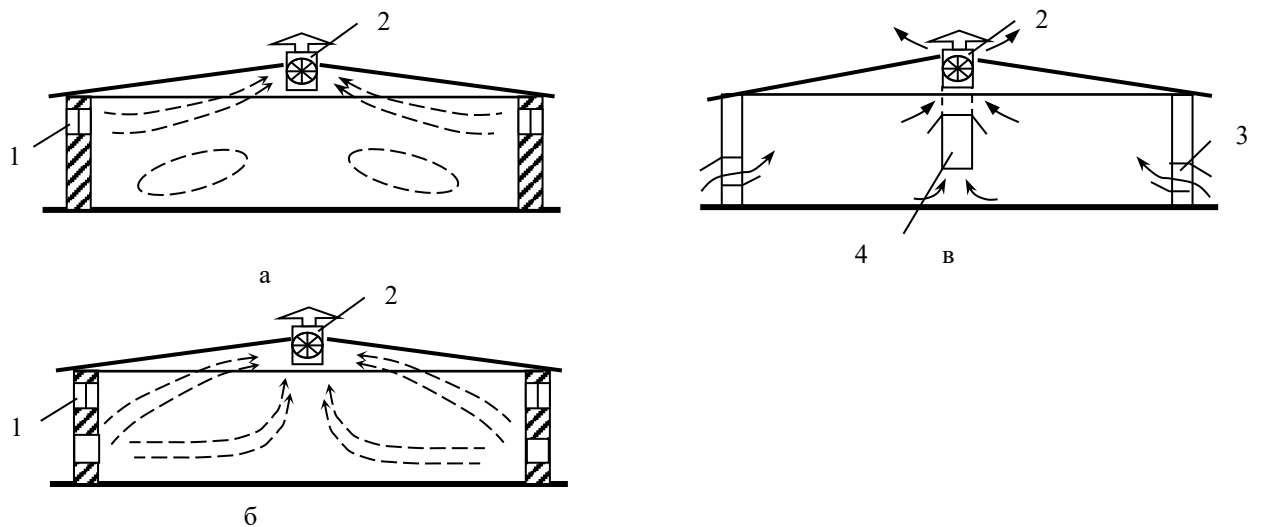


Рис. 1.2. Вентиляція приміщень вакуумного типу з даховими вентиляторами: а - притік повітря через вікна; б - притік повітря через отвори в нижній частині повздожніх стін; в - конструкція сезонного патрубку; 1 - віконний отвір; 2 - даховий вентилятор; 3 - припливний отвір; 4 - шахта.

Щоб уникнути зазначених недоліків, застосовують конструктивні рішення за схемою (рис. 1.2. в), хоча зведення подовжених шахт із проміжним забором повітря не завжди можливо через вимоги технології та планування пташників. Вибір технологічного обладнання залежить від алгоритму роботи системи управління в пташнику.

Температура вимірюється, порівнюється з номінальним значенням, і залежно від того, чи перевищує поточна температура номінал або є нижчою за нього, автоматично вмикається відповідний вентилятор або теплогенератор. Автоматизація забезпечується за допомогою перетворювачів сигналів, комп'ютерної техніки та спеціального програмного забезпечення.

На сьогодні розроблено і широко використовується широкий спектр обладнання для регулювання оптимального мікроклімату. Необхідні умови досягаються за допомогою вентиляторів, теплогенераторів, тепловентиляторів, електрокалориферів, електронагрівників, електродних водонагрівних котлів та вентиляційно-опалювальних систем.

Перш за все потрібно контролювати температуру в пташнику, для чого застосовують температурні датчики. Їх робота базується на зміні електричного опору, термоЕРС, лінійному та об'ємному розширенні твердих, рідких або газоподібних середовищ.

Опірні термометри містять чутливий елемент із мідного (ТСМ) або платинового (ТСП) дроту, або виготовляються з напівпровідникового матеріалу. Залежність опору цих перетворювачів температури визначається їх калібруванням, яке наведено у відповідних таблицях.

Опалювальні системи призначені для нагріву повітря у системах опалення сільськогосподарських приміщень. Використовується обладнання на рідкому паливі (теплогенератори), гарячій воді (водяні калорифери) та електричні калорифери.

Автоматичне опалювальне обладнання підтримує стабільну температуру нагрітого повітря, змінюючи кількість теплоносія в теплообміннику, подачу палива або потужність електронагрівника.

Теплогенератор призначений для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату у тваринницьких, птахівничих виробничих приміщеннях та теплицях за допомогою повітряного опалення і вентиляції.

На багатьох птахофабриках зараз встановлюють обладнання німецької компанії «Біг Дачмен», зокрема комплект для вирощування курчат-бройлерів на підлозі — «Унівент-Стартер» для пташників розміром 18 × 90 м. Вентиляційне обладнання працює за принципом розрідження, що має беззаперечні переваги. Розрідження повітря здійснюється за рахунок витяжних вентиляторів, що у поєднанні з припливними клапанами дозволяє ефективно контролювати повітрообмін (напрямок і швидкість руху повітря).

Особливості цієї системи такі:

Висока герметичність будівлі необхідна, щоб уникнути підсмоктування атмосферного повітря через не передбачені місця.

Питома маса всмоктаного повітря значною мірою залежить від його температури: чим нижча температура, тим більша маса повітря і тим швидкість

припливного повітря має бути більшою, щоб воно безперервно циркулювало в приміщенні, не осідало вниз, змішувалося з теплим повітрям і надходило вже підготовленим до птиці.

Залежно від зовнішньої температури регулюється кут відкриття припливних клапанів.

Незважаючи на певні труднощі у проектуванні та налагодці систем на основі розрідження, вони здобули широке поширення у всьому світі завдяки:

- Високій економічності — у приміщення всмоктується лише необхідна кількість повітря, а використовуються вентилятори низького тиску з малою електричною потужністю.

- Меншим витратам на монтаж через відсутність системи повітропроводів.

- Зменшеним витратам на дезінфекцію та санітарну обробку.

- Можливості реалізації «тунельного ефекту», необхідного для охолодження птиці в літній період.

Основою створення необхідного розрідження є якісна герметизація пташника. Якщо у приміщенні багато щілин, досягти оптимального повітрообміну буде складно. Розрідження повітря залежить від ширини будівлі. Як орієнтир можна використовувати правило: на кожен метр ширини створюється 1 Па розрідження. Однак ця величина не є жорсткою.

В холодний період року розрідження має бути приблизно на 10% вищим за норму, оскільки холодне повітря важче теплого, і підвищене розрідження допомагає уникнути його прямого падіння зі стін на птицю та підстилку. У теплу пору, навпаки, розрідження може бути на 10% нижчим через невелику різницю між зовнішньою і внутрішньою температурою, що запобігає потраплянню повітря відразу на підлогу.

При низькій зовнішній температурі свіже повітря надходить через припливні вентиля «ЦЛ–1200», встановлені у поздовжніх стінах пташника. Ізольований клапан вентиля закривається пружиною, що забезпечує герметичність та не дає повітрю виходити назовні.

Витяжка відпрацьованого повітря здійснюється через димарі «ЦЛ–600» на даху, які мають аеродинамічну форму та вбудований вентилятор із високою пропускною здатністю.

Для обігріву повітря в пташнику використовують опалювальні установки «Джет Мастер», що працюють на пропані або природному газі. Вони не мають тепловтрат і подають тепле повітря безпосередньо до бройлерів. Газовий генератор оснащений запобіжником, який вимикає подачу газу при відсутності полум'я. Вентилятор у соплі «Джет Мастера» забезпечує якісну циркуляцію повітря.

Проте дуже висока температура в пташнику негативно впливає на продуктивність птиці і збільшує її смертність, особливо влітку.

Тоді в приміщеннях вмикається комбінована система вентиляції — тунельна. При цьому свіже повітря надходить з торця пташника і рухається вздовж нього з великою швидкістю. Це примусова вентиляція з мінімальним споживанням енергії. Свіже повітря ніби витискає відпрацьоване своєю масою, не змішуючись з ним. Завдяки високій швидкості (від 1 до 3 м/с) температура знижується на 3–8 °С.

Примусове провітрювання здійснює вентилятор «Ер Мастер», який має дуже високий ККД при невеликому споживанні електроенергії. Центробіжна система забезпечує надійну роботу заслінок, які не реагують на вітер або протяги, тому тепло з пташника не втрачається.

Особливу увагу приділено безпеці роботи системи вентиляції: її прилади гарантують збереження курчат навіть при перебоях електроживлення або технічних несправностях. Аварійна система включає блок живлення, зарядний пристрій та окремий датчик температури, параметри роботи якого задаються вручну.

При зовнішній температурі 30 °С і вище ефективність охолодження і швидкість руху повітря знижуються.

Функціональна схема системи подана у вигляді складових частин, розділених за функціональним призначенням (див. рис. 1.3).

Метою роботи є розробка системи автоматичного керування температурою повітря в пташнику. Об'єкт дослідження — процес керування технологічним обладнанням для підтримки температурного режиму в пташнику. Предметом дослідження є вдосконалення системи автоматичного керування температурою повітря в пташнику.

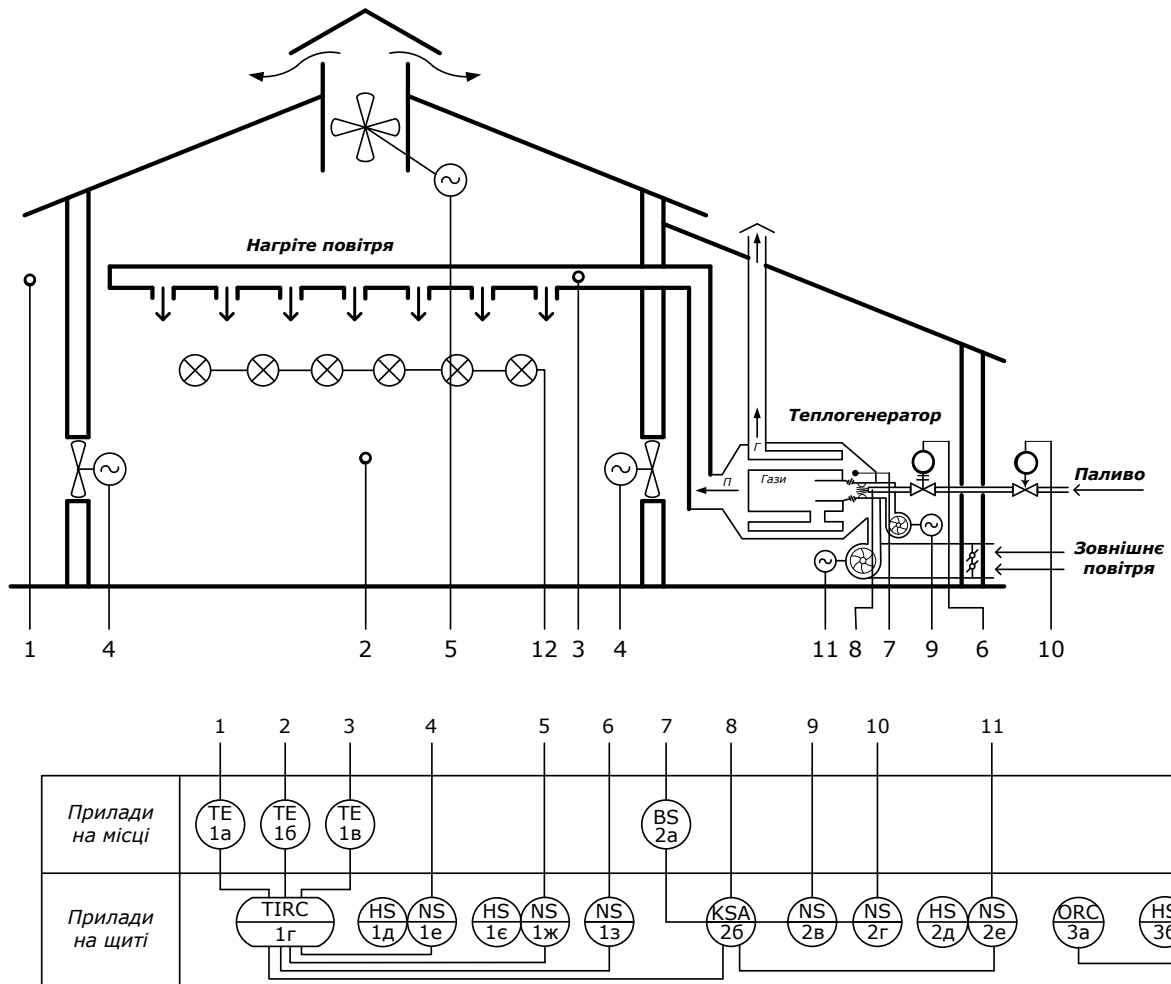


Рис. 1.3. Функціональна схема САК температури повітря в пташнику: TE – переведення електричної велечини в значення температури; TIRC – індикація (виведення) і реєстрація значень температури; HS – виконання керуючої дії.

Побудуємо структурно-функціональну схему, яка відображає систему автоматичного регулювання у вигляді окремих складових частин, розподілених за їх функціональним призначенням. Таким чином, структурно-функціональна схема системи автоматичного керування температурою в пташнику, як об'єкт регулювання, матиме вигляд, зображений на рис. 1.4.

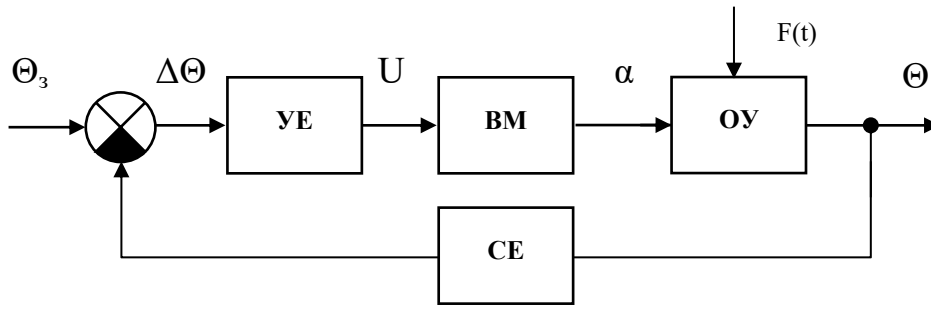


Рис. 1.4. Структурно -функціональна схема САК: СЕ – сприймаючий елемент (первинний вимірювальний перетворювач); УЕ – управляючий елемент (регулятор); ВМ – виконавчий механізм; ОУ – об'єкт управління.

РОЗДІЛ II. ПОБУДОВА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1 Розробка математичної моделі технологічного процесу

Розробці системи автоматичного керування (САК) має передувати ретельне вивчення динаміки основних характеристик об'єкта управління. Лише на основі глибоких знань і властивостей об'єкта можна створити САК, яка повною мірою відповідатиме поставленим цілям і завданням автоматичного керування.

Пташник є об'єктом управління (ОУ), що характеризується великою кількістю вхідних і вихідних параметрів. На кількісні та якісні показники вирощування птиці впливають такі фактори, як температура навколишнього середовища, вологість і газовий склад повітря, якість та кількість кормів, технологія утримання, світлові режими тощо.

Для розрахунку передаточної функції розглянемо приклад цегляного пташника розміром $72 \times 18 \times 3,1$ м, розрахованого на 30 тисяч курчат-бройлерів.

Пташник оснащений чотирма витяжними осьовими вентиляторами з тиристорним управлінням, загальна продуктивність яких коливається від 51 000 до 228 000 м³/год, двома теплогенераторними установками з максимальною тепловою потужністю кожної 454 200 кДж/год та подачею повітря 14 000 м³/год.

Динамічні характеристики технічного об'єкта, а саме пташника, визначаються на основі рівнянь теплового балансу, до яких включаються такі складові:

$$Q_{пт} = Q_{нагр} + Q_{огор} + Q_{вент} + Q_{тв} + Q_{сон.рад} + Q_{осв} + Q_{вип} , \quad (2.1)$$

де

$Q_{пт}$ – кількість теплоти, яка йде на зміну температури в пташнику;

$Q_{нагр}$ – кількість теплоти, яка приходиться від нагрівних пристроїв;

$Q_{\text{огор}}$ – кількість теплоти, яка втрачається через зовнішні огорожень;
 $Q_{\text{вент}}$ – кількість теплоти, яка надходить від повітрообміну;
 $Q_{\text{ТВ}}$ – кількість теплоти, яка виділяється біологічним об'єктом;
 $Q_{\text{сон,рад}}$ – кількість теплоти, яка надходить від сонячної радіації;
 $Q_{\text{осв}}$ – кількість теплоти, яка виділяється при освітленні;
 $Q_{\text{вип}}$ – кількість теплоти, яка втрачається на випаровування вологи з відкритих поверхонь.

Розглянемо рівняння для кожної складової окремо:

$$Q_{\text{нагр}} = c \cdot m \cdot (Q_{\text{н}} - Q) ; \quad (2.2)$$

c - теплоємність повітря, 1,014 кДж/кг °С;

m - маса повітря нагрівача, кг;

$(Q_{\text{н}} - Q)$ – різниця температур, °С.

$$Q_{\text{огор}} = k \cdot F \cdot (Q - Q_{\text{зовн}}) ; \quad (2.3)$$

k – теплоємність огорожі, кДж/м² °С;

F – площа огорожі, м²;

$(Q - Q_{\text{зовн}})$ - різниця температур, °С.

$$Q_{\text{вент}} = c \cdot m ; \quad (2.4)$$

c - теплоємність, 1,011 кДж·кг·°С;

m - маса повітря вентилятора, кг;

Ця величина залежить від кількості і продуктивності вентилятора.

$$Q_{\text{ТВ}} = n \cdot q_{\text{б.о}} \cdot k ; \quad (2.5)$$

n – кількість птиці, кг;

$q_{б.о}$ - кількість теплоти, яка виділяється 1 кг птиці, кДж/кг;

K - змінність тепловиділення (≈ 1);

$$Q_{сон,рад} = K_{скл} \cdot q_{скл} \cdot F_{скл} \cdot k_1 \cdot F_{пов} / R_o \cdot (\Delta Q_1 + \Delta Q_2); \quad (2.6)$$

$K_{скл}$ – коефіцієнт теплопровідності скла;

$q_{скл}$ – кількість тепла, що проходить через 1 м² скла, кДж/м²;

$F_{скл}$ – площа скла, м²;

k_1 – поправочний коефіцієнт для виду перекриття (без горища=1, з горищем=0,5);

$F_{пов}$ - площа горизонтальної поверхні перекриття, м²;

R_o - термічний опір теплопередачі, (м²·год·°C)/ кДж;

ΔQ_1 – еквівалентна різниця температур для даної місцевості (для Києва 2°C);

ΔQ_2 - еквівалентна різниця температур, яка залежить від конструкції і кольору (темне скло-26, сіре-23, біле-), °C;

$$Q_{осв} = q_1 \cdot F_{підл}; \quad (2.7)$$

q_1 – питома теплота на 1 м² площі;

$F_{підл}$ – площа підлоги, м²;

$$Q_{вип} = r \cdot W_{тв}; \quad (2.8)$$

r – тепловий коефіцієнт, 2,45 кДж/год;

$W_{тв}$ – кількість вологи, що випаровується тваринами.

Враховуючи наведені рівняння (2.2)-(2.8) рівняння (2.1) можна записати у вигляді:

$$c \cdot m \frac{d\theta(t)}{dt} = c \cdot \Delta m (\theta_{зов} - \theta(t)) + k \cdot F (\theta_{зов} (1 - e^{-\mu^2 F_0} - \theta(t))) + n \cdot q_{б.о} \cdot K + k_1 \cdot k \cdot F (\Delta \theta_1 + \Delta \theta_2) + q_{скл} \cdot F - r \cdot W_{тв};$$

або

$$\frac{c \cdot m}{c \cdot \Delta m + k \cdot F} \cdot \frac{d\theta(t)}{dt} + \theta(t) = \theta_{306} + \frac{k \cdot F}{c \cdot \Delta m + k \cdot F} \theta_{306} \cdot e^{-\mu^2 F_0} + \frac{\theta_{306}}{c \cdot \Delta m + k \cdot F} \quad (2.9)$$

В операційній формі рівняння (2.9) буде записано у вигляді

$$\left(\frac{c \cdot m}{c \cdot \Delta m + k \cdot F} \cdot p + 1 \right) \cdot \theta(t) = \left(1 + \frac{k \cdot F}{c \cdot \Delta m + k \cdot F} \cdot e^{-\mu^2 F_0} + \frac{1}{c \cdot \Delta m + k \cdot F} \right) \cdot \theta_{306}$$

або

$$(T_0 \cdot p + 1) \cdot \theta(t) = K_0 \cdot \theta_{306}$$

тобто

$$\theta(t) = \frac{K_0}{T_0 \cdot p + 1} \cdot \theta_{306} \quad (2.10)$$

Разом з диференціальним рівнянням об'єкта (2.10) запишемо передаточну функцію, яка визначає зв'язок між вхідними і вихідними параметрами, при невстановленому режимі роботи

$$W(p) = \frac{K_0}{T_0 \cdot p + 1} \quad (2.11)$$

Як відомо K_0 - коефіцієнт посилення; T_0 - стала часу ланки

З літературних джерел для такої передаточної функції відповідна перехідна функція буде така:

$$W(s) = \frac{K_0}{T_0 \cdot s + 1} e^{s \cdot \tau_0} \quad (2.12)$$

2.2. Розробка та дослідження контура керування по каналу температура повітря

Для подальшого дослідження об'єкта автоматизації необхідно визначити його передаточну функцію. З цією метою розглянемо розгінну характеристику пташника з напільним утриманням курей-несучок. Для технологічного процесу підтримки параметрів мікроклімату по каналу керування «температура – потужність калориферної установки» (зимовий та перехідний періоди) у пакеті прикладних математичних програм MATLAB створимо модель об'єкта керування.

Для вивчення перехідних характеристик на вхід об'єкта подамо відповідний сигнал.

Для оцінки характеристик пташника як об'єкта регулювання температури використано його розгінну характеристику, яка представляє собою залежність температури повітря (T_B) від часу при ступінчастій зміні управляючої дії акр.

Графік перехідного процесу об'єкта керування наведено на рисунку 2.1.

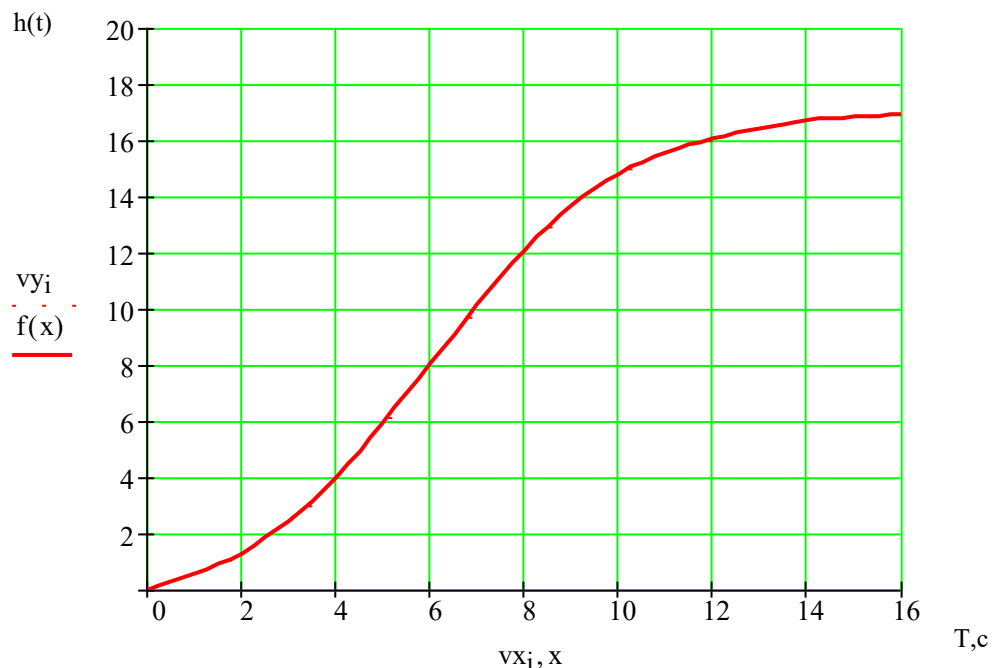


Рис. 2.1. Розгінна характеристика об'єкта керування

2.3. Побудова передатної функції об'єкта автоматизації

Для оцінки характеристик пташника як об'єкта регулювання використаємо розгінні характеристики параметрів (рис. 3.2), які відображають

залежність температури повітря (при калориферному опаленні) від часу t при ступінчастій зміні управляючої дії.

Для визначення передаточних функцій теплиці нормуємо розгінні характеристики. Координати нормованої розгінної характеристики розраховуються за формулою:

$$h(t_i) = \frac{\theta_B(t_i) - \theta_B(0)}{\theta_B(t_{\max}) - \theta_B(0)} \quad (2.13)$$

де $\Theta_B(t_i)$ – проміжне значення параметра в i -й момент часу t_i ;

$\Theta_B(0)$ – початкове значення параметра в 0-й момент часу;

$\Theta_B(t_{\max})$ – кінцеве значення параметра в новому усталеному режимі;

$h(t_i)$ – значення нормованої кривої розгону в i -й момент часу.

Використовуючи рекомендовані дані в літературі, визначаємо постійну часу об'єкту $T_{об}$ і час чистого запізнення.

Нормована характеристика представлена на рис. 2.2.

Для статичних об'єктів передаточна функція, отримана по кривій розгону матиме структуру:

$$W_o(p) := \frac{K_o}{T_o \cdot p + 1} \cdot e^{-\tau_o p} \quad (2.14)$$

де p – оператор Лапласа.

За допомогою розгінної характеристики знайдемо час чистого запізнення ($\tau_o=133$ с), постійну часу ($T_o=489$ с), коефіцієнт передачі $K_o=0,33$.

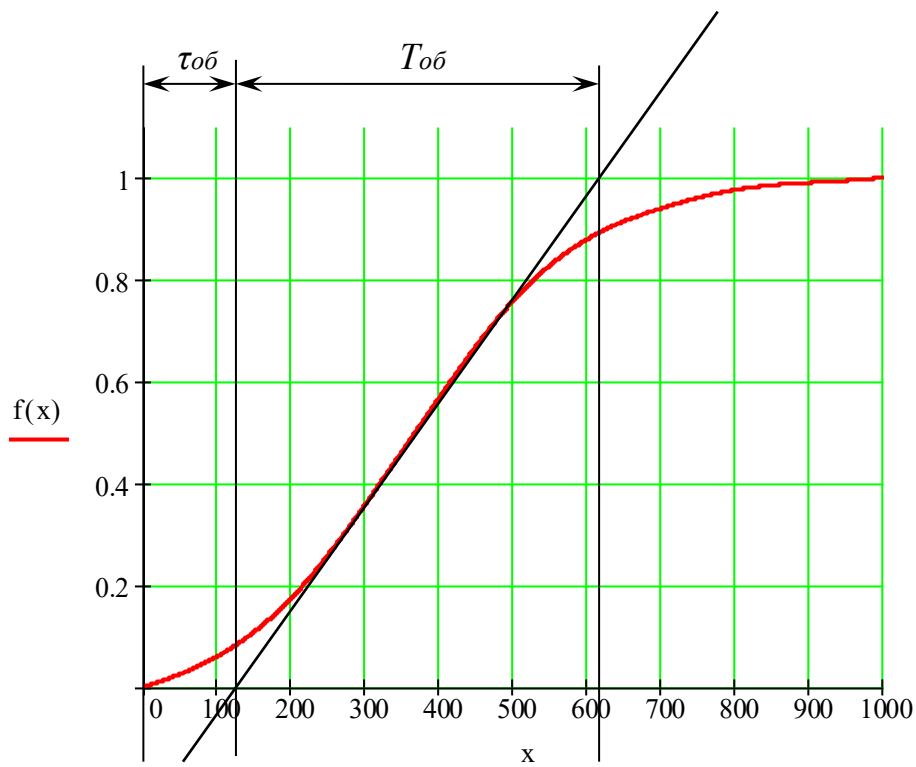


Рис. 2.2 Нормована характеристика об'єкту управління

Коефіцієнт підсилення об'єкта $K_{об}$ визначаємо по формулі :

$$K_{об} = \frac{\Delta T_B}{\Delta \varphi_{кр}} \quad (2.15)$$

$$\text{де } \Delta T_B = T_B(t_{\max}) - T_B(0) = -12 = 5^\circ\text{C (темп.)} \quad (2.16)$$

$$\Delta \varphi_{кр1} - \Delta \varphi_{кр2} = 30^\circ - 15^\circ = 15^\circ \quad (2.17)$$

Тоді: $K_{об} = 5^\circ / 15^\circ = 0.33$ (град. тепла) / (град. кут)

В цьому випадку передатну функцію пташника як об'єкта керування температури повітря можна апроксимувати інерційною ланкою з запізненням, яка буде мати вигляд :

$$W_{об}(p) = \frac{K_{об} \cdot e^{-p \cdot \tau_{об}}}{T_{об} \cdot p + 1} = \frac{0,33 \cdot e^{-133 \cdot p}}{489 \cdot p + 1} .$$

2.4. Вибір закону керування

Вибір закону регулювання визначається динамічними властивостями об'єкта та показниками якості регулювання, які мають відповідати технологічним вимогам.

Тип дії регулятора обирають на основі співвідношення часу запізнення до постійної часу об'єкта керування (див. таблицю 2.1).

Таблиця 2.1. - Величина відношення часу запізнення до постійної часу об'єкта керування.

τ_o/T_o	Закон керування
менше 0,2	позиційний
від 0,2 до 1,0	безперервний
більше 1,0	імпульсний

Виходячи з цього співвідношення $\tau_o/T_o = 133/489 = 0.27$, слід обирати позиційний закон керування, проте для досягнення вищої якості перевага віддається безперервному закону регулювання.

Для зручності розрахунків перехідні процеси поділяють на три групи, що відповідають типовим процесам регулювання: аперіодичний, процес із 20% перерегулюванням та процес із мінімальним інтегральним критерієм якості.

Аперіодичний процес застосовують, коли перерегулювання неприпустиме, потрібен мінімальний час регулювання, але допускається більша величина динамічного відхилення.

Процес із 20% перерегулюванням вибирають у випадках, коли допустиме перерегулювання, але при цьому обмежені динамічне відхилення та час першого півперіоду.

Процес із мінімальним інтегральним критерієм характеризується більшим перерегулюванням (40–45%) та тривалішим часом регулювання, але найменшим динамічним відхиленням.

При визначенні закону регулювання перевага надається найбільш якісному безперервному керуванню. Обираємо ПІ-закон регулювання та процес із 20% перерегулюванням, оскільки пропорційно-інтегральний регулятор забезпечує високу точність регулювання при значних плавних змінах навантаження.

РОЗДІЛ III. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРОЮ ПОВІТРЯ В ПТАШНИКУ

3.1. Вибір сприймаючого елемента

До датчиків системи автоматичного керування (САК) зазвичай висувають такі вимоги: лінійність та однозначність статичної характеристики (допустима нелінійність не повинна перевищувати 0,1–0,3 %); висока чутливість і роздільна здатність; стабільність характеристик; швидкодія; стійкість до хімічного впливу керованого середовища та навколишнього оточення (первинні перетворювачі розміщують у захисній оболонці); висока перевантажувальна здатність; взаємозамінність однотипних пристроїв; мінімальний вплив на керований параметр; легкість монтажу обладнання.

Зазвичай вибір датчика здійснюють у два етапи. Спочатку за видом керованого параметра та умовами роботи визначають тип датчика, а потім, обираючи всі елементи САК, за каталогом підбирають його типорозмір. При цьому рекомендується, щоб вимірювана величина знаходилася у межах діапазону вимірювання датчика.

Інерційність датчика має бути в 10–100 разів меншою за інерційність об'єкта регулювання.

Для пташника з напільним утриманням курей-несучок, де керованим параметром є температура повітря, підбирають первинний перетворювач, якщо відомо, що температура може коливатися від $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Обирають датчик температури у вигляді термометра опору, який відповідає всім зазначеним вимогам і здатний вимірювати температуру в діапазоні від $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $85\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$$\frac{T_d}{T_o} = \frac{40}{489} = 0.08 < 0.1 \quad (3.1)$$

Отже, датчик можна вважати практично безінерційним, його швидкодія відповідає вимогам об'єкта управління. Температура в об'єкті змінюється в межах діапазону, на який розрахований датчик.

В якості остаточного вибору обираємо первинний вимірювальний перетворювач MS5611, який відповідає зазначеним вимогам і має градування 70.

MS5611 — це датчик атмосферного тиску з інтерфейсами I2C та SPI. Він побудований на основі чіпа MS5611, працює від напруги живлення 3–5 В і оснащений вбудованим 24-бітним АЦП. Управління можливе як через шини I2C, так і через SPI.

Також використовуємо модуль датчика вологості і температури DHT11 (рис. 3.9). DHT11 — цифровий датчик температури і вологості, який забезпечує калібрований цифровий сигнал на виході. Він складається з ємнісного датчика вологості та термістора, а також містить вбудований АЦП для перетворення аналогових сигналів у цифрові. При підключенні до мікроконтролера між контактами Vcc і Data рекомендується встановити підтягаючий резистор номіналом 10 кОм. Плати Arduino мають вбудовані pull-up резистори, але їх опір досить великий — близько 100 кОм.



Рис. 3.9. Модуль DHT11

Характеристики:

- Визначення вологості 20-95% з 5% точністю;

- Визначення температури 0-50 град. з точністю 2 град.;
- Частота опитування не більше 1 Гц (не більше одного разу в 1 сек.);
- Розміри 15.5мм x 12мм x 5.5мм;
- 4 виведення з відстанню між ніжками 0.1 ";
- Живлення 3.5-5.5V.

Визначимо чутливість датчика K_d , Ом/°C:

$$K_d = \frac{dR_t}{dt} = \alpha \cdot R_0, \quad (3.2)$$

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

$R_0 = 23$, Ом значення опору при $t = 0, ^\circ\text{C}$.

$$K_d = 4.26 \cdot 10^{-3} \cdot 70 = 0.298, \text{ Ом}/^\circ\text{C}$$

Передаточна функція датчика має вигляд:

$$W_d(p) = K_d = 0.298 \quad (3.3)$$

3.2. Вибір виконавчого механізму

Виконавчий механізм, що безпосередньо пов'язаний із регулюючими органами, переміщує їх відповідно до сигналу, отриманого від пристрою, який формує закон регулювання.

Для підтримки необхідної температури повітря в пташнику взимку важливо забезпечити його нагрівання за допомогою різних джерел тепла — як конвективних, так і променевих. Як уже зазначалось, для підігріву повітря в пташнику можуть використовуватись теплогенератори з будь-яким теплоносієм (водою, парою) або електричні опалювально-рециркуляційні агрегати.

З точки зору динамічних характеристик, теплогенератори є інерційними елементами, передаточна функція яких має наступний вигляд:

$$W(S) = \frac{k}{T \cdot s + 1}, \quad (3.4)$$

Де $k = 1,8 \text{ } ^\circ\text{C/кВт}$ - коефіцієнт передачі;

$T = 15 \text{ с}$ - стала часу теплогенератора.

Отже, згідно (4.9) передаточна функція виконавчого механізму матиме вигляд:

$$W_{BM}(s) = \frac{1,8}{15 \cdot p + 1}.$$

3.3. Вибір регулятора

Для регулювання температури повітря у приміщенні промислового пташника обираємо мікроконтролер Arduino. Зовнішній вигляд пристрою наведений на рис. 3.7.

Плата Arduino Mega Rev3 (рис. 3.1) займає проміжне місце між Arduino Uno та Arduino Due.

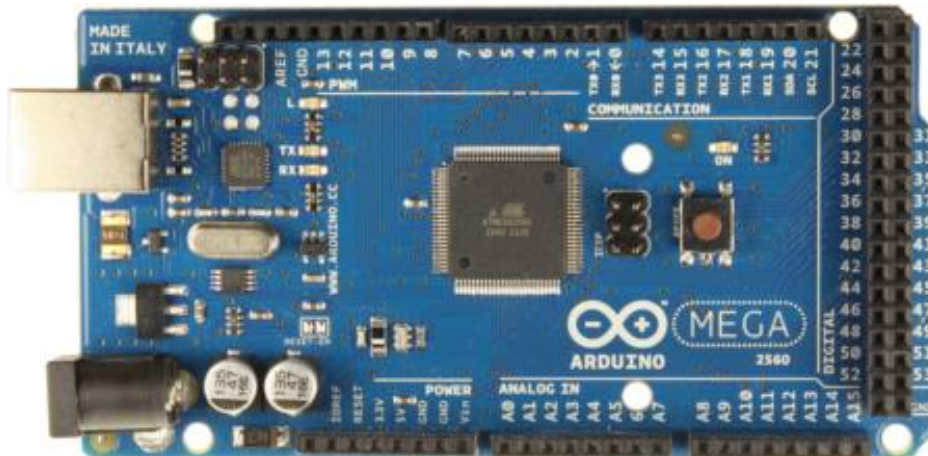


Рис. 3.1. Плата Arduino Mega

Контролер Arduino Mega Rev3 оснащений 54 цифровими входами/виходами, з яких 15 можуть функціонувати як PWM-виходи, а також 16 аналоговими входами. Він має роз'єми для підключення USB і живлення,

інтерфейс для внутрішнього програмування мікроконтролера ICSP і кнопку скидання.

Мікроконтролер ATmega2560 працює на частоті 20 МГц.

Для запуску пристрій потрібно підключити до комп'ютера через USB-кабель або забезпечити живлення через відповідний роз'єм.

Характеристики:

- Мікроконтролер: ATmega2560;
- Робоча напруга: 5V;
- Вхідна напруга: (рекомендується) 7-12V;
- Вхідна напруга: (межі) 6-20V;
- Цифрові входи/виходи: 54 (15 з яких забезпечить вихід PWM);
- Аналогові входи: 16;
- Постійний струм в лінії входів / виходів: 40 мА;
- Постійний струм на 3,3V Pin: 50 мА;
- Флеш-пам'ять: 32 Кб (ATmega328), з яких 0,5 Кб використовуються загрузчиком;
- SRAM 2 Кб (ATmega328);
- EEPROM 1 Кб (ATmega328);
- Тактова частота 20 МГц.

Живлення. Arduino MEGA2560 може отримувати живлення як через USB, так і від зовнішнього джерела, вибір якого здійснюється автоматично. Зовнішнє живлення (окрім USB) може подаватися через AC/DC перетворювач (блок живлення) або акумуляторну батарею. Перетворювач підключається через роз'єм 2.1 мм із центральним позитивним контактом. Проводи від батареї підключаються до контактів GND і VIN на роз'ємі живлення. Плата може працювати при напрузі від 6 до 20 В. Якщо живлення нижче 7 В, вихід 5 В може бути менш ніж 5 В, що може спричинити нестабільну роботу платформи. При напрузі понад 12 В регулятор може перегріватися та пошкодити плату. Оптимальний діапазон — від 7 до 12 В.

Виходи живлення:

VIN — вхід для живлення від зовнішнього джерела (коли відсутнє 5 В живлення з USB або іншого регульованого джерела). Через цей контакт подається напруга живлення.

5V — регульоване джерело напруги для живлення мікроконтролера та компонентів плати. Живлення може надходити через VIN із регулятора, USB або інше стабілізоване джерело 5 В.

3V3 — напруга 3,3 В генерується вбудованим регулятором, максимальне навантаження — 50 мА.

GND — контакти заземлення.

Пам'ять. Мікроконтролер ATmega2560 має 256 кБ флеш-пам'яті, з яких 8 кБ відведено під завантажувач, а також 8 кБ оперативної пам'яті (SRAM) і 4 кБ EEPROM, яка доступна для читання і запису через бібліотеку EEPROM.

Входи та виходи. Arduino Mega має 54 цифрові контакти (рис. 3.2), які можна налаштувати як входи або виходи за допомогою функцій `pinMode()`, `digitalWrite()` і `digitalRead()`. Виходи працюють при напрузі 5 В. Кожен контакт оснащений навантажувальним резистором (за замовчуванням відключеним) опором 20–50 кОм і може пропускати струм до 40 мА. Деякі з них мають спеціальні функції:

Послідовна шина: контакти 0 (RX) і 1 (TX) використовуються для прийому (RX) і передачі (TX) TTL-даних. Вони підключені до відповідних виводів мікросхеми USB ATmega32U4-к-TTL.

Зовнішні переривання: контакти 2 і 3 можуть викликати переривання на спадаючому або зростаючому фронті, за зміненням сигналу або на рівні низького сигналу.

PWM: контакти 2–13 і 44–46 підтримують широтно-імпульсну модуляцію з роздільною здатністю 8 біт через функцію `analogWrite()`.

ARDUINO MEGA PINOUT DIAGRAM

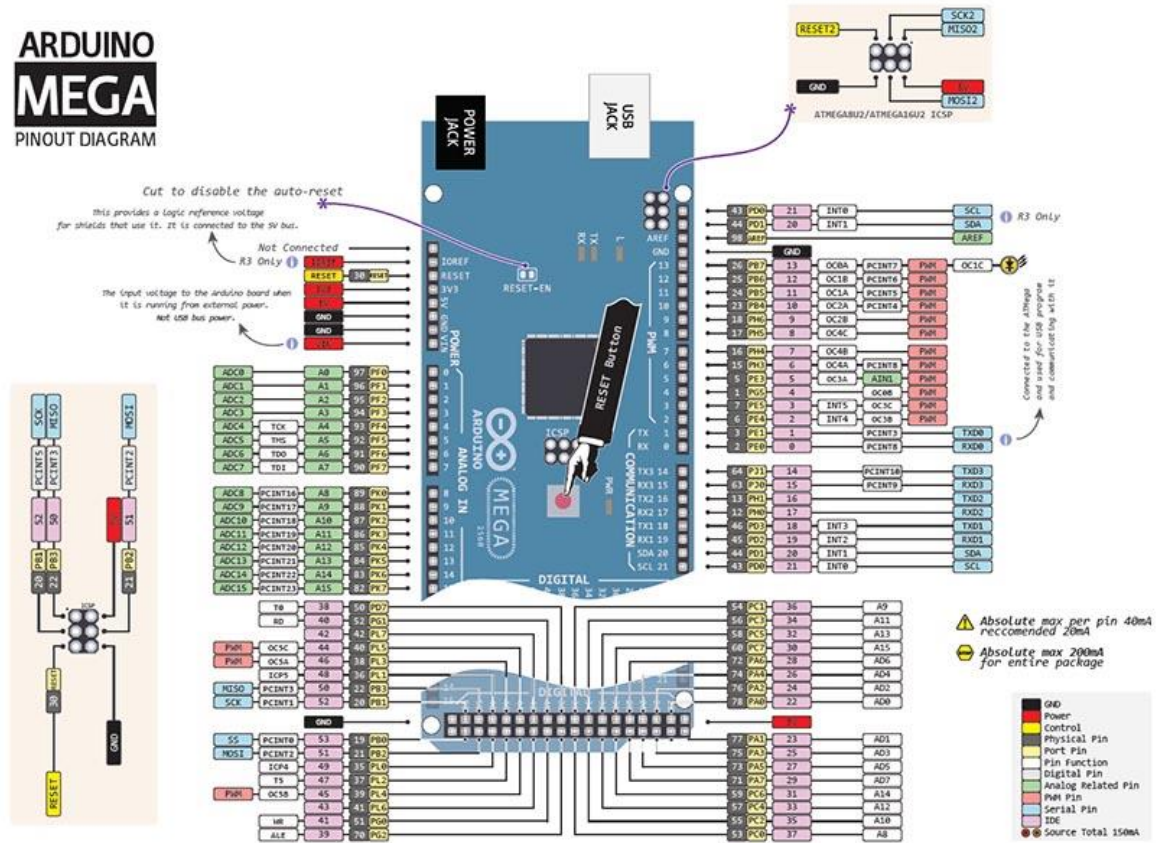


Рис. 3.2. Розпіновка плати Arduino

SPI: контакти 53 (SS), 51 (MOSI), 50 (MISO) і 52 (SCK) використовуються для SPI-зв'язку за допомогою бібліотеки SPI.

LED: контакт 13 має вбудований світлодіод, який світиться при високому рівні сигналу.

На платі Mega2560 є 6 аналогових входів (A0–A5) з роздільною здатністю 10 біт (1 024 рівні). Зазвичай вони вимірюють напругу до 5 В відносно землі, але верхню межу можна змінити за допомогою контакту AREF і функції `analogReference()`.

Додаткові функції аналогових входів:

I2C: контакти 20 (SDA) і 21 (SCL) використовуються для I2C (TWI) зв'язку через бібліотеку Wire.

AREF: контакт опорної напруги для аналогових входів, який застосовується з функцією `analogReference()`.

Скидання (Reset): низький рівень на цьому контакті перезавантажує мікроконтролер. Зазвичай використовується для підключення кнопки скидання на зовнішній платі розширення, що дозволяє уникнути доступу до кнопки безпосередньо на платі Arduino.

Зв'язок. Платформа Arduino Mega оснащена кількома інтерфейсами для обміну даними з комп'ютером, іншими пристроями Arduino або мікроконтролерами. Мікроконтролер ATmega2560 підтримує послідовний інтерфейс UART TTL (5 В), який реалізується через контакти 0 (RX) і 1 (TX). Мікросхема ATmega32U4 на платі забезпечує трансляцію цього інтерфейсу в USB, завдяки чому програми на комп'ютері працюють з платою через віртуальний COM-порт [6]. Прошивка ATmega16U4 використовує стандартні USB-драйвери, сторонні драйвери не потрібні, проте для Windows необхідний файл ArduinoMega2560.inf. Монітор послідовного порту (Serial Monitor) у програмному середовищі Arduino дозволяє надсилати й отримувати текстові дані при підключенні до плати. Світлодіоди RX і TX на платі мигатимуть під час передачі даних через мікросхему FTDI або USB, але не при передачі через контакти 0 і 1.

За допомогою бібліотеки SoftwareSerial можна створити послідовний зв'язок на будь-яких цифрових контактах Mega2560.

ATmega2560 також підтримує інтерфейси I2C (TWI) та SPI. Для роботи з I2C у Arduino передбачена бібліотека Wire.

Струмовий захист USB-порту. В Arduino Mega вбудований самовідновлюваний запобіжник, який захищає USB-порт комп'ютера від короткого замикання та перевищення струму. Хоча більшість комп'ютерів мають власний захист, цей запобіжник додає додатковий рівень безпеки. Він спрацьовує, коли струм перевищує 500 мА, розмикаючи ланцюг до відновлення нормального струму.

Фізичні розміри. Розміри друкованої плати Mega становлять 10,2 см у довжину та 5,4 см у ширину, хоча роз'єми USB і живлення виступають за межі цих розмірів. Чотири отвори дозволяють надійно закріпити плату на поверхні.

Відстань між контактами 7 і 8 дорівнює 0,4 см, у той час як між іншими контактами вона становить 0,25 см.

Розрахунок параметрів налаштування регулятора. Вибраний закон регулювання та сам регулятор повинні забезпечувати один із типових перехідних процесів. Однак залежно від параметрів налаштування регулятора відхилення від заданих установок (визначених технологічними нормами) може варіюватись. Тому необхідно розрахувати відповідні параметри регулятора.

На практиці оптимальні налаштування знаходять за таблицями. Проте слід враховувати, що параметри об'єкта визначаються за нормованими кривими розгону графічним методом, незалежно від того, на якій відстані від осі абсцис знаходиться точка перегину. З цього випливає, що даний метод є наближеним.

Отже, оптимальні параметри налаштування регулятора знайдемо табличним методом, виходячи з заданого запасу стійкості по амплітуді.

Передатна функція РІ-регулятора має вигляд:

$$W_{reg}(p) = K_r \left(1 + \frac{1}{T_{iz} \cdot p} \right), \quad (3.5)$$

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

$$K_r = \frac{0.7}{K_o \cdot \tau_o / T_o} = \frac{0.7}{0.33 \cdot 133 / 489} = 7.8; \quad (3.6)$$

$$T_{IZ} = 0.7 \cdot T_o = 0.7 \cdot 489 = 342.3, \text{ с.}$$

Передаточна функція ПІ-регулятора має вигляд:

$$W_{REG}(p) = 7.8 \cdot \left(1 + \frac{1}{342.3 \cdot p} \right).$$

РОЗДІЛ IV. АНАЛІЗ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

4.1. Дослідження САК на стійкість

Розглянемо структурно-алгоритмічну схему САК температури повітря в пташнику, яка має наступний вигляд рис. 4.1.

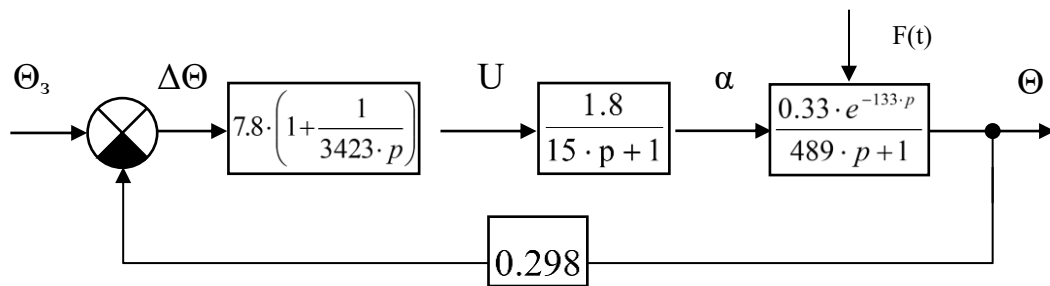


Рис. 4.1. Структурно-алгоритмічна схема САК

При проектуванні систем автоматичного керування (САК) необхідно забезпечити їхню стійкість із певним запасом, щоб зміни параметрів системи під час її роботи не призводили до нестабільності. Система має мати визначений запас стійкості, який характеризується відстанню параметрів системи від межі стійкості.

Визначити положення системи на межі стійкості можна за допомогою критеріїв стійкості.

Кількісну характеристику запасу стійкості як за амплітудою, так і за фазою розраховують методом Найквіста. Для цього знаходять передатну функцію розімкненої системи автоматичного керування (САК) і будують відповідну розімкнену характеристику системи.

Передатна функція розімкненої системи визначається за формулою послідовного з'єднання ланок. Передатна функція САК, що відповідає задачі курсової роботи та структурно-алгоритмічній схемі, обчислюється за формулою:

$$W_{ROZ}(p) = W_d(p) \cdot W_{REG}(p) \cdot W_{BM}(p) \cdot W_O(p); \quad (4.1)$$

$$W_{ROZ}(p) = \frac{0.33 \cdot e^{-133p}}{489p+1} \cdot 7.8 \cdot \left(1 + \frac{1}{342.3 \cdot p}\right) \cdot \frac{1.8}{15 \cdot p+1} \cdot 0.298;$$

Побудуємо амплітудно-фазову частотну характеристику розімкненої системи автоматичного керування (рис. 4.2). Відповідно до критерію Найквіста, замкнена система є стійкою, оскільки розімкнена система сама по собі стійка, а її АФЧХ не охоплює точку з координатами $(-1; j_0)$. Вісь дійсних чисел перетинає амплітудно-фазову характеристику розімкненої системи в точці $(-0,27; j_0)$.

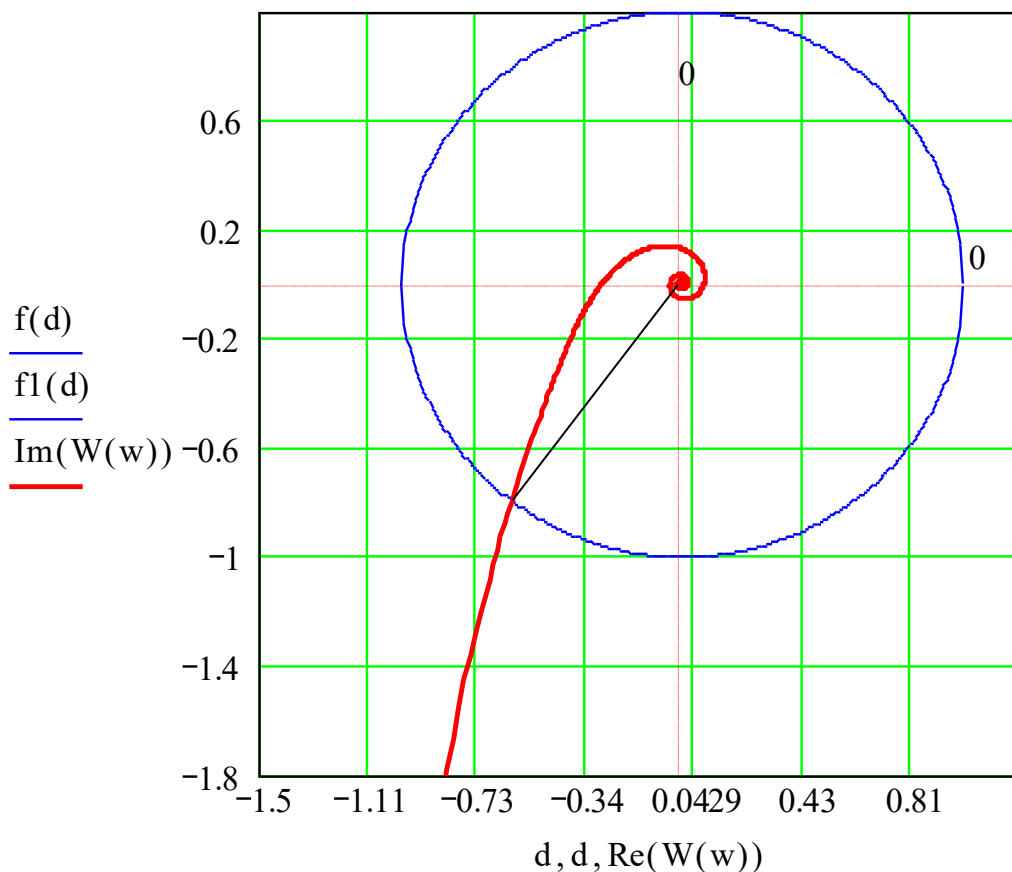


Рис. 4.2. Амплітудо-фазо частотна характеристика розімкненої САК

Визначаємо запаси стійкості. Амплітудний запас стійкості — це запас по коефіцієнту передачі K_{KP} розімкненої системи відносно її критичного значення.

Запас стійкості за модулем визначається на відомій частоті, де амплітудно-фазова характеристика розімкненої системи перетинає від'ємну дійсну вісь, що веде до точки з координатами $(-1; j0)$.

Запас стійкості за модулем у децибелах при $\omega_o = 0,0013$ становить:

$$\Delta L = \frac{1}{|W_{ROZ}(j \cdot \omega_o)|} = 11.37 \text{ дБ.} \quad (4.2)$$

Запас стійкості по фазі показує, на скільки має збільшитися фазове запізнення в системі на частоті зрізу при незмінному коефіцієнті передачі, щоб система опинилася на межі стійкості.

Запас стійкості по фазі визначається як кут між від'ємною дійсною віссю та прямою, проведеною від початку координат через точку перетину амплітудно-фазової характеристики з колом одиничного радіуса, центрованим у початку координат $\Delta \varphi = 57^\circ$..

Запаси стійкості по амплітуді та фазі відповідають вимогам системи:

$$\Delta L = 10 \dots 20 \text{ дБ,} \quad \Delta \varphi = 30 \dots 60^\circ$$

4.2 Визначення показників якості регулювання

До автоматичних систем регулювання висуваються вимоги не лише щодо їх стійкості. Для коректної роботи системи необхідно, щоб процес автоматичного регулювання забезпечував певні якісні характеристики. Вимоги до якості процесу регулювання можуть різнитися залежно від конкретної задачі, проте серед усіх параметрів можна виділити кілька основних, які досить повно характеризують якість майже будь-якої системи автоматичного регулювання (САР). Зазвичай якість регулювального процесу оцінюють за його перехідною характеристикою.

Основними показниками якості є час регулювання, перерегулювання, коливальність і встановлена похибка. Водночас варто враховувати, що в окремих випадках до якості регулювання можуть висуватися й інші вимоги, наприклад: максимальна швидкість зміни регульованої величини, основна частота її коливань тощо.

Час регулювання — це проміжок часу, протягом якого, починаючи з моменту прикладання збурення до системи, відхилення регульованої величини від її встановленого значення не перевищує заздалегідь визначеної межі. Зазвичай приймають, що час регулювання завершується, коли відхилення від встановленого значення стає менше 5 %. Таким чином, час регулювання визначає тривалість або швидкість перехідного процесу.

Перерегулювання — це максимальне відхилення регульованої величини від встановленого значення, виражене у відсотках від цього встановленого значення. Побудуємо перехідний процес замкнутої системи управління, який дорівнює:

$$W_{ZAM}(p) = \frac{W_{ROZ}(p)}{1 + W_{ROZ}(p)}, \quad (4.3)$$

Перехідний процес отримаємо за виразом:

$$h(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \left[\int_0^1 \operatorname{Re} [W_{ZAM}(w)] \cdot \frac{\sin(w \cdot t)}{w} dw \right] \quad (4.4)$$

На рис. 4.3. побудовано перехідний процес в середовищі Mathcad.

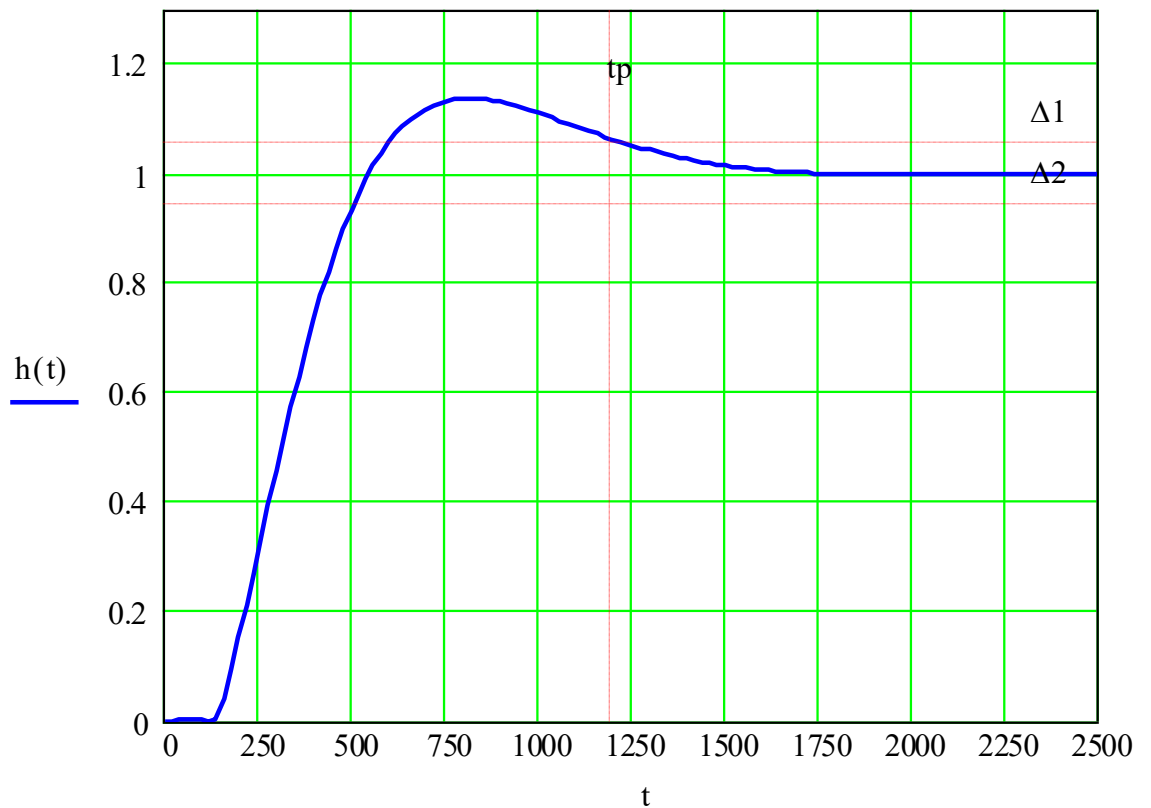


Рис. 3.6. Перехідний процес САК.

З побудованого графіка перехідного процесу в САК визначимо, що час регулювання даної системи $t_p = 1198$ с, кількість на півхвиль $n=1$.

Встановлена похибка дорівнює:

$$\Delta = y(\infty) \cdot 5\% = 1 \cdot 5\% = 0.05. \quad (4.5)$$

Пере регулювання не виходить за межі 20 %:

$$\sigma = \frac{y_{\max} - y(\infty)}{y(\infty)} \cdot 100\% = \frac{1.14 - 1}{1} \cdot 100\% = 13,42\%. \quad (4.6)$$

РОЗДІЛ V. СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

5.1. Вибір апаратів захисту та керування

Електричні апарати пуску, керування та захисту — це електротехнічні пристрої та механізми, призначені для вмикання і вимикання, забезпечення необхідного режиму роботи, а також захисту електроспоживачів і електричних кіл. Один апарат може виконувати одну або кілька із зазначених функцій.

Вибір електричних апаратів здійснюється з урахуванням типу струму, напруги, потужності, кількості полюсів, вимог до захисту від аварійних режимів роботи електроспоживачів і електричних кіл, а також залежно від умов експлуатації та навколишнього середовища.

Плавкі запобіжники є найбільш простими та економічними пристроями для захисту електричних мереж і електроустановок від коротких замикань і перевантажень по струму.

Для електричних мереж, які живлять електронагрівальні установки, номінальний струм плавких вставок визначають, виходячи з розрахункового струму з урахуванням коефіцієнта запасу, що становить 1,1–1,2.

$$I_{пл.вст.} \geq 1,1 \dots 1,2 \cdot I_n \quad (5.1)$$

Номінальний струм запобіжника для захисту групи двигунів має дорівнювати сумі номінальних струмів двигунів або перевищувати її. Струм плавкої вставки визначають за формулою:

$$I_{пл.вст.} = 1,1 \dots 1,2 \cdot \sum_{i=1}^{i=n-1} I_{ном. i} \quad (5.2)$$

Вибираємо запобіжники типу ПРС-25 (FU1, FU2) з вставками на струм 22 А та номінальним струмом 25 А, призначені для роботи в мережах змінного струму з напругою до 660 В.

Вибір електромагнітних пускачів.

Електромагнітні пускачі є основними пристроями автоматичного керування електроустановками, зокрема електродвигунами. Їх підбирають за

напругою живлячої мережі ($U_n > U_m$), за номінальним струмом ($I_{ном-п} \geq I_{ном.дв.}$), за струмом неспрацювання теплового реле ($I_{неспр.} \geq I_{ном.дв.}$) з подальшим регулюванням струму неспрацювання на рівень $I_{ном.дв.}$, а також за номінальною напругою котушки в колі керування, конструкцією і виконанням.

Для захисту використовуємо електромагнітні пускачі ПМЛ-211104 (ТУ У 3.11-05814256-097-97) з номінальним струмом 22 А, двома нормально закритими і одним нормально відкритим допоміжними контактами, номінальною напругою котушки 230 В, номінальним струмом допоміжних контактів 22 А, кліматичним виконанням О4 (за ГОСТ 15150-69), нереверсивні, без теплового реле, зі ступенем захисту IP54.



Рис. 5.1. Зовнішній вигляд пускача

Вибір теплового реле.

Теплові реле призначені для захисту асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором від перевантажень недопустимої тривалості та струмів, які виникають при обриві однієї з фаз.

Теплові реле вибирають за умовами:

$$I_{н.дв} \leq I_{н.тр}, \quad (5.3)$$

де $I_{н.тр}$ - величина номінального струму реле, А; $I_{н.дв}$ - величина номінального струму двигуна, А;

$$1.2I_{\text{нтр}} \leq I_{\text{нтр}}, \quad (5.4)$$

де $I_{\text{нтр}}$ -величина сили струму не спрацювання, А.

Для силового кола управління для двигунів вибираємо теплові реле:

- для двигуна М1 беремо теплове реле типу РТЛ-1022-04, струм не спрацювання 18...25А, кліматичне виконання 04 та контактною групою 1р+1з(ГОСТ 15150-69);

- для двигуна М3 – РТЛ-1005-04, струм не спрацювання 0,61...1А, кліматичне виконання 04 та контактною групою 1р+1з(ГОСТ 15150-69);

для двигуна М4 РТЛ-1012-04, струм не спрацювання 0,61...1А, кліматичне виконання 04 та контактною групою 1р+1з(ГОСТ 15150-69).



Рис. 5.2. Зовнішній вигляд теплового реле

Вибір перемикачів.

Для подання живлення в колі управління вибираємо тумблера ППЦ-1 з номінальним струмом 22 А, номінальною напругою 360 В, металічним корпусом і важілем, кріплення дротів під гвинт.

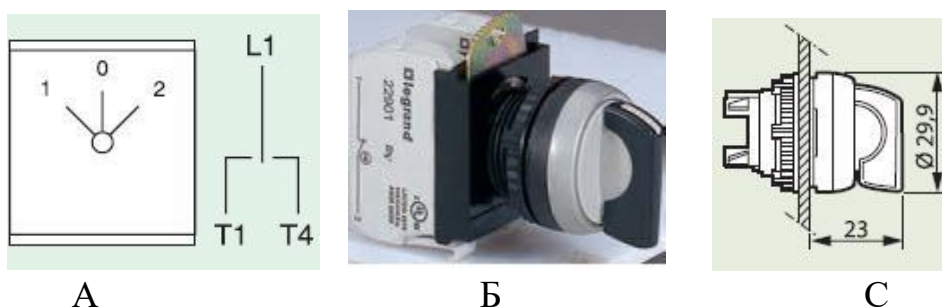


Рис. 5.3. Зовнішній вигляд перемикача (а-схема з'єднань контактів, б- перемикач, в-габаритні розміри)

Вибір трансформатора напруги.

Схемою автоматичного управління передбачено використання знижуючого трансформатора TV змінної напруги 360/12 В, та номінальним струмом 22 А, серії ЗНОМ – 110.



Рис. 5.4. Зовнішній вигляд трансформатора напруги

Вибір сигнальних ламп кола управління.

Для світлової сигналізації в колі управління вибираємо сигнальні лампи HL1, HL2 напругою живлення 220 В потужністю 100 Вт (ГОСТ 2239-70). Лампи серії БК-215-225-100.

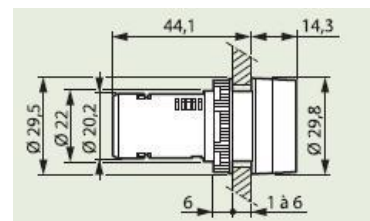


Рис. 5.5. Зовнішній вигляд сигнальних ламп та габаритних розмірів

Вибір автоматичних вимикача.

Автоматичні вимикачі в цьому випадку вибирають за таких умов:

- номінальна напруга автоматичного вимикача має відповідати напрузі електричної мережі:

$$U_{ав} \geq U_{м}; \quad (4.5)$$

- номінальний струм автоматичного вимикача має дорівнювати номінальному струму двигуна або трохи перевищувати його:

$$I_{ном.ав.} \geq I_{ном.ед.}; \quad (5.6)$$

- номінальний струм електромагнітних і теплових розчіплювачів має дорівнювати номінальному струму двигуна або трохи перевищувати його:

$$I_{ном.розч.} \geq I_{ном.ед.}; \quad (5.7)$$

- струм відсічки електромагнітного і теплового розчіплювача має становити:

$$I_{від.розч.} \geq 1.1...1.2 * I_{ед.};$$

Визначимо струм нагрівного елемента:

$$I_{ном.ед.1} = \frac{10^3 P_{ном.ед.}}{\sqrt{3} U_{ном.ед.} \cos \varphi_{ном}} = \frac{1000 * 11}{\sqrt{3} * 380 * 0.87} = 20A$$

$$I_{ном.ед.2} = \frac{10^3 P_{ном.ед.}}{\sqrt{3} U_{ном.ед.} \cos \varphi_{ном}} = \frac{1000 * 3}{\sqrt{3} * 380 * 0.73} = 1.5A$$

Струм кола управління має не перевищувати номінальний струм 20А.

Вибираємо автоматичні вимикачі ВА51-25-34-3ОУХЛЗ (ТУ 2000 АГИЕ.641.235.003.) з комбінованим (електромагнітним та тепловим) розчіплювачем, незалежними розчіплювачами (технічні характеристики наведені в таблиці 4.6.). Вимикач QS вибираємо серії ВПК 2112 БУХЛ2.



Рис. 5.6. Зовнішній вигляд автоматичного вимикача.

Таблиця 5.1. - Технічні характеристики автоматичного вимикача ВА51-25-84-3ОУХЛЗ.

Номінальна напруга $U_{ав}$, В	~360 50Гц -60/110
Номінальний струм $I_{ном.ав.}$, А	25
Номінальний струм відсічки розчіплювачів $I_{ном.розч.}$, А	6.3, 8
Найбільша вимикаюча здатність струмів короткого замикання, кА	3
Кількість полюсів	3
Захисна характеристика	Z (промислове виконання)
Категорія використання	A (за ГОСТ Р 50030,2)
Механічне виконання	M24 (за ГОСТ 516.1)
Кліматичне виконання	УХЛЗ (за ГОСТ 15150)
Ступінь захисту	IP30 (за ГОСТ 14254-96)

Вибір кнопок керування електродвигунами.

Кнопки керування серій КЕ та ПКЕ призначені для замикання електричних кіл керування з напругою змінного струму до 500 В та частотою 50 Гц.

Відповідно до принципової схеми, обираємо кнопки ПКЕ211УЗ: червону (SB1 – «Стоп») та чорну (SB2 – «Пуск»), з кліматичним виконанням УЗ (за

ГОСТ 15150-69) та ступенем захисту IP54 (за ГОСТ 15543.1-89). Ці кнопки мають циліндричний штовхач і пластикове фронтальне кільце. Номінальний струм становить 20 А. Вони розраховані на такі режими роботи: тривалий, переривчасто-тривалий, короткочасний та повторно-короткочасний.

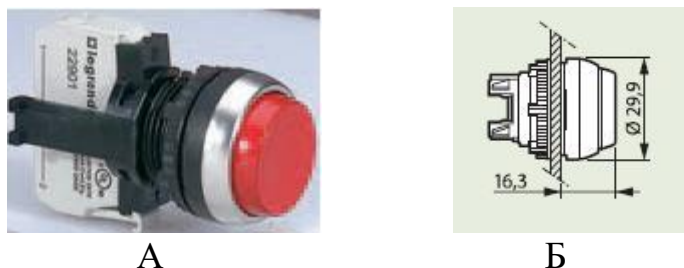


Рис. 5.7. Зовнішній вигляд кнопок керування (а-кнопка, б-габаритні розміри)

5.2. Вибір проводів керуючої мережі

Електропроводка — це сукупність проводів і кабелів разом із всіма необхідними кріпленнями та захисними конструкціями для їх підтримки. Для стаціонарних електропроводок зазвичай використовують проводи та кабелі з алюмінієвими жилами. Внутрішні проводи мають бути максимально короткими. Переріз струмопровідної жили проводу або кабелю визначають, виходячи з умов максимально допустимого нагріву та достатньої механічної міцності.

При розрахунку кількості проводів, що прокладаються в одній трубі, нульовий робочий провід трифазної чотирьопровідної системи не враховується.

Площа поперечного перерізу жил проводів підбирається відповідно до тривалого допустимого струму.

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

I_{POZ} - розрахунковий струм ділянки електричної мережі, А

Для відгалужень до окремих споживачів за максимальні тривалі робочі струми беруть їх номінальні струми, які визначають за формулою:

$$I_H = \frac{10^3 \cdot P_H}{\sqrt{3} U_H Z_H \cos \phi_H} \quad (5.8)$$

Знайдемо номінальний розрахунковий струм для розрахунку проводки:

$$I_H = \frac{10^3 \cdot 0.75}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.66 \cdot 0.83} = 2.07 \text{ А}$$

Вибираємо кабель АВРГ(4х2.5) з тривало допустимим струмом 19 А:

$$19 \text{ А} > 2.07 \text{ А}$$

Спосіб прокладання – у трубах.

Вибір проводів живлення електродвигунів.

Переріз струмопровідної жили проводу, шнура або кабелю визначають з урахуванням максимально допустимого нагріву та необхідної механічної міцності. При розрахунку кількості проводів, що прокладаються в одній трубі (або жил багатожильного провідника), нульовий робочий провід чотирипровідної трифазної системи (або заземлююча жила) не береться до уваги.

Площа поперечного перерізу жил проводів, шнурів і кабелів підбирається відповідно до тривалого допустимого струму.

$$I_{тр. доп.} \geq I_{роз.}, \quad (5.9)$$

де $I_{роз.}$ - розрахунковий струм ділянки електричної мережі, А.

Для відгалужень до окремих електроспоживачів за максимальні тривалі робочі струми беруть їх номінальні струми.

Для трифазного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором тривало допустимий струм визначається за формулою:

$$I_{НОМ} = \frac{10^3 P_{НОМ}}{\sqrt{3} U_{НОМ} \eta_{НОМ} \cos \varphi_{НОМ}}. \quad (5.10)$$

Для двигуна АИР132М4У3 отримаємо :

$$I_{НОМ} = \frac{10^3 P_{НОМ}}{\sqrt{3} U_{НОМ} \eta_{НОМ} \cos \varphi_{НОМ}} = \frac{1000 \cdot 11}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.875 \cdot 0.87} = 22 \text{ А.}$$

Для двигуна АИР71В4У3 отримаємо :

$$I_{НОМ} = \frac{10^3 P_{НОМ}}{\sqrt{3} U_{НОМ} \eta_{НОМ} \cos \varphi_{НОМ}} = \frac{1000 \cdot 0.75}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.73 \cdot 0.73} = 2.14 \text{ А}$$

Оскільки двигунів чотири, сумарний тривало допустимий струм становить 29,64 А. Через послідовне та нерівномірне вмикання і вимикання двигунів вибираємо кабель ВВГ4(1×4) (ГОСТ 16442-70) — кабель з мідними жилами, ізоляцією з полівінілхлориду та полівінілхлоридною оболонкою, з перерізом жил 4 мм², тривало допустимий струм якого дорівнює 16 А [1].

Для двигуна М1 також вибираємо кабель ВВГ4(1×4) (ГОСТ 16442-70) із такими ж характеристиками.

Для двигуна М2 застосовуємо кабель ВВГ4(1×2,5) (ГОСТ 16442-70) — з мідними жилами, полівінілхлоридною ізоляцією і оболонкою, перерізом жил 2,5 мм².



Рис. 5.8. Зовнішній вигляд проводу живлення електродвигунів.

Вибір проводу живлення кола керування.

Враховуючи, що номінальний струм живлення проміжних реле і магнітних пускачів кола керування не перевищує 5А, для живлення кола керування вибираємо провід ПВ3 1х0,5 (ГОСТ 6323-79) - провід з мідною жилою перерізом 0,5 мм² в полівінілхлоридній оболонці, тривало допустимий струм якого дорівнює 11 А[1].



Рис. 5.9. Зовнішній вигляд проводу живлення кола керування.

Вибір кабелю живлення шафи керування.

Тривало допустимий струм шафи керування визначаємо за виразом:

$$I_{\text{ш.тр.доп.}} = \sum I_{\text{тр.доп.}} = 20 + 29.64 = 49.64 \text{ A} \quad (5.11)$$

де $\sum I_{\text{тр.доп.}}$ – сума тривало допустимих струмів електродвигуна і кола керування.

Для живлення шафи керування обираємо кабель ВВГнг 5×6 мм² (ГОСТ 16442-70) — кабель з мідними жилами, ізоляцією та оболонкою з полівінілхлориду, з перерізом силових жил 6 мм², тривало допустимий струм яких становить 50 А.

Далі виконаємо розробку схем: принципової електричної, схеми з'єднань, схеми підключень, а також підберемо щит керування для обраних технічних засобів автоматизації.

Схеми, які використовуються в проєктах електрифікації та автоматизації сільського господарства, класифікують за видами та типами. Вид схеми визначається типом використовуваної енергії, а тип – основним призначенням схеми.

Схеми, що входять до складу проєктної документації, кодуються залежно від виду елементів і зв'язків, які вони містять, і поділяються на види, що позначаються літерами. Для цього застосовують великі літери російського алфавіту та цифри.

У роботі розглядаються лише електричні схеми, типи яких будуть детально проаналізовані далі. Всі схеми повинні бути відображені у пояснювальній записці.

5.3. Розробка схем електричних

Принципові електричні схеми — це проектний документ, який містить повний перелік електричних елементів, їхніх взаємозв'язків та надає детальне уявлення про принципи роботи схеми.

При складанні принципів електричних схем необхідно дотримуватися відповідних нормативних документів.

Зазвичай принципів електричних схем включають:

- умовні позначення елементів та їхніх з'єднань;
- пояснювальні написи;
- частини окремих елементів цієї схеми, які застосовуються в інших схемах, а також елементи з інших схем;
- діаграми перемикачів контактів багатопозиційних пристроїв;
- перелік пристроїв, засобів автоматизації та апаратури, що використовуються у схемі;
- перелік креслень, що стосуються даної схеми, а також загальні пояснення й примітки.

Для зображення принципів електричних схем застосовують умовні графічні символи та літерно-цифрові (позиційні) позначення. Літерно-цифрові позначення, які доповнюють графічні символи, також називають позиційними. Приклад електричної принципів схеми наведено на рис. 5.10.

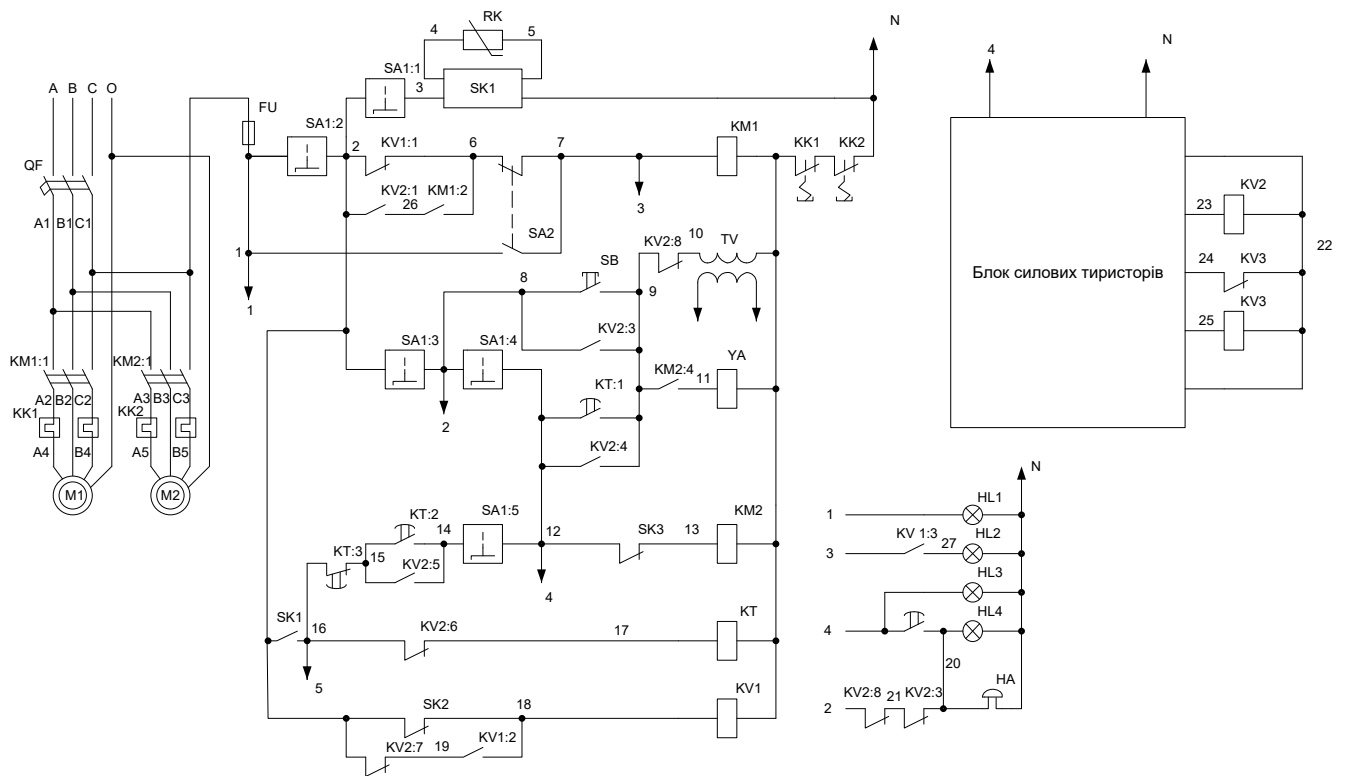


Рис. 5.10. Схема електрична принципова.

Схеми з'єднань — це схеми, які ілюструють з'єднання окремих частин установки або виробу. Вони створюються на основі принципових схем живлення і застосовуються при монтажі та налагодженні обладнання. При розробці схем з'єднань дотримуються таких основних правил:

схема з'єднань виконується для одного щита, пульта, статора або станції керування;

всі апарати, прилади та арматура, передбачені принциповою схемою, мають бути повністю відображені на схемі з'єднань;

на схемі зберігаються позиційні позначення приладів та засобів автоматизації, а також маркування ділянок кіл, які використовуються у принциповій схемі.

Найбільш поширеним є адресний спосіб зображення, при якому лінії зв'язку між елементами апаратури на щиті чи пульті не малюють, а замість цього біля точки приєднання проводу вказують цифрову або літерно-цифрову адресу відповідного елемента або його порядковий номер (позначення згідно з

принциповою схемою). Це дозволяє уникнути перевантаження схеми лініями і полегшує її читання. На рис. 5.11 показано приклад застосування адресного способу у схемі з'єднань.

Схеми підключень відображають зовнішнє підключення апаратів, щитів, пультів та інших установок. Вони складаються на основі принципів схем живлення, специфікацій обладнання і креслень виробничих приміщень з розміщенням технологічного устаткування і трубопроводів. Ці схеми використовуються під час монтажу електропроводок, що забезпечують живлення щитів, пультів, установок і апаратів.

Існують два основні способи побудови схем підключень — графічний і табличний, при цьому більш поширеним є графічний метод. На таких схемах умовними графічними символами позначають: відбірні пристрої та первинні перетворювачі; щити, пульти та локальні пульти керування, контролю, сигналізації і вимірювань; прилади та засоби автоматизації поза щитами; з'єднувальні та протяжні коробки, кінці термопар, електропроводки та кабелі поза щитами; вузли приєднання проводів, апаратів та коробок; апаратуру для з'єднання і відгалуження; комутаційні затискачі поза щитами; а також захисне заземлення.

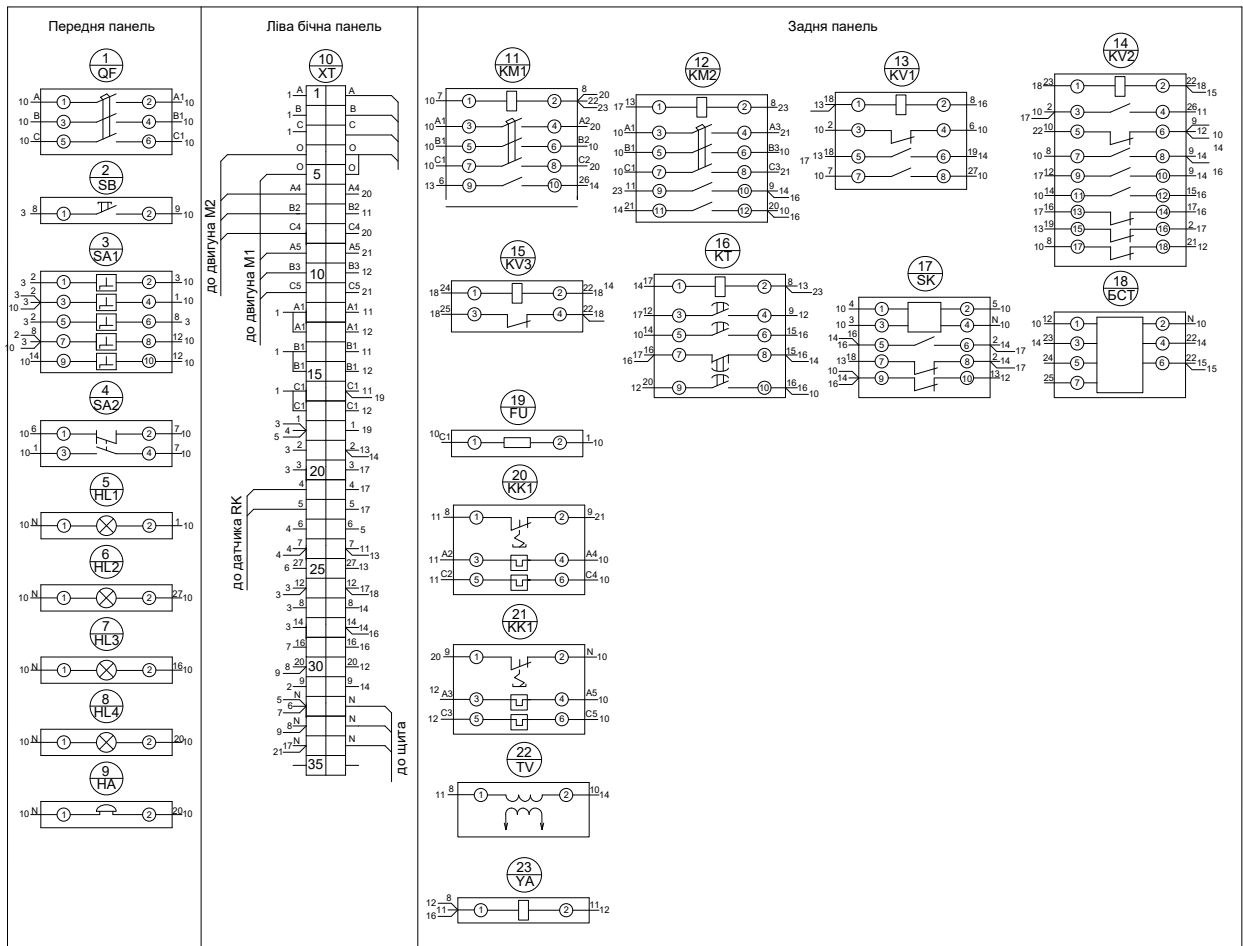


Рис. 5.11 Фрагмент схеми електричної з'єднань (адресний спосіб виконання).

Шафи, пульти, окремі прилади та апарати на схемах зображують у вигляді прямокутників або кіл, всередині яких розміщують відповідні підписи. Лінії зв'язку одного типу на схемах підключень позначають суцільними лініями, а в місцях підключення приладів виконавчих механізмів та інших апаратів проводи розгалужують для нанесення маркування. На лініях, що позначають проводи або кабелі, вказують номер проводки (підключення), марку, переріз та довжину проводів і кабелів. Якщо проводка прокладена в трубі, необхідно також зазначити характеристики труби. Проводи, джгути та кабелі зображують лініями товщиною від 0,4 до 1 мм. Схеми підключень виконують без дотримання масштабу у зручній для користувача формі. На рис. 5.12 наведено приклад схеми підключень у графічному вигляді.

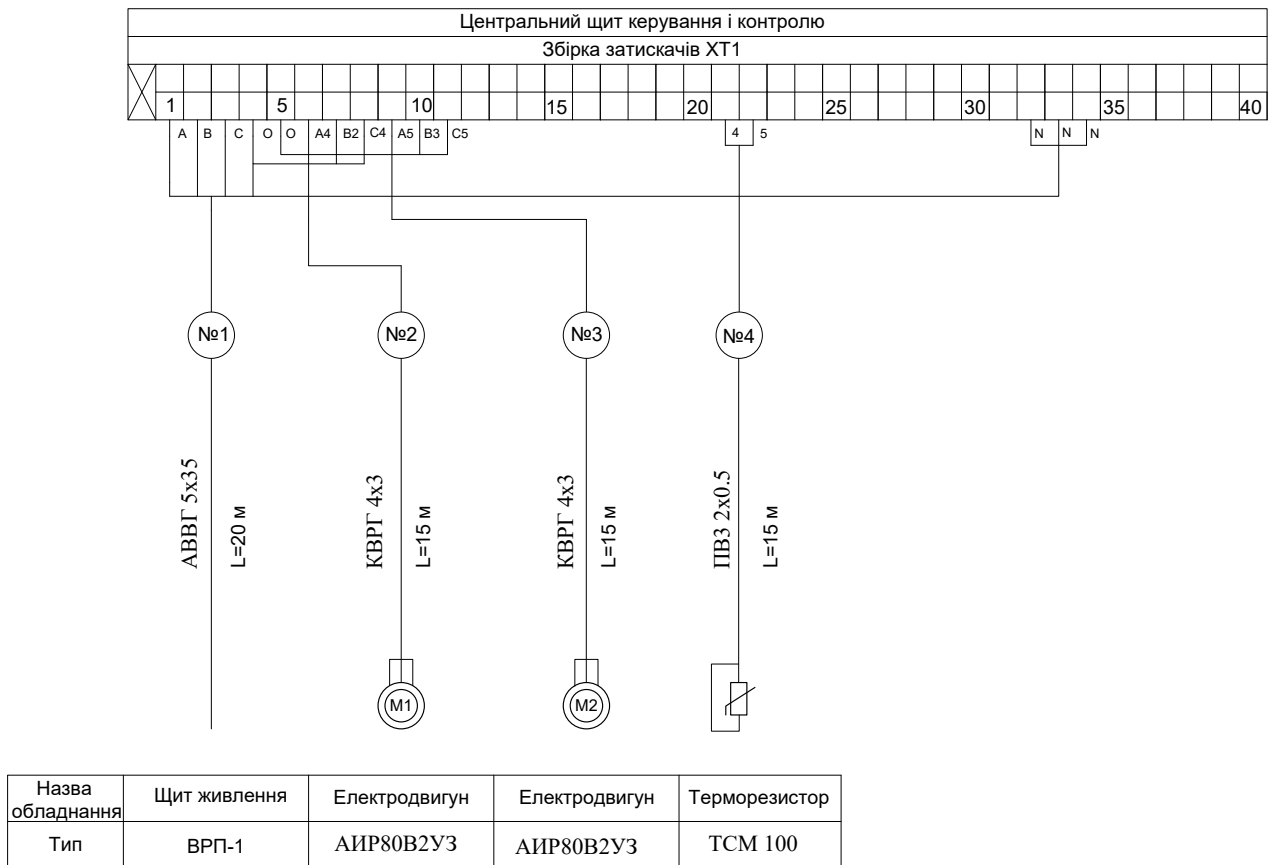


Рис. 5.12 Схема електрична підключень.

Щити і пульти є постами керування, контролю та сигналізації на електрифікованих і автоматизованих об'єктах. На них встановлюють керуючу апаратуру, контрольно-вимірювальні прилади, засоби сигналізації та захисту. На фронтальних панелях щитів і пультів можуть розміщуватися мнемонічні схеми, пояснювальні написи, освітлювальні пристрої та інше. Відповідно до зазначених нормативних документів, щити і пульти призначені для експлуатації в закритих приміщеннях з температурою навколишнього середовища від -30 до $+50$ °С та відносною вологістю не більше 80%. Також існують щити і пульти спеціального призначення, розроблені для роботи при більш екстремальних температурах, підвищеній вологості або в агресивному середовищі. Їх позначення виконують відповідно до встановлених вимог. Ступінь захисту шафових щитів від дотику до струмоведучих частин, попадання сторонніх предметів і води має бути не нижчою за IP30 (що забезпечує захист від проникнення предметів розміром понад 2,5 мм, але не

захищає від води), тоді як панельні щити мають ступінь захисту IP00. Для вибору беремо щит ЩПК-3-ЗЛ-1 (1000+450+200) У4 IP00, що означає: панельний щит із каркасом, трисекційний, закритий з лівого боку, виконання І, розміри 1000×450×200 мм, кліматичне виконання У4, категорія розміщення 4, ступінь захисту IP00 (рис. 5.13).

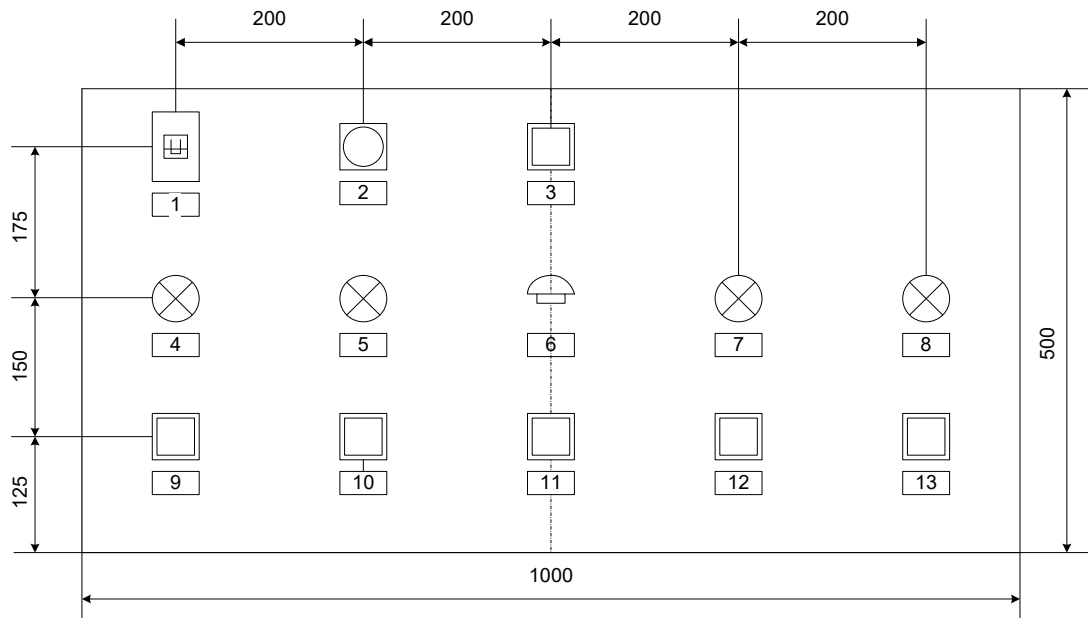


Рис. 5.13. Загальний вигляд щита керування

5.4. Монтаж та наладка засобів автоматики.

Організація монтажних робіт. Для забезпечення своєчасного і якісного монтажу, наладки та введення в експлуатацію системи автоматичного регулювання, перед початком монтажу необхідно виконати наступні заходи:

- а) підготувати і передати монтажній організації всю проектно-монтажну документацію;
- б) розробити і затвердити проект виконання монтажних робіт;
- в) підготувати тимчасові приміщення, необхідні для проведення робіт;
- г) організувати освітлення в зоні монтажу;
- д) забезпечити наявність усіх необхідних приладів, матеріалів та засобів автоматизації для монтажу.

Монтажні роботи повинні виконуватися спеціалізованими будівельно-монтажними організаціями.

Процес монтажу поділяється на два етапи. Перший етап включає підготовчі роботи: вивчення проектно-технічної документації, визначення кількості потрібних матеріалів та підсобного обладнання.

На другому етапі проводяться безпосередньо монтажні роботи на об'єкті — збірка схеми, перевірка змонтованих елементів та наладка системи.

Основні види робіт під час монтажу:

- встановлення датчиків у приміщенні;
- прокладання кабелів від датчиків до щитів управління;
- монтаж щитів і станцій управління з встановленою апаратурою.

Монтаж електричних проводок і кабелів також потребує ретельної підготовки та виконання заходів, зазначених вище, для гарантування своєчасного і якісного введення системи автоматичного регулювання в експлуатацію.

Монтажні роботи мають виконуватись спеціалізованими будівельно-монтажними організаціями.

Процес монтажу поділяється на два основні етапи. Перший етап включає підготовчі роботи, що полягають у вивченні проектно-технічної документації, а також визначенні необхідної кількості матеріалів і допоміжного обладнання.

Другий етап — це безпосереднє виконання монтажних робіт на об'єкті, до яких входить збірка схеми, перевірка змонтованих елементів та наладка системи.

Основні види монтажних робіт включають:

- встановлення датчиків у приміщенні;
- прокладання кабелів від датчиків до щитів управління;
- монтаж щитів і станцій управління з приладами, які на них встановлені.

Монтаж засобів автоматики дозволяється тільки після успішного проходження стендової перевірки. При цьому до монтажу приймають лише ті

прилади та засоби автоматизації, які мають відповідний акт про проходження такої перевірки.

Стендова перевірка передбачає оцінку окремих характеристик і компонентів приладів, що дозволяє виявити можливі несправності, які могли виникнути під час зберігання або транспортування. Перевіряють цілісність електричних ланцюгів, опір ізоляції, а також роботу регулюючих механізмів і перемикачів.

Стендову перевірку здійснює замовник або спеціалізовані організації, залучені для наладки приладів і засобів автоматизації, з дотриманням вимог Держстандарту та інструкцій виробників.

Корпуси приладів і засобів автоматизації заземлюють згідно з монтажно-експлуатаційними інструкціями заводів-виробників та відповідними нормативними документами.

Під час монтажу датчиків необхідно стежити, щоб їх чутливі елементи розміщувались у «характерних» точках приміщення для забезпечення коректної роботи системи.

Пусконаладжувальні роботи можуть розпочинатися ще до повного завершення монтажу в приміщенні.

Під час наладки узгоджують взаємодію між датчиками, вторинними приладами щитів та виконавчими механізмами відповідно до запроєктованого функціоналу системи. Після цього подають живлення на щит управління, при цьому обов'язково дотримуються заходів техніки безпеки та запобігають пошкодженню обладнання.

Задачі наладки включають не лише налаштування та регулювання АСКОЕ, а й виведення виробництва на нормальний режим роботи, а також навчання персоналу експлуатації автоматизованого об'єкта.

Перед початком експлуатації АСКОЕ необхідно провести наладку електрообладнання та системи загалом у такій послідовності:

- перевірити працездатність і якість електромонтажних робіт відповідно до проектної документації;

- перевірити монтаж блоків керування і комутації, виконати градування і зняття характеристик приладів і засобів автоматизації;
- провести випробування апаратури автоматичного керування, первинних та вторинних кіл, кабельних ліній, що з'єднують первинні перетворювачі з системою, а також контурів заземлення;
- перевірити та налаштувати електросхеми контролю, блокувань і автоматики;
- налаштувати систему автоматичного управління, її елементи, а також узгодити роботу датчиків та вторинних приладів.

Перед початком налагодочних робіт на електричних виконавчих механізмах обов'язково перевіряють опір обмоток електродвигуна щодо корпусу за допомогою мегомметра на 500 В, а також правильність виконання монтажу як у механічному, так і в електричному плані.

Перед стартом пусконаладжувальних робіт необхідно вивчити інструкції з монтажу, наладки та експлуатації, організувати технічне навчання наладників, провести інструктаж з охорони праці і техніки безпеки, а також підготувати пристрої і необхідні допоміжні засоби для наладки.

Експлуатація та техніка безпеки.

Відповідно до правил влаштування електроустановок, щоб уникнути ураження струмом людей та сільськогосподарських тварин при дотику до струмоведучих частин, необхідно забезпечити надійну електричну ізоляцію струмоведучих елементів, унеможливити випадковий доступ до них, встановити автоматичну сигналізацію про небезпеку дотику або наближення, а також застосувати попереджувальні написи, плакати, захисні засоби та пристрої.

Жоден із цих заходів окремо не може повністю гарантувати безпеку, тому для створення безпечних умов експлуатації застосовують комплекс відповідних засобів. Головна небезпека дотику до струмоведучих частин усувається завдяки надійній ізоляції та підтриманню її в справному стані.

Основне призначення ізоляції — запобігання проходженню струму небажаними шляхами. Стан ізоляції повинен відповідати вимогам ПВЕ (Правил Влаштування Електроустановок). Згідно з цими правилами, необхідно регулярно проводити випробування ізоляції та зовнішній огляд.

Ізоляцію електроустановок, які працюють у вологих і особливо вологих приміщеннях, пожежонебезпечних, вибухонебезпечних і приміщеннях із хімічно активним середовищем, перевіряють щорічно, вимірюючи опір ізоляції між фазами та між фазою і землею. Для електроустановок у приміщеннях із нормальним середовищем перевірка проводиться раз на два роки.

Запобігання випадковому дотику до струмоведучих частин забезпечується спеціальними огорожами, які закривають частини обладнання, що знаходяться або можуть бути під напругою, а також встановленням блокувальних пристроїв.

Сигнальні пристрої попереджають про наближення до електроустановки на відстань менше одного метра. Ці компактні сигналізатори кріпляться до спецодягу або на захисні шоломи.

Ввода повітряних ліній в приміщення захищають від грозових перенапруг шляхом заземлення гаків і штирів на дерев'яних опорах, а також арматури на залізобетонних опорах.

Заземлювачі і пристрої для грозозахисту не повинні розміщуватися біля входів у приміщення та в місцях, де часто перебувають люди або тварини.

Проводи і кабелі, що використовуються у тваринницьких приміщеннях, повинні відповідати умовам експлуатаційного середовища. З'єднувати провідники перетином до 12 мм² методом скручування забороняється. Місця з'єднань ізолюють подвійним шаром ізоляційної стрічки, при цьому початок і кінець стрічки повинні перекривати ізоляцію проводу не менше ніж на 10 см. Відкрита проводка з ізольованими проводами, розташована менш ніж за 2 метри від підлоги або у приміщеннях з підвищеною чи особливою небезпекою на висоті нижче 2,5 метрів, має бути захищена від механічних пошкоджень. Опір ізоляції проводів повинен бути не меншим за 0,5 кОм на ділянках між

суміжними запобіжниками або за останнім запобіжником між двома будь-якими пошкодженнями. Якщо опір ізоляції менший за 0,5 кОм, її перевіряють протягом 1 хвилини змінною напругою 1000 В від спеціального вимірювального трансформатора або постійною напругою 2500 В від мегометра. Якщо під час випробувань опір не зменшується, проводку дозволяється залишити в експлуатації до планової заміни під час ремонту.

Для забезпечення електробезпеки у тваринницьких приміщеннях слід застосовувати пристрої вирівнювання електричних потенціалів або ізолюючі вставки.

Працівники виробничих цехів повинні добре знати та дотримуватися правил техніки безпеки (ПТБ), затверджених для пташників. Перед початком роботи вони проходять вступний інструктаж, який проводить інженер з охорони праці з оформленням відповідних документів.

Після вступного інструктажу працівники проходять інструктаж безпосередньо на робочому місці за програмою, затвердженою головним інженером, з демонстрацією безпечних прийомів роботи, аналізом ймовірних причин порушень вимог безпеки та їх наслідків. Механік цеху проводить повторний інструктаж кожні три місяці.

Позаплановий інструктаж проводиться при встановленні нового обладнання, порушенні правил ПТБ, виробничої санітарії, а також після нещасного випадку або відновлення працездатності працівника.

Всі види інструктажів фіксуються в журналі, де працівники та інструктори підписуються.

Контроль за дотриманням правил техніки безпеки покладається на майстрів, бригадирів, начальників цехів і дільниць, головного електрика з залученням громадських інспекторів, представників адміністрації профспілкової організації та лікаря медпункту. Результати перевірок, стан ТБ і виробничої санітарії дільниць або цехів щонайменше раз на місяць розглядаються директором або головним інженером.

РОЗДІЛ VI. АЛГОРИТМІЗАЦІЯ ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Розроблювана інформаційна система складається з двох основних частин: прикладного програмного забезпечення та інформаційного забезпечення. Прикладне програмне забезпечення включає три модулі.

Перший модуль відповідає за реалізацію користувацького інтерфейсу, що забезпечує користувачеві доступ до всіх необхідних функцій системи. Другий модуль відповідає за взаємодію з базою даних, зокрема:

- підключення до бази даних за логіном та паролем, введеними користувачем;
- введення та редагування даних;
- пошук і виведення інформації.

Третій модуль, або back end, визначає логіку обробки запитів користувача та формує відповідь у потрібному форматі.

Для програмування контролера Arduino Mega 2560 використовується середовище Arduino IDE версії 1.6.8 та мова програмування C++. Алгоритм роботи наведено на рисунку 6.1.

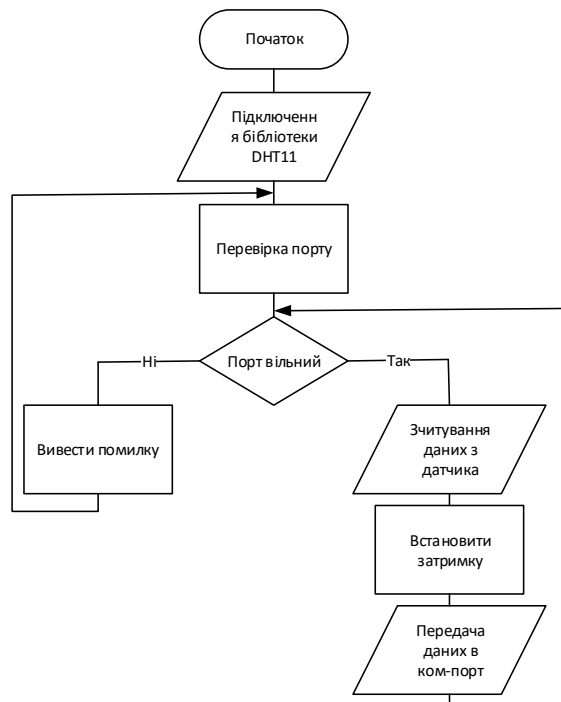
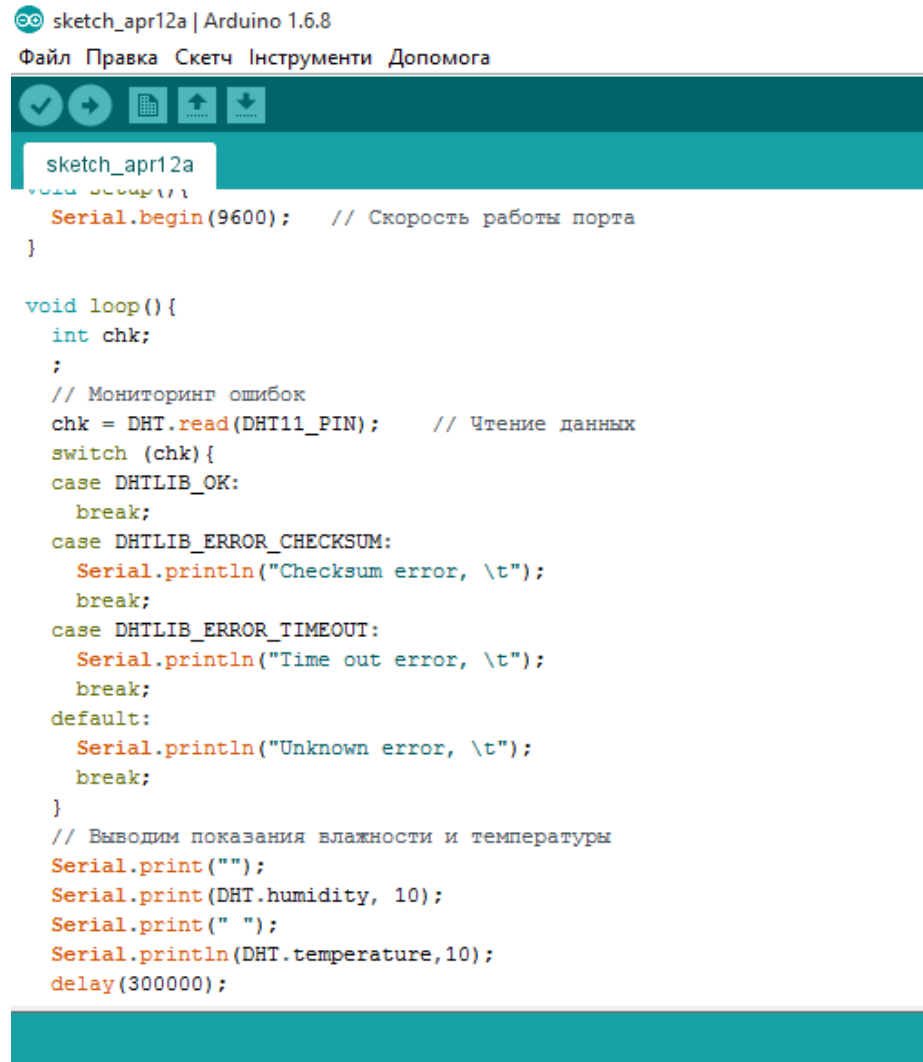


Рис.6.1 Алгоритм роботи програми Ардуіно

Відповідно до алгоритму здійснюється перевірка порту, і якщо порт вільний програма передає дані з датчика в СОМ-порт. Код програми розпочинається з підключення бібліотеки датчика DHT11 яка забезпечує роботу датчика який під'єднується до плати контролера.



```
sketch_apr12a | Arduino 1.6.8
Файл Правка Скетч Инструменти Допомога

sketch_apr12a
void setup() {
  Serial.begin(9600); // Скорость работы порта
}

void loop() {
  int chk;
  ;
  // Мониторинг ошибок
  chk = DHT.read(DHT11_PIN); // Чтение данных
  switch (chk) {
  case DHTLIB_OK:
    break;
  case DHTLIB_ERROR_CHECKSUM:
    Serial.println("Checksum error, \t");
    break;
  case DHTLIB_ERROR_TIMEOUT:
    Serial.println("Time out error, \t");
    break;
  default:
    Serial.println("Unknown error, \t");
    break;
  }
  // Выводим показания влажности и температуры
  Serial.print("");
  Serial.print(DHT.humidity, 10);
  Serial.print(" ");
  Serial.println(DHT.temperature, 10);
  delay(300000);
}
```

Рис. 6.2 Робоче вікно середовища програмування Arduino 1.6.8

Зчитування даних з СОМ порту та запис в базу даних здійснюється з використанням різних технологій. Зокрема, для зчитування даних з СОМ порту плати Ардуіно здійснюється у файл формату ТХТ за алгоритмом, що зображено на рис. 6.2.

Код було написано на мові програмування Java. Фрагмент коду відображено на рис. Програма була реалізована в середовищі NetBeans IDE 8.1.

Для забезпечення роботи програмного коду використовуються бібліотеки читання і запису даних в СОМ порту:

```
gnu.io.CommPort;  
import gnu.io.CommPortIdentifier;  
import gnu.io.NoSuchPortException;  
gnu.io.PortInUseException;  
gnu.io.SerialPort;  
gnu.io.SerialPortEventListener;  
gnu.io.UnsupportedCommOperationException;  
java.io.BufferedReader;  
java.io.FileInputStream;  
java.io.FileOutputStream;  
java.io.IOException;  
java.io.InputStream;  
java.io.InputStreamReader;  
java.io.OutputStream;  
java.io.OutputStreamWriter;  
java.io.Writer;  
java.util.Date;  
java.util.TooManyListenersException.
```

Зокрема, ми використали клас `CommPortIdentifier`, у якому можуть бути змінні і методи класу, наведені нижче.

Змінні класу:

```
PORT_SERIAL public static final int PORT_SERIAL RS-232 послідовний  
порт
```

```
PORT_PARALLEL public static final int PORT_PARALLEL IEEE 1284  
паралельний порт.
```

Методи Класу:

`public static Enumeration getPortIdentifiers ()`. Метод повертає об'єкт типу `enumeration`, який містить об'єкти типу `CommPortIdentifier` для кожного порту системи.

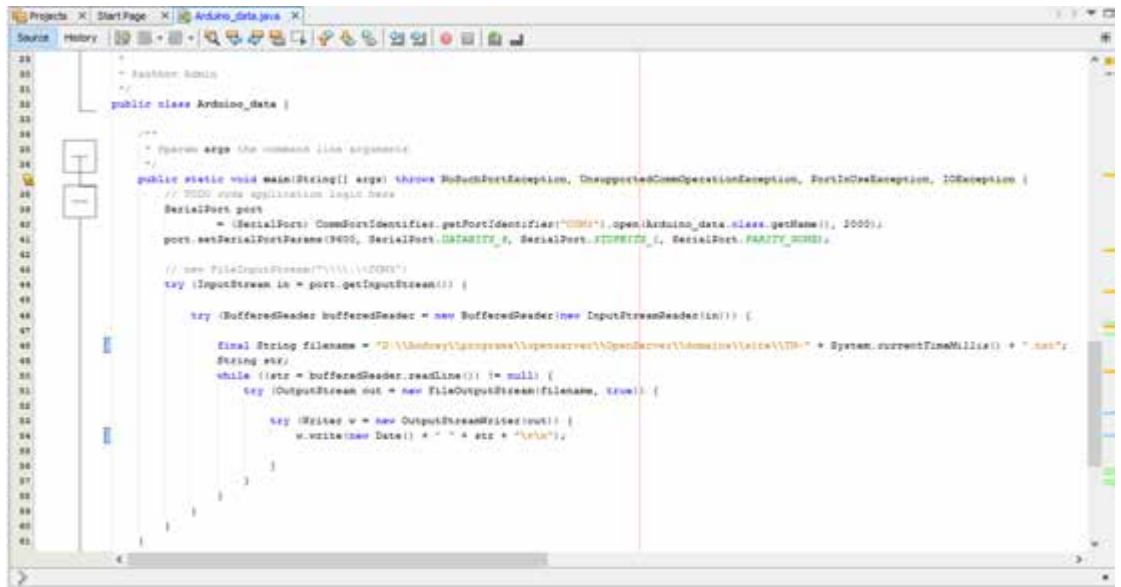
`public String getName ()`. Повертає ім'я порту. Наприклад, "COM1" і "COM2" на PC;

`public int getPortType ()`. Метод повертає тип порту `PORT_SERIAL` або `PORT_PARALLEL`.

`public synchronized CommPort open (String appName, int timeout) throws PortInUseException`. Відкриває порт. Повертає об'єкт типу `CommPort`.
параметри: `appName` - Ім'я програми викликає даний метод. (Довільний рядок);
`timeout` - час в мілісекундах, протягом якого, блокується доступ до порту для його відкриття.



Рис. 6.3. Алгоритмізація процесу зчитування даних з COM порту

The image shows a screenshot of an IDE window titled 'Arduino_data.java'. The code is in Java and defines a class 'Arduino_data'. The main method 'main' opens a serial port named 'COM4' at 9600 baud. It then reads data from the port using a 'BufferedReader' and writes each line to a file named 'data.txt'. The file path is constructed as 'D:\Andriy\programy\openocv\Openocv\src\main\src\UTP' followed by the current time in milliseconds. The code includes try-catch blocks for handling exceptions related to the serial port and file operations.

```
28  
29  
30  
31  
32 public class Arduino_data {  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100
```

Рис. 6.4 Фрагмент коду програми зчитування даних з СОМ порту

Результатом виконання коду буде текстовий файл, в якому кожен рядок містить дані про час, температуру та вологість.

Програмування веб-додатку передбачає запис даних у MySQL Server відповідно до алгоритму, представленого на рисунку 6.5.

Дані з текстового файлу завантажуються в масив, після чого інформація з кожного рядка записується у відповідні поля таблиці «monitoring».

Інтерфейс користувача є дуже важливою частиною програми — можна навіть сказати, що це ключовий елемент, оскільки більшість користувачів спочатку оцінюють зручність інтерфейсу, а вже потім функціональні можливості.

Увесь інтерфейс, тобто веб-сайт, створений за допомогою мови гіпертекстової розмітки HTML. Завдяки CSS елементам інтерфейсу надається унікальний стиль і впорядкування кнопок, текстових полів та зображень, що робить сайт інтуїтивно зрозумілим і зручним для користувачів.

Для розробки веб-сайту використано мову PHP у редакторі PHP Expert Editor 4.3. Зокрема, PHP забезпечує операції зчитування та запису в реальному часі параметрів мікроклімату з датчиків у базу даних, відображення актуальних значень на сторінці «Показники», побудову графіків вологості та температури

за обраний період, порівняння цих даних з еталонними значеннями, а також розрахунок приросту врожаю за заданою моделлю. Фрагмент коду для розрахунку приросту врожаю та результат його виконання наведені на рисунку 6.5.

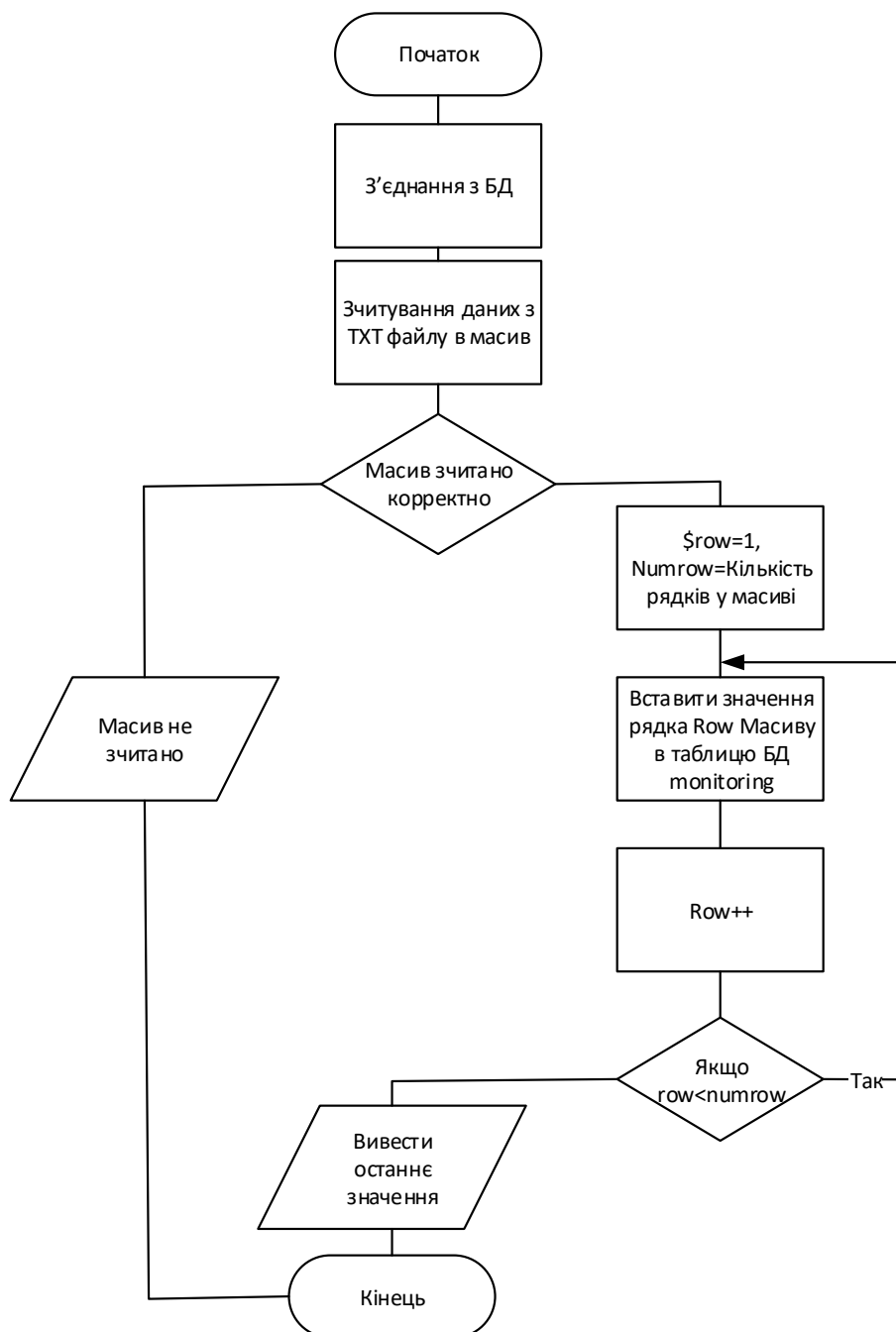


Рис. 6.5 Алгоритм запису даних до БД

РОЗДІЛ VII. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Застосування засобів автоматичного управління і контролю сприяє підвищенню продуктивності праці та зниженню собівартості продукції і строків її окупності.

Загальним показником ефективності капіталовкладень є сумарні розрахункові витрати, які включають річні експлуатаційні витрати та частку капіталовкладень, що припадає на один рік.

Зведені витрати розраховуються за формулою:

$$V_{зв} = C + E_n \cdot K \quad (5.1)$$

де $V_{зв}$ -зведені витрати, грн./рік; C - річні експлуатаційні витрати, грн./рік; E_n -номінальний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, 1/рік; K -капітальні витрати, грн.

Річні експлуатаційні витрати складаються з:

- витрат на заробітну плату обслуговуючого персоналу, C_z ;
- витрат на поточний ремонт засобів електрифікації та автоматизації, $C_{пт}$;
- витрат на оплату енергоресурсів, C_e ;
- витрат на допоміжні матеріали, C_d ;
- витрати на заробітну плату визначаються кількістю обслуговуючого персоналу і тарифною ставкою (приймаємо тариф $C_m = 1.1$ грн/год).

Фонд заробітної плати обслуговуючого персоналу визначається за формулою:

$$C_z = N \cdot Z \cdot Z_{зм} \cdot T \quad (5.2)$$

де N -кількість робітників в одній зміні, $N=1$; Z - кількість змін на добу, $Z=3$; $Z_{зм}$ -середня заробітна плата робітника за добу 180 грн.; T - кількість робочих днів, $T=152$.

Підставивши дані у формулу (5.2) матимемо:

$$C_z = 1 \cdot 3 \cdot 180 \cdot 152 = 82000$$

Амортизаційні відрахування становлять 14 % від балансової вартості обладнання.

Витрати на поточний ремонт обладнання визначаються також у відсотках від балансової вартості обладнання 5 %.

Витрати на енергоресурси визначаються по величині витрат електроенергії та тарифах на неї, (0,74 грн/кВт·год):

$$C_e = 1600 \text{ грн}$$

Інші прямі витрати приймають рівним 1 % від загальних експлуатаційних витрат.

$$C = C_z + C_a + C_{пр} + C_e + C_d \quad (5.3)$$

Балансова вартість техніки становить 4500 грн.

$$C = (4012 + 0.14 \cdot 4500 + 0.05 \cdot 4500 + 1600) \cdot 1.01 = 6531 \text{ грн.}$$

Визначення капітальних вкладень складаються:

- з вартості засобів автоматизації K_z
- вартості їх доставки зберігання і монтажу K_m ;
- прокладку внутрішньої електропроводки $K_{пр}$;
- інші капітальні вкладення, пов'язані з здійсненням автоматизації K_i .

Витрати на придбання засобів автоматизації 4500 грн.

Вартості їх доставки зберігання і монтажу приймемо в середньому 25 % від вартості засобів автоматизації.

Витрати на прокладку електропроводки включають в себе вартість кабелю та вартість по його прокладці.

Інші витрати приймаємо рівними 2 % від суми капітальних вкладень:

$$K = K_z + K_m + K_{пр} + K_i \quad (5.4)$$

Підставивши значення отримаємо:

$$K = (4500 + 0.11 \cdot 4500 + 0.15 \cdot 4500 + 520) \cdot 1.02 = 6190 \text{ грн.}$$

При підстановці одержаних даних у формулу (4.1) отримаємо:

Загальні зведені витрати становлять:

$$V_{zv}=6531+0,15 \cdot 6190=7450 \text{ грн.}$$

Підставивши значення одержимо:

$$V_{zag}=C_{zag}+E_n \cdot 10K$$

$$V_{zag}=6531+0,15 \cdot 10 \cdot 6190=15816 \text{ грн.}$$

Собівартість продукції визначається з врахуванням зведених витрат до яких додаються питомі витрати на сировину, корми, воду та інші прямі витрати на виробництво одиниці продукції:

$$C_{sv}=\frac{\sum B}{Q}, \quad (5.5)$$

Q-кількість продукції виробленої протягом року; $Q=2505000$ дес.шт; $\sum B$ -сума всіх витрат на виробництво продукції $\sum B=4659300$ грн

$$C_{sv}=4659300/2505000=1,86 \text{ грн/дес. шт.}$$

Прибуток визначимо за формулою:

$$PP=C-C_{sv}, \quad (5.6)$$

де C-ціна одиниці продукції; $PP=9-1,86=7,14$ грн/дес. шт.

Рентабельність виробництва визначається за формулою:

$$P=PP/C_{sv}=7,14/1,86=3,8 \%$$

Розрахунок строку окупності капітальних вкладів. Термін окупності капітальних вкладів:

$$T=\frac{K_k}{G}=\frac{15816}{100320} \approx 1,6 \text{ міс}, \quad (5.7)$$

де K_k – витрати, пов'язані зі створенням нової системи, грн.

Строк окупності нового контролера, для одного пташника з клітковим утриманням курей-несучок становитиме 1,6 місяця.

ВИСНОВОК

В ході виконання кваліфікаційної роботи проведено дослідження характеристик пташника, де утримується батьківське поголів'я бройлерів, як об'єкта регулювання температури повітря. Вивчено амплітудно-фазочастотні характеристики системи. Визначено, що запас стійкості по амплітуді становить 11,37 дБ, а по фазі – 570° . Побудовано перехідну характеристику, за якою встановлено такі показники якості: час регулювання – 1198 с, перерегулювання $\sigma=13,42\%$, коливальність $n=1$ при встановленій похибці $\Delta=5\%$. На основі цих даних зроблено висновок, що система є стійкою, а показники якості управління відповідають допустимим нормам, що підтверджує можливість практичного застосування розробленої системи автоматичного керування (САК).

Для удосконалення САК температури повітря в пташнику було застосовано контролер Arduino. Проведено вибір обладнання для захисту та керування, підбір проводів, кабелів і методів їх прокладки, а також розрахунок і вибір пускозахисної апаратури. В якості щита керування обрано ЩПК (1000+500+300) У4ІР00 відповідно до стандарту ОСТ 36.13-76, з кліматичним виконанням – У, категорією розміщення – 4, та ступенем захисту ІР00.

Встановлення системи автоматизованого регулювання температури повітря в пташнику окупиться за 1,6 місяця, що свідчить про її доцільність для впровадження у виробництві.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мартиненко І.І., Лисенко В.П., Тищенко Л.П., Болбот І.М., Олійник П.В. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК: Підручник – К., 2008. – 330с.
2. Ключев А.С. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования. - М.: Энергоиздат. 1989 г.
3. Б.Л. Головінський, Ю.В. Шуруб «Теорія автоматичного управління. Аналіз стійкості та якості роботи систем автоматичного управління». Київ – 2011.
4. Режимы работы насосных та вентиляторных установок із автоматизованим електроприводом. Навчальний посібник. Т. В. КОРЕНЬКОВА, О. О. СЕРДЮК, В. Г. КОВАЛЬЧУК. Кременчук Видавець ПП Щербатих О. В. 2013 – 199 с
5. Информация для проектировщиков и специалистов водоканалов. Забор воды из скважин. Рекомендации по проектированию. 1-й выпуск, 2013 г. WILO SE, Дортмунд – 108 с.
6. Сенсорні панелі Weintek MT8071iE Електронні дані. - Режим доступу: <https://refit.prom.ua/ua/p521087815-sensornye-paneli-weintek.html> (дата звернення 17.10.2023 р.). – Назва з екрана.
7. TIA Portal – инновационная среда разработки комплексных проектов автоматизации. - Режим доступу: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:66c777ed-45bd-48e2-aaa4-fd43a97971a4/02-TIA-Portal-V16.pdf> (дата звернення 27.10.2023 р.). – Назва з екрана.
8. <http://elektrozahid.com.ua/kontaktna-aparatura/454.html>
9. <http://oblenergo.cv.ua/rates-for-enterprises.php?cid=1601&page=1>
10. <http://kyivgaz.ua/ua/nashym-klijentam/ciny-ta-taryfy-na-gaz>
11. <http://www.kontaktor-m.info/>