

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Автоматизація системи обігріву промислових приміщень

Назва теми

КвРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

Виконав:

студент IV курсу, група АКІТс-21-1


Підпис


Микола ГУТОРОВ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник


Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер


Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри автоматизації,
комп'ютерно-інтегрованих
технологій та робототехніки


Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

« 19 » червня 2024 р.

Хмельницький 2024

Хмельницький національний університет

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Освітній рівень перший (бакалаврський)


Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня-професійна програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою АКІТтаР

 Валерій МАРТИНЮК

«10» 01 2024р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Гуторов Микола Валентинович

1 Тема роботи: Автоматизація системи обігріву промислових приміщень
керівник роботи Мартинюк В.В., д.т.н, професор

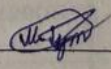
Затверджено наказом по університету від «15» 02 2024р. № 8.


2 Строк подання студентом роботи на кафедру: 01.06.2024 р.



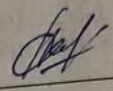

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Проблематика автоматизації системи обігріву промислових приміщень. Основна частина. Розробка системи автоматичного регулювання обігріву промислових приміщень. Розробка схеми керування та алгоритму функціонування системи автоматичного регулювання обігріву приміщень. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
Презентаційні матеріали

Завдання отримав 

Науковий керівник 

Консультанти розділів кваліфікаційної роботи		Підпис, дата	
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКІТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКІТтаР		

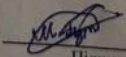
7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів дипломної роботи	Примітка
1	Вступ	15.02.2024р.	Виконано
2	Проблематика автоматизації системи обігріву промислових приміщень	15.03.2024р.	Виконано
3	Основна частина Розробка системи автоматичного регулювання обігріву промислових приміщень	10.04.2024р.	Виконано
4	Розробка схеми керування та алгоритму функціонування системи автоматичного регулювання обігріву приміщень	10.05.2024р.	Виконано
5	Висновки	15.05.2024р.	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки до КРБ	25.05.2024р.	Виконано
7	Оформлення презентаційних матеріалів	1.06.2024р.	Виконано

Студент

Керівник роботи


Підпис

М.В. Гуров
Ініціали, прізвище


Підпис

В.В. Мартинюк
Ініціали, прізвище

АНОТ
Тема
приміщень
Авто
Кері
Пояс
Граф
СИС
ГАРМАТ
КЕРУВА

Мет
процесу
використ
низки пр
На
керуванн
для СА
розробк
автомат
підбір т
живлен
мікрок
Р
Провед
стійкіс

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизація системи обігріву промислових приміщень».

Автор роботи: Гуторов Микола Валентинович

Керівник роботи: Мартинюк В.В., д.т.н., проф

Пояснювальна записка: 64 с., 22 рис., 6 табл., 1 дод., 40 джерел.

Графічна частина: Презентаційні матеріали.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО РЕГУЛЮВАННЯ, ТЕПЛОВА ГАРМАТА, АЛГОРИТМ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРИСТРОЮ, СХЕМА КЕРУВАННЯ, МІКРОКОНТРОЛЕР АТМЕГА128.

Метою роботи є створення системи автоматизованого регулювання (САР) процесу обігріву промислових приміщень, де в якості виконавчого елемента використовуються теплові гармати, які широко застосовуються під час обігріву низки промислових приміщень.

Наведено коротку характеристику функціонування розроблюваної системи керування обігрівом промислового приміщення. Проведено вибір теплових гармат для САР обігріву промислових приміщень та виконано постановку завдань для розробки САР обігріву промислових приміщень. Розроблено систему автоматичного регулювання обігріву промислових приміщень, а саме виконано підбір та розрахунок давачів рівня температури, підбір силових реле, обрано блоки живлення, підібрано тип дисплею, підібрано тип клавіатури, підібрано тип мікроконтролера, підібрано годинник реального часу для САР обігріву приміщень.

Розроблено схему пристрою керування та алгоритм САР обігріву приміщень. Проведено аналіз роботи пристрою САР обігріву приміщень, а саме перевірено стійкість та якість САР обігріву приміщень, визначені необхідні характеристики.

01.06.2023р.





дата



. Підпис

Зміст

	с.
ВСТУП	4
1 ПРОБЛЕМАТИКА АВТОМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМИ ОБІГРІВУ ПРОМИСЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ	6
1.1. Коротка характеристика функціонування розробленої системи керування	6
1.2 Вибір теплових гармат для САР обігріву промислових приміщень	8
1.3 Постановка завдань для розробки САР обігріву промислових приміщень	14
1.4 Висновки до першого розділу	14
2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ОБІГРІВУ ПРОМИСЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ	15
2.1 Підбір та розрахунок давачів рівня температури для САР обігріву приміщень	15
2.2 Підбір силових реле для САР обігріву приміщень	18
2.3 Вибір блоків живлення для САР обігріву приміщень	21
2.4 Підбір типу дисплею для САР обігріву приміщення	22
2.5 Підбір типу клавіатури для САР обігріву приміщень	24
2.6 Підбір типу мікроконтролера для САР обігріву приміщень	26
2.7 Підбір годинника реального часу для САР обігріву приміщень	36
2.8 Висновки до другого розділу	39
3 РОЗРОБКА СХЕМИ КЕРУВАННЯ ТА АЛГОРИТМУ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ОБІГРІВУ ПРИМІЩЕНЬ	40
3.1 Розробка схеми пристрою керування САР обігріву приміщень	40

					КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ			
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Автоматизація системи обігріву промислових приміщень. Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Гуторов М.В.		19.06.24		у	2	64
Перевір.		Мартинюк В.		19.06.24				
Н.контр.		Корецька Л.О.		19.06.24				
Затвер.		Мартинюк В.В.		19.06.24				
						ХНУ гр. АКІТс-21-		

3.2 Алгоритм функціонування пристрою керування САР обігріву приміщень	43
3.3 Аналіз роботи пристрою САР обігріву приміщень	45
3.4 Висновки до третього розділу	57
ВИСНОВКИ	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	59
ДОДАТКИ	64

					<i>КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		3

ВСТУП

Обігріву потребують не лише житлові квартири та будинки, а й промислові приміщення. Обігрів промислових приміщень вважається дуже затратною справою, проте великі вкладення коштів в обігрів промислових приміщень не завжди приносять гарний результат.

У промислових приміщень є декілька суттєвих недоліків, наприклад, високі стелі та велика площа, встановлене різноманітне обладнання - які перешкоджають хорошему обігріву.

Опалення промислових приміщень необхідне для створення комфортних умов для працівників, штатного функціонування обладнання та виконання виробничих процесів або нормального зберігання виготовленої продукції. При цьому будь-який власник промислового або складського приміщення намагається зменшити витрати на електроенергію, для цього необхідно володіти інформацією які обігрівачі промислових приміщень найбільш ефективні та економічні [1-3].

Стелі у промислових чи складських приміщеннях роблять досить високими, що призводить до того, що все створене тепло підіймається. Через це різноманітні водяні та парові види опалення не можна використовувати для такого завдання. Крім того, подібне стандартне опалення вимагає наявності мережі трубопроводів в приміщенні.

Дані фактори роблять обігрів промислових приміщень досить складним завданням. Часто у великих промислових приміщеннях необхідно враховувати зонування, де кожна зона вимагає певного рівня температури.

Необхідно відмітити, що в низці випадків обігрів промислових чи складських приміщень здійснюється за допомогою використання теплових гармат (ТГ). У даному випадку, як правило, ТГ вмикаються зранку і працюють до закінчення робочого дня або зовсім не вмикаються на ніч. Таке рішення призводить до значної перевитрати електроенергії, оскільки в нічний час і під

					<i>КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ</i>	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

час обідніх перерв, коли в промисловому приміщенні немає працівників, немає сенсу підтримувати комфортний рівень температури [1-3].

У даній кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається питання створення системи автоматизованого регулювання (САР) процесу обігріву промислових приміщень, причому в якості виконавчого елемента використовуються теплові гармати, які широко застосовуються під час обігріву низки промислових приміщень.

Основною проблемою яку нам необхідно вирішити це те, що під час використання теплових гармат у промислових та складських приміщеннях є той факт, що вони працюють не вимикаючись, що призводить до значної перевитрати електроенергії.

					<i>КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ</i>	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1 ПРОБЛЕМАТИКА АВТОМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМИ ОБІГРІВУ ПРОМИСЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

1.1 Коротка характеристика функціонування розроблюваної системи керування

Для початку розроблення САР обігріву промислових приміщень слід сформулювати необхідні вимоги [4-7]:

- САР повинна забезпечувати керування однією або кількома ТГ, тобто подавати або відключати живлення ТГ;

- САР повинна вимірювати рівень температури приміщення за допомогою спеціальних температурних датчиків, що входять до її складу, за сигналами яких можна вимикати відповідні нагрівачі, з метою економії електроенергії;

- САР повинна забезпечувати можливість завдання параметрів увімкнення/вимкнення, а також підтримання необхідного рівня температури приміщення в залежності від часу доби. В обідню перерву будемо знижувати рівень температури в промисловому приміщенні, у нічний час же просто підтримувати мінімально необхідну, а також забезпечувати автоматичне вимкнення ТГ у середині ночі.

- САР повинна забезпечувати наочну індикацію режимів роботи ТГ.

Структурну схему розроблюваної САР представлено на рисунку 1.1. У даній структурній схемі представлено чотири ТГ, живлення яких вмикається/вимикається силовою частиною, що складається з чотирьох реле. Реле керуються індивідуально за допомогою системи керування (СК). До СК підключаються чотири датчики рівня температури, які мають бути встановлені в таких місцях промислового приміщення, які б були в достатній мірі віддалені від самого джерела тепла, щоб не нагрівалися занадто сильно, але також їх не можна встановлювати в надмірно віддалених місцях промислових приміщень, особливо в кутах, де присутній недостатній обмін повітрям. САР містить дворядковий

					<i>КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		6

індикатор, що здійснює індикацію і можливість завдання режимів роботи. Керування та налаштування виконуються за допомогою використання клавіатури.

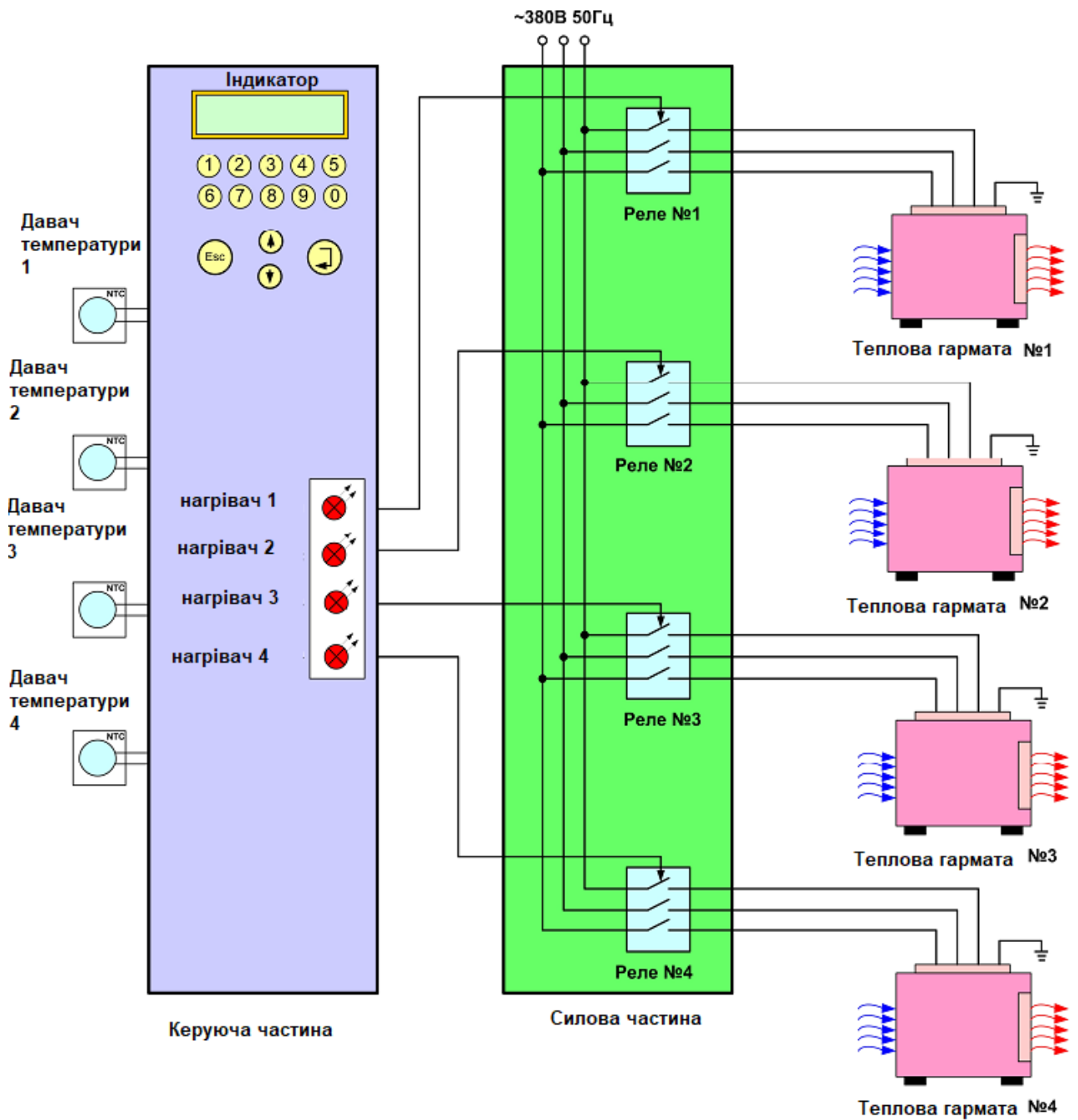


Рисунок 1.1 - Структурна схема розробленої САР обігріву промислових приміщень

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ

Арк.
7

1.2 Вибір теплових гармат для САР обігріву промислових приміщень

ТГ є достатньо універсальним пристроєм для ефективного і, що важливо, оперативного обігріву житлових, і, здебільшого, промислових чи складських приміщень, а також торговельних павільйонів, у яких немає іншої можливості підтримання певного рівня температури [8-11].

Назву даний агрегат отримав завдяки корпусу, виконаному у вигляді циліндра, що має певну схожість з гарматою. Даний прилад вирізняється високою мобільністю, простотою конструкції та практичністю. У металевому корпусі є отвори для забору повітря, а всередині знаходяться основні елементи – нагрівальний елемент та механізм, який направляє повітряний потік крізь нагрівальний елемент. Вентилятори різної потужності поширюють нагріте повітря по промислому приміщенню. Нагрівання відбувається за допомогою використання термо-електричних нагрівачів (ТЕНів).

Для розробки пристрою потрібна визначеність із навантаженням, у нашому випадку ТГ. Потрібно вибрати конкретну модель ТГ і визначитися з її номінальною силою струму.

Відомо, що ТГ (рис. 1.2) - агрегати, що використовуються для обігріву приміщень великих за об'ємом, наприклад, офіс, склад, магазин, цех або будівельний майданчик. ТГ - це обігрівач напівпромислового застосування, потужність якого може бути від 3 кВт і вище. Хороша ТГ здатна обігріти приміщення до потрібного рівня температури за лічені хвилини. ТГ оснащені регулятором потужності, що дає змогу контролювати рівень температури нагрівання повітря приміщення досить точно.

ТГ класифікують на:

1) газові ТГ - у вигляді теплового вентилятора, що функціонує за допомогою газу. Таке обладнання має безліч переваг в експлуатації, ну і, звісно, свої певні особливості:

- міцний металевий корпус, що оснащено технологічними отворами для

					<i>КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ</i>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

виходу потоку гарячого повітря;

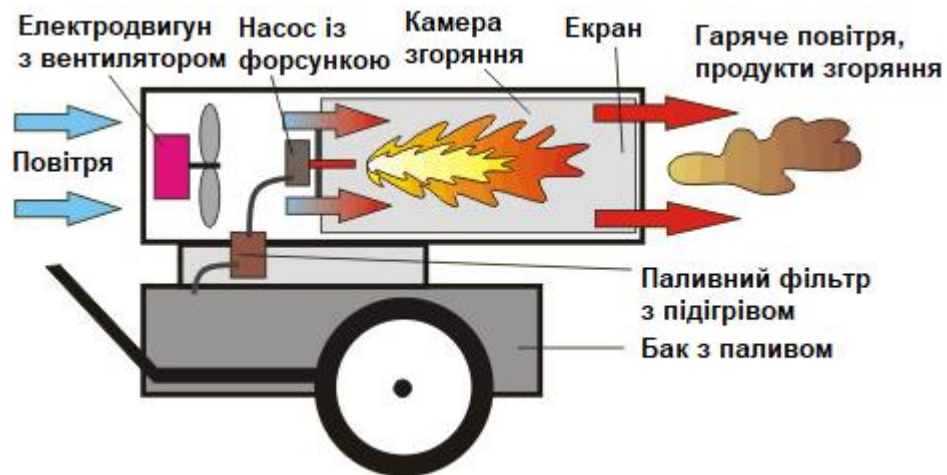


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд ТГ [8-11]

- основні елементи - вентилятор, пальник, обмінник тепла, розпал, термостат та обладнання контролю (рис. 1.2);

- висока мобільність пристрою;

- невисокі ціни на газові ТГ в Україні, що роблять покупку доступною для будь-якого клієнта;

- проста і зрозуміла система експлуатації та обслуговування газових пристроїв.

Принцип роботи даної ТГ відбувається в кілька етапів [8-11]:

- паливо (газ) транспортується в пальник;

- за допомогою вмонтованих елементів виконується розпал палива;

- у розігрітій теплообмінник вентилятором втягується холодне повітря, а після нагрівання виходить теплий потік;

- вбудований термостат захищає ТГ від можливості поломки або перегріву.

ТГ для обігріву із використанням палива у вигляді газу дуже популярні і мають досить широке поширення. Такі ТГ можуть виконувати функцію не лише опалювального приладу, а й вентилятора і пристрою для сушіння великих предметів.

Серед варіантів газових ТГ можна виділити дві головні категорії:

- газові ТГ непрямого нагріву;
- газові ТГ прямого нагріву.

Будь-який із видів не рекомендують експлуатувати в промислових приміщеннях без використання вентиляції, адже вигорання кисню може зашкодити комфортному мікроклімату і нашкодити самопочуттю працівників. Прямий нагрів супроводжується виділення продуктів згорання в навколишнє середовище, перевага - це найвищий рівень ККД за мінімальних витрат енергії.

Газові ТГ непрямого нагріву, оснащені практичними теплообмінниками кільцевого варіанту. У такій конструкції згорає не лише паливо (газ), але і всі отруйні речовини. Тому їх сміливо можна назвати безпечними та екологічними ТГ для обігріву, що можна використовувати в будь-якому типі приміщення і навіть закритих будівлях. Недолік - великий розмір гармати, що ускладнює мобільність, адже конструкція доповнена спеціальною димовою трубою [8-11].

Сфера використання газових ТГ.

Газова ТГ використовується для натяжних стель, обігріву складу, гаража, намету або інших приміщень, в основному для побутового застосування. Оптимальним вибором для приміщення стане пристрій непрямого нагріву, що є більш мобільним за допомогою використання коліс та ручок для зміни напрямку потоку повітря.

Для тривалого, стаціонарного використання актуальні ТГ з обладнанням газовим балоном (наприклад, газова ТГ для опалення теплиці).

Крім побутових цілей, газові ТГ можуть використовувати для обігріву на виробництві. Їх використовують як самостійно, так і як елемент комплексу стандартної обігрівальної системи. Частий варіант застосування сушіння поверхонь на будівництві або в автомобільній сфері. Сучасним рішенням є газова інфрачервона ТГ, що направляє тепло не в повітря, а на конкретні предмети [8-11].

2) електричні ТГ- це різновид тепловентиляторів промислового або напівпромислового призначення, потужність нагрівального елемента (ТЕНа)

яких рівний або перевищує 2 кВт. Електричні ТГ складаються із металевого корпусу з напрямними жалюзі, в якому розміщений ТЕН та вентилятор. Принцип роботи електричної ТГ полягає в тому, що під час подавання електричного струму в систему живлення ТЕН розігріває повітря, яке знаходиться навколо нього, і яке виштовхується за межі корпусу електричної ТГ за допомогою вбудованого вентилятора. При цьому поворотні жалюзі, що встановлюються на корпусах деяких електричних ТГ, дають змогу плавно направляти та регулювати потік вихідного гарячого повітря в залежності від того завдання, яке виконує електрична ТГ [8-11].

Головна перевага електричних ТГ - потужність приладу, виробники обладнання надають можливість підібрати оптимальну потужність (в діапазоні від 1,5 до 50 кВт) відповідно до подальшого призначення обладнання. Побутові електричні ТГ здебільшого мають потужність до 5 кВт і рівнем напруги 220 В, промислові електричні ТГ із показником від 5 кВт вимагають наявності напруги 380 В.

За мобільністю можливо класифікувати наступні пристрої [8-11]:

- стаціонарні електричні ТГ - прилади більшого розміру та високої потужності. Додатково обладнані автоматичними системами (популярні електричні ТГ із термостатом) і легко впораються з обігрівом великих промислових приміщень.

- переносні, що використовуються сезонно, легкі в транспортуванні бо мають досить компактні габарити. Використовують у майстернях, ангарах, гаражах, на будівельних майданчиках. Всі моделі ТГ з корпусом із міцного антикорозійного покриття, що не боїться вологи та механічного впливу.

Крім даних характеристик електричні ТГ класифікують за продуктивністю, потужністю нагрівача та швидкістю обробки повітряного потоку. Також за конструкцією розрізняють прямокутну та круглу електрична ТГ.

3) Дизельні ТГ - вмонтований вентилятор, що спрямовує потік повітря, нагрівальний елемент та міцний корпус, в якому і відбувається весь процес.

					<i>КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ</i>	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Тепло формується внаслідок згоряння палива (дизеля), а вентилятор затягує до ТГ повітря з навколишнього середовища.

Усі ТГ такого принципу роботи поділяють на дві категорії [8-11]:

- ТГ прямого нагріву;
- дизельна ТГ непрямого нагріву.

Обидві категорії мають безліч однакових характеристик, різниця в принципі нагрівання повітря. У першій категорії агрегатів потік повітря проходить через полум'я, яке нагріває певну зону, але при цьому в потік потрапляють дим, відходи горіння і сажа.

Маленька дизельна ТГ непрямого нагріву створює значно чистіший потік теплого повітря, без суміші з продуктами згоряння. У конструкції продуманий обмінник тепла, де і відбувається процес нагрівання, а відходи спрямовуються в спеціальну димову трубу.

Окремими різновидами є дизельна ТГ інфрачервоного випромінювання, в конструкції якої відсутній вентилятор, нагрівається не повітря, а предмети та поверхні на які направлена гармата.

Переваги використання дизельних ТГ – в якості палива використовується солярка, не дуже витратне і необхідна не велика кількість. Загалом, обладнання досить економне, до того ж, крім солярки, можна використовувати оброблене масло або гас. Крім того дані ТГ зручно транспортувати, адже вага пристрою зовсім невелика і залежить здебільшого від об'єму бака. Дана характеристика дає можливість використовувати ТГ в різних місцях.

Дизельні ТГ мають різну потужність, що дає можливість підібрати оптимальний варіант під подальші умови застосування. Також вони безпечніші, в порівнянні з газовими ТГ, і надійніші, адже рідше потребують ремонту, простіші в обслуговуванні.

Тому в якості ТГ виберемо модель Prof 06380 фірми виробника Hintek [12]. Зрозуміло, може використовуватися і будь-який інший варіант. Зовнішній вигляд даної ТГ представлено на рисунку 1.3.

					<i>КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ</i>	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.3 - Зовнішній вигляд електричної ТГ [12]

На рисунку 1.4 наведено принципову електричну схему ТГ, де використано наступні позначення:

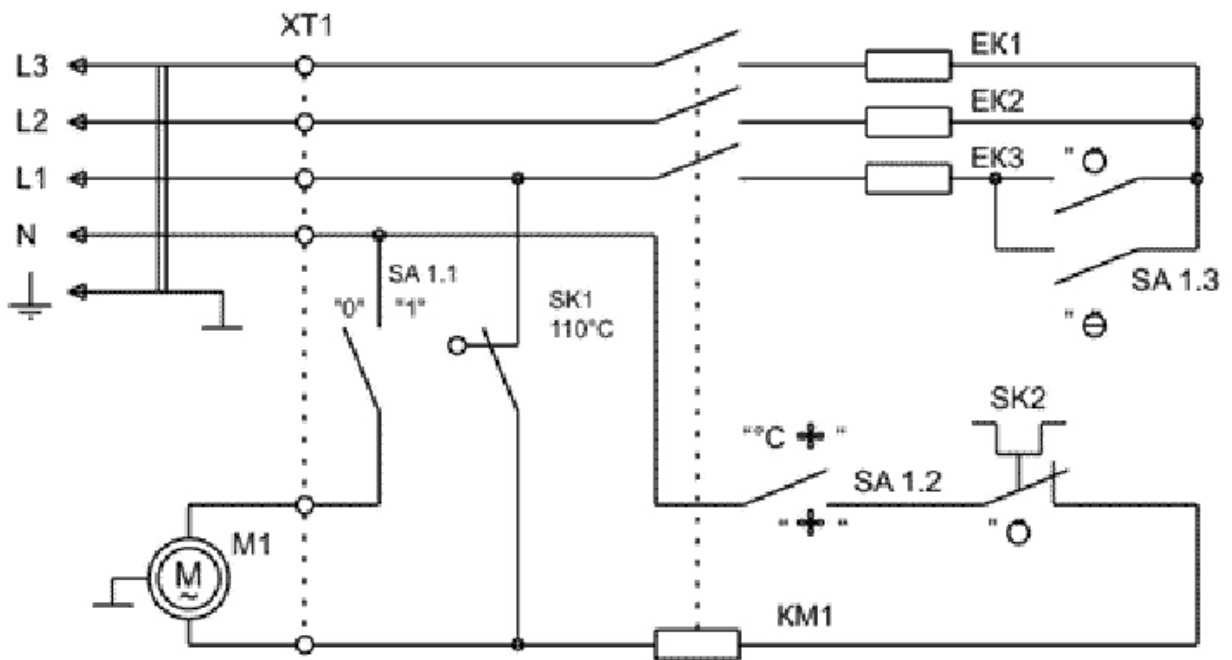


Рисунок 1.4 - Принципова електрична схема ТГ

- SA1.1 - вимикач мережі;
- EK1... EK3 - нагрівачі (ТЕНи);
- SA1.2 - перемикач потужності;
- SA1.3 - перемикач режимів;

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

М1 - двигун вентилятора;

SK1 - термообмежувач;

SK2 – терморегулятор.

Електрична ТГ володіє наступними основними технічними характеристиками:

- номінальна напруга - 380 В, змінна з частотою 50 Гц;
- споживана потужність - 9 кВт;
- номінальна сила струму - 9,1 А;
- номінальна продуктивність - 720 м³/год;
- тривалість роботи - не більше 24 години;
- тривалість перерви в роботі - не менше 2 годин.

1.3 Постановка завдань для розробки САР обігріву промислових приміщень

- розробити структуру САР обігріву промислових приміщень;
- виконати огляд та вибір мікроконтролера для СК;
- розробити схему принципової електричної плати керування САР обігріву промислових приміщень

1.4 Висновки до першого розділу

Наведена коротка характеристика функціонування розроблюваної системи керування обігрівом промислового приміщення. Проведено вибір теплових гармат для САР обігріву промислових приміщень та виконано постановку завдань для розробки САР обігріву промислових приміщень.

					<i>КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		14

2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ОБІГРІВУ ПРОМИСЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

2.1 Підбір та розрахунок датчиків рівня температури для САР обігріву приміщень

В якості датчиків рівня температури будемо використовувати нелінійний резистор з негативним коефіцієнтом опору.

Виконаємо необхідний розрахунок параметрів ланцюга датчика рівня температури. В охолоджувач перетворювача вбудовано терморезистор «type 640» фірми виробника Philips (рис. 2.1) [13].



Рисунок 2.1 - Загальний вигляд терморезистора «type 640»

Технічні характеристики датчика рівня температури [13]:

- потужність розсіювання датчика $P = 0,25 \cdot W(0 - 55^\circ C)$;
- допустима величина за відхиленням опору $\pm 5\%$;
- діапазон рівнів температури від мінус 40 до $+125^\circ C$;
- час відгуку датчика не більше 1,2 с;
- опір за рівня температури $T = 25^\circ C$ не менше 10 кОм.

Значення коефіцієнта «В» для даного терморезистора «type 640» [13] дорівнює $B = 3300$. Даний коефіцієнт у формулі апроксимації дає хороші наближення при розрахунку очікуваного значення опору терморезистора

$R_n = 10$ кОм при $T = 25^\circ\text{C}$. Тоді очікувана величина опору терморезистора «type 640» [13] розраховується за наступною формулою:

$$R_t = R_n \cdot e^{B \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_n} \right)} \quad (2.1)$$

Тоді номінальний рівень температури в Кельвінах буде рівним:

$$T_n = 25 + 273,15 = 298,15 \text{ К.}$$

Розрахунковий рівень температури визначається наступним виразом:

$$T_1 = t + 273,15. \quad (2.2)$$

Експериментальну характеристику опору терморезистора «type 640» [13] залежно від рівня температури представимо для наглядності в табличному вигляді.

Таблиця 2.1 – Експериментальна характеристика опору терморезистора

t, °C	+30	+25	+20	+15	+10	+5	0	-5	-7	-7
R, кОм	2,78	3,25	3,9	4,62	5,61	6,85	8,14	9,79	10,87	11,41

На рисунку 2.2 представлено графічні залежності кривих нагрівання терморезистора опору «type 640» в кілоомах залежно від рівня температури.

$R_1(T)$ - теоретичне нагрівання терморезистора опору «type 640» [13], $R_2(T)$ - теоретичне нагрівання терморезистора опору «type 640» [13] в наконечнику, залитому епоксидною смолою.

Таким чином, використовуючи, наприклад, найпростіший дільник напруги (рис. 2.3), один із резисторів якого – саме терморезистор «type 640», а інший,

під'єднаний до шини живлення з напругою 5В, що має опір 3 кОм, на вході мікроконтролера можна отримати рівень напруги, який визначається з наступного відношення:

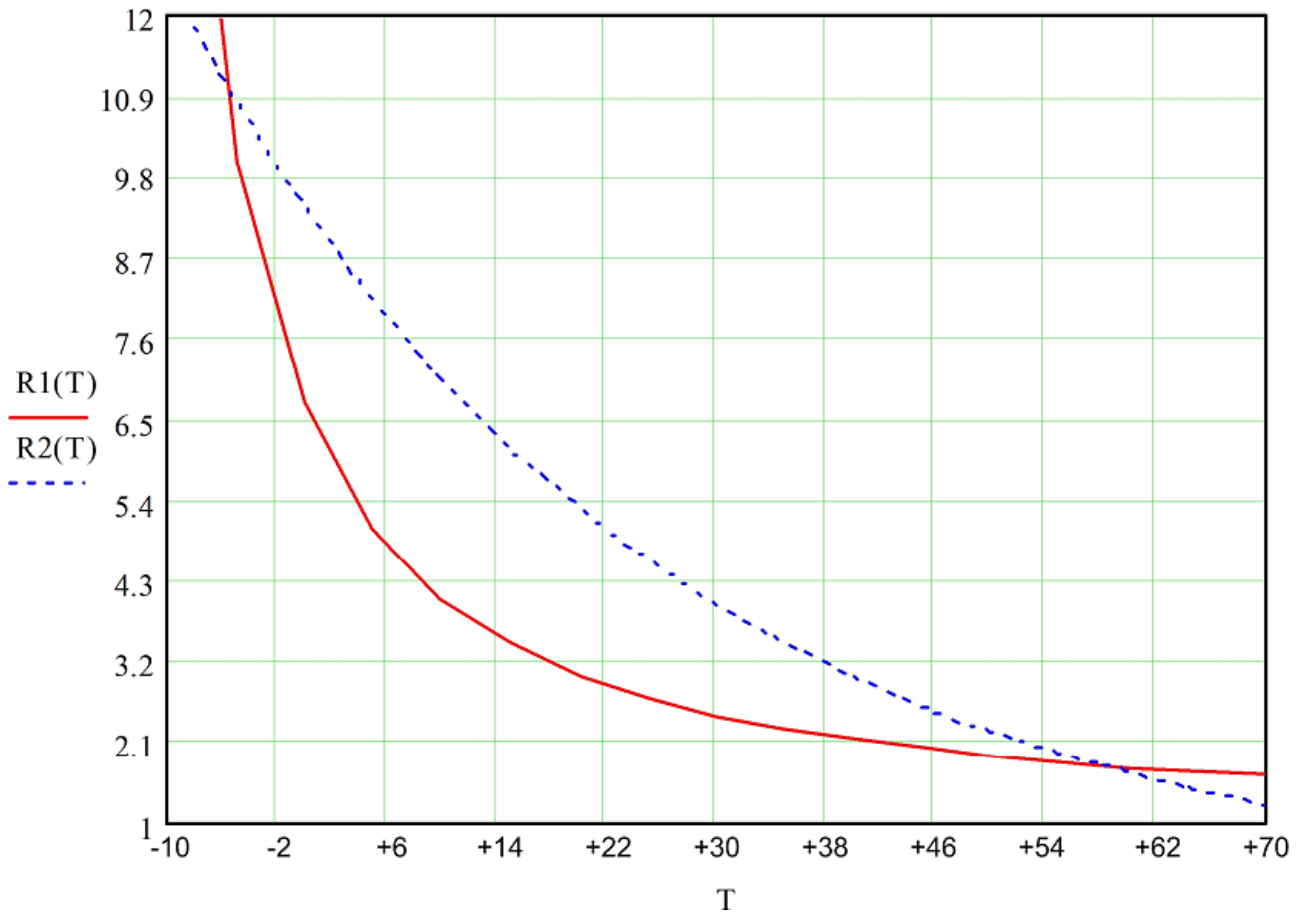


Рисунок 2.2 – Графічні залежності теоретичних кривих нагріву терморезистора опору «type 640» [13]

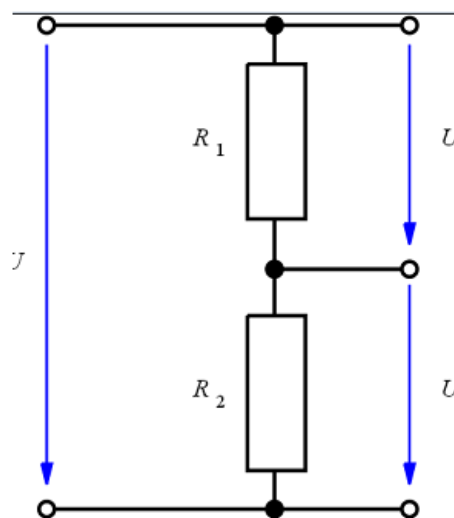


Рисунок 2.3 – Схема електрична резистивного дільника напруги

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

$$U_{vihl} = \frac{5}{\frac{R_1}{R_t} + 1}. \quad (2.3)$$

Підставивши дані, отримаємо наступні відповідності:

$$\begin{aligned} 35^\circ \text{C} &== 3,5\text{В}; \\ 40^\circ \text{C} &== 3,3\text{В}; \\ 65^\circ \text{C} &== 2,37\text{В}; \\ 75^\circ \text{C} &== 2\text{В}. \end{aligned} \quad (2.4)$$

2.2 Підбір силових реле для САР обігріву приміщень

Для підбору силових реле, які здійснюватимуть вмикання/вимикання джерел тепла - ТГ, потрібне силове реле, яке могло б комутувати змінну напругу 380В із частотою 50Гц за номінального струму не нижче 9,1А, виходячи з номінального струму навантаження.

Безумовно, в такому випадку потрібен певний запас для забезпечення довгої та надійної роботи.

Для нашої розробки виберемо силове реле, що добре зарекомендували себе фірми виробника Finder. Зовнішній вигляд реле показано на рисунку 2.4. Вибираємо реле типу FINDER-62.23.9.024.0300 [14], яке оснащено трьома перекидними контактами.

Параметри силового реле представлені в табличному вигляді.

Таблиця 2.2 – Технічні параметри силового реле FINDER-62.23.9.024.0300 [14]

Контактна група (конфігурація)	два перекидні контакти	три перекидні контакти
Номінальний струм/Максимальний піковий струм (А)	16	16
Максимальна напруга на перемикач (В)	400	400
Номінальна напруга на перемикач (В)	250	250

Номінальне навантаження для АС1 (акт.навант.) (ВА)	4000	4000
Номінальна напруга змінного струму (В) (50/60 Гц)	Від 6 до 400	Від 6 до 400
Номінальна напруга постійного струму (В)	Від 6 до 220	Від 6 до 220
Номінальна потужність пост./змін. струму ВА(50Гц)	2,5	2,5
Номінальна потужність постійного струму високої чутливості	1,3	1,3
Ізоляція між обмоткою та контактами (1,2/50мкс) (кВт)	6	6
Ізоляція відповідно до EN 61810-5	4kV/3	
Діелектрична міцність між відкритими контактами (В) при	1500	
Електрична довговічність при ном. навантаженні АС1 у циклах	100*10 ³	
Механічна довговічність у циклах	Від 10*10 ⁶ до 30*10 ⁶	
Діапазон робочих температур (°С)	Від мінус 40 до +70	
Стандартний матеріал контакту	AgCdO	
Габаритні розміри (мм)	38x35,5x45,5	
Вага (г)	88	
Кількість в одній упаковці (шт)	10	10
Акcesуари	99 серія - Тип 86.00/10/20	99 серія - Тип 86.00/10/20



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд силового реле FINDER-62.23.9.024.0300

[14]

Монтаж силового реле здійснюється на друковану плату, що зручно із точки зору виконання монтажу. Крім того, для захисту СК від виникнення перенапруг під час вимкнення силового реле, на ту саму плату потрібно

									Арк.
									19
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	<i>КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ</i>				

встановити зворотний діод, через який замикатиметься контур струму під час зняття сигналу керування.

В якості діоду будемо використовувати UF4002 [15] зі номінальним струмом 1А при напрузі до 100В. Його зовнішній вигляд представлений на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд діода UF4002 [15]

На рисунку 2.6 представлено електричну схему підключення зворотного діода до силового реле.

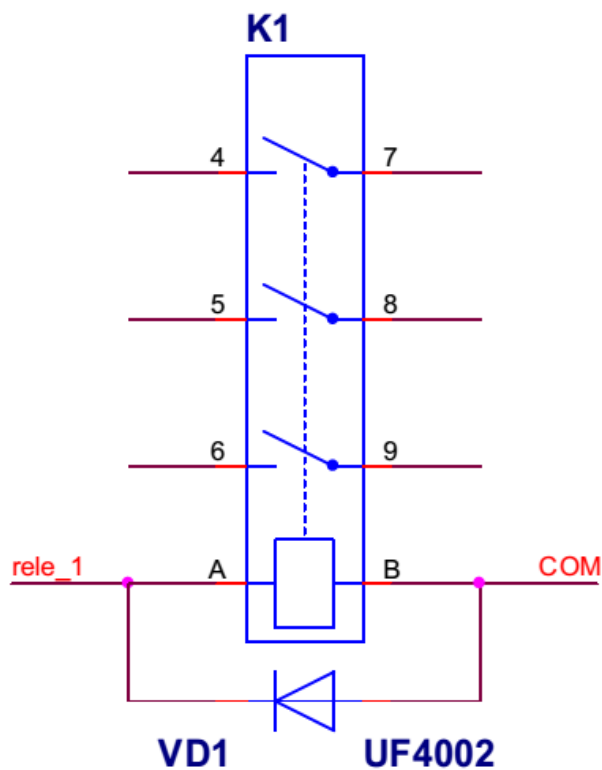


Рисунок 2.6 – Електрична схема підключення зворотного діода до силового реле

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ

Арк.
20

2.3 Вибір блоків живлення для САР обігріву приміщень

Для живлення пристрою нам потрібно буде використовувати блок живлення, який буде перетворювати змінну напругу мережі на постійну напругу 24В, яка потрібна для живлення силового реле. Додаткове перетворення потрібне для живлення мікроконтролера та інших систем, яким потрібна постійна напруга на рівні 5В.

Виберемо блок живлення типу TMS15124 фірми TracoPower [16], представлений на рисунку 2.7, який має наступні технічні характеристики:

- вхідна напруга змінна в діапазоні від 85 до 265 В;
- вихідна напруга постійна – 24 В;
- вихідна сила струму – 0,65 А;
- загальна потужність – 15 Вт;
- конструктивне виконання - пластиковий корпус;
- кількість виходів – 1 шт;
- габаритні розміри - 64x45x24 мм.



Рисунок 2.7 – Загальний вигляд мережевого блоку живлення

Для живлення МК та інших компонентів схеми потрібен також блок живлення з вихідною постійною напругою 5В. Оскільки крім компонентів на

живленні 5В буде навантаження у вигляді підсвічування дисплея, яке споживає до 150 мА, виберемо блок живлення TEN 3-2411 фірми TracoPower [17], який має наступні характеристики:

- мінімальна вхідна напруга постійна – 18 В;
- номінальна вхідна напруга постійна – 24 В;
- максимальна вхідна напруга постійна – 36 В;
- максимальна вихідна сила струму – 0,5 А;
- загальна потужність – 3 Вт;
- ККД блоку – 79 %;
- точність вихідної напруги – 1%;
- рівень шуму на виході не більше – 50 мВ;
- напруга ізоляції – 1500 В;
- діапазон робочих температур від мінус 40 до +75°C;
- вихідна напруга постійна – 5 В;
- кількість виходів – 1 шт;
- комплекс захистів - захист від виникнення КЗ тривалий.

2.4 Підбір типу дисплею для САР обігріву приміщення

В якості дисплей, що відобразить параметри роботи, а також дасть змогу здійснювати налаштування режимів за кожним із каналів керування, оберемо найдешевший із варіантів, представлений на ринку, а саме дворядковий індикатор на вісім символів у кожному з рядків [18].

Зовнішній вигляд дисплею представлено на рисунку 2.8.

Даний тип дисплею забезпечений вбудованим контролером та світлодіодним підсвічуванням, відображаються символи кирилиці та латиниці.

Дисплей має наступні технічні характеристики:

- два рядки на дисплеї;
- не більше восьми символів у рядку;

- фон дисплея – сірий;
- світлодіодне підсвічування - жовто-зеленого кольору;
- логіка дисплея сумісна з рівнями – транзисторно-транзисторної логіки (ТТЛ);
- відображення символів- латиниця та кирилиця.



Рисунок 2.8 – Загальний вигляд дисплею для САР

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики дисплею для САР [18]

Параметр	Мінімальний	Номінальний	Максимальний
Напруга живлення для ТТЛ, В	4,75	5,0	5,25
Напруга живлення для підсвітки, В	3,6	4,2	5,2
Сила струму для підсвітки (при 4,2 В), мА		70	140
Довжина хвилі підсвітки, нм		570	
Розміри, мм:			
- видимої області	38x16		
- символу	2,96x5,56		
- крапки	0,56x0,66		
- габаритні	58x32x13,3		
Величина діапазону робочих температур, °С	Мінус 20		+70

Призначення виводів дисплея наступні [18]:

- Земля, загальний провід – GND;
- Напруга живлення, Vcc (на рівні +5V);

- Налаштування контрастності (Vo);
 - Вибір реєстру (R/S для HD44780, A0 для KS0066);
 - Читання/запис (R/W);
 - Строб за спадом (Enable);
 - Bit 0 (молодший для 8-бітного інтерфейсу);
 - Bit 4 (молодший для 4-бітного інтерфейсу);
 - Bit 7 (старший для 8-(4-)бітного інтерфейсу);
 - Живлення підсвічування для дисплеїв із підсвічуванням (анод);
 - Живлення підсвічування для дисплеїв із підсвічуванням (катод);
- Дані дисплеї мають у своєму складі контролер HD44780 [18].

2.5 Підбір типу клавіатури для САР обігріву приміщень

Реалізувати схемне рішення з використанням кнопок достатньо легко, особливо з огляду на те, що, окрім власне кнопки та спеціального резистора, більше нічого не потрібно. Однак просте підключення контактних груп до ліній вводу/виводу МК може викликати проблему нестачі ліній (портів) МК, якщо таких контактних груп багато.

Вирішенням такої проблеми може бути застосування матричної клавіатури. Загальний вигляд такої клавіатури представлено на рисунку 2.9 [19].



Рисунок 2.9 – Загальний вигляд матричної клавіатури із 4x4 кнопками

Електричну схему підключення матричної клавіатури представлено на рисунку 2.10. Кнопки увімкнені таким чином, що під час натискання кнопка замикає рядок на стовпець. Зі схеми видно, що частина ліній МК використовується в якості скануючих (стовпці), а частина в якості зчитувальних (рядки).

Кількість кнопок, підключених таким чином, розраховується як кількість скануючих ліній помножена на кількість зчитувальних ліній. Тому для використання матричної клавіатури у випадку, коли кількість кнопок менше або дорівнює чотирьом, не має сенсу, оскільки знадобляться для використання ті самі ті ж чотири лінії, а схема і програма для МК ускладняться [19].

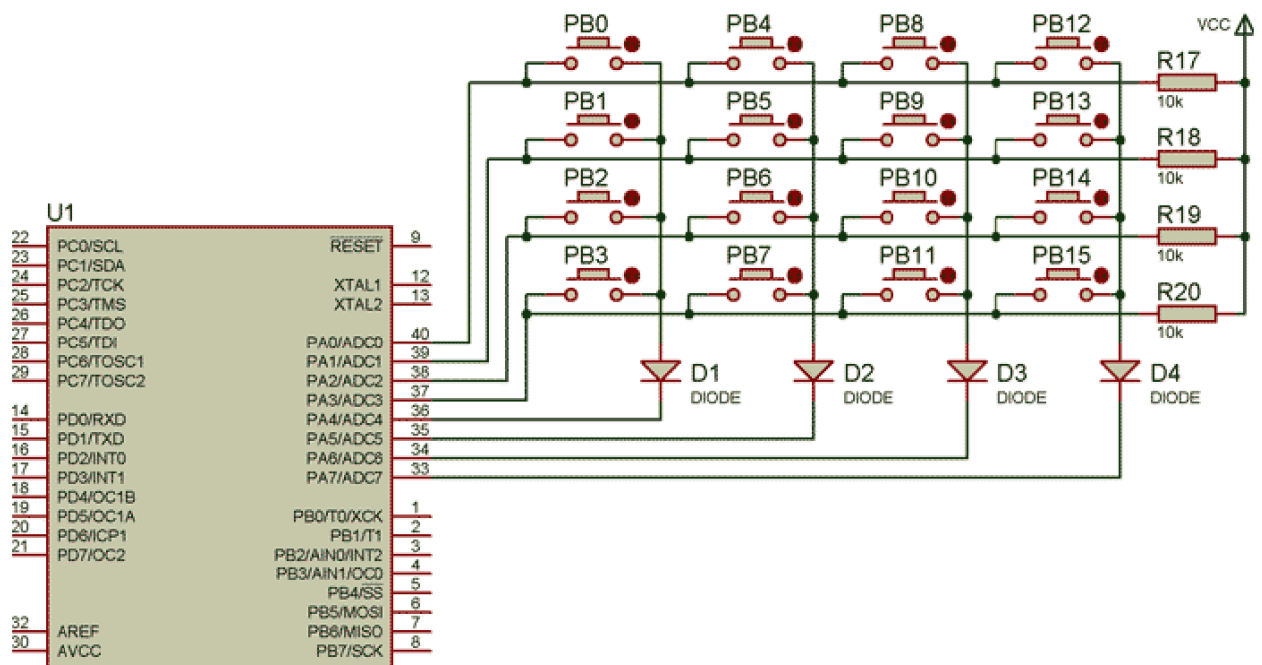


Рисунок 2.10 – Електрична схема підключення матричної клавіатури [19]

Лінії скануючого порту (стовпці) за замовчуванням перебувають у стані, коли на всіх лініях, крім однієї, встановлено високий рівень логіки. Лінія, на якій встановлено низький рівень логіки, є такою, що зчитується в поточний момент, тобто визначає стовпець, що зчитується. Якщо деяка кнопка стовпця буде натиснута, на відповідній лінії зчитувального порту (рядку) так само буде низький рівень логіки. Замкнута кнопка підтягне рядок до потенціалу стовпця, тобто до рівня землі. Знаючи номер опитуваного стовпчика та номери ліній

зчитувального порту, на яких встановлено логічний «0», можна однозначно визначити, які кнопки даного стовпчика натиснуто.

Далі вибирається наступний зчитувальний стовпець шляхом встановлення логічного «0» на відповідній лінії скануючого порту і зі зчитувального порту знову знімаються дані. Цикл сканування триватиме доти, доки не будуть перебрані в такий спосіб усі можливі скануючі лінії.

Для випадку, коли одночасно натиснуто декілька кнопок одного стовпця, буде встановлено в рівень логічного «0» декілька бітів зчитувального порту одночасно. Однак, якщо будуть замкнуті контакти кількох кнопок із різних стовпців одного рядка, то це призвело б до виникнення КЗ і виходу з ладу портів МК. Для вирішення даної проблеми встановлено діоди VD1-VD4 (рис. 2.10), які захищають порти від виникнення КЗ [19].

2.6 Підбір типу мікроконтролера для САР обігріву приміщень

Для вирішення поставленої задачі необхідно вибрати МК із великою кількістю вбудованих виводів, при цьому будь-яких суттєвих вимог до великої швидкодії немає. Однак, з огляду на те, що виникає потреба обробляти сигнали з чотирьох датчиків рівня температури в МК має бути передбачений блок аналого-цифрового перетворення (АЦП). З цієї точки зору найбільш вдало підходить мікроконтролер фірми ATMEL типу ATmega128 [20-23].

ATmega128, ATmega128L [xxx] - це восьми-розрядний AVR-МК із внутрішньосистемно програмованою флеш-пам'яттю об'ємом 128 кБайт ATmega128 [20-23] восьми-розрядний МК, заснований на розширеній AVR RISC-архітектурі. Завдяки виконанню більшості інструкцій за один машинний цикл ATmega128 [20-23] досягає продуктивності в один мільйон операцій на секунду або МГц, що дає змогу розробникам систем оптимізувати співвідношення швидкодії і енергоспоживання.

Технічні характеристики ATmega128 [20-23]:

					<i>КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ</i>	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- висока продуктивність, низька споживана потужність, восьми-розрядний AVR-МК;
- розширена RISC-архітектура;
- більше як сто потужних інструкцій, які виконуються за один машинний цикл;
- тридцять два восьми-розрядні реєстри загального призначення + реєстри керування вбудованою периферією;
- статична робота;
- при тактовій частоті 16 МГц продуктивність до шістнадцяти мільйонів операцій за секунду;
- вбудований множник виконує множення за два машинні цикли;
- пам'ять програм і даних, яка не залежить від наявності енергії;
- зносостійкість 128-ми кББйт внутрішньосистемно флеш-пам'яті: більше тисячі циклів запису/стирання;
- програмування вбудованою завантажувальною програмою;
- завантажувальний сектор із окремим програмованим захистом;
- наявна двоопераційність - можливість запису під час читання;
- вбудована статична ОЗП ємністю 4 кБайт;
- зносостійкість 4 кБайт ОЗП: не менше ста тисяч циклів запису/стирання;
- можливість адресації зовнішньої пам'яті розміром до 64 кБайт;
- захист коду програми, що розробляється
- вбудований інтерфейс SPI для програмування;
- вбудований інтерфейс JTAG (сумісність зі міжнародним стандартом IEEE 1149.1);
- сканування відповідно до міжнародного стандарту JTAG;
- широка підтримка функцій вбудованого налаштування;
- можливість програмування флеш-пам'яті, біт конфігурації та захисту через вбудований інтерфейс JTAG;

- наявність двох восьми-розрядних таймера-лічильника з режимами порівняння;
- наявність двох розширених шістнадцяти-розрядних таймера-лічильника з окремими передільниками, режимами порівняння та захоплення.
- вбудований лічильник реального часу з окремим генератором;
- наявність двох восьми-розрядних канали ШІМ;
- наявність шести каналів ШІМ з програмованою роздільною здатністю від двох до шістнадцяти розрядів;
- модулятор виходів порівняння;
- наявність восьми мультиплексованих каналів десяти-розрядного АЦП;
- наявність восьми несиметричних каналів;
- наявність семи диференціальних каналів з вибіркоvim посиленням з 1x, 10x чи 200x;
- наявність двох-провідного послідовного інтерфейсу, орієнтованого на передавання даних у байтному форматі;
- наявність послідовного інтерфейсу SPI з підтримкою режимів ведучий/ведений;
- наявність програмованого таймеру із вбудованим генератором, що окремо програмується;
- наявність вбудованого аналогового компаратору;
- можливість скидання під час подавання живлення та програмована схема скидання під час падіння напруги живлення;
- наявність вбудованого каліброваного RC-генератору;
- можливість зовнішнього та внутрішнього джерела переривань;
- наявність шести режимів зниження енергоспоживання: холостий хід (або Idle), черговий (або Standby), економічний (або Power-save), зменшення шумів АЦП, вимкнення (або Power-down) і розширений черговий (або Extended Standby);
- наявність програмного вибору тактової частоти;

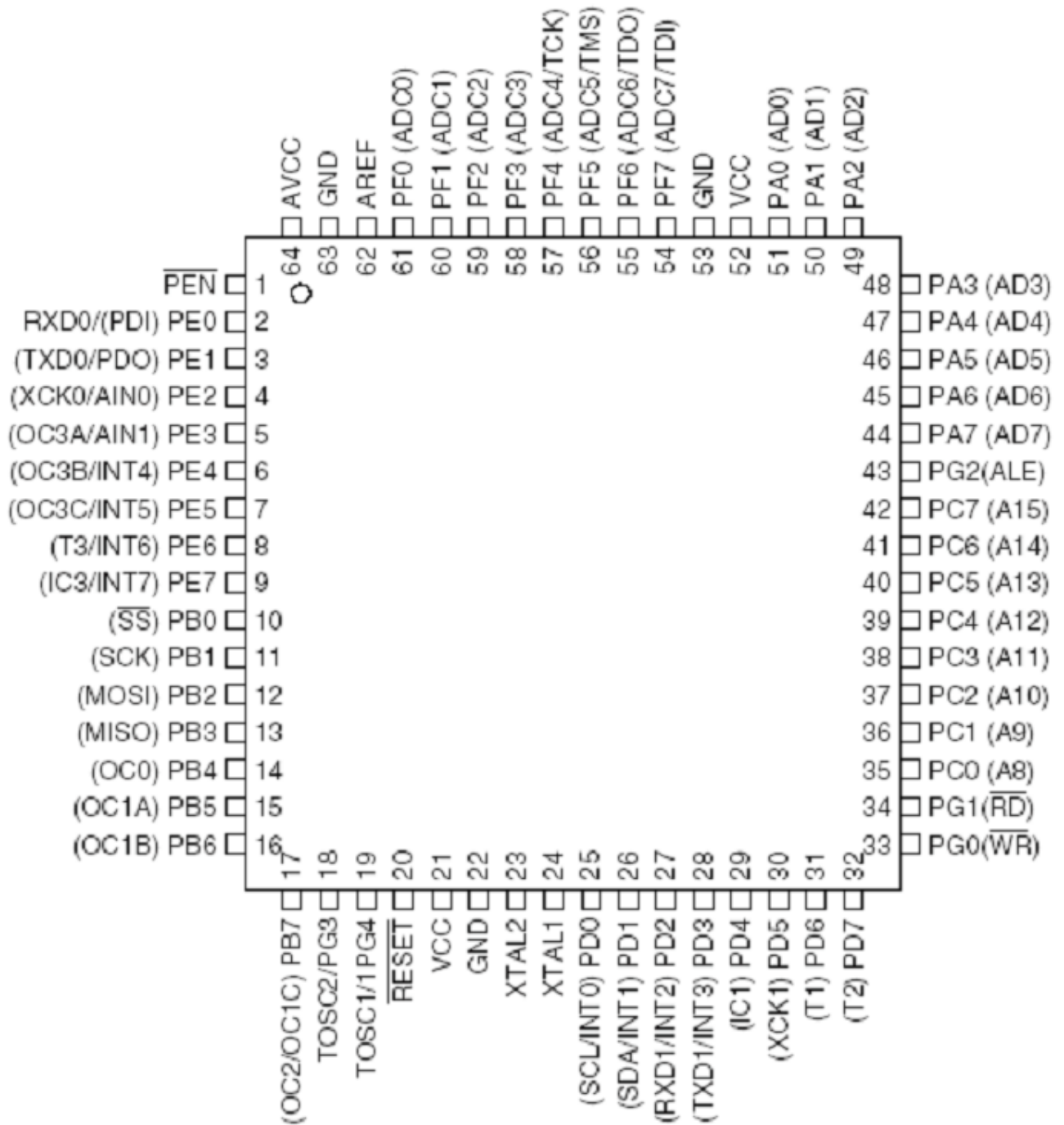


Рисунок 2.11 - Розташування виводів у МК АТmega128 [20-23]

- наявність конфігураційного біту для переведення в режим сумісності із МК АТmega103;
- можливість загального вимкнення підтягувальних резисторів на всіх лініях портів вводу/виводу;
- наявність п'ятдесяти трьох програмовані лінії вводу-виводу ;

- діапазон робочих напруг від 2,7 до 5,5В для МК ATmega128L та від 4,5 до 5,5В для МК ATmega128;
- швидкодія в діапазоні від 0 до 8 МГц для МК ATmega128L та від 0 до 16 МГц для МК ATmega128 [20-23].

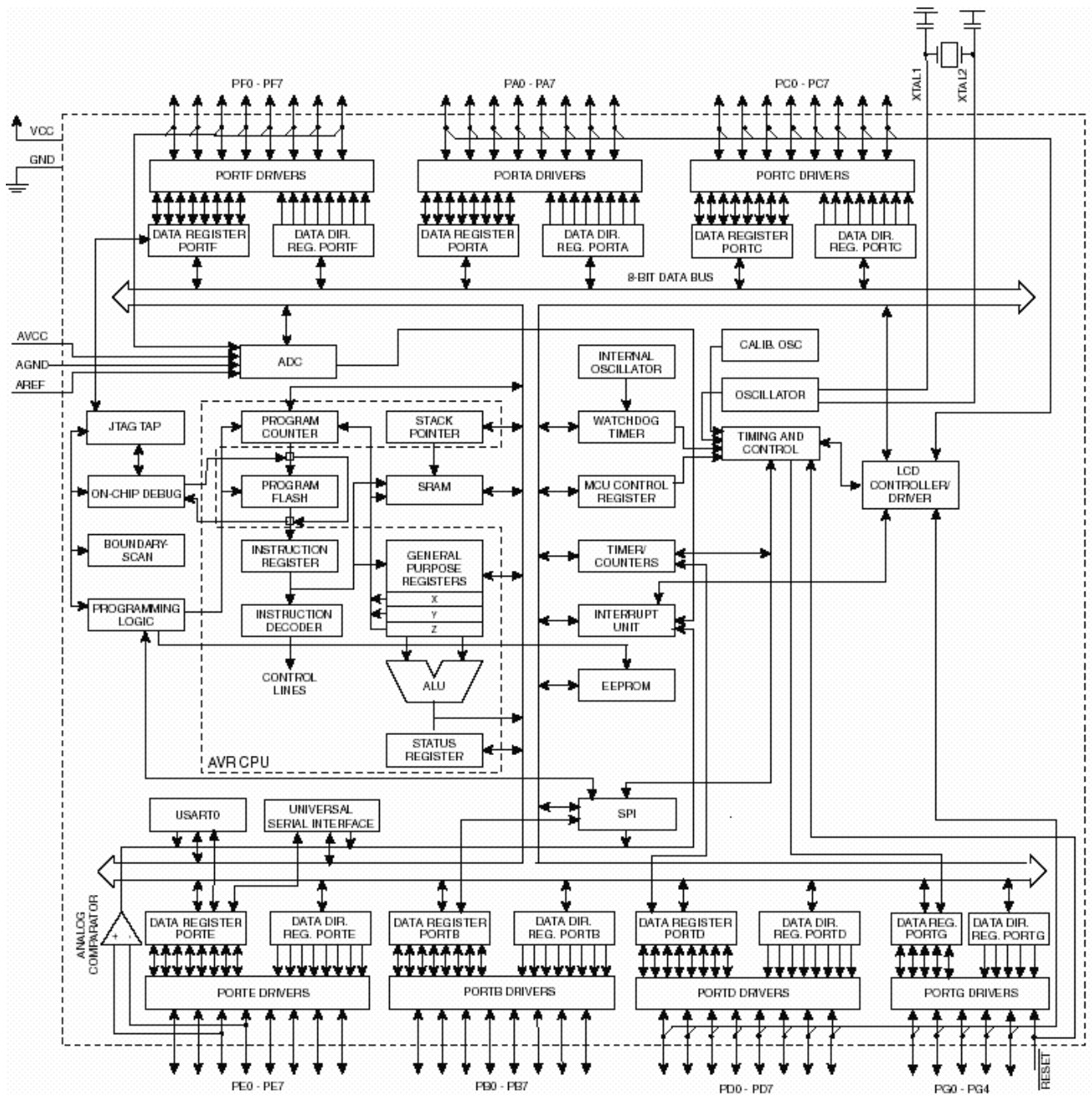


Рисунок 2.12 – Загальний вигляд функціональної схеми МК ATmega128 [20-23]

Функціональну схему МК ATmega 128 представлено на рисунку 2.12. Ядро AVR поєднує багатий набір інструкцій з тридцятьма двома універсальними робочими реєстрами. Усі тридцять два реєстри безпосередньо під'єднані до

арифметико-логічного пристрою (АЛУ), що дає змогу вказати два різні реєстри в одній інструкції та виконати інструкцію за один машинний цикл.

Така архітектура має більшу ефективність коду завдяки досягненню продуктивності, яка в десятки разів вища, в порівнянні зі звичайними CISC-МК. МК ATmega128 містить наступні елементи: 128 кілобайти внутрішньосистемно програмованої флеш-пам'яті із підтримкою запису під час читання, чотири кілобайти статичного ОЗП, чотири кілобайти ЕСППЗУ, п'ятдесят три лінії універсального вводу/виводу, тридцять два універсальних робочих реєстри, чотири гнучкі таймери-лічильники з режимами порівняння та ШІМ, один лічильник реального часу (RTC), два УСАПП, двопровідний послідовний інтерфейс орієнтований на передачу даних, восьми-канальний десяти-розрядний АЦП із опціональним диференціальним входом з програмованим коефіцієнтом посилення, програмований сторожовий таймер із вбудованим генератором, послідовний порт SPI, випробувальний інтерфейс JTAG сумісний із міжнародним стандартом IEEE 1149.1, який також використовується для доступу до програмування і для вбудованої системи налаштування, а також шість режимів зменшення потужності. Режим холостого ходу (або Idle) зупиняє ЦПУ, але водночас підтримує роботу статичної ОЗП, SPI-порту, таймерів-лічильників і системи переривань. Режим вимкнення (або Powerdown) дає можливість зберегти вміст реєстрів, за умови зупиненого генератора і вимкнення вбудованих функцій до апаратного скидання або наступного переривання. В економічному режимі (або Power-save) асинхронний таймер продовжує виконання програми, даючи змогу розробнику зберегти функцію рахунку часу в той момент, коли інша частина МК перебуває в стані сну. Режим зниження шумів АЦП (або ADC Noise Reduction) зупиняє ЦПУ та всі модулі вводу/виводу, крім асинхронного таймера та АЦП для мінімізації виникаючих імпульсних шумів у процесі перетворення АЦП. У черговому режимі (або Standby) кварцовий/резонаторний генератор продовжують роботу, а інша частина МК перебуває в режимі сну. Даний режим роботи характеризується низькою споживаною потужністю, але

										Арк.
										31
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата						

КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ

при цьому дозволяє досягти найшвидшого повернення в робочий режим. У розширеному черговому режимі (або Extended Standby) основний генератор і асинхронний таймер продовжують виконувати роботу. МК виготовляється за технологією високощільної енергонезалежної пам'яті компанії Atmel [20-23].

Внутрішньосистемна програмована флеш-пам'ять дає можливість перепрограмувати пам'ять програм безпосередньо всередині системи через послідовний інтерфейс SPI за допомогою стандартного програматора або за допомогою автономної програми розташованої в завантажувальному секторі. Завантажувальна програма може використовувати будь-який вбудований інтерфейс для виконання завантаження прикладної програми у флеш-пам'ять. Програма в завантажувальному секторі продовжує роботу в процесі оновлення прикладної секції флеш-пам'яті, тим самим підтримуючи дво-операційність: можливість зчитування під час запису. Завдяки поєднанню восьми-розрядної RISC ЦПУ з внутрішньосистемно самопрограмованою флеш-пам'яттю в одному МК ATmega128 [20-23] є потужним МК, який дає змогу досягти високого ступеня гнучкості та ефективної вартості під час проектування більшості застосунків вбудованого керування.

МК ATmega128 [20-23] підтримується повним набором програмних і апаратних засобів для проектування, зокрема: макроасемблери, Сі-компілятори, програмні налаштовувачі/симулятори, внутрішньосистемні емулятори та оціночні набори.

Сумісність МК ATmega103 та МК ATmega128 [20-23].

МК ATmega128 [20-23] високої складності, наявні шістдесят чотири місця вводу/виводу, зарезервовані у наборі інструкцій. Для гарантування зворотної сумісності з МК ATmega103 всі місця розташування вводу/виводу МК ATmega103 збігаються з місцями МК ATmega128. Деякі позиції вводу/виводу додано до розширеного простору вводу/виводу, починаючи з адреси \$60 до \$F, (тобто у внутрішній ОЗП МК ATmega103). Доступ до таких місць розташування здійснюється лише за допомогою використання інструкцій LD/LDS/LDD та

ST/STS/STD, а не за допомогою використання IN чи OUT. Перерозподіл внутрішнього простору ОЗП може стати проблемою для користувачів МК АТmega103. Крім того, якщо в кодї програми були використані абсолютні адреси переривань, то це також спричинить проблему, тому що в МК АТmega128 збільшено кількість векторів переривань. Для вирішення даних проблем може використовуватися режим сумісності з МК АТmega103, для чого необхідно запрограмувати конфігураційний біт M103C. У такому режимі не доступні функції з розширеного простору вводу/виводу, тобто досягнуто розташування внутрішнього ОЗП як у МК АТmega103. Також видалено розширені вектори переривань.

МК АТmega128 повністю сумісний за розташуванням виводів з МК АТmega103 та може бути встановлений на наявну плату для МК АТmega103 [24].

Коротка характеристика виводів МК [24]^

VCC – вивід для напруги живлення цифрових елементів.

GND – загальний вивід.

Порт А (РА7...РА0) (рис. 2.12) – восьми-розрядний порт двоспрямованого вводу/виводу з внутрішніми резисторами, що підтягують до плюса (вибираються окремо для кожного розряду). Вихідні буфери порту А (див. рис. 2.12) мають симетричну вихідну характеристику з однаковими силами струму. Під час вводу, лінії порту А діятимуть в якості джерел сили струму, якщо зовні діє низький рівень та ввімкнено підтягувальні резистори. Виводи порту А перебувають у третьому (або високоімпедансному) стані під час виконанні умови скидання, навіть якщо функція синхронізації не була запущена [20-23].

Порт В (РВ7...РВ0) (див. рис. 2.12) - восьми-розрядний порт двонаправленого вводу/виводу із вбудованими резисторами, що підтягують до плюса (обираються окремо для кожного розряду). Вихідні буфери порту В (див. рис. 2.12) мають симетричну вихідну характеристику з однаковими силами струму. При введенні, лінії порту В будуть діяти в якості джерела сили струму,

якщо зовні діє низький рівень і включено підтягувальні резистори. Виводи порту В перебувають у третьому (або високоімпедансному) стані під час виконання умови скидання, навіть якщо функція синхронізації не запущена [20-23].

Порт С (PC7...PC0) (див. рис. 2.12) – восьми-розрядний порт двоспрямованого вводу/виводу із вбудованими резисторами, що підтягують до плюса (вибираються окремо для кожного розряду). Вихідні буфери порту С (див. рис. 2.12) мають симетричну вихідну характеристику з однаковими силами струму. Під час вводу, лінії порту С діятимуть в якості джерела сили струму, якщо зовні діє низький рівень і включено підтягувальні резистори. Виводи порту С перебувають у третьому (або високоімпедансному) стані під час виконання умови скидання, навіть якщо синхронізація не запущена. В режимі сумісності з МК ATmega103 порт С діє тільки на вивід, а при виконанні умови скидання лінії порту С не переходять у третій або високоімпедансний стан [20-23].

Порт D (PD7...PD0) (див. рис. 2.12) – восьми-розрядний порт двонаправленого вводу/виводу з вбудованими підтягувальними до плюса резисторами (обираються окремо для кожного розряду). Вихідні буфери порту D (див. рис. 2.12) мають симетричну вихідну характеристику з однаковими силами струму. Під час введення, лінії порту D діятимуть в якості джерела сили струму, якщо зовні діє низький рівень і включено підтягувальні резистори. Виводи порту D перебувають у третьому (або високоімпедансному) стані під час виконання умови скидання, навіть якщо функція синхронізації не запущена [20-23].

Порт E (PE7...PE0) (див. рис. 2.12) – восьми-розрядний порт двонаправленого вводу/виводу з вбудованими підтягувальними до плюса резисторами (вибираються окремо для кожного розряду). Вихідні буфери порту E (див. рис. 2.12) мають симетричну вихідну характеристику з однаковими силами струму. Під час введення, лінії порту E діятимуть в якості джерела сили струму, якщо зовні діє низький рівень і включено підтягувальні резистори. Виводи порту E перебувають у третьому (або високоімпедансному) стані під час

виконання умови скидання, навіть якщо функція синхронізації не запущена [20-23].

Порт F (PF7...PF0) (рис. 2.12) - діє як аналоговий ввід АЦП. Порт F також може використовуватися як восьми-розрядний порт двонаправленого вводу/виводу, у випадку якщо АЦП не використовується. До кожної лінії порту може бути під'єднаний внутрішній підтягувальний до плюса резистор (вибирається окремо для кожного біта) [20-23].

Вихідні буфери порту F (див. рис. 2.12) мають симетричну вихідну характеристику з однаковими вилами струму. Під час вводу, лінії порту F діятимуть в якості джерела сили струму, якщо зовні діє низький рівень і включено підтягувальні резистори. Виводи порту F перебувають у третьому (або високоімпедансному) стані під час виконання умови скидання, навіть якщо функція синхронізації не запущена. Якщо активовано вбудований інтерфейс JTAG, то підтягувальні резистори на лініях PF4(TCK), PF5(TMS) та PF7(TDI) будуть підключені, навіть якщо виконується «Скидання».

Вивід TDO перебуває в третьому високоімпедансному стані, якщо не введено стан TAP, за якого зсуваються дані, що виводяться. Порт F також виконує функції вбудованого інтерфейсу JTAG. У режимі сумісності із МК ATmega103 порт F діє тільки на ввід [20-23].

Порт G (PG4...PG0) (див. рис. 2.12) – п'яти-розрядний порт двоспрямованого вводу/виводу з вбудованими резисторами, що підтягують до плюса (обираються окремо для кожного розряду). Вихідні буфери порту G (див. рис. 2.12) мають симетричну вихідну характеристику з однаковими силами струму. Під час вводу, лінії порту G діятимуть в якості джерела сили струму, якщо зовні діє низький рівень і включено підтягувальні резистори. Виводи порту G перебувають у третьому (або високоімпедансному) стані під час виконання умови скидання, навіть якщо функція синхронізації не запущена [20-23].

Порт G також виконує деякі спеціальні функції МК ATmega128. У режимі сумісності з МК ATmega103 [24] дані виводи використовуються як стробуючі

сигнали інтерфейсу зовнішньої пам'яті, а також в якості входу генератора 32 кГц, а під час дії скидання вони асинхронно приймають наступні стани: PG0 та PG1 = 1, PG2 = 0, навіть якщо функцію синхронізації не запущено [20-23].

RESET (рис. 2.12) – вивід для скидання. Якщо на даний вхід прикласти низький рівень тривалістю, більшою за мінімально необхідну, буде згенеровано скидання незалежно від роботи функції синхронізації.

AVCC (рис. 2.12) - вивід живлення для порту F і АЦП. Він повинен бути зовні пов'язаний з VCC, навіть якщо АЦП не використовується. У разі використанні АЦП цей вивід пов'язаний із VCC через спеціальний фільтр низьких частот.

XTAL1 (рис. 2.12) - вивід інвертуючого підсилювача генератора та вхід зовнішньої синхронізації.

XTAL2 (рис. 2.12) - вивід інвертуючого підсилювача генератора.

AREF (рис. 2.12) - вивід підключення джерела опорної напруги АЦП.

PEN (рис. 2.12) - вивід дозволу програмування для режиму послідовного програмування через вбудований інтерфейс SPI. Якщо під час дії скидання під час подачі живлення на даний вивід подати низький рівень, то МК переходить у режим послідовного програмування через інтерфейс SPI. В робочому режимі вивід PEN не виконує жодних функцій [20-23].

2.7 Підбір годинника реального часу для САР обігріву приміщень

Для вирішення задачі керування часовими інтервалами та режимами роботи потрібно абсолютно точно знати поточний час. Якщо цикл роботи пристрою не пов'язаний з реальним часом, то це досить просто реалізується за допомогою використання таймерів, що вбудовані в МК. У випадку вирішення поставленого завдання знадобиться годинник реального часу.

В якості годинника реального часу використаємо модель DS1305 фірми Dallas Semiconductor [25]. DS1305 [25] (рис. 2.13) – годинник реального часу з

- підтримка послідовного SPI-інтерфейсу або стандартного трьох провідного інтерфейсу;
- подвійна організація підключення основного та резервного джерел живлення;
- можливість увімкнення вбудованого ланцюга заряду для підзарядки резервного джерела живлення;
- виконання всіх функцій при напрузі живлення в діапазоні від 2,5 до 5,5 В;
- можливість виконання роботи в промисловому діапазоні температур від мінус 40 до +85°C.

Таблиця 2.4 – Характеристика виводів DS1305 [25]

Вивід	Призначення
NC	Не використовується
GND	Загальний
VCC1	Базове джерело живлення
VCC2	Резервне джерело живлення
VCCIF	Вхід живлення інтерфейсної логіки
VBAT	Вхід підключення для батареї живлення (+3В)
INT0	Вихід переривання 0
INT1	Вихід переривання 1
X1, X2	Підключення кварцового резонатору 32768 Гц
SDI	Ввід даних в послідовному форматі
SDO	Вивід отриманих даних в послідовному форматі
SCLK	Синхронізація послідовного зв'язку
CE	Активація мікросхеми
PF	Вивід, що сигналізує про недостатній рівень базового джерела живлення
SERMODE	Вибір типу послідовного інтерфейсу

2.8 Висновки до другого розділу

Розроблено систему автоматичного регулювання обігріву промислових приміщень, а саме виконано підбір та розрахунок давачів рівня температури, підбір силових реле, обрано блоки живлення, підібрано тип дисплею, підібрано тип клавіатури, підібрано тип мікроконтролера, підібрано годинник реального часу для САР обігріву приміщень.

3 РОЗРОБКА СХЕМИ КЕРУВАННЯ ТА АЛГОРИТМУ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ОБІГРІВУ ПРИМІЩЕНЬ

3.1 Розробка схеми пристрою керування САР обігріву приміщень

Розроблена схема пристрою керування САР обігріву приміщень представлена на рисунку 3.1. Схема складається з обраного МК ATmega128 [20-23], у якого залишилися незадіяні виводи, як по лініях вводу/виводу, так і по каналами підключення АЦП. Таке рішення дозволить за необхідності збільшити кількість підключених нагрівачів до восьми. Обмеження у вісім ТГ пов'язане з тим, що в даному типі МК всього вісім каналів АЦП, тому можна обробляти до восьми датчиків рівня температури.

У лівій частині схеми пристрою керування (рис. 3.1) зверху представлений рознім програмування, який є стандартним, для підключення програматору. Програматор дає можливість завантажувати необхідну програму в МК.

Нижче (рис. 3.1) представлено мікросхему годинника реального часу, під'єднану до інтерфейсу SPI, що дає можливість через використання трипровідного інтерфейсу отримувати й передавати дані. До даної мікросхеми підключено «годинниковий» кварцовий резонатор, а також батарейку, яка надає можливість виконувати відлік часу під час вимкнення електроживлення.

У нижній частині МК представлено кварцовий резонатор самого контролера, який спільно з конденсаторами С2 та С3 забезпечує генерацію несучої частоти контролера на встановленому рівні 16МГц.

До виводів контролера №21, №22, №52 та №53 під'єднується живлення на рівні 5 В, біля даних виводів повинні бути розміщені конденсатори С4 та С5 для фільтрації рівня напруги [20-23].

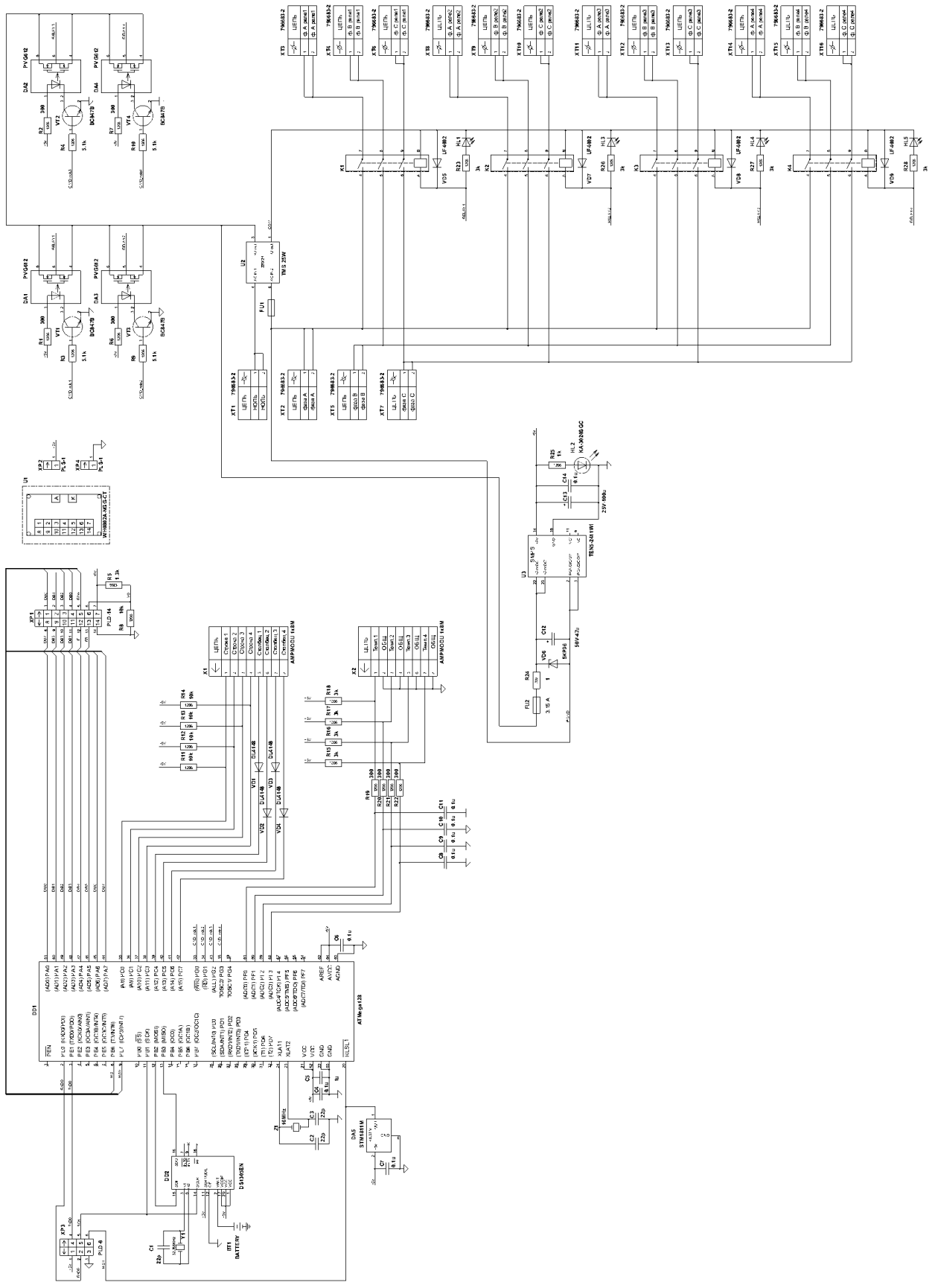


Рисунок 3.1 – Електрична схема пристрою керування САР обігріву приміщень

До виводу №20 під'єднано мікросхему STM1811 [20-23], яка є супервізором живлення. За рівня напруги живлення нижче ніж 4,37 В вивід №20 контролера підключається до «землі», що призводить до переведення МК в стан «скидання».

Необхідність даного рішення пов'язана з тим, що за менших рівнів напруги МК може продовжити виконання роботи, проте можливе виникнення збоїв. У разі переходу в режим «скидання» всі виходи контролера автоматично переходять у третій стан.

Праворуч від МК (див. рис. 3.1) представлено рознім для підключення знакосинтезуючого індикатора, представленого у вигляді елемента U1. Правіше за індикатор наведено виводи для підключення електро живлення на підсвітку.

На порт С (виводи від №35 до №42) підключається рознім для з'єднання із матричною клавіатурою. Робота з даним типом клавіатури детально описана вище.

На порти АЦП (виводи від №58 до №61) підключаються давачі рівня температури, що являють собою нелінійні резистори. Опори від R15 до R18 (рис. 3.1) являють собою «верхній» резистор дільника. «Нижнім» є нелінійний резистор з негативним тепловим коефіцієнтом, тобто давач рівня температури. Резистори від R19 до R22 спільно із конденсаторами від C8 до C11 є спеціальним RC-фільтром, що унеможлиблює вплив наведених на лінію давача рівня перешкод.

З порту G (виводи №18, №33, №34 та №43) видаються команди на ввімкнення або вимкнення реле, що керують величиною навантаження.

На плату подається змінна напруга 380В з частотою 50Гц у вигляді трьох фаз та нульового проводу (спеціальні з'єднувачі XT1, XT2, XT5, XT7). Фази подаються на всі чотири реле, які дозволяють комутувати навантаження.

Між фазою А та нульовим проводом потрібно підключати обраний блок живлення U2, що перетворює змінну напругу рівня 220В на постійну напругу рівня 24В, необхідну для живлення обмоток реле. Також дане живлення

подається на додатковий блок живлення U3, який перетворює постійну напругу рівня 24В у необхідну для іншої частини схеми постійну напругу рівня 5В.

Твердотільні реле PVG612, керовані сигналами з МК, видають живлення на обмотки реле, що використовуються для комутації високого рівня напруги.

Силові реле від К1 до К4 комутують напругу, що подається на ТГ за командою з МК відповідно до встановленої програми. Обмотка реле зашунтована у зворотному напрямку за допомогою діодів, які замкнуть контур під час вимкнення твердотільних реле з метою недопущення виникнення перенапруг через переривання сили струму в котушці реле. Паралельно обмотці реле встановлено світлодіоди, що відображають команду на ввімкнення ТГ [20-23].

3.2 Алгоритм функціонування пристрою керування САР обігріву приміщень

Алгоритм функціонування МК повинен містити в собі наступні можливості [31-35]:

- оцифрування сигналів із датчиків рівня температури;
- створення сигналів керування на виконавчі реле в залежності від режиму роботи;
- можливість роботи з екраном та клавіатурою.

Можливі наступні режими роботи пристрою керування САР обігріву приміщень:

1. Підтримка рівня температури за кожним із підключених каналів. При цьому здійснюється релейний закон керування, який повинен забезпечити необхідний гістерезис (рис. 3.2).

2. Підтримка рівня температури по кожному з каналів з урахуванням заданого графіка зміни рівня температури. У такому випадку також за допомогою релейного закону керування із встановленим гістерезисом

забезпечується вмикання/вимикання обігрівачів.

Однак залежно від часу доби необхідно обирати той чи інший діапазон. На рисунку 3.3 наочно представлено приклад графіку завдання різних рівнів температури в залежності від часу доби. Видно, що в неробочий час, коли не потрібно підтримання комфортного для співробітників значення рівнів температури, здійснюється підтримання нижчих значень, ТГ вимикаються за нижчих рівнів температури.

Під час обідньої перерви, коли співробітників також немає в даних приміщеннях підтримується трохи нижчий рівень температури.

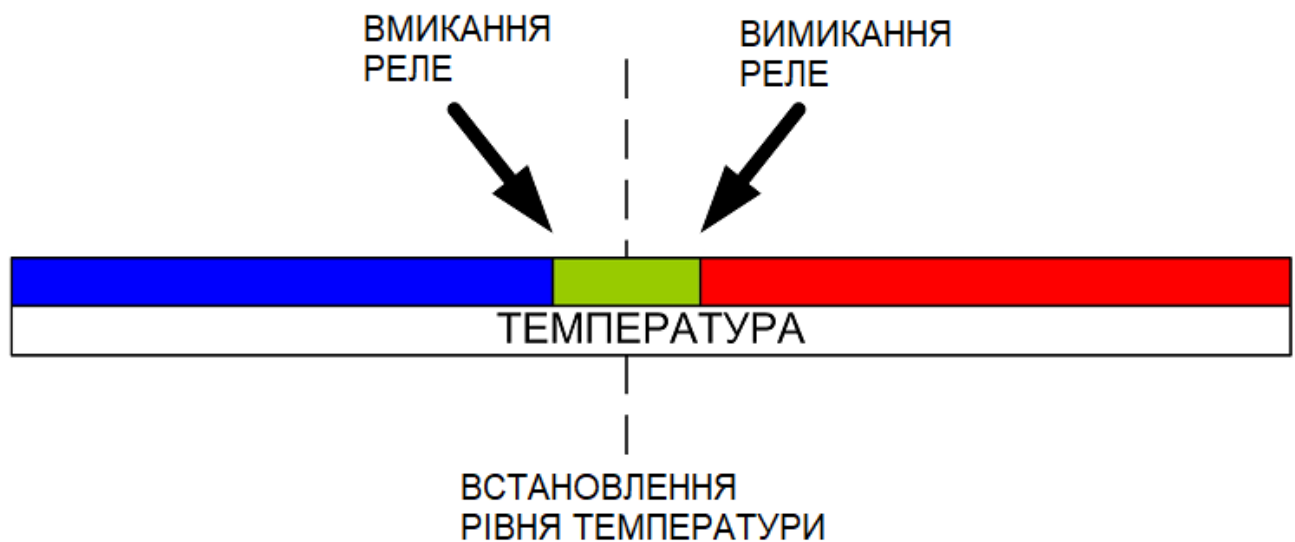


Рисунок 3.2 - Забезпечення гістерезису під час роботи пристрою САР обігріву

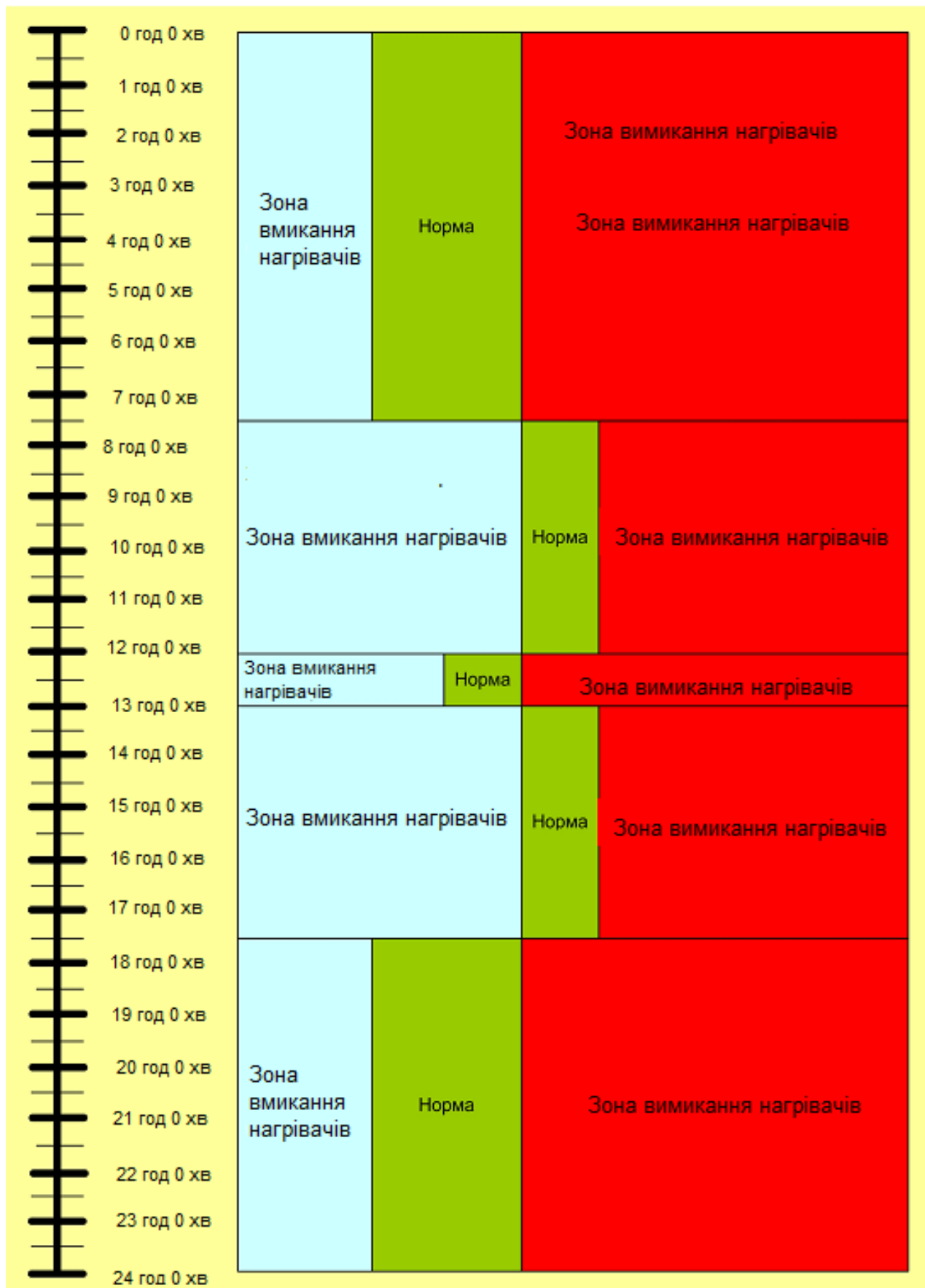


Рисунок 3.3 – Приклад графіку підтримання різних рівнів температури в залежності від часу доби

3.3 Аналіз роботи пристрою САР обігріву приміщень

Спочатку проведемо визначення передаточного коефіцієнта коригувального елемента підсилювача.

Для визначення передаточного коефіцієнта коригувального елемента підсилювача K_{ke} можна використати методикою розрахунку із довідникової літератури [26-30].

В якості вихідних даних необхідно використовувати обмеження за статичною помилкою САР обігріву приміщень, задані для ТП (згідно з технічним завданням) як $y_0 \pm \Delta y = +20$. Необхідно враховувати, що за визначенням, статична помилка дорівнює різниці між значенням контрольованого параметра $y_{уст}$, що встановлене, і його заданим значенням y_0 , тобто

$$\begin{aligned}\Delta y &= y_{уст} - y_0; \\ y_{уст} &= -20 + 1 = -19; \\ y_{уст} &= -20 - 1 = -21; \\ -21 &< y_{уст} < -19.\end{aligned}\tag{3.1}$$

Між передаточною та перехідною характеристиками лінійної системи із постійними параметрами знаходиться зв'язок, що дозволяє стверджувати що [26-30]:

$$K(0) = h(\infty).\tag{3.2}$$

Значення величини $h(\infty)$ охарактеризовує стан САР обігріву приміщень у режимі, коли всі перехідні процеси закінчуються. При часі $t \rightarrow \infty$

контрольований параметр буде $y \rightarrow y_{уст}$. Виконавши припущення, що $p=0$, вираз для передаточної функції САР обігріву приміщень після перетворень матиме наступний вигляд [26-30]:

$$K(0) = \frac{K_y \cdot K_{\text{вм}} \cdot K_{\text{ок}}}{1 + K_{\text{ке}} \cdot K_y + K_o \cdot K_y \cdot K_{\text{вм}} \cdot K_{\text{ок}}} = \frac{A}{K_{\text{ке}} \cdot K_y + B}, \quad (3.3)$$

де $A = K_y \cdot K_{\text{вм}} \cdot K_{\text{ок}} = 180 \cdot 0,9 \cdot 0,005 = 8,1$;

$B = 1 + K_o \cdot K_y \cdot K_{\text{вм}} \cdot K_{\text{ок}} = 1 + 0,85 \cdot 180 \cdot 0,9 \cdot 0,05 = 7,89$.

Якщо використовувати пробний сигнал як $y_0 \rightarrow 1(t)$, тоді отримаємо перехідну характеристику САР також у вигляді $y_0 \rightarrow h(t)$. Тоді

$$y_{уст} = y_0 \cdot K(0) = y_0 \cdot h(\infty). \quad (3.4)$$

Проте згідно із технічним завданням

$$y_0 - \Delta y \leq y_{уст} \leq y_0 + \Delta y, \quad (3.5)$$

або

$$y_0 - \Delta y \leq \frac{A}{K_{\text{ке}} \cdot K_y + B} \leq y_0 + \Delta y.$$

В останній нерівності невідомим є параметр $K_{\text{ке}}$, значення якого нескладно знайти із наступної системи [26-30]:

$$(y_0 - \Delta y) \cdot (K_{\text{ке}} \cdot K_y + B) \leq y_0 \cdot A; \quad (3.6)$$

$$(y_0 + \Delta y) \cdot (K_{ke} \cdot K_y + B) \geq y_0 \cdot A; \quad (3.7)$$

$$(-20 - 1) \cdot (K_{ke} \cdot 180 + 7,886) \leq -20 \cdot 8,1;$$

$$K_{ke} \geq -0,00094;$$

$$(-20 + 1) \cdot (K_{ke} \cdot 180 + 7,886) \geq -20 \cdot 8,1;$$

$$K_{ke} < 0,0036;$$

$$K_{ke} = -0,00083.$$

Оскільки в САР обігріву приміщень є ланки, охоплені внутрішнім зворотним зв'язком, виконаємо заміну на одну еквівалентну ланку. Так для підсилювача, що входить до складу САР обігріву приміщень, передаточна функція матиме наступний вигляд:

$$K_y(p) = \frac{K_y}{1 + K_y \cdot K_{ke}}, \quad (3.8)$$

$$K_y(p) = \frac{180}{1 + 180 \cdot 0,00083} = 156,52.$$

Передаточна функція САР обігріву приміщень зі зворотним зв'язком визначає взаємозв'язок між регульованою величиною $y(t)$ і задаючим впливом y_0 . В операторній формі запису даний взаємозв'язок описується передаточною функцією $K(p)$ [26-30]:

$$K_y(p) = \frac{y(p)}{y_0(p)} = \frac{K_n(p)}{1 \pm K_{33}(p) \cdot K_n(p)} = \frac{K_n(p)}{1 \pm K_p(p)}, \quad (3.9)$$

де $K_n(p)$ - передаточна функція прямого шляху САР;

$K_p(p)$ - передаточна функція розімкнутої САР;

$K_{33}(p)$ - передаточна функція внутрішнього ланцюга зворотного зв'язку САР.

$$K_n(p) = K_y(p) \cdot \frac{K_{\text{вм}}}{\tau_1 \cdot p + 1} \cdot \frac{K_{\text{ок}}}{\tau_2 \cdot p + 1}, \quad (3.10)$$

$$K_n(p) = 0,9 \cdot 156,62 \cdot \frac{0,05}{12p + 1} = \frac{4,5}{12p + 1}.$$

Тоді передаточна функція розімкнутої САР обігріву приміщень [26-30]:

$$K_p(p) = K_n(p) \cdot K_{\text{ок}}(p); \quad (3.11)$$

$$K_p(p) = \frac{K_{\text{ок}}}{\tau_3 \cdot p + 1} \cdot \frac{7,04}{12p + 1} = \frac{5,98}{(12p + 1) \cdot (15p + 1)} = \frac{5,98}{180p^2 + 27p + 1};$$

$$1 + K_{33}(p) \cdot K_n(p) = 1 + \frac{5,98}{180p^2 + 27p + 1} = \frac{180p^2 + 27p + 1 + 5,98}{12p^2 + 11,2p + 1} = \frac{180p^2 + 27p + 6,98}{12p^2 + 11,2p + 1};$$

$$K(p) = \frac{7,04}{12p + 1} \cdot \frac{180p^2 + 27p + 1}{180p^2 + 27p + 6,98} = \frac{105,6p + 7,04}{180p^2 + 27p + 6,98}.$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ

Арк.
49

Виконаємо аналіз стійкості САР обігріву приміщень.

Стійкість САР – її здатність відновлювати стан рівноваги після припинення зовнішнього незалежного збурення [26-30].

Для визначення стійкості САР є спеціальні ознаки – критерії стійкості, одним із яких є алгебраїчним критерієм або критерій Гурвіца.

Даний критерій заснований на аналізі коефіцієнтів характеристичного рівняння замкнутої САР обігріву приміщень:

$$\Delta = a_0 \cdot p^n + a_1 \cdot p^{n-1} + \dots + a_{n-1} \cdot p + a_n. \quad (3.12)$$

Згідно із критерієм Гурвіца САР обігріву приміщень буде стійкою, якщо всі коефіцієнти характеристичного рівняння n-го порядку будуть більші нуля і всі визначники Гурвіца до (n-1)-го порядку будуть більшими за нуль.

$$\begin{aligned} a_0 &= 180; \\ a_1 &= 27; \\ a_2 &= 6,98. \end{aligned}$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & 0 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = a_1 \cdot a_2 - a_0 \cdot 0 = 27 \cdot 6,98 - 180 \cdot 0 = 188,46 > 0. \quad (3.7)$$

Оскільки при $a_0 > 0, a_1 > 0, a_2 > 0, \Delta_2 > 0$, то САР обігріву приміщень стійка.

Інший критерій стійкості - частотний критерій або критерій Найквіста. Даний критерій дозволяє визначити стійкість замкнутої САР обігріву приміщень, використовуючи так звану амплітудно-фазову характеристику (АФХ) розімкнутої САР обігріву приміщень [26-30].

Шляхом виконання підстановки у виразі розімкнутої САР p на $j\omega$, то отримаємо вираз для АФХ розімкнутої САР обігріву приміщень:

$$\begin{aligned}
K_p(j\omega) &= \frac{5,98}{-180\omega^2 + 27 \cdot j\omega + 1} = \frac{5,98}{(1-180\omega^2) + 27 \cdot j\omega} = \\
&= \frac{5,98 \cdot ((1-180\omega^2) + 27 \cdot j\omega)}{(1-180\omega^2)^2 - (27 \cdot j\omega)^2} = \\
&= \frac{5,98 - 1076,4\omega^2 - 161,46 \cdot j\omega}{(1-180\omega^2)^2 + 729\omega^2} = \\
&= \frac{5,98 - 1076,4\omega^2}{(1-180\omega^2)^2 + 729\omega^2} - j \cdot \frac{161,46 \cdot \omega}{(1-180\omega^2)^2 + 729\omega^2}.
\end{aligned}
\tag{3.14}$$

На комплексній площині, змінюючи значення частоти в діапазоні від 0 до ∞ , будуємо годограф. Згідно із критерієм Найквіста замкнута САР обігріву приміщень буде стійкою, якщо годограф АФХ розімкнутої САР обігріву приміщень на комплексній площині не буде охоплювати точку із координатами $(-1, j0)$ [26-30].

Значення дійсної та уявної частин САР, які використовуються при побудові годографа, наведені в таблиці 3.1.

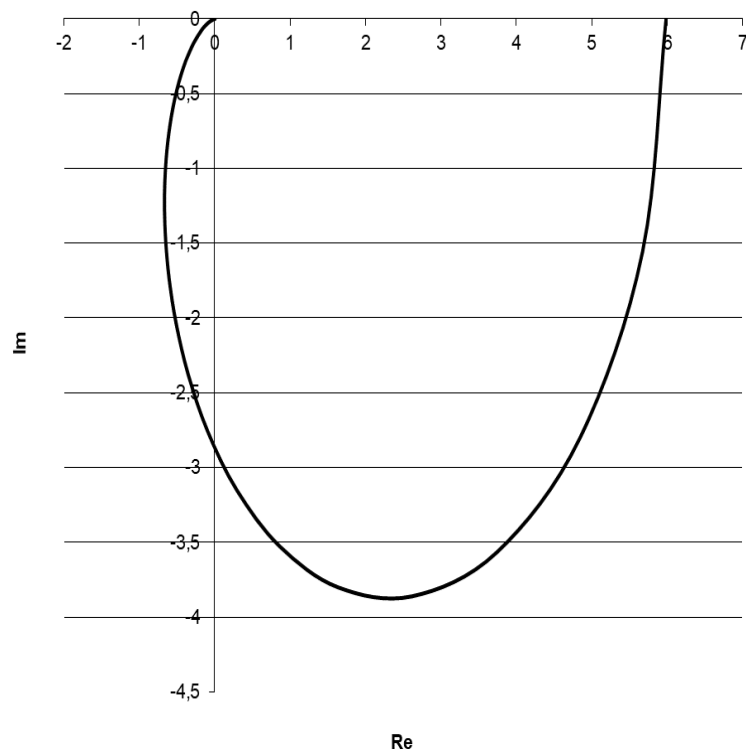


Рисунок 3.4 – Вигляд годографа для розімкнутої САР обігріву приміщень

Таблиця 3.1 - Значення дійсної та уявної частини САР

W	Re	Im
0	5,98	0
0,01	5,668361	-1,556655072
0,02	4,838235	-2,801218615
0,03	3,735607	-3,565959727
0,04	2,611394	-3,859576991
0,05	1,630118	-3,799058824
0,06	0,857605	-3,524937561
0,07	0,292424	-3,151735739
0,08	-0,09831	-2,754876401
0,09	-0,35519	-2,37648381
0,1	-0,51501	-2,036065574
0,11	-0,60708	-1,739771157
0,12	-0,65317	-1,48673303
0,13	-0,66878	-1,272891032
0,14	-0,6647	-1,093099225
0,15	-0,64828	-0,942190235
0,16	-0,62449	-0,815452898
0,17	-0,59664	-0,708799691
0,18	-0,56693	-0,618781062
0,19	-0,53676	-0,542531649
0,2	-0,50704	-0,477692308
0,21	-0,47833	-0,422329303
0,22	-0,45093	-0,374860129
0,23	-0,42503	-0,333989324
0,24	-0,40068	-0,29865474
0,25	-0,37789	-0,267983402
0,3	-0,28517	-0,163283331
0,4	-0,17431	-0,072608715
0,5	-0,11595	-0,038111649
0,6	-0,08224	-0,022358339
0,7	-0,06119	-0,014196871
0,8	-0,04724	-0,009562192
0,9	-0,03754	-0,006740754
1	-0,03053	-0,004927067
1,5	-0,0137	-0,001469098
2	-0,00773	-0,000621147
2,5	-0,00496	-0,000318353
3	-0,00344	-0,000184335
3,5	-0,00253	-0,000116121
4	-0,00194	-7,78092E-05
4,5	-0,00153	-5,4656E-05
5	-0,00124	-3,98485E-05
5,5	-0,00103	-2,99411E-05
6	-0,00086	-2,30637E-05
6,5	-0,00073	-1,81411E-05
7	-0,00063	-1,45253E-05
7,5	-0,00055	-1,181E-05
8	-0,00049	-9,73134E-06
8,5	-0,00043	-8,11325E-06

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ

Арк.

52

9	-0,00038	-6,83489E-06
∞	0	0

Виконаємо визначення запасу стійкості САР обігріву приміщень.

Найбільшого поширення визначення запасу стійкості отримав спосіб, заснований на використанні критерію Найквіста. Визначаються дві величини – запас стійкості згідно із амплітудою та запас стійкості за фазою [26-30].

Запас стійкості згідно із амплітудою [26-30] визначається як величина ΔK , на яку може зрости модуль АЧХ розімкнутої САР обігріву приміщень, щоб система опинилася на межі стійкості.

$$\Delta K = 0 - (-1) = 1. \quad (3.15)$$

Запас стійкості по фазі [26-30] дорівнює величині $\Delta\varphi$, яку має змінитися запізнювання по фазі, щоб система опинилася межі стійкості.

Оскільки лінія годографа розімкнутої САР обігріву приміщень (рис. 3.4) не охоплює точку з координатами $(-1, j0)$, можна дійти висновку, що система стійка згідно із критерієм Найквіста. Кут $\Delta\varphi$ між віссю абсцис та радіусом-вектором R , який ми проводимо із центру координат в точку перетину одиничного кола з лінією годографа рівний 60° .

Визначимо якість керування САР обігріву приміщень, для цього перевіримо за показниками якості, до яких належать наступні:

- величина перерегулювання;
- статична помилка;
- час перехідного процесу.

$$H(p) = \frac{1}{p} \cdot K(p); \quad (3.16)$$

$$K(p) = \frac{7,04}{12p+1} \cdot \frac{180p^2 + 27p + 1}{180p^2 + 27p + 6,98} = \frac{105,6p + 7,04}{180p^2 + 27p + 6,98}.$$

З рівняння нас цікавить знаменник, оскільки тільки він має вплив на стійкість та якість САР:

$$180p^2 + 27p + 6,98 = 0;$$

$$p_{1,2} = -0,075 \pm 0,18j.$$

$$\begin{aligned} H(p) &= \frac{1}{p} \cdot \frac{105,6p + 7,04}{180p^2 + 27p + 6,98} = \\ &= \frac{105,6}{180 \cdot [(p + 0,075)^2 + 0,18^2]} + \\ &+ \frac{7,04}{180 \cdot [(p + 0,075)^2 + 0,18^2]}. \end{aligned}$$

$$h(t) \rightarrow H(p).$$

$$\begin{aligned} h(t) &= -20 \cdot (0,59 \cdot (0,18^{-1} e^{-0,075t} \sin 0,18t) + 0,039 \cdot (0,075^2 + 0,18^2)^{-1} \times \\ &\times (1 - e^{-0,075t} \cdot (\cos 0,18t + 0,075 \cdot 0,18^{-1} \sin 0,18t))) = \quad (3.18) \\ &= -20 \cdot (3,3 \cdot e^{-0,075t} \sin 0,18t + 1,03(1 - e^{-0,075t} (\cos 0,18t + 0,42 \sin 0,18t))). \end{aligned}$$

За отриманим рівнянням за допомогою використання програми Excell розраховуємо значення h в залежності від часу t та будуємо графік перехідної характеристики САР обігріву приміщень.

Значення величин перехідної характеристики САР обігріву приміщень представлені у таблиці 3.2.

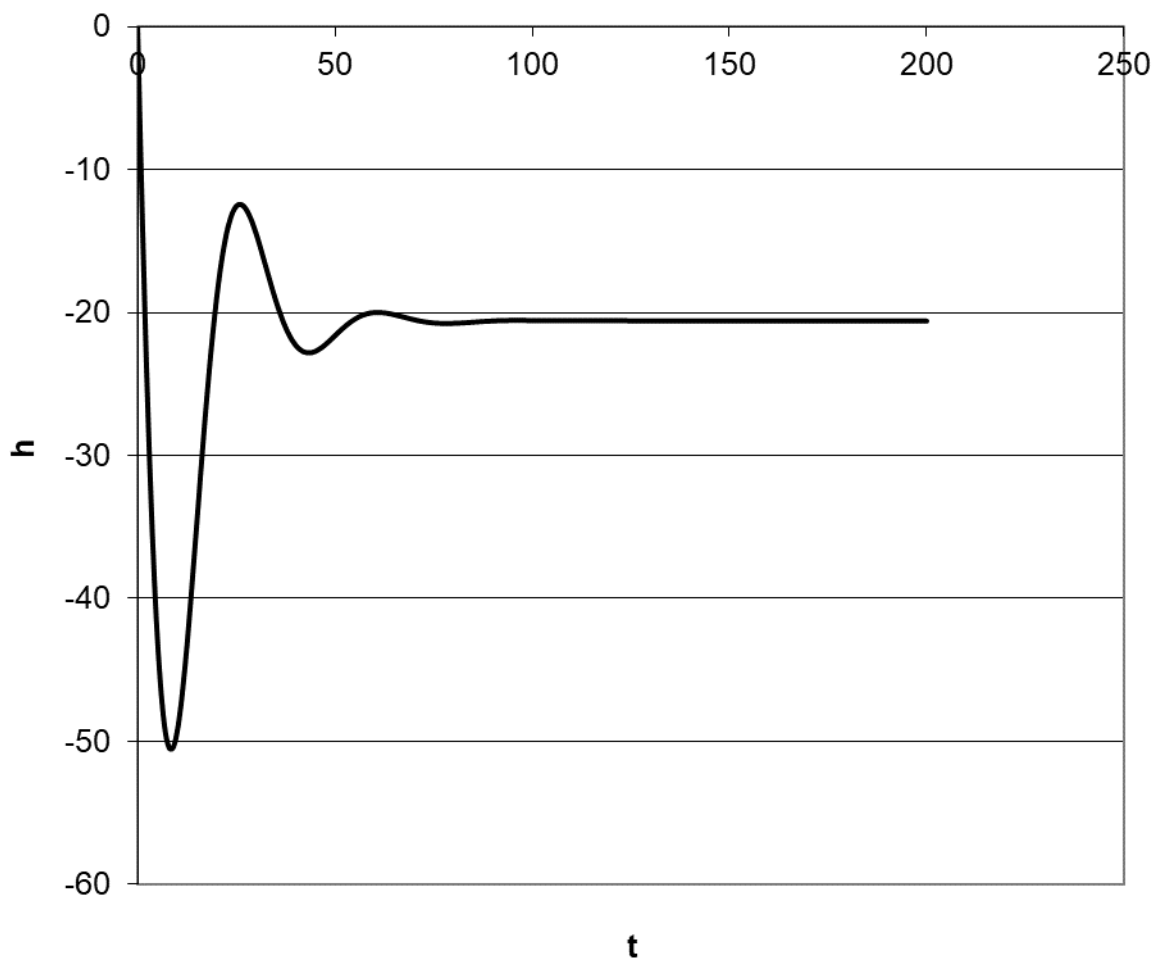


Рисунок 3.5 – Вигляд перехідної функції САР обігріву приміщень

Таблиця 3.2 – Значення перехідної характеристики САР обігріву приміщень

t	h
0	0
1	-11,3177
2	-21,395
3	-30,0495
4	-37,1739
5	-42,7296
6	-46,7386
7	-49,2739
8	-50,4505
9	-50,4151
10	-49,3367
20	-19,0437
30	-14,4585
40	-22,2757
50	-21,6228

60	-20,0016
75	-20,7268
90	-20,589
155	-20,6004
170	-20,5998
180	-20,6001
190	-20,6
200	-20,6
210	-20,6
220	-20,6

Знайдемо статичну помилку САР обігріву приміщень [26-30].

Статична помилка САР обігріву приміщень може бути абсолютна та відносна. Абсолютна статична помилка є різницею між значенням регульованого параметра $y_{уст}$ і встановленим значенням y_0 .

$$\Delta y = y_{уст} - y_0; \quad (3.19)$$

$$\Delta y = -20,6 - (-20) = -0,6.$$

Відносна статична помилка САР обігріву приміщень дорівнює відношенню абсолютної статичної помилки до встановленого значення параметра y_0 .

$$\delta_\varepsilon = \frac{y_{уст} - y_0}{y_0} = \frac{\Delta y}{y_0}; \quad (3.20)$$

$$\delta_\varepsilon = \frac{0,6}{20} = 0,03.$$

Визначимо величину перегулювання згідно наступної формули [26-30]:

$$\delta_{\text{max}} = \frac{y_1 - y_0}{y_0} \cdot 100\%; \quad (3.21)$$

$$\delta_{\text{max}} = \frac{50,4 - 20}{20} \cdot 100 = 152\%.$$

Визначимо час перехідного процесу САР обігріву приміщень. Даний показник характеризує швидкодію САР обігріву приміщень, під яким розуміють проміжок часу t_n від початку застосування зовнішнього незалежного збурення до встановлення значення вихідної величини $y(t)$ в границях де Δ - допустима динамічна помилка [26-30].

3.4 Висновки до третього розділу

Розроблено схему пристрою керування та алгоритм САР обігріву приміщень. Проведено аналіз роботи пристрою САР обігріву приміщень, а саме перевірено стійкість та якість САР обігріву приміщень, визначені необхідні характеристики.

					<i>КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		57

ВИСНОВКИ

В ході виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було сформульовано концепцію побудови системи, розроблено структурну схему пристрою, виконано підбір компонентів, що потрібні для розробки САР обігріву приміщень, розроблено електричну принципову схему пристрою керування, виконано опис алгоритму функціонування.

Розроблена в бакалаврській роботі САР обігріву приміщень вирішує одне із важливих на сьогоднішній день завдань – економію енергетичних ресурсів без суттєвих капіталовкладень. При використанні даної САР обігріву приміщень не потрібні серйозні перебудови, необхідно просто підключити створену САР до ТГ та грамотно розмістити датчі рівня температури в приміщенні.

					<i>КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		58

<https://epicentrk.ua/ua/shop/teplovye-pushki/fs/naznachenie-promyshlennyu/>

11. Як вибрати теплову гармату? [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://mirmark.com.ua/uk/kak-vybrat-teplovuyu-pushku-populyarnye-voprosy/>

12. Огляди, інструкції для Hintek PROF-06380. [Електронний ресурс] –

Режим доступу:

<https://m.ua/ua/links/hintek-prof-06380/>

13. Термістор 232264073472 Philips. [Електронний ресурс] – Режим

доступу:

<https://filur.net/ru/termistor-232264073472->

14. 62.23.9.024.0300 Finder Relays, Inc. [Електронний ресурс] – Режим

доступу:

https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/62-23-9-024-0300_196649.html

15. UF4002DIOTEC SEMICONDUCTOR. [Електронний ресурс] – Режим

доступу:

<https://www.tme.eu/ua/details/uf4002-dio/universalni-diodi-tht/diotec-semiconductor/uf4002/>

16. Джерело живлення в корпусі. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<http://tracopower.com.ua/index.php?route=product/category&path=63>

17. TEN 3-2411 TRACO POWER. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://www.tme.eu/ua/details/ten3-2411/peretvoriuvachi-dc-dc/traco-power/ten-3-2411/>

18. LCD дисплей 2004 (HD44780) із зеленим підсвічуванням. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://radiostore.com.ua/ua/p433133286-dvuhstrochnyj-simvolnyj-indikator.html>

19. Матрична мембранна клавіатура 4x4 (1x4). [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://myproject.com.ua/m-ua.html>

20. Програмування мікроконтролерів AVR : [навчальний посібник] / С. М.

					<i>КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		60

О.С. Попова, 2013. – 84 с.

30. Шаповаленко В. А. Чисельні методи та моделювання на ЕОМ: Навчальний посібник. Модуль 1. / В. А. Шаповаленко, Л. М. Буката, О. Г. Трофименко. – Одеса : ВЦ ОНАЗ, 2010. – Ч. 1. – 95 с.

31. Мікропроцесорна техніка : навч. посібник/В.В. Ткачов, Г. Грулер, Н. Нойбергер та ін. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – 188 с.

32. Схемотехніка електронних систем: У 3 кн. Кн. 3. Мікропроцесори та мікроконтролери: Підручник / В. І. Бойко, А. М. Гуржій, В. Я. Жуйков та ін. — 2-ге вид., допов. і переробл. — К.: Вища шк., 2004. — 399 с.: іл.

33. Мікропроцесори та цифрова електроніка [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / К. К. Победаш, В. А. Святненко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. - Електронні текстові дані (1 файл: 8.37 Мбайт). - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021, -120 с.

34. Мікропроцесорні пристрої: навч. посібник для студентів зі спец-ті «Електроніка» / Т. О. Терещенко, В. А. Тодоренко, Л. М. Батрак, Ю. С. Ямненко. – К.: Кафедра, 2017. – 244 с. ISBN 978-617-7301-37-9

35. Грищук Ю.С. Мікропроцесорні пристрої: Навчальний посібник. – Харків: НТУ «ХПІ», 2007.– 280с.

36. Мікроконтролери: Архітектура, програмування та застосування в електромеханіці : навч. посіб. / Ю. С. Грищук. – Харків : НТУ «ХПІ», 2019. – 384 с.

37. Мікропроцесорна техніка : підручник / Ю. І. Якименко, Т. О. Терещенко, Є. І. Сокол та ін. / за ред. Т. О. Терещенко. – Київ : Політехнік, 2003. – 440 с.

38. Алексієв О. П. Мікроконтролери для транспортних і промислових застосувань.: архітектура та програмування : навч. посіб. / О. П. Алексієв, О. Б. Богаєвський, В. П. Волков. – Харків : ХНАДУ, 2004. – 156 с.

39. Аналогова схемотехніка : навчальний посібник / О. М. Кобяков, М. М.

										Арк.
										62
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ					

Ляпа, В. М. Лисенко та ін. – Суми : СумДУ, 2007. – 209 с.

40. Кваліфікаційна робота : методичні вказівки щодо її виконання для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / уклад.: Ю.В. Форкун, Г.І. Радельчук, І.В. Форкун, А.С. Каштальян, В.В. Мартинюк. Хмельницький : ХНУ, 2020. – 50 с.

					<i>КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		63

ДОДАТКИ

					<i>КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		64

Додаток А
(презентаційні матеріали)

Автоматизація системи обігріву промислових приміщень

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

МЕТА

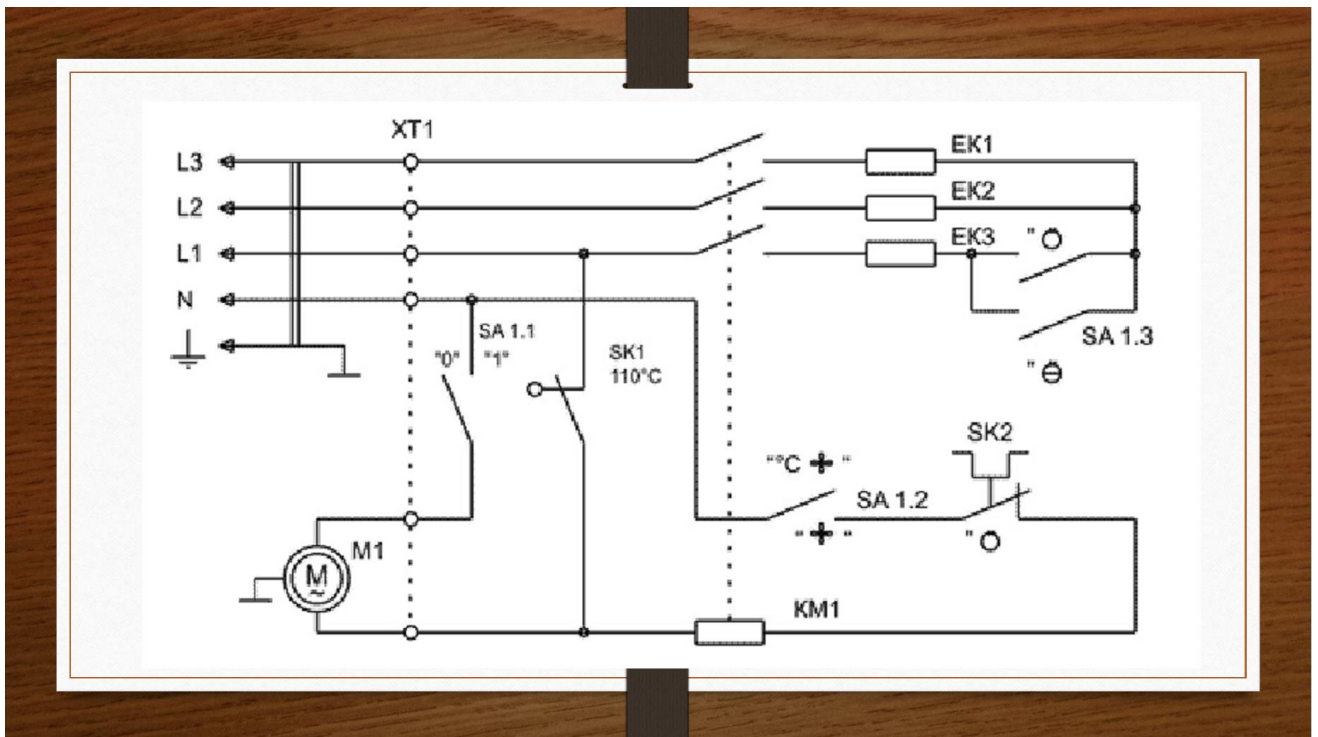
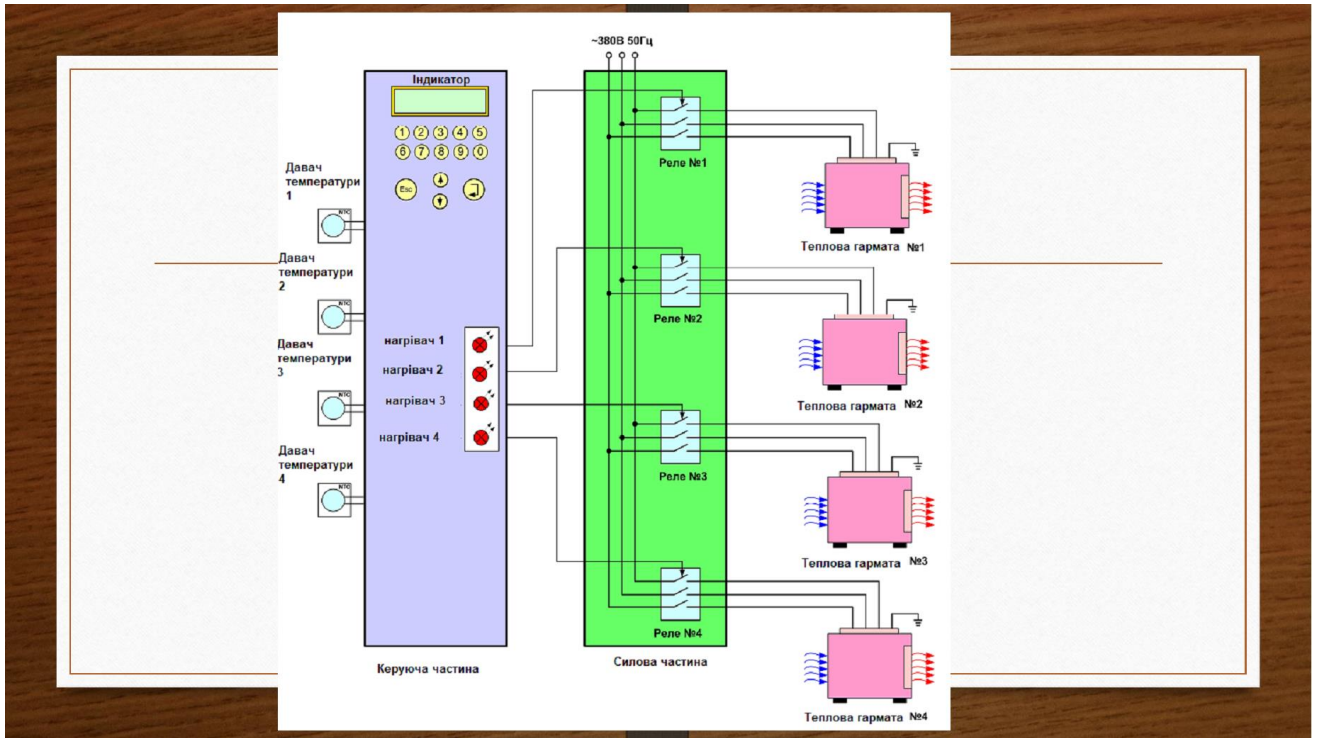
Мета даної кваліфікаційної роботи - створення системи автоматизованого регулювання (САР) процесу обігріву промислових приміщень, де в якості виконавчого елемента використовуються теплові гармати, які широко застосовуються під час обігріву низки промислових приміщень.

Опалення промислових приміщень необхідне для створення комфортних умов для працівників, штатного функціонування обладнання та виконання виробничих процесів або нормального зберігання виготовленої продукції. При цьому будь-який власник промислового або складського приміщення намагається зменшити витрати на електроенергію, для цього необхідно володіти інформацією які обігрівачі промислових приміщень найбільш ефективні та економічні.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ

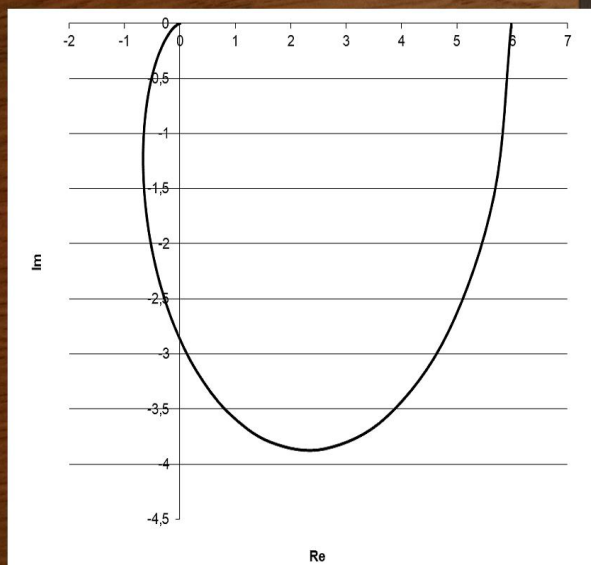
Арк.
65



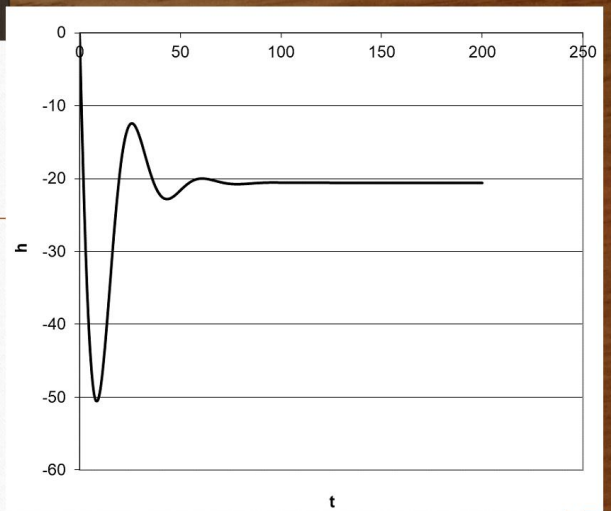
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ

Арк.
66



Вигляд годографу для розімкнутої САР обігріву приміщень



Вигляд перехідної функції САР обігріву приміщень

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

					<i>КВРАКІТ.2021051.01.04 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		69

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Гуторов М.В.

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи АКІТс-21 -1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

03.06.2024

дата



підпис

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Гуторов Микола Валентинович

Тема: Автоматизація системи обігріву промислових приміщень

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 9 Кількість сторінок записки 64

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: створено систему автоматизованого регулювання (САР) процесу обігріву промислових приміщень, де в якості виконавчого елемента використовуються теплові гармати
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі представлено коротку характеристику функціонування розробленої системи керування обігрівом промислового приміщення. Проведено вибір теплових гармат для САР обігріву промислових приміщень та виконано постановку завдань для розробки САР обігріву промислових приміщень. У другому розділі розроблено систему автоматичного регулювання обігріву промислових приміщень, а саме виконано підбір та розрахунок давачів рівня температури, підбір силових реле, обрано блоки живлення, підбрано тип дисплею, підбрано тип клавіатури, підбрано тип мікроконтролера, підбрано годинник реального часу для САР обігріву приміщень. У третьому розділі розроблено схему пристрою керування та алгоритм САР обігріву приміщень. Проведено аналіз роботи пристрою САР обігріву приміщень, а саме перевірено стійкість та якість САР обігріву приміщень, визначені необхідні характеристики.
4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: у роботі недостатньо уваги приділяється програмній реалізації

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

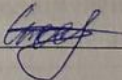
8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: добре (3,75/5)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)

Соколан Юлія Сергіївна, доцент каф. БЦБ ХНУ

“18” 06 2024 р.

 (підпис)

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Автоматизація системи обігріву промислових приміщень

Автор: Микола ГУТОРОВ

Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Науковий керівник: д.т.н., проф. Валерій МАРТИНЮК

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укріття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 7,96% і адресується до 306 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи

Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Валерій МАРТИНЮК

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 3.0%

Словнички перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 10%

ID: 131429 Назва: БКР Автоматизація системи обіграу промислових підприємств Додано в БД: 2024-06-19 Автора: Микола ГУТІНОВ Керівник: Валерій МАРТИНЮК Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	51740	784	2947 (6%)	43 (5%)

Джерело плагіату

ID	Опнс	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

Ім'я користувача:
Кафедра АКІТІТК

ID перевірки:
1016373073

Дата перевірки:
18.06.2024 20:30:12 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
19.06.2024 01:38:59 EEST

ID користувача:
100005862

Назва документа: Гуторов_антиплаг (1)

Кількість сторінок: 64 Кількість слів: 10774 Кількість символів: 76578 Розмір файлу: 1.38 MB ID файлу: 1016180550

1106 слів позначені як "вилучені" та не враховуються у підрахунку слів

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

7.96% Схожість

Найбільша схожість: 2.01% з Інтернет-джерелом (<https://knowledge.allbest.ru/manufacture/3c0b65635a2bc79a5c43a894>).

6.42% Джерела з Інтернету 306 Сторінка 66

2% Джерела з Бібліотеки 57 Сторінка 68

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

0% Вилучення з Інтернету 1 Сторінка 69

0% Вилученого тексту з Бібліотеки 3 Сторінка 69

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 9

Підозріле форматування 12 сторінок