НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 636.5(075)

ПОГОДЖЕНО	**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**
Директор ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження	**Завідувач кафедри електротехніки, електромеханіки та електротехнологій**
проф.,д.т.н. **/КАПЛУН В.В./**	доц, к.т.н. **/ОКУШКО О.В./**
(підпис)	(підпис)
«____» _____ 2024 р.	«_____» _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: „РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ В ПТАШНИКУ”

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка ___

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна_____

Гарант освітньої програми

_____к.т.н., доцент_____ _____ Усенко С.М.__

(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Керівник магістерської роботи

_____к.т.н., доцент____ _____ **Синявський О.Ю.**

(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав _____ **Карпенко Ю.М.**

(підпис) (ПІБ)

Київ – 2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки та
електротехнологій
к.т.н., доц. **ОКУШКО О.В.**
(підпис)
«_____» 2024 р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ
Карпенку Юрію Михайловичу

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: „Розроблення та дослідження енергоефективної електротехнологічної системи вентиляції в пташнику ”
затверджена наказом ректора НУБіП України від 26.09.2024 № 166”С”

Термін подання завершеної роботи на кафедру 15. 11 . 2024

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи
«Правила влаштування електроустановок»; «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів»; «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».
Перелік питань, що підлягають дослідженню:
1. Провести аналіз вентиляційного обладнання для пташників
2. Провести дослідження застосовуваного електрообладнання в пташнику
3.Провести вибір електрообладнання для вентиляції пташника.
4..Провести дослідження розробленого електрообладнання для вентиляції пташника
5. Розробити заходи з енергозбереження в пташнику
6.Розробити заходи з охорони праці на птахофабриці.
7.Провести техніко-економічне обґрунтування системи електрообладнання птахофабрики.
Дата видачі завдання 27.09.2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ **Синявський О.Ю.**
(підпис) (ПІБ)
Завдання прийняв до виконання _____ **Карпенко Ю.М.**
(підпис) (ПІБ)

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота: 80 с., 24 рис., 15 табл., 25 джерел.

Об'єкт досліджень – технологічний процес створення мікроклімату в пташнику з клітковим утримуванням птиці.

Предмет досліджень – структура автоматизованого електрообладнання для вентиляції пташника та параметри відповідного електрообладнання.

Методи дослідження та апаратура: моделювання, методи математичної статистики тощо; застосування сучаснихприладів та методів вимірювання і обробки їх результатів за допомогою ПЕОМ у програмному середовищі "Mathcad", амперметри, вольтметри, ватметри, осцилографи.

Проведений аналіз вентиляційного обладнання для пташників. Проаналізоване технологічне та електротехнічне обладнання для водопостачання, роздавання кормів, прибирання посліду, підтримання необхідного мікроклімату, яке застосовується в пташнику, а також визначена потужність трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ.

Вибране вентиляційне обладнання для пташника, обгрунтована система автоматичного регулювання параметрів мікроклімату, розроблена принципіальна електрична схема, вибрані апарати захисту і керування. Проведені дослідження регульованого електропривода вентиляційної установки.

Розроблені заходиз енергозбереження та охорони праці в пташнику.

Ефективність прийнятих інженерних рішень підтверджують економічні розрахунки.

Галузь застосування – птахівництво.

Ключові слова: пташник, кліткове утримання, вентиляція, перетворювач частоти, мікроклімат

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ 6
ВСТУП 7
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНІ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПТАХІВНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ 9
1.1. Значення необхідності регулювання мікроклімату в пташнику 9
1.2 Системи вентиляції пташників 10
1.3 Автоматизовані вентиляційні установки 12
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНЕ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДОСЛІДЖУВАНОГО ПТАШНИКА 16
2.1 Технологічний процес на птахофабриці 16
2.2 Технологічне обладнання 17
2.2.1 Кліткові батаре\ для утримання птиці 17
2.2.2 Роздавання кормів 20
2.2.3 Поїння курей 21
2.2.4 Прибирання посліду 22
2.2.5. Водопостачання птахоферми 23
2.3 Силове електрообладнання 24
2.4 Силова мережа 25
2.5 Освітлення пташника 27
2.6. Навантаження на вводі пташника 29
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПТАШНИКА 31
3.1 Аналіз стану питання з регулювання параметрів мікроклімату в пташниках 31
3.2 Розрахунок вентиляції і опалення птащника 32
3.3 Розрахунок електропривода вентилятора ВО-Ф-7,1А 37
РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ У ПТАШНИКУ 42
4.1 Теоретичне огрунтування розробки 42
4.1.1 Способи регулювання продуктивності вентиляційних установок 42

4.1.2 Теоретичні дослідження роботи вентиляційної установки «Клімат-47» з перетворювачем частоти 45
4.2 Експериментальні дослідження вентиляційної установки «Клімат-47»... 46
4.4 Розроблення системи автоматичного регулювання параметрів мікроклімату у пташнику 50
4.5. Дослідження впливу станцій керування вентиляційними установками на форму кривої напруги живлення 53
РОЗДІЛ 5 ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ПТАШНИКУ 58
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ 60
6.1 Загальні положення 60
6.2 Заходи з охорони праці 60
6.3 Розрахунок заземлюючого пристрою трансформаторної підстанції 61
6.4 Блискавкозахист 68
6.5 Пожежна безпека 69
РОЗДІЛ 7 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА 70
7.1 Надійність автоматичної системи вентиляції пташників 70
7.2 Економічна ефективність застосування автоматизованої системи керування вентиляцією в пташнику 73
ВИСНОВКИ 75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 76
ДОДАТКИ 79

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ω – кутова швидкість;

s – ковзання двигуна;

$K_З$ – коефіцієнт запасу;

J – момент інерції;

n – частота обертання;

P – потужність двигуна;

μ – кратність моменту;

M – момент;

R – активний опір;

x – реактивний опір;

t – час;

T – температура;

v_t – швидкість нагрівання двигуна;

M – момент;

R – активний опір;

x – реактивний опір;

t – час;

φ – відносна вологість повітря;

γ – густина повітря**;**

F_K – поверхня покрівлі;

K_k –коефіцієнт теплопередачі даху;

L_B– продуктивність вентилятора;

q_o **–** питома теплова характеристикаспоруди**;**

$\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності.

ВСТУП

Промисловий спосіб виробництва птахівничої продукції відображає науково-технічний прогрес в цій галузі, основним напрямком якого є подальше вдосконалення електрифікованої машинної технології з використанням сучасних методів і засобів автоматичного управління.

Переведення птахівництва на промислову основу, висока концентрація і збільшення щільності розміщення птиці в приміщеннях висунули нові вимоги засобів механізації та автоматизації виробничих процесів.

Для забезпечення росту, здоров'я і підвищення продуктивності птиці одним з найважливіших умов є створення в пташниках необхідного мікроклімату. За незадовільних умов утримання спостерігається підвищена захворюваність птиці, особливо курчат, падає продуктивність і продуктивна здатність, збільшуються витрати кормів на одиницю продукції та знижується її якість. За даними ВІЕСГ потенційна продуктивність птиці через це нерідко використовується лише на 20 ... 30 %, несучість курей знижується на 20 ... 35 %, а прирости бройлерів на 6 ... 7 %. Крім того, різко скорочується термін служби будівель і устаткування.

Незадовільний мікроклімат негативно впливає на здоров'я обслуговуючого персоналу, в силу чого вимоги охорони праці набувають особливого значення, оскільки нині в одному пташнику, залежно від його розмірів і способу утримання птиці, може бути розміщено від 10 до 60 тис. курей-несучок та бройлерів.

Мета досліджень – розробка і дослідження електрообладнання вентиляційної установки для пташника, що забезпечує зменшення енергоємності продукції птахівництва.

Об’єктом досліджень є технологічний процес створення мікроклімату в пташнику з клітковим утримуванням птиці.

Предмет досліджень – структура автоматизованого електрообладнання для вентиляції пташника та параметри відповідного електрообладнання.

Методи дослідження та апаратура: моделювання, методи математичної статистики тощо; застосування сучаснихприладів та методів вимірювання і обробки їх результатів за допомогою ПК у програмному середовищі “Mathcad”.

Теоретична цінність отриманих результатів полягає в обґрунтуванні структури та параметрів вентиляційного електрообладнання пташника з клітковим утриманням птиці.

Практична цінність отриманих результатів полягає у розробці системи автоматизованого вентиляційного електрообладнання для пташника.

На захист магістерської кваліфікаційної роботи виносяться:

1. Система автоматизованого електрообладнання для вентиляції пташника.

2. Структура та параметри системи автоматичного регулювання параметрів мікроклімату в пташнику.

3. Результати теоретичних та експериментальних досліджень регульованого електропривода вентилятора.

4. Заходи з енергозбереження та охорони праці на птахофабриці.

У цій магістерській кваліфікаційній роботі проведений аналіз технологічного та електротехнічного обладнання для пташника, розглянуті питання енергозбереження та охорони праці на птахофермі, обґрунтована система автоматичного регулювання параметрів мікроклімату в пташнику, проведені дослідження автоматизованої вентиляційної установки, наведені техніко-економічні показники застосування розробленого автоматизованого вентиляційного електрообладнання.

Результати досліджень опубліковані в праці:

Карпенко Ю.М., Синявський О.Ю. Енергоефективне електрообладнання для створення мікроклімату в пташнику. Тези доповідей 77-тої науково-практичної конференції студентів «Енергозабезпечення, електротехнології, електротехніка та інтелектуальні управляючі системи в АПК, м. Київ, 25 квітня 2024 р. С. 54.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНІ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПТАХІВНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

1.1. Значення необхідності регулювання мікроклімату в пташнику

Від температурного режиму, відносної вологості та освітлення багато в чому залежать здоров'я курей, їхня продуктивність та використання корму. якщо в пташнику температура нижче, ніж повинна бути, то частина корму витрачається не для утворення яєць та збільшення живої маси, а для збереження тепла.

Температурний режим у пташнику повинен бути таким: для курчат з 1-го по 21-й день - 26 °С; з 21-го до 49-го – 24 °С; для дорослих курей – близько 18 °С. Якщо температура в приміщенні вище встановленої норми, це негативно позначається на несучості птиці, а також призводить до зменшення маси яєць та погіршення якості яєчної шкаралупи.

Якщо в пташнику занадто висока температура, то у курей спостерігається прискорене дихання, вони сидять, розкривши дзьоб і розпустивши крила, п'ють багато води та відмовляються від корму. а при підвищенні температури до 38-40 °С через 2 години птах гине від перегрівання.

Відносна вологість повітря у приміщенні має бути від 60 до 70 %. Для цього влаштовують конькову припливно-витяжну вентиляцію. За будь-якого напрямку повітря така система дозволяє подавати всередину приміщення свіже повітря і видаляти з нього шкідливі гази, вологе повітря та зайве тепло.

У пташнику поряд з природним освітленням має бути присутнім і штучне. Для цього використовують люмінесцентні лампи або світлодіодні, які забезпечують нормальну освітленість, яка дорівнює 20 лк.

При недостатньому освітленні (менше 5 лк) кури погано споживають воду та корм. У результаті знижуються несучість і приріст живої маси. Висока освітленість (понад 25 лк) призводить до канібалізму. У перший тиждень життя

курчат освітленість підтримують на рівні 30-50 лк, надалі знижуючи її до 20-25 лк. Для курчат, яких вирощують на м'ясо, освітленість має бути 5-10 лк.

Для курей, яких розміщують у пташниках з вікнами, світловий режим змінюють залежно від природного освітлення, починаючи з добового віку курчат тривалість освітлення поступово знижують, а період яйцекладки збільшують.

1.2 Системи вентиляції пташників

Аналіз потреби в енергії птахівницьких підприємств залежно від виду та віку птиці, кліматичних умов, теплотехнічних характеристик огороджувальних конструкцій приміщень показав, що на забезпечення мікроклімату припадає 40-75 % її річного споживання. У зв'язку з цим в умовах дефіциту енергоресурсів, що зростає, найважливішим завданням є застосування обладнання, здатного реалізувати енергозберігаючі технології створення мікроклімату.

Практика показала, що штучно створюване місце існування істотно впливає на продуктивність птиці. Її незадовільний стан призводить до збільшення відходів поголів'я, зниження продуктивності за одночасного збільшення витрати кормів на одиницю продукції. У зв'язку з цим актуального значення набувають питання, пов'язані із забезпеченням оптимальних параметрів мікроклімату.

У зарубіжній практиці найбільшого поширення набула система вентиляції негативного тиску. Вона забезпечує ефективний температурний контроль і рівномірний розподіл всього повітря, що надходить у приміщення.

Оцінюючи системи вентиляції негативного тиску з позицій енергозбереження, голландські фахівці зазначають, що в них концепція вентилювання реалізується з використанням пристроїв, які не потребують ресурсозатратних силових приводів, які є обов'язковими в системах надлишкового тиску. Принцип роботи цих систем заснований на створенні

негативного тиску всередині приміщення за допомогою вентиляторів, в результаті чого свіже повітря надходить через керовані елементи припливу. Досконаліть комп'ютерного керування дозволяє встановлювати режими вентиляції, що відповідають вимогам конкретної ситуації.

У табл. 1.1 представлені особливості режимів вентиляції негативного тиску, що набули найбільшого поширення у світовій практиці у «м'якому» кліматі (зимові температури не опускаються нижче -2...4 °С).

Таблиця 1.1

Особливості режимів вентиляції негативного тиску

Режим вентиляції	Умови застосування	Необхідне обладнання	Переваги	Недоліки
Мінімальний	Взимку чи в перші дні життя птиці. Зовнішня температура нижче необхідної в пташнику. Необхідне додаткове опалення	Кватирки монтуються в бокових стінах (стіні) будівлі в один або два ряди. Витяжка повітря здійснюється через шахти на даху будівлі, обладнані вентиляторами, та осьовими вентиляторами, що розміщуються в торці будівлі (використовуються в теплий період року в поєднанні з витяжними шахтами)	Підтримка мінімальної вентиляції, однорідність повітряного потоку, відсутність «мертвих» зон, легкість керування	Відсутня попередня підготовка повітря; максимальна ширина будівлі не більше 26 м
Комбітонельний	У міжсезоння або в умовах, коли птах виробляє більше тепла, ніж потрібно для забезпечення оптимального мікроклімату	Кватирки монтуються у бокових стінах будівлі в один або два ряди. У бічних стінах будівлі також монтовуються вікна. Витяжка повітря здійснюється через шахти на даху будівлі, обладнані вентиляторами, та осьовими вентиляторами, що розміщуються в торці будівлі (використовуються в теплий період року в поєднанні з витяжними шахтами та вікнами)	Однорідність повітряного потоку, відсутність «мертвих» зон, легкість керування	Припливні вікна використовуються лише у літній період року
Тонельний	У спекотний період року або коли температура поза будівлею вище оптимальної внутрішньої	Повітря надходить через припливні вікна, переміщається по всій довжині приміщення та за допомогою вентиляторів, встановлених у торці будівлі, видаляється	Низька вартість комплекту обладнання, відсутність «мертвих» зон	Некерованість

Класична система вентиляції заснована на припливі повітря через вент канали за допомогою осьових вентиляторів, розташовані на даху приміщення, або природньою вентиляцією, а потужні витяжні вентилятори, локалізовані по бічному периметру будинку, виводять повітря, створюючи низький атмосферний тиск, що сприяє припливу повітря.

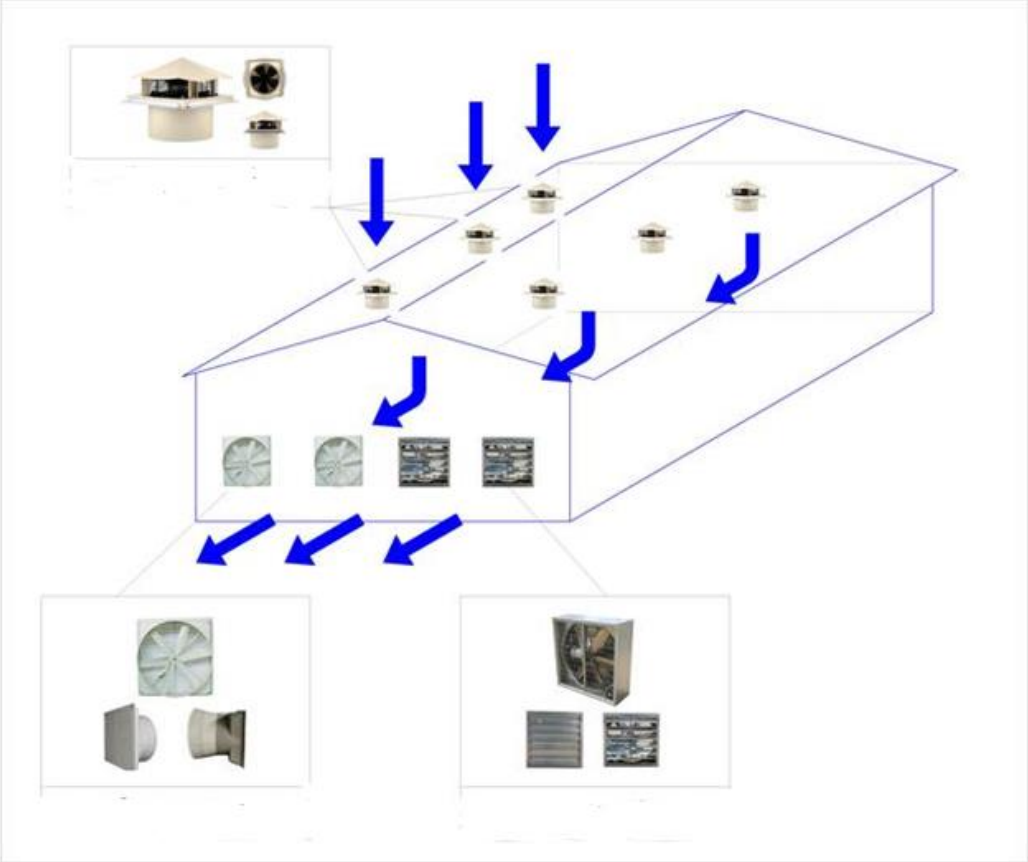


Рис. 1.1. Схема вентиляції пташника

1.3 Автоматизовані вентиляційні установки

На ринку декілька зарубіжних компаній пропонують обладнання для створення та підтримки мікроклімату в пташниках. Це «Big Dutchman», «SKOV A/S», «VDL Agrotech» та ін. (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Комплекти обладнання для створення мікроклімату в пташниках

Фірма	Пристрій для забору повітря	Пристрій для видалення повітря	Виконавчий механізм	Опалення	Охолодження і зволоження	Автоматика
Big Dutchman	Настінні пружні вентилі CL 1200	Витяжний камін CL 600 з вентилятором (Reventa Голландія, Skov Данія); відцентровий вентилятор Air Master («Skov», Данія); осьовий вентилятор «Skov»	Серводвигун CL 75 (Skov); тросова система керування положенням заслінок вентилів	Інфрачервоні газові брудери; газові тепло-генератори Jet Master (фірма Ermaf, Голландія); прилад опалення RGA (фірма Ermaf); обігрівач типу Heat Master	Обладнання Pad cooling та Fogging cooling («Lubing» Німеччина)	Комп'ютер MC 36 ("Lubing"); аварійна система («Lubing»)
Skov A/S	Настінні DA 1200 і стельові DA 30S, підпружинені кватирки з регульованими жалюзями; притокова шахта DA 50 з вентилятором і без нього.	Витяжна шахта DA600, що працює за принципом Multistep; вентилятори DA1400	DA 75-серія двигунів, натяжна система	Газові та інфрачервоні брудери (фірми "ABB1-SUN", "Gasolec" (Голландія); газові теплогенератори AGA111 (фірма "Thermobile", (Голландія); обігрівачі типу IMA ISA (фірма "ABB1-SUN", (Голландія)	Обладнаннаяння Fogging Cooling («Skov», Данія)	Кліматичний комп'ютер DOL34H із контролером аварійної вентиляції DOL78T; кліматичний комп'ютер DOL 36 з кліматичним контролером аварійної вентиляції DOL78T
VDL Agrotech	Кватирки з подвійною системою забору повітря (VDL Agrotech (Голландія); витяжна труба з вентилятором (VDL Agrotech (Голландія)	Вентилятори VDL із захисними гратами з одного боку та заслінкою із запатентованою системою відкривання (VDL Agrotech (Голландія)	Центральна електролебідка з двигуном, керованим клімат-комп'ютером (VDL Agrotech (Голландія)	Газові генератори GP з циркуляційними вентиляторами (там, де необхідно) (фірма «Ermaf», Голландія)	Система Pad Cooling («VDL Agrotech» Голландія Система Fogging Cooling («Impex», Голландія	Прист-рій клімат-контролю («VDL Agrotech» та «Microfan» (Голландія)

Різні варіанти розміщення обладнання в поєднанні з автоматичним комп'ютерним контролем дозволяють встановлювати системи вентиляції відповідно до архітектурно-планувальних рішень пташників. Це дає можливість не лише підтримувати оптимальний мікроклімат, а й скорочувати енерговитрати на його створення.

Розроблені досконаліші принципи керування роботою вентиляційного обладнання. Однією з них є система Multistep (фірма Skov), яка застосовується в системах мікроклімату фірми Big Dutchman. Вона забезпечує економію електроенергії до 70 % порівняно з традиційними системами.

Комплект вентиляційного обладнання «Клімат 4М» залежно від номера осьового вентилятора поділяється на «Клімат 45М» з вентиляторами ВО-Ф-5,6А та «Клімат 47М» з вентиляторами ВО-Ф-7,1А. Привод вентиляторів – від трифазних асинхронних електродвигунів АИРП. Окрім вентиляторів до комплекту входять автоматичні вимикачі для кожного електродвигуна та станція керування ТСУ–2–КЛУ3 «Кліматика 1» або модернізована тиристорна станція керування типу ТСУ–3–КЛУ3.

Пристрій ТСУ–2–КЛУ3 «Кліматика – 1» [14] є тиристорним регулятором напруги з цифровою системою керування на інтегральних мікросхемах, який забезпечує плавну зміну вихідної напруги за принципом фазового регулювання залежно від величини температури повітря в приміщенні. Передбачено ручний та автоматичний режими керування. У автоматичному режимі станція забезпечує ПІ-закон регулювання температури. Пристрій складається із 2 ящиків: блока регулятора, до якого входять силовий блок та блок керування, і блока перемикача. Останній виконує функцію обхідного пристрою, а також захисту пристрою від коротких замикань.

При положенні перемикача режиму роботи «Н» – некерований режим напруга подається на електродвигуни, обминаючи пристрій регулювання. У положенні «Р» – регульований режим двигуни одержують живлення від тиристорного регулятора.

Силовий блок складається з трьох пар тиристорів типу Т123-250-9-41, увімкнених зустрічно-паралельно. Для захисту тиристорів від перенапруг мережі та комутаційних перенапруг у силовому блоці є спеціальний вузол

захисту, що складається з *RC* кіл та варіаторів. Тут же встановлений трансформатор живлення системи керування та синхронізації імпульсів керування з фазами мережі живлення.

Блок керування складається з двох штампованих плат та панелі керування. На панелі керування розміщені основні органи керування та сигналізації: резистор та блок перемикачів діапазонів «Установка температури»; блок перемикачів «Датчики» «1», «2», «3», «4», яким відповідає кількість під'єднаних термоперетворювачів (датчиків) в автоматичному режимі роботи, а положенню «Ручне керування» – ручний режим роботи пристрою; резистор «Мінімальна напруга», резистор та лампа «Аварійне відхилення температури».

Датчиками температури є термоперетворювачі типу ТСМ (до 4 шт), які увімкнені паралельно і розподілені за довжиною приміщення.

На функціональній схемі (рис. 3.4) прийнято такі позначення: *БР* – блок регулятора, *БП* – блок перемикача, *ТП* – термоперетворювачі, *БС* – блок силовий, *БУ* – блок керування, *ДЖ* – джерело живлення, *СРС* – система регулювання та сигналізації, *СІФУ* – система імпульсно-фазового керування, *ПІ* – підсилювач імпульсів.

Модернізована тиристорна станція керування ТСУ-3-КЛУ3 призначена для роботи в системі «Клімат – 4М» і виконує ті ж функції. Основна її відмінність – застосування в системі керування мікро-ЕОМ [14].

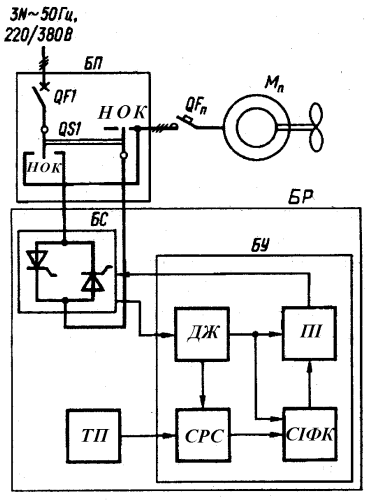


Рис.1.2. Функціональна схема пристрою "Кліматика – 1"

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДОСЛІДЖУВАНОГО ПТАШНИКА

2.1 Технологічний процес на птахофабриці

Технологічний процес птахофабрики забезпечує виробництво яєць і дієтичного курячого м'яса, а для підтримки високої продуктивності курей необхідно постійно інкубовувати і вирощувати курей-несучок для відновлення продуктивного поголів’я. Кури найбільше яєць несуть у перший рік, на другий рік на 20-25 % менше, а на третій на 30-35 % менше,ніж у перший рік, тому на птахофабриках курей-несучок змінюють щороку.

Технологічний процес на птахофабриці може бути повним (із закінченим замкненим циклом), коли в одному господарстві одержують інкубаційні яйця, виводять молодняк, вирощують його й виробляють харчове яйце або м’ясо птиці й неповним, при якому в господарстві здійснюється тільки частина перерахованих робіт. Незакінчений цикл застосовують на більшості птахоферм господарств, які молодняк завозять із інкубаторних станцій, а вирощену птицю здають на птахокомбінат у живому виді. На великих птахофабриках замкнений цикл виробництва. Ці господарства мають свої маточні ферми для одержання інкубаційних яєць, інкубаторій, приміщення для вирощування молодняку, пташники для утримання промислової череди несучок, забійний цех і цех переробки відходів виробництва.

Для рівномірності одержання яєчної продукції на великих птахофабриках процес відновлення поголів’я курей-несучок здійснюють поступово, партіями. Рекомендована кількість ремонтного молодняку, кількість партій та їх розміри за рік наведені в таблиці 2.1.

Для відтворення промислової череди несучок інкубаційні яйця одержують від маточної череди курей протягом усього року, які становлять 10-12 % поголів’я курей промислової череди.

Таблиця 2.1

Загальна кількість птахомісць для курей у господарствах яєчного напрямку при 10-11 місячному терміні експлуатації курей-несучок

№ з/п	Нормативи	Потужність птахофабрики		
1	Кількість птахомісць для курей-несучок, тис. шт.	135	200	500
2	Необхідний розмір партії 140-денного ремонтного молодняку, тис. гол.	9,0	15,3	67,5
3	Кількість партій у рік	15	18	22
4	Необхідна кількість птахомісць для ремонтного молодняку, тис. гол.	98,5	193	473
5	Схоронність ремонтного молодняку промислової череди	96	96	96
6	Розмір партії добових курочок, тис. гол.	12,6	21,4	43
7	Виводимість курчат, %	80	80	80
8	Необхідний валовий збір яєць для інкубації, тис. шт.	48	80	152
9	Середнє поголів'я курей батьківської череди, тис. гол.	12,5	25	65

2.2 Технологічне обладнання

2.2.1 Кліткові батаре\ для утримання птиці

Кліткове утримання – найпоширеніший вид утримання птахів в промисловому птахівництві. Промисловість випускає безліч комплектів обладнання з різними типами кліткових батарей, у яких значною мірою механізовані й автоматизовані основні виробничі процеси: кормораздавання, збору яєць і видалення посліду.

Комплект устаткування КОН.00-000 був низької якості й часто виходив з ладу, збір яєць часто доводилося проводити вручну, тому що система транспортерів була недосконалою, що часто приводило до бою яєць.

Досконалішими є кліткові батареї ВАТ «ВИАСМ», причому комплект обладнання для механізації технологічних операцій утримання курей – несучок у цього виготовлювача значно вищої якості, а кількість птахомісць вдалося збільшити в цьому приміщенні до 38412 голів при комплекті, що складається із КВИ-3Н – 2 шт. і КВИ-4Н – 4 шт.

Згідно з нормами-рекомендаціям Птахопрому [1] при потужності продуктивної череди в 350 тис. курей-несучок необхідно мати 15 пташників по 20 – 30 тис. птахомісць. Звідки випливає, що на проектованій птахофабриці досить мати п'ятнадцять пташників, обладнаних комплектами встаткування КВИ-3Н, КВИ-4Н.

Потреба ремонтного молодняку при цій потужності становить 469 тис. голів. Для утримання ремонтного молодняку від 1 до 140 днів вибираємо комплект устаткування КВИ-4Н, основу якого становить чотириярусна етажеркового типу кліткова батарея, яка призначена для утримання й вирощування 10860 голів молодняку курей-несучок. Отже, для задоволення потреби птахофабрики в молодняку курей необхідно мати чотири пташники 96х18 м, обладнаних комплектами КВИ -4Н.

У складі птахофабрики необхідно мати 1-2 пташники для вирощування від 31 до 80 денного віку й відгодівлі півників і вибракованих курочок, призначених на забій і одержання курячого м'яса.

Основними перевагами кліткових батарей КВИ-3Н та КВИ-4Н порівняно з клітковими батареями Птахопрому є:

1. Підвищення яйценосності курей за рахунок створення добре вентильованої конструкції із сітчастих панелей. Відсутність застійних зон у клітці.

2. Підвищення яйценосності курей за рахунок вільного доступу птаха до годівниць і поїлок, який забезпечується оптимальним співвідношення між шириною й глибиною клітки 900:475=1,9 і збільшенням фронту годівлі до 82 мм на курку.

3. Зниження ушкодження яєць за рахунок напівнапруженої конструкції полика, який виконано із дроту 0,2 мм із ребрами жорсткості 0,6 мм і поперечними стрижнями 0,3 мм із обрамленням дротом 0,6 мм. Така

конструкція запобігає прогинанню полика й збільшує його амортизаційну здатність. Кут нахилу полика 10 ° забезпечує безперешкодне скочування яєць рівномірно всією поверхнею похилого полика. Для запобігання удару яєць об борт лотка яйцезбірника на лоток надівається пластмасовий кант.

4. Зниження забруднення яєць відходами життєдіяльності й часточками корму, а також ймовірності ушкодження яєць як лабетами курей, так і внаслідок прокльовування за рахунок обмежників, що мають спеціальний східчастий профіль.

5. Підвищення збереженості яєць (зниження насічок) за рахунок «плавного» перекладання яєць зі стрічок яйцезбірника в кошики елеватора й на стіл сортування. На деяких типах поперечних транспортерів яйцезбору виникає підвищена насічка в зоні скочування яйця на транспортер.

6. Забезпечення рівномірного й однорідного розподілення корму по всьому фронту годівлі клітинної батареї. Відсутність зависання корму в бункерах. Ємність бункерів забезпечує можливість дворазової годівлі за добу.

7. Зниження трудозатрат на монтаж на об’єкті за рахунок встановлення рам та інших вузлів у повній заводській готовності, а також консольної системи складання сітчастих виробів.

8. Підвищення ремонтопридатності за рахунок можливості здійснювати автономне знімання поликів, бічних і задніх стінок, дверцят у процесі експлуатації та своєчасної поставки запчастин.

9. Підвищення твердості, стійкості й довговічності конструкції за рахунок таких факторів:

- каркас клітинної частини сформовано з кутника 25х25х4 мм;
- каркаси модулів привода й натягу виконані зі швелера №8 з покриттям термодифузійним цинком. Кутники-рейки для візка кормороздавача виготовлено з кутника 45х45х5 мм.
- сітчасті панелі укладені в обрамлення із дроту діаметром 6мм;
- навантаження із клітинної частини при роботі системи видалення посліду зняте, тому що модулі привода й натягування кріпляться до фундаменту болтами.

2.2.2 Роздавання кормів

У технологічному процесі утримання поголів'я курей найважливіше місце займає їх годівля. Оскільки мова йде про годівлю великої кількості птахів, що утримуються в одному пташнику, то для проведення кожної годівлі доводиться доставляти й розсипати по годівницях на різних рівнях сотні кілограм сипких кормів, що є важким трудомістким процесом [1,2].

Для механізації процесу роздавання сухих сипких кормів по годівницях птахів необхідно використовувати кормороздавач, який вибирається за необхідною продуктивністю. Згідно з науковими нормами утримання та годівлі курей добова потреба організму птахів у різноманітних кормах для створення передумов гарної яйценосності повинен бути не меншим 100 г, а склад раціону наведений у таблиці.2.2.

Таблиця 2.2

Склад добового раціону годівлі курей [1, 2]

N	Найменування компоненту	Добова потреба в %	Добова потреба в г
1	Кукурудза	25	27,5
2	Пшениця	30	33,0
3	Ячмінь	20	22,0
4	Дріжджі гідролізні	7	7,7
5	Крейда	3,9	4,3
6	Черепашки	5,1	5,6
7	Сіль поварена	0,3	0.33
8	Кісткове борошно	2,7	2,97
9	Жир риб'ячий кормовий	0,4	0,44
10	Трав'яне борошно	5,6	6,16
	РАЗОМ:	100,0	110

Добова потреба в кормах для пташника, де перебуває 38412 птахів, становить:

$$G_{доб} = 0{,}11\ 38412 = 4225 \text{ кг.}$$

Виходячи із цієї потреби для лінії механізованого кормороздавання кормів, вибраний бункер зберігання кормів типу БСК – 10, похилий транспортер шнековий ТУУ-2 і шнековий транспортер ТУУ-2А. Керування з пульта ПУЦК.

Технічна характеристика транспортера ТУУ-2А

Продуктивність, т/год	6.50
Встановлена потужність, кВт	1.10
Відстань транспортування, м	15
Діаметр шнеку, мм	100
Крок гвинта, мм	125
Частота обертання шнека, об/хв	296

Подача кормів від зовнішнього циліндричного бункера V=14 м^3 до бункерів кліткових батарей проводиться гнучким транспортером із плоскою спіраллю, що дозволяє при значному нахилі покрівлі встановлювати в пташнику різноярусні батареї. Застосування двопотокової системи роздавання кормів суттєво знижує час роздавання корму по батареях. На вимогу замовника може бути поставлений бункер типу БСК-10 із похилим транспортером ТУУ-2Н та шнековим транспортером ТУУ-2А. Керування системою кормороздавання проводиться з пульта ПУЦК.

Система годівлі, яка містить двосторонній бункерний кормороздавач на кожний ярус, лотки-годівниці, установлені із двох сторін на кожному ярусі та електричний привод, забезпечує рівномірний і однорідний розподіл корму по всьому фронту годівлі кліткової батареї. Конструкція бункерів виключає зависання кормів. При завантаженні кормороздавача й роздавання корму просипання корму не відбувається. Кормороздавач проводиться в дію від мотора-редуктора потужністю 0,55 кВт. Пуск проводиться з пульта керування кормороздаванням (ПКР), розташованого на модулі натягу батареї.

2.2.3 Поїння курей

Поїння птахів – один з найважливіших елементів підтримання нормальної життєдіяльності організму курей. Система поїння складається з ніпельних поїлок, зрівняльних бачків і трубопроводів.

Система поїння реалізована на базі поліпропіленових прямокутних труб 23х23 мм (товщина стінки 3 мм), оснащених ніпельними поїлками. Система комплектується також зрівняльними бачками для регулювання тиску в

основному трубопроводі, сполучними трубами й арматурами. Кожна клітка оснащується двома ніпельними поїлками, встановлюваними на трубопроводі, розміщеному по центру батареї. Система оснащена краплеуловлювачем жолобчастої форми, розташованим під трубопроводом з поїлками уздовж усієї довжини кліток, зі зливальною трубою для скидання промивної води в каналізацію.

2.2.4 Прибирання посліду

Операція прибирання посліду одна із самих трудомістких і неприємних, тому повинна виконуватися тільки механізованим методом без особистої участі персоналу пташника. З цією метою розроблені спеціальні механізовані установки.

Механізм прибирання посліду складається з канатно-скребкової установки, розташованої в кожній клітковій батареї, та збірного горизонтального скребкового транспортера, що забирає послід із приміщення.

Скребкова установка, яка входить до складу комплекту КВИ-4Н, призначена для очищення коробів чотирьох ярусів батареї від курячого посліду.

Головними робочими органами канатно-скребкових установок є скребки, що закладаються по одному або по кілька на один ярус у міжярусний простір. Скребки з'єднуються тросом у вигляді замкненого контуру і приводяться в рух від електропривода.

При переміщенні візка вперед послід скребком переміщується коробом і скидається в приймач-бункер горизонтального транспортера НКЦ-7-12-02. Похилий транспортер видаляє гній із приміщення.

Список основного технологічного обладнання пташника наведено в таблиці 2.3 [3].

Таблиця 2.3

Основне технологічне обладнання пташника

№ з/п	Найменування обладнання	Марка, тип	Кіль-кість, шт.	Продуктивність	Потужність двигуна, кВт	Загальна потужність двигунів, кВт
1	Бункер сухих кормів	БСК-10	1	4 т	0,55	0,55
2	Транспортер роздачі кормів від загального бункера до кліткових бункерів	ТУУ-2А	1	6,5 т/год	1,5	1,5
3	Комплект КВИ-4Н:					
3.1	Триярусна кліткова батарея	КВИ-3Н	2		--	--
3.2	Чотириярусна кліткова батарея	КВИ-4Н	4		--	--
4	Кормороздавач		6		0,55	3,3
5	Транспортер скребковий для прибирання посліду	НКЦ-7-12-02	1		4,0	4
6	Транспортер збору яєць	ТСЯ-20	1	20 тис/год	0,55	0,55
7	Машина яйцесортувальна	МСЯ-1М	1	20 тис/год	0,25	0,25
8	Теплогенератор	ГТГ-1,5А	1		4,55	4,55
9	Вентилятор	ВО-Ф-7,1А	20		0,37	7,4
	Всього					22,1

2.2.5. Водопостачання птахоферми

На території птахоферми необхідно передбачити технологічне та пожежне водопостачання із подачею води до місця гасіння пожеж з гідрантів, встановлених на водопровідній мережі.

За розрахунковим напором $H_р$ = 60,2 м та максимальними годинними витратами води $Q_{мах.год.}$ = 35,9 м^3/год вибираний заглибний насос 2ЭЦВ10 – 63 – 65 з номінальною подачею $Q_{нас}$ = 63 м^3/год та напором $H_{нас}$ =65 м [5].

Для привода насоса застосовкється електродвигун 2ПЭДВ –22-219 з потужністю 22 кВт, частотою обертання 2900 об/хв та номінальним струмом $I_н$ = 48,4 А [5].

Комплектний пристрій “Каскад” забезпечує місцеве, автоматичне і дистанційне керування та захист заглибних насосних агрегатів. Для керування вибраним електронасосним агрегатом застосовується комплектний пристрій “Каскад” 22-0-У2 з ящиком керування типу ЯЛ5102-3Д7Б1У2 з номінальним струмом силового кола $I_н$ =48 А [6].

2.3 Силове електрообладнання

Для привода виробничих машин застосовуються електродвигуни, наведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Електродвигуни технологічного обладнання пташника

Робоча машина	Кіль кість шт.	Поту жніс ть,	Стру м, А	пуск овог о	Повна марка електродвигуна
Бункер сухих кормів БСК-10	1	0,55	1,74	4,5	АИР71В6У2
Кормороздавач	6	0,55	1,69	5,0	АИР71А4У2
Завантажувальний транспортер ТУУ-2А	1	1,5	3,52	5,5	АИР80В4У2
Транспортер скребковий для посліду НКЦ-7-12-02	1	4,0	8,5	7,0	АИР100L4СУ2
Транспортер збору яєць ТСЯ-20	1	0,55	1,74	4,5	АИР71В6У2
Машина яйцесортувальна МСЯ-1М	1	0,25	1,04	4,0	АИР63В6У2
Вентилятор ВО-Ф-7,1А	20	0,37	1,1	4,0	АИРП80А6У2
Теплогенератор ГТГ-1,5А	1	4,0 0,55	9,2 1,74	6,0 4,5	АИР112МВ6А2У2 АИР71В6У2

Для захисту електродвигунів від коротких замикань та перевантажень застосовані апарати керування і захисту (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5

Пускозахисна апаратура

Назва споживача	$P_н$, кВт	$I_н$, А	Тип автоматичного вимикача	$I_н$, А	Тип магнітного пускача	Тип теплового реле
Бункер сухих кормів БСК-10	0,55	1,74	ВА2001-3Р-С-2А	2	ПМЛ-1200О4Б	РТЛ-1007-О4
Кормороздавач	0,55	1,69	ВА2001-3Р-С-2А	2	ПМЛ-1200О4Б	РТЛ-1007-О4
Завантажувальний транспортер ТУУ-2А	1,5	3,52	ВА2001-3Р-С-4А	4	ПМЛ-1200О4Б	РТЛ-1008-О4
Транспортер скребковий для посліду НКЦ-7-12-02	4,0	8,5	ВА2001-3Р-С-10А	10	ПМЛ-1200О4Б	РТЛ-1014-О4
Транспортер збору яєць ТСЯ-20	0,55	1,74	ВА2001-3Р-С-2А	2	ПМЛ-1200О4Б	РТЛ-1007-О4
Машина яйцесортувальна МСЯ-1М	0,25	1,04	ВА2001-3Р-С-2А	2	ПМЛ-1200О4Б	РТЛ-1007-О4
Вентилятор ВО-Ф-7,1А	0,37	1,1	ВА2001-3Р-С-2А	2	–	–
Теплогенератор ГТГ-1,5А	4,0 0,55	9,2 1,74	ВА2001-3Р-С-16А	16	ПМЛ-1200О4Б ПМЛ-1200О4Б	РТЛ-1014О4 РТЛ-1007О4

2.4 Силова мережа

Вибір перерізу проводів та кабелів виконують за умовою нагрівання тривалим розрахунковим струмом і перевіряють за допустимою втратою напруги і за умовою відповідності перерізу проводу за механічною міцністю. Вибір марки і перерізу проводки виконують за умовою:

$$I_{доп} \geq k_o \sum \mathrm{I_н}., \qquad (2.1)$$

де $I_{доп}$ - тривало допустимий струм провідника, А;

K_o - коефіцієнт одночасності роботи приймачів;

$I_н$ –номінальний (розрахунковий) струм приймача, А.

Проводи і кабелі, які застосовані в пташнику, наведені в табл. 2.6.

Для розподілу електричної енергії за різними лініями, захисту ліній від перевантажень і струмів короткого замикання в мережах трифазного струму напругою 380/220В використовують розподільні пристрої.

Таблиця 2.6

Проводи і кабелі в пташнику

Назва машини	Тип електродвигуна	$I_н$, А	Марка кабеля до машини	$I_{доп.}$, А	S, мм^2	Марка кабеля до вводу в приміщення	$I_{доп.}$, А	S, мм^2
Бункер сухих кормів БСК-10	АИР71В6У2	1,74	АВВГ (4х2,5)	19	2,5	АВВГ (3х10+1х6)	70	10
Кормороздавач	АИР71А4У2	1,69	АВВГ (4х2,5)	19	2,5			
Завантажувальний транспортер ТУУ-2А	АИР80В4У2	3,52	АВВГ (4х2,5)	19	2,5			
Транспортер скребковий для посліду НКЦ-7-12-02	АИР100L4СУ2	8,5	АВВГ (4х2,5)	19	2,5			
Транспортер збору яєць ТСЯ-20	АИР71В6У2	1,74	АВВГ (4х2,5)	19	2,5			
Машина яйцесортувальна МСЯ-1М	АИР63В6У2	1,04	АВВГ (4х2,5)	19	2,5			
Вентилятор ВО-Ф-7,1А	АИРП-80-А6У2	1,1	АВВГ (4х2,5)	19	2,5			
Теплогенератор ГТГ-1,5А	АИР112МВ6А2У2 АИР71В6У2	9,2 1,74	АВВГ (4х2,5)	19	2,5			

Пункти розподільні ПР11 призначені для розподілу енергії, захисту при перевантаженнях і струмах короткого замикання грунтових ліній з глухозаземленою нейтраллю. План силового електрообладнання пташника представлено на рис. 2.2.

Вибираний стандартний розподільний пристрій ПР11-3097-54УХЛ2 з 8 групами і номінальним струмом автоматичних вимикачів ВА47-29М-3Р 16 А.

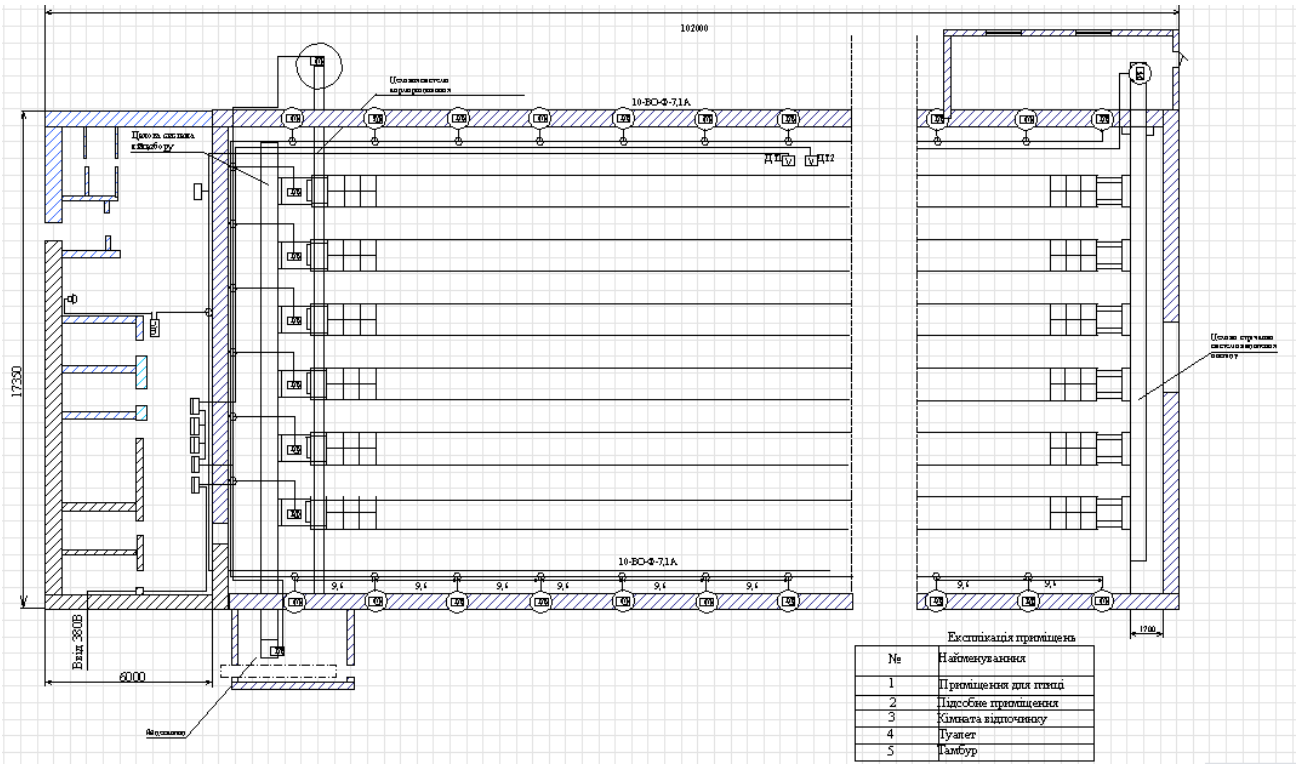


Рис. 2.1. План силового електрообладнання пташника

Вибираний стандартний розподільний пристрій ПР11-3097-54УХЛ2 з 8 групами і номінальним струмом автоматичних вимикачів ВА47-29М-3Р 16 А.

2.5 Освітлення пташника

За умовами навколишнього середовища пташники належать до категорії особливо сирих приміщень із хімічно агресивним середовищем.

Для освітлення пташника застосовуються світильники НСП03 із енергозберігаючими люмінесцентними лампами лампами типу КЛЛ. Світильник НСП03 за кривою сили світла відносяться до типу М (рівномірного світлорозподілу, тобто на всі боки сила світла становить 159,2 кд при еталонному джерелі світла зі світловим потоком в 1000 лм). ККД в нижню півсферу становить 45 %. У ці світильники можуть бути встановлені енергозберігаючі компактні лампи КЛЛ, які мають цоколь Е27. Потужність цих ламп 11, 13, 15, 18, 22, 24, 28 Вт, а світлові потоки: Ф - 600, 700, 850, 950, 1100 1250, 1600 лм.

Для керування й регулювання світлового режиму дня в пташниках найбільш широке застосування одержали пристрої програмного керування

світлом типу «Регсов», що дозволяють імітувати світанок і сутінки плавно або ступінчасто.

Для прокладки освітлювальної мережі в пташнику з вогким агресивним середовищем вибираний кабель АВВГ (кріплення скобами) й провід АПВ, що прокладається в сталевих трубах або в лотках по будівельних конструкціях [11].

Освітлювальний щит встановленя поблизу основного робочого входу в приміщення в місцях недоступних для випадкового ушкодження, а також з урахуванням підходу повітряних ліній і центру навантаження.

Вимикачі також встановлені біля дверей на висоті 1,5 м [12] від підлоги, але так, щоб вони не закривалися відкритими дверми, штепсельні розетки встановлюють на висоті 0,8 від підлоги.

Як апаратуру керування електричним освітленням пташника прийняті освітлювальні щитки однофазних груп з автоматичними вимикачами на лініях, що відходять.

План мережі електроосвітлення наведено на рис. 2.2.

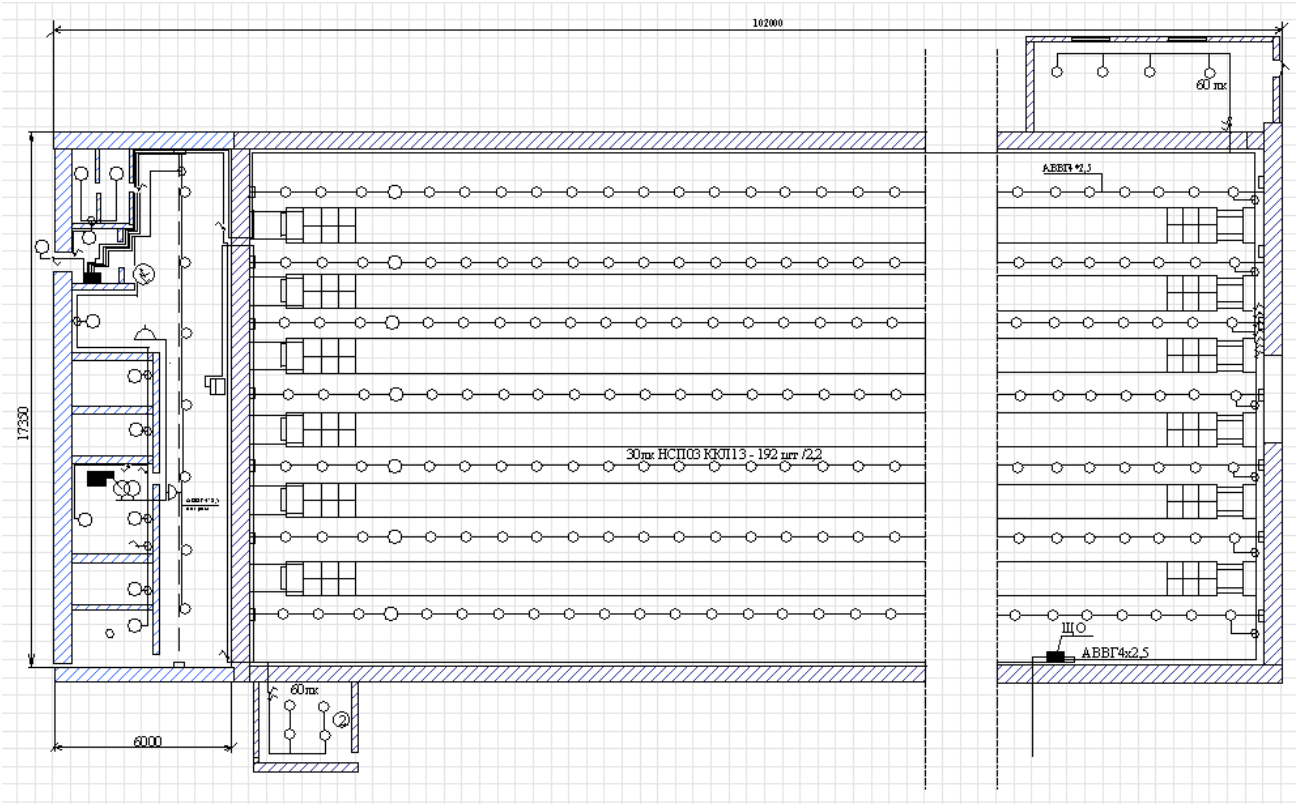


Рис. 2.2 План мережі електроосвітлення пташника

2.6. Навантаження на вводі пташника

Для визначення площі перерізу проводів та потужності живлячої трансформаторної підстанції необхідно провести розрахунок електричних навантажень ферми, що проектується.

Розрахунок електричних навантажень проводимо методом графіка навантажень [4].

Споживана активна потужність електродвигуна , кВт:

$$P_c = \frac{P_н \cdot K_з}{\eta}, \qquad (2.2)$$

де $P_{н.}$ – номінальна потужність електродвигуна.

η – ККД електродвигуна.

$K_з$ – коефіцієнт завантаження.

Споживана реактивна потужність електродвигуна , кВАр:

$$Q_{спож.} = P_c \cdot tg\varphi, \qquad (2.3)$$

де $tg\varphi$ – кут, який відповідає значенню коефіцієнта потужності.

Розрахункові навантаження пташника наведені в таблиці 2.7.

Півгодинний максимум визначають за ділянкою, де протягом півгодини споживча потужність найбільша. Підсумок розрахункових навантажень проводимо за денним максимумом, оскільки денні розрахункові навантаження в більші вечірніх, або дорівнюють вечірнім.

Визначаємо повну потужність виробничого комплексу за формулою:

$$S = \sqrt{1{,}06\sum P^2 + \sum Q^2}, \qquad (2.4)$$

де 1,06 – коефіцієнт, що враховує втрати потужності в мережі (6 %).

$$S = \sqrt{1{,}06 \cdot 26{,}78^2 + 13{,}76^2} = 30{,}81 кВА.$$

Якщо птахофабрика має 9 пташників, то повна потужність буде 277,3 кВА.

Отже, вибираємо КТП 10/04 з трансформатором ТМ –250 кВА.

Таблиця 2. 7

Електричні навантаження пташника

Назва споживача	$P_{сп.}$, кВт	$Q_{сп.}$, кВАр	Час роботи за добу, год.	Години доби																						
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Кормороздавачі	4,68	3,36	3						■							■						■					
Транспортер роздачі кормів	1,92	1,0	3						■							■						■					
Шнек бункера	0,8	0,56	3						■							■						■					
Яйцесортувальна машина	0,42	0,32	1								■																
Яйцезбиральний транспортер	0,8	0,56	1								■																
Вентилятори	10,96	5,93	24	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Теплогенератор	5,68	2,91	12	■	■	■	■	■	■	■													■	■	■	■	■
Робоче освітлення	2,74	–	17					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
Чергове освітлення	0,2	–	7	■	■	■	■																		■	■	■

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПТАШНИКА

3.1 Аналіз стану питання з регулювання параметрів мікроклімату в пташниках

Температура, відносна вологість та швидкість руху повітря - основні параметри, що впливають на фізіологічний стан і продуктивність тварин. Підтримка необхідної температури - одна з необхідних умов для нормального протікання обміну речовин в організмі тварин, порушення ж теплового режиму негативно позначається на прояві всіх життєвих процесів [15].

Стан мікроклімату в приміщеннях протягом року змінюється. Найважливішим фактором регульованого мікроклімату є повітрообмін, за допомогою якого підтримується необхідна температура, відносна вологість і чистота повітря усередині приміщень. Однак існуючі нині системи управління мікрокліматом ще не забезпечують виконання всіх зоогігієнічних вимог і потребують подальшого вдосконалення.

У розробку теоретичних основ промислового птахівництва великий внесок внесли С.І. Боголюбський, Н. В. Пигарєв таінші. Дослідженню санітарно-гігієнічних умов утримання тварині птиці, обгрунтування вибору параметрів мікроклімату в приміщення присвячені роботи А. К. Скороходько, Н. М. Комарова, І. М. Голосова, А. К. Данілової, В. М. Селянського, Ю. М. Крилова та інших дослідників [15].

Великим внеском у розробку теоретичних основ автоматизації мікроклімату в тваринницьких і птахівничих приміщеннях внесли такі вчені, як Р. М. Славін, В .Н. Андріанов, А. В. Дьомін, І. І. Мартиненко, Л. Г. Прищеп, І. М. Бируля, Д. Н. Бистрицький, О. Н. Горячев, Д. Н. Мурусідзе, Ю. Н. Пчолкін, Г. П. Сірий та інші.

Необхідність подальшого вдосконалення систем для створення оптимального мікроклімату обумовлена необхідністю розробки і впровадження автоматизованних систем управління виробничими процесами на птахофабриках з великим поголів'ям птиці, різноманітністю технології

утримання птиці, обумовленої видовими і статево особливостями її, а також об'ємом виробництва і зонально-кліматичними умовами.

3.2 Розрахунок вентиляції і опалення пташника

Вихідними даними для вибору типу й необхідної кількості вентиляторів є $L_в$ – годинна витрата повітря, м³/год; $H_р$ – розрахунковий напір вентилятора, Па.

Внаслідок того, що в результаті життєдіяльності птахів у приміщенні пташника накопичується велика кількість надлишкової вологи, вуглекислоти й надлишкового тепла (у теплу пору року), і всі ці шкідливості можна вилучити із приміщення тільки за допомогою вентиляційної системи, тому годинну норму потреби повітря на вентиляцію приміщення необхідно визначати для кожної шкідливості окремо, а отримані результати порівняти і для подальшого проектування вибрати найбільше значення.

Розрахунок вентиляційного повітря, необхідного для видалення надлишкової вологи, виконується за формулою [4]:

$$L_{вл} = \frac{K_1 w_{nm} n K_w}{d_в \varphi_в - d_з \varphi_з}, \quad (3.1)$$

де K_1 –коефіцієнт, який враховує випаровування вологи з підлоги, листів, полиць, K_1=1,14;

K_w – коефіцієнт вологовидалення при $t_в$; оскільки $t_в$=16 ºС, то =1;

w_{nm} – кількість вологи, яку виділяє один птах за годину; w_{nm} =5,1 г/с при $t_в$=16 °С;

n – число курей у приміщенні, n=51216 шт.;

$d_в$, $d_н$ – вологовміст повітря усередині пташника та на вулиці при розрахункових температурах $t_в$=16 °С, $t_н$=-20 °С (у зимовий час) і $t_в$=10 °С (осінній). Вологість усередині пташника дорівнює 70 %; на вулиці 30 %; $d_{16\,°C}$= 13.6 г/м³; $d_{-20\,°C}$=0,88 г/м³

$$L_{вл} = \frac{1{,}14 \cdot 5{,}1 \cdot 38412 \cdot 1}{0{,}75 \cdot 13{,}6 - 0{,}88 \cdot 0{,}3} = 22332{,}7 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Витрата повітря для видалення надлишкової вуглекислости, яка виділяється організмом птахів, визначається за формулою [4]:

$$L_{вк.} = \frac{K_{CO2} m_{пт} n}{C_2 - C_1}, \quad (3.2)$$

де K_{CO2}. – коефіцієнт, враховуючий виділення вуглекислоти на листах, підлогою та інших місцях [4]; K_{CO2}=1,2;

$m_{пт}$ – кількість вуглекислоти, яка виділяється одним птахом;

C_2 – допустимі концентрації у повітрі пташника

C_2 = 0,25 %; на вулиці C_1=0,03 %.

$$L_{вк.} = \frac{1{,}2 \cdot 1{,}54 \cdot 1{,}7 \cdot 38412}{0{,}0025 - 0{,}0003} = 54852{,}3 \text{ м}^3/\text{ год.}$$

Кількість вентиляторного повітря при для видалення надлишкового тепла із пташника в літню пору ($t_в$=30 °С) визначається за формулою [4]:

$$L_т = \frac{(q_{пт} m - Q_{огр})(1 + \alpha_m \theta_В)}{C(\theta_В - \theta_{з.})}, \quad (3.3)$$

де $q_{пт}$ – тепловиділення одного птаха, $q_{пт}$ = 28,5 кДж/год.

α_m – коефіцієнт розширення повітря при підвищенні температури на 1º С; $K_т$ = 0,003666;

$\theta_в$, $\theta_з$ – температура в літню пору, $\theta_в$=30 ºС, $\theta_н$=24 °С.

Втрати теплоти через зовнішні огорожі визначають за формулою:

$$Q_{огр} = q_0 V(\theta_в - \theta_з), \quad (3.4)$$

де q_0 – теплова характеристика приміщення, q_0= 2,1 кДж/м^3: V – об'єм приміщення, V=5184 м^3.

$$Q_{огр} = 2{,}1 \cdot 5184(30 - 24) = 65318 \text{ кДж.}$$

$$L_т = \frac{(28{,}5 \cdot 38412 - 65318)(1 + 0{,}003666 \cdot 30)}{1(30 - 24)} = 190443 \text{ м}^3/\text{ год.}$$

За розрахункову витрату вентиляційного повітря приймаємо 184000 м^3/год, виходячи з необхідної кількості повітря з видалення надлишкового тепла із пташника в літню пору. При виборі вентилятора для притоково-витяжної системи необхідно матина увазі, що кури бояться протягів, тобто подача вентиляційного повітря повинна здійснюватися з малими швидкостями та з невеликим напором. Приймаємо швидкість повітря v=4 м/с.

Як показує практика, для створення оптимального повітряного режиму в пташниках необхідно мати низьконапірні осьові вентилятори із плавним регулюванням швидкості обертання напору, що дозволяє раціонально використовувати вентилятори для регулювання мікроклімату при зміні внутрішньої та зовнішньої температури повітря. Тому для подачі вентиляційного повітря вибираємо 20 вентиляторів ВО-Ф-7,1А продуктивністю 10000 м^3/год.

Визначимо необхідний тиск вентилятора при діаметрі трубопроводу діаметром 150 мм [7].

Динамічний напір визначається за формулою:

$$p_0 = \rho v^2/2(1+f\theta_з), \quad (3.5)$$

де p_0 – динамічний напір, v – швидкість повітря.

$$p_0 = 1{,}29 \cdot 4^2/2(1+1/273 \cdot 25) = 9{,}45 \text{ Па}.$$

Статичний напір

$$p_c = 2{,}0 \cdot 64{,}8 \cdot 41{,}924/1501{,}0494(1/1+f\theta_з)0{,}825 = 9{,}0 \text{ Па},$$

де p_c – статичний напір, v – швидкість повітря, D – 150 мм діаметр повітропроводу, l – довжина повітропроводу, l=64,8 м.

Повний напір

$$p = 9{,}45+9{,}0 = 18{,}5 \text{ Па}.$$

Отже, для подальших розрахунків приймаємо:

1. У зимову пору року необхідна кількість вентиляторного повітря з урахуванням підсмоктування К= 1,1, яке підлягає підігріванню, становить [8]:

$$L_в = 1{,}1L = 1{,}1 \cdot 54852 = 60337 \text{ м}^3/\text{год}.$$

2. У теплу пору року кількість вентиляційного повітря, яка необхідна для видалення надлишкового тепла із приміщення пташника, становить $L_в$=184874 м^3/год.

Напір вентилятора при цьому p=18,5 Па, швидкість повітря усередині повітропровода 4 м/с, на виході в приміщенні $v_в$= 0,5 м/с.

Завданням вентиляційно - опалювальної системи є підтримка в приміщенні пташника температури 16 °С за вологості повітря 70 – 75 %, при температурі зовнішнього повітря -20 °С та вологості $w_з$ = 30 %.

Кількість тепла, яка необхідна для обігрівання приміщення пташника в холодну пору року, визначається за рівнянням теплового балансу [7,8]:

$$Q_{пт}+Q_{оп}=Q_{огр}+Q_{в}+Q_{вип}, \quad (3.6)$$

звідки

$$Q_{оп}=Q_{огр}+Q_{в}+ Q_{вип}-Q_{пт}, \quad (3.7)$$

де $Q_{оп}$ – тепло від опалювальної системи, кДж/год;

$Q_{огр}$ – тепло, що втрачається через огородження приміщення, кДж/год;

$Q_{в}$ – тепловтрати з вентиляційним повітрям, кДж/год;

$Q_{вип}$ – тепловтрати на випаровування вологи в приміщенні, кДж/год;

$Q_{пт}$ – тепло, яке виділяється організмами птахів, кДж/год.

Визначення тепловтрат через огородження приміщення виконується за формулою:

$$Q_{огр} = \sum K_i F_i (\theta_в - \theta_з) = (K_c F_c + K_{ст} F_{ст} + K_п F_п + K_в F_в)(\theta_в - \theta_з), \quad (3.8)$$

де K_c – коефіцієнт тепловтрат через стіни, $К_с$=2,8 кДж/м²;

F_c – площа стін, м²; F_c=2 (96 + 18)·3,0=684 м²;

$К_{ст}$ – коефіцієнт тепловтрат через стелю $K_{ст}$ =1,6 кДж/м²;

$F_{ст}$ – площа стелі,м²; $F_{ст}$= 96·18=1728 м²;

$К_п$ – коефіцієнт тепловтрат через підлогу, $К_п$ =0,8 кДж/ м²;

$F_п$ – площа підлоги, м²;

$К_в$ – коефіцієнт тепловтрат через ворота, двері, вікна, $К_в$=8,4 кДж/м²;

$F_в$ – площа воріт, м² $F_в$ =5·3=15 м²; вікон немає.

Тоді

$Q_{огр.}$ = (2,8·2(96+18)·3,0+1,6·96·18+0,8·96·l8+8,4·3·5)(16+20)= =802000 кДж/год.

Визначення тепловтрат на підігрівання вентиляційного повітря визначається за формулою:

$$Q_в=L_в c\gamma(\theta_в-\theta_з), \quad (3.9)$$

де $L_в$ – об'єм вентиляційного повітря в холодну пору року

c – теплоємність повітря, c=1 кДж/ кг·° С;

γ – густина повітря, кг/м³; γ = 1,22 кг/м³.

$Q_в$=60337·1·1,22(16-(-9))=1840279 кДж/год.

Визначення тепловтрат на випаровування вологи виконується за формулою:

$$Q_{вип}=K_w W_{пт} nr, \quad (3.10)$$

де $W_{пт}$ – кількість вологи, яка виділяється організмом одного птаха, $W_{пт}$ =5,1 г/год;

n – кількість курей у приміщенні, n = 38412 шт.;

K_w – коефіцієнт, який враховує випаровування вологи на стінах, годівниць листів, поїлок K_w = 0,14

r – питома теплота випаровування води, r = 2260 кДж/кг.

$Q_{вип}$=0,14·5,1·2260·38412·10^{-3}=61983 кДж/год.

Визначення кількості тепла, яке виділяється організмом птахів, проводиться за формулою [8]:

$$Q_{пт}= q_n m K_t, \quad (3.11)$$

де q_n - кількість тепла, яке виділяється 1 кг живої маси птахів, кДж/год·кг; q_n = 28,5 кДж/год·кг;

m - середня маса одного птаха, кг; m=1,7 кг

K_t – коефіцієнт, який враховує зміна тепловиділення зі зміною температури (у літній період при θ= 30 °С K_t = 0,87).

Тепловиділення птаха в холодну пору року

$Q_{пт}$ = 28,5·1,7·38412 = 1861000 кДж/год

Тепловиділення в теплу пору року:

$Q_{пт}$=28,5·1,7·38412·0,87=1619000 кДж/год.

Визначення необхідної кількості тепла для обігрівання в зимову пору року пташника при температурі зовнішнього повітря – 20 °С виконується за допомогою теплового балансу:

$Q_{оп}=Q_{огр}+Q_в+Q_{вип}-Q_{пт}$=802000+61983+1840279-1861000 =843262 кДж/год

Теплова потужність опалювальної системи для підтримання в пташнику температури повітря $\theta_в$= 16 °С при вологості 75 % і температурі зовнішнього повітря -20 °С і вологості 30 %:

$$P_{оп}=843262/3600=234 \text{ кВт}.$$

Найменші витрати засобів на експлуатацію, пристроїв та засобів керування системою забезпечення заданих параметрів мікроклімату в приміщенні досягаються, якщо системи вентиляції й опалення сполучити в єдиний комплекс.

Для опалення пташника вибираємо теплогенератор ГТГ-1,5А тепловою потужністю 175 кВт [5].

Для регенерації тепла з повітря, що відходить, у зимовий час в обладнанні додатково передбачено 2 утилізатора тепла типу РУФ - 12, продуктивність кожного по 18000 м^3/год, які дозволяють утилізувати до 50 % з тепла, що віддаляється із приміщення повітря й тим самим скоротити витрати тепла на опалення приміщення на 30 % (тобто 61,8 кВт) [1].

Внаслідок того, що в літню пору в зоні знаходження птахофабрики буває більшою спека й нижча вологість повітря, щоб забезпечити зволоження повітря, яке подається в приміщення пташника, до складу вентиляційного обладнання включено зволожуючий пристрій типу УВ – 6 у кількості 2 шт, що забезпечують гарне розпилення в повітрі по 60х2=120 кг/год вологи [3].

У зоні сухого жаркого клімату в літню пору повітря необхідно не тільки зволожити, але й охолодити.Охолодження повітря також досягається розпиленням у повітрі вологи з наступним її випаровуванням. Випаровувальне охолодження повітря дозволяє просто й без значних витрат значною мірою розв'язати цю проблему.

3.3 Розрахунок електропривода вентилятора ВО-Ф-7,1А

Вибір електродвигуна для привода виконується, виходячи із встановленої потужності для виконання функцій привода та режиму роботи з урахуванням умов навколишнього середовища.

Необхідна потужність електродвигуна вентилятора визначається за формулою [5, 8]:

$$P = K_з \frac{L_в p_в}{\eta_в \eta_п}, \tag{3.12}$$

де $K_з$ – коефіцієнт запасу. $K_з$=1,1–1,15 (для осьових вентиляторів)

L_B – розрахункова продуктивність вентилятора, м^3/с, $L_в$=6500 м^3/год;

$p_в$ – розрахунковий напір вентилятора, $p_в$= 63 Па;

$\eta_в$ – ККД вентилятора; $\eta_в$=0,67;

$\eta_п$ – ККД передачі; $\eta_п$= 1,0.

$$P = \frac{1{,}15 \cdot 10000 \cdot 63}{3600 \cdot 1000 \cdot 0{,}67 \cdot 1} = 0{,}3 \text{ кВт}.$$

Виходячи із розрахункової потужності двигуна вентилятора та необхідної частоти обертання (n =940 об/хв) вибираємо двигун АИРП80-А6У2, потужністю 0,37 кВт [5].

Технічна характеристика двигуна:

$P_н$ =0,37 кВт; n =900 об/хв.; $I_н$ =1,1 А; η =67,5 %; cosφ =0,78; $\frac{I_{пуск}}{I_н} = 4$, $\frac{M_{пуск}}{M_н} = 1{,}4$, $\frac{M_{\min}}{M_н} = 1{,}6$, $\frac{M_{\max}}{M_н} = 2$.

Визначаємо час пуску двигуна графоаналітичним методом. Для цього будуємо механічну характеристику електродвигуна і робочої машини.

Вентилятор працює в тривалому режимі. Механічна характеристика вентилятора є залежністю моменту статичних опорів, які він створює, від кутової швидкості приводного вала. Механічну характеристику вентилятора називають вентиляторноюхарактеристикою:

$$M_c = M_o + (M_{сн} - M_o)(\omega/\omega_н)^2, \quad (3.13)$$

де M_0 – початковий момент;

$M_{сн}$ – момент статичних опорів при номінальній кутовій швидкості;

$\omega, \omega_н$ – задане і номінальне значення кутової швидкості.

$$\omega_н = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3{,}14 \cdot 900}{30} = 94{,}2, \quad c^{-1} \quad (3.14)$$

$$M_{сн} = \frac{P_н}{\omega_н} = 2{,}6 \quad Н \cdot м. \quad (3.15)$$

$$M_0 = 0{,}1 M_{сн} = 0{,}26 \quad Н \cdot м. \quad (3.16)$$

Визначають момент статичних опорів вентилятора при різних значеннях кутової швидкості (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1

Розрахунок механічної характеристики вентилятора

ω, c^{-1}	0	20	40	60	80	100
M_c, Н·м	0,26	0,37	0,68	1,2	1,9	2,9

Механічна характеристика вентилятора наведена на рис. 3.1.

Механічну характеристику електродвигуна будуємо за п'ятьма характерними точками:

1. S = 0, M = 0, Н·м; ω_c=104,67 c^{-1};

$$S_н=(n_o - n_н)/n_o , \quad (3.17)$$

де n_o – синхронна частота обертання, n_o = 1000 об/хв;

$n_н$ - номінальна частота обертання.

$s_н$ = (1000-900)/1000 = 0,1 ; $\omega_н$=94,2 c^{-1};

$$M_н= 9550\, P_н /n_н ; \quad (3.18)$$

де $P_н$ - номінальна потужність двигуна, $P_н$ = 0,37кВт;

$$M_н= 9550\cdot 0,37/900 = 3,91 \text{ Н·м.}$$

3. Критичне ковзання:

$$S_k = \frac{S_i + \sqrt{S_i \cdot \frac{\mu_{\hat{e}} - 1}{\mu_1 - 1}}}{1 + \sqrt{S_i \cdot \frac{\mu_{\hat{e}} - 1}{\mu_1 - 1}}}, \quad (3.19)$$

$$\mu_1 = \mu_к / \mu_п = 1,43;$$

$$S_k = \frac{0,1 + \sqrt{0,1 \cdot \frac{2-1}{1,43-1}}}{1 + \sqrt{0,1 \cdot \frac{2-1}{1,43-1}}} = 0,39.$$

$$\omega_к = 63,4\ c^{-1}.$$

Максимальний момент двигуна

$$M_к = \mu_к M_н, \quad (3.20)$$

$$M_к = 2, \cdot 3,91 = 7,82 \text{ Н·м.}$$

4. Точка мінімального моменту

S_{min} = 0,8 , $\omega_{мін}$=20,9c^{-1}; μ_{min} = 1,4;

$$M_{min} = \mu_{min} M_н; \quad (3.21)$$

$$M_{min} = 1,6 \cdot 3,91 = 6,26 \text{ Н·м}.$$

5. Пуск двигуна:

$S_{пуск} = 1$; $\omega_{пуск} = 0$ с$^{-1}$;

$$M_{пуск} = \mu_п M_н; \quad (3.22)$$

$$M_{пуск} = 1,4 \cdot 3,91 = 5,47 \text{ Н·м}.$$

З урахуванням допустимого зниження моментів (М′ на рис. 2.1):

1. $S = 0$; $M' = 0$ Н·м;
2. $S_н = 0,1$; $M'_н = 3,91$ Н·м;
3. $S_к = 0,39$; $M'_к = 0,9 \cdot M_к$; $M'_к = 7,04$Н·м ;
4. $S_{min} = 0,8$; $M'_{min} = 0,8 \cdot M_{min}$; $M'_{min} = 5$ Н·м ;
5. $S_{пуск} = 1$; $M'_{пуск} = 0,85 \cdot M_{пуск}$; $M'_{пуск} = 4,65$ Н·м .

З урахуванням допустимого відхилення напруги – 5% (М" на рис. 2.1):

1. $S = 0$; $M'' = 0$ Н·м;
2. $S_н = 0,1$; $M''_н = 0,9^2 \cdot M'_н$; $M''_н = 2,14$Н·м;
3. $S_к = 0,39$; $M''_к = 0,9^2 \cdot M'_к$; $M''_к = 6,33$ Н·м ;
4. $S_{min} = 0,8$; $M''_{min} = 0,9^2 \cdot M'_{min}$; $M''_{min} = 4,51$ Н·м ;
5. $S_{пуск} = 1$; $M'_{пуск} = 0,9^2 \cdot M'_{пуск}$; $M''_{пуск} = 4,19$ Н·м .

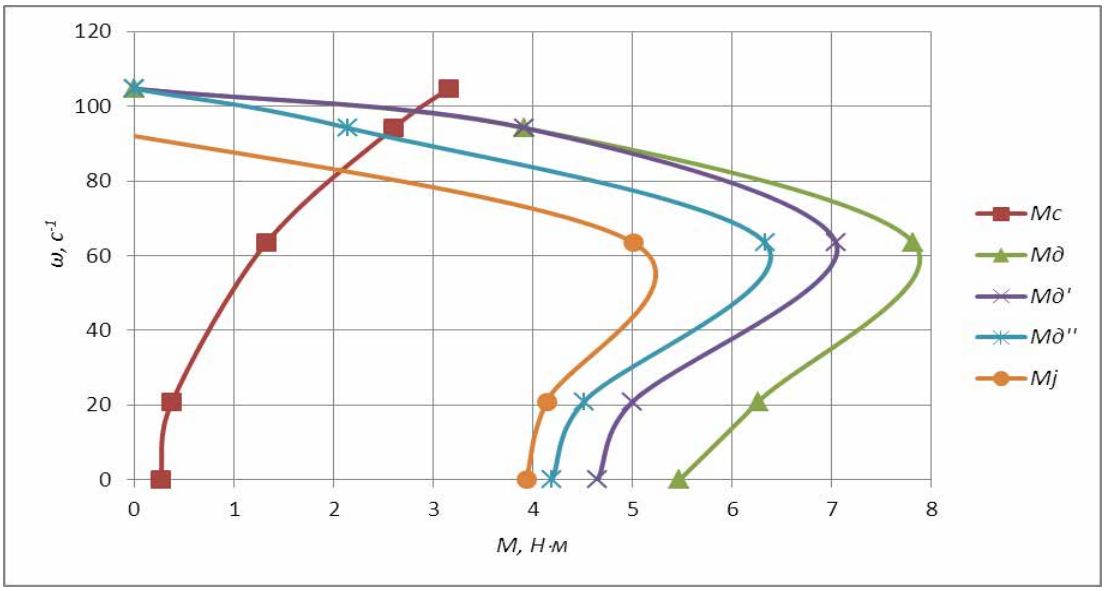


Рис.3.1. Визначення часу пуску електродвигуна вентилятора

Час пуску двигуна визначають графоаналітичним методом [9]. Для цього знаходять значення динамічного моменту:

$$M_j = M_g'' - M_c \,. \tag{3.23}$$

Характеристику динамічного моменту розділимо на 9 ділянок. Приріст часу на кожній ділянці визначають за формулою:

$$\Delta t_i = \frac{J \cdot \Delta\omega_i}{M_{jccp}}, \quad c; \tag{3.24}$$

де J – зведений момент інерції привода, кг·м^2;

$\Delta\omega_i$ – приріст кутової швидкості, с$^{-1}$;

M_{jcpi} – середнє значення динамічного моменту на ділянці, Н·м.

Зведений момент інерції електропривода визначають за формулою:

$$J = J_p + J_{p.м}, \tag{3.25}$$

де J_p – момент інерції ротора;

$J_{pм}$ – момент інерції вентилятора.

$$J = 0{,}0017 + 0{,}007 = 0{,}0087 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Розрахунок часу пуску двигуна

$\Delta\omega_i$	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$M_{дин.ср}$	4	4	4,2	4,4	4,7	5	4,8	3,8	1,5
Δt_i	0,022	0,022	0,021	0,02	0,019	0,017	0.018	0,023	0,058

Час пуску двигуна визначають за формулою:

$$t = \sum_{i=1}^{9} \Delta t_i = 0{,}22 \text{ с}. \tag{3.26}$$

Перевищення температури двигуна під час пуску становить:

$$\tau = 8{,}0 \cdot 0{,}22 = 1{,}8 \,°\text{C}, \tag{3.27}$$

що менше допустимого значення (80 °С).

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ У ПТАШНИКУ

4.1 Теоретичне огрунтування розробки

4.1.1 Способи регулювання продуктивності вентиляційних установок

Повітрообмін в приміщеннях регулюють зміною продуктивності вентиляторів, яке забезпечується [14]: зміною кількості одночасно працюючих вентиляторів; зміною частоти обертання вентиляторів; зміною поперечного перерізу повітропроводу.

Наведені методи регулювання випливають із залежності:

$$L = NS\upsilon\,, \tag{4.1}$$

де N – кількість вентиляторів, які працюють в приміщенні, шт;

υ – швидкість руху повітря в повітропроводі, м/с;

S – поперечний переріз повітропроводу, м^2.

Регулювати частоту обертання двигуна вентилятора можна зміною підведеної напруги, числа пар полюсів та частоти струму.

Спосіб регулювання частоти обертання приводного двигуна зміною напруги на статорі базується на квадратичній залежності між моментом асинхронного двигуна і величиною напруги.

Напругу на статорі змінюють за допомогою автотрансформаторів або тиристорних перетворювіачів напруги.

При ковзаннях, менших за критичне $s < s_K$, момент електродвигуна пропорційний квадрату напруги і ковзанню:

$$M \equiv U^2 s\,. \tag{4.2}$$

При постійному моменті у відносних одиницях можна записати:

$$s = \frac{1}{U_*^2}\ . \tag{4.3}$$

Таким чином, зниження напруги призводить до зниження частоти обертання приводного двигуна і робочого колеса вентилятора. При цьому

способі регулювання застосовують двигуни з підвищеним ковзанням, які мають м'які механічні характеристики (рис. 4.1).

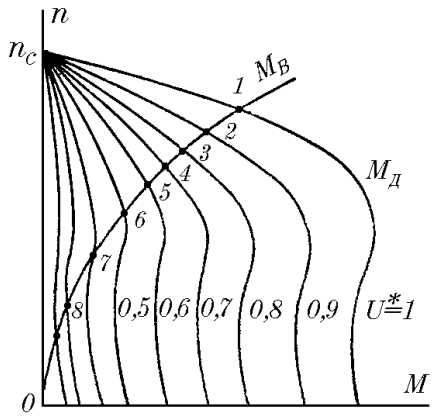


Рис. 4.1. Регулювальні характеристики привода вентилятора при регулюванні частоти обертання зміною підведеної напруги

При зміні числа пар полюсів змінюється частота обертання приводного двигуна (вентилятора). Перевагою цього метода регулювання є відсутність втрат на регулювання та збереження жорсткості механічних характеристик (рис. 4.2, *а)*. До недоліків можна віднести ступінчасте регулювання продуктивності вентилятора та погіршення техніко-економічних показників в області малих ковзань.

Регулювати продуктивність вентилятора можна зміною частоти струму, оскільки частота обертання двигуна прямо пропорційна частоті струму живлячої мережі. Нині розроблено багато малогабаритних перетворювачів частоти, які дають можливість їх установки на окремі вентилятори. Для того, щоб при регулюванні частоти обертання приводних двигунів вентиляторів їх енергетичні показники були оптимальними, необхідно змінювати одночасно напругу та частоту струму за законом $\frac{U}{f^2} = const$.

При цьому рівняння механічної характеристики двигуна має вигляд [14]:

$$M_д = \frac{2M_{KH}\dfrac{K_U^2}{\alpha^2}\left(1+\dfrac{\varepsilon}{\alpha}\right)}{\dfrac{s\alpha}{s_{KH}}+\dfrac{s_{KH}}{s\alpha}+2\dfrac{\varepsilon_H}{\alpha}}, \qquad (4.4)$$

де $K_U = \frac{U}{U_H}$ – відносне значення напруги;

$\alpha = \frac{f}{f_H}$ – відносне значення частоти струму;

$\varepsilon = s_{KH} \frac{R_1}{R_2'}$ – відповідно, критичне ковзання двигуна, активні опори фази статора та ротора, зведені до статора.

Регулювальна діаграма вентилятора при зміні частоти струму показана на рис. 3.2, *б, в*.

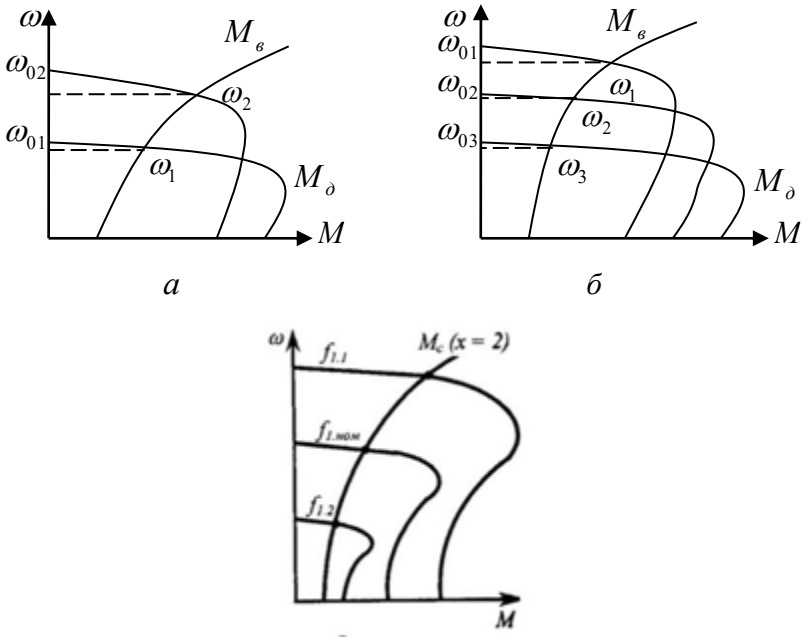


Рис. 4.2. Регулювальні діаграми вентиляторів:

а – при зміні числа пар полюсів; *б* – при зміні частоти струму без регулювання напруги; *в* – при зміні частоти струму і регулюванні напруги за законом $\frac{U}{f^2} = const$

Продуктивність вентиляційної установки можна регулювати, змінюючи поперечний переріз повітропроводу за допомогою заслінки. При застосуванні заслінки збільшується опір у повітропроводі (рис. 3.3, крива 2), що призводить до зниження продуктивності вентилятора.

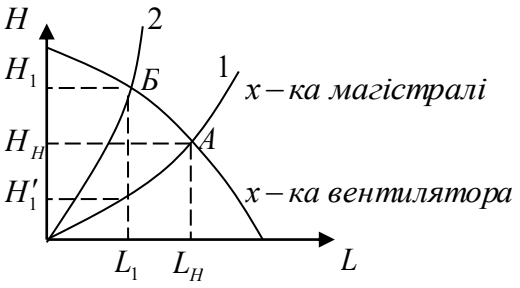


Рис. 4.3. Характеристика вентилятора при зміні площі перерізу повітропроводу

При цьому способі регулювання продуктивності вентиляційних установок максимум втрат складає 38,5 % від номінальної потужності, що в 2,25 рази більше порівняно з першими двома способами [14].

4.1.2 Теоретичні дослідження роботи вентиляційної установки «Клімат-47» з перетворювачем частоти

При регулюванні кутової швидкості зміною частоти струму жорсткість механічної характеристики, а значить, і ковзання двигуна залишаються практично незмінними, тому перепад швидкості $\Delta\omega = \omega_0 s \approx \omega_0 s_{ном} = const$.

Тоді змінні втрати потужності при вентиляторній механічній характеристиці робочої машини:

$$\Delta P_v = M_{ном}\left(\frac{f}{f_{ном}}\right)^2 \omega_0 s_{ном}\left(1 + R_1 \Big/ R_2^{'}\right) = \Delta P_{vнно}\left(\frac{f}{f_{ном}}\right)^2. \qquad (4.5)$$

При частотному способі регулювання швидкості асинхронного двигуна робоче ковзання двигуна залишається невеликим у всьому діапазоні регулювання. Тому втратами в сталі ротора можна знехтувати і вираз для втрат у сталі при регулюванні за законом $\frac{U}{f^2} = const$ матиме вигляд:

$$\Delta P_{ст} = \Delta P_{ст1} + \Delta P_{ст2} \approx \Delta P_{ст1ном}\left(\frac{U}{U_{ном}}\right)^2\left(\frac{f_1}{f_{1ном}}\right)^{1,3} = \Delta P_{ст1ном}\left(\frac{f^2}{f_{ном}^2}\right)^2\left(\frac{f_1}{f_{1ном}}\right)^{1,3} = \Delta P_{ст1ном}\left(\frac{f^2}{f_{ном}^2}\right)^{5,,3}. \qquad (4.6)$$

Відношення втрат потужності при номінальній до втрат потужності при неномінальній частоті запишеться виразом:

$$\frac{\Delta P}{\Delta P_{ном}} = \frac{\Delta P}{\Delta P_{v\,ном}(\alpha+1)} = \frac{1}{\alpha+1}\left(\alpha\left(\frac{f}{f_{ном}}\right)^{5,3} + \left(\frac{f}{f_{ном}}\right)^{2}\right). \qquad (4.7)$$

При зміні частоти від 50 до 10 Гц постійні втрати в двигуні зменшуються в 8400 разів, змінні – в 25 разів, повні – в 40 раз.

Тому електроприводи вентиляторів з частотно-регульованим приводом споживають меншу потужність, ніж при регулюванні напругою, завдяки чому споживання електроенергії установкою зменшується.

4.2 Експериментальні дослідження вентиляційної установки «Клімат-47»

Експериментальні дослідження проводилися з метою порівняння енергетичних характеристик електроприводів з регулятором напруги та регулятором частоти та аналізу їх з точки зору енергозбереження. Дослідження проводилися за схемами, наведеними на рис. 4.4. і 4.5.

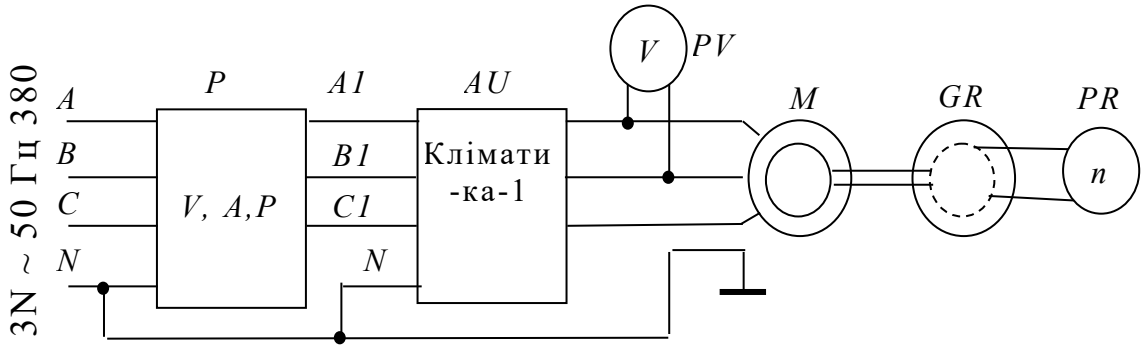


Рис. 4.4. Схема вмикання апаратів і приладів для дослідження електропривода вентилятора при живленні від перетворювача напруги

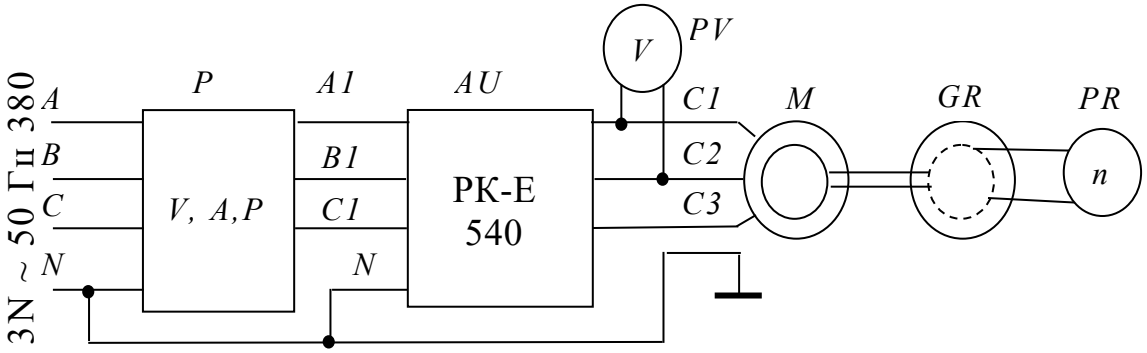


Рис. 4.5. Схема вмикання апаратів і приладів для дослідження електропривода двох вентиляторів типу ВО-Ф-7,1А при живленні від перетворювача частоти

Таблиця 4.1

Перелік засобів вимірювальної техніки для досліджень

№ п/п	Назва приладу	Тип	Заводський номер	Клас точності	Дата повірки
1	Комплект для вимірювання струму, напруги і потужності	Д552	1728	0,5	09.02
2	Комплект для вимірювання струму, напруги і потужності	К515	2233	0,5	09.02
3	Вольтметр	Ц33	8600981	0,5	08.01
4	Тахометр	И0-10	2209	2,5	08.01
5	Стробоскоп	DD-201	300825	1,0	08.02
6	Секундомір	Agat	62327	2,5	04.02

Досліджувалися залежності споживаних з мережі потужності і струму та частоти обертання вентилятора від підведеної до двигуна напруги або частоти струму.

При дослідженні асинхронного двигуна АИРП80А6У2, який застосовується для привода осьових вентиляторів ВО-Ф-7,1А, напругу на двигуні змінювали за допомогою тиристорного перетворювача напруги станції керування „Кліматика -1” в межах від 120 до 380 В. При цьому вимірювали струм, потужність, коефіцієнт потужності і частоту обертання двигуна. За результатами досліджень отримали залежності у відносних одиницях $I^*=f(U^*)$, $P^*=f(U^*)$, $n^*=f(U^*)$, $\cos\varphi=f(U^*)$, $K_з=f(U^*)$.

При дослідженні впливу частоти струму на характеристики двигуна АИРП80А6У2 застосовували перетворювач частоти струму фірми ”Mitsubishi”. Частоту струму змінювали в межах від 10 до 50 Гц. При цьому вимірювали струм, потужність, коефіцієнт потужності і частоту обертання двигуна. За результатами досліджень отримали залежності у відносних одиницях $I^*=f(f^*)$, $U^*= f(f^*)$, $P^*=f(f^*)$, $n^*=f(f^*)$, $\cos\varphi=f(f^*)$, $K_з=f(f^*)$.

Досліди виконували в трикратній повторності. Середнє значення вимірюваних величин наведено в таблицях А1, А2 та А3 додатка А.

За результатами досліджень розраховано повну споживану потужність S , коефіцієнт потужності $cos\varphi$ та ковзання двигуна s.

На рис. 4.6 показані залежності споживаного струму, потужності і частоти обертання електродвигуна привода осьового вентилятора ВО-Ф-7,1А від напруги у відносних одиницях.

На рис. 4.7 показані залежності споживаного струму, потужності і частоти обертання електродвигуна привода осьового вентилятора ВО-Ф-7,1А від частоти струму у відносних одиницях.

За результатами досліджень визначено відношення потужності, що споживається електроприводами з мережі при живленні їх від перетворювача напруги до потужності, споживаної при живленні від перетворювача частоти (таблиця А.4 додатку А). Отримана залежність наведена на рис. 4.8.

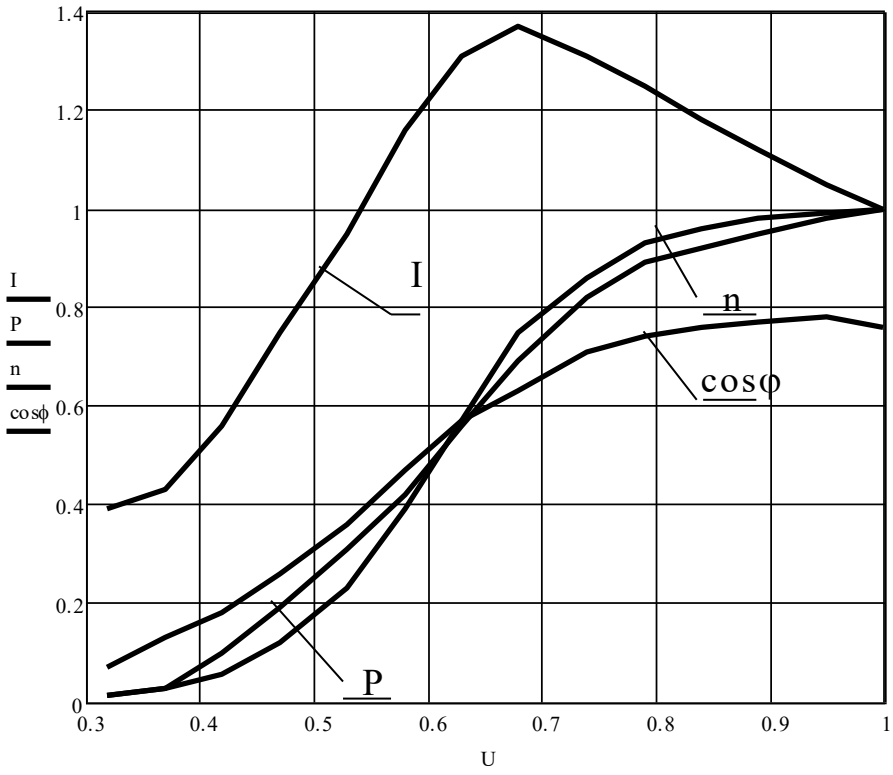


Рис. 4.6. Залежності струму, потужності і частоти обертання асинхронного електродвигуна осьового вентилятора від напруги у відносних одиницях

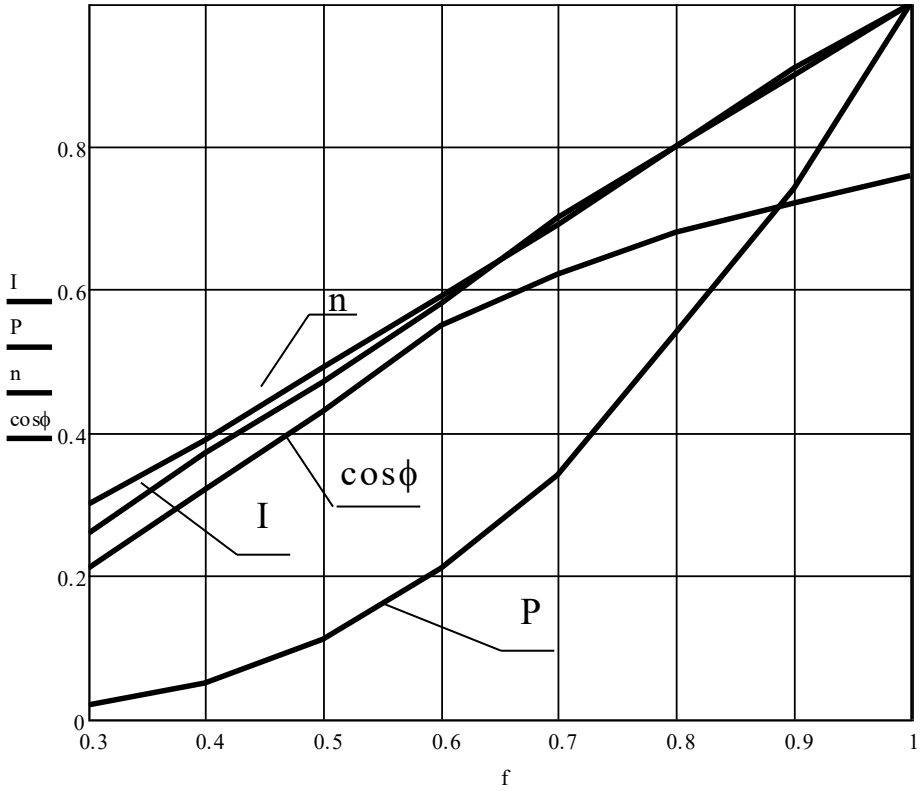


Рис. 4.7. Залежності струму, потужності і частоти обертання асинхронного електродвигуна осьового вентилятора від частоти струму у відносних одиницях

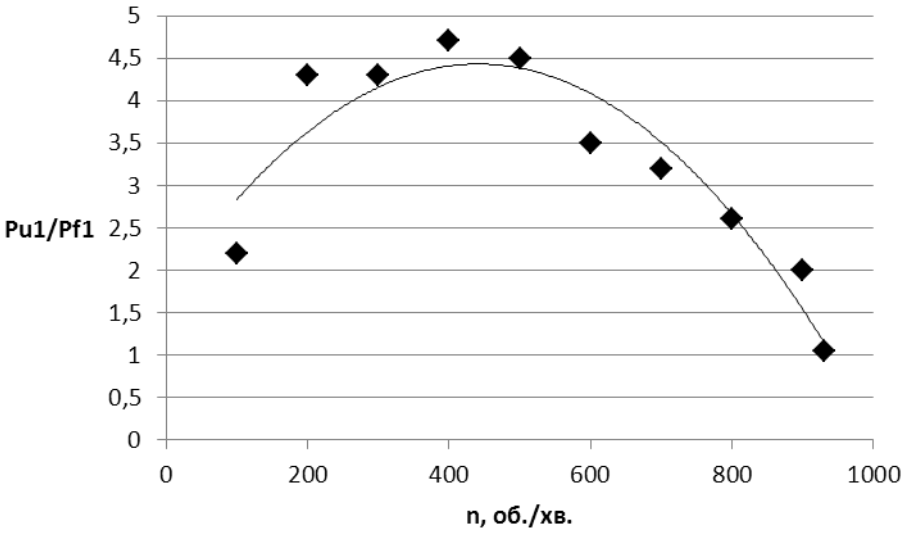


Рис. 4.8. Залежність потужності, споживаної електродвигунам при живленні від перетворювача напруги, до потужності, споживаної при живленні від перетворювача частоти

4.4 Розроблення системи автоматичного регулювання параметрів мікроклімату у пташнику

Проведені дослідження показали, що застосування перетворювача частоти в системі автоматичного керування вентиляцією в пташнику має значні переваги порівняно із існуючою системою з тиристорним перетворювачем напруги.

Для цієї системи був вибраний перетворювач частоти VFD055E43A (рис. 4.9).

Частотний перетворювач VFD055E43A - це електронний пристрій, призначений для зміни частоти електричного струму (напруги). Частотний перетворювач складається з інвертора і випрямляча.

Основні технічні характеристки перетворювача: номінальна потужність двигуна - 5,5 кВт; номінальний вихідний струм, постійний момент - 13 А; вихідна частота - 0,1 ... 600 Гц; розміри - 130,0 х 260,0 х 169,2 мм; спосіб управління - S P W M; час розгону / уповільнення - 0,1 ... 600, с;

Частотний перетворювач має три аналогових входи, чотири багатофункціональних виходи (2 транзисторних і 2 релейних), по одному імпульсному і аналоговому виходу. Можливості управління: частотний і векторний алгоритм для розімкнених і замкнених систем, пряме керування моментом, виведення даних на п’ятирозрядний дисплей, автоматичний перезапуск, синхронізація з двигуном, компенсація ковзання і автоматичний підйом початкового пускового моменту, кілька варіантів автотестування.

Цей перетворювач має: компактну конструкцію – забезпечує монтаж на DIN-рейку; простоту в обслуговуванні і введенні в експлуатацію; ПІД-регулятор; вольт-частотне управління. Формування характеристики V/f за трьома точками; вбудований РЧ-фільтр класу В; вбудований RS-485 (MODBUS); комунікаційні адаптери для мереж ProfiBus, DeviceNet, LonWork і CANopen, опціональний виносний пульт PU06 і програмне забезпечення VFD PC; можливість активації векторного режиму шляхом перешивки firmwar.

Принципіальна електрична схема системи автоматичного регулювання параметрів мікроклімату наведена на рис. 4.10.

За основу розробки було взято конструкцію і схемне рішення серійної станції ТСУ-2-КЛУ3.

Схема має автоматичний вимикач QF1, призначений для захисту від струмів короткого замикання, та перемикач SA для перемикання режимів роботи (робота в керованому або некерованому режимі роботи).

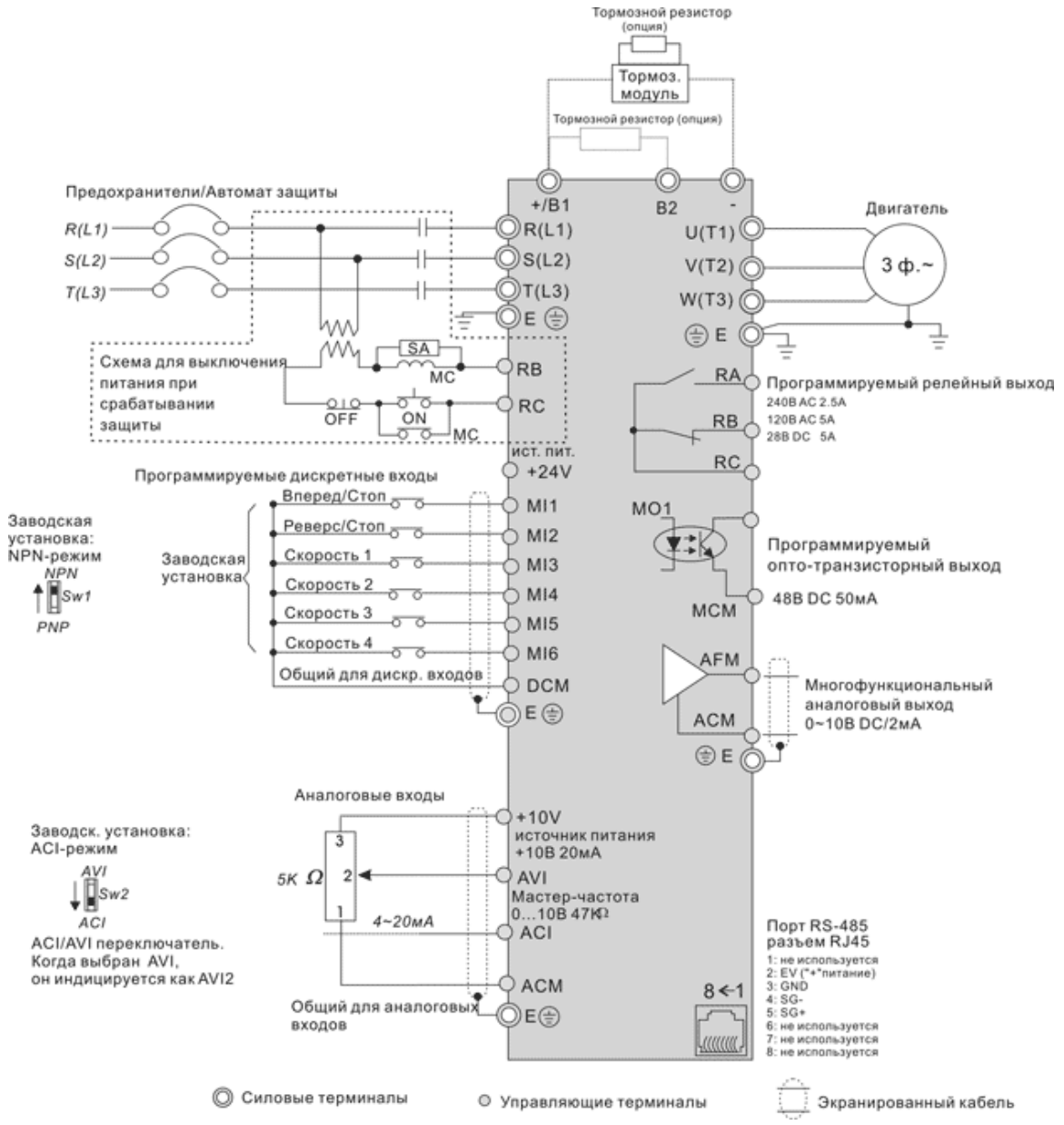


Рис. 4.9. Перетворювач частоти VFD055E43A

У керованому режимі двигуни вентиляторів отримують живлення від перетворювача частоти AF.

Робота перетворювача частоти передбачена у ручному і автоматичному режимі. При роботі в ручному режимі перетворювач керується від вбудованого

потенціометра, а в автоматичному режимі – від мідного термометра опору ТСМ з нормуючим перетворювачем.

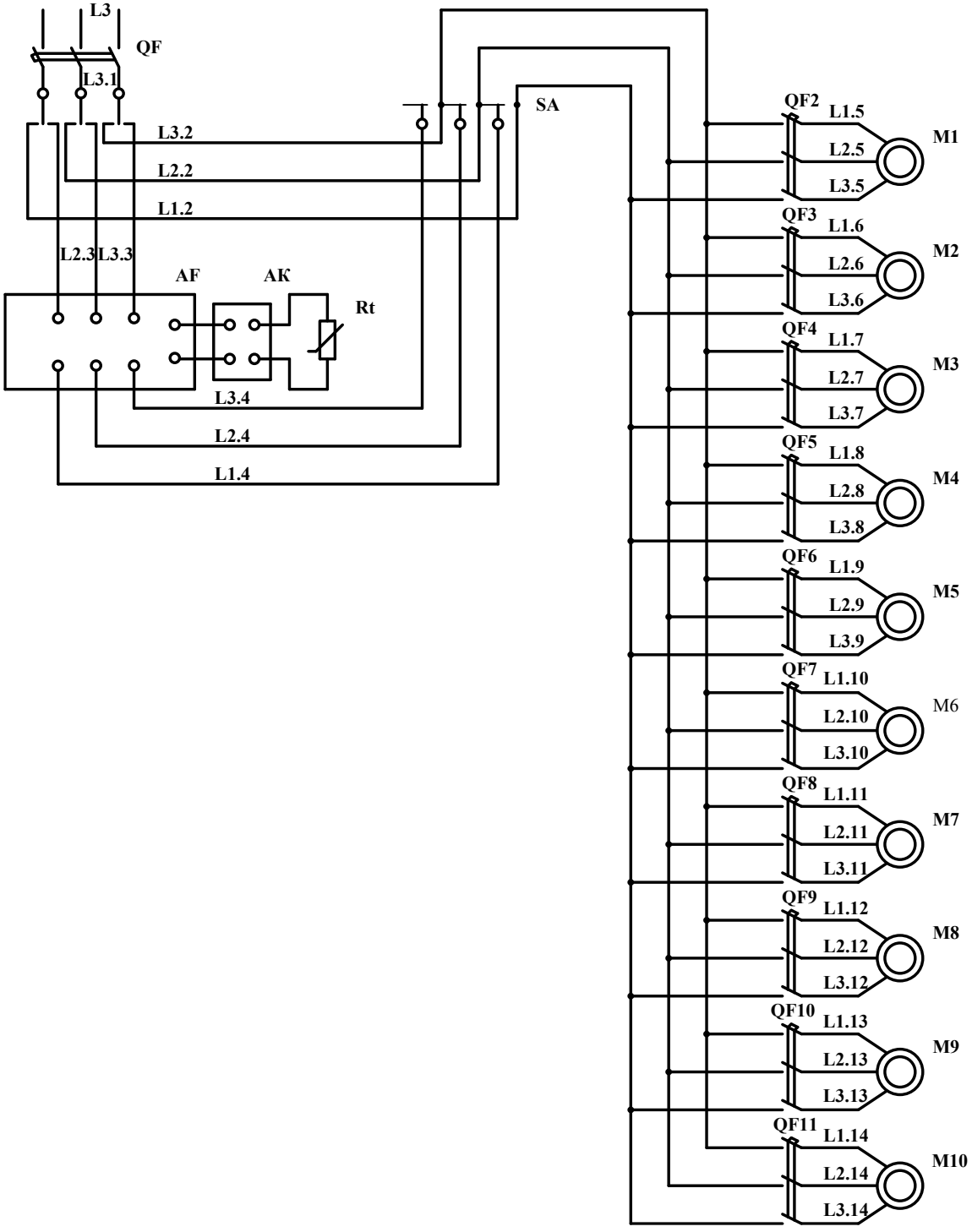


Рис. 4.10. Принципіальна електрична схема системи автоматичного регулювання параметрів мікроклімату

При налагодженні частотний перетворювач програмується так, щоб закон регулювання напруги від зміни частоти був $U \equiv f^2$.

При роботі в некерованому режимі двигуни вентиляторів отримують живлення від мережі живлення.

Перетворювач частоти захищається від перевантаження вбудованим в нього блоком захисту. Електродвигуни вентиляторів, як і в існуючих станціях керування, від струмів короткого замикання і перевантажень захищаються автоматичними вимикачами, змонтованими поряд з вентиляторами.

4.5. Дослідження впливу станцій керування вентиляційними установками на форму кривої напруги живлення

Перетворювачі напруги та частоти струму є електроспоживачами з нелінійною вольт-амперною характеристикою. Такі споживачі споживають струм, форма якого суттєво відрізняється від синусоїдальної, що може призвести до таких наслідків:

1. Перегрів і ймовірне руйнування нульових робочих провідників кабельних ліній внаслідок перевантаження струмами третьої гармоніки.

2. Спотворення форми синусоїдальної напруги живлення.

3. Гармоніки, які генерує нелінійне навантаження, обумовлюють додаткові втрати електроенергії в трансформаторах.

4. В умовах несинусоїдальності струмів погіршуються умови роботи батарей конденсаторів, призначених для компенсації реактивної потужності.

5. Скорочення терміну служби електроустаткування, що обумовлюється тепловим і електричним старінням ізоляції.

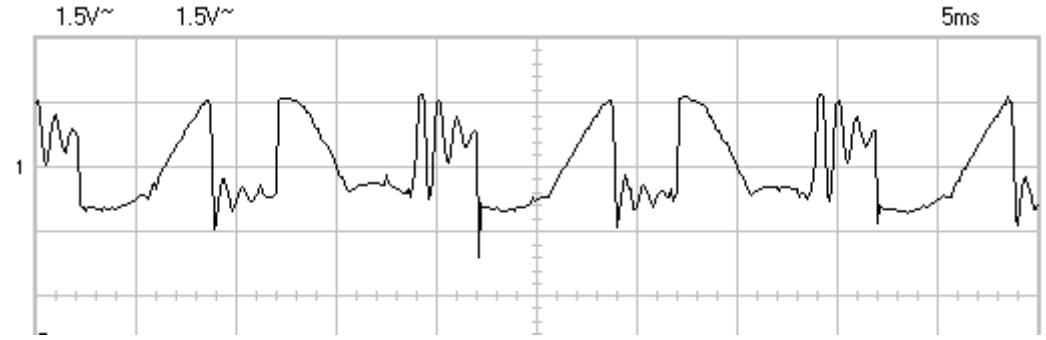
6. Проходження вищих гармонік струму обмотками генераторів та по мережі живлення викликає в них додаткові втрати потужності та нагрівання.

7. Вищі гармоніки погіршують роботу пристроїв захисту та зв’язку.

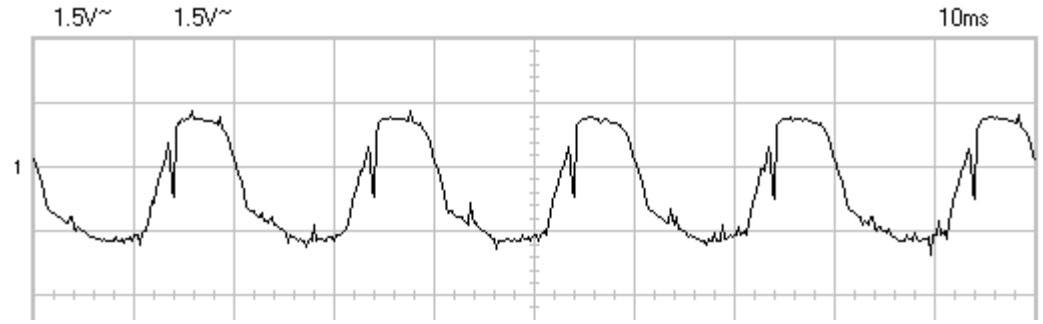
Дослідження впливу тиристорного перетворювача напруги і частоти струму струму на форму кривої напруги мережі живлення здійснювали за допомогою цифрового осцилографа Vellman та цифрового мультиметра DMK-32.

Проведені дослідження електропривода осьового вентилятора ВО-Ф-7,1А з тиристорним перетворювачем напруги станції керування „Кліматика -1” показали, що напруга на виході тиристорного перетворювача є несинусоїдальною (рис. 4.11).

Крива струму в мережі при живленні двигуна від тиристорного перетворювача напруги показана на рис. 4.11, а результати спектрального аналізу струму - на рис. 4.12. При напрузі до 200 В присутні п’ята, сьома, одинадцята, тринадцята, сімнадцята і дев’ятнадцята гармоніки, від 200 до 300 В - п’ята, сьома, одинадцята і тринадцята гармоніки, більше 300 В - п’ята і сьома гармоніки. Таким чином, чим вища напруга, тим менше вищих гармонік у струмі.



а



б

Рис. 4.11. Крива струму при живленні асинхронного електродвигуна від тиристорного перетворювача напруги:

а – 160 В; *б* – 380 В

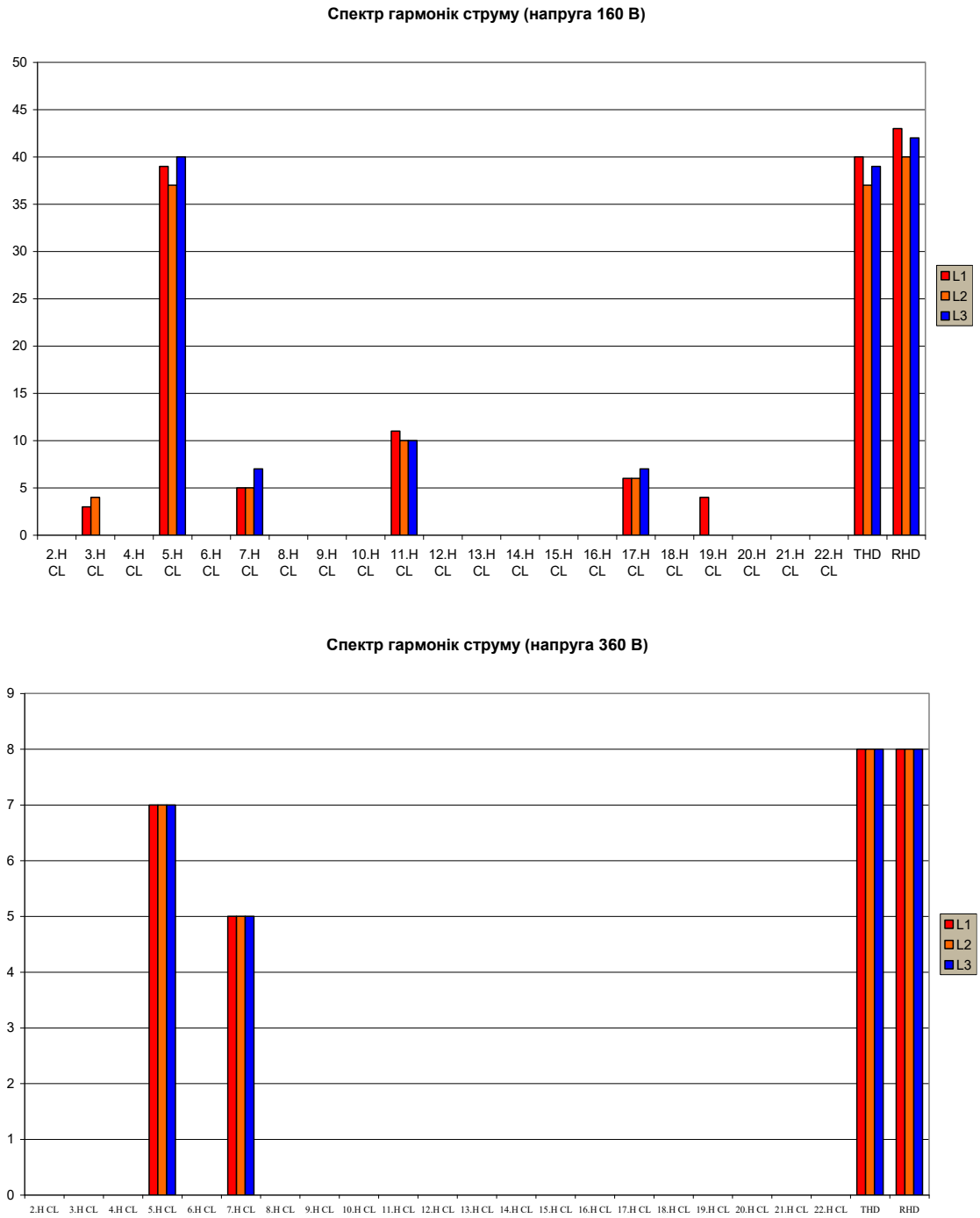
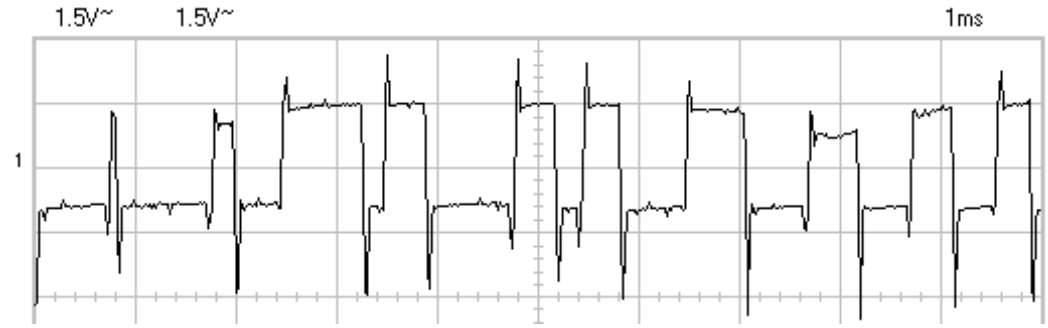


Рис. 4.12. Вищі гармоніки стуму при живленні асинхронного електродвигуна від тиристорного перетворювача напруги

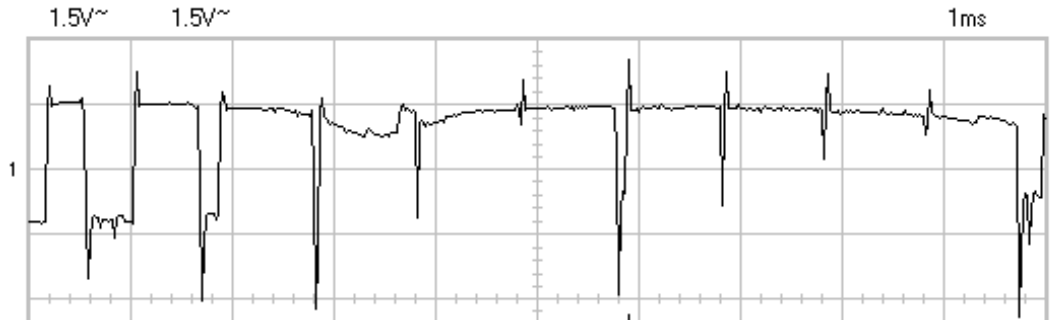
Були проведені дослідження електропривода осьового вентилятора ВО-Ф-7,1А з перетворювачем частоти струму. Вони показали, що напруга на виході перетворювача частоти струму є також несинусоїдальною (рис. 3.14).

Крива струму в мережі при живленні двигуна від перетворювача частоти струму показана на рис. 4.13, а результати спектрального аналізу струму - на

рис. 4.14. При частоті струму до 20 Гц присутні з другої по дванадцяту гармоніки, від 20 до 35 Гц – з третьої по вісімнадцяту і двадцять перша гармоніки, більше 35 Гц - шістнадцята і вісімнадцята гармоніки. Таким чином, чим вища частота струму, тим менше вищих гармонік у ньому.



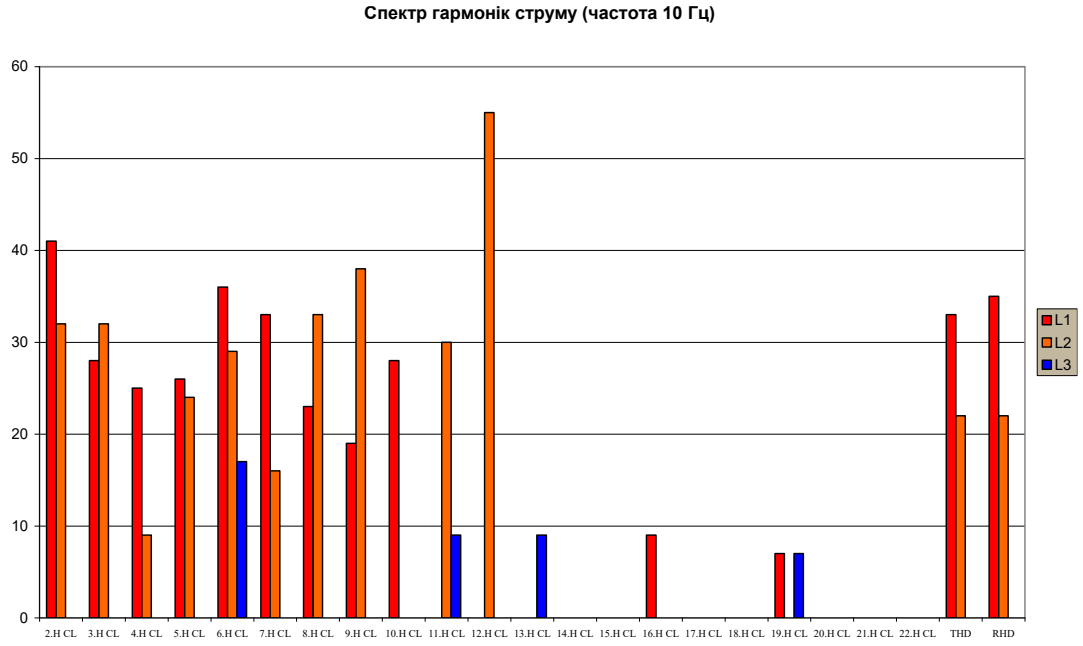
а



б

Рис. 4.13. Криві стуму при живленні асинхронного електродвигуна від перетворювача частоти:

а – 10 Гц; *б* – 50 Гц



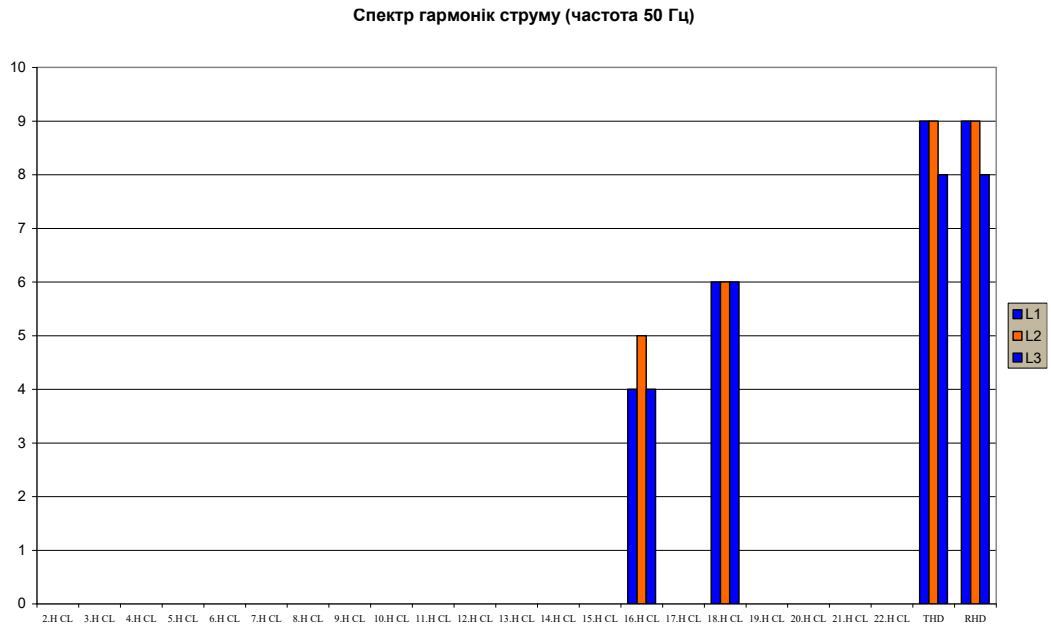


Рис. 4.14. Вищі гармоніки струму перетворювача частоти

РОЗДІЛ 5

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ПТАШНИКУ

На стадії проектування необхідно вибирати електродвигуни необхідної потужності. Електродвигун заниженої потужності швидко виходить з ладу, а завищеної потужності неефективно перетворюють електроенергію, мають високі питомі втрати потужності в самому двигуні та в мережі живлення (низький cosφ). Помилка при виборі електродвигуна може призвести до значних збитків.

Перехід на енергозберігаючі двигуни, в яких за рахунок збільшення маси активних матеріалів (заліза і міді) підвищені номінальні значення ККД і cosφ, зиеншує втрати енергії.

Необхідно виключати необґрунтовані режими холостого ходу. Під холостим ходом у цьому випадку розуміють роботу електродвигуна як при від'єднаному механізмі, так і при механізмі, що не виконує корисної роботи.

Перехід нерегульованого електропривода до регульованого також зменшує втрати енергії. Аналіз енергетичних характеристик елементів силового каналу електропривода показує, що принципово є два шляхи для зменшення енергоспоживання: за рахунок зниження втрат в силових перетворювачах електропривода і за рахунок регулювання технологічних показників робочої машини при зміні швидкості двигуна. Фактично другий шлях призводить до зниження втрат енергії в робочій машині, яка при регулюванні швидкості точніше з точки зору енергетичних витрат пристосовується до вимог технологічного процесу. При переході до регульованого електропривода економія енергії часто досягається за рахунок того технологічного процесу, який привод обслуговує, причому економія інколи у багато разів перевищує власне споживання електроприводом.

Існують і інші шляхи енергозбереження в електроприводах, такі як підвищення якості ремонту електродвигунів, використання перемикання

обмоток електродвигуна з ,,трикутника,, на ,,зірку” при неповному завантаженні, застосування синхронних двигунів тощо.

В освітлювальних установках енергозбереження забезпечується переходом на енергозберігаючі лампи.

Автоматизація технологічних процесів також сприяє зменшенню споживання електричної енергії.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Загальні положення

На птахофабриці створюється служба охорони праці, яку очолює інженер з охорони праці.

Проводяться такі види інструктажу: ввідний, первинний, на робочому місці, повторний, позаплановий і поточний. Ввідний інструктаж проводять головні спеціалісти господарства за галузями. На робочому місці безпосередні керівники конкретних ділянок робіт.

Електротехнічний персонал навчений безпечним прийомам праці і щорічно проходить перевірку знань ПТБ.

До виробничих шкідливих і небезпечних факторів відносяться: запиленість і підвищена вологість повітря, шум, зниження і підвищення температури тощо. Всі ці фактори впливають на стомленість та стійкість до хвороб обслуговуючого персоналу.

В процесі роботи електричного і технологічного обладнання можливі різні травми пов’язані з ураженням електричним струмом або шкідливими небезпечними виробничими фактори. Наприклад, виступаючі і рухомі частини обладнання. Для усунення травматизму відкриті обертові частини механізмів необхідно закрити кожухами або загородити від вільного доступу.

Проектований об’єкт – пташник є особливо сирим приміщенням із хімічно активним середовищем.

Пташник відноситься до особливо небезпечних приміщень стосовно небезпеки ураження людей електричним струмом.

Пташник за ступенем пожежної безпеки відноситься до класу пожежної зони ІІІ і вибухонебезпечної Д.

6.2 Заходи з охорони праці

Для усунення небезпечних та шкідливих факторів розроблено такі технічні та організаційні заходи:

- забезпечення робочих місць місцевим освітленням;

· захист від проникнення до обертових частин машин і механізмів шляхом установлення огороджень і захисних блокувань;

· запобігання вибуху в разі виникнення небезпечної концентрації пари на дільницях просочування, сушіння та фарбування шляхом установлення вибухобезпечних світильників і монтажу електропроводки в стальних трубах;

· видалення із приміщень шкідливих газів та забезпечення припливу свіжого повітря шляхом монтажу системи вентиляції, яка складається з витяжних і припливних вентиляторів;

· захист від ураження електричним струмом шляхом монтажу заземлювального пристрою на вводі до виробничого об’єкта, занулення металевих частин обладнання, а також використання електрозахисних засобів;

· захист споруди від прямих ударів блискавки шляхом спорудження системи блискавкозахисту;

· установлення пожежних кранів, щитів з інвентарем для гасіння пожежі та оснащення окремих приміщень і робочих місць вогнегасниками.

Обслуговуючий персонал забезпечується спецодягом та індивідуальними засобами захисту.

Під час ремонту або техогляду обладнання на щитах управління і шафах вивішуються плакати: „Не вмикати – працюють люди”.

Для надання первинної долікарської допомоги потерпілому в диспетчерській передбачено два комплекти медичних аптечок, які своєчасно наповнюються медикаментами.

Для безпеки праці при обслуговуванні електроустановок проектом передбачено забезпечення обслуговуючого персоналу основними і додатковими засобами захисту, розрахунок яких приведений в таблиці 6.1.

В цій роботі індивідуальні засоби захисту від ураження електричним струмом обслуговуючого персоналу птахофабрики розраховані відповідно з вимогами ПТБ і ПТЕ.

6.3 Розрахунок заземлюючого пристрою трансформаторної підстанції

Проектом передбачається встановлення заземлюючого пристрою на ТП 10/0,4 кВ. Вихідними даними для розрахунку є: потужність ТП 10/0,4 кВ: Sтп =

250 кВА; кількість ліній; кількість повторних заземлювачів 1;2; питомий опір верхнього шару грунту, ρ1 = 270 Ом·м; питомий опір нижнього шару грунту, ρ2 = 140 Ом·м; товщина верхнього шару грунту, h1 = 3,5 м; довжина лінії напругою 10 кВ, Lп = 7,5 км; довжина кабельної лінії 10 кВ, Lk = 11 км; -

природний заземлювач – фундамент будівлі (Sб = 1770 м2); переріз горизонтального електрода 40 х 4 мм; вертикальні електроди довжиною l=5м; діаметром d = 0,012 м.

Таблиця 6.1

Засоби захисту обслуговуючого персоналу

Найменування	Марка	Од. вим.	К-сть	Примітки
1.Штанга оперативна універсальна	ШОУ-10У1	шт.	2	
2. Кліщі ізоляційні	К-1000	шт.	2	засоби
3.Покажчик напруги	УНН-1	шт	1	захис-
4.Кліщі вимірювальні	Ц-91	шт.	2	ту збері-
5.Монтажний інструмент з ізольованими ручками	КСН4-2	ком	2	гають-ся в спец.
6.Рукавиці діелектричні		пар	2	шафі в
7.Боти діелектричні		пар	3	диспе-
8.Переносні заземлення 0,4 кВ		шт	4	тчерські
9.Килимок діелектричний 45х45 см		шт.	3	й
10. Плакати і знаки безпеки		шт	5	

Виконуємо вимоги до мережі 0,38 кВ.

Схему заміщення має вигляд:

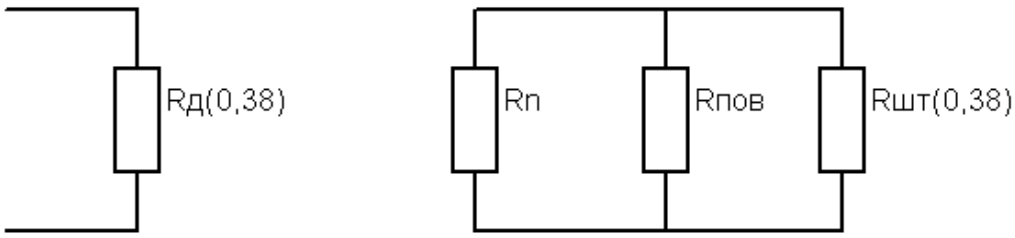


Рис. 6.1. Схема заміщення лінії 0,38 кВ

Для визначення допустимої величини опору заземлюючого пристрою визначаємо еквівалентний питомий опір двошарового грунту за формулою:

$$\rho_{екв} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot k \cdot l}{\rho_1\left(t + k \cdot l - h_1\right) + \rho_2\left(h_1 - t\right)}, \quad (6.1)$$

де к – коефіцієнт, рівний 1, коли ρ1 > ρ 2;

t – глибина залягання електрода, t = 0.8 м.

$$p_{екв} = \frac{270 \cdot 140 \cdot 1 \cdot 5}{270\left(0{,}8 + 1 \cdot 5 - 3{,}1\right) + 140\left(3{,}1 - 0{,}8\right)} = 219{,}510\, мм.$$

Тоді допустима величина опору заземлюючого пристрою з урахуванням питомого опору грунту складає:

$R_д(0{,}38) = 0{,}04 \cdot \rho_{екв} = 0{,}04 \cdot 219{,}51 = 8{,}7$ Ом.

Визначимо величину опору природного заземлювача, за який використовується залізобетонний фундамент будівлі:

$$R_n = 0.5 \cdot \frac{\rho_{екв.ф}}{\sqrt{S_є}}, \quad (6.2)$$

де $\rho_{екв.ф}$ – еквівалентний питомий опір залізобетонного фундаменту, Ом·м.

Значення $\rho_{екв.ф}$ визначаємо за формулою:

$$\rho_{екв.ф} = \rho_1\left(1 - e^{-\alpha\frac{h_1}{\sqrt{S_є}}}\right) + \rho_2\left(1 - e^{-\beta\frac{\sqrt{S_в}}{h_1}}\right), \quad (6.3)$$

де α = 3,6, β = 0,1, якщо ρ1 > ρ2.

$$\rho_{екв.ф} = 270\left(1 - e^{-3{,}6\frac{3{,}1}{\sqrt{1170}}}\right) + 140\left(1 - e^{-0{,}1\frac{\sqrt{1170}}{3{,}1}}\right) = 284{,}2\, Ом \cdot м.$$

Тоді $$R_n = \frac{0.5 \cdot 284.2}{\sqrt{1170}} = 21.68\, Ом.$$

Опір Rд(0,38) = 9,2 Ом за схемою заміщення повинен бути забезпечений з урахуванням природних заземлювачів Rn, штучних заземлювачів Rшт і сумарного опору всіх повторних заземлень повітряної лінії 0,38 кВ.

$$\frac{1}{R_{д(0,38)}} = \frac{1}{R_n} + \frac{1}{R_M} + \frac{1}{R_{пов}}. \quad (6.4)$$

Для визначення опору повторних заземлювачів складемо схему мережі 0,38 кВ (рис. 6.1).

Допустима величина сумарного опору всіх заземлюючи пристроїв повітряної лінії 0,38 кВ з урахуванням питомого опору грунту не повинна перевищувати 23 Ом.

Визначимо загальний опір заземлюючи пристроїв на лінії 1:

$$\frac{1}{R_{n1}} = \frac{1}{R_{11}} + \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_{13}} + \frac{1}{R_{14}}, \quad (6.5)$$

Оскільки R11 = R12 = R13 = R14, то

$$R_{л1} = \frac{R_{n3}}{n_{Л1}} = \frac{30}{4} = 7.5 < 23 \text{ Ом}, \quad (6.6)$$

де nл1 – кількість повторних заземлювачів.

Аналогічно:

$$R_{Л2} = \frac{R_{П3}}{n_{Л2}} = \frac{30}{4} = 7,5 < 23 \text{ Ом}; \quad (6.7)$$

$$R_{Л3} = \frac{R_{П3}}{n_{Л3}} = \frac{30}{4} = 7,5 < 23 \text{ Ом}. \quad (6.8)$$

Сумарний опір усіх заземлюючи пристроїв у мережі 0,38 кВ буде:

$$R_{пов} = \frac{R_{Л1} \cdot R_{Л2} \cdot R_{Л3}}{R_{Л1} \cdot R_{Л2} + R_{Л2} \cdot R_{Л3} + R_{Л1} \cdot R_{Л3}} = \frac{7,5 \cdot 7,5 \cdot 7,5}{7,5 \cdot 7,5 + 7,5 \cdot 7,5 + 7,5 \cdot 7,5} = 2,5\,Ом \quad (6.9)$$

Знаючи Rn і Rпов, визначаємо їх сумарне значення:

$$R_{екв} = \frac{R_n \cdot R_{пов}}{R_n \cdot R_{пов}} = \frac{20,09 \cdot 2,5}{20,09 + 2,5} = 2,22\,Ом. \quad (6.10)$$

Оскільки Rекв < Rд, то Rin(0.38) приймаємо максимальне допустиме за ПУЕ тобто:

Rшт(0,38) = 30 Ом · Rекв = 64 Ом.

Допустиму величину опору заземлюючого пристрою визначаємо за формулою:

$$R_{д10} = \frac{125}{I_з} \le 10\,Ом, \quad (6.11)$$

де $I_з = \frac{U(L_n + 35L_k)}{350}$,

де Iз – струм замикання на землю, А;

Ln, Lk – відповідно протяжність повітряних і кабельних ліній електропередач напругою 10 кВ, км.

$$I_з = \frac{10(200 + 35 \cdot 12{,}5)}{350} = 20{,}71\,кА,$$

звідси $R_{д10} = \frac{12{,}5}{20{,}71} = 6{,}04 < 10$ Ом.

Оскільки Rn < Rд10, то величина опору штучного заземлювача Rшт10 визначаємо за схемою заміщення (рис. 6.2) за формулою:

$$R_{шт10} = \frac{R_п \quad R_{д10}}{R_п \quad R_{д10}} = \frac{21{,}68 \quad 6{,}04}{21{,}68 \quad 6{,}04} = 8{,}68Ом. \qquad (6.12)$$

Після порівняння отриманих величин Rшт(0,38) і Rшт10, для розрахунку приймаємо значення, тобто Rшт = 8,64 Ом.

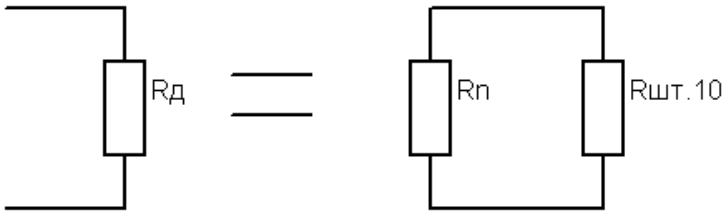


Рис. 6.2. Схема заміщення лінії 10 кВ

Визначаємо опори вертикальних і горизонтальних елементів заземлювача.

Опір одного вертикального заземлювача визначаємо за формулою:

$$R_в = \frac{K_с \cdot \rho_{екв}}{2\pi\ell}\left(\ell n\frac{2\ell}{d} + \frac{1}{2}\ell n\frac{4h+\ell}{2h-\ell}\right), \qquad (6.13)$$

де d – діаметр стержня з круглим поперечним перерізом, d = 0,012 м;

h – відстань від поверхні землі до середини стержня, м;

h = t + 0.5□ *l* = 0.8 + 0.5 · 5 = 3.3 м;

Кс – коефіцієнт сезонності, Кс = 1,15.

$$R_в = \frac{1{,}5 \quad 219{,}51}{2 \quad 3{,}14 \quad 5} \quad \ell n\frac{25}{0.012} + \frac{1}{2}\ell n\frac{4 \quad 3.1+5}{4 \quad 3.1 \quad 5} = 78.498Ом.$$

Тоді провідність буде розраховуватись за формулою:

$$g = \frac{1}{R_в}, \qquad (6.14)$$

$$g = \frac{1}{78.498} = 0.0127\ Ом^{-1}..$$

Визначаємо попередню кількість вертикальних стержнів без урахування екранування між ними:

$$n = \frac{R_в}{R_{шт}} = \frac{78{,}498}{8{,}64} = 9{,}08. \qquad (6.15)$$

Приймаємо n = 12 шт.

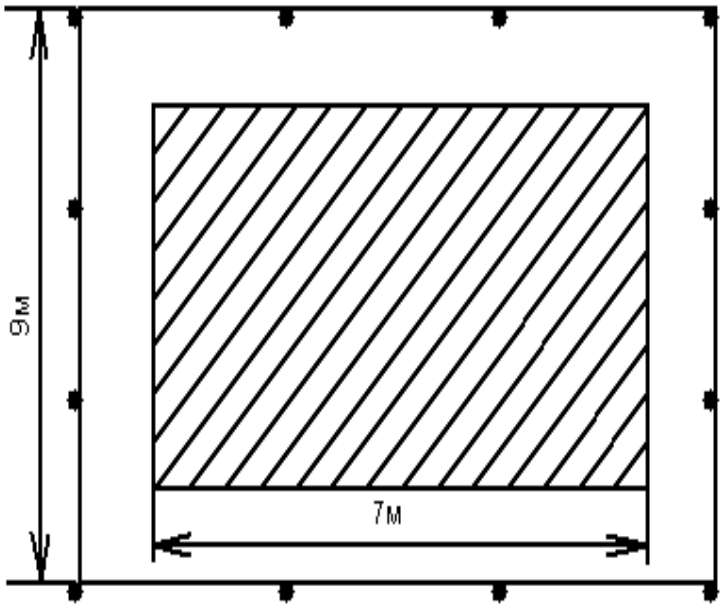


Рис. 6.3. Схема контура заземлення

Сторона контура заземлювача складає 9 м, а довжина горизонтальних елементів *l*2 = 36 м.

Для визначення опору горизонтальних елементів спочатку визначаємо еквівалентний опір грунту ρ_u з використанням лінійної інтерполяції.

$$\frac{p_1}{p_2} = 1.88; \quad \text{h1} = 3{,}1\ \text{м}; \quad l = 36\ \text{м}. \qquad (6.16)$$

1. $\frac{p_1}{p_2} = 1$; h = 3.1 м; *l*2 = 36 м; *l2* = 30 м; *l*2 = 40 м. (рис 6.4а).

$$\frac{p_{e2}}{p_2} = 1.5 - \frac{1.5 - 1.48}{40 - 30}(36 - 30) = 1.488.$$

2. $\frac{p_1}{p_2} = 5$; h = 3.1 м; *l2* = 36 м; між *l2* = 30 м і *l2*=40 м (рис.6.4.б);

$$\frac{p_{e2}}{p_2} = 3.83 - \frac{3.83 - 3.74}{40 - 30}(36 - 30) = 3.776.$$

3. h1 = 3 м; $l2$ = 36 м; $p1, p2$ = 1,88 між $p1/p2$ = 1 і $p1/p2$ = 5 (рис. 6.4.в);

$$\frac{p_{e2}}{p_2} = 1.488 - \frac{3.776 - 1.488}{5 - 1}(1.88 - 1) = 1.99.$$

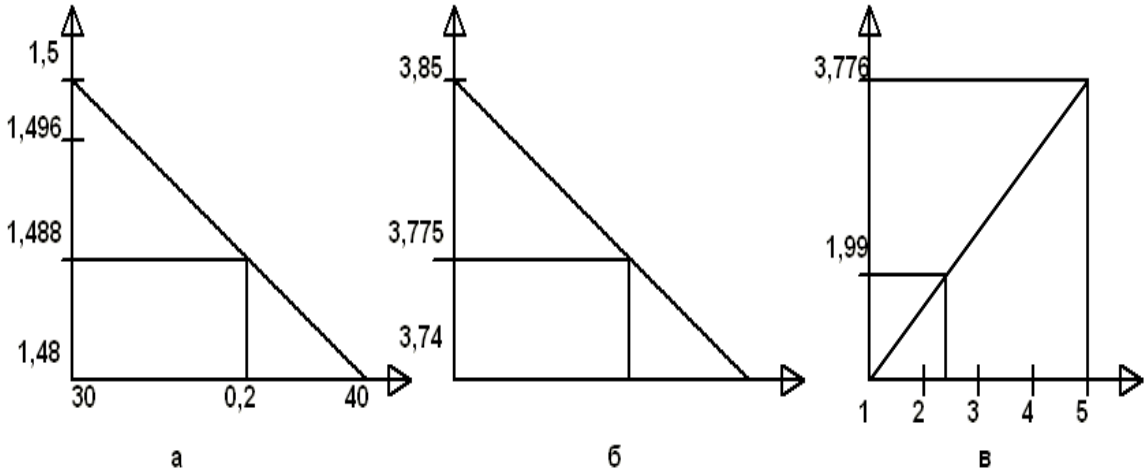


Рис. 6.4. Лінійна інтерполяція p_{e2}/p_2

Тепер можна визначити опір горизонтального елемента заземлюю чого контуру за формулою:

$$R_1 = \frac{k_c \cdot p_{en}}{2\pi\ell_1} \cdot \ell n \frac{2\ell_2}{B \cdot t} = \frac{2.0 \cdot 257.1}{6.28 \cdot 36} \ell n \frac{2 \cdot 36}{0.04 \cdot 0.8} = 25.7 Ом. \qquad (6.17)$$

Провідність горизонтальних елементів буде:

$$g_p = \frac{1}{R_r} = 0.0389 \hat{I}\grave{i}^{-1}. \qquad (6.18)$$

Значення коефіцієнта використання знаходимо за таблицею, шляхом послідовної лінійної інтерполяції при h1/1 = 0,6;

a/1 = 1,8; $p1/p2$ = 7; n = 4.

1. $p1/p2$ = 3; n = 4; h1/1 = 0,5; a/1 = 1 і a/1 = 2;

$$n = 0.631 + \frac{0.670 - 0.631}{2 - 1}(1.8 - 1) = 0.662.$$

2. $p1/p2$ = 3; n = 4; h1/1 = 0,5; a/1 = 1,6 між a/1 = 1 і a/1 = 2;

$$n = 0.607 + \frac{0.655 - 0.607}{2.0 - 1}(1.8 - 1) = 0.645.$$

3. $p1/p2$ = 3; n = 4; a/1 = 1,6; h1/1 = 0,6 між h1/1 = 0,5 і h1/1 = 1;

$$n = 0.662 - \frac{0.662 - 0.645}{1 - 0.5}(0.6 - 0.5) = 0.658.$$

4. $p1/p2 = 10$; n = 4; h1/1 = 0,5; a/1 = 1,8 між a/1 = 1 і a/1 = 2;

$$n = 0.739 + \frac{0.79 - 0.739}{2 - 1}(1.8 - 1) = 0.78.$$

5. $p1/p2 = 10$; n = 4; h1/1 = 1,0; a/1 = 1,8 між a/1 = 1 і a/1 = 2;

$$n = 0.722 + \frac{0.761 - 0.722}{2 - 1}(1.8 - 1) = 0.753.$$

6. $p1/p2 = 10$; n = 4; a/1 = 1,8; h1/1 = 0,6 між h1/1 = 0,5 і h1/1 = 1;

$$n = 0.78 + \frac{0.78 - 0.753}{1 - 0.5}(0.6 - 0.5) = 0.775.$$

7. n = 4; h1/1 = 0,6; a/1 = 1,8; $p1/p2 = 7$ між $p1/p2 = 3$ і $p1/p2 = 10$;

$$n = 0.658 + \frac{0.775 - 0.658}{10 - 3}(7 - 3) = 0.725.$$

Тоді опір штучного заземлювача трансформаторної підстанції визначається:

$$R_{шт} = \frac{1}{n(n \quad p_B \quad p_n)} = \frac{1}{0.725}(12 \quad 0.0366 \quad 0.0389) = 7.44 Ом < 8{,}64 \text{Ом} \quad (6.19)$$

Таким чином штучний заземлювач є замкненим контуром, що включає 9 вертикальних стержнів довжиною 5 м, з'єднаних штабою довжиною 36 м.

Загальний опір заземлюючого контура з урахуванням природного заземлювача і повторних заземлювачів повітряної лінії при цьому буде:

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_n} + \frac{1}{R_{шТп}} + \frac{1}{R_{пов}} = \frac{1}{21.68} + \frac{1}{7.44} + \frac{1}{2.5} = 0.596 \; Ом. \qquad (6.20)$$

Тоді R3 = 1,71 < 4 Ом, що задовольняє вимогам ПУЕ.

6.4 Блискавкозахист

Захист пташника від прямих ударів блискавки передбачається тросовим блискавковідводом, встановленим на споруді.

Пташник відноситься до III групи блискавкозахисту, зони захисту Б. Основною характеристикою блискавковідводів є зона захисту навколо нього.

Розміри пташника: А = 102 м; В = 17,35 м; Н = 6 м.

Висота блискавковідводу:

$$h_б = 0{,}67r_0 + 0{,}4h_0, \quad (6.21)$$

де $r_0 = B/2$, $h_0 = H$;

$r_0 = 17{,}35/2 = 8{,}68$ м; $h = 3$ м.

$$hб = 0{,}67 \cdot 8{,}68 + 0{,}4 \cdot 3 = 7 \text{ м}.$$

Для виконання блискавковідводу вибираємо трос перерізом 35 – 50 мм^2; довжина між двома штирями i = 0,2. Висота опори, до якої кріпиться трос, з врахуванням стріли провисання троса ($h_{стр} = 2$ м).

$$h_{оп} = h_б + h_{стр.}, \quad (6.22)$$

$$h_{оп} = 7 + 2 = 9 \text{ м}.$$

Заземлення виконане шиною розміром 40х4 мм, яка вкладається на обидва боки будівлі на глибині 0,8 м.

6.5 Пожежна безпека

На вході в пташник передбачається установка щита з комплектом протипожежного інвентаря (таблиця 6.2).

Таблиця 6.2

Протипожежний інвентар

Засіб	Тип	К-сть
Вогнегасник хімічний, пінний	ОХП – 10	2
Вогнегасник вуглекислотний	ОУ – 5	2
Відро		1
Сокира		1
Лом		1
Багор		1
Лопата		1
Ящик з піском	1 м^3	1

В операторській передбачені вогнегасники ОУ – 5 в кількості 3 штуки.

В основному пожежа виникає внаслідок порушення правил експлуатації.

РОЗДІЛ 7

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Електрифікація виробничих процесів дає можливість підвищити продуктивність праці, зменшити трудові затрати, знизити собівартість продукції, а тим самим – збільшити прибуток господарства, підвищити рентабельність, вивільнити трудові ресурси в господарстві.

Технічний рівень електрифікації та автоматизації процесів в загальному визначає економічну ефективність застосування їх в сільському господарстві. Одними із головних в системі електрифікації та автоматизації є показники надійності. Вихід з ладу технічного чи електротехнічного обладнання призводить до порушення технологічних процесів, недовипуску продукції, нераціональному витрачанню трудових та матеріальних ресурсів, збільшення витрат на ремонт та утримання техніки.

7.1 Надійність автоматичної системи вентиляції пташників

Сукупність технологічного обладнання та засобів автоматизації можна представити як систему взаємозв'язаних елементів, вихід із ладу хоч би одного з них призводить до відказу всієї системи та порушення технологічних процесів. Загальна інтенсивність відказів визначається:

$$\lambda = \sum_{1}^{b} \lambda_{oi} n_i K_{л} \tag{7.1}$$

де n_i – число однотипних елементів;

λ_{oi} – інтенсивність відказу елементів в лабораторних умовах;

$K_{л}$ – поправочний коефіцієнт на конкретні умови експлуатації.

Середнє напрацювання на відказ

$$t_B = \frac{1}{\lambda} \tag{7.2}$$

Затрати часу на усунення відказу

$$\mathrm{T}_b = K_n \frac{\sum_{1}^{b} \lambda_i n_i t_{\mathrm{B}i}}{\sum_{1}^{b} \lambda_i n_i}, \tag{7.3}$$

де K_n – коефіцієнт, який враховує час пошуку несправності в системі ($К_п$=1,5-2), t_{Bi} – час відновлення і-того елемента.

Очікувана кількість відказів системи за рік:

$$m_o = \lambda t_p \tag{7.4}$$

де t_p – час роботи системи протягом року.

Очікуваний сумарний час простою технологічного обладнання за рік:

$$t_{nc} = m_o \cdot t_{np}, \tag{7.5}$$

де t_{np} – час простою технологічного обладнання при одному відказі;

$$t_{np} = t_{eB} + T_B, \tag{7.6}$$

де $t_{ев}$ – затрати часу на виклик ремонтообслуговуючого персоналу

Коефіцієнт готовності

$$K_г = \frac{t_B}{t_B + t_{np}} = \frac{t_p}{t_p + t_{nc}} \tag{7.7}$$

де t_p – безвідказний час роботи обладнання.

При автоматизації технологічних процесів простої можливості як через технологічне обладнання, так і через вихід з ладу елементів системи автоматизації:

$$t_{nc} = t_{nT} + t_{na}, \tag{7.8}$$

де t_{nT} – час простою через відкази технологічного обладнання;

t_{na} – час простою через відкази елементів схем автоматизації.

$$t_{nc} = \frac{t_p(1 - K_r)}{K_r} \tag{7.9}$$

Ймовірність безвідмовної роботи :

$$p = e^{-\lambda T}, \tag{7.10}$$

де Т – заданий інтервал часу.

Виконаємо розрахунок показників надійності для систем автоматичного регулюваннямікроклімату в пташнику. Дані розрахунків наведені в таблиці 7.1. Значення інтенсивності відказів, які враховують реальне електричне навантаження елементів, прийняті на основі аналізу роботи системи електрообладнання .

Для системи автоматичного регулювання мікроклімату інтенсивність відказів складає 52,92 х 10^{-6} 1/ год.

Середнє напрацювання на відказ:

$$t_B = \frac{1}{52{,}92 \cdot 10^{-6}} = 18896 \text{ год;}$$

Затрати часу на усунення відказу:

$$T_B = 1{,}5\frac{154{,}22 \cdot 10^{-6}}{52{,}92 \cdot 10^{-6}} = 4{,}06 \text{ год.}$$

Таблиця 7.1

Розрахунок показників надійності системи автоматичного регулювання мікроклімату в пташнику

Елементи схеми керування	Кількість, шт. n_i	λi, 10^{-6} ½ год.	tBi, год.	Σ λi ni, 10-6 ½ год.	Σ λi ni tBi 10-6
1. Перетворювач частоти	1	51,23	3	51,23	153,69
2. Автоматичний вимикач	11	0,1375	0,25	1,51	0,3781
3. Перемикач	1	0,175	0,9	0,175	0,1575
Всього:	**X**	**X**	**X**	**52,92**	**154,22**

Очікувана кількість відказів системи за рік:

$$m_o = 52{,}92 \cdot 10^{-6} \cdot 8760 = 0{,}46 .$$

Час простою технологічного обладнання:

$$t_{пр} = 1{,}2 + 4{,}06 = 5{,}26 \text{ год.}$$

Коефіцієнт готовності:

$$K_г = \frac{18896}{18896 + 5{,}26} = 0{,}9997 .$$

Очікуваний час простою технологічного обладнання з урахуванням відказів елементів схем автоматизації:

$$t_{пс} = \frac{8760(1 - 0{,}9997)}{0{,}9997} = 2{,}63 \text{год.}$$

Ймовірність безвідмовної роботи за 1000 год.

$$P = e^{-0{,}05292} = 0{,}95.$$

7.2 Економічна ефективність застосування автоматизованої системи керування вентиляцією в пташнику

Термін окупності визначається за величиною капітальних витрат на перетворювач частоти з відповідними датчиками, а також їх монтаж, і величиною економії електроенергії в грошовому еквіваленті.

Таблиця 7.2

Розрахунок капітальних вкладень в нову техніку

найменування	вартість, грн.
Перетворювач частоти	17000
монтаж (20 %)	3400
Термометр ТСМ 0957.50М	250
Всього	20650

Споживання електроенергії, кВт·год, електроприводами в різні сезони року при різних вікових групах тварин (птиці):

при живленні від перетворювача напруги:

$$W_u = 24 D_в P_u N\,, \tag{7.11}$$

при живленні від перетворювача частоти:

$$W_f = 24 D_в P_f N\,, \tag{7.12}$$

де Dв – кількість днів роботи вентиляторів в даний сезон при певній віковій групі птиці;

Pf, PU – споживана потужність двигуном вентилятора при живленні від перетворювачів, квт;

n – кількість вентиляторів, шт.

Для роботи системи з перетворювачем напруги

WU=33910 кВт·год.

Для роботи системи з перетворювачем частоти

Wf=21475 кВт·год.

Річна економія електроенергії, кВт·год:

$$W = \Sigma W_u - \Sigma W_f\,, \tag{7.13}$$

де ΣW_u і ΣW_f – річне споживання електроенергії електроприводами з різними перетворювачами.

$$\Delta W = 33910 - 21475 = 12434 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Річний економічний ефект, грн/рік, при експлуатації вентиляторної установки:

$$П = \Delta W a , \tag{7.14}$$

де а – тариф на електроенергію, грн/кВт·год.

$$П=12434 \cdot 5,6=69630 \text{ грн.}$$

Термін окупності, років, перетворювача частоти:

$$T = \frac{K}{П} = \frac{20650}{69630}. = 0.3 \text{ року} \tag{7.15}$$

де К – вартість капітальних вкладень на заміну перетворювача напруги перетворювачем частоти з врахуванням монтажних та налагоджувальних робіт, грн (табл. 7.2).

Термін окупності складає 0,3 року.

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз застосовуваного вентиляційного обладнання в пташниках.

2. Проаналізовано технологічне та електротехнічне обладнання для пташника з клітковим утриманням птиці, яке забезпечує механізацію та електрифікацію основних технологічних процесів на птахофабриці.

3. Обгрунтована система електрообладнання для створення необхідного мікроклімату.

4. На основі проведених досліджень встановлено, що діючі системи автоматичного керування витяжною вентиляцією в пташниках мають суттєві недоліки: вони створюють в електричній мережі непарні вищі гармоніки, здійснюють регулювання зміною напруги, що веде до підвищення споживання електроенергії.

5. Проведені експериментальні дослідження показали, що система автоматичного керування на базі перетворювача частоти забезпечує більш глибоке регулювання і споживає на регулювальних характеристиках в 1,05 – 4,7 разів менше електроенергії, ніж система з регулятором напруги ТСУ2-КЛУЗ. При використанні перетворювача частоти двигуни вентиляційної установки запускаються одночасно і на всіх регулювальних характеристиках працюють з однаковою швидкістю, завдяки чому вентиляція приміщення буде більш рівномірною.

6. Тиристорні перетворювачі напруги в регульованих електроприводах вентиляторів генерують гармоніки з переважанням п’ятої, сьомої, одинадцятої, тринадцятої. Перетворювачі частоти струму генерують менший спектр гармонік.

7. Розроблені заходи з енергозбереження в пташнику. Розглянуті питання охорони праці та протипожежної безпеки на птахофабриції.

8. Ефективність застосування перетворювачів частоти в системі автоматичного регулювання мікроклімату в пташнику підтверджують економічні розрахунки. Середнє напрацювання на відказ становить 18896 год, а ймовірність безвідмовної роботи 0,95, строк окупності 0,3 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бесулін В.І. та ін. Птахівництво і технологія виробництва яєць та м'яса птиці. – Біла церква, 2003. – 448 с.

2. Дипломне проектування енергетичних та електротехнічних систем в агропромисловому комплексі : навч. посіб. для студентів вищихнавчальних закладів / Іноземцев Г. Б., Козирський В. В., Лут М. Т., Радько І.П., Синявський О.Ю. – 2-е вид., перероб. і доп. – К.: Аграр Медіа Груп, 2014. – 526 с.

3. Механізація та автоматизація у тваринництві і птахівництві / О. С. Марченко, О. В. Дацішин, Ю.М. Лавріненко та ін. – К.: Урожай, 1995. – 416 с.

4. Довідник сільського електрика / за редакцією В.С. Олійника. – К.: Урожай, 1989. – 264 с.

5. Сотник Н. И. Энергоэффективность электродвигателя как критерий выбора диапазона работы электромеханических агрегатов / Н. И. Сотник, В. С. Бойко // Науковий вісник Національного гірничого університету. - 2013. - № 6. - С. 72-77 **(Scopus)**

6. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній / Є.Л.Жулай, Ю.М.Лавріненко, О.С.Марченко, Д.Г.Войтюк. - К. „Урожай", 2001 – 288 с.

7. Електропривод / [Лавріненко Ю.М., Марченко О.С., Савченко П.І. та ін.]; за ред. Ю.М. Лавріненка. – К.: Ліра-К, 2009. – 504 с.

8. Каталог «Аско УкрЕм». – К., 2017.

9. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ – 2017).

10. Електропривод і автоматизація: навчальний посібник / [Синявський О.Ю., Савченко П.І., Савченко В.В. та ін.]; за ред. О.Ю. Синявського. – К.: Аграр Медіа Груп, 2015. – 604 с.

11. Вплив якості електроенергії на функціонування споживачів у сільському господарстві / Д.Г. Войтюк, В.П. Лисенко, І.І. Мартиненко [та ін.]// Електрифікація та автоматизація сільського господарства. –2004.– №1(6).– С. 3–12.

12. ССБП ДСТУ 2293-93. Система стандартів безпеки праці. Терміни та визначення.

13. ДСТУ 2272-93 Пожежна безпека. Терміни та визначення.

14. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів / Держенергонагляд України.: - К.: Дисконт, 1995. - 260с.

15. Правила технічної експлуатації тепловикористовуючих установок і теплових мереж /Держенергонагляд України.: - К.: Дисконт, 1995. - 81с.

16. Правила безпечної експлуатації електроустановок.ДНАОП1.1.10-1.01-97. Держнаглядохоронпраці України. - К.: Основа, 1997. - 265 с.

17. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. ДНАОП 0.00.1.21.-98. /Держнаглядохоронпраці України.: - К.: Основа, 1998. - 380с.

18. ДНАОП 0.00. – 1.32 – 01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних електроустановок. – К.: ПП „Фірма Гранмна", 2001. – 117 с.

19. Середа О. Г. Захист асинхронних електродвигунів від струмів перевантаження з безпосереднім контролем температури обмотки в момент пуску / О. Г. Середа, А. О. Прохоренко // Науковий вісник Національного гірничого університету. - 2015. - № 5. - С. 69-76 **(Scopus).**

20. Червінський Л.С., Сторожук Л. О. Електричне освітлення та опромінення: Посібник. – К.: Вид-во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2011. -214 с.

21. Мартиненко І.І., Лисенко В.П., Тищенко Л.П., Лукач В.С. Проектування систем електрифікації та автоматизації сільського господарства. – К.: Вища шк., 1999. – 201 с.

22. Козирський В.В. Електропостачання агропромислового комплексу: підруч./ Козирський В.В., Каплун В.В., Волошин С.М. – К.:Аграрна освіта, 2011. - 448 с.

23. Лут М.Т., Мірошник О.В., Трунова І.М. Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК.: Підручник для студентів ВНЗ. – Харків: Факт, 2008. – 438 с.

24. Лут М.Т., Радько І.П., Тракай В.Г., Чміль А.І. Безпека праці в сільських електроустановках : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Лут М.Т., Радько І.П., Тракай В.Г., Чміль А.І. – К.: Вид – во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012- 430 с.

25. Синявський О. Ю., Савченко В.В. Вплив відхилення напруги на технологічні та енергетичні характеристики вентиляторів. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. Харків, 2013. Вип. 141. С. 78 – 80.

ДОДАТКИ

Додаток А

Дослідження електропривода вентилятора ВО-Ф-7,1А

Таблиця А1

Дослідження електропривода вентилятора ВО-Ф-7,1А при живленні від перетворювача напруги ТСУ2-КЛУЗ

I_i, А				P_i, Вт				n, об/хв	S_i, ВА	cos φ	s, в.о.	$\eta_{сп}$, %
$I_а$	$I_в$	$I_с$	$I_{сер}$	$P_а$	$P_в$	$P_с$	ΣP_i					
0,47	0,47	0,47	0,47	26	21	29	76	65	296	0,24	0,96	0,78
0,8	0,79	0,8	0,8	50	46	52	148	210	552	0,26	0,79	2,0
1,2	1,17	1.17	1,18	37	73	77	224	310	689	0,26	0,72	5,65
1,1	1,15	1,15	1,13	105	105	108	318	430	779	0,40	0,57	7,8
1,7	1,35	1,5	1,51	135	128	143	406	505	881	0,46	0,57	9,35
1,35	1,31	1,31	1,33	150	150	157	457	625	716	0,63	0,38	14,9
1,45	1,52	1,37	1,44	166	166	172	504	725	992	0,58	0,36	19,8
1,2	1,2	1,18	1,19	172	172	180	524	785	820	0,63	0,21	22,1
1,15	1,23	1,34	1,24	183	177	175	535	850	854	0,69	0,22	25,2
1,07	1,05	1,07	1,06	180	180	180	540	875	730	0,73	0,12	26,9
1,24	1,14	1,15	1,17	183	183	184	550	895	807	0,77	0,18	31,43
1,0	0,97	0,97	0,98	185	170	174	529	924	675	0,78	0,08	34,6
1,0	1,0	0,99	0,99	174	174	175	523	934	628	0,83	0,081	35,86
0,93	0,93	0,93	0,93	176	175	174	525	940	640	0,82	0,06	35,4

Таблиця А2

Залежність частоти обертання двигуна вентиляторів напруги при живленні від станції керування ТСУ-2-КЛУЗ

U,В	95	105	120	150	180	210	270	330	380
n, об/хв	0	64	120	380	450	590	820	910	930

Таблиця А3

Дослідження електропривода вентилятора ВО-Ф-7.1А при живленні від перетворювача частоти

I_1, А				P_1, Вт				n, об/хв.	$U_{дв}$, В	n_c, об/хв	s, в.о.	S_1, ВА	COS φ	$\eta_{сп}$, %
$I_а$	$I_в$	$I_с$	$I_{сер}$	$P_а$	$P_в$	$P_с$	ΣP_1							
0,04	0,15	0,15	0,11	4	15	14	34	100	30	100	0,04	69	0,47	4
0,02	0,17	0,13	0,11	2	14	10	26	180	40	200	0,1	75	0,35	12
0,04	0,26	0,27	0,19	4	21	17	42	285	60	300	0,08	110	0,39	22
0,02	0,3	0,28	0,19	2	28	24	54	355	85	400	0,11	129	0,42	29
0,14	0,41	0,31	0,29	13	39	27	79	430	125	500	0,17	185	0,46	39
0,12	0,49	0,44	0,35	16	52	36	104	550	160	600	0,08	238	0,44	45
0,17	0,65	0,63	0,48	22	63	63	148	655	210	700	0,09	305	0,52	55
0,5	1,5	1,4	1,13	45	150	130	325	750	270	800	0,06	770	0,42	32
0,84	1,73	1,77	1,45	81	182	161	424	855	335	900	0,09	957	0,48	36
1,1	2,1	2,25	1,83	110	220	230	560	950	405	1000	0,05	1247	0,45	30

Таблиця А4

Відношення потужності, споживаної електродвигунам при живленні від перетворювача напруги, до потужності, споживаної при живленні від перетворювача частоти

n, об/хв.	100	200	300	400	500	600	700	800	900	930
$P_{напр}/P_{част}$	2,2	4,3	4,3	4,7	4,5	3,5	3,2	2,6	2,0	1,05