

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

# **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«Система автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі сімейної молочної ферми»**

Виконав: студент 2 курсу групи Акт-22сп

Спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
(шифр і назва)

Дзига Владислав Олегович

(Прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор Тригуба А.М.

(Прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доцент Левонюк В.Р.

(Прізвище та ініціали)

**ДУБЛЯНИ-2023**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти  
Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

д.т.н., проф. А. М. Тригуба

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Дзизи Владиславу Олеговичу

1. Тема роботи: «Система автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі сімейної молочної ферми»

Керівник роботи Тригуба Анатолій Миколайович, професор  
затверджені наказом по університету від 30.12.2022 року № 453/к-с.

2. Строк подання студентом роботи 10.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: вимоги до систем автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі; методика проектування систем автоматичного керування; характеристики електричних нагрівачів сімейних молочних ферм.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити) \_\_\_\_\_

Вступ.

1. Стан питання та постановка завдання.

2. Аналіз технологічного процесу як об'єкту керування.

3. Технічне обґрунтування вибору функціональної схеми автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі.

4. Охорона праці.

5. Результати визначення економічної ефективності системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі.

Висновки та пропозиції.

Список використаної літератури.

5. Перелік ілюстраційного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): особливості систем автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі; огляд аналогів систем автоматичного керування; результати вибору функціональної схеми автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі; результати визначення економічної ефективності системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі.

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3, 4	<i>Тригуба А.М., зав. кафедри ІТ</i>		
5	<i>Тимочко В.О., зав. кафедри управління проектами та безпеки виробництва</i>		

7. Дата видачі завдання

30 грудня 2022 р.

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Написання першого розділу</i>	<i>01.01-05.02.23</i>	
2	<i>Виконання другого розділу та аркушів ілюстраційного матеріалу до нього</i>	<i>06.02-05.03.23</i>	
3.	<i>Виконання третього розділу та аркушів ілюстраційного матеріалу до нього</i>	<i>06.03-15.04.23</i>	
4.	<i>Написання розділу «Охорона праці»</i>	<i>16.04-12.05.23</i>	
5.	<i>Виконання п'ятого розділу та аркушів ілюстраційного матеріалу до нього</i>	<i>13.05-23.05.23</i>	
6.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та аркушів ілюстраційного матеріалу</i>	<i>24-31.05.23</i>	
7.	<i>Завершення роботи в цілому</i>	<i>01 -10.06.23</i>	

Студент \_\_\_\_\_ Дзига В.О.  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Тригуба А.М.  
(підпис)

УДК 681.51

Система автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі сімейної молочної ферми.

Дзига В.О. Кафедра ІТ – Дубляни, Львівський НУП, 2023.

Кваліфікаційна робота: 71 с. текст. част., 13 рис., 5 табл., 12 арк. ілюстраційного матеріалу, 47 джерел.

Подано особливості виробництва молока в Україні. Обґрунтовано доцільність автоматизації технологічних процесів у сімейних молочних фермах. Виконано аналіз відомих систем автоматичного керування рівнем та температурою води в електричному нагрівачі. Обґрунтовано доцільність автоматичного керування рівнем та температурою води в електричному нагрівачі сімейної молочної ферми.

Подано особливості об'єкту керування електричним нагрівачем сімейної молочної ферми. Запропонована схема керування електричним нагрівачем сімейної молочної ферми. Здійснено вибір електродвигуна приводу водяного насоса та водяного насоса. Вибрано мікроконтролер та датчик. Запропонована архітектура мікроконтролера PIC16F84A.

Розроблено алгоритм роботи системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі. Запропонована схема системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі. Розроблено програму для системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі.

Розроблено інструкцію з охорони праці під час використання електричного нагрівача сімейної молочної ферми. Визначено економічну ефективність від впровадження системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ .....	8
1.1. Особливості виробництва молока в Україні .....	8
1.2. Обґрунтування доцільності автоматизації технологічних процесів у сімейних молочних фермах.....	11
1.3. Аналіз відомих систем автоматичного керування рівнем та температурою води в електричному нагрівачі .....	13
1.4. Обґрунтування доцільності автоматичного керування рівнем та температурою води в електричному нагрівачі сімейної молочної ферми .....	22
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЯК ОБ'ЄКТУ КЕРУВАННЯ ТА ВИБІР ЗАСОБІВ .....	24
2.1. Особливості об'єкту керування електричним нагрівачем сімейної молочної ферми .....	24
2.2. Обґрунтування схеми керування електричним нагрівачем сімейної молочної ферми .....	26
2.3. Вибір електродвигуна приводу водяного насоса.....	27
2.3.1. Електродвигуни змінного струму.....	28
2.3.2. Крокові двигуни .....	28
2.3.3. Серводвигуни.....	29
2.3.4. Двигун постійного струму (DC) .....	29
2.4. Вибір водяного насоса .....	29
2.5. Вибір мікроконтролера .....	31
2.5.1. Архітектура мікроконтролера піс .....	31
2.3.2. Мікроконтролери PIC16f84a .....	34
2.5. Вибір давачів.....	38
РОЗДІЛ 3. ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ РІВНЕМ ТА ТЕМПЕРАТУРОЮ ВОДИ У ЕЛЕКТРИЧНОМУ НАГРІВАЧІ .....	40

3.1. Алгоритм роботи системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі.....	40
3.2. Розробка схеми системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі .....	42
3.3. Розробка програми для системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі.....	44
3.3.1. Програмний код системи керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі .....	44
3.3.2. Програмний код для зчитування аналогового значення з датчика температури .....	47
3.4. Тестування запропонованої системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі.....	49
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	50
4.1. Заходи із гігієни праці та виробничої санітарії.....	50
4.2. Заходи із безпечної експлуатації електрообладнання .....	52
4.3. Інструкція з охорони праці під час роботи з електричним водонагрівачем у сімейній молочній фермі .....	53
4.4. Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях.....	56
РОЗДІЛ 5. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ РІВНЕМ ТА ТЕМПЕРАТУРОЮ ВОДИ У ЕЛЕКТРИЧНОМУ НАГРІВАЧІ .ОШИБКА!	
<b>ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.</b>	
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65
ДОДАТКИ.....	69
ДОДАТОК А.....	70

## ВСТУП

У сучасному світі, із швидким розвитком технологій, все більше процесів у промисловості та сільському господарстві автоматизуються. Автоматизація дозволяє оптимізувати робочі процеси, підвищити якість продукції, скоротити витрати на обслуговування, а також зменшити ймовірність помилок, пов'язаних із людським фактором.

Одним із важливих напрямків автоматизації є сільське господарство, а зокрема молочна промисловість [8]. Для ефективної роботи молочної ферми необхідно забезпечити оптимальні умови для худоби. Це стосується, між іншими, і системи подачі води.

Подача теплої води є одним з ключових аспектів у погляді за худобою, особливо в холодну пору року. Необхідно забезпечити не тільки оптимальну температуру води, але й постійно підтримувати її на цьому рівні, а також контролювати рівень води в нагрівачах [14].

Виконана кваліфікаційна робота присвячена розробці системи автоматичного керування рівнем та температурою води у нагрівачі сімейної молочної ферми. Вона забезпечує створення високоефективної системи, яка б забезпечила стабільну роботу обладнання, а також знизила витрати на енергію.

Зрозуміло, що автоматизація таких систем може мати значний вплив на витрати коштів для функціонування молочних ферм. Однак, впровадження системи автоматичного керування рівнем та температурою води у нагрівачі сімейної молочної ферми, забезпечує зниження витрат на обслуговування та енергію, а також покращує умови для худоби і, як результат, якості продукції.

## РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

### 1.1. Особливості виробництва молока в Україні

Молочне скотарство є пріоритетною галуззю тваринництва в багатьох країнах світу, оскільки забезпечує одним із основних продуктів харчування переважної більшості населення планети. Збільшення виробництва молока з роками не втрачає своєї актуальності, навпаки, воно стає все більш важливим у міру зростання населення планети та відповідно зростає попит на молоко. Крім того, урбанізація та зростання доходів на душу населення сприяли збільшенню продажів навіть у нетрадиційних регіонах споживання молока. Разом з цим структура молочних ферм у всьому світі зазнає значних змін.

Внаслідок війни постраждали всі господарства України всіх типів і форм власності. Зокрема, це стосується господарств, розташованих у районах, де ведуться чи велися бойові дії.

У передвоєнні роки виробництво молока в Україні з року в рік падало. За останні 5 років (з 2017 року) цей темп падіння становив 2-6% на рік. В першу чергу це пов'язано зі зменшенням поголів'я худоби, яке скоротилося ще більше, на 6-11% на рік. Виробники сирого молока зросло за рахунок збільшення виробництва молока, що переважно відбувається на молочних фермах. Щодня зростає кількість повідомлень про знищення підприємств населення, в тому числі ферм.

Згідно з аналізом Асоціації виробників молока, до кінця року загальне промислове стадо може скоротитися з 423700 до 394200 голів – за умови, що радіус просування противника залишиться незмінним. За попередніми прогнозами, промислове виробництво молока в 2022 році може впасти на 19,5% – з 2,75 млн. тон до 2,21 млн. тон. Хоча показник падіння міг би бути значно вищим, адже продуктивність дійних корів впала на 15-70% в залежності від регіону.



Тільки за перший квартал цього року Україна втратила близько 300 тис. тон молока. У цьому випадку до кінця року ми можемо недоотримати близько 2 мільйонів тон молока. Такий показник спостерігався 7 років скорочення виробництва перед війною.

За приблизними підрахунками, до 2022 року 34,2% молока буде надходити з промислових господарств і 65,8% з домашніх господарств (рис. 1.1).

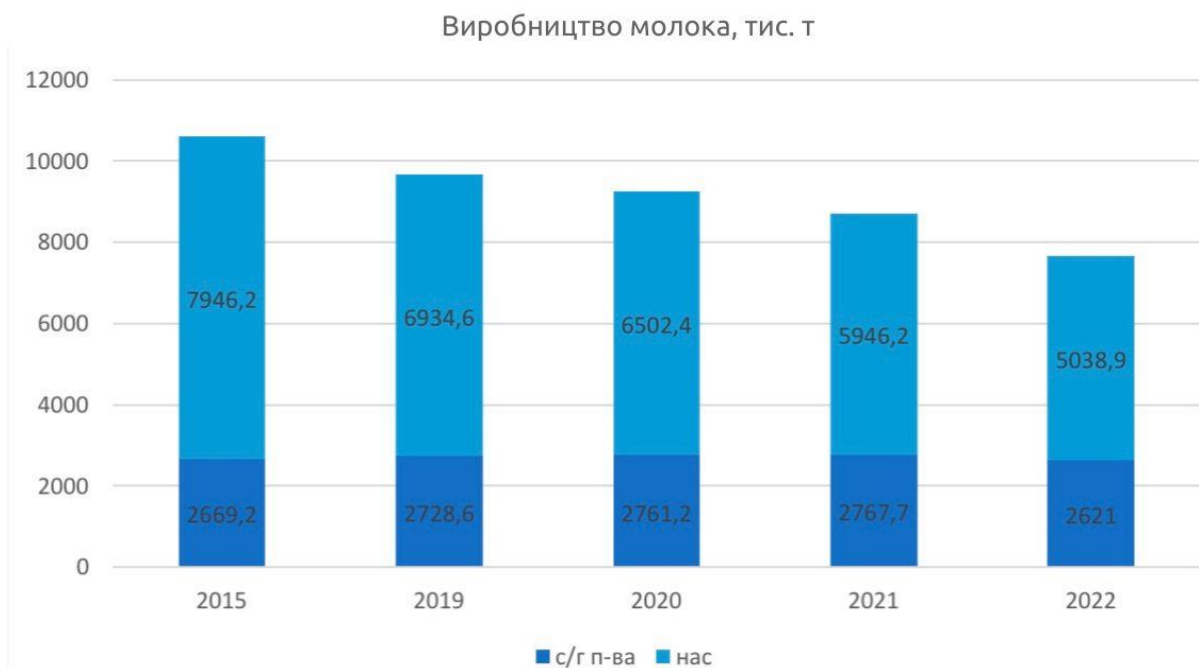


Рис. 1.1. Тенденції зміни обсягів виробництва молока в Україні

Загальний річний обсяг виробництва молока становив 7 млн. тон 659,9 тис. тонн, що на 12,1% менше, ніж у попередньому році. Через війну галузь недоотримала 1 млн. тон молока.

Переробники продовжують надавати перевагу закупівлі промислового молока, хоча закупівельну ціну на промислове молоко теж знизили. Найбільше подешевшала сировина з присадибних господарств, середня закупівельна ціна молока у присадибних господарствах за місяць впала на 25% – з 8 грн/кг до 6 грн/кг. Подекуди фермери говорять про 5 грн/л. З логістичних та інших причин деякі з них втратили можливість реалізації.

Збої в ланцюзі розподілу сирого молока, а також готової продукції, цілих молочних ферм і молокопереробних заводів призвели до падіння закупівельних цін на молоко на 4,6 євро/100 кг у березні (рис. 1.2).

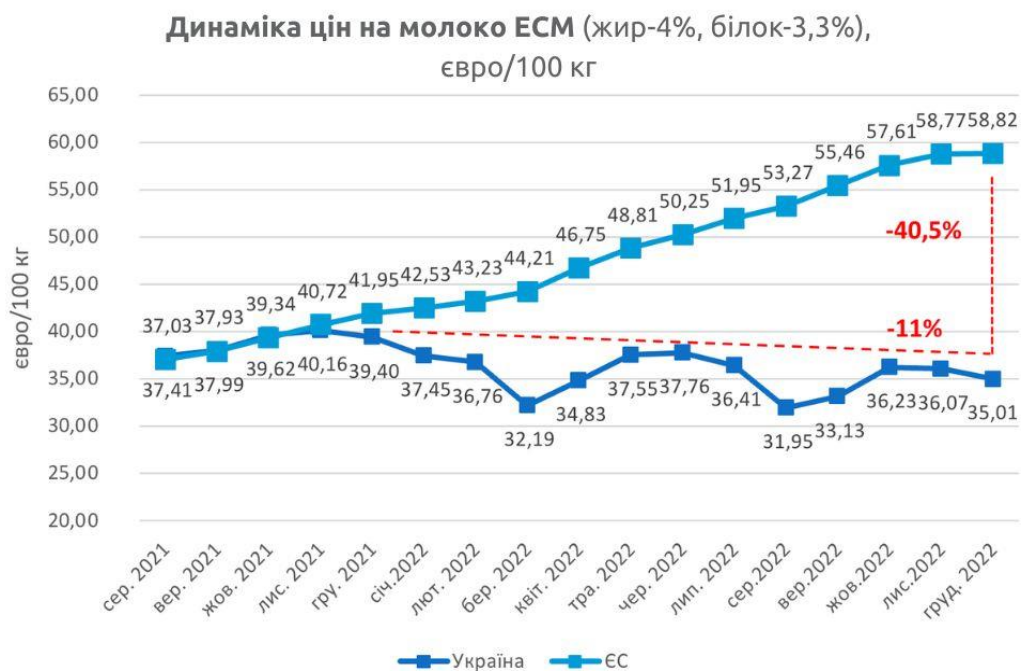


Рис. 1.2. Тенденції змін вартості молока в Україні та світі

Під час зміцнення гривні та зростання цін на молоко, ціни почали поступово зростати завдяки активній експортній активності. У результаті ціни на молоко в листопаді були зафіксовані на рівні 36 євро/ц. За курсом гривні вони залишаються незмінними донині. Проте валютний еквівалент знизився через подальше знецінення гривні.

Отже, знищення великих молочних ферм зумовлює потребу створення сімейних молочних ферм, які потребують використання інноваційних технологій виробництва молока. При цьому слід автоматизувати окремі виробничі процеси виробництва молока сімейними молочними фермами.

## **1.2. Обґрунтування доцільності автоматизації технологічних процесів у сімейних молочних фермах**

Автоматизація технологічних процесів у сімейних молочних фермах є актуальною та необхідною задачею. Вона дозволяє підвищити ефективність та якість виробництва, зменшити витрати та помилки, покращити умови для тварин та сприяти збереженню довкілля.

Одна з основних потреб автоматизації виникає в управлінні та контролі технологічними процесами, пов'язаними з переробкою молока та його переробкою в молочній продукції. Автоматизовані системи не можуть точно контролювати параметри, такі як температура, час обробки, рівень розчинів та концентрацію речовини, що використовується. Це забезпечує постійну якість продукції та уникає помилок, які можуть вплинути на безпеку чи смакові якості молочних продуктів.

Крім того, автоматизація допоможе оптимізувати робочі процеси та зменшити залежність від людського чинника. Роботизовані системи можуть виконувати рутинні та повторювані завдання, такі як доїння корів, забезпечення постачання корму, контроль за рівнем води тощо. Це звільняє працівників від монотонних робіт і дозволяє їм сконцентруватися на більш складних та творчих завданнях, таких як контроль якості продукції чи вдосконалення технологічних процесів.

Нарешті, автоматизація технологічних процесів у сімейних молочних фермах зменшує зниження енергозатрат та впливу на довкілля. Використання енергоощадних та екологічно чистих технологій, таких як раціональне використання енергії для нагріву води або оптимізація системи вентиляції, дозволяє зменшити споживання ресурсів та викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище. Це відбувається завдяки створенню стійкої та екологічно відповідної системи виробництва.

Таким чином, автоматизація технологічних процесів у сімейних молочних фермах є кроком у напрямку підвищення ефективності, якості та

стійкості виробництва. Вона допомагає оптимізації ресурсів, покращенню умов для тварин та забезпеченню безпеки працівників. Крім того, автоматизація виробничих процесів молочних ферм сприяє збереженню довкілля та створенню сталого та екологічно відповідного підходу до сільського господарства.

Автоматизація технологічних процесів у сімейних молочних фермах також вирішує ряд викликів і проблем, з якими стикаються фермери. Наприклад, вона забезпечує постійний контроль і нагляд за виробничими процесами, що раніше вимагало постійної присутності працівників на майданчику. Завдяки автоматизації фермер може отримати доступ до інформації про стан технологічних процесів та контролювати їх віддалено, що полегшує організацію та управління фермою.

Крім того, автоматизація технологічних процесів у сімейних молочних фермах сприяє збільшенню продуктивності та виробничої місткості. Автоматичні системи можуть ефективно розподіляти ресурси, оптимізувати робочі процеси та забезпечити неперервну роботу обладнання. Це дозволяє збільшити обсяг виробництва молочної продукції та задовольнити зростаючий попит на ринку.

Забезпечення якості і безпеки молочної продукції є ще однією важливою перевагою автоматизації. Системи автоматичного контролю можуть надійно відслідковувати та реагувати на відхилення в параметрах виробництва, що дозволяє попереджати можливі помилки або небажані ситуації, які можуть вплинути на якість продукції. Також автоматизовані системи контролю можуть забезпечити дотримання стандартів безпеки та гігієни праці, що має велике значення для здоров'я фермерів та споживачів.

Отже, автоматизація технологічних процесів у сімейних молочних фермах є місцем кроком для підвищення ефективності та конкурентоспроможності господарства. Вона зменшує витрати на виробництво, покращує якість продукції та забезпечує стабільність виробничого процесу.

Автоматизація дозволяє знизити витрати на робочу силу, після деяких процесів можуть бути повністю автоматизовані, звільняючи працівників від рутинних і монотонних завдань. Крім того, забезпечення автоматичного контролю та регулювання процесів дозволяє ефективно використовувати ресурси, такі як енергія, вода та сировина, що веде до зниження витрат.

Автоматизація також покращує якість продукції. Системи автоматичного контролю не можуть підтримувати стабільні параметри, такі як, тиск, концентрація речовин, що впливають на якість та безпеку молочної продукції. Крім того, автоматизовані системи не можуть швидко виявити відхилення та помилки, що дозволяють уникнути виробничих дефектів та забезпечити стабільну якість продукції.

Неабияким плюсом автоматизації є також підвищення рівня безпеки працівників. Автоматизовані системи можуть виконувати небезпечні або важкі фізичні роботи, зменшуючи ризик виникнення травм. Крім того, системи контролю можуть сповіщати про небезпечні умови та аварійні ситуації, що дозволяють швидко реагувати та запобігати можливим негативним наслідкам.

### **1.3. Аналіз відомих систем автоматичного керування рівнем та температурою води в електричному нагрівачі**

На ринку сьогодні є відомих виробників систем автоматичного керування рівнем та температурою води в електричних нагрівачах. Розглянемо кілька з них, проаналізувавши їх структуру, особливості конструкції, перевагами та недоліками.

Насамперед заслуговує на увагу система автоматичного керування Siemens (рис. 1.3).

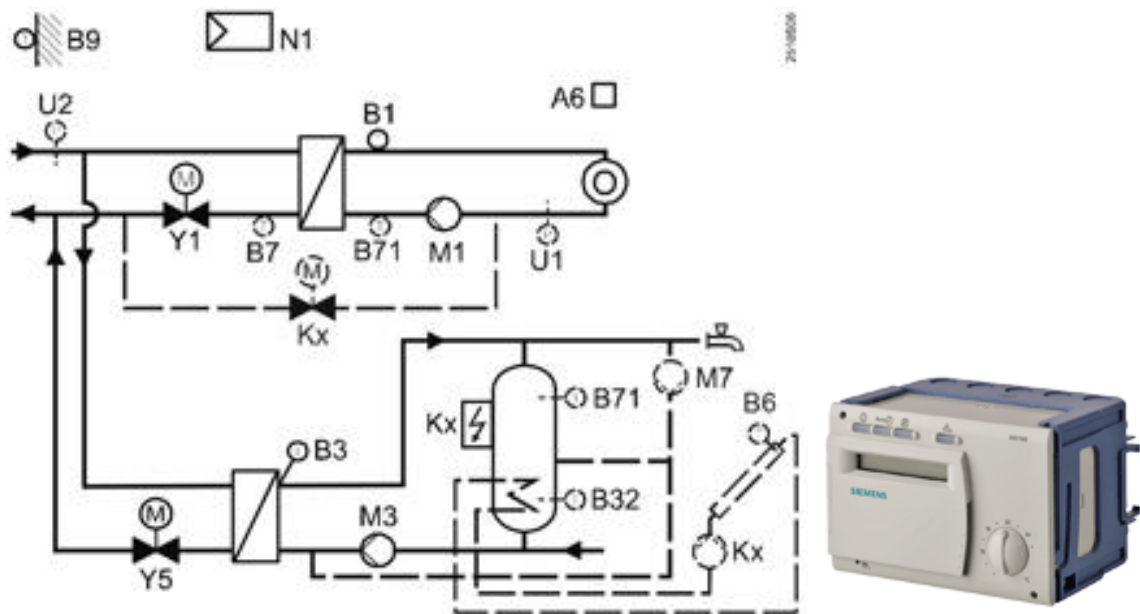


Рис. 1.3. Система автоматичного керування, що реалізована на базі контролера Siemens RVD140

Система автоматичного керування Siemens складається з контролерів, давачів рівня та температури, реле або приводу, а також програмного забезпечення для налаштування та моніторингу.

Siemens пропонує широкий спектр контролерів та компонентів, які можуть бути легко інтегровані в систему управління. Вони часто використовують технології захисту зв'язку та адаптивного керування для досягнення точності та стабільності процесу.

Наступною розглянемо систему автоматичного керування Honeywell (рис. 1.4). Система автоматичного керування Honeywell включає контролер, сенсор закритого типу, привід або реле, а також програмне забезпечення для конфігурації та моніторингу.

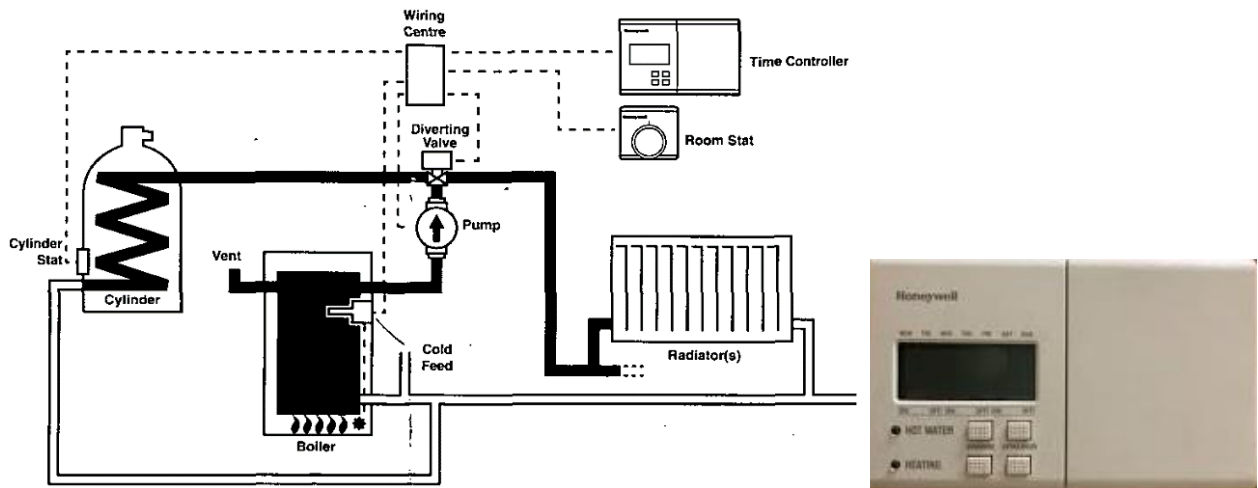


Рис. 1.4. Система автоматичного керування Honeywell на базі програматора ST6400C

Honeywell використовує передові алгоритми керування, такі як PID (пропорційний, інтегральний, диференціальний) для досягнення точності та швидкості регулювання. Вони також пропонують моделі з підтримкою комунікаційних протоколів для інтеграції з іншими системами.

Заслуговують на увагу система автоматичного керування Schneider Electric. Система автоматичного керування Schneider Electric складається з контролера, датчиків рівня та температури, реле або приводу, а також програмного забезпечення для конфігурації та моніторингу.

Schneider Electric пропонує інтегровані рішення, які включають апаратне та програмне забезпечення, що забезпечує ефективну та надійну роботу системи. Вони також дають великий вибір моделей із широкими функціями та можливостями.

Варто зазначити, що вибір системи автоматичного керування залежить від конкретних потреб, розміру та особливостей молочної ферми. Перед вибором системи перевірте детальний аналіз вимог і зв'яжіться з виробниками для отримання більш докладної інформації про їхні продукти.

Також відома система PLC для контролю температури за допомогою термостата (рис. 1.5).

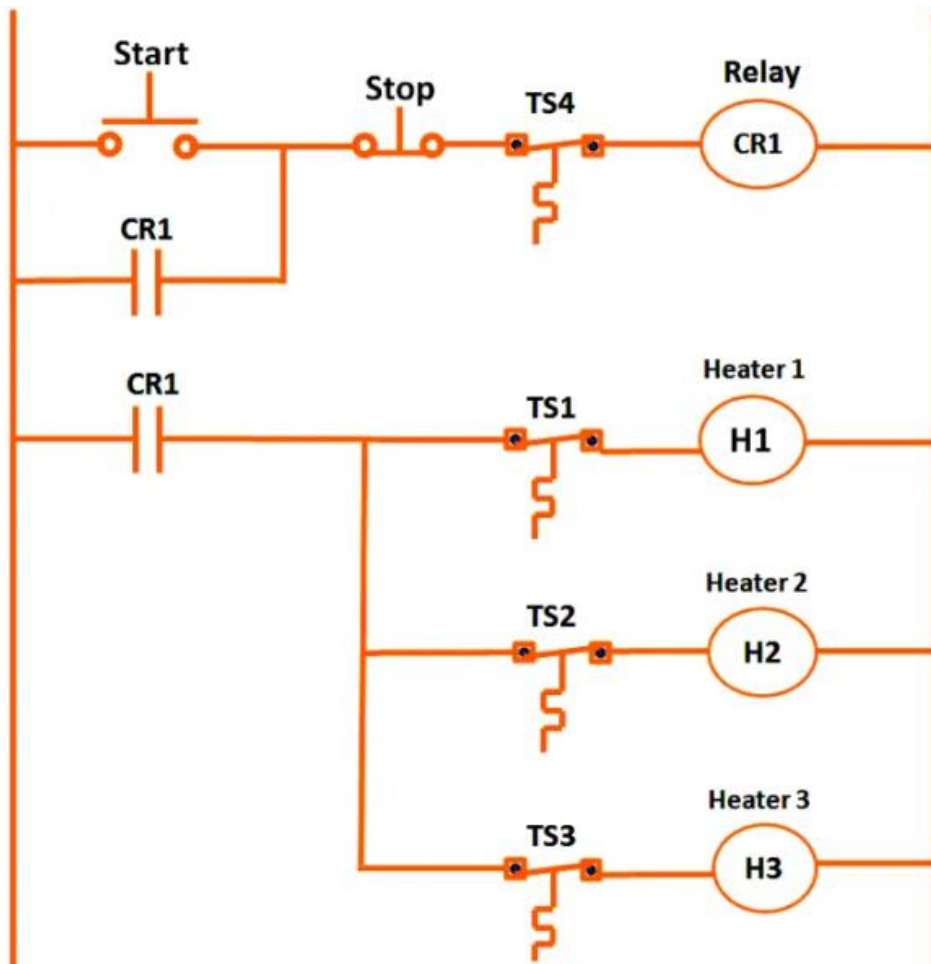


Рис. 1.5. Система PLC для контролю температури за допомогою термостата [16]

Для контролю температури із використанням систем PLC у ємностях передбачено три нагрівачі, які використовуються для контролю температури посудин. При цьому використовується три термостати для вимірювання температури на кожному обігрівачі. Окрім того, один термостат для безпечного відключення у разі несправності чи надзвичайної ситуації або для уникнення перегріву.

Усі ці обігрівачі мають різні задані значення або різні температурні діапазони, де нагрівачі можна ввімкнути відповідно (у табл. 1.1 показано температурні діапазони [16]).



Таблиця 1.1 – Температурні діапазони для увімкнення нагрівачів

Temperature	Thermostats	Heater 1	Heater 2	Heater3
Below 55°C	TS1 Closed TS2 Closed TS3 Closed TS4 Closed	ON	ON	ON
55°C-60°C	TS1 Open TS2 Closed TS3 Closed TS4 Closed	OFF	ON	ON
60°C-65°C	TS1 Open TS2 Open TS3 Closed TS4 Closed	OFF	OFF	ON
65°C-70°C	TS1 Open TS2 Open TS3 Open TS4 Closed	OFF	OFF	OFF
Above 70°C	TS1 Open TS2 Open TS3 Open TS4 Open	OFF	OFF	OFF

Система контролю температури складається з чотирьох термостатів. В системі працюють три теплові агрегати. Термостати (TS1/TS2/TS3/TS4) налаштовані на 55°C, 60°C, 65°C та 70°C.

При температурі нижче 55°C три нагрівачі (Н1, Н2, Н3) мають бути увімкнені:

- між 55°C – 60°C два нагрівачі (Н2, Н3) мають бути увімкнені.
- між 60°C – 65°C один нагрівач (Н3) має бути увімкнено.

При температурі вище 70°C усі нагрівачі повинні бути у стані «Вимкнено», існує захисне відключення (реле CR1) на випадок, якщо будь-який нагрівач працює помилково.

Також відомий [20] простий автоматичний регулятор рівня води для верхніх резервуарів, який вмикає/вимикає двигун насоса, коли вода в

резервуарі падає нижче/вище мінімального/максимального рівня. Рівень води вимірюється двома поплавками для керування перемикачами для керування двигуном насоса.

Кожен поплавок давача підвішений зверху за допомогою алюмінієвого стержня. Ця конструкція укладена в трубу з ПВХ і закріплена вертикально на внутрішній стінці резервуара для води. Такі давачи більш надійні, ніж давачи індукційного типу. Давач 1 визначає мінімальний рівень води, а давач 2 – максимальний (рис. 1.6).

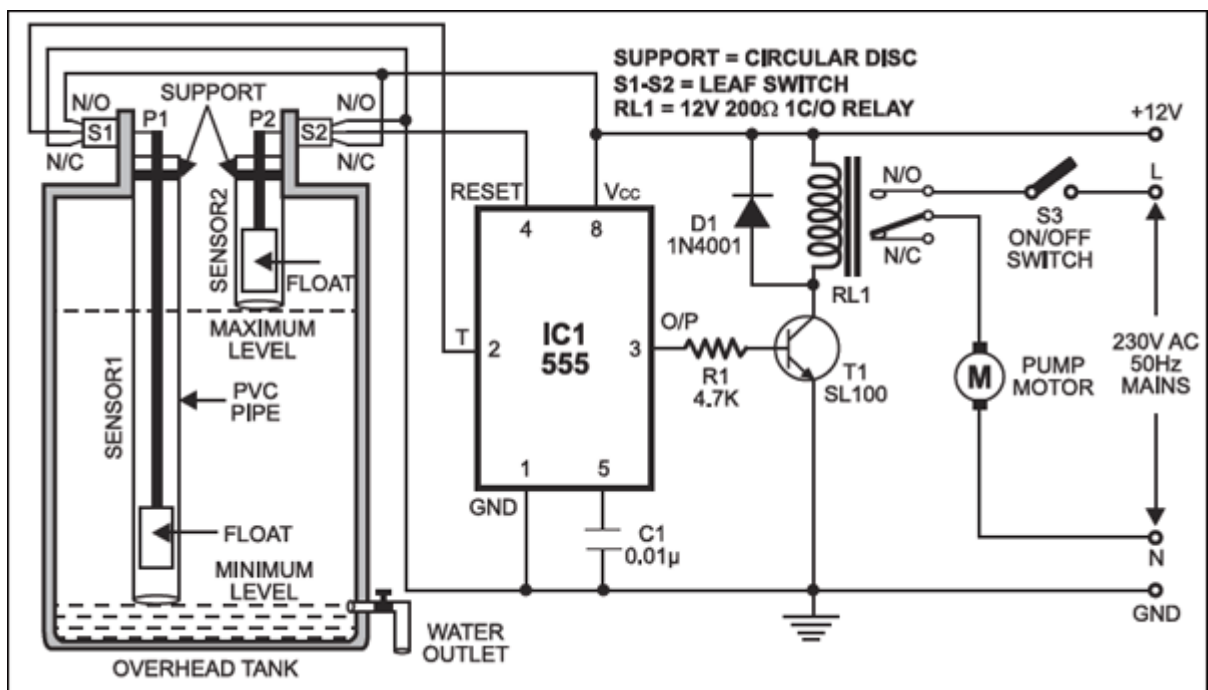


Рис. Рис. 1.6. Схема автоматичного регулятора рівня води [20]

Запропоновані перемикачі S1 і S2 (використовуються в магнітофонах) закріплені у верхній частині сенсорних блоків таким чином, що коли поплавки діаметром 5 мм піднімають на 5 мм (приблизно) алюмінієві стержні штовхаючи рухомі контакти (P1 і P2), перемикачів S1 і S2 з нормально закритого (N/C) положення переходять в нормально розімкнене (N/O) положення.

Так само, коли рівень води падає, рухомі контакти повертаються у вихідне положення.

Зазвичай N/C контакт перемикача S1 під'єднаний до землі, а N/C контакт перемикача S2 під'єднаний до джерела живлення 12 В.

Таймер IC 555 (рис. 1.7) підключено таким чином, що коли його контакт тригера 2 заземлений (рис. 1.6), він спрацьовує, а коли контакт 4 заземлений, він скидається. Пороговий контакт 6 і розрядний контакт 7 у схемі не використовуються.

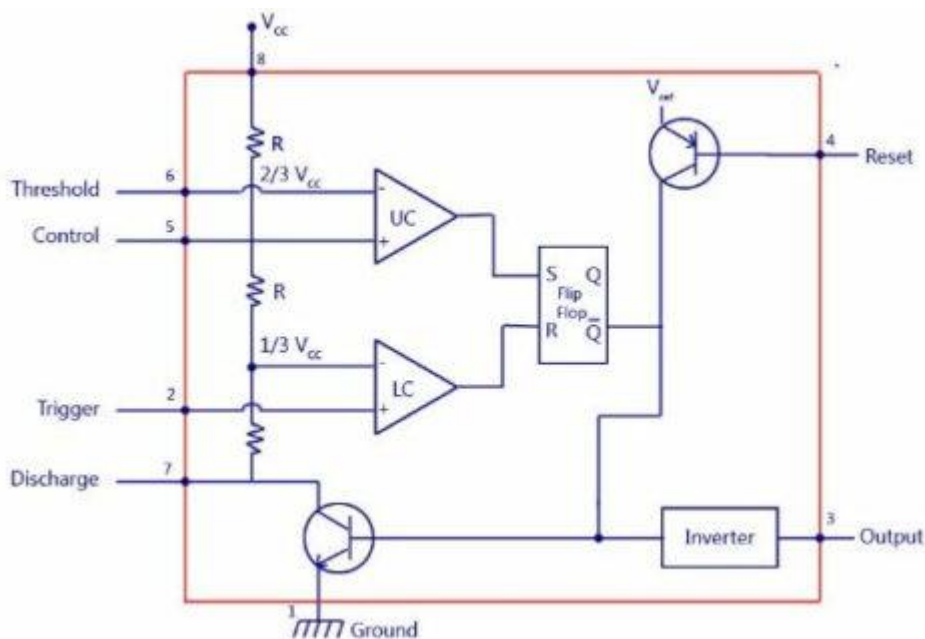


Рис. 1.7. Схема таймера IC 555

Контролер рівня води працює наступним чином (рис. 1.6). Коли вода в резервуарі опускається нижче мінімального рівня, рухомі контакти (P1 і P2) обох складових перемикача будуть у положенні N/C. Це означає, що контакт 2 тригера та контакт 4 скидання IC1 під'єднані відповідно до землі та до 12 В.

Це запускає IC1, і його вихід активує реле RL1 через драйверний транзистор SL100 (T1). Двигун насоса вмикається, і він починає перекачувати воду в верхній резервуар, якщо перемикач S3 у положенні ввімкнено.

З підвищенням рівня води в баку поплавковий датчик 1 піднімається вгору. Це зміщує рухомий контакт перемикача S1 у положення N/O, а контакт тригера 2 IC1 підключається до 12 В. Це не впливає на IC1, і його потужність залишається високою, щоб підтримувати роботу двигуна насоса.

У міру того, як рівень води піднімається далі, щоб досягти максимального рівня, поплавков давача 2 штовхає рухомий контакт S2 у положення N/O, і він з'єднується з землею. Тепер IC1 скидається, і його вихід стає низьким, щоб вимкнути насос. Під час споживання води її рівень у верхньому резервуарі падає. Відповідно, опускається і поплавков давача 2. Це призводить до того, що рухомий контакт перемикача S2 повертається в положення NC, а контакт 4 IC1 знову підключається до 12 В. Але IC1 не спрацьовує, оскільки його тригерний контакт 2 все ще підключений до 12 В перемикачем S1. Тому насос залишається вимкненим.

Коли рівень води падає далі, щоб досягти мінімального рівня, рухомий контакт перемикача S1 повертається в положення N/C, щоб з'єднати контакт тригера 2 IC1 із землею. Це призводить до спрацювання IC1 і при цьому насос вмикається.

Переваги та недоліки відомих систем автоматичного керування рівнем та температурою води подано у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Переваги та недоліки відомих систем автоматичного керування рівнем та температурою води

Виробник	Особливості	Переваги	Недоліки
1	2	3	4
Siemens	на базі контролера Siemens RVD140	Висока якість, надійність та широкий вибір компонентів. Гнучкість налаштування та можливість інтеграції з іншими системами автоматизації.	Висока вартість компонентів та програмного забезпечення. Потребує досвідченого персоналу для налаштування та обслуговування.

## Продовження табл. 1.2

1	2	3	4
Honeywell	на базі програматора ST6400C	Великий вибір продуктів та компонентів. Висока точність та швидкість регулювання. Легке налаштування та інтеграція з іншими системами автоматизації	Вартість продукту може бути високою. Вимагає обізнаності з програмним забезпеченням та налаштуваннями
Schneider Electric	на базі програмованого реле Schneider Electric Zelio Logic 16I/10O, 24V/AC (SR3B261B)	Широкий вибір продуктів та компонентів. Інтегровані рішення з високою надійністю та ефективністю. Простота настройки та моніторингу.	Вартість продукту може бути високою. Вимагає обізнаності з програмним забезпеченням та інтеграції
Yokogawa	на базі UT55A/UT52A контролера температури	Висока точність та надійність продукту. Розширені можливості керування та регулювання. Забезпечення високої якості продукції та ефективності виробничих процесів.	Вартість продукту може бути вищою в порівнянні з іншими виробниками. Вимагає фахівців з інтеграції та програмування для повного використання систем можливостей.

Кожна з цієї системи має свої переваги та недоліки, і вибір залежить від конкретних вимог, бюджету та особливостей молочної ферми. Рекомендується

провести детальний аналіз та визначити вимоги різних виробників, щоб знайти оптимальне рішення, яке задовольнятиме потреби ферми.

Враховуючи ці фактори, можна знайти оптимальну систему автоматичного керування рівнем та температурою води для заданої молочної ферми. Перед прийняттям рішення про вибір системи автоматичного керування, слід оцінити наявність на ринку обладнання, а також детально вивчити документацію виробників, включаючи технічні характеристики, рецензії користувачів та відгуки. Враховуючи потреби молочної ферми та забезпечуючи надійну та ефективну роботу системи, можна зробити оптимальний вибір засобів для автоматичного керування рівнем та температурою води в електричному нагрівачі.

#### **1.4. Обґрунтування доцільності автоматичного керування рівнем та температурою води в електричному нагрівачі сімейної молочної ферми**

Пропоноване автоматичне керування рівнем та температурою води в електричному нагрівачі сімейної молочної ферми є дуже доцільним і має ряд переваг. Основні аргументи для впровадження автоматичного керування в цьому контексті наступні:

➤ дозволяє оптимізувати роботу нагрівача, забезпечуючи ефективне використання енергії. Система може регулювати потужність нагріву та час роботи залежно від потреб, забезпечуючи економію електроенергії та зниження витрат.

➤ дозволяє підтримувати стабільну температуру та рівень води в нагрівачах. Це має важливе значення для забезпечення оптимальних умов обробки молока та виробництва молочної продукції. Стабільні параметри допомагають зберегти якість продукції та уникнути втрат через неправильну обробку.

➤ дозволяє запобігти ситуації перегріву або переповненню нагрівача, що може бути небезпечним і спричинити аварії або пошкодження обладнання. Система автоматичного керування може контролювати параметри та вчасно здійснювати заходи для забезпечення безпеки роботи.

➤ Автоматичне керування рівнем та температурою води дозволяє автоматизувати процеси, які раніше вимагали постійної уваги та контролю з боку працівників. Це звільняє їх від виконання рутинних та монотонних завдань, дозволяє сконцентруватися на більш складних та творчих аспектах роботи. В результаті, автоматичне керування покращеним умовам праці та зменшення трудових витрат.

➤ дозволяє уникнути людських помилок, які можуть виникати при ручному контролі процесів. Система автоматичного контролю забезпечує точність та стабільність параметрів виробництва, що сприяє підвищенню якості молочної продукції та задоволенню вимог споживачів.

Окрім того, автоматичні системи керування здатні збирати та аналізувати дані про роботу нагрівача, таку як температуру, рівень води, час роботи та інші параметри. Це дозволяє проводити моніторинг процесу та проводити аналіз даних для виявлення тенденцій, виявлення відмови та вдосконалення виробничих процесів.

Отже, автоматичне керування рівнем та температурою води у своєму електричному нагрівачі сімейної молочної ферми є доцільним з точки зору підвищення ефективності, забезпечення стабільності параметрів, покращення якості продукції, забезпечення безпеки та зручності в роботі, а також здатність до моніторингу та аналізу даних. Це сприяє підвищенню конкурентоспроможності молочної ферми та задоволенню вимог ринку.

## РОЗДІЛ 2.

### АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЯК ОБ'ЄКТУ КЕРУВАННЯ ТА ВИБІР ЗАСОБІВ

#### 2.1. Особливості об'єкту керування електричним нагрівачем сімейної молочної ферми

Управління електричним нагрівачем досягається за допомогою змінних, які необхідно регулювати за допомогою відповідної системи автоматичного керування. PLC використовується як пристрій системи керування. Регульована змінна змінюється під впливом вхідного сигналу (контролю або стимулу).

Завдання керування полягає у вивченні чинників керування, в яких вихідна величина керування змінюється за заданим алгоритмом і безпосередньо не залежить від зовнішніх подразників, які можуть бути некерованими.

Об'єкт автоматизації (ОА) – це реальний технічний пристрій, функціональність якого характеризується певними показниками якості – технічними параметрами, які є вихідними координатами, і створюваними людиною вхідними впливами, які прямо чи опосередковано впливають на стан параметрів.

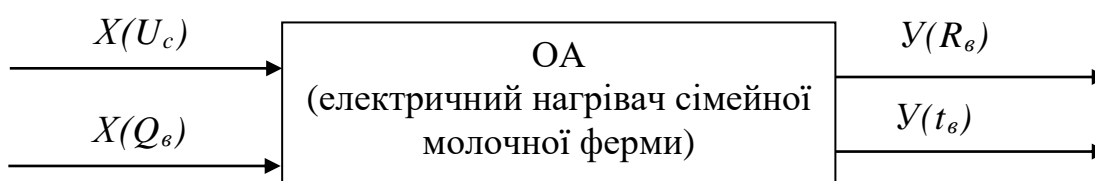


Рис. 2.1. Структура електричного нагрівача сімейної молочної ферми як об'єкта регулювання рівня та температури води:  $X$  – вхідні координати (електрична напруга  $X(U_c)$  та обсяг води  $X(Q_6)$ );  $Y$  – вихідна координата – (температура води  $Y(t_6)$  та рівень води  $Y(R_6)$ )



Найпростіший об'єкт автоматизації має окреме вихідне значення та має вихідний вплив. Наприклад, у електричного нагрівача сімейної молочної ферми вихідною величиною (параметром) є рівень та температура води, а регулюючою дією є напруга, що подається на електричний нагрівач (рис. 2.1).

У нашій роботі пропонується система контролю рівня води та температури. Система може регулювати не тільки кількість води, але й температуру води з відповідним значенням.

Для побудови цієї системи використовується мікроконтролер PIC16F84A. Основним аспектом цієї системи є автоматичний контроль наповнення бака за допомогою датчика рівня. Це можна зробити за допомогою датчика положення, який визначає положення мідного стержня. Основні операції у нашому об'єкті керування полягають у вимірюванні, нагріванні та наповненні.

Термістор використовується для датчика температури. Користувач встановлює потрібну температуру за допомогою ручного керування. Для заповнення води використовується двигун змінного струму. Контур активується пусковим перемикачем, і система автоматично наповнює резервуар і зупиняється, коли досягає заданого вищого рівня.

Коли вода досягає низького рівня, ця система відкриває нагрівальний змішувач для контролю заданої температури води. Світлодіоди, які використовуються в цій схемі, є звичайними типами виходу. Якщо температура води дорівнює встановленим значенням, система включає сигнал. Якщо рівень води високий, система автоматично закривається, щоб наповнити резервуар водою. Пропонована нами система реалізовується за допомогою мови програмування C.

## 2.2. Обґрунтування схеми керування електричним нагрівачем сімейної молочної ферми

Визначення рівня рідини є основною темою цієї системи, яка особливо стосується автоматизованих операцій. Основна мета полягає в тому, щоб зменшити людське втручання до електричного нагрівача. Це можна зробити, лише якщо електричний нагрівач працюватиме за обґрунтованим алгоритмом із виконанням послідовних кроків.

Автоматичний пристрій для наповнення резервуару, який працює від змінного струму. При цьому для функціонування системи не потрібні складні друковані плати (друковані плати). Моніторинг здійснюється датчиками положення мідних стержнів. Датчики фіксують нижній рівень води та верхній рівень води, на основі яких подаються сигнали про потребу виконання окремих операцій (рис. 2.2).

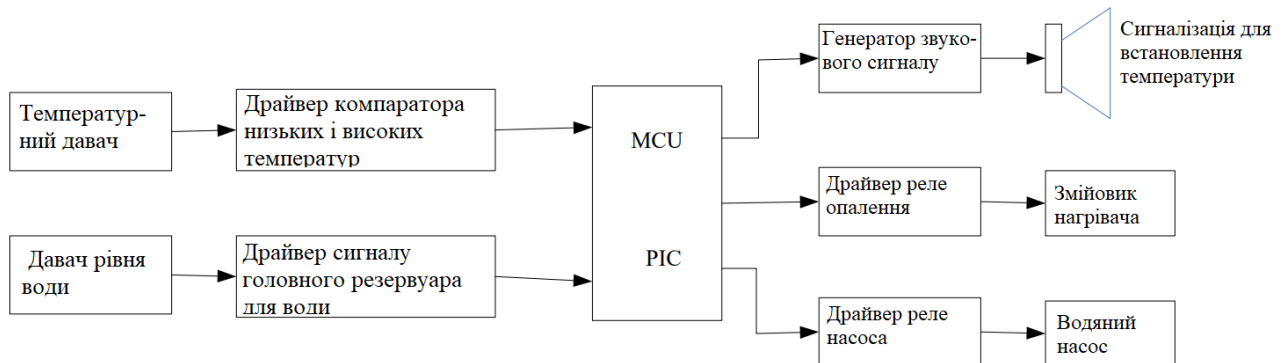


Рис. 2.2. Структурна блок-схема системи керування електричним нагрівачем сімейної молочної ферми

Коли рівень води буде низький, система починає вимірювати температуру води. Світлодіоди, які використовуються в цій схемі, є звичайними із типовими виходами.

Якщо температура води дорівнює встановленим значенням, система включає сигналізацію.

Якщо температура води нижче заданих значень, система відкриває нагрівальний змієвик для контролю температури води.

Якщо температура води досягає заданої температури, необхідно ввімкнути сигналізацію для закриття подачі води.

### **2.3. Вибір електродвигуна приводу водяного насоса**

Сучасна електроніка є потужніша і компактніша. Також ціни на сучасне обладнання є нижчі ніж на старіші моделі через технологію виготовлення. Існують різні види систем регулювання швидкості двигунів [34].

- двигун змінного струму (АС);
- кроковий двигун;
- серводвигун;
- двигун постійного струму (DC).

Існує багато методів класифікації електродвигунів. Зазвичай це робиться з поточними типами. Відповідно до цього електродвигуни поділяються на постійного струму та змінного струму. У виробництві та побуті найчастіше використовується останній. Вони є:

- синхронні;
- асинхронні (з КЗ або фазним ротором).

Двигуни постійного струму менш поширені, але ви також можете знайти своє використання у різноманітних середовищах, від промислового обладнання та ліфтів до іграшок та транспортних засобів. Вони відрізняються простотою, надійністю, добре налаштованими параметрами, можливістю роботи в генераторному режимі. Серед ключових недоліків можна відзначити високу вартість, складність обслуговування та необхідність автономного джерела живлення. Ось чому вони використовуються, коли двигуни змінного струму не відповідають необхідним вимогам і не можуть бути встановлені.

### **2.3.1. Електродвигуни змінного струму**

Двигун змінного струму (АС). Однофазний двигун змінного струму відомий як універсальний двигун, оскільки він також може працювати з постійним струмом.

Асинхронні двигуни змінного струму зазвичай використовуються в промислових цілях.

Існує два типи двигунів змінного струму в залежності від типу використовуваного ротора. Перший – це синхронний двигун, який обертається точно на частоті живлення або частоті, кратній частоті живлення. Магнітне поле на роторі створюється або струмом, що подається через контактні кільця, або постійним магнітом.

Другий тип – це асинхронний двигун, який обертається трохи повільніше, ніж частота живлення. Магнітне поле на роторі цього двигуна створюється індукційним струмом [34].

### **2.3.2. Крокові двигуни**

Кроковий двигун – це електродвигун, у якого імпульсна подача електричного струму змушує ротор повертатися не безперервно, а кожен раз на заданий кут. Швидкість обертання валів двигуна безпосередньо пов'язана з частотою вхідних імпульсів, а довжина обертання безпосередньо пов'язана з кількістю застосованих вхідних імпульсів. Недоліками таких електродвигунів є те, що може виникнути резонанс, якщо не контролювати належним чином його роботу. Непросто працювати на надзвичайно високих швидкостях.

### **2.3.3. Серводвигуни**

Серводвигуни використовуються в радіокерованих літаках для позиціонування поверхонь керування, таких як зміна висоти. Сервоприводи надзвичайно корисні в робототехніці. Двигуни невеликі, мають вбудовану схему керування та надзвичайно потужні для свого розміру.

### **2.3.4. Двигун постійного струму (DC)**

Електродвигуни постійного струму працюють згідно з основним принципом електрики: взаємодія між двома магнітними полями, розташованими під кутом одне від одного, притягує або відштовхує, що призводить до руху [43].

## **2.4. Вибір водяного насоса**

Насоси, які приводяться в рух двигунами змінного струму, використовують більшу частину повної потужності обладнання та вмикаються у потрібний час. Для одночасного прокачування та роботи електричного нагрівача сімейної молочної ферми може знадобитися реле, щоб призупинити нагрівач, надаючи пріоритет насосу під час його роботи. Нами вибрано насос відцентровий моноблочний BST 32-160/1.5, 3000 (рис. 2.2).

Насос відцентровий моноблочний BST 32-160/1.5, 3000 – це потужний насос, призначений для використання в різноманітних системах водопостачання та водовідведення.

Зовнішній вигляд насоса вражає своєю компактністю та стійкістю. Корпус виготовлений з якісного та міцного матеріалу, що забезпечує довговічність та надійність роботи пристрою. Насос має високу продуктивність

і ефективність, завдяки чому забезпечує високий рівень продуктивності системи.

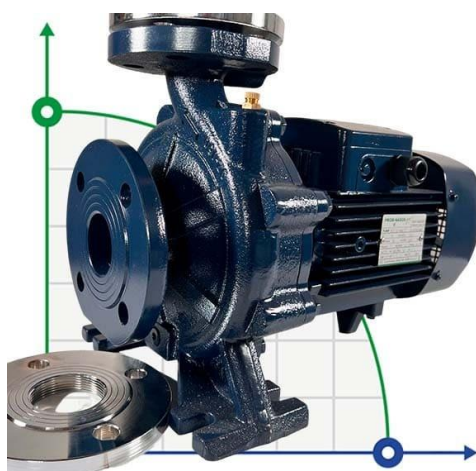


Рис. 2.2 – Загальний вигляд відцентрового моноблочного насоса BST 32-160/1.5, 3000

BST 32-160/1.5, 3000 працює на основі центробіжного принципу, де рідину під дією обертового руху ротора викидають у випромінюючу ділянку з великою силою. Це дозволяє насосу подавати великі об'єми рідини на значну відстань.

Завдяки своїй потужності та характеристикам, насос BST 32-160/1.5, 3000 використовується в багатьох галузях, включаючи промисловість, будівництво, комунальне господарство та інші галузі, де важливо забезпечити ефективне рух рідини.

Цей насос є надійним і довговічним рішенням для систем водопостачання та водовідведення. Висока продуктивність, компактність та надійність роботи роблять його привабливим вибором для використання в різних проектах та системах забезпечення водою.

Насос BST 32-160/1.5, 3000 має діаметр входу та виходу 32 мм і 160 мм відповідно, що дозволяє забезпечити оптимальний потік рідини при роботі. Завдяки своїй потужності, насос здатний обробляти рідину зі значними об'ємами та витискати її на великі відстані.

Оснащений двигуном потужністю 1.5 кВт, цей насос здатний працювати з ефективністю на рівні 3000 обертів на хвилину, що робить його високопродуктивним і швидкодіючим. Ця характеристика забезпечує швидке перекачування рідини та забезпечує ефективну роботу системи [29].

Якщо використовується насос змінного струму, для інверторів без синусоїдальної хвилі пускове обладнання має бути релейним.

## **2.5. Вибір мікроконтролера**

Мікроконтролер – це мікросхема, яка містить центральний процесор, пам'ять, таймер, вхідні порти, вихідні порти та має комп'ютер. Отже, мікроконтролер ще називають комп'ютером на кристалі. Мікроконтролер є основним ядром центрального процесора комп'ютера для швидкого оброблення сигналу. Завжди намагайтеся, щоб час обробки був якомога швидшим. Водночас це вимагає більшого обсягу оперативної пам'яті.

Мікроконтролер – це невеликий недорогий комп'ютер на мікросхемі, який зазвичай включає: 8- або 16-розрядний мікропроцесор (ЦП), невелику кількість оперативної пам'яті,

У системі керування електричним нагрівачем сімейної молочної ферми може використовуватися програмована ПЗУ та/або флеш-пам'ять, паралельний та/або послідовний вхід/вивід, таймери та генератори сигналів, аналого-цифрове (А/D) та/або цифро-аналогове (D/A) перетворення [27].

### **2.5.1. Архітектура мікроконтролера PIC**

Існує багато типів мікроконтролерів. Мікроконтролер PIC із Harvard архітектурою [34]. Мікроконтролери з архітектурою Harvard також називають

«RISC мікроконтролерами». RISC означає комп'ютер зі скороченим набором інструкцій.

Мікроконтролери з архітектурою Von-Neumann's називаються «мікроконтролерами CISC». За архітектурою мікроконтролери можна розділити на чотири групи. Це архітектура Low-End, архітектура Mid-Range, архітектура High-End і 18CXX [43].

Ідеологія RIS сильно відрізняється від MC сімейства MCS - 48/51. До них належать:

- архітектура RISC (не CISC);
- набір команд скорочено в 3 рази;
- покращено параметри завантаження портів вводу/виводу;
- низька вартість і висока швидкість;
- мініатюризація одноразово програмованої оболонки чіпа.

Мікроконтрольні регістри RIS генерують 8-бітні та 16-бітні шини даних (табл. 2.1). Мікроконтролери RIS випускаються з 12, 14, 16 бітними інструкціями (табл. 1.2).

Таблиця 2.1 – Поділ PIC мікроконтролерів за швидкістю шини даних

PIC контролери (по шині даних)	Найменування
8 – розрядні	PIC16FXXX – PIC18FXXXX
16 - розрядні	PIC24FJXXX, PIC24HJXXX

Таблиця 2.2 – Поділ PIC мікроконтролерів за розрядністю команд

Розрядність команд, біт	Найменування	Сімейство
12	PIC10F2XX, PIC12F5XX, PIC16F5X, PIC16F5xx	Молодше, базове (BaseLine)



14	PIC12F6xx, PIC16F6XX, PIC16F7X, PIC16F7XX, PIC16F8X, PIC16F8xx	Середнє, основне (Mid-Range)
16	PIC18Fxxx, PIC18Fxxxx, PIC18FxxJxx	Старше, покращене (High- Performance)

Таблиця 3 – Найпопулярніші мікроконтролери PIC

Кількість выводів	Мікроконтролери PIC (сімейства Mid-Range)
8	PIC12F629, 635, 675
14	PIC16F630, 636, 676, 684, 688
18	PIC16F627A, 628A, 648A, 716, 818, 819, 84A, 87, 88
20	PIC16F639, 685, 687, 689, 690, 785
28	PIC16F57, 72, 73, 737, 767, 870, 872, 873A, 876A
40	PIC16F59, 74, 747, 77, 777, 871, 874A, 877A

Мікроконтролери PIC наявні 6, 8, 14, 18, 20, 28, 32, 40, 44, 64, 80, 100 виходів. Мікроконтролери PIC мають безперервність розташування контактів знизу вгору. Тим не менш, 8-контактний МК може поміститися в 14-контактну та 20-контактну панелі при належному живленні, і навіть назви проводів портів залишаються незмінними (рис. 2.3). Крім того, нові моделі мікроконтролерів PIC старої підсерії «pin-to-pin» сумісні з проміжною підсерією, що позитивно впливає на заміну.

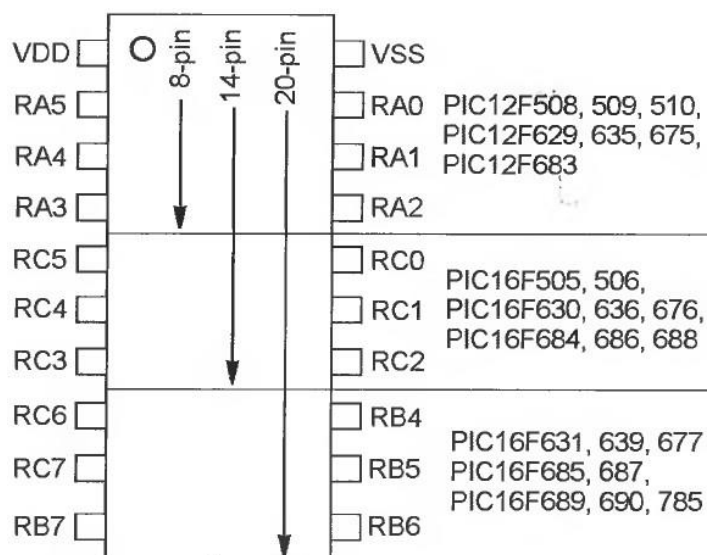


Рис. 2.3 – Сумісність між окремими поколіннями PIC мікроконтролерів

У таблиці 2.3 наведено найбільш популярні мікроконтролери PIC. При цьому мікроконтролери PIC 12F629, PIC 12F675, PIC 16F628A, PIC 16F876A найбільш використовувані у різного роду практичних конструкціях.

### 2.3.2. Мікроконтролери PIC16F84A

Мікроконтролери PIC16F84A – це група недорогих високопродуктивних 8-розрядних CMOS-мікроконтролерів сімейства PIC16CXX. Мікроконтролер PIC16F84A – мають архітектуру середнього рівня із флеш-пам'яттю. Вони забезпечують повторний запис та видалення програми.

Мікроконтролер PIC16F84A є гарвардською архітектурою. У цьому типі пам'ять мікроконтролера ділиться на пам'ять програм і пам'ять даних. Розділені шини використовуються для підключення CPU (рис. 2.4) [44].

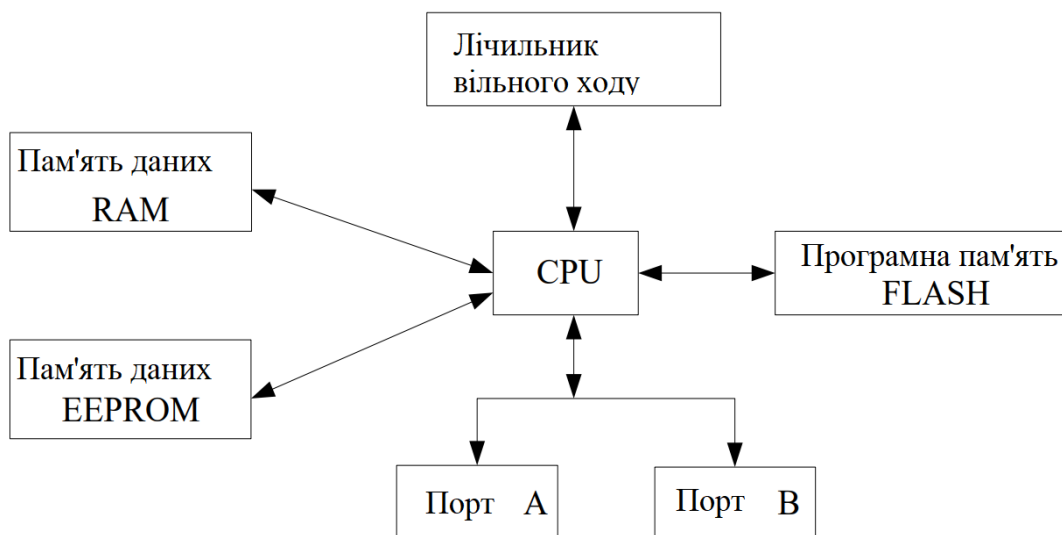


Рис. 2.4 – Структура мікроконтролера PIC16F84A

Мікроконтролери PIC16F84A відносяться до сімейств КМОН мікроконтролерів. Вони відрізняються тим, що мають внутрішню  $1K \times 14$  біт EEPROM для програми, а також 8 бітові дані і 64 байтів EEPROM пам'яті даних (рис. 2.5).

Мікроконтролери PIC16F84A мають низьку вартість і високу продуктивність. При цьому команди складаються з одного слова (14 біт) і виконуються одним циклом (400нс за 10МГц), крім команди переходу, яка виконується у два цикли (800нс). PIC16F84A має переривання, які спрацьовують від залучення чотирьох джерел та має апаратний стек (восьмирівневий).

Периферійні пристрої включають 8-бітний таймер/лічильник з 8-бітним програмованим попереднім дільником (фактично 16-бітним таймером) і 13 двонаправлених ліній вводу/виводу. Висока навантажувальна здатність ліній введення/виведення (максимальний вхідний струм - 25 мА, максимальний вихідний струм - 20 мА) спрощує зовнішні драйвери, тим самим знижуючи загальну вартість системи.

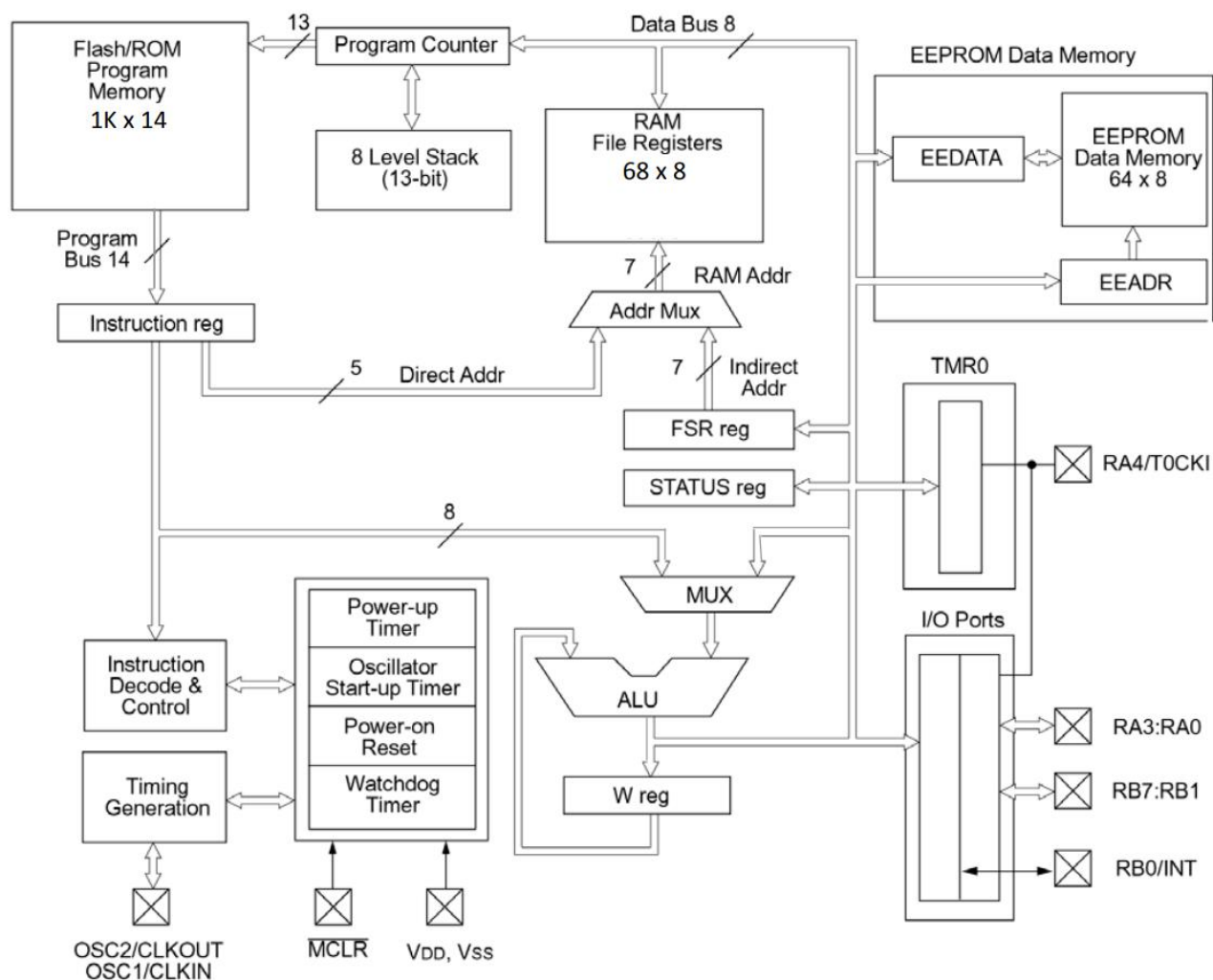


Рис. 2.5 – Архітектура мікроконтролерів PIC16F84A

Мікроконтролери PIC16F84A мають роздільну здатність пам'яті даних (RAM) 8 біт ( $64 \times 8$ ) і роздільну здатність пам'яті програм 14 біт ( $1024 \times 14$ ). Мікроконтролер має  $36 \times 8$  регістрів загального призначення, 15 спеціальних апаратних регістрів SFR, 8-ми рівневий апаратний стек. Він пропонує можливість прямої, непрямой та відносної адресації даних і команд. Переривання можуть бути викликані чотирма джерелами:

- зовнішній вхід INT;
- переповнення таймера TMR0;
- переривання при зміні сигналу на лінії порту B (PORTB);
- після завершення запису даних в пам'ять EEPROM.

Зовнішній вигляд мікроконтролерів PIC16F84A наведено на рис. 2.6.

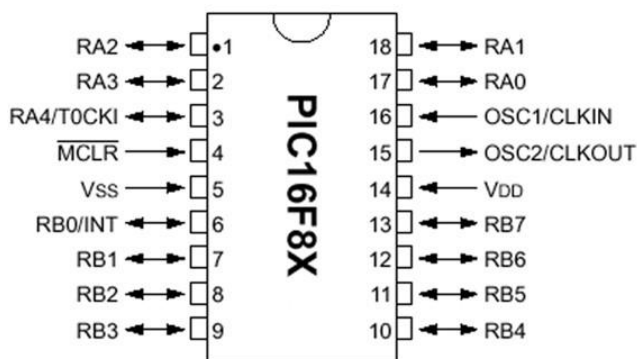


Рис. 2.6 – Призначення виводів мікроконтролерів PIC16F84A

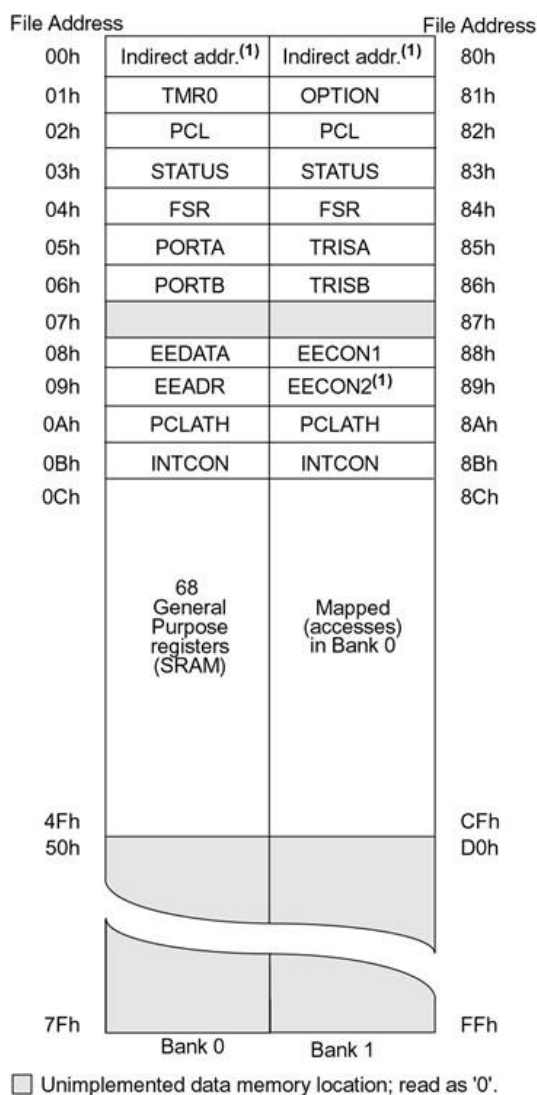


Рис. 2.7 – Програмна модель мікроконтролерів PIC16F84A

Усі програмні об'єкти, доступні для PIC, є фізичними регістрами. Усі регістри можна розділити на дві функціональні групи: регістри спеціальних

функцій і реєстри загального призначення. Перші 32 байти оперативної пам'яті адресовані безпосередньо, вони називаються «банк 0» (рис. 2.7).

Область оперативної пам'яті організована як  $128 \times 8$ . До осередків зовнішньої оперативної пам'яті можна адресувати безпосередньо або порозрядно за допомогою вказівника реєстра (банку) FSR (04h). Це також стосується постійної пам'яті даних EEPROM.

Набір операційних реєстрів складається з реєстрів непрямої адресації (f0), таймерів/лічильників (f1), програмних лічильників (f2), слів станів (f3), вибору (f4), а також введення (виведення) (f5, f6).

## 2.5. Вибір давачів

Давач – це пристрій, який вимірює фізичну величину та перетворює її на сигнал, який може зчитувати спостерігач або прилад. Існує багато типів давачів. Це магнітний давач (геркон), ІЧ (інфрачервоний) давач і LDR (світло залежний резистор), термодавач тощо [43].

Термістори – це пристрої для вимірювання температури, подібні до термометрів резистентності, оскільки їхній опір змінюється зі зміною температури. Термістори можна використовувати при температурах від  $-80^{\circ}\text{C}$  до  $300^{\circ}\text{C}$ .

Термістори виготовляються шляхом спікання різних оксидів металів, приєднання проводів і упаковки їх у невеликий корпус з епоксидним покриттям. Максимальна температура цих термісторів зазвичай обмежена  $150^{\circ}\text{C}$ .

Деякі з відомих типів застосовують у нагрівачах, так як вони використовують характеристики самонагрівання термістора РТС та включають:

- саморегулюючі обігрівачі;
- захист від перевантаження по струму;
- запуск двигуна;

- постійний струм;
- дугогасіння;
- затримка часу.

Однією з популярних марок термісторів для електричних водонагрівачів є термістор SMD-0402-103, який виробляється компанією Murata Manufacturing Co., Ltd. Нижче наведена детальна інформація про цей термістор (рис. 2.8).

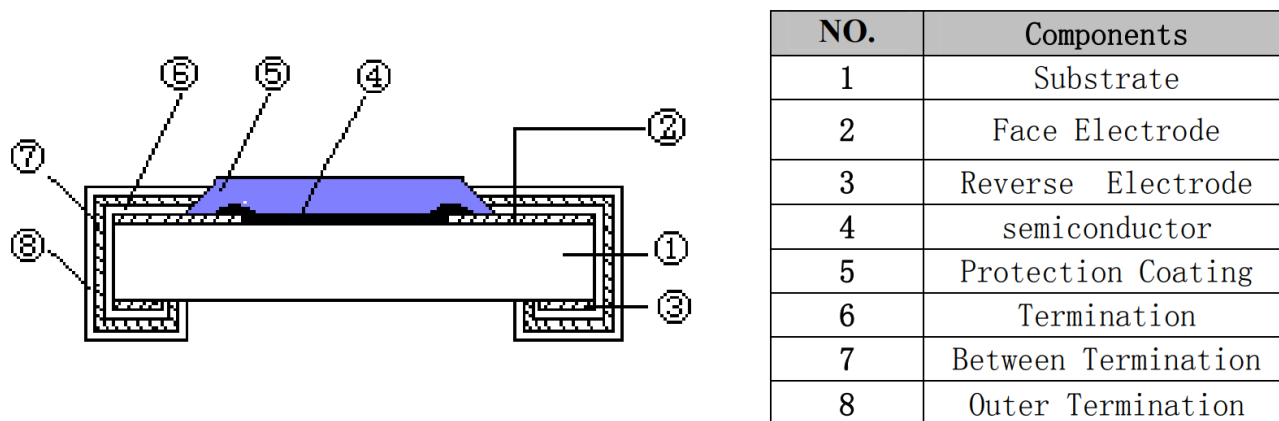


Рис. 2.8 – Термістор SMD-0402-103

Марка: SMD-0402-103

Виробник: Murata Manufacturing Co., Ltd.

Тип: NTC (зі зменшенням опору зі збільшенням температури).

Опір: 10 кОм (при 25°C).

Точність: ±5% (залежно від конкретної моделі).

Розмір: 0402 (1.0мм x 0.5мм).

Максимальна робоча температура: 125°C.

Коефіцієнт температурної зміни опору: -4%/°C (залежно від конкретної моделі).

Термістор SMD-0402-103 є надійним і точним пристроєм, який використовується для контролю температури в електричних водонагрівачах. Його характеристики дозволяють точно вимірювати температуру та забезпечувати стабільну роботу системи.

### РОЗДІЛ 3.

## ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ РІВНЕМ ТА ТЕМПЕРАТУРОЮ ВОДИ У ЕЛЕКТРИЧНОМУ НАГРІВАЧІ

### 3.1. Алгоритм роботи системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі

Мікроконтролери PIC16F84A не можна безпосередньо запрограмувати, і для цього потрібне програмне забезпечення компілятора. Ця система спрямована на підвищення ефективності системи контролю рівня води та температури. Програмна реалізація розроблена з використанням мікроконтролера PIC16F84A. Написання програм є особливою сферою роботи з мікроконтролерами і називається «програмуванням». Після написання програми встановлюють мікроконтролер у пристрій і запускають його у роботу. Для того, щоб зробити пропоновану схему системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі, потрібно додати ще кілька зовнішніх компонентів, необхідних для її роботи.

Для давача рівня води використовується мідний стержень. Якщо рівень води контактує з низьким рівнем, мідний стержень подає для програми команду 1. Якщо ні, то подає команду 0 для програми. Для заповнення води використовується двигун змінного струму. Щоб ввімкнути двигун змінного струму, то двигун насоса повинен бути встановлений у заданому стані (команда 1 на порт b.1). Якщо ні, двигун насоса вимкнено.

Термістор використовується для давача температури. Для підігріву води в цій системі використовується команда 1 на порт b.0. Якщо ні, водонагрівач досягає встановленої температури.

Сирена сигналізації використовується для необхідної температури, тому команда 0 подається на port b.



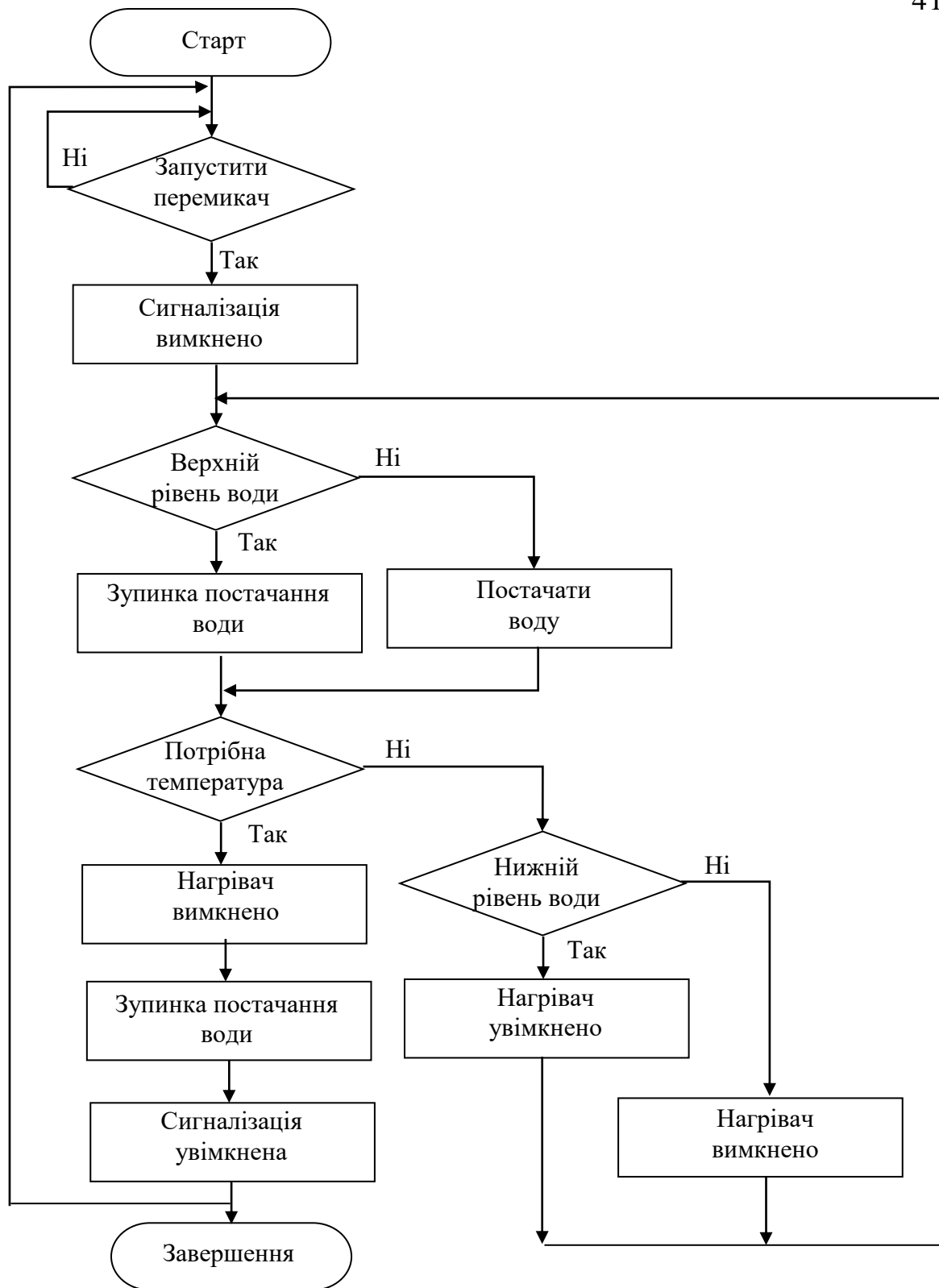


Рис. 3.1 – Блок-схема алгоритму роботи системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі

На підставі розробленої блок-схеми алгоритму роботи системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі написана на мові С програма для мікроконтролера PIC16F84A, яка забезпечує управління апаратним забезпеченням, яке забезпечує процес наповнення, процес нагрівання та процес вимірювання для обох блоків.

### **3.2. Розробка схеми системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі**

Розроблена схема системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі має свої особливості. Зокрема, нею передбачається, що вимикач запуску двигуна відкривається, щоб наповнити бак водою. Ця система також контролює рівень нагріву води. Система керування включає схему для нагрівання води до заданої температури, яка вибирається відносно з попередньо встановленої для потреб сімейної молочної ферми.

Фактична температура води, яка визначається давачем температури під назвою термістор. У цій системі термістори можна використовувати при температурах від 70°C до 100°C .

Нагрівальний елемент, який встановлено у баку для води, починає нагрівати і це триває до того часу, коли вода досягає нижнього рівня бака. Мідні стержні використовуються для вимірювання рівня води. Нижній рівень води становить приблизно 2,5 см від днища резервуара, а вищий рівень – приблизно 15 см до верхньої кришки резервуара.

Коли температура води досягає встановленої межі, необхідно запустити сигналізацію. Якщо вода під час наповнення бака досягає давача вищого рівня, система повинна автоматично закритися, щоб наповнити резервуар водою. Світлодіоди, які використовуються в цій схемі, мають звичайні типи входу.

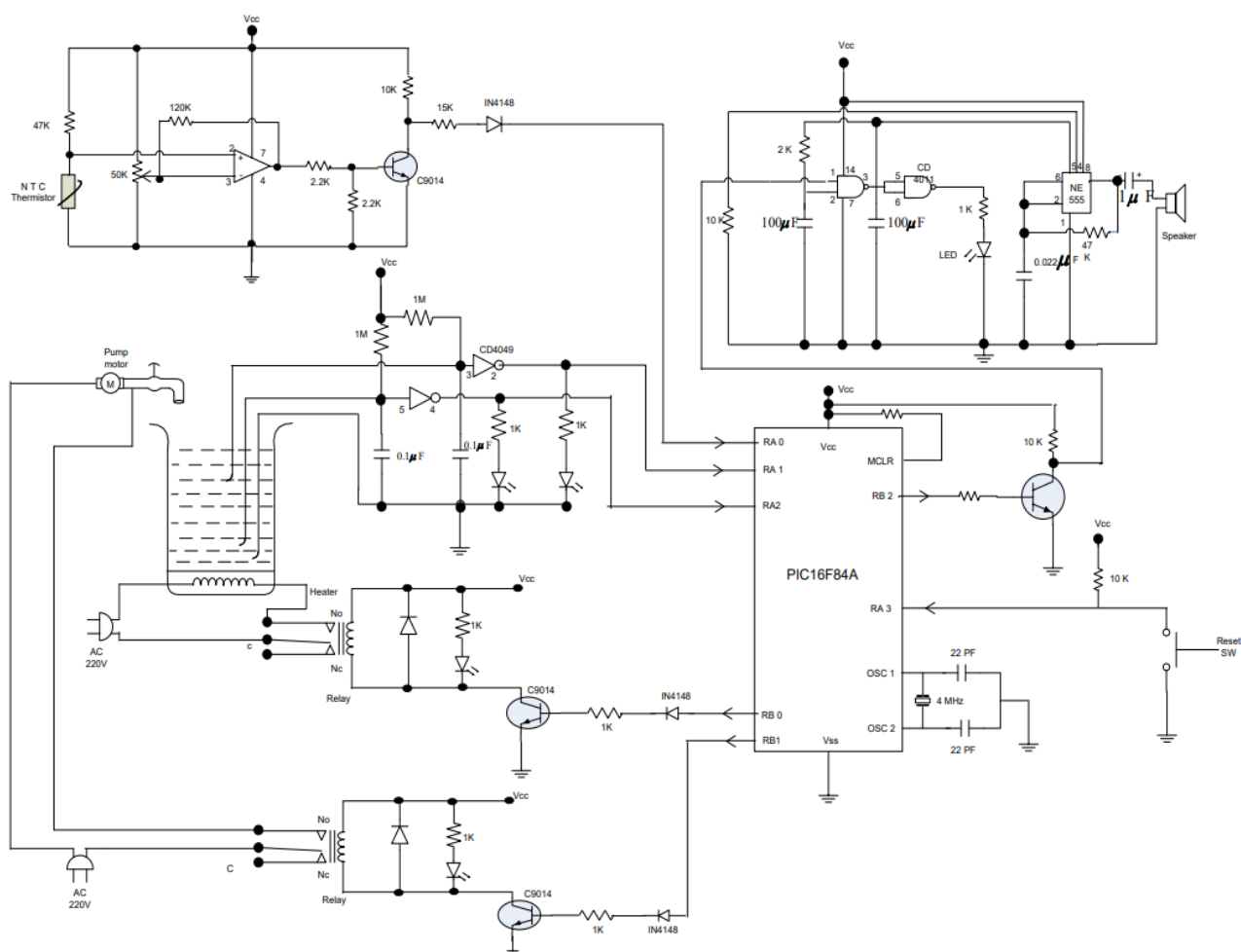


Рис. 3.2 – Схеми системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі

За відсутності потреби у використанні води для сімейної молочної ферми, температура води поступово буде наблизитися до нижньої межі температури та з часом прирівнюватися до кімнатної температури, оскільки ємність у цей час не контролюватиме нагрівання води. Цей процес зниження температури не залежить від рівня води у резервуарі.

### **3.3. Розробка програми для системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі**

Нами написано код, який забезпечує керування насосом і нагрівальним елементом на основі відповідно значення з датчиків рівня води і температури. Якщо рівень води низький, включиться насос.

Якщо температура води нижча за встановлену, то включається нагрівальний елемент. Коли температура досягає порогового значення, нагрівач вимикається, а сирена активується.

Також необхідно зазначити, що цей код використовує функцію `read_temperature()`, яка повинна зчитувати значення температури з термісторів. Для цього необхідно включити код, який зчитує аналогічне значення з датчика температури, в цій функції.

Також код враховує потребу в певних конфігураціях пінів та іншої апаратної підтримки, які можуть залежати від вашої конкретної реалізації та вимог. Для цього слід підготувати свій мікроконтролер.

Слід зверніть увагу, що написаний код для комп'ютера потребує використання компілятора XC8. Якщо використовується інший компілятор, можливо, слід внести певні зміни в синтаксис.

#### **3.3.1. Програмний код системи керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі**

Насамперед нами написано код, який використовує компілятор XC8 для мікроконтролерів PIC, що виробляється компанією Microchip. Код представлений є фрагментом програми на мові програмування C для мікроконтролера PIC16F84A. Давайте розберемося в деталях (рис. 3.3).

```

8  #include <xc.h>
9  #include "pic16f84a.h"
10
11 // Задані конфігурації PIC
12 __CONFIG(FOSC_HS & WDTE_OFF & PWRTE_OFF & CP_OFF);
13
14 // Задання констант
15 #define TEMPERATURE_THRESHOLD 70 // в градусах Цельсія

```

Рис. 3.3 – Програмний код налаштування мікроконтролера PIC16F84A

У цьому фрагменті коду використовуються директиви препроцесора. `#include <xc.h>` включає файл `xc.h`, який містить визначення та налаштування для конкретного мікроконтролера PIC. Далі, `#include "pic16f84a.h"` містить заголовний файл користувача `pic16f84a.h`, який, ймовірно, містить визначення користувача, функції або константи, необхідні для цієї програми.

Наступний рядок використовується для налаштування конфігураційних бітів мікроконтролера. Вона використовує директиву `__CONFIG`, щоб задати певні конфігурації. У цьому випадку конфігурація `FOSC_HS` вказує на використання високошвидкісного зовнішнього кварцевого резонатора в якості джерела тактового сигналу. `WDTE_OFF` відключає модуль охоронного таймера (watchdog timer), `PWRTE_OFF` відключає таймер скидання живлення (power-up timer), а `CP_OFF` відключає програму захисту від читання.

У наступному рядку задається макровизначення `TEMPERATURE_THRESHOLD` зі значенням  $70^{\circ}\text{C}$ . Макровизначення – це іменовані константи, які можуть бути використані в програмі для покращення читабельності та зміни мінливих значень.

Саме цей фрагмент коду ініціалізує та налаштовує мікроконтролер PIC16F84A, використовуючи певні конфігурації та встановлюючи порогову температуру рівну  $70^{\circ}\text{C}$ .

```

17 void main(void) {
18     // Налаштування портів
19     TRISB = 0b00000001; // Порт В.0 та В.1 - вихідні, В.0 - вхідний
20     PORTB = 0b00000000; // Початкове значення
21
22     int current_temperature = 0; // Початкове значення температури
23     int current_water_level = 0; // Початкове значення рівня води
24
25     while (1) {
26         // Перевірка рівня води
27         current_water_level = RB0; // RB0 - вхід датчика рівня води
28         if (current_water_level == 0) {
29             // Включити насос
30             RB1 = 1; // Включити насос
31         } else {
32             // Відключити насос
33             RB1 = 0; // Відключити насос
34         }
35
36         // Перевірка температури
37         current_temperature = read_temperature(); // Допустимо, що функція read
38         if (current_temperature < TEMPERATURE_THRESHOLD) {
39             // Включити нагрів
40             RB2 = 1; // Включити нагрів
41         } else {
42             // Відключити нагрів
43             RB2 = 0; // Відключити нагрів
44             // Включити сирену
45             RB3 = 1; // Включити сирену
46         }
47     }
48
49     return;
50 }

```

Рис. 3.4 – Програмний код функції main

Насамперед здійснюється повідомляється про функцію main, яка є точкою входу в програму. Функція main має бути визначена у будь-якій програмі на С.

Наступний рядок налаштовує порт В мікроконтролера. Значення 0b00000001 означає, що пін В.0 встановлений у режимі входу, а піни В.1-В.7 встановлені в режим виходу.

Після цього встановлюється початкове значення порту В 0b00000000, що означає, що всі піни порту В встановлені в низький рівень.

Задається початкове значення температури `int current_water_level = 0`. Тут оголошуються та ініціалізуються змінні `current_temperature` та `current_water_level` з початковими значеннями 0. Ці змінні будуть використовуватися для зберігання поточних значень температури та рівня води відповідно.

Після цього відбувається зчитування значення з піна RB0, який підключений до датчика рівня води. Значення зберігається в змінну `current_water_level`.

Наступний рядок забезпечує перевірку значення `current_water_level`. Якщо воно дорівнює 0, то насос включається, встановлюючи пін RB1 значення 1. Якщо значення `current_water_level` не дорівнює 0, то насос відключається, встановлюючи пін RB1 значення 0.

Здійснюється виклик функції `read_temperature()` для зчитування значення температури з термістора. Значення зберігається в змінну `current_temperature`.

На наступному кроці відбувається перевірка значення `current_temperature` з використанням заданої константи `TEMPERATURE_THRESHOLD`. Якщо поточна температура менше порогового значення, то нагрівач включається, встановлюючи пін RB2 значення 1. Якщо поточна температура більше або дорівнює пороговому значенню, то нагрівач відключається, встановлюючи пін RB2 значення 0, і сирена включається, встановлюючи пін RB3 значення 1.

Весь код знаходиться в нескінченному циклі `while (1)`, що означає, що ці операції будуть виконуватися повторно, доки мікроконтролер не буде вимкнений.

### **3.3.2. Програмний код для зчитування аналогового значення з датчика температури**

Нами написано програмний код для зчитування аналогового значення з датчика температури (рис. 3.5).

Два перші рядки визначають макроси, які використовуються для старту конверсії АЦП (`ADC_START`) та отримання готового сигналу від АЦП (`ADC_OUTPUT`).

Функція `read_temperature` є основною частиною коду, вона зчитує температуру.

```

52 #define ADC_START RB4 // Порт В.4 використовується для старту конверсії ADC
53 #define ADC_OUTPUT RB3 // Порт В.3 використовується для отримання готового сигн
54
55 int read_temperature() {
56     int temperature;
57
58     // Запуск ADC конверсії
59     ADC_START = 1;
60     __delay_us(10); // Затримка для запуску конверсії
61     ADC_START = 0;
62
63     // Очікування на завершення ADC конверсії
64     while (ADC_OUTPUT == 0) {}
65
66     // Читання ADC значення з шини даних
67     temperature = PORTB;
68
69     // Конвертація ADC значення в температуру
70     // це буде залежати від ваших конкретних компонентів і може вимагати калібру
71     temperature = convert_adc_to_temperature(temperature);
72
73     return temperature;
74 }

```

Рис. 3.5 – Програмний код для зчитування аналогового значення з датчика температури

Вона ініціалізує змінну `temperature`, що буде зберігати зчитане значення температури.

Конверсія АЦП запускається встановленням `ADC_START` в 1, а потім в 0. Між цими операціями робиться невелика затримка.

Програма потім очікує завершення конверсії АЦП, перевіряючи значення `ADC_OUTPUT` в циклі `while`.

Коли конверсія АЦП завершена, значення зчитується з порту В (`temperature = PORTB;`). Припускається, що вихід АЦП підключений до цього порту.

Значення, зчитане з АЦП, потім конвертується в температуру викликом функції `convert_adc_to_temperature`, і це конвертоване значення температури повертається з функції `read_temperature`.

Цей код не включає реалізацію функції `convert_adc_to_temperature`, яка виконує конвертацію значення з АЦП в температуру. Реалізація цієї функції залежить від конкретного АЦП та датчика температури, які ви використовуєте.



### **3.4. Тестування запропонованої системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі**

Запропоновану систему автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі на базі мікроконтролера PIC16F84A та пов'язані з ним периферійні модулі, було протестовано. Для цього виконано збір пристрою.

Мама було включено в схему функцію сигналізації, і вона може видавати лише звуковий сигнал, щоб повідомити користувачеві, що час роботи закінчився.

Якщо в ємності зберігається необхідна температура, воду в ємність заливати не можна. Нагрів води залишається нетривалий час, тому що в резервуарі немає потреби контролювати температуру тепла, так як відсутня потреба зберігання гарячої води протягом тривалого часу. Тобто вода потрібна на потреби впродовж догляду за тваринами 1,5 години 2 або 3 рази на добу. За допомогою цієї системи резервуар можна змінити на ємність будь-якої глибини та ширини відповідно до вимог сімейної молочної ферми.

Конструкція наповнювального резервуара з використанням датчика рівня води включає три основні секції:

- електричну;
- механічну;
- вимірювання рівня рідини.

Таким чином, запропоновані теоретичний опис системи підтверджено її практичним використанням. За запитом ця система також може вносити спеціальні зміни до вбудованого програмного забезпечення для задоволення конкретних вимог користувача – за заданих обсягів потреби у воді для сімейної молочної ферми. Цю систему можна модифікувати встановивши сонячні водонагрівачі, гібридні водонагрівачі та виконавши автоматичну систему наповнення для гарячої та холодної води.

## **РОЗДІЛ 4.**

### **ОХОРОНА ПРАЦІ**

Досліджено питання забезпечення безпеки та охорони праці під час розробки системи керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі у сімейній молочній фермі. У зв'язку з цим нами проведений аналіз щодо виявлення небезпечних виробничих чинників та умов праці, які можуть негативно вплинути на здоров'я виконавця.

Описані норми та заходи, спрямовані на усунення цих чинників та забезпечення безпеки роботи з обладнанням для нагрівання води. Метою розділу є забезпечення безпеки виконавців в процесі експлуатації розробленої системи керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі у сімейній молочній фермі.

#### **4.1. Заходи із гігієни праці та виробничої санітарії**

Відповідно до ДСТУ 3.3.6.042-99 під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють клімат їхнього внутрішнього середовища, що впливають на організм людини: температура, вологість, швидкість руху повітря і теплові випромінювання. Норми на оптимальні і допустимі значення температури, відносної вологості і швидкості руху повітря встановлюються для робочої зони (робочого місця) приміщень у залежності від періоду року і категорії виконуваних робіт. Крім того, допустимі температури повітря встановлюють різні для постійних і непостійних робочих місць (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Показники мікроклімату в приміщенні для нагрівання води

Період року	Параметр мікроклімату	Параметри мікроклімату відповідно ДСТУ 3.3.6.042-99	
		оптимальні	допустимі
Холодний	Температура, С°	22-24	18-26
	Відносна вологість повітря, %	40-60	75
	Швидкість руху повітря, м/с	0,1	0,1
Теплий	Температура, С°	22-25	18-26
	Відносна вологість повітря, %	40-60	75
	Швидкість руху повітря, м/с	0,1	0-1

Поділ робіт на категорії проводиться в залежності від загальної енерговитрат організму працівника. Відповідно до характеру робіт у відзначеному приміщенні, фізичні роботи середньої важкості (категорія Пб) охоплюють види діяльності, при яких витрата енергії дорівнює 233 - 290 Вт (201-250 ккал/год.).

До категорії Пб належать роботи, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, переміщенням невеликих (до 10 кг) вантажів та супроводжуються помірним фізичним напруженням. Показники мікроклімату в приміщенні котельні регламентуються ДСТУ 3.3.6.042-99, які наведені в табл. 4.1 окремо для холодного і теплого періодів року.

Дотримання умови мікроклімату в межах норми забезпечується: у холодний період підігрівом приміщення радіаторами з теплоносієм водою, нагрітої до температури 50-80°C, кондиціонуванням; у теплий період Для підтримки оптимальних параметрів мікроклімату в робочій зоні приміщення передбачається:

- автоматизація технологічного процесу (на місцях виміру параметрів установлені датчики, які передають інформацію на щит керування);
- зменшення виділення тепла й вологи за рахунок застосування ізоляції (ізолюючі мати) і фарбування срібlistого кольору;
- опалення виробничих, побутових і допоміжних приміщень (система опалення однокотурубна з нижнім розведенням);
- видалення надлишкових тепла й вологи за рахунок вентиляції приміщень.

Основним видом вентиляції є природний повітрообмін за рахунок різниці температур. У літній період повітря частково або повністю забирається з котельні вентилятором. У зимовий час частково із приміщень і вулиці, а при температурі  $-20^{\circ}\text{C}$  повітря на нагрівання забирається тільки зовні будівлі.

#### **4.2. Заходи із безпечної експлуатації електрообладнання**

Проектом передбачається використання водонагрівача із живленням від чотири провідної трифазної (380/220В) мережі із глухозаземленою нейтраллю. Живлення електрообладнання здійснюється від двох незалежних джерел живлення. По ступені небезпеки ураження персоналу електричним струмом приміщення відносяться до особливо небезпечних, бо є декілька факторів підвищеної небезпеки:

- наявність струмопровідних підлог;
- дотик людини до металевих корпусів електроустаткування.

Тяжкість враження електричним струмом залежить від цілого ряду факторів: значення сили струму, електричного опору тіла людини й тривалості протікання через нього струму, роду й частоти струму, індивідуальних властивостей людини й умов навколишнього середовища.

Основним фактором, що обумовлює той або інший ступінь ураження людини, є сила струму. Найбільша небезпека виникає при безпосередньому

проходженні струму через життєво важливі органи людини. Вплив стану навколишнього середовища враховується класифікацією приміщень і умов праці по небезпеці ураження електричним струмом. Напруги, допустимих дотику і струми, що протікають через тіло людини при нормальному (неаварійному) режимі водонагрівача, не повинні перевищувати значень, зазначених у табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Нормовані значення напруги, допустимих дотику і струми, що протікають через тіло людини при нормальному (неаварійному) режимі водонагрівача

Рід струму	$U_{\text{дот}}, \text{В}$	$I_{\text{л}}, \text{мА}$
	не більше	
Змінний, 50 Гц	2,0	0,3
Змінний, 400 Гц	3,0	0,4
Постійний	8,0	1,0

Найпоширенішими технічними засобами захисту є захисне заземлення і занулення. Організаційні й технічні заходи щодо забезпечення електробезпеки полягають, в основному, у відповідному навчанні, інструктажі й допуску до роботи осіб, що пройшли медичний огляд і виконанням ряду технічних заходів при проведенні робіт з електроустановками, дотриманні додаткових вимог при роботах із частинами, що перебувають під напругою.

#### **4.3. Інструкція з охорони праці під час роботи з електричним водонагрівачем у сімейній молочній фермі**

До самостійної роботи з електричним водонагрівачем у сімейній молочній фермі мають допуск особи, які досягли віку 18 років, пройшли

ознайомлення з інструкцією з охорони, спеціальне навчання, не мають яких-небудь протипоказань за станом здоров'я, пройшли вступний інструктаж з охорони праці та інструктаж з техніки безпеки на робочому місці.

Під час роботи з електричним водонагрівачем необхідно дотримуватися Правил внутрішнього трудового розпорядку, встановлених сімейній молочній фермі, режимів праці та відпочинку, інструкції з охорони праці при роботі з водонагрівачем.

При роботі з водонагрівачем можливий вплив на працівників наступних небезпечних та шкідливих факторів:

- термічні опіки у разі дотику до нагрітих частин водонагрівача;
- ураження електричним струмом при несправному заземленні корпусу електричного титану і відсутності діелектричного килимка.

У процесі роботи з водонагрівачем повинні застосовуватися спецодяг і засоби індивідуального захисту: халат, фартух бавовняний, головний убір (косинка або ковпак).

На підлозі біля електричного водонагрівача повинен знаходитися діелектричний килимок, на стіні – *інструкція з охорони праці при роботі з електричним водонагрівачем у сімейній молочній фермі.*

У місці використання електричного водонагрівача сімейної молочної ферми повинна бути медична аптечка, укомплектована набором усіх необхідних медикаментів і перев'язувальних матеріалів для надання першої невідкладної медичної допомоги потерпілим при травмах.

Приміщення повинне бути обов'язково обладнане усіма первинними засобами пожежогасіння.

Співробітники сімейної молочної ферми зобов'язані суворо дотримуватися правил протипожежної безпеки, знати і вміти швидко знаходити місця розташування первинних засобів пожежогасіння.

При нещасному випадку потерпілий або очевидець зобов'язаний терміново доповісти про подію адміністрації сімейної молочної ферми. При

виникненні будь-яких несправностей обладнання, слід негайно припинити роботу і повідомити про це адміністрацію сімейної молочної ферми.

У процесі виконання роботи необхідно дотримуватися правил носіння спецодягу, користування колективними засобами захисту, дотримуватися правил особистої гігієни, тримати в належній чистоті своє робоче місце.

Співробітники сімейної молочної ферми, які допустили невиконання або порушення *інструкції з охорони праці при роботі з електричним водонагрівачем у сімейній молочній фермі*, притягуються до дисциплінарної відповідальності і, за необхідності, підлягають позачерговій перевірці знань з охорони праці.

### ***Вимоги охорони праці перед початком роботи***

Надіти на себе спецодяг, волосся треба старанно заправити під косинку або ковпак.

Перевірити відсутність на робочому місці сторонніх предметів.

Переконатися в наявності на підлозі біля водонагрівача діелектричного килимка.

Перевірити наявність і надійність приєднання до корпусу водонагрівача захисного заземлення, а також цілісність кабелю електроживлення, водопостачання.

### ***Вимоги охорони праці під час роботи***

Перевірити відсутність протікання води зі зливного крана і корпусу водонагрівача.

Необхідно обов'язково стати на діелектричний килимок, потім включити водонагрівач і переконатися у справній його роботі.

Щоб уникнути опіків гарячим паром, не дозволяється відкривати кришку водонагрівача під час ангрівання води.

Слід дотримуватися обережності при наливанні гарячої води з електричного водонагрівача в посуд.

Заповнювати гарячою водою посуд допускається не більше ніж на три чверті від його ємності.

Щоб уникнути опіків гарячою водою, заповнений посуд слід переносити, використовуючи для цього рушник або прихватки.

#### ***Вимоги охорони праці після закінчення роботи***

Необхідно відключити водонагрівач від електромережі, привести в належний порядок своє робоче місце.

Зняти спецодяг, привести себе в порядок, вимити руки з милом.

#### **4.4. Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях**

У разі будь-якої несправності в роботі водонагрівача, а також порушенні захисного заземлення корпусу, необхідно негайно зупинити роботу і відключити обладнання від електромережі. Роботу дозволяється продовжувати тільки після усунення всіх несправностей.

При виникненні короткого замикання і займання водонагрівача, слід негайно відключити його від електромережі, оповістити про виниклу пожежу до найближчої пожежної частини, повідомити адміністрацію сімейної молочної ферми і приступити до ліквідації осередку загоряння за допомогою вогнегасника.

У разі отримання травми слід негайно доповісти про це завідуючому сімейної молочної ферми (за його відсутності – іншій посадовій особі), при необхідності, транспортувати постраждалого до найближчого медичного закладу.

При ураженні електричним струмом, необхідно негайно відключити водонагрівач від електромережі, негайно надати потерпілому першу невідкладну медичну допомогу. При відсутності у потерпілого дихання і пульсу, необхідно зробити йому штучне дихання і/або непрямий масаж серця, реанімаційні заходи необхідно виконувати до повного відновлення дихання і пульсу або до приїзду бригади швидкої допомоги, при необхідності слід направити постраждалого до найближчого медичного закладу.



## **РОЗДІЛ 5.**

### **ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ РІВНЕМ ТА ТЕМПЕРАТУРОЮ ВОДИ У ЕЛЕКТРИЧНОМУ НАГРІВАЧІ**

Визначення економічної ефективності від впровадження системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі на базі мікроконтролера PIC16F84A є доцільним з кількох причин. Зокрема, система автоматичного керування може оптимізувати роботу нагрівача, регулюючи рівень та температуру води за потребою. Це дозволяє зменшити енергоспоживання, що призводить до економії електроенергії та зниження витрат на її споживання.

Автоматичне керування дозволяє підтримувати стабільний рівень та температуру води без необхідності постійного контролю та регулювання. Це забезпечує комфортні умови використання гарячої води.

Система керування може уникати екстремальних умов роботи нагрівача, що сприяє зниженню зносу компонентів і збільшенню тривалості їх роботи. Це зменшує витрати на ремонт та заміну комплектуючих.

Запропонований мікроконтролер PIC16F84A дозволяє реалізувати різноманітні функції та алгоритми керування. Він забезпечує гнучкість, точність та надійність в роботі системи, що сприяє покращенню управління рівнем та температурою води. Окрім того, це звільняє користувача від необхідності постійного контролю та регулювання рівня та температури води.

Визначення економічної ефективності системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі відповідає принципам енергоефективності та стандартам сталого розвитку. Це може сприяти відповідності до енергетичних нормативів та отриманню пільг або фінансових покращень за використання енергоефективних технологій.

Зниження споживання електроенергії внаслідок автоматичного керування може привести до зменшення викидів шкідливих газів та впливу на довкілля. Це сприяє збереженню енергетичних ресурсів та зниженню вуглецевого газу.

Визначення економічної ефективності системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі на базі мікроконтролера PIC16F84A проводили за наступною методикою. Розрахунок вартості системи визначають за формулою:

$$C_c = C_k + C_i + C_n, \quad (6.1)$$

де  $C_c$  – вартість системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі, грн;  $C_k$  – вартість мікроконтролера PIC16F84A, грн;  $C_i$  – вартість інших компонентів системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі, грн;  $C_n$  – вартість розробки програмного забезпечення, грн.

Підставивши відповідні значення у формулу (6.1) отримаємо:

$$C_c = 144 + 324 + 1560 = 2028 \text{ грн.}$$

Розрахунок економії витрат електроенергії проводиться за наступною формулою:

$$E_c = E_{\bar{oc}} - E_{ck}, \quad (6.2)$$

де  $E_{\bar{oc}}$  – енергоспоживання нагрівачем без використання системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі, кВт.год;  $E_{ck}$  – енергоспоживання нагрівачем із використанням

системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі, кВт.год.

Енергоспоживання електричним нагрівачем визначається за формулою:

$$E_c = P_n \cdot t_n \cdot T, \quad (6.3)$$

де  $P_n$  – встановлена потужність обладнання електричного нагрівача, кВт;  $t_n$  – тривалість роботи електричного нагрівача в окрему добу, год;  $T$  – період календарного року використання електричного нагрівача, днів.

Підставивши відповідні значення у формулу (6.3) отримаємо:

➤ без використання системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі

$$E'_c = 3,0 \cdot 6 \cdot 212 = 3816 \text{ кВт.год.}$$

➤ із використання системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі

$$E''_c = 3,0 \cdot 3 \cdot 212 = 1908 \text{ кВт.год.}$$

Підставивши відповідні значення у формулу (6.2) отримаємо:

$$E_c = 3816 - 1908 = 1908 \text{ кВт.год.}$$

Витрати на електроенергію визначаються за формулою:

$$C_e = E_c \cdot C_{el}, \quad (6.4)$$

де  $E_c$  – витрати на електроенергію, кВт.год;  $C_{el}$  – вартість електроенергії, грн/кВт.год.

Підставивши відповідні значення у формулу (6.4) отримаємо:

$$C_e = 1908 \cdot 2,64 = 5038 \text{ грн.}$$

Розрахунок коефіцієнта економічної ефективності системи проводиться за формулою:

$$E_{ef} = \frac{E_c}{C_e}. \quad (6.5)$$

Підставивши відповідні значення у формулу (6.5) отримаємо:

$$E_{ef} = \frac{5038}{2028} = 2,49.$$

Розрахунок окупності та повернення інвестицій проводиться за формулою:

$$T_{ок} = \frac{C_c}{E_c}. \quad (6.6)$$

Підставивши відповідні значення у формулу (6.6) отримаємо:

$$T_{ок} = \frac{2028}{5038} = 0,4 \text{ року.}$$

Загалом, за результатами визначення економічної ефективності системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі на базі мікроконтролера PIC16F84A встановлено, що вона забезпечуватиме економію 5038 грн за рік, а термін окупності капіталовкладень становитиме 0,4 року. Це свідчить про доцільність її використання з погляду збереження електроенергії, поліпшення комфорту, підвищення надійності.

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

У сучасному світі, із швидким розвитком технологій, все більше процесів у промисловості та сільському господарстві автоматизуються. Автоматизація дозволяє оптимізувати робочі процеси, підвищити якість продукції, скоротити витрати на обслуговування, а також зменшити ймовірність помилок, пов'язаних із людським фактором. Виконана кваліфікаційна робота присвячена розробці системи автоматичного керування рівнем та температурою води у нагрівачі сімейної молочної ферми. Вона забезпечує створення високоефективної системи, яка б забезпечила стабільну роботу обладнання, а також знизила витрати на енергію.

Нами проаналізовано особливості виробництва молока в Україні. Встановлено, що через війну галузь недоотримала 1 млн. тон молока. Відбулося знищення великих молочних ферм, що зумовлює потребу створення сімейних молочних ферм, які потребують використання інноваційних технологій виробництва молока. При цьому слід автоматизувати окремі виробничі процеси виробництва молока сімейними молочними фермами.

На ринку сьогодні є відомих виробників систем автоматичного керування рівнем та температурою води в електричних нагрівачах. Насамперед заслуговує на увагу система автоматичного керування Siemens (рис. 1.3) та система автоматичного керування Honeywell (рис. 1.4). Schneider Electric пропонує інтегровані рішення, які включають апаратне та програмне забезпечення, що забезпечує ефективну та надійну роботу системи.

Також відома система PLC для контролю температури за допомогою термостата. Для контролю температури із використанням систем PLC у ємностях передбачено три нагрівачі, які використовуються для контролю температури посудин. При цьому використовується три термостати для вимірювання температури на кожному обігрівачі.

Кожна з цієї системи має свої переваги та недоліки, і вибір залежить від конкретних вимог, бюджету та особливостей молочної ферми. Рекомендується

провести детальний аналіз та визначити вимоги різних виробників, щоб знайти оптимальне рішення, яке задовольнятиме потреби ферми.

На підставі виконаного аналізу встановлено, що автоматичне керування рівнем та температурою води у своєму електричному нагрівачі сімейної молочної ферми є доцільним з точки зору підвищення ефективності, забезпечення стабільності параметрів, покращення якості продукції, забезпечення безпеки та зручності в роботі, а також здатність до моніторингу та аналізу даних. Це сприяє підвищенню конкурентоспроможності молочної ферми та задоволенню вимог ринку.

Проаналізовано особливості об'єкту керування електричним нагрівачем сімейної молочної ферми. У електричного нагрівача сімейної молочної ферми вихідною величиною (параметром) є рівень та температура води, а регулюючою дією є напруга, що подається на електричний нагрівач (рис. 2.1). У нашій роботі пропонується система контролю рівня води та температури, яка може регулювати не тільки кількість води, але й температуру води з відповідним значенням. Для побудови цієї системи використовується мікроконтролер PIC16F84A.

Основним аспектом цієї системи є автоматичний контроль наповнення бака за допомогою датчика рівня. Це можна зробити за допомогою датчика положення, який визначає положення мідного стрижня. Основні операції у нашому об'єкті керування полягають у вимірюванні, нагріванні та наповненні.

Нами запропонована структурна блок-схема системи керування електричним нагрівачем сімейної молочної ферми (рис. 2.2). Автоматичний пристрій для наповнення резервуару, який працює від змінного струму. При цьому для функціонування системи не потрібні складні друковані плати (друковані плати). Моніторинг здійснюється датчиками положення мідних стержнів. Датчик фіксує нижній рівень води та верхній рівень води, на основі яких подаються сигнали про потребу виконання окремих операцій.

Здійснено вибір відцентрового моноблочного насоса BST 32-160/1.5, 3000, мікроконтролер PIC16F84A та датчиків – термісторів SMD-0402-103.

Нами розроблено алгоритм роботи системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі.

Розроблена схема системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі має свої особливості. Зокрема, нею передбачається, що вимикач запуску двигуна відкривається, щоб наповнити бак водою. Ця система також контролює рівень нагріву води. Система керування включає схему для нагрівання води до заданої температури, яка вибирається відносно з попередньо встановленої для потреб сімейної молочної ферми.

На підставі розробленої блок-схеми алгоритму роботи системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі написана на мові C програма для мікроконтролера PIC16F84A, яка забезпечує управління апаратним забезпеченням, яке забезпечує процес наповнення, процес нагрівання та процес вимірювання для обох блоків.

Розроблені заходи безпеки праці виконавців, які працюють із запропонованою системою керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі у сімейній молочної фермі.

За результатами визначення економічної ефективності системи автоматичного керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі на базі мікроконтролера PIC16F84A встановлено, що вона забезпечуватиме економію 5038 грн за рік, а термін окупності капіталовкладень становитиме 0,4 року. Це свідчить про доцільність її використання з погляду збереження електроенергії, поліпшення комфорту, підвищення надійності.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондаренко М. П. Основи автоматичного управління: Навчальний посібник. К.: Видавничий центр «Академія», 2006. 320 с.
2. Васильєв В. М., Гринько О. М. Основи автоматизованого проектування системи автоматичного управління. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. 568 с.
3. Галушко А. С. Автоматика технологічних процесів харчової промисловості. – Київ: УНДІНТ, 2007. – 376 с.
4. Гринь О.М., Іванов В.І., Кохан Б.А. Системи автоматичного управління: Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. 422 с.
5. Джерело І. І. Автоматизація технологічних процесів та виробництва: підручник. Х.: Видавництво «Фактор», 2011. 272 с.
6. Кодекс законів про працю України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/322-08>
7. Колесник В.М., Сологуб А.М., Царьков О.В. Технології і системи автоматизованого проектування в машинобудуванні. К.: КНУТД, 2018. 280 с.
8. Курган Б.І., Калиниченко В.П. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва: Навчальний посібник. К.: Видавництво «Українські технології», 2010. 320 с.
9. Лагунова І.А., Кузьмін О.В., Цибульський Р.Б. Теорія автоматичного регулювання: підручник. Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2013. 478 с.
10. Лемішка, О. М. Організація охорони праці в умовах автоматизації виробничих процесів : навчальний посібник. Київ : Видавничий дім «Слово», 2018. 256 с.
11. Мазур В. П., Губінський С. В., Стадник В. А. Електроніка та мікропроцесорна техніка: Навчальний посібник. К.: Видавництво КНУТД, 2019. 288 с.

12. Методичні вказівки з охорони праці при використанні автоматизованих систем управління : посібник. Відп. за вип. М. М. Ковальов, А. М. Савченко. Харк. політехн. ін-т, Каф. АСУ. Харків : ХПІ, 2010. 52 с.

13. Методичні рекомендації з охорони праці при автоматизації технологічних процесів: навчальний посібник. Укр. держ. ун-т харчових технологій ; уклад. О. Ю. Гончар, В. О. Лабунець, О. І. Лембіна та ін. Київ : Українська державна академія харчових технологій, 2016. 104 с.

14. Механізація та автоматизація у тваринництві і птахівництві / О. С. Марченко, О. В. Дацишин, Ю. М. Лавріненко та ін.; За ред. О. С. Марченка. К.: Урожай, 1995. 416 с.

15. Нормативно-правові акти з охорони праці при автоматизації та впровадження інформаційних технологій [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0266-10>

16. Програма PLC для контролю температури за допомогою термостата [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://instrumentationtools.com/plc-program-temperature-control-using-thermostat/>

17. Сарага М.М., Душка Р.В., Васьків А.Б. Автоматизовані системи управління технологічними процесами в АПК: Підручник. Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2014. 542 с.

18. Синюк Г.М. Основи автоматизації технологічних процесів: Підручник. К.: Видавничий центр «Академія», 2008. 354 с.

19. Сліпченко, М. В. Охорона праці та безпека життєдіяльності при автоматизації виробничих процесів : навчальний посібник. Київ : Центр навчальної літератури, 2017. 336 с.

20. Схема автоматичного контролера рівня води [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://www.electronicshobby.com/electronics-projects/automatic-water-level-controller>

21. Трофимов В. Є., Підлісний О. М. Охорона праці при автоматизації технологічних процесів : навчальний посібник. Житомир : ЖДТУ, 2014. 312 с.

22. Astrom, Carl J., and Murray, Richard M. Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers. Princeton University Press, 2008. 408 p.
23. Beckett B. Wayne. Process management: modeling, design and simulation. Prentice Hall, 2003. 848 p.
24. Bishop, Robert. H. Modern management systems. - New Jersey: Prentice Hall, 2011. 1024 p.
25. Coughanowr, Donald R., and LeBlanc, Steven E. Process Systems Analysis and Control. McGraw-Hill Education, 2017. 816 p.
26. Dorf, Richard S. and Robert H. Bishop. Management systems. - New York: Wiley, 2011. 816 p.
27. Floyd Thomas-L. Electronic Device. 4th Edition, Prentice-Hall, Inc., 1996. 326 p.
28. Franklin, GF, Powell, JD, Emami-Naeini, A. Feedback control of dynamic systems. Pearson, 2015. 720 p.
29. Jone Hewes. Fundamental of Electronic Devices, 2009. P. 122-126.
30. Kuo, BC, Golnaraghi, F. Automatic control systems. Wiley, 2002. 800 p.
31. Landau, John D., Zito, Gianluca. Digital control systems: design, identification and implementation. London: Springer, 2006. 488 p.
32. Liptak, Bela G. Handbook of Instrumentation Engineers, Volume 2: Process Control and Optimization. CRC Press, 2019. 912 p.
33. Marlin, Thomas E. Process Control: Designing Processes and Control Systems for Dynamic Performance. McGraw-Hill Education, 2018. 944 p.
34. Matic N. PIC Microcontrollers, 2000. 425p.
35. Microchip. URL: <http://www.microchip.com>
36. Ogata, Katsuhiko. Modern control technology. Prentice Hall, 2009. 894p.
37. Palm, William J. A system of dynamics. New York: McGraw-Hill, 2010. 864 p.
38. Paul E. Sandin, Robot Mechanisms and Mechanical Devices Illustrated. McGraw-Hill Companies, Copyright. 2003. 147p.

39. Seborg, Dale E., Edgar, Thomas F. and Mellichamp, Duncan A. Process Dynamics and Management. John Wiley and Sons, 2010. 960 p.
40. Shinsky, F. G. Process control systems: application, design and adjustment. McGraw Hill, 1996. 542 p.
41. Skogestad, Sigurd, and Postlthwaite, Jan. Multiparameter feedback control: analysis and design. Wiley, 2005. 528 p.
42. Skormin V.A., Davis L.I. Management systems: theory and application. New York: Pearson, 2011. 560 p.
43. The Electronics Club has moved. URL: <http://www.kpsec.freeuk.com>
44. The electronics project. URL: <https://circuitdigest.com/electronics-projects>
45. Thomas, A. R. Industrial process control systems. CRC Press, 2014. 322 p.
46. Vizioli, Antonio. Practical PID regulation. London: Springer-Verlag, 2006. 278 p.
47. Zhou, Kemin and Doyle, John Add. Basics of reliable control. Prentice Hall, 1998. 411 p.

## **Додатки**

## Додаток А

### Фрагмент програмного коду системи керування рівнем та температурою води у електричному нагрівачі

```

#include <xc.h>
#include "pic16f84a.h"

// Задані конфігурації PIC
__CONFIG(FOSC_HS & WDTE_OFF & PWRTE_OFF & CP_OFF);

// Задання констант
#define TEMPERATURE_THRESHOLD 70 // в градусах Цельсія

void main(void) {
    // Налаштування портів
    TRISB = 0b00000001; // Порт В.0 та В.1 - вихідні, В.0 - вхідний
    PORTB = 0b00000000; // Початкове значення

    int current_temperature = 0; // Початкове значення температури
    int current_water_level = 0; // Початкове значення рівня води

    while (1) {
        // Перевірка рівня води
        current_water_level = RB0; // RB0 - вхід датчика рівня води
        if (current_water_level == 0) {
            // Включити насос
            RB1 = 1; // Включити насос
        } else {
            // Відключити насос
            RB1 = 0; // Відключити насос
        }

        // Перевірка температури
        current_temperature = read_temperature(); // Допустимо, що функція
        read_temperature() зчитує значення з термістора
        if (current_temperature < TEMPERATURE_THRESHOLD) {
            // Включити нагрів
            RB2 = 1; // Включити нагрів
        } else {
            // Відключити нагрів
            RB2 = 0; // Відключити нагрів
            // Включити сирену
            RB3 = 1; // Включити сирену
        }
    }

    return;
}

// Ця функція зчитує температуру з термістора.
// Слід включити в неї код для зчитування аналогового значення з датчика
// температури.
int read_temperature() {
    // Код зчитування температури
    // ...
    return temperature;
}

```

## Код для зчитування аналогового значення з датчика температури

```
#define ADC_START RB4 // Порт В.4 використовується для старту конверсії ADC
#define ADC_OUTPUT RB3 // Порт В.3 використовується для отримання готового
сигналу від ADC

int read_temperature() {
    int temperature;

    // Запуск ADC конверсії
    ADC_START = 1;
    __delay_us(10); // Затримка для запуску конверсії
    ADC_START = 0;

    // Очікування на завершення ADC конверсії
    while (ADC_OUTPUT == 0) {}

    // Читання ADC значення з шини даних
    temperature = PORTB;

    // Конвертація ADC значення в температуру
    // це буде залежати від ваших конкретних компонентів і може вимагати
калібрування
    temperature = convert_adc_to_temperature(temperature);

    return temperature;
}

int convert_adc_to_temperature(int adc_value) {
    int temperature;

    // Ви можете додати свій код тут для конвертації ADC значення в температуру
    // Зауважте, що ця конвертація буде відрізнятися в залежності від вашого
термістора і може вимагати калібрування

    return temperature;
}
```