

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Бакалаврська дипломна робота на тему:

«РОЗРОБКА КОНТРОЛЕРА ДЛЯ КЕРУВАННЯ ВИТЯЖНИМ
ВЕНТИЛЯТОРОМ»

Виконав: студент 4 курсу, гр. ЕМ-22мс
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Георгій М'ЯКУШКО
(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)

Керівник: к.т.н., доцент кафедри КЕМСК

Валентин ГРАБКО
(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)
«28» 05 2024 р.

Рецензент:

Роман В.О.
(прізвище та ініціали)
«12» 06 2024 р.

Допущено до захисту

зав. кафедри [підпис]
«28» 05 2024 р.

Вінницький національний технічний університет

Факультет Електроенергетики та електромеханіки

Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 14 – Електрична інженерія

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітньо-професійна програма «Електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

К.Т.Н., доц.

Микола МОШНОРІЗ

“11” 03 2024 року

**З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Мякушко Георгію Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка контролера для керування витяжним вентилятором
Керівник роботи Габко Валентин Володимирович, к.т.н., доц. каф.КЕМСК
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від “11” 03 2024 року №80
2. Термін подання студентом роботи _____
3. Вихідні дані до роботи: розрахункове значення швидкості обертання приводного двигуна ($n_1 \approx 1450$), швидкість обертання вентилятора ($n_2 = 3000$), ККД механічної передачі ($\eta_p = 0,95$), коефіцієнт запасу ($k_z = 1,05 \div 1,3$)
4. Зміст текстової частини: Вступ. 1 Основні принципи формування технологічних параметрів мікроклімату при утриманні птиці. 2 Розрахунок електропривода вентилятора. техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода вентилятора. 4 Вибір приводного двигуна вентилятора. 5 Розробка системи автоматичного керування асинхронним двигуном з пристроєм плавного пуску та зупинки. 6 Моделювання перехідних процесів та отримання динамічних характеристик системи. 7 Охорона праці. Висновки.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Об'єкт, предмет, мета та задачі дослідження; Загальна характеристика галузі та об'єкта дослідження. Загальна схема системи підтримання оптимального мікроклімату в птахівничих приміщеннях. Розрахунок потужності приводного двигуна вентилятора. Техніко-економічне обґрунтування вибору СЕП. Вибір двигуна та його перевірка. Розробка схеми контролера імпульсного сенсора швидкості АД. Розрахунок та вибір засобів автоматизації ЕП вентилятора. Схема електрична принципова керування ЕП вентилятора. Алгоритм та програма керування контролера. Дослідження динамічних характеристик СЕП. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	к. т. н., доц. каф. КЕМСК Гребко В.В.	11.03.24р. 	28.05.24р. 
Охорона праці	Зав. каф. БЖДПБ, д.пед.н., проф. Кобилянський О. В.	11.03.24 	28.05.24 

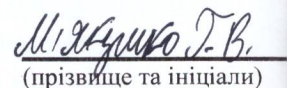
7. Дата видачі завдання 11.03.24

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.24	
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	21.05.24	
3	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	28.05.24	
4	Виконання розділу «Охорона праці»	28.05.24	
5	Попередній захист БДР	28.05.24	
6	Нормоконтроль БДР	28.05.24	
7	Рецензування БДР	12.06.24	
8	Захист БДР	13.06.24	

Студент


(підпис)


(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)


(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 91 сторінок формату А4, на яких є 28 рисунків, 16 таблиць, список використаних джерел містить 22 найменування.

В результаті виконання дипломної роботи проведено наліз галузі промисловості, в якій застосовується витяжна вентиляція, досліджено декілька електроприводів для даного типу виробничого механізму, вибрано найбільш оптимальну систему електроприводу типу плавний пуск-АД. Розроблено схеми електричні принципи контролера та схеми імпульсного датчика швидкості валу двигуна вентилятора, системи автоматичного керування асинхронним двигуном з пристроєм плавного пуску Altistart та інтелектуальним реле Zelio Logo. Проведено математичне моделювання та оцінювання динамічних характеристик в Matlab Simulink. Отримані результати імітаційних досліджень доводять, що розроблений електропривод вентилятора забезпечує необхідні показники стійкої роботи. Здійснено опис основних заходів щодо техніки безпеки та безпечної експлуатації електропривода витяжного вентилятора в умовах виробничого цеху.

Ключові слова: електропривод, вентилятор, система керування, контролер, моделювання, стійкість роботи, навантаження, птахофабрика.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 91 pages of A4 format, on which there are 28 figures, 16 tables, the list of used sources contains 22 names.

As a result of the diploma work, an analysis of the industry in which exhaust ventilation is used was carried out, several electric drives for this type of production mechanism were investigated, and the most optimal electric drive system of the soft start-AD type was selected. The electric principle diagrams of the controller and the diagrams of the pulse sensor of the fan motor shaft speed, the automatic control system of the asynchronous motor with the Altistart soft start device and the Zelio Logo intelligent relay have been developed. Mathematical modeling and evaluation of dynamic characteristics was carried out in Matlab Simulink. The obtained results of simulation studies prove that the developed electric drive of the fan provides the necessary indicators of stable operation. A description of the main measures regarding safety techniques and safe operation of the electric drive of the exhaust fan in the conditions of the production workshop has been carried out.

Key words: electric drive, fan, control system, controller, modeling, work stability, load, poultry farm.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ПРИ УТРИМАННІ ПТИЦІ	8
1.1 Визначальні фактори мікроклімату.....	9
1.2 Організація та забезпечення системи вентиляції.....	10
1.3 Електротехнічне обладнання для підтримання нормованого мікроклімату в пташниках.....	12
2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРА.....	18
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРА.....	17
4 ВИБІР ПРИВОДНОГО ДВИГУНА ВЕНТИЛЯТОРА.....	26
5 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ДВИГУНОМ З ПРИСТРОЄМ ПЛАВНОГО ПУСКУ ТА ЗУПИНКИ	31
5.1 Розробка контролера та схеми імпульсного датчика швидкості валу двигуна.....	31
5.2 Розробка схеми імпульсного датчика швидкості валу двигуна вентилятора.....	38
5.3 Розробка системи автоматичного керування асинхронним двигуном з пристроєм плавного пуску та зупинки.....	39
5.4 Розробка схем електричних принципів живлення та керування.....	46
6 МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ОТРИМАННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ.....	49
7 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	54
7.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	55
7.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	60
7.3 Пожежна безпека.....	66
ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	70

ДОДАТКИ.....	73
ДОДАТОК А (обов'язковий) Технічне завдання.....	73
ДОДАТОК Б Графічна частина.....	78
ДОДАТОК В Протокол перевірки дипломної роботи на наявність текстових запозичень.....	91

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку енергетичного комплексу України важливою проблемою є збільшення потужності енергоресурсів та енергозбереження в усіх галузях промисловості та сільського господарства.

Швидкий розвиток птахівничої галузі в агропромисловому комплексі України, який спостерігається останнім часом, пов'язаний з важливою проблемою вдосконалення систем підтримання мікроклімату в птахівничих приміщеннях. Це зумовлено необхідністю підвищення продуктивності та зниження собівартості продукції птахівничих комплексів. Зазначені проблеми нерозривно пов'язані із застосуванням сучасних методів енергозабезпечення цих об'єктів і використанням новітніх засобів енергопостачання та альтернативних джерел енергії. Тому актуальним є розроблення нових підходів та вдосконалення електротехнічних комплексів для існуючих систем енергопостачання птахоферм.

Розвиток нових технологій в енергетичній галузі, перехід на новий рівень енергозабезпечення об'єктів, у тому числі вентиляційних систем птахівничих комплексів, характеризується пришвидшенням темпів зростання всіх кількісних та якісних показників виходу продукції, а також удосконаленням всієї структури птаховиробництва.

Обов'язковою умовою високої та стабільної якості продукції будь-якого виробництва є постійне та точне дотримання параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях. У більшості випадків виконати цю умову досить складно через наявність застарілого вентиляційного обладнання, або відсутність висококваліфікованих фахівців. Одним з основних рішень у забезпеченні зазначених умов є включення у процес виробництва автоматичної системи керування вентиляцією та кондиціювання, що дозволяє з оптимальною продуктивністю, високою точністю та стабільністю забезпечувати необхідний для будь-якого технологічного процесу мікроклімат.

Актуальність роботи. Системи вентиляції створюють умови забезпечення технологічного процесу чи підтримки у приміщенні заданих кліматичних умов високопродуктивної роботи людини. У першому випадку система вентиляції називатиметься технологічною, а в другому – комфортною.

Підвищення продуктивності птахофабрик пов'язане з необхідністю створення оптимального мікроклімату в приміщеннях пташників. При цьому важливою задачею стає пошук нових підходів і принципів для вирішення проблеми охолодження та нагрівання припливного повітря птахівничих приміщень у літній і зимовий період. Ця проблема є особливо важливою у зв'язку зі зниженням продуктивності роботи птахоферм, що зумовлено недосконалістю існуючих систем мікроклімату в літній період за наявності високої температури та вологості зовнішнього повітря. Слід зазначити, що існуючі системи автоматизації пташників потребують великих витрат енергоресурсів та коштів для забезпечення мікроклімату в птахівничих приміщеннях. Тому необхідною передумовою заощадження ресурсів у цій галузі стає проведення нових досліджень з удосконалення систем мікроклімату на птахофермах.

Об'єктом дослідження в роботі є процеси перетворення енергії, які протікають в електротехнічній системі електропривода вентилятора.

Предметом дослідження є структури та математичні моделі, які дозволяють підвищити експлуатаційну та функціональну ефективність електропривода витяжного вентилятора.

Метою бакалаврської дипломної роботи є розробка контролера для керування системою вентилявання для забезпечення ресурсозберігаючої та економічної її роботи відповідно до інтенсивності завантаження птахоферми шляхом впровадження сучасних програмованих логічних пристроїв.

В процесі виконання поставленої мети необхідно вирішити такі **задачі**:

- привести коротку характеристику та режими роботи виробничого механізму;
- виконати розрахунок та вибір потужності електродвигуна механізму;
- виконати техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода виробничого механізму;
- здійснити розрахунок, вибір та побудову електричної принципової та функціональної схем системи запропонованого контролера та системи електроприводу із застосуванням сучасних засобів автоматизації технологічного процесу;
- для вибраної системи електроприводу виконати математичне моделювання та оцінювання динамічних характеристик.

Особистий внесок здобувача. Основні результати роботи отримано автором самостійно.

1 ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ПРИ УТРИМАННІ ПТИЦІ

1.1 Визначальні фактори мікроклімату

Підтримка необхідних параметрів мікроклімату в птахівничих приміщеннях є надзвичайно важливим фактором. Висока концентрація кількості птиці в обмеженому об'ємі приміщення, зменшення площ та об'ємів приміщень на одиницю живої маси призводить до збільшення концентрації шкідливих газів у пташнику. Наведені вище фактори викликають необхідність у створенні ефективних систем вентиляції, які регулюють необхідні параметри мікроклімату та обумовлюють підвищення продуктивності птахівничих комплексів.

Електротехнічний комплекс системи вентиляції в пташнику повинен забезпечувати підтримання оптимального рівня вологості, температури та рівня концентрації шкідливих газів (вуглекислого газу, аміаку, тощо), які обумовлюють необхідні умови утримання птиці для забезпечення високої продуктивності виробництва та одночасно весь комплекс повинен підвищувати енергетичну ефективність пташника.

Фізичні фактори, що включають в себе, температуру t_v , відносну вологість ϕ_v , швидкість повітря v_v , напрям повітряних потоків щодо розташування птиці, концентрацію пилу та шкідливих газів в повітрі характеризують якість повітряного середовища у пташнику. Крім вище приведених факторів існують також біологічні чинники, які негативно впливають на утримання птиці на птахофермах, а саме, підвищена концентрація шкідливих мікроорганізмів в повітрі приміщення.

Вплив температури тіла птиці на їх розвиток досліджували Агеєв В.Н., Асриян М.А., Протопопов А.П., Селянський В.М. та інші, які визначили, що оптимальні значення температури знаходиться в межах 40 – 43 °С [1, 11, 12], причому верхня критична температура становить 45 – 45,5 °С [2, 8], а нижня

складає 20 – 25 °С. Підтримання температури тіла птиці на постійному рівні можливе за умови рівноваги між виділеною біологічною теплотою птиці та віддачею надлишків теплоти в зовнішнє середовище (рисунок 1.1).

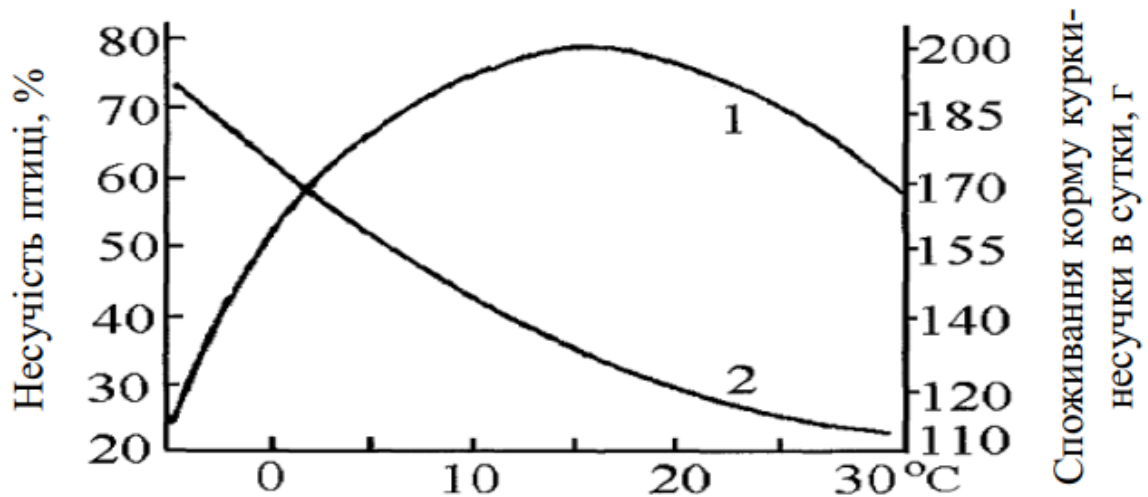


Рисунок 1.1 – Вплив температури внутрішнього повітря на продуктивність курки-несучки (1) і споживання корму (2)

На рисунку 1.1 показано вплив температури внутрішнього повітря пташника на продуктивність курки-несучки і споживання корму на добу [2]. Як видно з рисунка високі температури повітря негативно впливають на утримання птиці у пташниках.

Відносна вологість повітря. Волога надходить у повітря пташника за рахунок виділень під час дихання птиці, при випаровуванні вологи з посліду, поїлок і т.д. Наприклад, від 1000 курей виділяється 228 л вологи на добу, з яких від дихання – 54 л/добу, з посліду – 174 л/добу (близько 80% від всієї вологи) [13]. Оптимальні значення відносної вологості повітря у пташниках ϕ_v не повинна перевищувати 75 – 80% і бути нижчою 40 – 50%.

Особливо небезпечними факторами для курей є поєднання високої температури і підвищеної відносної вологості. Ці фактори сповільнюють необхідну тепловіддачу з поверхні тіла птиці і можуть призвести до теплового удару. При таких умовах споживання повітря птахом зростає в 8 – 10 разів. Низькі значення температур t_v і високі величини вологості ϕ_v

призводять до переохолодження птиці, що може спричинити простудні захворювання.

До важливих фізичних факторів, що впливають на стан птиці, відносяться швидкість повітря в приміщенні пташника v_v . При наявності пір'яного покриву на тілі птиці підвищення швидкості повітря v_v призводить до охолоджуючого ефекту [12]. Тому в умовах підвищених температур зовнішнього повітря збільшення швидкості повітря до 2,0 – 2,5 м/с сприяє поліпшенню фізіологічного стану птиці.

Таким чином, основні принципи формування технологічних параметрів мікроклімату при утриманні птиці полягають у підтриманні стабільної температури яка б мала бути 16-18 °C та відносна вологість має сягати 60-80 %.

Гранично допустима концентрація мікроорганізмів у пташниках (в тисячах бактеріальних клітин на 1 м³) повинна складати для дорослої птиці – 250, для молодняка птиці у віці 1 – 4 тижнів – 30, у віці 5 – 9 тижнів – 50, у віці 10 – 14 тижнів – 100, у віці 15 – 22 тижнів – 150 бактеріальних клітин.

1.2 Організація та забезпечення системи вентиляції

Для пташників з природною вентиляцією система повітрообміну організована таким чином, що навколишнє повітря поступає через входні жалюзі, які регулюються серводвигунами, і виходить через вікна, розташовані у верхній частині пташника. Природна вентиляція, як система, не дозволяє ефективно контролювати необхідні параметри повітряного середовища в пташнику, вона ефективна тільки тоді, коли температурні та вологісні параметри навколишнього середовища близькі до оптимальних параметрів, які потрібно підтримувати у пташнику. Наприклад, у жарку погоду природна вентиляція не може забезпечити необхідний повітрообмін та температуру повітря в птахівничому приміщенні.

Високими виробничими показниками і економічною вигідністю характеризується механічна вентиляція. За принципами організації повітряних потоків та геометрії розміщення вентиляційного обладнання, вентиляція пташників поділяється на вертикальну, поперечну, поздовжню і тунельну.

При вертикальній вентиляції повітрообмін здійснюється за допомогою вентиляційних башт, установлених на даху. Вентиляція повітря проходить через регульовані припливні клапани, які розташовані з двох сторін будівлі пташника.

Крім вертикальної використовується також поперечна та поздовжня вентиляція, які побудовані за подібними принципами. Для вентиляції такого типу використовують вентилятори, які розташовані на бічній поверхні стін пташника і через які видаляється відпрацьоване повітря. Ці вентилятори розташовані з однієї сторони будівлі, а свіже повітря надходить з протилежної сторони через клапани, які регульовані серводвигунами. В залежності від умов розташування пташника, вентилятори можуть розміщуватися групами або розподілятися рівномірно вздовж всіх сторін будинку. Для регулювання подачі повітря рекомендується встановлювати електротехнічні пристрої для періодичного включення вентиляторів або для зміни швидкості їх обертання.

Тунельна вентиляція (рисунок 1.2) за своєю конструкцією подібна до поздовжньої вентиляції, різниця між ними полягає в тому, що приплив повітря здійснюється через припливні жалюзі, які розташовані на протилежній від вентиляторів стороні будинку. Це створює так званий «тунельний ефект», у результаті якого швидкість потоку повітря всередині приміщення збільшується до 2 м/с. Такий повітряний потік забезпечує достатнє (до $+6 - +7$ C) охолодження повітря при високій температурі зовнішнього середовища. Для нормального функціонування

електротехнічного комплексу в системі повітрообміну, при включенні тунельної вентиляції, всі інші входні отвори повинні бути закриті.

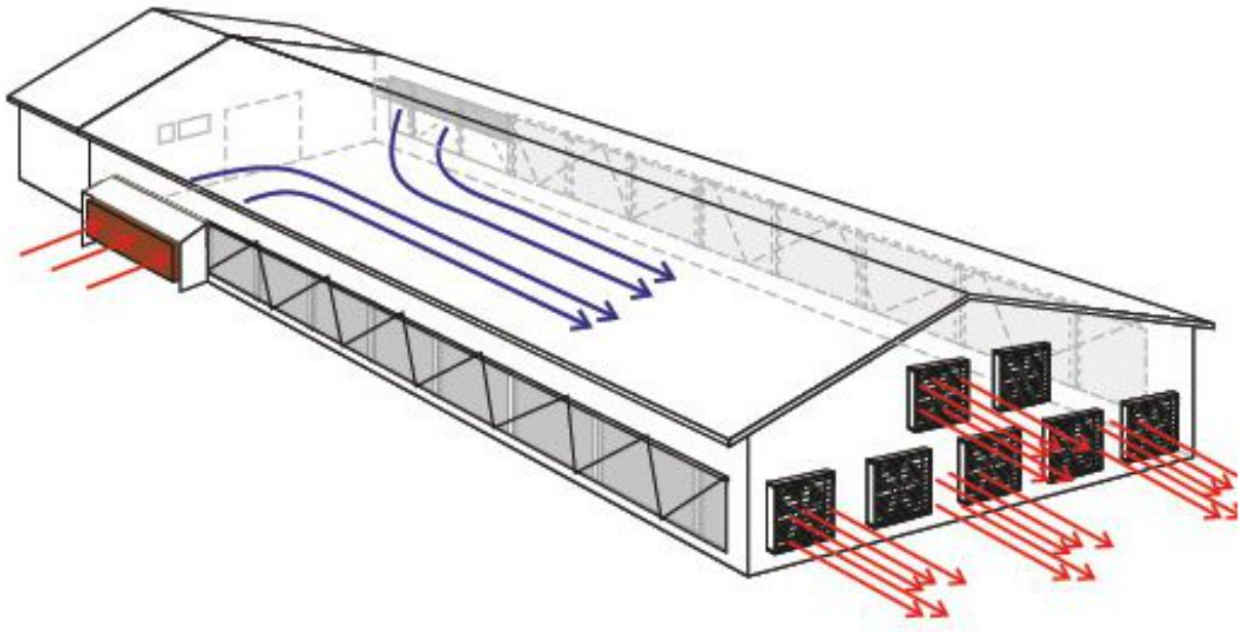


Рисунок 1.2 – Схема тунельної вентиляції

В залежності від загальної кількості птиці та об'єму пташника, окрім перерахованих основних видів вентиляцій, можуть застосовуватись також комбіновані електротехнологічні установки системи повітрообміну. В залежності від пори року розрізняють фази мінімальну, перехідну і тунельну вентиляцію.

1.3 Електротехнічне обладнання для підтримання нормованого мікроклімату в пташниках

Однією з визначальних умов зниження енергетичних витрат в птахівничих приміщеннях та успішної виробничої діяльності в цілому є раціональне використання енергоресурсів. Запорукою підвищення енергоефективності птахівничих комплексів є використання сучасної автоматики та електротехнічних пристроїв, що є необхідною умовою для реалізації програм енергозбереження.

Для істотного зниження енергоємності продукції в пташниках необхідно модернізувати існуючі або розробляти нові системи підтримання мікроклімату, які базуються на використанні поновлювальних джерел енергії.

Регулювання швидкості обертів двигуна вентиляторів та управління електротехнічним комплексом пташника здійснюється тиристорним регулятором напруги. Основними елементами системи автоматичного керування є тиристорний силовий блок з груповим охолодженням, блок управління та блок перемикавання (рисунок 1.3).

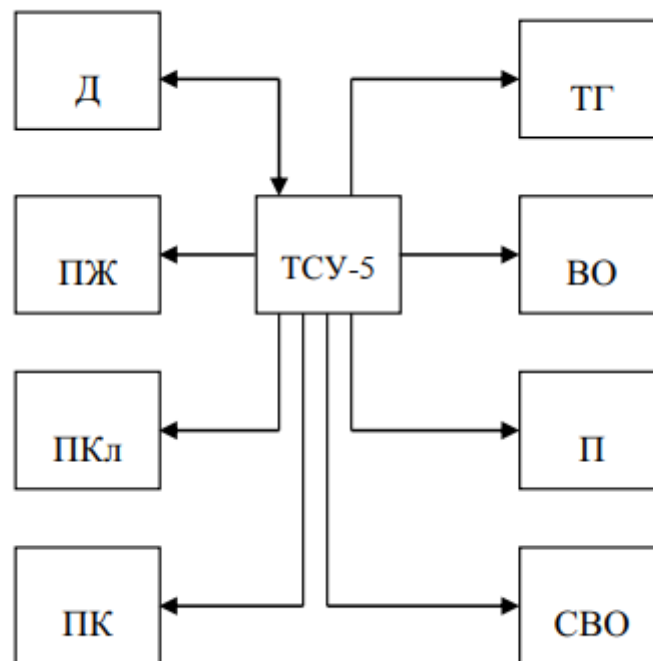


Рисунок 1.3 – Структурна схема системи автоматичного керування в птахівничому приміщенні

На рисунку 1.3: ТСУ-5 - тиристорна станція керування; Д - датчики; ПЖ - припливні жалюзі; ПКл - припливні клапани; ТГ - теплогенератор; ПК - персональний комп'ютер; ВО - вентиляційне обладнання; СВО – система випарного охолодження; П - поїлки.

Станція керування на тиристорній основі ТСУ-5 здатна керувати як електротехнічним комплексом системи мікроклімату в цілому, так і окремими його елементами. В залежності від зміни зовнішньої температури повітря за допомогою серводвигунів та вентиляційного обладнання (ВО) відбувається регулювання подачі припливного повітря припливними клапанами (ПКк) та жалюзями (ПЖ). В теплий період року при високих зовнішніх температурах використовується система випарного охолодження (СВО). У зимовий період року при низьких температурах обігрів здійснюється теплогенераторами (ТГ). Система керування складним взаємопов'язним комплексом електротехнічних пристроїв відбувається за допомогою персонального комп'ютера (ПК), а отримані дані виводяться на монітор.

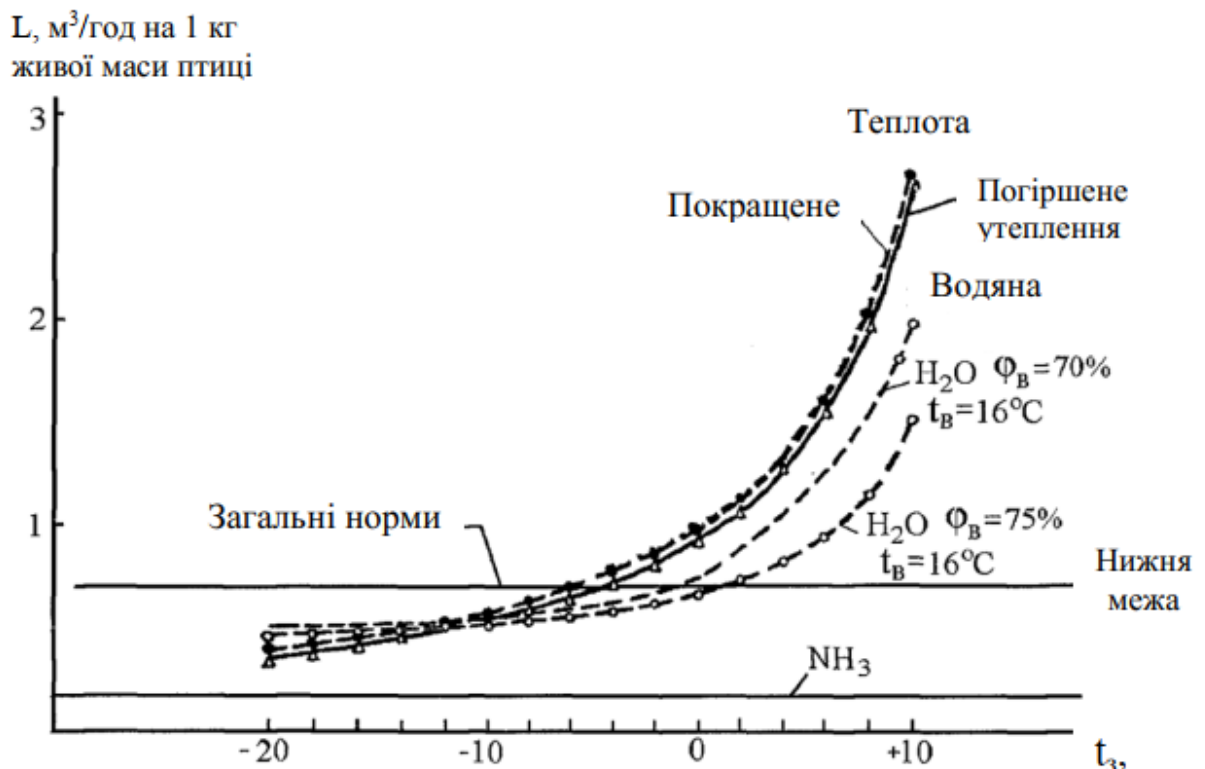


Рисунок 1.4 – Взаємозв'язок між температурою зовнішнього повітря та повітрообміном в неопалюваному пташнику

Пошуки ефективних електротехнічних комплексів системи вентиляції з метою економії енергоресурсів в галузі аграрно-промислового комплексу,

зокрема у птахівництві, викликають найбільший інтерес у науковців та практиків птахівничої галузі. На особливу увагу заслуговують питання наукового обґрунтування і вдосконалення електротехнічних систем для охолодження повітря у птахівничих приміщеннях при їх реконструкції та впровадженні енергозберігаючих інноваційних методів сучасних інженерних розробок. Такий підхід суттєво підвищить енергоефективність птахокомплексу при експлуатації таких систем та покращить продуктивність їх роботи. Важливим є той факт, що продуктивність птахоферм безпосередньо залежить від мікроклімату, який підтримується в птахівничих приміщеннях, оптимальні режими якого можна досягнути використовуючи новітні системи вентиляції та охолодження припливного повітря.

Система керування із комплексним підходом забезпечення належного мікроклімату (рисунок 1.5) повинна мати такі можливості :

- установка режиму ЦИКЛ;
- керування припливними клапанами та жалюзями в ручному й автоматичному режимах;
- автоматичний і ручний режими роботи;
- установка режиму «Календар»;
- установка режиму «Тунельна вентиляція» - підключення 3-х датчиків температури (один зовнішній або датчик вологості);
- кілька типів виміру температури;
- кілька типів індикації параметрів;
- керування п'ятьма групами додаткових вентиляторів у ручному й автоматичному режимах;
- підключення зовнішньої аварійної сигналізації;
- включення теплогенератора;
- керування системою охолодження;
- синхронізація з ПК;

Структурна схема нового електротехнічного комплексу системи

автоматичного керування мікрокліматом в птахівничому приміщенні та її блок-схема приведені на рисунках 1.6 та 1.7 відповідно.

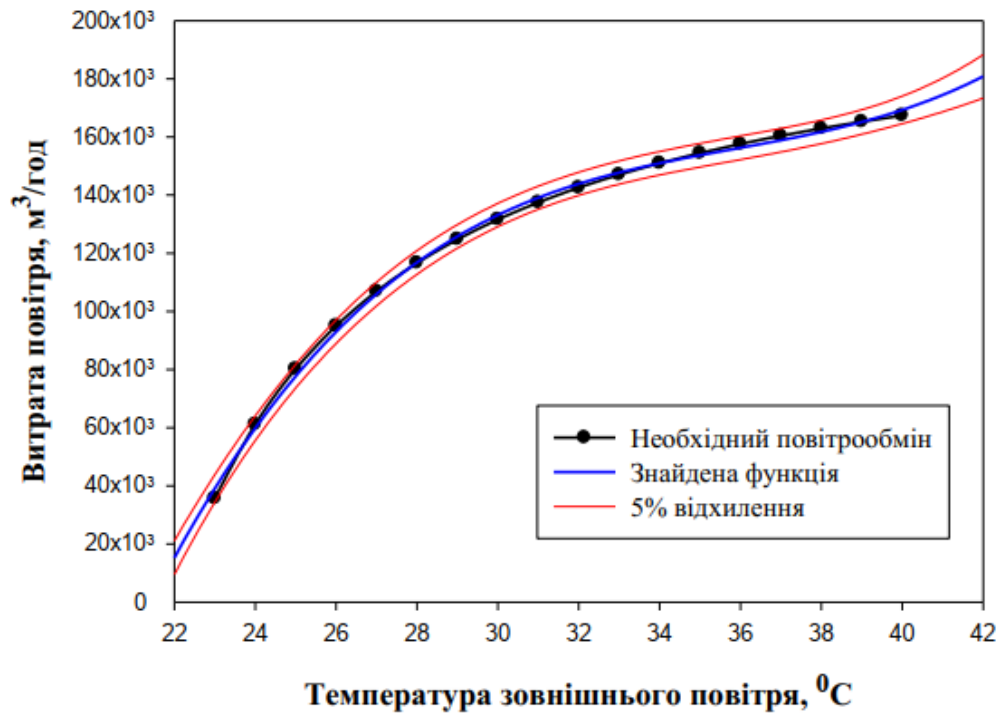


Рисунок 1.5 – Залежність повітрообміну в пташнику від зовнішньої температури повітря в літній період року

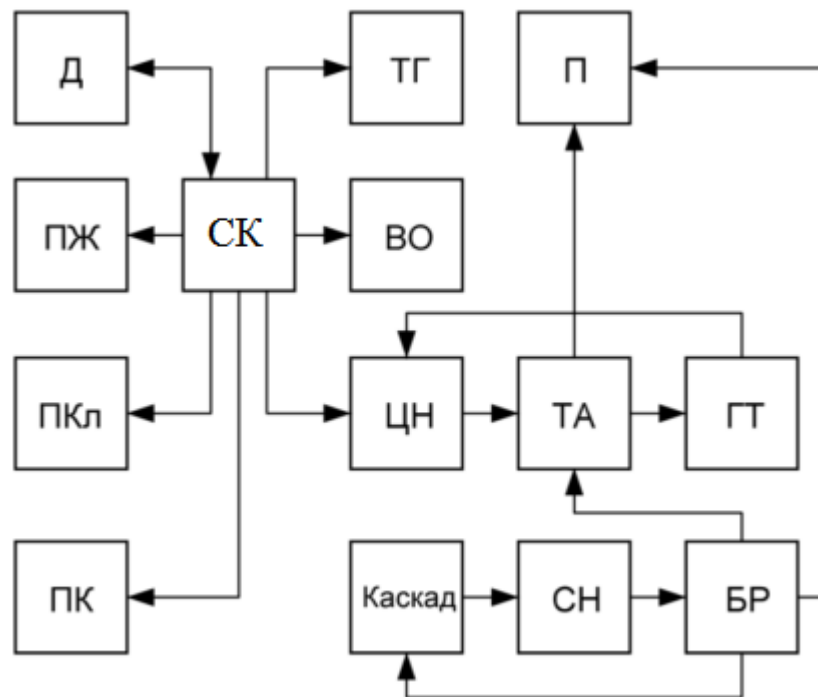


Рисунок 1.6 – Структурна схема нового електротехнічного комплексу

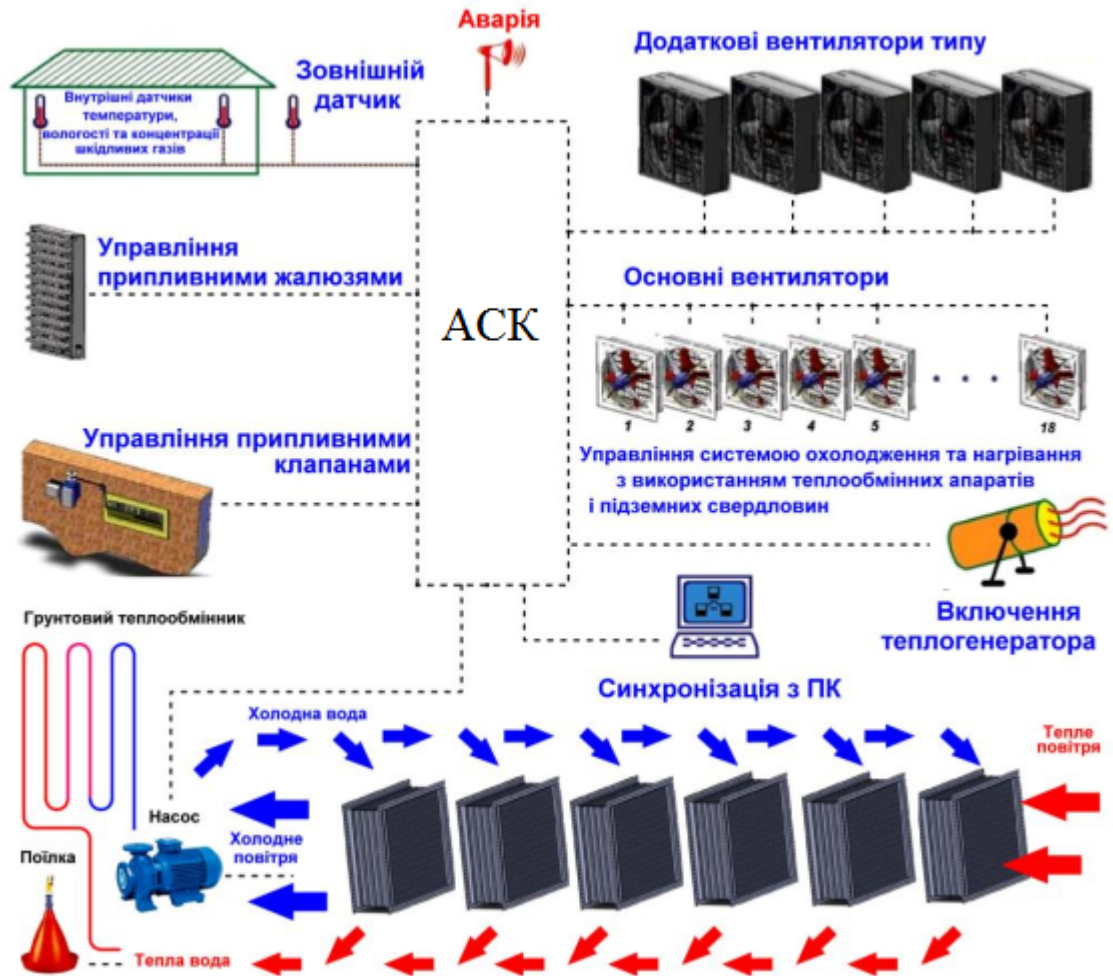


Рисунок 1.7 – Загальна схема системи підтримання оптимального мікроклімату в птахівничих приміщеннях

На рисунку 1.6 приведені такі позначення: СК - станція керування; Д - датчики; ПЖ - припливні жалюзі; ПКл - припливні клапани; ТГ - теплогенератори; ПК - персональний комп'ютер; ВО - вентиляційне обладнання; ЦН - циркуляційний насос; ТА – теплообмінні апарати; ГТ - ґрунтовий теплообмінник; Каскад - комплектний пристрій дня керування і захисту відцентрових свердловинних насосів; СН – свердловинний насос; БР - башта Рожновського; П - поїлки.

2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРА

Зовнішній вигляд вентилятора пальника наведено на рисунку 2.2, а його технічні характеристики представлено в таблиці 2.1.



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд вентилятора

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики вентилятора пальника

Характеристики	Значення
Конструктивне виконання	осьовий
Кількість лопатей	6
Продуктивність	41000 м ³ /год
Повний тиск в робочій зоні	650-450 Па
Повний тиск в номінальному режимі	569 Па
Номінальна швидкість обертання	3000 об/хв
ККД	0,7

Розрахункова потужність приводного двигуна вентилятора [2]:

$$P_{\text{роз}} = k_3 \cdot \frac{H \cdot Q}{\eta_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{п}}}, \quad (2.1)$$

де k_3 – коефіцієнт запасу ($k_3=1,05 \div 1,3$);

H – тиск, Па;

Q – продуктивність вентилятора, $\text{м}^3/\text{с}$;

$\eta_{\text{в}}$ – ККД вентилятора;

$\eta_{\text{п}}$ – ККД механічної передачі ($\eta_{\text{п}} = 0,95$).

Передаточне число:

$$i_{\text{п}} = \frac{n_2}{n_1}, \quad (2.2)$$

де n_1 – розрахункове значення швидкості обертання приводного двигуна ($n_1 \approx 1450$);

n_2 – номінальна швидкість обертання вентилятора ($n_2 = 3000$),

$$i_{\text{п}} = \frac{3000}{1450} \approx 2,1.$$

Розрахункова потужність приводного двигуна вентилятора згідно формули 2.1:

$$P_{\text{роз}} = (1,05 \dots 1,3) \cdot \frac{\frac{41000}{3600} \cdot 569}{0,7 \cdot 0,95} = 10,2 \dots 12,7 \text{ (кВт)}.$$

Отже, порівнюючи розрахунковий діапазон потужностей з номінальним рядом потужностей впливає, що для привода вентилятора доцільно вибрати приводний двигун з номінальною потужністю 11 кВт.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРА

В якості приводного двигуна доцільно вибрати асинхронний двигун з КЗ ротором. В той же час, враховуючи важкі умови пуску, які обумовлені значним моментом інерції робочого колеса вентилятора, система електричного привода вентилятора повинна забезпечувати полегшення умов пуску приводного двигуна.

Отже, теоретично можуть бути застосовані такі системи електричного привода: РКС-АД зі схемою пуску зірка / трикутник; Softstart-АД; ПЧ-АД.

При порівнянні можливих варіантів вирішення будь-якого завдання кращим, за інших рівних умов, вважається варіант, який передбачає мінімум приведених витрат [3, 4]:

$$Z = E_n \cdot K + C, \quad (3.3)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних

вкладень (приймається 0,17 для всіх галузей промисловості), 1/рік;

K – капітальні вкладення, грн;

C – загальні щорічні відрахування, які враховуються у собівартості продукції, грн/рік.

Проведемо розрахунки для системи ПЧ-АД.

Капітальні вкладення [3, 4]:

$$K = D + SK, \quad (3.4)$$

де D – вартість приводного двигуна ($D = 18619$ грн [5]);

SK – вартість системи керування (вартість пристрою плавного пуску $SK = 11742$ грн [6], вартість ПЧ $SK = 38181$ грн [7]),

$$K = 18619 + 38181 = 56800 \text{ (грн)}.$$

Річні капітальні витрати [3, 4]:

$$K_{\text{річні}} = E_n \cdot K, \quad (3.5)$$

$$K_{\text{річні}} = 0,17 \cdot 56800 = 9656 \text{ (грн/рік)}.$$

Загальні додаткові відрахування [3, 4]:

$$C = C_A + C_P + C_D + C_O, \quad (3.6)$$

де C_A – амортизаційні відрахування, грн/рік;

C_P – відрахування на ремонт, грн/рік;

C_D – додаткові відрахування, грн/рік;

C_O – відрахування на обслуговування, грн/рік.

Величина амортизаційних відрахувань в середньому приймається 10% від капітальних вкладень [3, 4]:

$$C_A = 0,1 \cdot K, \quad (3.7)$$

$$C_A = 0,1 \cdot 56800 = 5680 \text{ (грн/рік)}.$$

Відрахування на ремонт електрообладнання приймають в розрахунку 2% від капітальних вкладень [3, 4]:

$$C_P = 0,02 \cdot K, \quad (3.8)$$

$$C_P = 0,02 \cdot 56800 = 1136 \text{ (грн/рік)}.$$

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії системі електричного привода у стаціонарних та перехідних режимах роботи за рік:

$$C_D = C_{D1} + C_{D2}, \quad (3.9)$$

де C_{D1} – додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в двигуні за рік, грн/рік;

C_{D2} – додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в системі керування за рік, грн/рік.

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в двигуні за рік [3, 4]:

$$C_{D1} = \Delta W_{\Sigma \text{дв}} \cdot c, \quad (3.10)$$

де $\Delta W_{\text{дв}}$ – сумарні втрати енергії в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи за рік, (кВт·год)/рік;

c – вартість для промисловості одного кіловата потужності за годину (вартість електроенергії – 2,85грн/(кВт·год) без ПДВ, вартість

розподілу – 1,26 грн/(кВт·год) без ПДВ,
 $c = 1,2 \cdot (2,85 + 1,26) = 4,932$ грн/(кВт·год) з ПДВ).

Сумарні втрати енергії в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи за рік [3, 4]:

$$\Delta W_{\Sigma \text{ДВ}} = (\Delta P_{\text{НОМ}} + \Delta P_{\text{перех.}}) \cdot k_z \cdot \Phi, \quad (3.11)$$

де $\Delta P_{\text{НОМ}}$ – втрати потужності в двигуні в номінальному режимі роботи, кВт;

$\Delta P_{\text{перех.}}$ – додаткові втрати потужності в двигуні у перехідних режимах роботи, кВт;

k_z – коефіцієнт завантаження по потужності (приймають рівним 0,8);

Φ – дійсний фонд часу роботи системи електричного привода за рік, год/рік.

Втрати потужності в двигуні в номінальному режимі роботи [3, 4]:

$$\Delta P_{\text{НОМ}} = P_{\text{НОМ}} \cdot \frac{1 - \eta_{\text{НОМ}}}{\eta_{\text{НОМ}}}, \quad (3.12)$$

де $P_{\text{НОМ}}$ – номінальна потужність електричного двигуна ($P_{\text{НОМ}} = 11$ кВт);

$\eta_{\text{НОМ}}$ – номінальний ККД двигуна ($\eta_{\text{НОМ}} = 0,884$),

$$\Delta P_{\text{НОМ}} = 11 \cdot \frac{1 - 0,884}{0,884} = 1,44 \text{ (кВт)}.$$

Додаткові втрати потужності в двигуні у перехідних режимах роботи приймають рівними 10% від номінальних [3, 4]:

$$\Delta P_{\text{перех.}} = 0,1 \cdot \Delta P_{\text{НОМ}}, \quad (3.13)$$

$$\Delta P_{\text{перех.}} = 0,1 \cdot 1,44 = 0,144 \text{ (кВт)}.$$

Дійсний фонд часу роботи електричного привода за рік [3, 4]:

$$\Phi = \varepsilon \cdot Z_{\text{р.д.}} \cdot Z_{\text{р.з.}} \cdot t_{\text{р.з.}}, \quad (3.14)$$

де ε – відносна тривалість ввімкнення ($\varepsilon = 1$);

$Z_{\text{р.д.}}$ – кількість робочих днів за рік ($Z_{\text{р.д.}} = 60$ 1/рік);

$Z_{\text{р.з.}}$ – кількість робочих змін ($Z_{\text{р.з.}} = 2$);

$t_{\text{р.з.}}$ – тривалість робочої зміни ($t_{\text{р.з.}} = 12$ год),

$$\Phi = 1 \cdot 60 \cdot 2 \cdot 12 = 1440 \text{ (год/рік)}.$$

Сумарні втрати енергії в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи згідно формули (2.11):

$$\Delta W_{\Sigma \text{дв}} = (0,71 + 0,071) \cdot 0,8 \cdot 144 = 89,4 \text{ ((кВт} \cdot \text{год)/рік)}.$$

Додаткові відрахування згідно формули (2.10):

$$C_{\text{д1}} = 89,4 \cdot 4,932 = 9021,25 \text{ (грн/рік)}.$$

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в системі керування за рік [3, 4]:

$$C_{\text{д2}} = \Delta W_{\Sigma \text{ск}} \cdot c, \quad (3.15)$$

де $\Delta W_{\text{ск}}$ – кількість втраченої електроенергії в системі керування за рік, (кВт·год)/рік.

Втрати енергії в системі керування за рік:

$$\Delta W_{\Sigma \text{ск}} = \Delta P_{\text{ск}} \cdot k_3 \cdot \Phi, \quad (3.16)$$

де $\Delta P_{\text{ск}}$ – втрати потужності в системі керування, кВт.

Втрати потужності в системі керування [3, 4]:

$$\Delta P_{\text{ск}} = P_{\text{сп}} \cdot \frac{1 - \eta_{\text{пп}}}{\eta_{\text{пп}}}, \quad (3.17)$$

де $P_{\text{пп}}$ – номінальна потужність перетворюючого пристрою ($P_{\text{пп}} = 15$ кВт);

$\eta_{\text{пп}}$ – номінальний ККД перетворюючого пристрою ($\eta_{\text{пп}} = 0,98$),

$$\Delta P_{\text{ск}} = 15 \cdot \frac{1 - 0,98}{0,98} = 0,306 \text{ (кВт)}.$$

Втрати потужності в системі керування згідно формули (2.16):

$$\Delta W_{\Sigma \text{ск}} = 0,306 \cdot 0,8 \cdot 1440 = 352,7 \text{ ((кВт} \cdot \text{год)/рік)}.$$

Додаткові відрахування згідно формули (2.15):

$$C_{\text{д2}} = 352,7 \cdot 4,932 = 1739,28 \text{ (грн/рік)}.$$

Додаткові відрахування згідно формули (2.9):

$$C_{\text{д}} = 9021,25 + 1739,28 = 10760,53 \text{ (грн/рік)}.$$

Відрахування на обслуговування електрообладнання приймають рівним 5% від суми відрахувань на амортизацію, ремонт та додаткових витрат [3, 4]:

$$C_O = 0,05 \cdot (C_A + C_P + C_D), \quad (3.18)$$

$$C_O = 0,05 \cdot (5680 + 1136 + 10760,53) = 878,83 \text{ (грн/рік)}.$$

Загальні додаткові відрахування згідно формули (2.6):

$$C = 5680 + 1136 + 10760,53 + 878,83 = 18455,36 \text{ (грн/рік)}.$$

Приведені витрати згідно формули (2.3):

$$Z = 0,17 \cdot 56800 + 18455,36 = 28111,36 \text{ (грн/рік)}.$$

Для інших систем електричного привода проведемо аналогічні розрахунки, результати розрахунків зведемо в порівняльну таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Обґрунтування вибору системи електропривода

Показники	Системи електричного привода		
	РКС-АД з КЗ	Плавний пуск АД КЗ	ПЧ-АД
Вартість двигуна Д, грн	18619	18619	18619
Вартість системи керування СК, грн	5500	11742	38181
Капітальні вкладення К, грн	24119	30361	56800
Річні капітальні витрати $K_{річн}$, грн/рік	4100,23	5161,37	9656,00
Амортизаційні відрахування C_A , грн/рік	2411,90	3036,10	5680,00
Відрахування на ремонт C_P , грн/рік	482,38	607,22	1136,00
Додаткові відрахування C_D , грн/рік	10760,53	10760,53	10760,53
Відрахування на обслуговування C_O , грн/рік	682,74	720,19	878,83
Загальні відрахування С, грн/рік	14337,55	15124,05	18455,36
Приведені витрати З, грн/рік	18437,78	20285,42	28111,36

Висновок: Згідно результатів проведених розрахунків впливає, що найбільш економічно вигідним є використання системи з релейно-контакторною системою керування та переключенням схеми обмоток статора з зірки на трикутник. Приведені витрати для даного варіанту є найменшими і становлять 18437,78 грн/рік.

4 ВИБІР ПРИВОДНОГО ДВИГУНА ВЕНТИЛЯТОРА

Умова вибору приводного двигуна [3, 4]:

$$\begin{cases} P_{\text{дв.н}} \geq P_{\text{роз}}, \\ n_{\text{дв.н}} \geq n_{\text{роз}}, \end{cases} \quad (4.1)$$

де $P_{\text{дв.н}}$ – номінальна потужність приводного двигуна, кВт;

$P_{\text{роз}}$ – розрахункова потужність приводного двигуна, кВт;

$n_{\text{дв.н}}$ – номінальна кутова швидкість приводного двигуна, с^{-1} ;

$n_{\text{роз}}$ – розрахункова кутова швидкість, с^{-1} ?

$$\begin{cases} P_{\text{дв.н}} \geq 10,2 \dots 12,7 \text{ (кВт)}, \\ n_{\text{дв.н}} \geq 1450 \text{ (с}^{-1}\text{)}. \end{cases}$$

Отже, для привода вентиляторів пальників сушарки відповідно до умов виберемо приводний двигун типу АИР 132 М4 (рисунок 4.1). Його технічні характеристики наведені в таблиці 4.1.



Рисунок 4.1 – Зовнішній вигляд приводного двигуна типу АИР 132 М4

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики приводного двигуна

Параметри двигуна	Значення
Тип	АИР 132 М4
Номінальна потужність $P_{\text{дв.н}}$	11 кВт
Частота f_1	50 Гц
Номінальна напруги мережі $U_{\text{дв.н}}$	380 / 660 В
Номінальний струм статора $I_{\text{дв.н}}$	22 А
Номінальна швидкість обертання $n_{\text{дв.н}}$	1458 об/хв
Число пар полюсів p	2
Клас енергоефективності	IE2
Коефіцієнт корисної дії $\eta_{\text{дв.н}}$, %	87,5 %
Коефіцієнт потужності $\cos\varphi_{\text{н}}$	0,87
Кратність пускового струму $\lambda_{\text{I.п}}$	7,5
Кратність пускового моменту $\lambda_{\text{п}}$	2,2
Кратність критичного моменту $\lambda_{\text{к}}$	3,0
Активний опір обмотки статора R_1 , Ом	0,43
Приведений активний опір обмотки ротора R'_2 , Ом	0,32
Індуктивний опір розсіювання обмотки статора X_1 , Ом	0,85
Приведений індуктивний опір розсіювання обмотки ротора X'_2 , Ом	1,3
Момент інерції ротора $J_{\text{рот}}$	0,04 кг·м ²
Ступінь захисту	IP55
Режим роботи	S1
Конструктивне виконання	IM1001
Маса	29 кг

Синхронна кутова швидкість приводного двигуна [3]:

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot f_1}{p}, \quad (4.2)$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot 50}{2} = 157,08 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Номінальна кутова швидкість обертання [3]:

$$\omega_{\text{дв.н}} = \frac{2\pi \cdot n_{\text{дв.н}}}{60}, \quad (4.3)$$

$$\omega_{\text{дв.н}} = \frac{2\pi \cdot 1458}{60} = 152,68 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Номінальний момент приводного двигуна [3]:

$$M_{\text{дв.н}} = \frac{P_{\text{дв.н}}}{\omega_{\text{дв.н}}}, \quad (4.4)$$

$$M_{\text{дв.н}} = \frac{11000}{152,68} = 72,1 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Китичний момент приводного двигуна [3]:

$$M_{\text{дв.к}} = M_{\text{дв.н}} \cdot \lambda_{\text{к}}, \quad (4.5)$$

$$M_{\text{дв.к}} = 72,1 \cdot 2,2 = 158,62 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Пусковий момент приводного двигуна [3]:

$$M_{\text{дв.п}} = M_{\text{дв.н}} \cdot \lambda_{\text{п}}, \quad (4.6)$$

$$M_{\text{дв.п}} = 72,1 \cdot 3 = 216,3 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Пусковий струм приводного двигуна [3]:

$$I_{\text{дв.п}} = I_{\text{дв.н}} \cdot \lambda_{\text{п}}, \quad (4.7)$$

$$I_{\text{дв.п}} = 7,5 \cdot 22 = 165 \text{ (А)}.$$

Номінальне ковзання [3]:

$$s_{\text{н}} = \frac{\omega_0 - \omega_{\text{дв.н}}}{\omega_0}, \quad (4.8)$$

$$s_{\text{н}} = \frac{157,08 - 152,68}{157,08} = 0,028.$$

Критичне ковзання [3]:

$$s_k = s_n \cdot (\lambda_k + \sqrt{\lambda_k^2 - 1}), \quad (4.9)$$

$$s_k = 0,028 \cdot (3 + \sqrt{3^2 - 1}) = 0,163.$$

Номинальна фазна напруга:

$$U_{\phi.n} = \frac{U_{дв.н}}{\sqrt{3}}, \quad (4.10)$$

$$U_{\phi.n} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 219,4 \text{ (В)}.$$

Для побудови природної механічної характеристики приводного двигуна скористатись формулами Клоса та Чекунова.

Механічна характеристика згідно формули Клосса [3]:

$$M(s) = \frac{2 \cdot M_{дв.к} \cdot (1 + a \cdot s_k)}{\frac{s}{s_k} + 2 \cdot a \cdot s_k + \frac{s_k}{s}}, \quad (4.11)$$

де a – розрахунковий коефіцієнт [3],

$$a = \frac{R_1}{R_2'}, \quad (4.12)$$

$$a = \frac{0,43}{0,32} = 1,34.$$

Згідно рівняння (2.29):

$$M(s) = \frac{2 \cdot 216,3 \cdot (1 + 1,34 \cdot 0,163)}{\frac{s}{0,163} + 2 \cdot 1,34 \cdot 0,163 + \frac{0,163}{s}}.$$

Механічна характеристика згідно формули Чекунова [3]:

$$M(s) = M_k \cdot \frac{2 + (s^2 - s_k^2) \cdot K_s}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}}, \quad (4.13)$$

де K_s – розрахунковий коефіцієнт [3],

$$K_s = \frac{\frac{\lambda_{\text{пуск}}}{\lambda_k} \cdot \left(\frac{1}{s_k} + s_k \right) - 2}{1 - s_k^2}, \quad (4.14)$$

$$K_s = \frac{\frac{2,2}{3,0} \cdot \left(\frac{1}{0,163} + 0,163 \right) - 2}{1 - 0,163^2} = 2,685.$$

Згідно рівняння (2.31):

$$M(s) = 216,3 \cdot \frac{2 + (s^2 - 0,163^2) \cdot 2,685}{\frac{s}{0,163} + \frac{0,163}{s}}.$$

Рівняння, яке описує залежність швидкості обертання двигуна від ковзання має вигляд [3]:

$$\omega(s) = \omega_0 \cdot (1 - s). \quad (4.15)$$

На рисунку 4.2 зображено природні механічні характеристики приводного двигуна побудовані за формулами Клоса (червона) та Чекунова (синя).

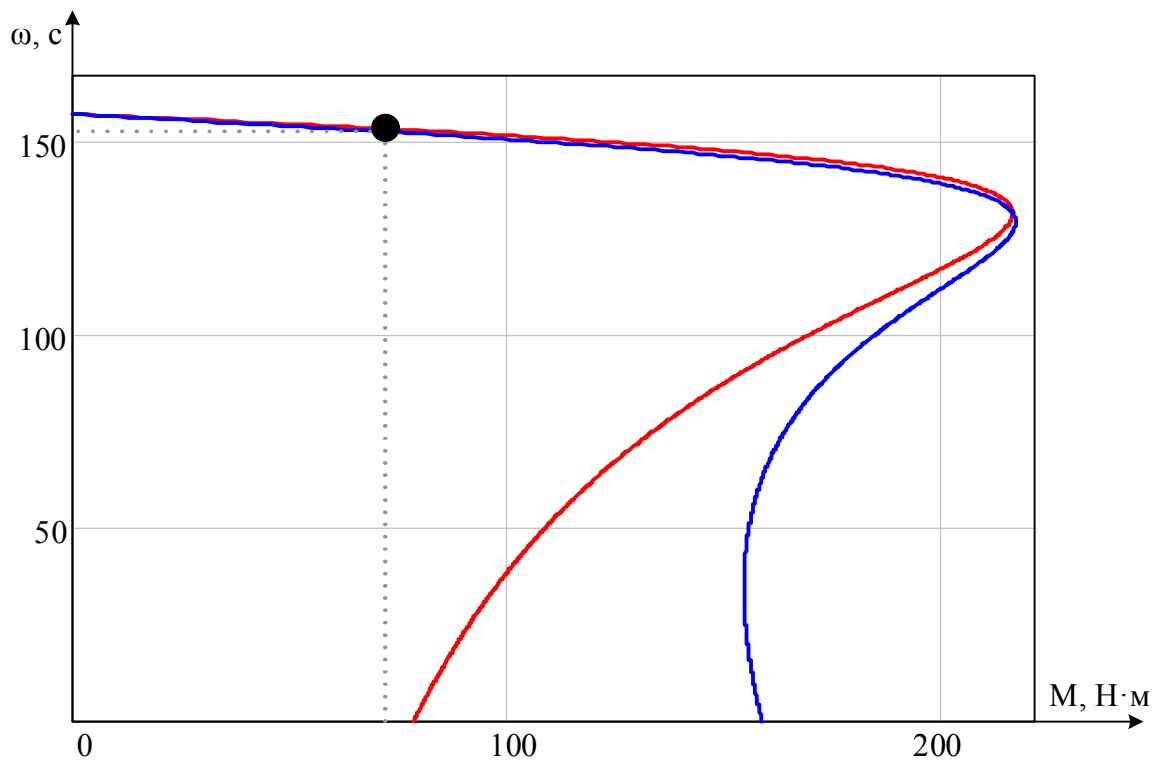


Рисунок 4.2 – Природні механічні характеристики АД з КЗ ротором

5 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ДВИГУНОМ З ПРИСТРОЄМ ПЛАВНОГО ПУСКУ ТА ЗУПИНКИ

5.1 Розробка контролера та схеми імпульсного датчика швидкості валу двигуна

Датчик змінного магнітного опору повинен бути розташований поблизу феромагнітного тіла, що обертається (сектора(ів) на диску). Датчик на струмах Фуко та індуктивний датчик чутливі до зміни відстані між поверхнею тіла обертання. Для датчиків, що працюють на ефекті Холла або магнітного опору, потрібно, щоб на диску знаходились в русі один або кілька магнітів та забезпечувалось екранування датчика від магнітного поля. Оптичний датчик та джерело світла дозволяють реєструвати послідовність міток, що утворені розривами оптичних властивостей внаслідок наявності отворів, щілин, відбиваючих поверхонь.

Пристроєм формування сигналу служить або цифровий частотомір, або перетворювач частота-напруга; останній складається з каскаду узгодження імпедансу, тракту формування сигналів, наприклад тригер Шмітта, одностабільної схеми, яка кожний імпульс, що поступив з виходу попереднього ступеня, перетворює в імпульс постійної амплітуди і постійної тривалості T_0 (очевидно, що величина T_0 повинна бути меншою мінімального періоду повторень), низькочастотного фільтру, вихідна напруга якого дає постійну складову сигналу, рівну середньому значенню напруги імпульсів, сформованих одностабільною схемою, і пропорційну T_0 . Зниження граничної частоти фільтру зменшує пульсації на виході, але збільшує постійну часу і, отже, час вимірювання.

Будова датчика швидкості обертання з змінним магнітним опором приведена на рисунок 5.1. Вимірювальна катушка 2 має магнітне осердя, на яке впливає потік індукції постійного магніта; катушка поміщена перед

диском (полюсне колесо), або перед феромагнітним тілом, що обертається. Послідовність стрибків магнітних властивостей (зуби, щілини, отвори) диска або тіла, що обертається, викликає періодичну зміну магнітного опору в магнітному колі котушки, що наводить в останній ЕРС з частотою, пропорційною до швидкості обертання.

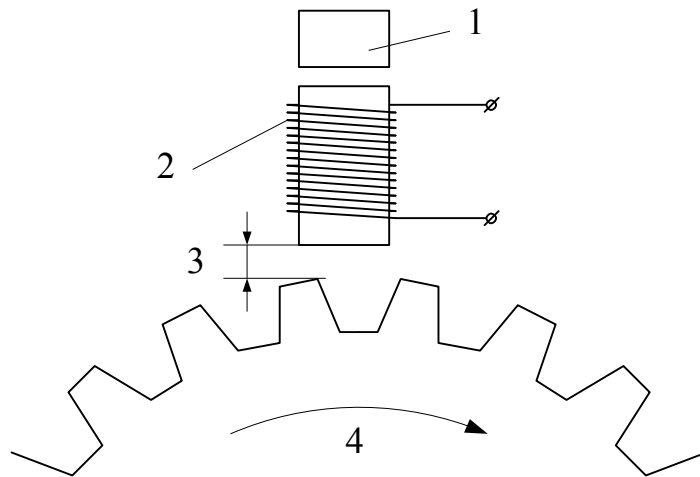


Рисунок 5.1 – Будова датчика швидкості обертання з змінним магнітним опором

Амплітуда цієї ЕРС залежить:

а) від відстані між котушкою і тілом, що обертається; вона швидко падає зі збільшенням цієї відстані; (яка не може перевищувати декількох міліметрів);

б) від швидкості обертання (амплітуда ЕРС пропорційна цій швидкості); при малих швидкостях амплітуда може бути недостатньою для виявлення, внаслідок чого з'являється «мертва зона», в якій неможливі ніякі вимірювання. Ця зона тим більша, чим більша відстань між котушкою і тілом, що обертається. Збільшення втрат з підвищенням швидкості веде до обмеження амплітуди. Діапазон вимірювань залежить від числа p стрибкоподібних змін магнітних властивостей тіла, що обертається,

наприклад, від числа зубів колеса. Мінімальна швидкість, що вимірюється, тим менша чим більше p , тоді як максимальна швидкість, яка вимірюється, тим більша, чим менше p . Типові діапазони вимірювання складають від 50 до 500 об/хв для колеса з 60 зубами і від 500 до 10 000 об/хв для колеса з 15 зубами.

Датчик даного типу дозволяє визначати швидкість диска, що обертається всередині кожуха, при умові, що стінка кожуха немагнітна і відстань між котушкою та диском залишається невеликою.

Датчики на струмах Фуко (вихрових) застосовуються тоді, коли тіло, яке обертається, металеве, але не феромагнітне. Котушка, що є чутливим елементом, утворює індуктивність резонансного контура синусоїдального генератора. При наближенні металевого провідника змінюються характеристики L і R котушки, внаслідок чого генерація припиняється. При проходженні кожного зуба шестерні, що обертається, перед катушкою відбувається переривання коливань, що виявляється, наприклад, по зміні струму живлення генератора. Частота відповідного сигналу пропорційна швидкості обертання, а його амплітуда не залежить від останньої, оскільки визначається в даному випадку не законом Фарадея. Звідси витікає, що цей тип датчика не має «мертвої зони» і тому придатний до вимірювання дуже малих швидкостей.

Принцип дії оптичного тахометру приведений на рис. 1.2. В найбільш простій формі він складається з джерела світла, лінзи 1, оптичного приймача 3 (фотодіода або фототранзистора).

Тіло, що обертається, або забезпечують світловідбиваючими мітками, розташованими, рівномірно по колу відносно осі обертання, на які спрямований світловий пучок, або сполучають з диском, що має поперемінно прозорі і непрозорі сектори, який розташовують між джерелом і приймачем світла. Отриманий модульований стрибкоподібними змінами віддзеркалення або пропускання потік, фотоприймач видає електричний сигнал з частотою,

пропорційною швидкості обертання, і з амплітудою, не залежною від цієї швидкості. Діапазон швидкостей, що вимірюються, залежить, з одного боку, від кількості стрибків оптичних властивостей (отворів, щілин, прозорих секторів, що нанесені на диск або на тіло, що обертається), а з іншого – від смуги пропускання приймача і пов'язаних з ним електричних схем. Для вимірювань малих швидкостей, наприклад об/год, використовуються диски з великим числом щілин (від 500 до декількох тисяч); у вимірюваннях великих швидкостей, наприклад 10^5 - 10^6 об/хв у випадку ультрацентрифуг, диск має тільки одну щілину, і максимальна вимірювана швидкість визначається верхньою граничною частотою електричного ланцюга.

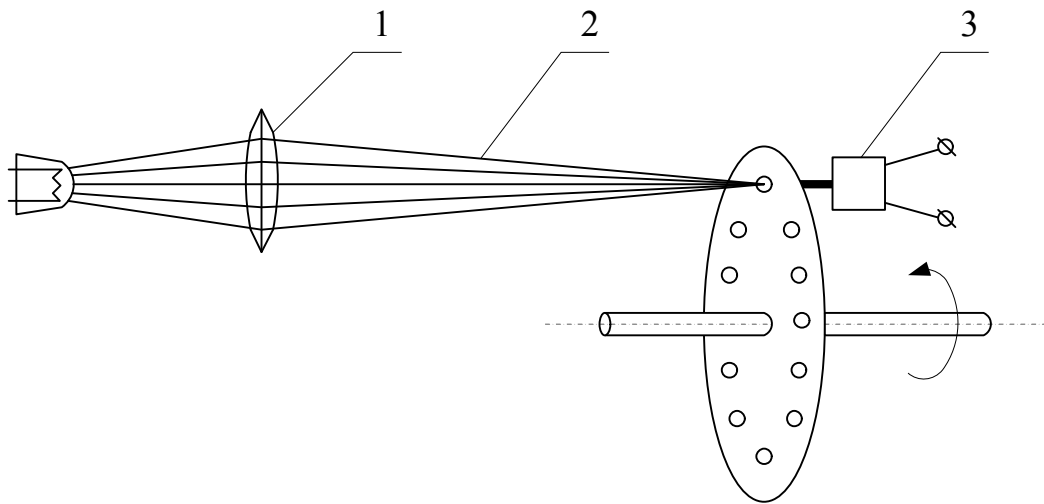


Рисунок 5.2 – Принцип дії оптичного тахометра

Застосування диска з двома доріжками, зсунутими на четверть періоду по простору (оптичний генератор приростів), дозволяє визначати напрям обертання [1].

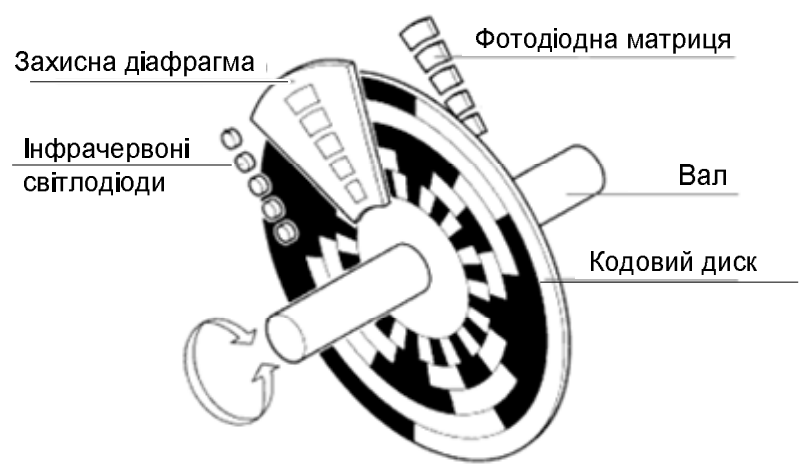


Рисунок 5.3 – Принцип дії сенсора швидкості

Вибір елементної бази імпульсного датчика положення / швидкості валу двигуна.

Технічні характеристики елементів сенсора швидкості

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики світлодіодів:

Тип діоду	Зворотній струм / випрямлений струм I_{sx} / I_d (мА)	Довжина хвилі L , нм	Період хвилі T_H / T_c , нс	U_{np} / I_{np} , В/мА	I_{np} / I_{imp} , В/мА	U_{om} , В	Корпус, тип
АЛ156А	6 / 100	820-900	100/100	1.8/100	110/1500	3	6,1
АЛ102А	40 / 5	690-710	—	2.8 / 5	20 / 60	2	12

Основні характеристики фотодіоду на основі кремнію

ФД-256 ТУ 3-3.157-81

Площа фоточутливого елементу (ефективна), мм ²	4 (1.37) (4)
Робоча температура, °C.....	20±5
Робоча напруга, В.....	10
Діапазон спектральної чутливості, мкм	0,4 – 1,1
Максимум спектральної характеристики, мкм.....	0,8 – 0,9
Темновий струм, на, не більше.....	5
Інтегральна струмова чутливість, мкА/лк, не менше.....	0,02
Власна постійна часу (U = 10 В), нс, не більше.....	10
Власна постійна часу (U = 60 В), нс, не більше.....	2
Поріг чутливості, лм·Гц ^{-1/2} , не більше.....	1·10 ⁻¹¹
Корпус	металевий
Електрична міцність ізоляції, В, не менше	180
Вхідне вікно	лінза
Матеріал вікна	скло С52-1
Вага, г	1

Основні характеристики компаратора напруги LM311 (*Fairchild Semiconductor*)

Повна напруга живлення, В.....	24-36
Вихідна напруга «—»-LM311, В.....	40
Земля-«—»	-30
Вхідна напруга, В	±15
Допустима тривалість роботи в к.з., с.....	10
Споживана потужність, мВт	500
Допустимий температурний режим, °C	0...+70

Основні характеристики оптодіодної пари МС8020

(*Fairchild Semiconductor*)

Емітер:

Прямий вхідний постійний струм, мА	60
Пряма вхідна напруга, В	1,15 – 2
Вхідна ємність (1 МГц), пФ	18
Зворотній струм витоку, мкА	0,05 – 10
Зворотня вхідна напруга, В	3
Споживана потужність світлодіодом (LED), мВт	120

Детектор:

Напруга колектор-емітер, В	50
Допустима напруга емітер-колектор, В	5
Споживана потужність детектору, мВт	150
Допустимий тривалий струм колектора, мА	150
Темновий струм колектор-емітер, нА	100

Основні технічні характеристики стабілізатора напруги КР142ЕН8А

Вихідна напруга, В	8 (7,76 – 8,24)
Нестабільність по вхідній напрузі, мВ	6 – 160
Нестабільність по струму навантаження, мВ	12 – 160
Струм спокою, мА	4,3 – 8,0
Нестабільність струму спокою, мА	1,0
Вихідна напруга шуму, мкВ	52
Коефіцієнт подавлення пульсацій (при 120 Гц), дБ	56 – 72
Падіння напруги, В	2
Вихідний опір (при 1 кГц), мОм	16
Струм к.з., мА	450
Максимальний вихідний струм, мА	2,2
Температурна нестабільність вихідної напруги, мВ/°С	0,8

5.2 Розробка схеми імпульсного датчика швидкості валу двигуна вентилятора

Схема сенсора швидкості двигуна представлена на рисунку 5.4 та в графічних матеріалах роботи. Схема працює наступним чином. Світлодіод інфрачервоного спектру випромінювання HL1 працює постійно, в напрямку диску що закріплений на валу електричної машини. Фотодіод HL2 вловлюючи імпульси світла, що відбилися від диску, виробляє електричний струм певної напруги. Компаратор напруги DD1 виділяє з цього сигналу імпульс який засвідчує світлодіод оптопари DD2.

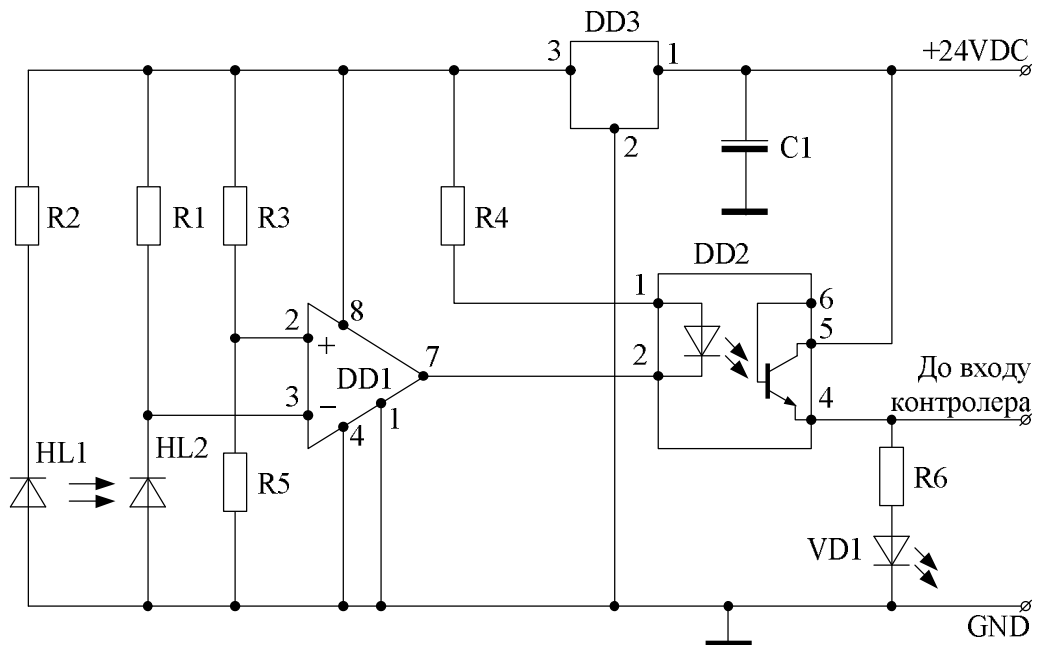


Рисунок 5.4 – Схема імпульсного сенсора швидкості валу двигуна

Вихідний ключ оптопари на здвоєному транзисторі відкривається і надсилає сигнал високого рівня на вхід мікроконтролера. Частота імпульсів які відрахує контролер буде прямо пропорційною швидкості обертання валу електричної машини. Світлодіод VD1 показує стан схеми, тобто який сигнал присутній на вході контролера в даний момент часу.

5.3 Розробка системи автоматичного керування асинхронним двигуном з пристроєм плавного пуску та зупинки

В об'єднану систему автоматичного керування електроприводом з вказаним асинхронним двигуном та пристроєм плавного і зупинки слід включити інтелектуальне реле, що має високочастотні дискретні входи I1 та I2 та спроможне здійснювати облік кількості обертів двигуна, вирішуючи тим самим питання грубої координації (грубого позиціонування) технологічного пристрою, що може бути сполучений з даним двигуном.

Програмовані логічні контролери в автоматичній системі управління технологічним процесом (АСУ ТП) займають головне місце і призначені для ведення технологічного процесу в автономному режимі згідно заданої програми. ПЛК, що розглядаються в даній лабораторній роботі призначені, в першу чергу, для керування невеликими механізмами та системами. Дані пристрої можуть використовуватись для керування автоматичними воротами, керування освітленням, кондиціонуванням тощо. Завдяки порівняно невисокій вартості “інтелектуальні реле” можуть замінити релейні схеми, що зараз надшироко поширені. Розглянемо зовнішній вигляд ПЛК Zelio і розберемо призначення зовнішніх елементів “інтелектуального реле” (рисунок 5.5).

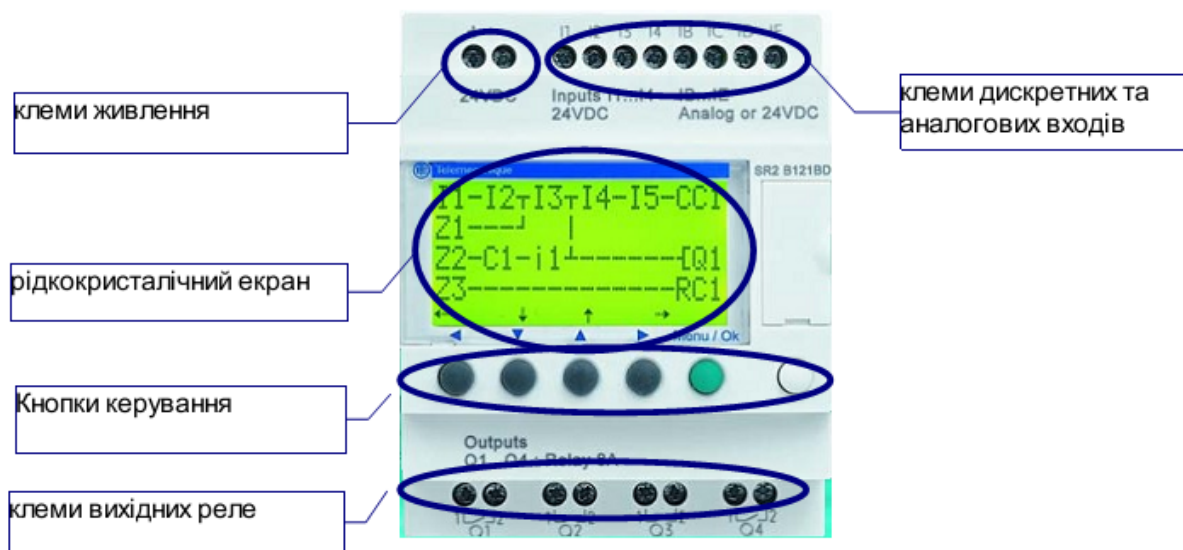


Рисунок 5.5 – Зовнішній вигляд ПЛК Zelio Logic

Існують декілька модифікацій Zelio, які відрізняються напругою живлення, кількістю входів та виходів, наявністю кнопок та екрана, а також можливістю працювати з блоками розширення.

Програмування “інтелектуальних реле” Zelio може здійснюватись двома шляхами: введення програми з допомогою клавіш, що розміщені на передній панелі; складання програми за допомогою персональних ЕОМ з наступним записом цих програм у пам'ять модуля.

Найчастіше використовується другий спосіб. Програмування без допомоги ЕОМ використовується у тих випадках, коли потрібно оперативно внести зміни до програми, а під рукою нема персонального комп'ютера, або інтерфейсного кабелю для передачі програми. В даній лабораторній роботі розглядається створення програм лише з допомогою ЕОМ.

Є дві мови програмування для створення програм: мова сходиноквих діаграм (LADDER) в якій програма зображується нагадуючи електричну релейну схему.

Інша мова – мова функціональних блоків (FBD), в якій функціональні елементи представляються у вигляді блоків з входами та виходами, які виконують ту чи іншу функцію.

Ці мови програмування відповідають міжнародним стандартам та використовуються також для програмування більш складних контролерів різних виробників.

Технічні характеристики пристрою плавного пуску та зупинки Altistart приведено в табл. 5.1, а часова діаграма його роботи – на рисунку 5.6.

Цей пристрій плавного пуску Altistart 01 монтується на DIN-рейку і може жити одно- або трифазні асинхронні двигуни з номіналом до 25 А. Цей Altistart 01 можна використовувати для двигуна з номінальною потужністю до 11 кВт або 15 кінських сил для 3-фазного (від 110 В до 480 В змінного струму) і до 2,2 кВт для однофазного (від 110 В до 230 В змінного струму).

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики пристрою плавного пуску та зупинки Altistart

Параметр	Од. виміру	Значення
Категорія використання (за МЭК 60947-4-2)		Ac-53b
Робоча напруга, (3ф.)	В	200-15% 480+10%
Частота	Гц	47,5 – 60
Вихідна напруга	В	max $U_{мер}$
Напруга кіл керування	В	110-220, AC 24 ±10%, DC
Робочий струм	А	25
Регульований час пуску	с	1 – 5
Регульований час зупинки	с	1 – 5
Пусковий момент	%	30 – 80 $M_{пуск}$
Максимальна кількість пусків	год ⁻¹	310

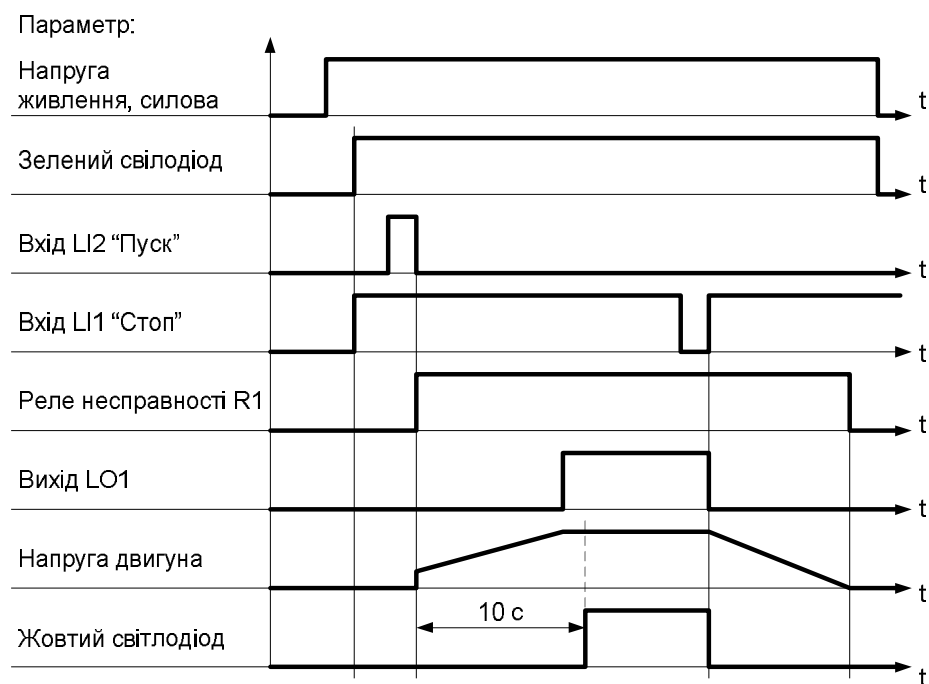


Рисунок 5.6 – Часова діаграма роботи пристрою плавного пуску та зупинки Altistart

Схема запропонованої системи приведена на рисунку 5.7 та в ілюстративному матеріалі роботи. Вказана схема ілюструє власне

підключення зовнішніх пристроїв, а тому її слід доповнити програмою керування інтелектуального реле (рисунок 5.8), написаною на мові FBD.

Перед початком роботи натискається кнопка SB4 (Пуск), що з'єднана з дискретним входом інтелектуального реле I7. Через логічний елемент I (B16) – рисунок 5.5 – імпульс від входу I7 поступає на *S (Set)* - вхід тригера B13. Останній встановлюється і вмикає дискретний вихід модуля інтелектуального реле Q7. Даний вихід (рисунок 5.6) сполучено з входом LI2 пристрою плавного пуску та зупинки і забезпечує вмикання пристрою на запуск двигуна (якщо кнопка «Стоп» SB1 не натиснена). Напруга на двигуні піднімається у відповідності з часовою діаграмою пристрою плавного пуску і зупинки (рисунок 5.6).

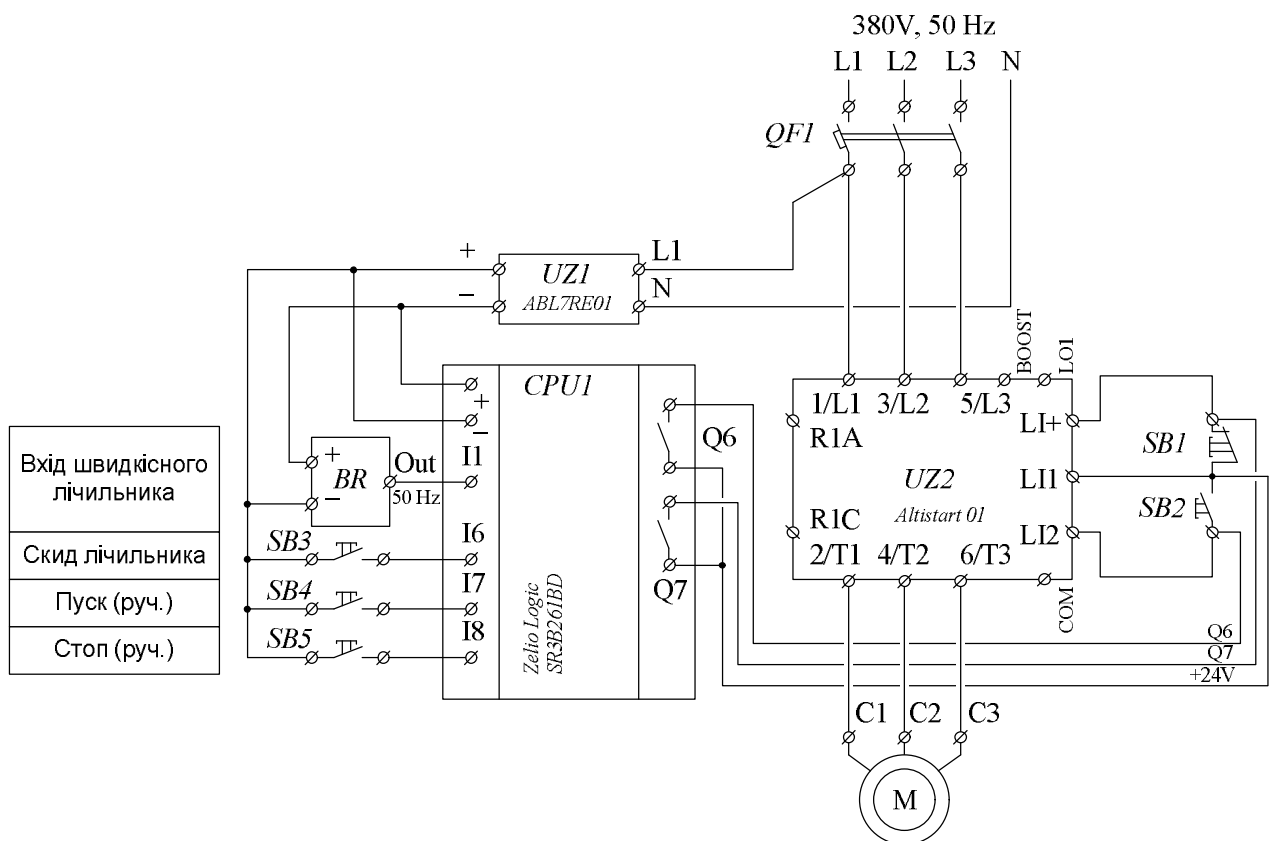


Рисунок 5.6 – Схема системи автоматичного керування асинхронним двигуном з пристроєм плавного пуску та зупинки

Двигун розганяється, при цьому датчиком швидкості BR формуються

імпульси амплітудою 24 В, які надходять на інкрементний вхід високошвидкісного лічильника інтелектуального реле І1 та порівнюються в функціональному блоці лічильника В28. Вікно параметрів високошвидкісного лічильника В28 приведено на рисунку 5.7, в даному вікні встановлюється задане значення (*Preset*) спрацювання блоку високошвидкісного лічильника В28. Після досягнення кількістю обертів двигуном встановленого в лічильнику В28 значення, на його виході формується імпульс, який через елемент АБО В25 скидає тригер керування виходом Q7, що супроводжується зупинкою двигуна.

В даній роботі передбачається проводити керування станом двигуна за допомогою входу зупинки пристрою плавного пуску, тому в програмі слід передбачити за шунтування входу пуск Altistart 01 через вихід модуля Q6 (при натисненні кнопки пуск SB4 та подачі дискретного сигналу на вхід І7 модуля встановлюється тригер В29, який і формує постійний сигнал на виході Q6 протягом роботи системи в автоматичному режимі до переходу в режим зупинки з натисненням кнопки «Стоп» SB5, тоді формується сигнал на вході модуля І8, він скидає тригер В29 і вихід Q6 розмикається).

Для автоматичного повторного пуску двигуна служить ланка елементів, що складається з тригера В22 та таймера В23. Після досягнення кількістю обертів двигуна заданого значення, високошвидкісний лічильник автоматично обнулюється через подачу сигналу з виходу на вхід ініціалізації, але часу між спрацюванням лічильника та його обнулінням достатньо для того, що встановився тригер В22 паузи роботи пристрою. У вікні таймеру В23 типу АС (рис. 5.8) задається час затримки сигналу на повторний пуск двигуна.

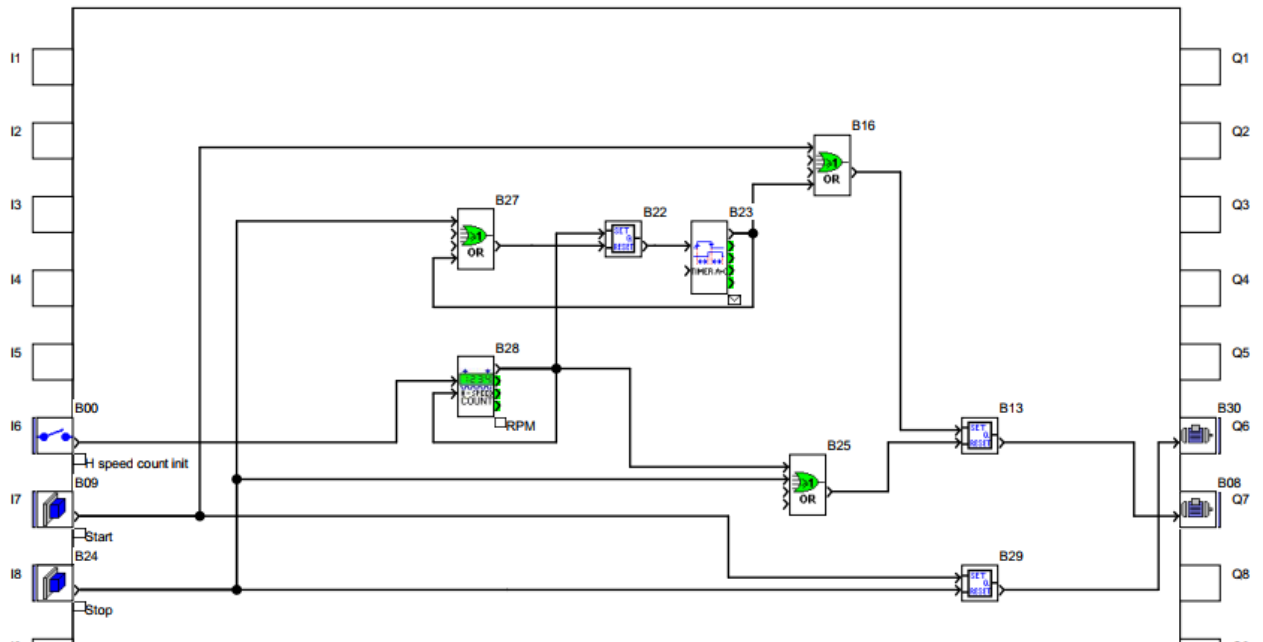


Рисунок 5.8 – Програма керування пристроєм плавного пуску та зупинки з модуля Zelio Logic

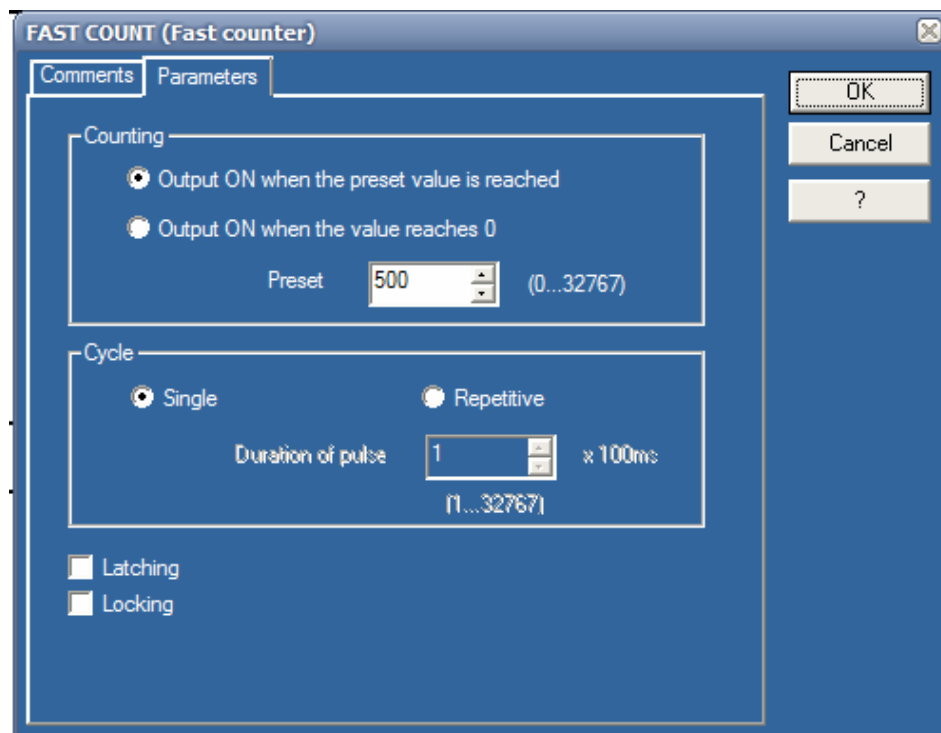


Рисунок 5.9 – Вікно параметрів настройки високошвидкісного лічильника

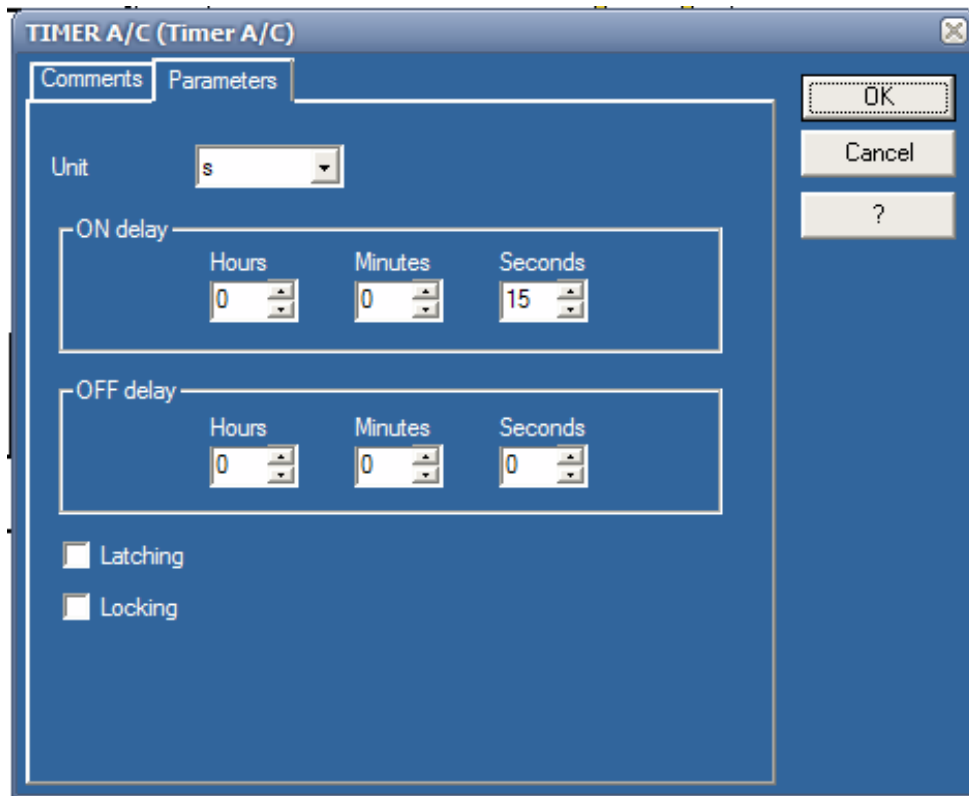


Рисунок 5.10 – Вікно параметрів настройки таймера повторного вмикання

Після проходження вказаного часу з виходу таймера B23 через логічний елемент АБО V16 подається імпульс на повторне встановлення тригера пуску двигуна V13 та формування сигналу вмикання двигуна через вихід Q7. Одночасно з цим, для встановлення ланки повторного пуску у вихідне положення, імпульс з виходу таймера B23 скидає тригер паузи B22.

Програма опрацювання циклу таймінгу реле Zelio Logic приведена на рисунку 5.11.

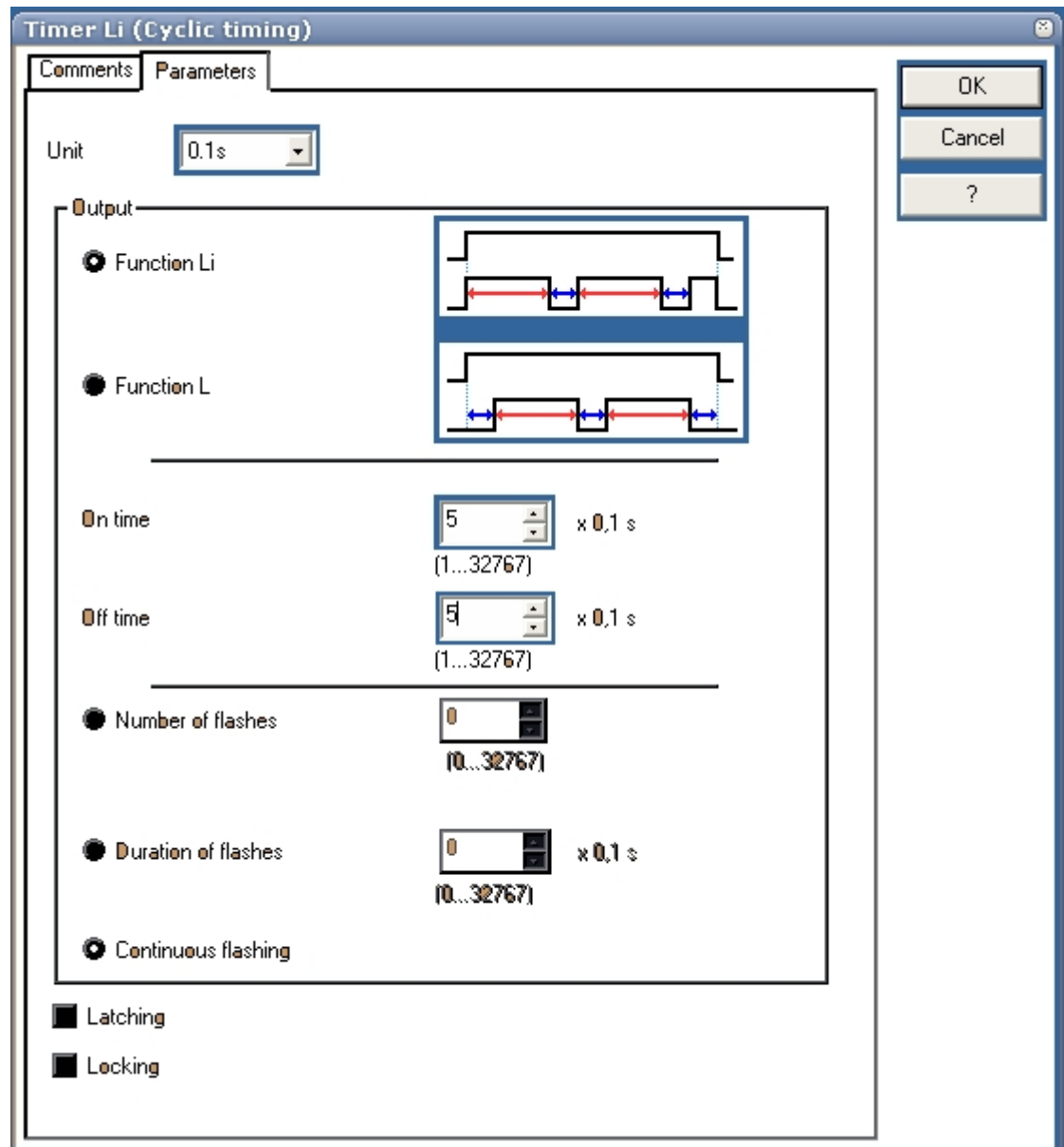


Рисунок 5.11 – Програма опрацювання циклу таймінгу реле Zelio Logic

5.4 Розробка схем електричних принципів живлення та керування

На принципових електричних схемах зображуються всі електричні елементи та пристрої, необхідні для здійснення та контролю, всі електричні зв'язки між ними, а також електричні елементи (з'єднувачі, затискачі тощо), якими закінчуються вхідні та вихідні кола.

М'який магнітний пускач - це електротехнічний (електронний) пристрій, що використовується для плавного пуску асинхронних

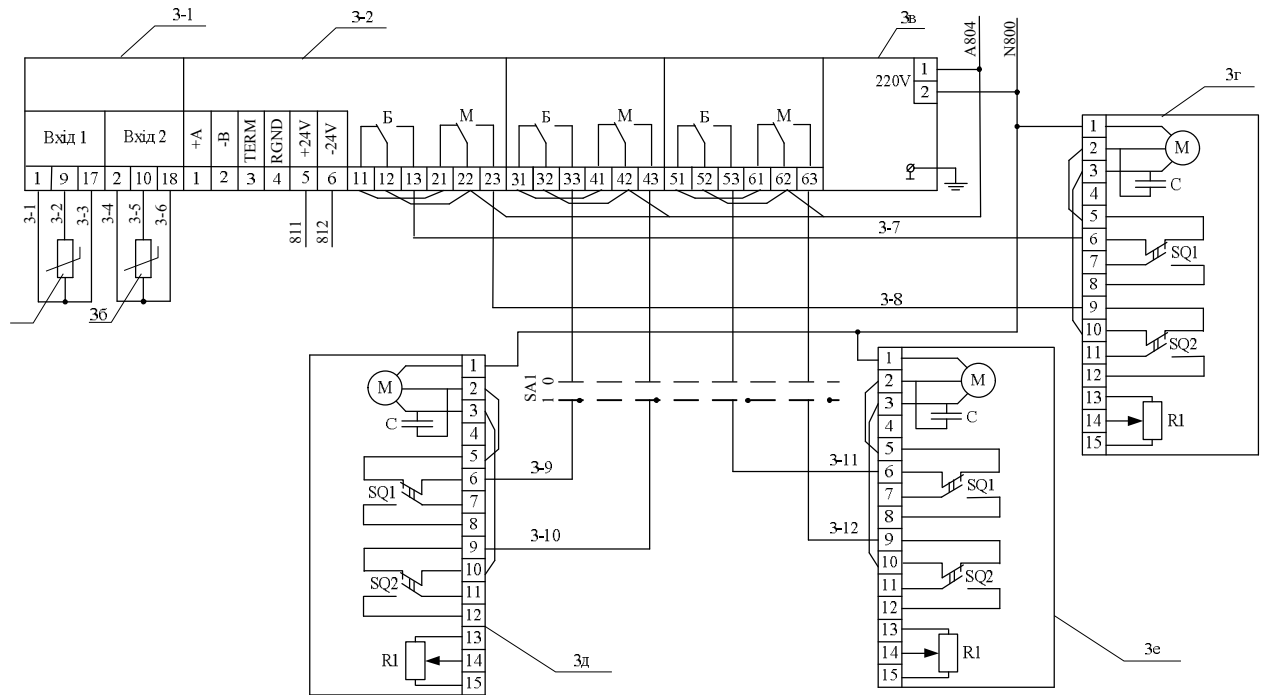


Рисунок 5.13 – Схема принципова електрична регулювання температури насиченого повітря для літнього і зимового часу

6 МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ОТРИМАННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ

Для побудови моделі спроектованої системи використаємо ППП Matlab, пакет Simulink, що входить до його складу. Система Matlab спеціально створена для проведення саме інженерних розрахунків: математичний апарат, що використовується нею, максимально наближений до сучасного математичного апарата інженера та вченого і опирається на обчислення з матрицями, векторами та комплексними числами; графічне представлення функціональних залежностей тут організовано у формі, яка необхідна саме для інженерної документації.

Пакет Simulink дозволяє здійснювати дослідження (моделювання) поведінки динамічних нелінійних систем. Ввід характеристик досліджуваних систем здійснюється в діалоговому режимі, шляхом графічної зборки схеми з'єднань елементарних стандартних ланок. В результаті такої збірки утворюється модель досліджуваної системи.

Створення моделей в пакеті Simulink базується на використанні технології Drag-and-Drop. В якості “цеглинок” для побудови моделі застосовуються модулі (або блоки), що зберігаються в бібліотеці Simulink. Будь-яка модель може мати ієрархічну структуру, тобто складатися з моделей більш нижчого рівня, причому число рівнів ієрархії практично не обмежене.

В ході процесу моделювання є можливість спостерігати за процесами, що проходять в системі. Для цього використовуються спеціальні вікна, що входять в бібліотеку Simulink.

Виконаємо моделювання роботи приводного двигуна в Matlab Simulink. Модель АД зображена на рисунку 6.1.

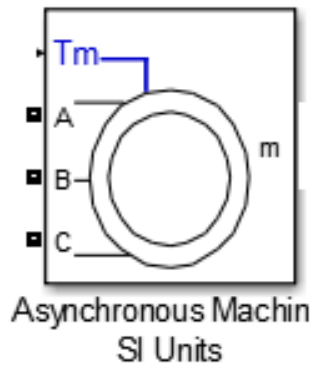


Рисунок 6.1 – Модель АД в Matlab Simulink

Для налаштування моделі необхідно додатково розрахувати такі параметри АД:

– приведена індуктивність розсіювання статора і ротора:

$$L'_c = L'_p = \frac{U_{\phi,н}}{4 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot (1 + C^2) \cdot \lambda_{I,п} \cdot I_{дв,н}}, \quad (6.1)$$

де C – розрахунковий коефіцієнт (його значення приймають в межах від 1,01 до 1,05, прийmemo $C = 1,049$),

$$L'_c = L'_p = \frac{219,4}{4 \cdot \pi \cdot 50 \cdot (1 + 1,03^2) \cdot 7,5 \cdot 22} = 0,001027 \text{ (Гн)};$$

– індуктивність статора:

$$L_c = \frac{U_{\phi,н}}{2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot I_{дв,н} \sqrt{1 - \cos^2 \phi} - \frac{2}{3} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot M_{дв,к}}{p_1 \cdot U_{\phi,н}} \cdot \frac{s_н}{s_к}}, \quad (6.2)$$

$$L_c = \frac{219,4}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 22 \cdot \sqrt{1 - 0,87^2} - \frac{2}{3} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 216,3}{2 \cdot 219,4} \cdot \frac{0,028}{0,163}} = 0,0647 \text{ (Гн)};$$

– індуктивність кола намагнічування:

$$L_m = L_c - L'_c, \quad (6.3)$$

$$L_m = 0,0647 - 0,001027 = 0,06369 \text{ (Гн)}.$$

Схема в Matlab Simulink для моделювання АД при відкриванні шибєрної засувки зображена на рисунку 6.2.

Вікно налаштування параметрів моделі АД зображені на рисунку 6.3.

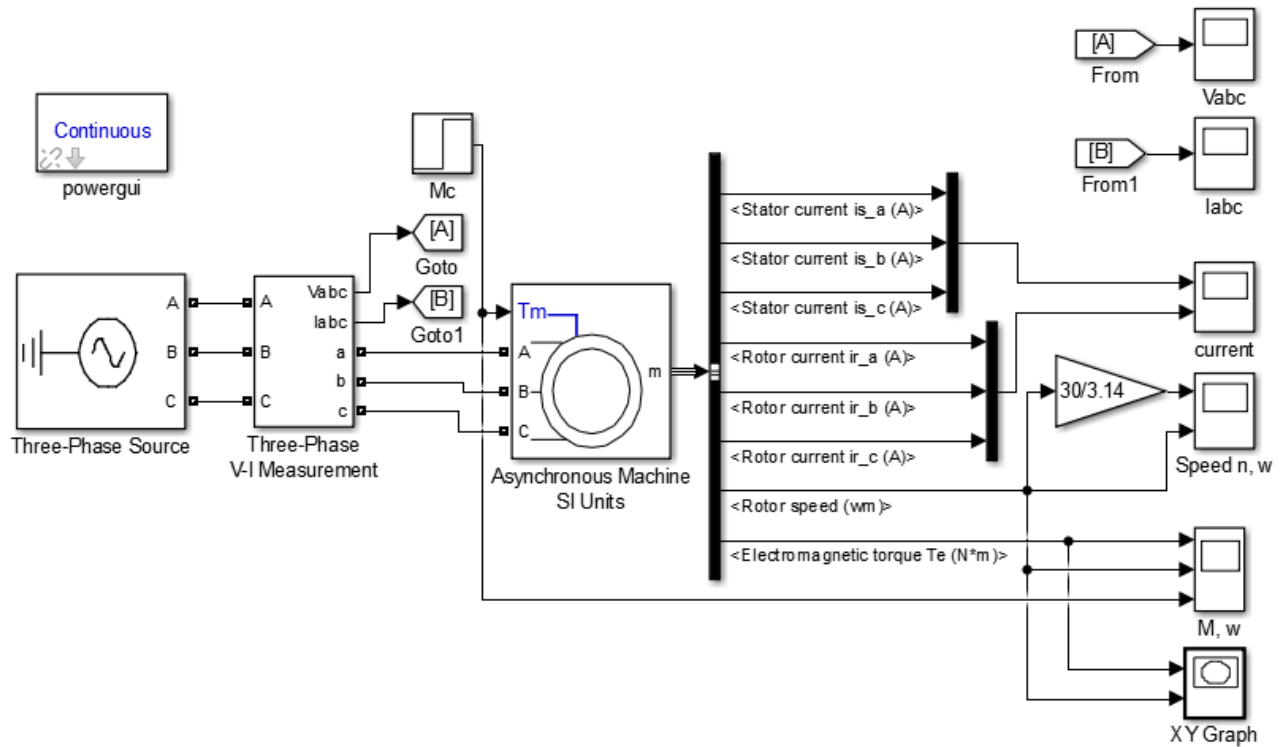


Рисунок 6.2 – Моделювання АД

Block Parameters: Asynchronous Machine SI Units

Asynchronous Machine (mask) (link)

Implements a three-phase asynchronous machine (wound rotor, squirrel cage or double squirrel cage) modeled in a selectable dq reference frame (rotor, stator, or synchronous). Stator and rotor windings are connected in wye to an internal neutral point.

Configuration Parameters Advanced Load Flow

Nominal power, voltage (line-line), and frequency [Pn(VA), Vn(Vrms), fn(Hz)]:

[11000 380 50]

Stator resistance and inductance [Rs(ohm) Lls(H)]:

[0.43 0.001027]

Rotor resistance and inductance [Rr'(ohm) Llr'(H)]:

[0.32 0.001027]

Mutual inductance Lm (H):

0.06369

Inertia, friction factor, pole pairs [J(kg.m^2) F(N.m.s) p()]:

[0.54 0.0005 2]

Initial conditions

[1,0 0,0,0 0,0,0]

☐ Simulate saturation

Plot

[i(Arms) ; v(VLL rms)]: 03.1917;230, 322, 414, 460, 506, 552, 598, 644, 690]

OK Cancel Help Apply

Рисунок 6.3 – Налаштування параметрів моделі АД

Результати моделювання наведені на рисунках 6.4 – 6.6.

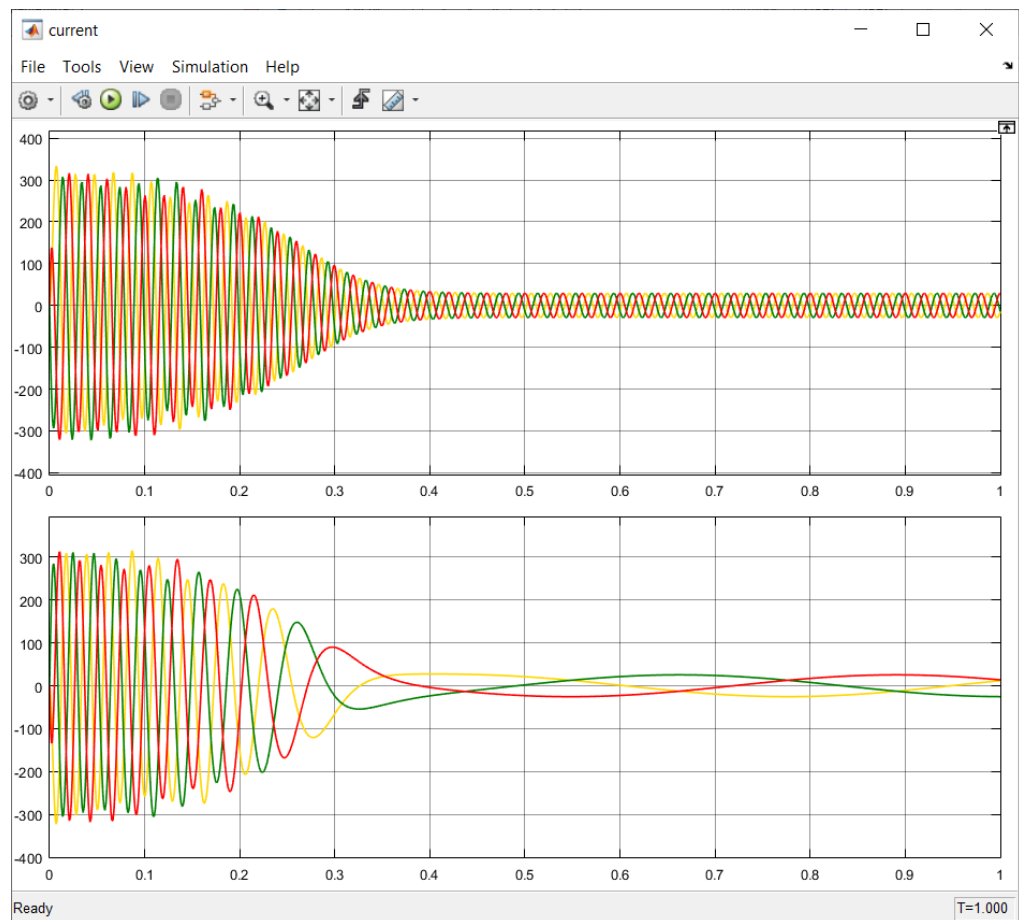


Рисунок 6.4 – Перехідні процеси зміни струмів в фазах статора та ротора АД

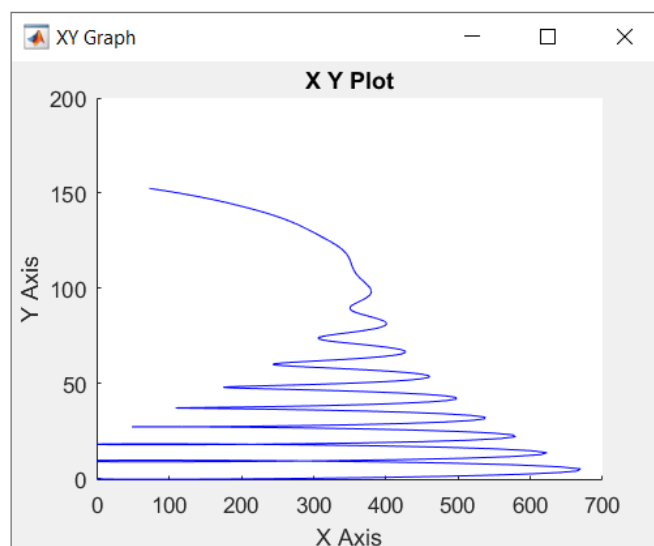


Рисунок 6.5 – Динамічна механічна характеристика АД

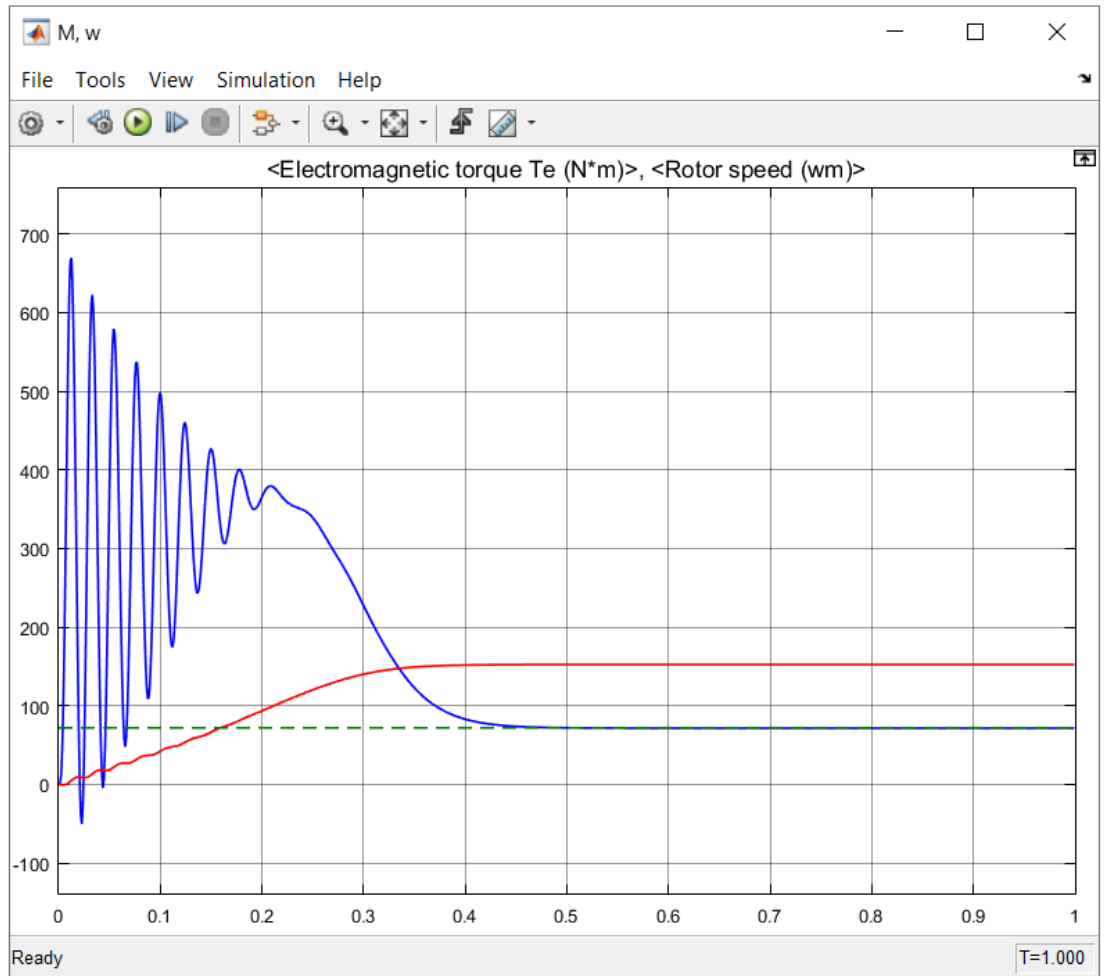


Рисунок 6.6 – Перехідні процеси зміни моменту та швидкості АД при прямому пуску

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі бакалаврської роботи розглянуті питання з охорони праці, що були враховані під час монтажу та обслуговування системи електропостачання сільгосппідприємства, яке застосовує в своїй роботі зерносушарки Farm Fans.

Роботодавець зобов'язаний створити на робочих місцях умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці. Це не тільки убезпечить працівників, але й створить відповідний настрій всередині колективу.

Охорона праці належить до соціально-економічних систем, головним завданням яких є врахування громадських та особистих інтересів людей. Соціальне значення охорони праці полягає в сприянні росту ефективності суспільного виробництва шляхом безперервного вдосконалення і поліпшення умов праці, підвищення їх безпеки, зниження виробничого травматизму і профзахворювань. Економічне значення охорони праці визначається ефективністю заходів з покращення умов і підвищення безпеки праці та є економічним виразом соціальної значущості охорони праці.

Отже, на електротехнічний персонал, що буде здійснювати оперативне обслуговування технологічного обладнання підприємства, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [2, 3]:

1) фізичні: рухомі машини і механізми; вироби, заготовки, матеріали, що пересуваються; незахищені рухомі елементи виробничого обладнання; підвищена та понижена температура повітря робочої зони; підвищена та понижена рухливість повітря; підвищена та понижена вологість повітря; підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів; підвищена запиленість повітря робочої зони; недостатня освітленість робочої зони; недостатність природного освітлення; небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини;

підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищений рівень вібрації; розташування робочого місця на значній висоті (вище 1,3 м) відносно поверхні землі (підлоги); гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання;

2) хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил);

3) фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи;

4) психофізіологічні: фізичні перевантаження (динамічні); нервово-психічні перевантаження (перенапруга аналізаторів, монотонність праці).

6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

6.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час оперативного обслуговування електроустановок

Живлення системи електропостачання та системи освітлення здійснюється від п/ст 10/0,4 кВ кабельними лініями, що прокладені в траншеях. Для живлення використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Категорія умов по небезпеці електротравматизму, відповідно до ПБЕ, залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності таких факторів як підвищена вологість, струмопровідний пил, контакт обслуговуючого персоналу з струмоведучими частинами в різних приміщеннях підприємства, їх можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

Роботи в електроустановках стосовно заходів безпеки поділяються на три категорії: зі зняттям напруги; без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них; без зняття напруги віддалік від струмопровідних частин, що перебувають під напругою.

До робіт, які виконуються без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них, належать роботи, що проводяться безпосередньо на цих частинах. Роботи без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них слід виконувати не менше як двом працівникам, з яких керівник робіт повинен мати групу IV, інші – групу III.

Роботою без зняття напруги віддалік від струмопровідних частин, що перебувають під напругою, вважається робота, під час якої є неможливим випадкове наближення працівників і ремонтного оснащення та інструменту, що застосовуються ними, до струмопровідних частин на відстань, меншу від допустимих, проведення технічних або організаційних заходів для запобігання такому наближенню не потрібно.

Під час роботи в електроустановках напругою до 1000 В без зняття напруги на струмопровідних частинах чи поблизу від них необхідно: обгородити розташовані поблизу робочого місця інші струмопровідні частини, що перебувають під напругою, і до яких можливий випадковий дотик; працювати в діелектричному взутті чи стоячи на ізолювальній підставці або на діелектричному килимі; застосовувати інструмент із ізолювальними руків'ями (у викруток, крім того, має бути ізольований стрижень); за відсутності такого інструменту слід користуватися діелектричними рукавичками.

Під час виконання робіт без зняття напруги на струмопровідних частинах за допомогою ізолювальних засобів захисту необхідно: тримати ізолювальні частини засобів захисту за руків'я до обмежувального кільця; розміщувати ізолювальні частини засобів захисту так, щоб не виникла небезпека перекриття по поверхні ізоляції між струмопровідними частинами

двох фаз чи замикання на землю; користуватися тільки сухими і чистими ізолювальними частинами засобів захисту з непошкодженим лаковим покриттям. В разі виявленні порушень лакового покриття чи інших несправностей ізолювальних частин засобів захисту, користування ними забороняється.

В процесі роботи із застосуванням електрозахисних засобів (ізолювальні штанги та кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруги) допускається наближення працівника до струмопровідних частин на відстань, яка визначається довжиною ізолювальної частини цих засобів. Без застосування електрозахисних засобів забороняється торкатися ізоляторів електроустановки, що перебуває під напругою.

В електроустановках забороняється працювати у зігнутому стані, якщо в разі випрямлення відстань до струмопровідних частин буде меншою від допустимих. В процесі виконання робіт біля необгороджених струмопровідних частин забороняється розташовуватися таким чином, щоб ці частини знаходилися позаду чи з двох боків.

Заносити довгі предмети (труби, драбини тощо) та працювати з ними в РУ, в яких унеможливлено випадковий дотик до частин, що перебувають під напругою, потрібно вдвох під постійним наглядом керівника робіт. Риштування та драбини, що застосовуються для ремонтних робіт, мають бути виготовлені за ДСТУ чи ТУ на них. Опорна частина драбин, що встановлюються на гладких поверхнях, має бути оббита гумою, а на опорних частинах драбин, що встановлюються на землі, мають бути гострі металеві наконечники. Драбини повинні верхнім кінцем надійно спиратися на міцну опору. У разі необхідності обіперти драбину на провід, вона повинна бути обладнана гачками в верхній частині. Зв'язані драбини застосовувати забороняється. В разі встановлення приставних драбин на підкранових балках, елементах металевих конструкцій тощо необхідно надійно закріпити верхівку і низ драбини на конструкціях. В процесі обслуговування та

ремонту електроустановок застосування металевих драбин забороняється.

Роботу із застосуванням драбин виконують два працівники, один з яких перебуває знизу. Стоячи на ящиках та інших сторонніх предметах виконувати роботи забороняється.

Роботи на кінцевих опорах ПЛ, що перебувають на території відкритих розподільчих пристроїв (ВРП), слід виконувати за правилами роботи на ВРП. Ремонтні працівники ліній перед тим, як зайти у ВРП, повинні бути проінструктовані і заходити до місця робіт у супроводі оперативного працівника з групою ІІІ; виходити з ВРПУ після закінчення роботи чи під час перерви працівникам дозволяється під наглядом керівника робіт.

Категорія умов по небезпеці електротравматизму залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності таких факторів як підвищена вологість, струмопровідний пил, контакт обслуговуючого персоналу з струмоведучими частинами, - приміщення можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

Ключі підлягають поверненню щоденно після закінчення роботи.

6.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання та системи освітлення здійснюється від мережі з заземленою нейтраллю напругою 380 х 220 В з частотою 50 Гц. Проектування та експлуатація електричних мереж і установок повинна здійснюватися за умови дотримання вимог з їхньої електробезпеки.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам під час виконання робіт:

1) Для запобігання електротравм від контакту зі струмопровідними елементами електроустаткування потрібно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні –

написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати в закритих конструкціях підлоги.

2) При живленні однофазних споживачів струму при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури поверхонь, які оточують людину, та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) опромінювання [6]. Категорія робіт, що виконується оперативним персоналом – Па.

За ступенем впливу на тепловий стан людини мікрокліматичні умови визначаємо як допустимі (таблиця 5.1). В умовах роботи назовні приміщень допустима температура не повинна перевищувати такі межі: 22,0-25,1 °С; шкідлива: 1 ступеня – 25,2-25,5; 2 ступеня – 25,6-26,3; 3 ступеня – 26,3-27,3; 4 ступеня – 27,4-29,9 °С.

Таблиця 6.1 – Допустимі параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Середньої важкості: Па	17-23	75	не > 0,3
Теплий	Середньої важкості: Па	18-27	65 при 26 °С	0,2-0,4

Необхідно, щоб в приміщеннях, що будуються, була постійна циркуляція повітря або встановлений кондиціонер. Влітку при значних вологовтратах і значному часі опромінення інфрачервоною радіацією споживають охолоджену до 15-20°С підсолену (0,5 % HCl) газовану воду. Вживання підсоленої води запобігає згущенню крові, сприяє утриманню її в організмі, покращує самопочуття й підвищує працездатність. Із заходів особистої профілактики після теплових навантажень рекомендуються гідропроедури.

6.2.2 Склад повітря робочої зони

Робочою зоною вважається простір, який обмежений огорожуючими конструкціями виробничих приміщень, що мають висоту 2 м над рівнем підлоги або площини, на яких знаходяться місця постійного або непостійного перебування працюючих. Склад повітря робочої зони залежить від складу атмосферного повітря і впливу на нього ряду шкідливих виробничих факторів, утворених в процесі трудової діяльності людини. Склад повітря залишається постійним. Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м^3 .

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця. Нагромадження пилу товщиною в 1/8" на будь-якій ділянці вказує на необхідність у вживанні заходів з її очищення. Необхідно підкреслити, що будь-яке нагромадження пилу може привести до загоряння. Чим дрібніше пил (зернистість), тим вище небезпека.

Таблиця 6.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/куб. м		Клас небезпечнос ті
	Максимально разова	Середньодобова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Вуглецю оксид (CO)	3	1	4

Тому необхідно здійснювати наступні заходи: очищувати пил якнайчастіше, щодня протирати запилені поверхні обладнання з використанням продувки або пилососа. Потрібно планувати прибирання так, щоб воно приходилось на час коли устаткування вимкнене, зокрема в другу половину дня п'ятниці або на вихідні.

6.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: природне освітлення – освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає в приміщення через світлові пройми в зовнішніх огорожуючих конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне та суміщене освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО (e_n).

Штучне освітлення.

Штучне освітлення використовується двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення – освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосовуються до розташування обладнання. Комбіноване освітлення – це додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місьцеве освітлення – освітлення, яке створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018, роботи з влаштування звукоізоляції внутрішніх стін, потребують освітлення, яке характеризується розрядом зорової роботи III, підрозряд «в». Нормовані значення штучного, природного та суміщеного освітлення наведені в таблиці 5.3.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 3,5 метра.

Таблиця 6.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характеристи- ка зорової роботи	Найменш й або еквівалент- ний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під- розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при- системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Високої точності	Від 0, до 1,0 включно	IV	б	малий	світлий	500	200	4	2,4

6.2.4 Виробничий шум

Шум вище гранично допустимих рівнів несприятливо діє на людину. Шум у приміщенні широкопasmовий. Нормуємо шум на робочому місці. Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях мають відповідати вимогам СН 3223-85, ГОСТ 12.1.003-85, ГР 2411-81 і наведені в таблиці 6.4.

Устаткування, що є джерелом шуму (вентилятори, електроінструмент, технологічне обладнання), слід використовувати поза межами приміщень.

Для забезпечення допустимих рівнів шуму на робочих місцях слід застосовувати засоби звукопоглинання, вибір яких має обґрунтовуватись спеціальними інженерно-акустичними розрахунками.

Таблиця 6.4 – Допустимі рівні звуку, еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Вид трудової діяльності, робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньогометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Виконання усіх видів робіт на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Акустична обробка приміщень – це облицювання частини внутрішніх поверхонь огорожень звукопоглинаючими матеріалами, а також розміщення в приміщенні штучних звукопоглиначів, які представляють собою вільно підвішені об’ємні поглинаючі тіла довільної форми. Найбільший ефект при акустичній обробці можливо отримати в точках, які розташовані в зоні відбитого звуку; в зоні прямого звуку акустичний ефект від застосування облицювання набагато менший. Звукопоглинаючі облицювання розміщують на стелі і в верхніх частинах стін при висоті приміщення не більше 6-8 м таким чином, щоб акустично оброблена поверхня складала не менше 60 % від загальної площі обмежуючих приміщення поверхонь. У вузьких і дуже високих приміщеннях доцільно облицювання розміщувати на стінах, залишаючи нижні частини стін (до 2 м висотою) не облицьованими, або проектувати конструкцію звукопоглинаючої підвісної стелі.

6.2.5 Виробнича вібрація

Довгий вплив вібрації на організм приводить до зниження гостроти зору, слуху, підвищення тиску, розладу нервової системи, серцево-судинної системи.

Джерелами вібрацій на будівництві є технологічне устаткування, електроінструмент і вентилятори. Норми виробничої вібрації на постійних робочих місцях в приміщеннях об'єктів будівництва наведено в таблиці 5.5.

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, $\text{м/с} \cdot 10^n$, в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

1. Створення амортизаторів в яких використовують пружини, гуму та інші пружні матеріали.
2. Розміщення будівельних конструкцій на масивних фундаментах.
3. Встановлення додаткових реактивних опорів.

Таблиця 6.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні полоси з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	32	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація: на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	1,3 * 108	0,4 5 99	0,2 2 93	0,2 92	0,2 92	0,2 92	-	-	-	-

Також серед технічних заходів уникнення шкідливого впливу вібрації – створення нових конструкцій інструментів і машин, вібрація яких не може виходити за безпечні для людини межі, а зусилля не повинні перевищувати 15- 20 кг. Усі деталі машин та агрегатів, що рухаються, повинні ретельно

врівноважуватися, а для зменшення динамічних сил, які спричинюють вібрації, слід застосовувати змащування та ін.

6.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують «Правила пожежної безпеки в Україні» та інші правила пожежної безпеки для промислових підприємств і окремих об'єктів.

Отже, приміщення сільгосппідприємства, де встановлені зерносушарки, електропривод яких модернізується, відносяться до категорії В з вибухонебезпечними зонами класу 22 – простір, в якому вибухонебезпечний зерновий пил у завислому стані може з'являтися нечасто та існувати недовго (у разі аварії).

Виробничі приміщення відносяться до категорії Б (пожежонебезпечна), якщо в них наявні горючі гази, легкозаймисті, горючі і/або важкогорючі рідини, а також речовини і/або матеріали, як здатні вибухати та горіти або тільки горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним; тверді горючі і/або важкогорючі речовини та матеріали (включно горючий пил і/або волокна), за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (зберігаються, пере-робляються, транспортуються), не відносяться до категорій А або Б і питома пожежна навантага для твердих і рідких легкозаймистих, горючих та важкогорючих речовин і/або матеріалів на окремих ділянках площею не менше 10 м^2 кожна перевищує $180 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$.

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується II ступенем вогнестійкості. До II ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 наведено в таблиці 6.6.

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 наведено в таблиці 6.7.

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 4.8 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 5.8. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за таблицею 5.8 (знаменник).

Таблиця 6.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості і будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площад-ки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між по-верхові (у т.ч. горищні та над підва-лами	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зов-ніш-ні не-несу-чі	внут-рішні не-несучі (пере-город-ки				пли-ти, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0

Таблиця 6.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи проти-пожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбур-шлюзу, не нижче
Стіни	3	REI 45	2	2
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	4	REI 15	3	2

Таблиця 6.8 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
II	6/9	8/9	10/12

На території підприємства встановлено 6 порошкових (ВП) та водопінних (ВВП) вогнегасників ємністю 5 та 9 л.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання бакалаврської дипломної роботи на тему «Розробка контролера для керування витяжним вентилятором» було розроблено та модернізовано систему керування витяжного вентилятора на основі системи електропривода Softstar-АД:

1. Проведено наліз галузі промисловості, в якій застосовується витяжна вентиляція, приведено основні технологічні параметри та характеристики функціонування вентиляційних систем. Запропонована загальна структурна схема комплексної системи автоматизації приміщень для утримання господарської птиці.

2. Досліджено декілька електроприводів для даного типу виробничого механізму. Як наслідок техніко-економічного порівняння та попереднього розрахунку потужності двигуна вибрано найбільш оптимальну систему електроприводу типу Плавний пуск-АД.

3. Розроблено схеми електричні принципові контролера та схеми імпульсного датчика швидкості валу двигуна вентилятора, системи автоматичного керування асинхронним двигуном з пристроєм плавного пуску Altistart та інтелектуальним реле Zelio Logo.

4. Проведено математичне моделювання та оцінювання динамічних характеристик в ППП MatlabSimulink. Отримані результати імітаційних досліджень доводять, що розроблений електропривод вентилятора забезпечує необхідні показники показники стійкої роботи.

6. Здійснено опис основних заходів щодо техніки безпеки та безпечної експлуатації електропривода витяжного вентилятора в умовах виробничого цеху.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Грабко В. В., Бабій С. М., Мошноріз М. М. Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів. Курсове та дипломне проектування. Самостійна та індивідуальна робота студентів. – Вінниця: ВНТУ, 2016. 119 с.
2. Видмиш А. А., Бабій С. М., Петрусь В. В. Теорія електропривода. Курсове та дипломне проектування. Самостійна та індивідуальна робота студентів. Вінниця: ВНТУ, 2012. 101 с.
2. Beshta O.S. Electric drives adjustment for improvement of energy efficiency of technological processes, Scientific Bulletin NSU, 2012, Vol. 4, pp. 98-107. The original source of material:
<http://nv.nmu.org.ua/index.php/ru/component/jdownloads/finish/34-04/530-2012-4-beshta/0>.
3. Белов М. П. Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів і технологічних комплексів: підручник для студ. вищ. навч. закладів / М.П. Белов, В.А. Новіков, Л. Н. Розсудів. - 3-є изд., вип. - М.: Видавничий центр Академіям, 2007. - 576 с. ISBN 978-5-7695-4497-2
4. Грабко В. В., Розводюк М. П., Левицький С. М. Експериментальні дослідження електричних машин. Частина ІУ. Трансформатори. Навчальний посібник. - Вінниця: ВНТУ, 2008. - 219 с.
5. Довгань С.М. Дослідження систем електропривода методами математичного моделювання. - Дніпропетровськ: НГА України, 2001. - 137с.
6. Голуб А.П., Кузнецов Б.І., Опришко І.О., Соляник В.П.. Системи керування електроприводами: Навчальний посібник. - К.: НМК ВО, 1992. – 352 с.
7. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник / М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепиков та ін.; За ред. П.Г. Поповича, О.Ю. Лозинського. - К.: Либідь, 2005. - 680 с.

8. Грабко В. В. Системи керування електроприводами. Розрахунок системи підпорядкованого керування електроприводом стрічкового конвеєру. Курсове та дипломне проектування, навчальний посібник / Грабко В. В., Розводюк М. П., Грабко В. В. – Вінниця : ВНТУ. – 2010. – 89 с.

9. Белов М. П. Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів і технологічних комплексів: підручник для студ. вищ. навч. закладів / М.П. Белов, В.А. Новіков, Л. Н. Розсудів. - 3-є изд., вип. - М.: Видавничий центр Академіям, 2007. - 576 с. ISBN 978-5-7695-4497-2

10. Розподілені мікропроцесорні системи: конспект лекцій [Електронний ресурс]: для підготовки докторів філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікація за спеціальністю 171 Електроніка за спеціалізацією «Електронні системи» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Т. О. Терещенко – Електронні текстові дані (1 файл: 5544 кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 192 с.

11. Програмувальні інтелектуальні реле [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <http://muromremont.ru/639-post>

12. Интеллектуальное реле Zelio Logic. Аналоговые преобразователи Zelio Analog [Електрон. ресурс] – Schneider Electric, 2011. Режим доступу: https://www.electrocentr.com.ua/files/documentation/SE/plc/zelio/ZelioLogic_cat_2011_ru.pdf

13. Казачковський М. М. Комплектні електроприводи: Навчальний посібник. - Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2003. - 226 с.

14. Моделювання електроприводів: Навч. посібник / Л.Д. Костинюк, В.І. Мороз, Я.С. Паранчук. - Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. - 404 с.

15. Чорний О.П., Луговой А.В., Д.Й. Родькін, Сисюк Г.Ю., Садовой О.В. Моделювання електромеханічних систем. – Кременчук, 2001. – 376 с.

16. Воронов Р.В – Дисертація: «Тягові електромеханічні системи з живленням двох двигунів від одного інвертора», Харків 2020 1-97с.

17. Казачковський М. М. Комплектні електроприводи: Навчальний посібник. - Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2003 – 226 с.
18. Перетворювач частоти Schneider Electric, 2024. Режим доступу: URL: <https://www.se.com/ua/uk/product/ATV610D30N4>
19. Кобилянський О.В., Терещенко О.П. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу охорона праці в дипломних проектах і роботах студентів електротехнічних спеціальностей. – Вінниця 2003. –46 с. управління моментом синхронного двигателя с постоянными магнитами. Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 319. № 4.
20. Модернізація системи керування електропривода транспортної лінії припортового заводу / О.А. Паянок, М.М. Матевосян – Матеріали конференції «LII Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету», Вінниця, 2023. [Електронний ресурс]. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2023/paper/view/17445/14518> – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 3 с.
21. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.
22. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profdom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv>.

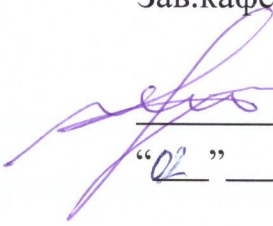
Додаток А

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав.кафедри КЕМСК

к.т.н., доц.

 Микола МОШНОРІЗ

«02» 09 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську дипломну роботу

РОЗРОБКА КОНТРОЛЕРА ДЛЯ КЕРУВАННЯ ВИТЯЖНИМ ВЕНТИЛЯТОРОМ

08-24.БДР.025.00.000 ТЗ

Керівник роботи

к.т.н., доц.

 Валентин ГРАБКО

«02» 09 2024 р.

Виконав: ст. гр. ЕМ-22мс

 Гергій М'ЯКУШКО

«02» 09 2024 р.

Вінниця ВНТУ 2024

1 Загальні відомості

Повне найменування розробки «Розробка контролера для керування витяжним вентилятором».

Скорочене найменування розробки – «Розробка контролера для керування витяжним вентилятором».

Замовник – Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів.

2 Підстави для розробки

Індивідуальне завдання та наказ ректора Вінницького національного технічного університету про затвердження тем бакалаврських дипломних робіт.

3 Призначення розробки і галузь використання

Підвищення надійності та ефективності функціонування системи управління вентиляцією торгового центру за рахунок вдосконалення електричної схеми шляхом впровадження сучасних засобів автоматизації. Пропонована автоматизація забезпечує мінімальне втручання людини у виробничий процес, що призводить до зниження собівартості виробленої продукції за рахунок підвищення ефективності виробництва.

4 Вимоги до розробки

Запровадження автоматизованої системи управління витяжною вентиляцією має наступні переваги:

1. Розширення функціоналу автоматичного та автоматизованого контролю і управління.
 2. Підвищення надійності функціонування системи протиаварійного захисту.
 3. Покращення якості управління процесом повітрообміну.
- Зменшення кількості та скорочення часу на локалізацію аварійних

ситуацій і відмов обладнання.

5 Комплектація розробки

Принцип функціонування системи керування полягає в наступному порядку:

- Зміни в характеристиках контрольованих елементів реєструються за допомогою первинних датчиків.
- Сигнали від датчиків передаються до керуючого контролера, де вони піддаються обробці, а результати обробки подаються на вихід контролера.

Сигнали з виходу контролера подаються на входи відповідних виконавчих механізмів.

6 Джерела розробки

1. Довгань С.М. Дослідження систем електропривода методами математичного моделювання. - Дніпропетровськ: НГА України, 2001. -137с.
2. Голуб А.П., Кузнєцов Б.І., Опришко І.О., Соляник В.П.. Системи керування електроприводами: Навчальний посібник. - К.: НМК ВО, 1992. – 352 с.
3. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник / М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепиков та ін.; За ред. П.Г. Поповича, О.Ю. Лозинського. - К.: Либідь, 2005. - 680 с.
4. Печеник М.В. Особливості підвищення енергетичної ефективності електромеханічної систем конвеєра / М. В.Печеник, С. О. Бур'ян, А. О. Горбатовський // Вісник НТУУ“ХПІ”, Серія : Проблеми автоматизованого електропривода теорія і практика. – Харків : – 2013. – № 36. – с. 65-72

7. Умови експлуатації

Для створення автоматизованої системи керування необхідно спланувати розташування датчиків і виконавчих механізмів на якому мають бути відображені всі компоненти вентиляційної установки, що потребують контролю.

Сервоприводи використовуються для автоматичного відкриття та закриття вентиляційних клапанів у випадку зупинки установки або для їх відкриття на початку роботи системи.

8. Технічні характеристики

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики приводного двигуна

Параметри двигуна	Значення
Тип	АИР 132 М4
Номінальна потужність $P_{\text{дв.н}}$	11 кВт
Частота f_1	50 Гц
Номінальна напруги мережі $U_{\text{дв.н}}$	380 / 660 В
Номінальний струм статора $I_{\text{дв.н}}$	22 А
Номінальна швидкість обертання $n_{\text{дв.н}}$	1458 об/хв
Число пар полюсів p	2
Клас енергоефективності	IE2
Коефіцієнт корисної дії $\eta_{\text{дв.н}}$, %	87,5 %
Коефіцієнт потужності $\cos\varphi_{\text{н}}$	0,87
Кратність пускового струму $\lambda_{\text{I.п}}$	7,5
Кратність пускового моменту $\lambda_{\text{п}}$	2,2
Кратність критичного моменту $\lambda_{\text{к}}$	3,0
Активний опір обмотки статора R_1 , Ом	0,43

9 Елементна база

Двигун, апаратура керування і захисту, провідники, кабелі і т. ін. виробництва України чи країн близького зарубіжжя.

10 Конструктивне виконання

Електропривод виготовляється окремими блоками, котрі реалізуються у відповідності до вимог електробезпеки у пило-вологозахищеному виконанні.

11 Показники технологічності

Електропривод вентилятора – двигун, апаратура керування, провідники, кабелі і т.п. виконується на сучасній елементній базі, його монтаж, заземлення, струмопровід повинен відповідати прав улаштування електроустановок.

12 Технічне обслуговування і ремонт

Технічне обслуговування здійснюється слюсарями-електромонтажниками та слюсарями КВП і А відповідної кваліфікації. Технічний огляд механізму здійснюється мінімум один раз на 3 місяці. Ремонт здійснюється інженерами-електромеханіками та техніками-електромеханіками, фахівцями з електромеханічних систем автоматизації та електропривода.

13 Живлення електропривода

Живлення електропривода повинно бути виконано напругою 380 В від силової мережі підприємства.

14 Порядок контролю та прийняття

Виконання етапів графічної та розрахункової документації бакалаврської дипломної роботи контролюється керівником згідно з графіком виконання роботи. Прийняття роботи здійснюється комісією затвердженою зав. кафедрою згідно з графіком захисту.

Додаток Б
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

**РОЗРОБКА КОНТРОЛЕРА ДЛЯ КЕРУВАННЯ ВИТЯЖНИМ
ВЕНТИЛЯТОРОМ**

Мета, задачі та об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження в роботі є процеси перетворення енергії, які протікають в електротехнічній системі електропривода вентилятора.

Предметом дослідження є структури та математичні моделі, які дозволяють підвищити експлуатаційну та функціональну ефективність електропривода витяжного вентилятора.

Метою бакалаврської дипломної роботи є розробка системи керування на основі контролера для управління системою вентилявання та забезпечення ресурсозберігаючої та економічної її роботи відповідно до інтенсивності завантаження птахоферми шляхом впровадження сучасних програмованих логічних пристроїв.

В процесі виконання поставленої мети необхідно вирішити такі **задачі**:

- привести коротку характеристику та режими роботи виробничого механізму;
- виконати розрахунок та вибір потужності електродвигуна механізму;
- виконати техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода виробничого механізму;
- здійснити розрахунок, вибір та побудову електричної принципової та функціональної схем системи запропонованого контролера та системи електроприводу із застосуванням сучасних засобів автоматизації технологічного процесу;
- для вибраної системи електроприводу виконати математичне моделювання та оцінювання динамічних характеристик.

Загальна характеристика галузі та об'єкта дослідження

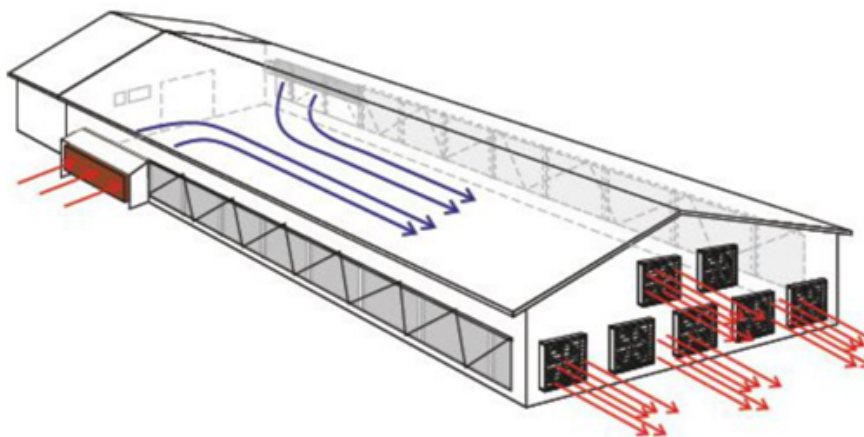


Рисунок 1.2 – Схема тунельної вентиляції

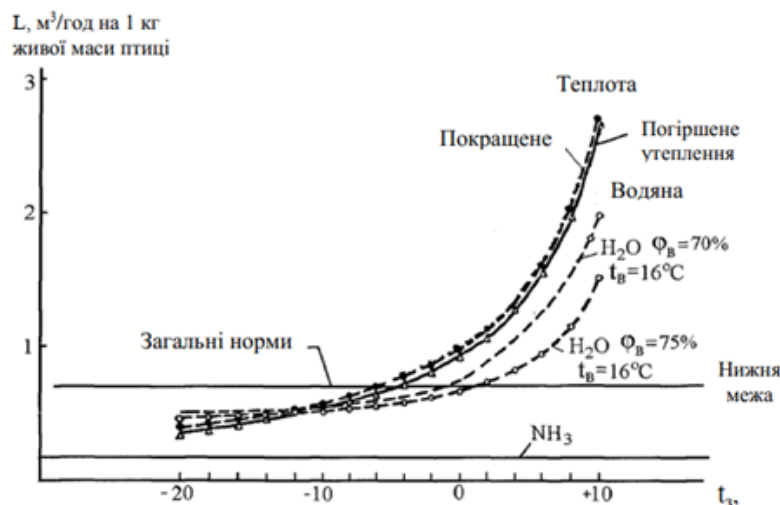


Рисунок 1.4 – Взаємозв'язок між температурою зовнішнього повітря та повітрообміном в пташнику

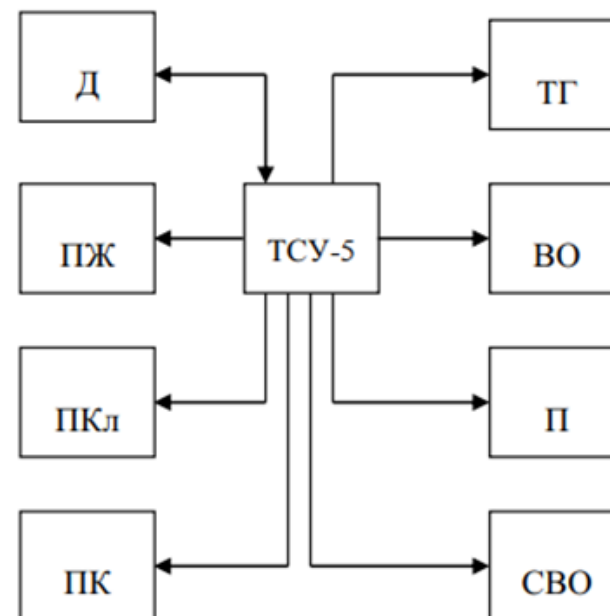
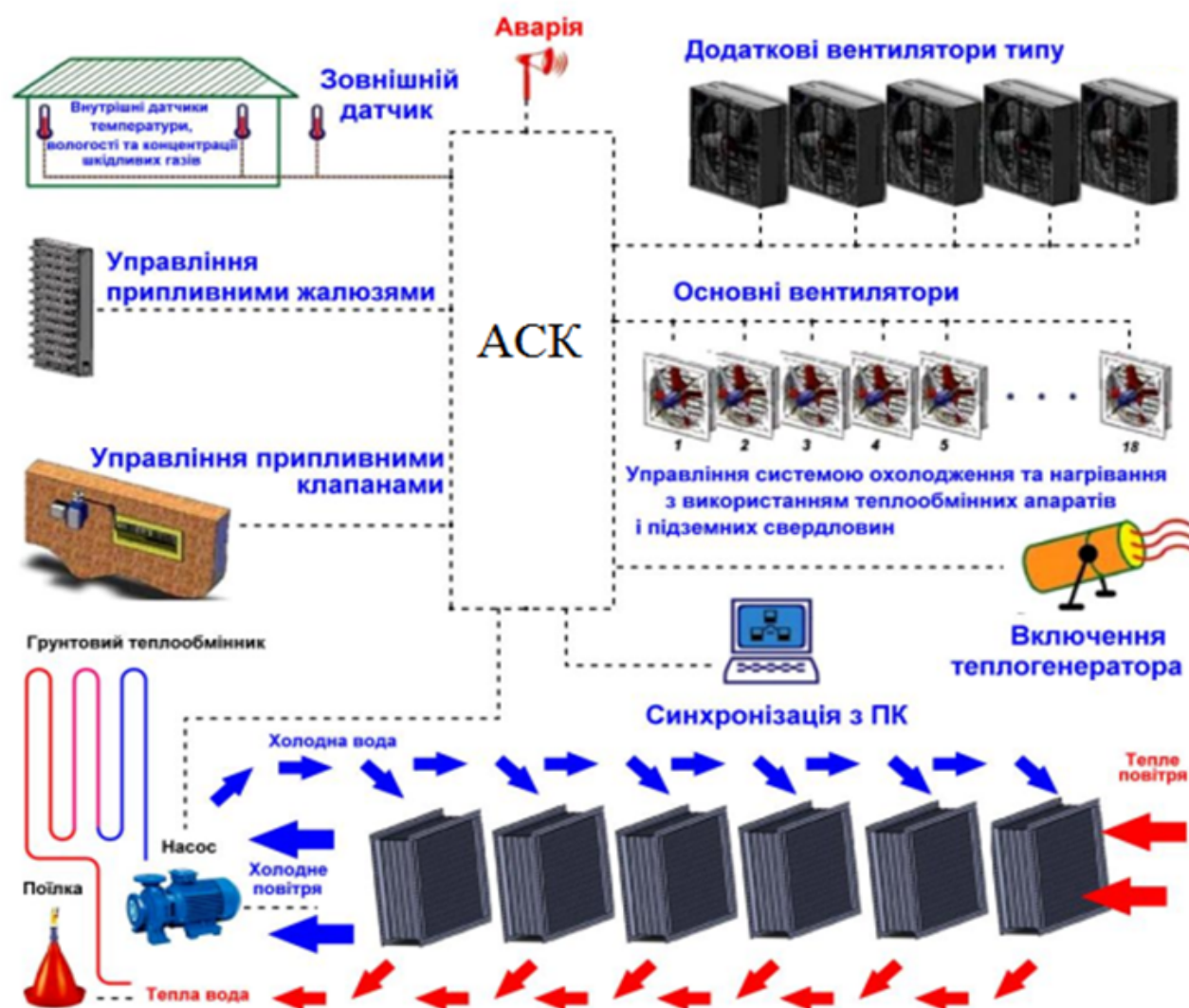


Рисунок 1.3 – Структурна схема САК в птахівничому приміщенні

ТСУ-5 - тиристорна станція керування; Д - датчики; ПЖ - припливні жалюзі; ПКл - припливні клапани; ТГ - теплогенератор; ПК - персональний комп'ютер; ВО - вентиляційне обладнання; СВО - система випарного охолодження; П - поїлки.

Загальна схема системи підтримання оптимального мікроклімату в птахівничих приміщеннях



Розрахунок потужності приводного двигуна вентилятора



Таблиця 2.1 – Технічні характеристики вентилятора пальника

Характеристики	Значення
Конструктивне виконання	осьовий
Кількість лопатей	6
Продуктивність	41000 м³/год
Повний тиск в робочій зоні	650-450 Па
Повний тиск в номінальному режимі	569 Па
Номінальна швидкість обертання	3000 об/хв
ККД	0,7

Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд вентилятора

Розрахункова потужність приводного двигуна вентилятора згідно формули 2.1:

$$P_{\text{роз}} = (1,05 \dots 1,3) \cdot \frac{\frac{41000}{3600} \cdot 569}{0,7 \cdot 0,95} = 10,2 \dots 12,7 \text{ (кВт)}.$$

Отже, порівнюючи розрахунковий діапазон потужностей з номінальним рядом потужностей впливає, що для привода вентилятора доцільно вибрати приводний двигун з номінальною потужністю 11 кВт.

Техніко-економічне обґрунтування вибору СЕП

Таблиця 3.1 – Обґрунтування вибору системи електропривода

Показники	Системи електричного привода		
	РКС-АД з КЗ	Плавний пуск АД КЗ	ПЧ-АД
Вартість двигуна Д, грн	18619	18619	18619
Вартість системи керування СК, грн	5500	11742	38181
Капітальні вкладення К, грн	24119	30361	56800
Річні капітальні витрати $K_{річн}$, грн/рік	4100,23	5161,37	9656,00
Амортизаційні відрахування C_A , грн/рік	2411,90	3036,10	5680,00
Відрахування на ремонт C_P , грн/рік	482,38	607,22	1136,00
Додаткові відрахування C_D , грн/рік	10760,53	10760,53	10760,53
Відрахування на обслуговування C_O , грн/рік	682,74	720,19	878,83
Загальні відрахування С, грн/рік	14337,55	15124,05	18455,36
Приведені витрати З, грн/рік	18437,78	20285,42	28111,36

Вибір двигуна та його перевірка

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики приводного двигуна

Параметри двигуна	Значення
Тип	АИР 132 М4
Номінальна потужність $P_{дв.н}$	11 кВт
Частота f_1	50 Гц
Номінальна напруги мережі $U_{дв.н}$	380 / 660 В
Номінальний струм статора $I_{дв.н}$	22 А
Номінальна швидкість обертання $n_{дв.н}$	1458 об/хв
Число пар полюсів p	2
Клас енергоефективності	IE2
Коефіцієнт корисної дії $\eta_{дв.н}$, %	87,5 %
Коефіцієнт потужності $\cos\phi_n$	0,87
Кратність пускового струму $\lambda_{дп}$	7,5
Кратність пускового моменту $\lambda_{дп}$	2,2
Кратність критичного моменту $\lambda_{к}$	3,0
Активний опір обмотки статора R_1 , Ом	0,43
Приведений активний опір обмотки ротора R'_2 , Ом	0,32
Індуктивний опір розсіювання обмотки статора X_1 , Ом	0,85

Умова вибору приводного двигуна [3, 4]:

$$\begin{cases} P_{дв.н} \geq P_{ро1}, \\ n_{дв.н} \geq n_{ро1}, \end{cases} \quad (4.1)$$

де $P_{дв.н}$ – номінальна потужність приводного двигуна, кВт;

$P_{ро1}$ – розрахункова потужність приводного двигуна, кВт;

$n_{дв.н}$ – номінальна кутова швидкість приводного двигуна, c^{-1} ;

$n_{ро1}$ – розрахункова кутова швидкість, c^{-1} ?

$$\begin{cases} P_{дв.н} \geq 10,2...12,7 \text{ (кВт)}, \\ n_{дв.н} \geq 1450 \text{ (} c^{-1} \text{)}. \end{cases}$$



Рисунок 4.1 – Зовнішній вигляд приводного двигуна типу АИР 132 М4

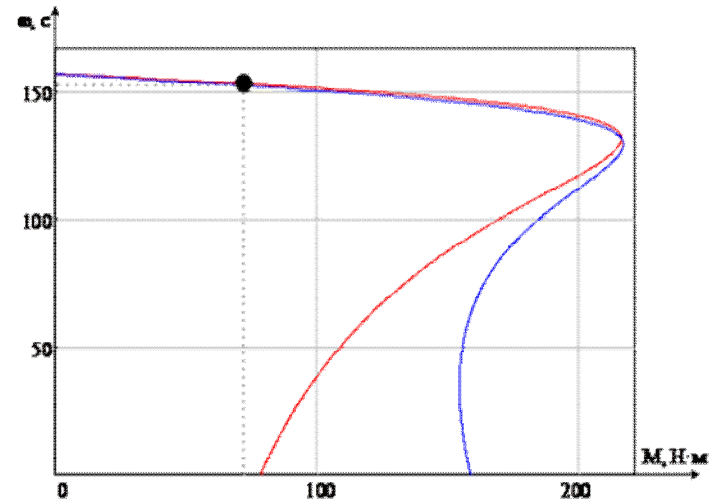


Рисунок 4.2 – Природні механічні характеристики АД з КЗ ротором

Розробка схеми контролера імпульсного сенсора швидкості АД

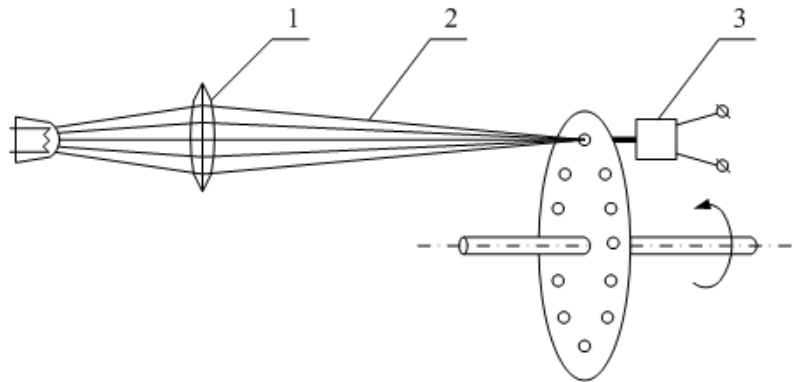


Рисунок 5.2 – Принцип дії оптичного тахометра

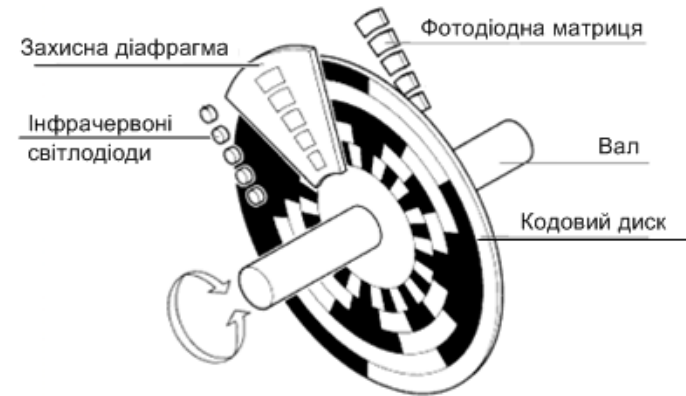


Рисунок 5.3 – Принцип дії сенсора швидкості

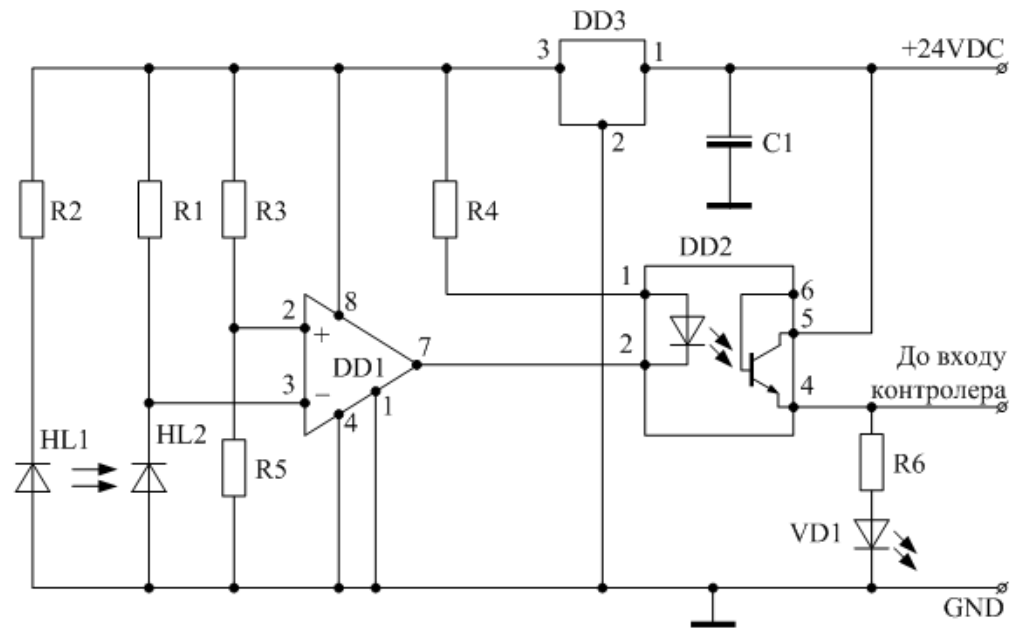


Рисунок 5.4 – Схема імпульсного сенсора швидкості валу двигуна

Розрахунок та вибір засобів автоматизації ЕП вентилятора

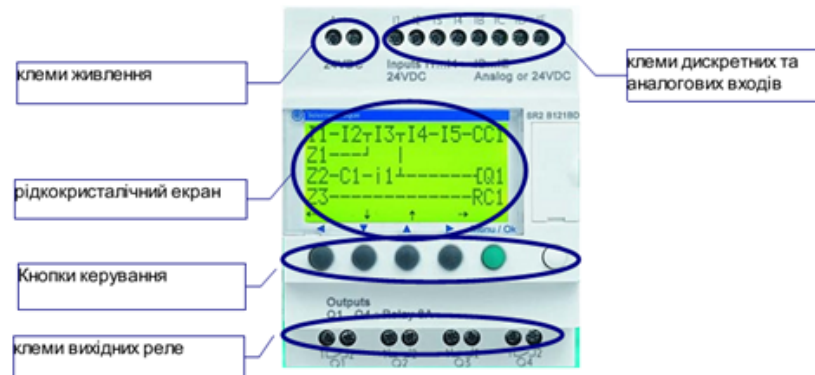


Рисунок 5.5 – Зовнішній вигляд ПЛК Zelio Logic

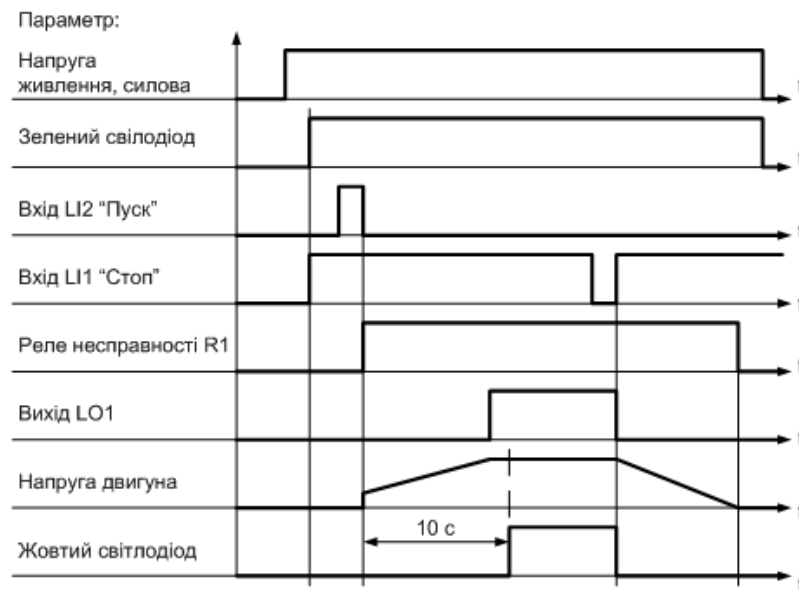


Рисунок 5.6 – Часова діаграма роботи пристрою плавного пуску та зупинки Altistart

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики пристрою плавного пуску та зупинки Altistart

Параметр	Од. виміру	Значення
Категорія використання (за МЭК 60947-4-2)		Ac-53b
Робоча напруга, (3ф.)	В	200-15% 480+10%
Частота	Гц	47,5 – 60
Вихідна напруга	В	max $U_{мер}$
Напруга кіл керування	В	110-220, AC 24 ±10%, DC
Робочий струм	А	25
Регульований час пуску	с	1 – 5
Регульований час зупинки	с	1 – 5
Пусковий момент	%	30 – 80 $M_{пуск}$
Максимальна кількість пусків	год ⁻¹	310

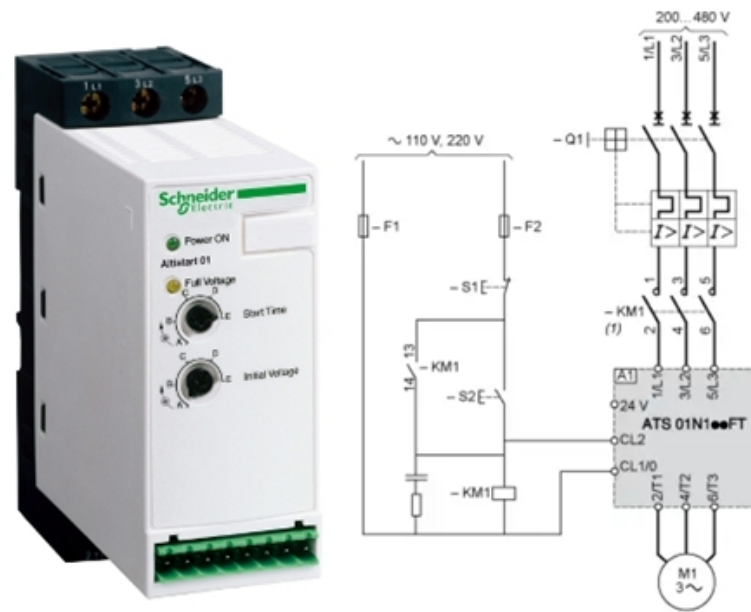


Схема електрична принципова керування ЕП вентилятора

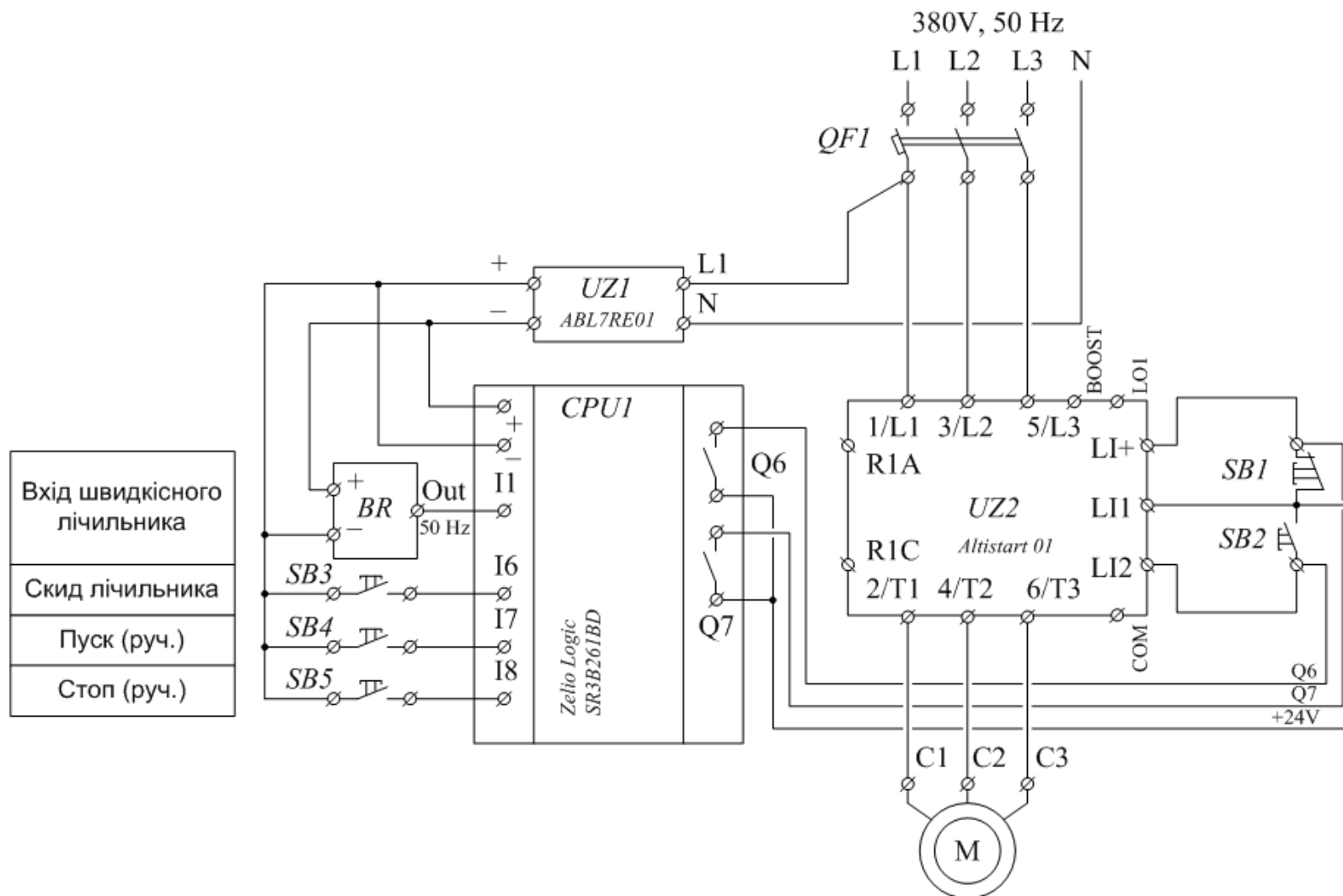


Рисунок 7.1 – Схема електрична структурна системи ЕП типу ПЧ

Алгоритм та програма керування контролера

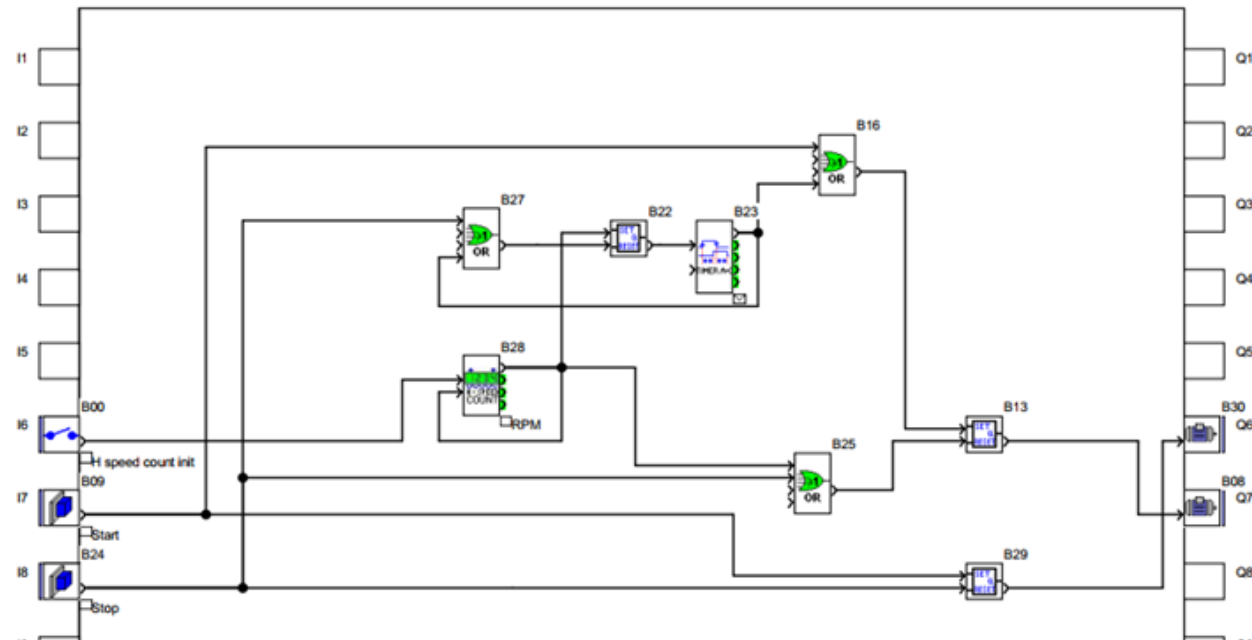


Рисунок 5.8 – Програма керування пристроєм плавного пуску та зупинки з модуля Zelio Logic

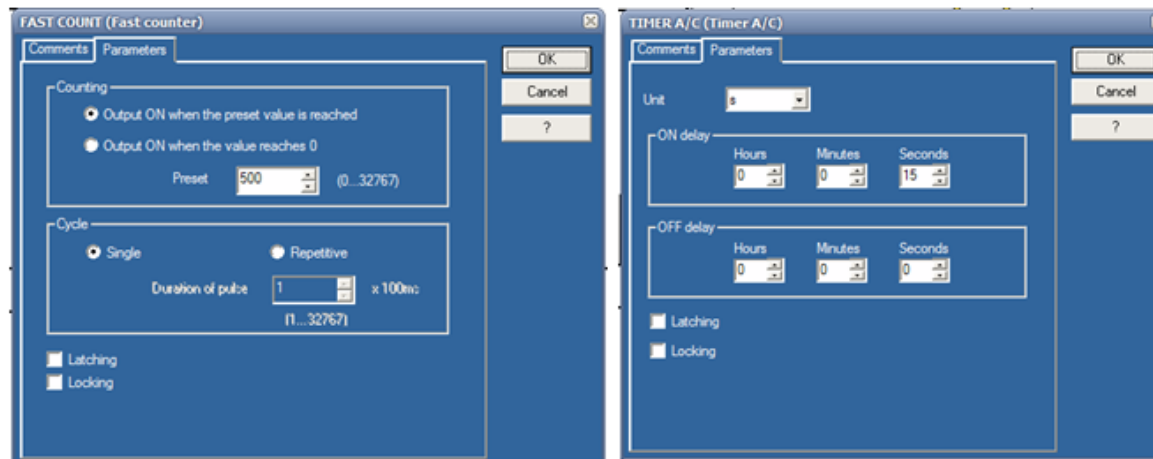


Рисунок 5.9 – Вікна параметрів
настройки таймера повторного
вмикання та
високошвидкісного лічильника

Дослідження динамічних характеристик СЕП

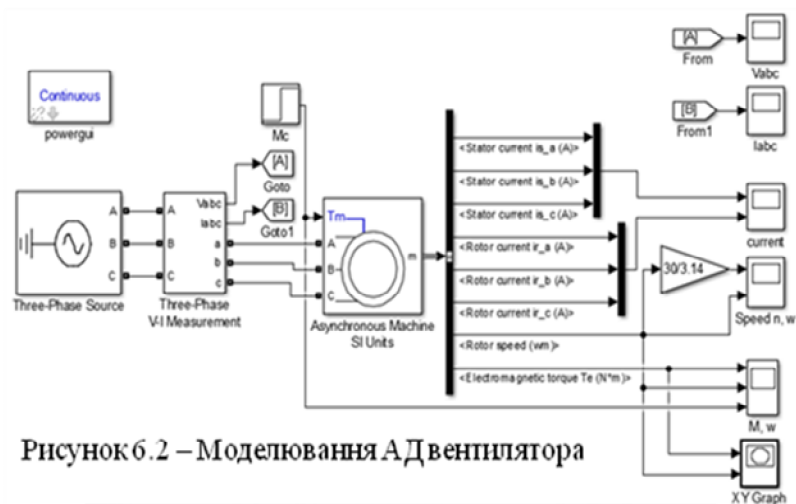


Рисунок 6.2 – Моделювання АД вентилятора

Asynchronous Machine (mask) (link)

Implements a three-phase asynchronous machine (wound rotor, squirrel cage or double squirrel cage) modeled in a selectable dq reference frame (rotor, stator, or synchronous). Stator and rotor windings are connected in wye to an internal neutral point.

Configuration Parameters Advanced Load Flow

Nominal power, voltage (line-line), and frequency [Pn(VA), Vn(Vrms), fn(Hz)]:

[11000 380 50]

Stator resistance and inductance [Rs(ohm) Lls(H)]:

[0.43 0.001027]

Rotor resistance and inductance [Rr(ohm) Llr(H)]:

[0.32 0.001027]

Mutual inductance Lm (H):

0.06369

Inertia, friction factor, pole pairs [J(kg.m^2) F(N.m.s) p()]:

[0.54 0.0005 2]

Initial conditions

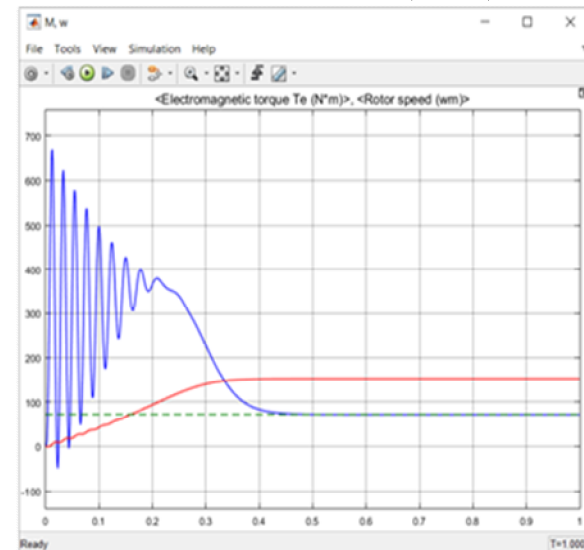
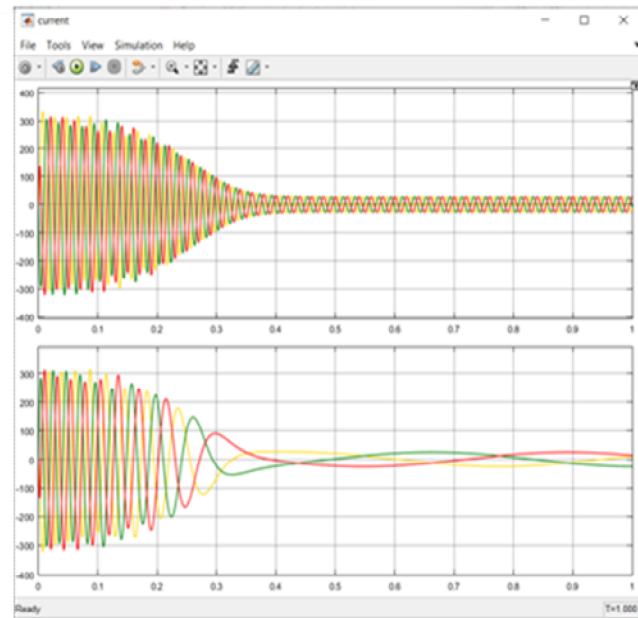
[1,0 0,0,0 0,0,0]

☐ Simulate saturation

Plot

[i(Arms) ; v(VLL rms)]: 03.1917;230, 322, 414, 460, 506, 552, 598, 644, 690]

Рисунок 6.3 – Налаштування параметрів АД



ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи було отримано такі загальні результати:

1. Проведено наліз галузі промисловості, в якій застосовується витяжна вентиляція, приведено основні технологічні параметри та характеристики функціонування вентиляційних систем. Запропонована загальна структурна схема комплексної системи автоматизації приміщень для утримання господарської птиці.
2. Досліджено декілька електроприводів для даного типу виробничого механізму. Як наслідок техніко-економічного порівняння та попереднього розрахунку потужності двигуна вибрано найбільш оптимальну систему електроприводу типу Плавний пуск-АД.
3. Розроблено схеми електричні принципові контролера та схеми імпульсного датчика швидкості валу двигуна вентилятора, системи автоматичного керування асинхронним двигуном з пристроєм плавного пуску Altistart та інтелектуальним реле Zelio Logo.
4. Проведено математичне моделювання та оцінювання динамічних характеристик в ППП MatlabSimulink. Отримані результати імітаційних досліджень доводять, що розроблений електропривод вентилятора забезпечує необхідні показники показники стійкої роботи.
6. Здійснено опис основних заходів щодо техніки безпеки та безпечної експлуатації електропривода витяжного вентилятора в умовах виробничого цеху.

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Розробка контролера для керування витяжним вентилятором

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота

Підрозділ: кафедра КЕМСК, ФЕЕЕМ, гр. ЕМ-22мс

Науковий керівник: к.т.н., доц. Грабко В.В.
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність	64,3 %
Схожість	32,7 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

Ї Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

Ї Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.

Ї Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Паянок О.А.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи

(підпис)

М'якушко Г.В.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Грабко В.В.

(прізвище, ініціали)

					08-24.БДР.025.00.000			
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Розробка контролера для керування витяжним вентилятором	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:		М'якушко Г.В.		28.05				
Перевірів		Грабко В.В.		28.05				
Т. контр.								
						Аркуш	Аркушів	
Рецензент				12.06		ВНТУ, гр. ЕМ-22мс		
Норм.кон.				28.05				
Затверд.		Мошноріз М.М.		28.05				