

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри ЕКТ

_____ Анатолій ОПАНАСЮК _____

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

_____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»

зі спеціальності 171 «Електроніка»

освітньо-професійної програми «Електронні системи та компоненти»

на тему:

Пристрій керування електроопаленням будинку

Здобувача групи ЕС-01 _____ Шевцова Богдана Віталійовича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ (підпис)

_____ (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник, доцент, к.т.н., доцент **Анатолій НОВГОРОДЦЕВ** _____

(підпис)

Суми – 2024

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет _____ електроніки та інформаційних технологій
Кафедра _____ електроніки і комп'ютерної техніки
Напрямок підготовки _____ 171 Електроніка
Освітня програма _____ Електронні системи та компоненти

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. Кафедрою _____ Опанасюк А. С.

"__" _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

1. Тема роботи _____

затверджена наказом по університету "13" березня 2024 р. № 0256-VI.

2. Термін здачі студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи кількість приміщень для обігріву - 3; - максимальне навантаження терморегулятора - 2,5 кВт; - установка діапазону температури обігріву приміщень +5град. С - +20град. С; - установка режимів роботи терморегулятора; - індикація роботи терморегулятора; - похибка заданих температур $\pm 1,5$ гра.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити) 1) Розробка алгоритму функціонування пристрою. 2) Розробка структурної схеми пристрою. 3) Розробка функціональної схеми пристрою. 4) Розробка принципової схеми пристрою.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1) Креслення схеми алгоритму. 2) Креслення структурної схеми. 3) Креслення функціональної схеми . 4) Креслення схеми електричної принципової.

Дата видачі завдання

20.03.2024 _____

Керівник роботи _____

Завдання прийняв до виконання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Огляд літератури та постановка завдання проектування	06.05.24 – 09.05.24	
2	Розробка алгоритму роботи проектованого електронного пристрою	10.05.24 – 13.05.24	
3	Розробка структурної схеми проектованого електронного пристрою	14.05.24 – 16.05.24	
4	Розробка функціональної схеми проектованого електронного пристрою	17.05.24 – 22.05.24	
5	Розробка принципів схем блоків проектованого електронного пристрою	23.05.24 – 04.06.24	
6	Оформлення пояснювальної записки	05.06.24 – 07.06.24	
7	Оформлення графічного матеріалу	08.06.24 – 09.06.24	
8	Представлення роботи керівнику і отримання відгуку	10.06.24	
9	Представлення роботи кафедрі для отримання рецензії	10.06.24	

Студент _____

Керівник роботи _____

«__» _____ 2024 р.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 40 сторінок, 12 рисунків, 4 таблиці 9 літературних джерел.

Графічна частина роботи містить: блок-схему алгоритму роботи пристрою, структурну, функціональну і принципову електричну схеми.

Пояснювальна записка містить чотири розділи.

Перший розділ містить огляд технічної літератури за вибраним напрямком проектування.

Другий розділ присвячений розробці алгоритму функціонування і структурної схеми.

У третьому розділі, розроблена функціональна схема пристрою.

У четвертому розділі розроблена принципова схеми пристрою і виконаний розрахунок основних вузлів принципової схеми.

По результатам розробки зроблені висновки.

Приведений перелік літературних джерел.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Огляд літератури за вибраним напрямком проектування.....	9
2 Розробка алгоритму функціонування та структурної схеми проектowanego пристрою.....	18
2.1 Розробка алгоритму функціонування пристрою.....	18
2.2 Розробка структурної схеми пристрою.....	21
3 Розробка функціональної схеми пристрою.....	23
4 Розробка та розрахунок вузлів принципової схеми пристрою.....	26
4.1 Вибір елементної бази.....	26
4.2 Розрахунок основних вузлів принципової схеми.....	34
Висновок.....	37
Література.....	38
Додаток.....	39

ВСТУП

В холодних широтах, зони в будинку, які зазвичай зайняті людьми, такі як, вітальня та спальні, повинні бути підтримувані в межах придатного для проживання температурного діапазону.

Слід зазначити, що потреба в електроенергії для житлових секторів відіграє життєво важливу роль у сучасному суспільстві, його частка становить приблизно 28% у всьому світі [1].

Згідно Закону України «Про енергозбереження» одним з основних принципів державної політики у сфері енергозбереження є пріоритетність вимог енергозбереження при здійсненні господарської, управлінської або іншої діяльності, пов'язаної з видобуванням, переробкою, транспортуванням, зберіганням, виробленням та використанням паливно-енергетичних ресурсів [2].

Що ще важливіше, житловий сектор, електричні навантаження якого в основному включають системи гарячого водопостачання, системи опалення/охолодження приміщень, особливо для теплових насосів, відповідає за непропорційний внесок у піковий попит порівняно із загальним споживанням електроенергії.[3]

Загальна якість послуг, що надаються може не відповідати їх вартості. Особливо на собі це відчують власники квартир в багатоповерхових будинках, де мешканці першого поверху взимку мають пересушене повітря, та спеку у приміщенні, практично викладаючи більше потрібного, а власники квартир верхніх поверхів, не знімаючи теплового одягу, не знають, як зігрітися.

Одна з рекомендацій, яку можна дати багатьом домогосподарствам, полягає в тому, що відказ від центральної системи опалення, якщо це можливо, та використання портативних електричних обігрівачів зменшить залежності від основної системи електричного опалення, та зменшить рахунок за електроенергію.

Невизначеність полягає на тому, чи нагрівальна потужність таких обігрівачів, якщо вони використовується правильно, сама по собі є достатньою для комфортного зігрівання.

					ЕліТ 6.171.00.10.225 ПЗ	Аркуш
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		6

У літературі можна знайти приклади запровадження програм для тестування з населенням, яке було особливо вразливим до зростання вартості електроенергії, основна система опалення яких була електричною, програмою пропонувалося випробувати технології портативних електричних обігрівачів. Передбачалось надання портативного електричного обігрівача, для лише однієї кімнати, у якій перебували люди, таким чином дозволяючи їм зменшити використання центральних систем електричного опалення[4].

Наголошена стратегія, включала як заходи, так і практики. Це рішення означало, що одного обігрівача недостатньо для зменшення рахунків за електроенергію – суб'єктам також довелося змінити свою поведінку. Їм довелося переміщувати свій портативний електричний обігрівач по домі, щоб обігрівати лише ту кімнату, в якій зараз проживають.

Але таке рішення не повинно бути кінцевим, можна спроектувати такий пристрій, котрий буде не тільки опалювати приміщення, але й буде регулювати температуру автоматично та працювати стаціонарно, при чому з можливістю модифікації на потрібну кількість житлових приміщень.

Ідея запрограмованих систем керування кімнатним обігрівачем сягає корінням у вісімнадцяте століття, коли науковці того часу почали перші випробовування. Люди того часу були змушені заходити в кожне приміщення, щоб перевірити температуру самостійно, а потім контролювати заслінки, які регулюють потоком повітря від печі. Автоматична система контролю температури спочатку являла собою систему пневматичного контролю.

До середини двадцятого століття створення автоматичної системи контролю температури отримало помітну популярність на підприємствах і в побуті, а з появою складних інтегральних схем, вони стали лише гнучкішими та чуйнішими. Велика кількість бізнес-товарів для систем автоматичного обігріву приміщень доступна на ринку, але не всі з них такі ж енергоефективності та, або складності в використанні, як інші. При проектуванні такого пристрою маючи найкращий намір, треба дотримуватись простих положень.

Спрощені конструкції машин з меншою кількістю компонентів працюють ефективніше і коштують дешевше. Застарілі механічні технології приводів, часто стають на заводі більш ефективним конструкціям. Ці старі пристрої використовують компоненти, які з часом зношуються і вимагають частого обслуговування.

Доцільним буде покладатись на сучасне програмне забезпечення, яке допомагає усунути багато з цих незручностей, за допомогою інструментів інженер може створювати віртуальні прототипи та аналізувати використання енергії. Такий підхід призводить до підвищення безвідмовності та надійності, що в сукупності знижує загальну вартість володіння системою протягом усього терміну її експлуатації.

					ЕліТ 6.171.00.10.225 ПЗ	Аркуш
						8
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ВИБРАНИМ НАПРЯМКОМ ПРОЕКТУВАННЯ

Аналізуючи сучасний стан існуючих систем забезпечення, можна зробити висновок, що належна увага наділяється високоефективним, енергоощадним та економічним систем. Тому доцільно розрахувати техніко-економічні показники систем теплозабезпечення приміщень наперед.

Найпоширеніший та найдешевший спосіб обігріву будинку - використання газового котла. Існують компроміси у використанні природного газу для опалення. В даний час вартість природного газу нижча, ніж вартість електроенергії на одиницю енергії, і природний газ має тенденцію до нижчих показників викидів від джерел. Однак, він може бути досить складним в установці, газові системи потребують підключення до місцевої розподільчої системи, що передбачає планування, прокладання труб, встановлення та інші витрати.

Газові системи опалення мають нижчий коефіцієнт корисної дії, ніж електричні системи опалення, збільшують вплив на навколишнє середовище, підвищують ризики витоку газу та вихлопних газів. Газове опалення рекомендується для холодного клімату з більш екстремальними тепловими навантаженнями, тоді як електричне опалення рекомендується в більш теплому кліматі[5].

Хоча багато домовласників мають вибір між електричним та газовими системами опалення, все ще існує значна кількість досліджень, що вивчають деякі основні компроміси такого рішення. Наприклад, використання природного газу наразі призводить до менших викидів парникових газів (враховуючи поточну структуру паливного балансу в електроенергетиці).

Газові водонагрівачі, як правило, дешевші в експлуатації і в середньому служать трохи довше, ніж електричні водонагрівачі, і як правило, менш ефективні з точки зору енергоспоживання через втрати енергії через відведення димових газів. Існує безліч технологій, які використовуються як для опалення приміщень, так і для підігріву води. Для централізованого теплопостачання зазвичай

					ЕліТ 6.171.00.10.225 ПЗ	Аркуш
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		9

використовують теплоелектроцентралі, великі вугільні/газові/електричні котли та великі теплові насоси, а для індивідуального опалення - невеликі газові/електричні котли та невеликі теплові насоси з повітряним/земним джерелом [6].

Останнім часом інженери все частіше намагаються поєднати різні технології для опалення житлових приміщень та підігріву води, щоб розробити гібридні опалювальні рішення, які є більш ефективними та економічними. Технології, що використовуються для комбінування, зазвичай включають кілька джерел енергії, в основному газ та електроенергію.

Гібридні опалювальні рішення можуть принести більше переваг завдяки більшій гнучкості використання декількох джерел енергії для опалення приміщень та підігріву води. Наприклад, для системи, яка може гнучко вибирати газ або електроенергію для опалення, коли ціна на електроенергію низька або є надлишкова генерація на місці (наприклад, сонячна генерація), система може використовувати електроенергію для опалення. І навпаки, коли ціна на електроенергію висока, а власної генерації не вистачає, система може використовувати газ для опалення. Таким чином, загальні витрати на опалення можуть бути зменшені.

Інші основні гібридні рішення для опалення включають гібридні газові котли та системи резистивного опалення, а також гібридні теплові насоси та системи резистивного опалення. Гібридні тепловий насос і системи резистивного опалення можуть знизити капітальні витрати на обігрівач порівняно з використанням лише теплових насосів.

Ще одна широко вивчена технологія, яка використовує як газ, так і електрику на рівні домогосподарств, — це мікрокомбінована тепла та електроенергія, хоча в строгому сенсі це не гібридне рішення для опалення, оскільки для опалення використовується лише газ. Низка досліджень вивчала оптимальне планування в розумному будинку, було запропоновано багатоцільову оптимальну стратегію роботи для мТЕЦ для максимальної економії енергії та витрат, управління домашнім навантаженням сформовано за допомогою структури енергетичного центру.

					ЕліТ 6.171.00.10.225 ПЗ	Аркуш
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		10

Гнучке співвідношення газу та електроенергії може споживатися як для опалення приміщення, так і для води. Для опалення приміщень тепло може надходити від споживання газу в настінному котлі або від споживання електроенергії.

Аналогічно, для нагріву води необхідне тепло може знову надходити від споживання газу в настінному котлі, або від споживання електроенергії резистивним нагрівачем, встановленим у накопичувальній ємності, інфрачервоні нагрівачі, тощо. Тому споживання газу та електроенергії гібридною системою опалення необхідно планувати оптимальним чином, щоб мінімізувати експлуатаційні витрати на енергію, одночасно гарантуючи тепловий комфорт.

Багато людей які обирають альтернативи, які легше встановлювати та обслуговувати, стикаються з проблемою, вони можуть бути дорожчими в експлуатації. Наприклад, для обігріву 1м² площі електричним котлом зазвичай потрібно ~100W потужності, а це означає, що для ефективного обігріву будинку площею ста квадратних метрів потрібно близько 10kW. Тому багато хто встановлює хоча й дорожчі, але менш споживчі електричні системи – сучасні конвектори, та інфрачервоні нагрівачі дають змогу знизити витрати багаторазово.

Інфрачервоний обігрівач дає можливість створення комфортного теплового режиму приміщення шляхом автономного підведення променевої теплоти безпосередньо до поверхні або до певної зони опромінення приміщення, що дозволяє значно зменшити теплове навантаження променевої опалювальної системи в порівнянні з конвективною. Промєневе опалення є одним із різновидів опалювальних систем, де в якості джерела теплоти застосовуються інфрачервоні випромінювачі. Воно може застосовуватися в якості самостійного або допоміжного різновиду теплозабезпечення.

Загальновідомо, що електричні обігрівачі 100% своєї потужності перетворюють на тепло. Зазвичай це розуміється так, що всі системи електричного опалення мають однакову ефективність. Хоча й це правда, що всі вони так само ефективно перетворюють електроенергію на тепло, вони не розподіляють вироблене тепло однаково. Таким чином, підвищення ефективності електричних

					ЕліТ 6.171.00.10.225 ПЗ	Аркуш
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		11

обігрівачів залежить від того, як пристрій розподілятиме тепло всередині приміщення для підтримки теплового комфорту.

Інфрачервоне випромінювання не використовує повітря як носій тепла й тому забезпечує оптимальний температурний баланс у всіх приміщеннях. Інфрачервоні обігрівачі забезпечують прискорений, у порівнянні із традиційними системами, прогрів приміщення. Передача тепла від інфрачервоних обігрівачів об'єктам відбувається без інерції. Випромінювач не сушить повітря, не спалює кисень, не піднімає пил і не шумить.

Відомо, що електричне опалення є дорогим видом опалення для промислових. Однак радіаційні обігрівачі є виключенням. Свою найбільшу перевагу інфрачервоне випромінювання розкриває у промислових приміщеннях. Опалення промислових будівель – це складне завдання. У більшості випадків для таких приміщень характерна велика висота стелі, та недостатня теплоізоляція. Використання традиційних водяних, парових або повітряних систем є технічно складним і економічно не вигідним.

Однак радіаційні обігрівачі пропонують енергоефективну та швидку форму електричного опалення, оскільки вони працюють шляхом нагрівання об'єктів, прямо протилежно попередньому нагріванню повітря, що оточує об'єкти, і передачі тепла за допомогою менш ефективних засобів конвекції. Принцип роботи заснований на локальному нагріванні випромінюванням є ідеальним для промислових приміщень. Промєневе опалення обігріває тільки ту площу, де необхідне опалення. В результаті за рахунок випромінювання нагріваються лише окремі області.

Таким чином, можна досягти різних зон обігріву приміщень або окремих робочих місць. Важливо проектувати системи інфрачервоного опалення згідно з існуючими будівельними нормами та з урахуванням методів розрахунку, заснованих на моделюванні процесів теплообміну на поверхні, що нагрівається. При використанні інфрачервоного обігрівача важлива щільність і рівномірність поля променистої енергії в робочій зоні. Так, при променевому нагріванні щільність розподілу теплової енергії в площі поверхні впливу неоднорідна.

									ЕліТ 6.171.00.10.225 ПЗ	Аркуш
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата						12

На рисунку 1 наведено графік розподілу інтенсивності випромінювання в поперечному перерізі приміщення,

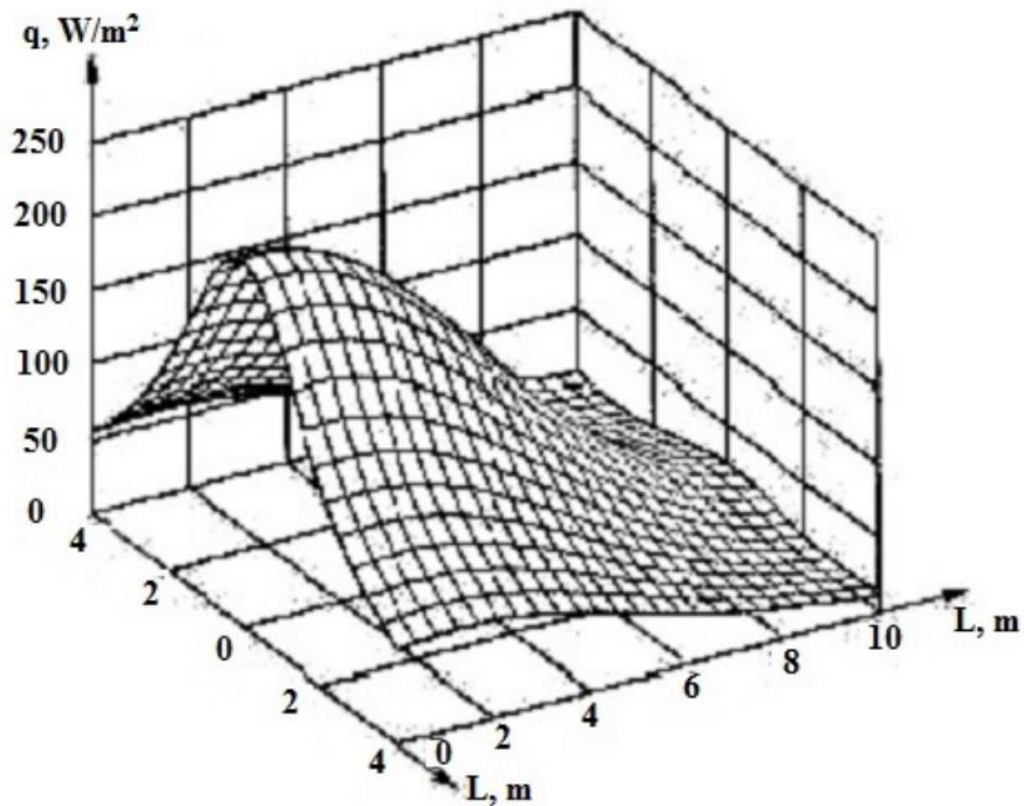


Рисунок 1 – Графік розподілу інтенсивності випромінювання

аналіз якого показує, що при використанні інфрачервоного випромінювання щільність енергії зменшується зі збільшенням відстані від джерела випромінювання [7]. Таким чином, при розрахунках опалення джерелами інфрачервоного випромінювання необхідно знайти точку максимальної інтенсивності випромінювання, щоб забезпечити належний температурний режим. Температура на поверхні інфрачервоного обігрівача впливає на розподіл інтенсивності випромінювання в приміщеннях. Комфортні умови для забезпечення виробничого процесу з використанням інфрачервоного обігрівача залежать від рівномірної температури по всій його площі.

Але ці прилади не мають фазових регуляторів потужності, оскільки фазовий регулятор практично регулює величину ефективної напруги, що надходить на

Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

навантаження. Що важливо, житловий сектор, електричні навантаження, які в основному включають системи системи обігріву/охолодження приміщення, особливо, відповідають за непропорційний внесок у піковий запит із загальним споживанням електроенергії. Зростання пікового попиту може стати серйозним викликом для енергетичних компаній, ведучи до нестабільної мережі електропостачання та принести більше незручностей для повсюдного життя. А даним системам для найоптимальнішого (і економного) режиму потрібна саме номінальна напруга. Тому вони працюють як холодильник, періодично вмикаючись і - вимикаючись.

Доцільним буде використання приладу, котрий буде недопускати одночасне ввімкнення занадто великої кількості нагрівачів, в літературі прикладів таких пристроїв безліч.

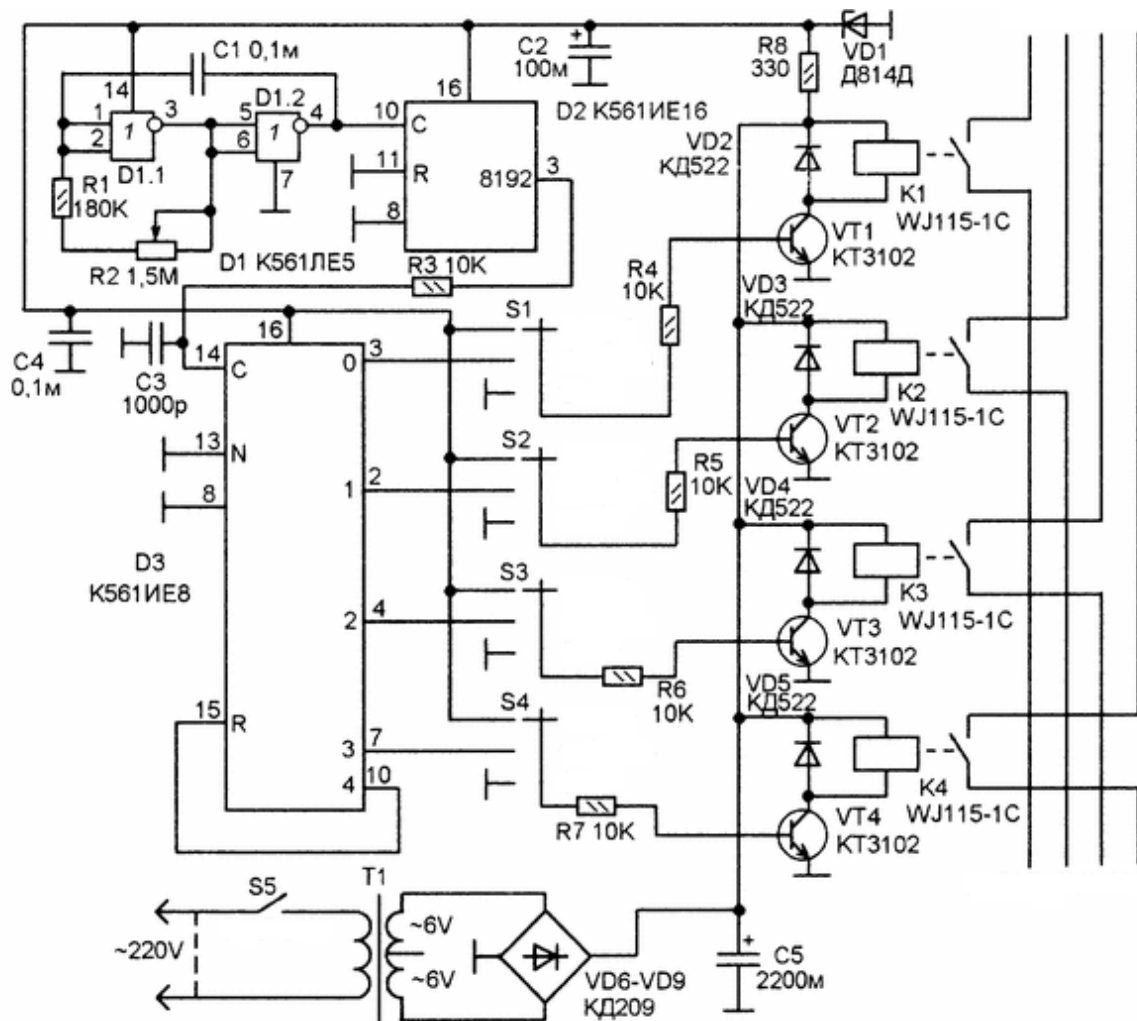


Рисунок 2 – Приклад зниження навантаження на мережу

Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

Така система може складатися з пристрою що споживає потужність (нагрівач) та регулюючого пристрою що вимірює необхідний показник – температуру (термостат). Термостат вимірює температуру в кімнаті і або вмикає нагрівач, або його вимикає. Прилад вмикається в розрив дроту, що йде від термостата до вихідного електронного реле, що вмикає нагрівач. І за допомогою набору електромагнітних реле по черзі встановлює і розриває зв'язок кожного термостата з відповідним вихідним електронним реле.

У результаті до електромережі в один і той самий момент часу не може бути підключено більше одного нагрівача. Це, звісно, повинно суттєво сповільнити процес первинного розігріву приміщень (час збільшується в кількість кімнат–разів). Але після первинного розігріву і виходу на режим підтримки заданої температури практично ніяк не впливає на якість опалення. Але свою функцію воно буде робити справно, пікове навантаження на мережу знижується в кілька разів.

Останні дослідження показали, що споживання енергії в різних типах будівель можна зменшити до 30% за допомогою датчиків і автоматичного керування [8]. У той час як у сучасних будівлях із системами автоматизації будівель використовується комбінація дротових або бездротових датчиків, приводів і систем будівлі, що працюють у кількох мережах усередині будівлі, все більший інтерес визивають недорогі бездротові датчики та засоби керування, які можна використовувати для створення петлі зворотного зв'язку.

Ці системи мають потенціал для забезпечення кращого контролю більшої кількості будівельних систем, таких як механічні системи (наприклад, радіатори, заслінки зі змінним об'ємом повітря, вентилятори, та інші системи, які впливають на споживання енергії та тепловий комфорт. За останні кілька років у різних будівлях були продемонстровані бездротові засоби керування будівлями на основі відкритих платформ.

Ці платформи успішно використовуються для моніторингу якості навколишнього середовища всередині та поза приміщеннями та споживання енергії в будівлях.

										ЕліТ 6.171.00.10.225 ПЗ	Аркуш
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата							15

Схему можна розрахувати на доцільну кількість приміщень, відповідно змінивши число ключів і вивід підключення обнуляючого входу лічильника. Можна встановити кілька режимів. Є загальний «вимикач всього», яким можна вимкнути всі нагрівачі в будинку. Наприклад, якщо потрібно задіяти потужність на щось інше. Обігрівач кожного приміщення можна перемкнути в положення «завжди», при цьому робота автомата на нього не впливає. Можна вимкнути або перевести в режим «черга», при цьому він буде переключатися даним автоматом відповідно до черговості.

Змінним резистором можна регулювати швидкість переключення. Система опалення вважається економічно доцільною, коли при заданому тепловому ефекті сума вкладень і експлуатаційних витрат за даним способом нагріву буде знижена в порівнянні з існуючими рішеннями. При цьому необхідно, щоб додаткові вкладення, викликані подорожчанням кошторисної вартості, окупувалися за рахунок економії експлуатаційних витрат в установленій термін.

Вдосконалення управління і контроль енерговитрат дає можливість аналізувати, планувати та впроваджувати заходи щодо ефективного використання енергоресурсів. Заходи по раціональному енерговикористанню різноманітні і можливі на будь-якому обладнанні, в будь-якому процесі. Однак необхідно враховувати технологічні вимоги у поєднанні з енергетичними, тому такі заходи розробляються в щільній співпраці технологів з обов'язковою техніко-економічною оцінкою.

Як варіант розглянуту систему можна модернізувати за допомогою теплоакumuлюючого акумулятора, принцип роботи якого заснований на накопиченні тепла в акумуляторах, що виготовлені із матеріалів великої теплоємності та нагріваються використовуючи електричну енергію в нічні години.

Беручи до уваги те, що вартість електроенергії вночі в рази нижча від денного тарифу, то застосування теплоакumuлюючого електроопалення дозволить значно скоротити витрати на обігрів приміщення, та зменшити навантаження на систему електропостачання вдень.

Накопичивши достатню кількість тепла акумулятор не споживають електроенергію вдень, а використовується як живлення для розглянутої системи з

										ЕліТ 6.171.00.10.225 ПЗ	Аркуш
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата							16

електроконверторів інфрачервоних обігрівачив, тощо. Величина енерговитрат залежить від ряду факторів.

Для споруд головним фактором є температура зовнішнього повітря, матеріали з яких побудована споруда, наявність теплоізоляції, тип вікон, тип енергообладнання. Задачі управління режимами експлуатації обладнання дуже різноманітні, багато чисельні, та залежать від виду енергоспоживаючого обладнання.

Щоб зробити економічну систему опалення треба виконати основні умови: Встановити облік споживання тепла, електроенергії, організувати правильний розподіл тепла по будівлі, споруді, приміщенню, розробити автоматичне регулювання теплового навантаження, забезпечити ефективність роботи теплообмінного устаткування. Оптимальна теплова схема будівлі при проектуванні має регулювання температури в окремих приміщеннях.

					ЕліТ 6.171.00.10.225 ПЗ	Аркуш
Змн.	Лист	№ документу	Підпис	Дата		17

2 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ФУНКЦІОНУАННЯ ТА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРОЕКТОВАНОГО ПРИСТРОЮ

2.1 Розробка алгоритму функціонування пристрою

Задля дешевизни систему що підтримує температуру можна зробити з набору інфрачервоних обігрівачів, по одному в кожную кімнату. Важливо тільки щоб будинок був добре утеплений. У літературі можна зустріти розрахунки, згідно з якими на 1 м^2 опалювальної площі необхідно 100 W енергії. Таким чином чином що, на опалення невеликого будинку потрібно декілька kW . Якщо порахувати вартість кіловат-години, і помножити на число годин на місяць, то виходить досить велика сума.

Але потрібно врахувати й те, що якщо будинок добре утеплений, і попередньо протоплений, то для підтримки заданої температури тури за допомогою терморегуляторів, розташованих у кожній кімнаті, можна вийти на режим, коли система електрообігріву буде вмикатися всього на кілька хвилин на годину. І все ж, є проблема. Пікове навантаження такої системи становитиме декілька kW , може вийти так, що пікове навантаження на мережу перевищить допустиме значення, адже найчастіше в на будинок виділяють не більше 5 kW . Щоб уникнути перевантаження мережі, потрібно зробити так, щоб усі електронагрівачі не могли вмикатися одночасно.

Тобто, електронна об'язка має складатися не тільки з терморегуляторів, а й із логічної схеми, що унеможлиблює вмикання всіх нагрівачів одночасно. У кожній кімнаті встановлено електрообігрівач, під'єднаний через там же встановлений терморегулятор. Якщо це конвекторний нагрівач, його встановлюють як зазвичай, під вікном.

Логічний блок один на весь будинок. Він послідовно перемикає виходи терморегуляторів, унеможливаючи, таким чином, саму можливість їхнього одночасного ввімкнення. Таким чином розроблений пристрій буде якнайбільш енергозберігаючим та ефективним. Процес починається з ввімкнення

					ЕліТ 6.171.00.10.225 ПЗ	Аркуш
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		18

електроживлення системи. Починає генеруватися тактова частота, що запускає таймер для відліку часу, а лічильник встановлюється на термін від 10 до 60 хвилин, залежно від задачі. Далі обираються режими роботи, після чого перевіряється, чи температура знаходиться в нормальному діапазоні. Якщо температура не відповідає нормі, система повертається до етапу вибору режиму роботи, де здійснюється коригування параметрів.

Паралельно з цим термодатчик вимірює поточну температуру, а система встановлює необхідний діапазон температур. Потім параметри сигналів з датчиків порівнюються з встановленими значеннями. Якщо температура відповідає нормі, система переходить до наступного етапу, інакше повертається до вибору режиму роботи для подальшого коригування параметрів.

Коли температура в нормі, за допомогою гальванічного елемента відбувається ізоляція різних частин схеми, що забезпечує безпеку роботи системи. Далі система підключається до мережі живлення, і здійснюється комутація нагрівача, (включення або відключення нагрівача), який підвищує температуру до необхідного рівня. На цьому етапі процес завершується.

Ця система працює у взаємозв'язку компонентів, де генерація тактової частоти, робота таймера і лічильника, вимірювання температури термодатчиком, порівняння параметрів сигналів з датчиків, використання гальванічного елемента для ізоляції та управління нагрівачем формують комплексний процес керування температурою, який забезпечує підтримання її в заданому діапазоні. Алгоритм функціонування пристрою наведений на рисунку 3.

					ЕліТ 6.171.00.10.225 ПЗ	Аркуш
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		19

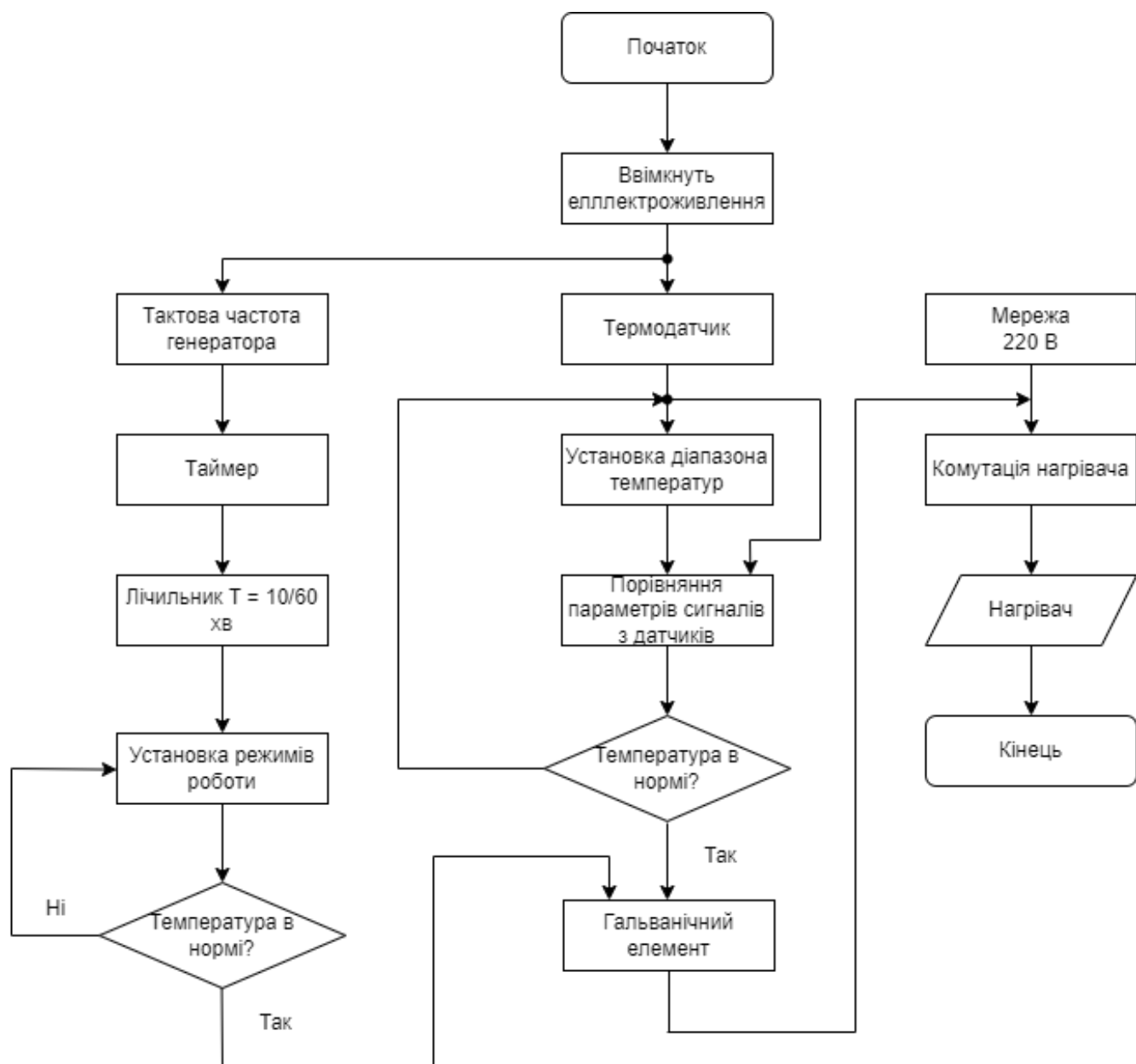


Рисунок 3 – Алгоритм функціонування пристрою

Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

2.2 Розробка структурної схеми пристрою

Структурна схема пристрою наведена на рисунку 4. Початок процесу починається з вимірювання температури термодатчиком, який зчитує поточні значення. Дані з термодатчика надходять до блоку установки діапазону температур, де задається необхідний обсяг. Після сигнал потрапляє в блок регулювання температури, де він аналізується та порівнюється з заданим діапазоном температур. Компаратор порівнює виміряну температуру з встановленим діапазоном і подає сигнал залежний від температури. Якщо температура виходить за межі встановленого діапазону, компаратор дає сигнал ключу, який вмикає або вимикає нагрівач, підключений через оптопару

Інша частина схеми складається з генератора з частотою 3/25 Гц, який забезпечує стабільний тактовий сигнал для системи. Тактовий сигнал регулюється регулятором тактової частоти, який підключений до лічильника з параметром $F = 16384$. Лічильник передає інформацію двійково-десятковому лічильнику, який контролює блок установки режимів роботи.

Стан управління кожного нагрівача можна змінювати (Блоком установки режимів роботи). Для цього використовуємо перемикачі S1, S2 і S3. У кожного з них є три положення «завжди», «черга» і «викл». У положенні «завжди» на роботу цього терморегулятора таймер ніяк не впливає. Це приміщення отримує позачерговий обігрів. У положенні «черга» терморегулятор вмикається згідно з черговістю, яку створює таймер. У положенні «викл» - цей терморегулятор, а разом з ним і нагрівач, вимкнені.

Таким чином, вся система працює у взаємозв'язку компонентів, де кожен елемент виконує свою роль для досягнення основної мети — підтримання заданої температури в системі. Генерація тактової частоти, робота лічильника, вимірювання температури термодатчиком, фільтрація сигналів, порівняння з встановленими параметрами, використання ключа формують комплексний процес керування температурою.

					ЕліТ 6.171.00.10.225 ПЗ	Аркуш
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		21



Рисунок 4 – Структурна схема пристрою

Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

3 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМ ПРИСТРОЮ

Функціональна схема пристрою наведена на рисунку 5. Функціональна схема є образом по якому будується схема. В основі схеми пристрій керування електроопаленням будинку.

Функціональна схема містить три однакових терморегулятори та логічний таймер на логічних схемах. Термодатчик LM335A2 працює як стабілітрон, напруга стабілізації якого чітко залежить від температури. Залежність напруги від температури лінійна, і становить $0,01V$ на один градус за шкалою Кельвіна. Тобто, при $0^{\circ}C$ на ньому $2,73V$. За $+5^{\circ}C$ напруга буде $2,78V$. а за $+25^{\circ}C$ напруга $2,98V$. Напруга на датчику стабільна, і не залежить від коливань напруги живлення.

Разом із резистором R5 термодатчик VD1 утворює параметричний стабілізатор, регульований під впливом температури. Напруга з нього надходить на прямий вхід операційного підсилювача, на якому зроблено компаратор.

Ланцюжок C3-R4-R6 служить для придушення перешкод і наведень, які можуть наводитися на датчик (особливо при використанні ІЧ-обігрівачів). На інверсний вхід надходить опорна напруга від ланцюга R7-R8-R9 і параметричного стабілізатора на стабілітроні VD2. Зміною цієї опорної напруги налаштовують терморегулятор на певну температуру перемикання. Органом встановлення температури є змінний резистор R8. Межі його регулювання обмежені підлаштуваннями резисторів R7 і R9. Причому, R8 встановлює нижнє значення температури, а R9 верхнє. Резистори взаємозалежні, оскільки деякою мірою шунтують один одного. Тому під час налагодження потрібно встановлювати верхню і нижню межу, діючи методом послідовних наближень.

Невеликий гістерезис, необхідний для унеможливлення пульсації регулятора, створюється резистором R12. Конденсатор C6 унеможливорює самозбудження на високих частотах. Коли температура нижча за задану, напруга на VD1 така, що на прямому вході операційного підсилювача нижча за напругу на його інверсному вході (встановленої резистором R8). Операційний підсилювач, при цьому, працюючи як компаратор, встановлюється в стан низької напруги на виході.

					ЕліТ 6.171.00.10.225 ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		23

Якщо у цей час транзистор VT1 відкритий – тобто, на його базу надходить напруга достатня для відкривання, то потече струм через світлодіод оптопару U1, відкриється симистор VS1 і підключить до електромережі нагрівач У процесі роботи нагрівача температура в приміщенні підвищуватиметься. Щойно температура досягне заданої і ледь перевищить її, напруга на прямому вході стане вищою за напругу на інверсному вході.

На виході встановиться висока напруга. Струм через світлодіод U1 припиниться і нагрівач вимкнеться. Терморегулятори регулюються загальним таймером перемикачем на мікросхемах. Керування здійснюється почерговим відкриванням транзисторів VT1. Терморегулятори з таймером з'єднуються кабелем.

Таймер дає змогу встановити кілька режимів роботи. Вимикач S4 вимикає все живлення низьковольтної схеми, як таймера, так і терморегуляторів. При цьому всі нагрівачі так само вимикаються, оскільки закриваються симісторні ключі, через які на них надходить живлення.

Це одночасне вимкнення всіх нагрівачів. Швидкість перемикання терморегуляторів встановлюється змінним резистором R2, який регулює тактову частоту таймера. Генератор на елементах мікросхеми D1 генерує імпульси частотою. Частоту регулюють змінним резистором R2. Ці імпульси надходять на лічильник D2. Це двійковий 14 – розрядний лічильник, який ділить частоту імпульсів на 16384.

У результаті на виході лічильника D2 утворюються імпульси наступні з періодом від 10 хвилин до 1 години. А регулюється цей період змінним резистором R2. З виходу D2 імпульси поступають на двійково-десятичний лічильник D3, який власне і слугує перемикачем термо–регуляторів. Ланцюг R3-C2 служить для усунення коротких паразитних імпульсів, які бувають на виходах деяких екземплярів лічильників K561.

					ЕліТ 6.171.00.10.225 ПЗ	Лист
						24
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

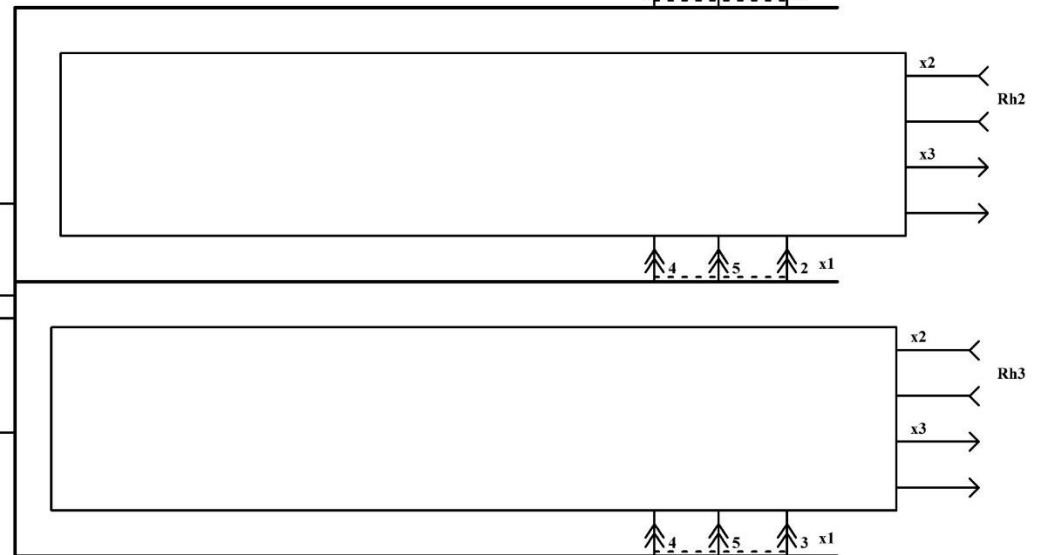
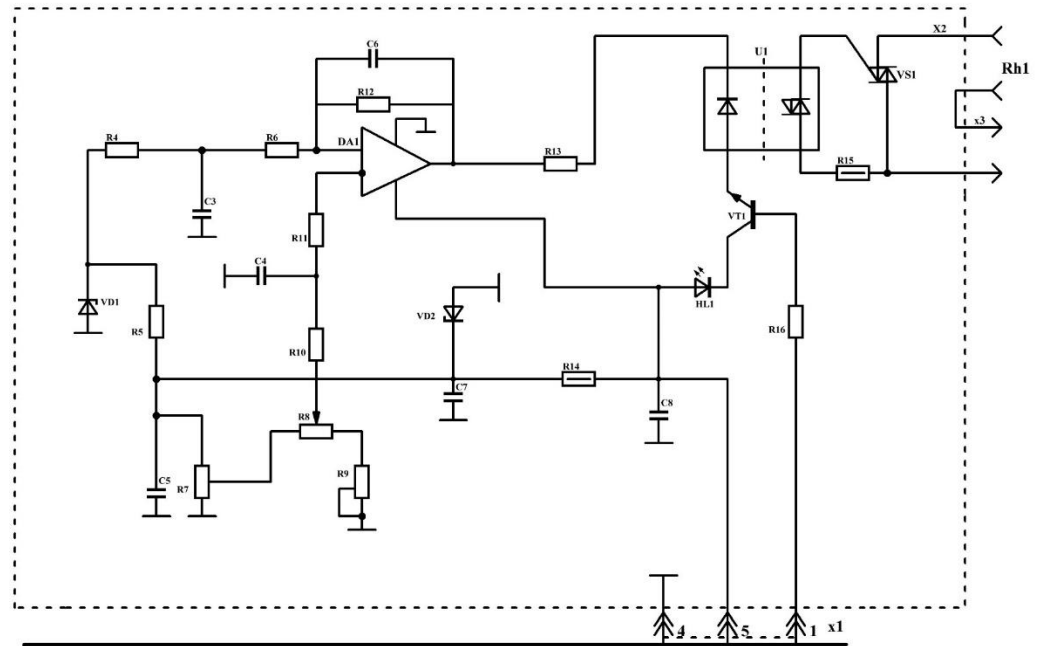
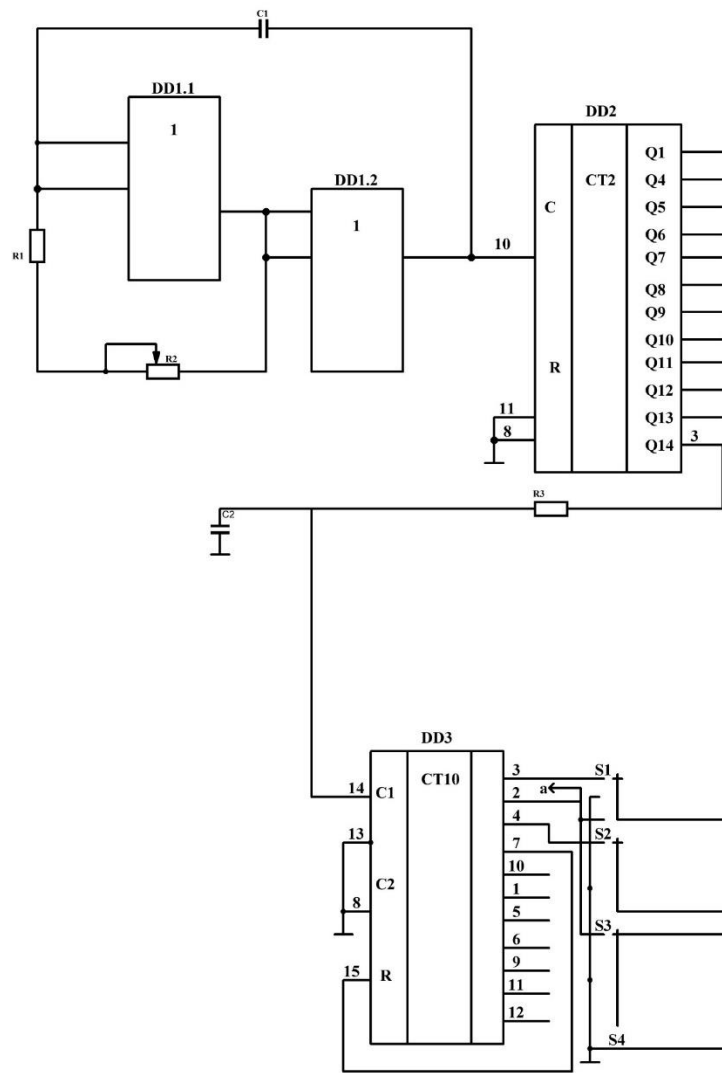


Рисунок 5 – Функціональна схема пристрою

Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

ЕліТ 6.171.00.10.225 ПЗ

Л и с т

25

4 РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК ВУЗЛІВ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ

4.1 Вибір елементної бази

За основу генератор на елементах мікросхеми D1 було взято K561JE5. Мікросхема K561JE5 — Цифрова мікросхема серії КМОП. Являє собою чотири логічні елементи 2АБО-НІ. Нумерація ніг елемента починається від ключа на корпусі проти годинникової стрілки. Структурна схема K561JE5 зображена на рисунку 5. Технічні дані K561JE5 наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Технічні дані K561JE5:

Кількість виводів	14
Інтервал робочих температур	від -10 до +70 °С
Споживаний струм	<5 mA
Напруга живлення	3 — 15 V
Вихідна напруга низького рівня	<0,01 V
Вихідна напруга високого рівня	>9,99 V
Вихідний струм низького рівня	>0,6 mA
Вихідний струм високого рівня	>0,25 mA
Вхідний струм низького рівня	<0,2 mA

Таблиця 2 – Стан мікросхеми К561ЛЕ5:

Вхід		Вихід
A (C) (E) (G)	B (D) (F) (H)	A+B (C+D) (E+F) (G+H)
B	x	H
x	B	H
H	H	B

Функціональна схема К561ЛЕ5 наведена на рисунку 6:

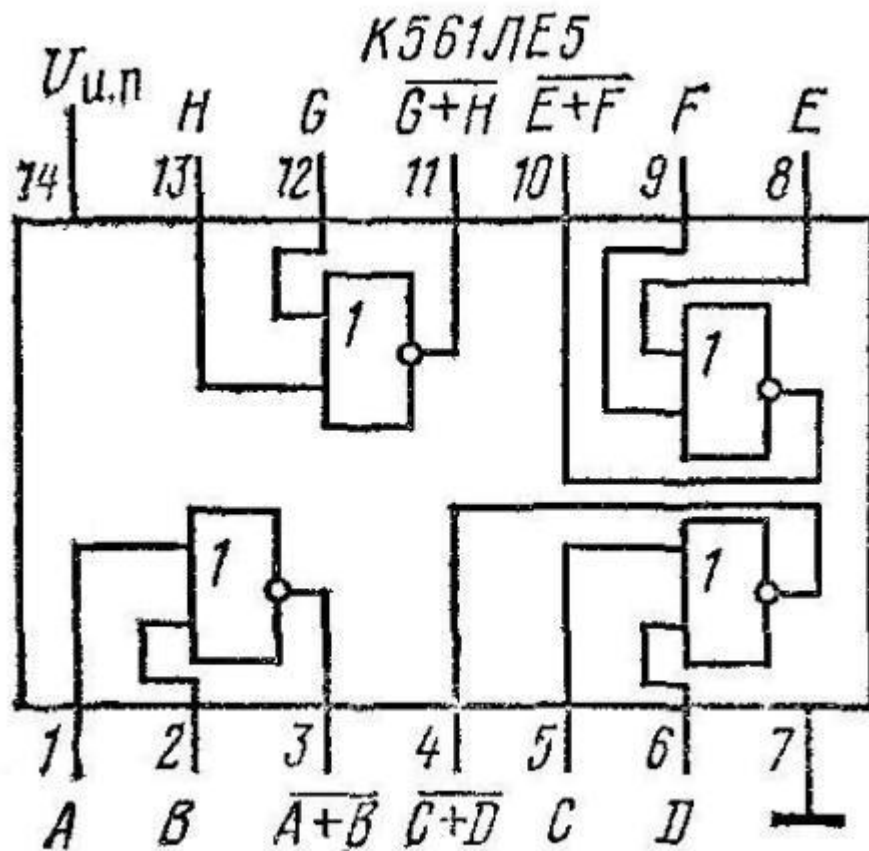


Рисунок 6 – Функціональна схема К561ЛЕ5

За основу лічильника D2 взято К561ІЕ16, це двійковий 14 – розрядний лічильник, який ділить частоту імпульсів на 16384. Цифрова інтегральна мікросхема, працює на КМОН лозіці. Призначені для роботи у вузлах та блоках радіоелектронної апаратури загального призначення. Широко застосовувалася в

побутовій апаратурі, в годинниках, часто використовувалася радіоаматорами під час створення пристроїв, задля проведення радіозв'язку. Технічні дані К561ІЕ16 наведені в таблиці 3.

Мікросхема К561ІЕ16 містить 14-розрядний асинхронний лічильник (лічильник пульсацій), що дає на своїх виходах Q0-Q13 16384 двійкових відліків. Лічильник К561ІЕ16 має вихідний каскад, що формує тактові імпульси. Вихідний провід Q0 отримує сигнал від буферного інвертора. Лічильник К561ІЕ16 скидає вихідні сигнали в нуль при напрузі високого рівня на вході скидання R. Вміст лічильника збільшується відповідно до кожного негативного перепаду тактового імпульсу. Максимальна тактова частота досягає 3 МГц, тривалість імпульсу скидання має перевищувати 550 нс.

Таблиця 3 – Технічні дані К561ІЕ16:

Кількість виводів	16
Інтервал робочих температур	від -45 до +85°C
Споживаний струм	0,2 mA
Час затримки поширення	<3300 ns
Напруга живлення	3 — 15 В
Вхідний струм низького рівня	0,12 mA
Вихідна напруга низького рівня при впливі перешкоди при $U_{п} = 10 \text{ В}$	$\leq 1 \text{ В}$
Вихідна напруга високого рівня при дії перешкоди при $U_{п} = 10 \text{ В}$	$\geq 9 \text{ В}$
Струм споживання при $U_{п} = 15 \text{ В}$	$\leq 20 \text{ mA}$
Вхідний струм низького (високого) рівня при $U_{п} = 15 \text{ В}$	$\leq 0,3 \text{ mA}$
Вихідний струм низького рівня при $U_{п} = 10 \text{ В}$	$\geq 0,35 \text{ mA}$
Вихідний струм високого рівня при $U_{п} = 10 \text{ В}$	$\geq 0,35 \text{ mA}$

Час затримки розповсюдження під час увімкнення (вимкнення) при $U_{п} = 10$ за висновками від 10 до 9	≤ 340 нс
Час затримки поширення при включенні при $U_{п} = 10$ В за висновками від 11 до 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 12, 13, 14, 15	≤ 900 нс
Максимальна тактова частота при $U_{п} = 10$ В	≥ 4 МГц

Розміщення виводів К561ИЕ16 наведено на рисунку 7 та 8:

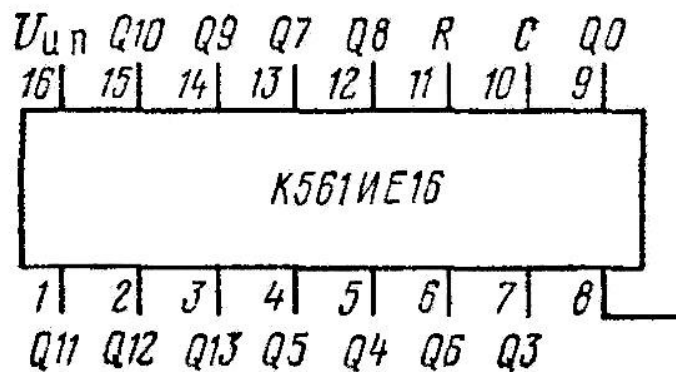


Рисунок 7 – Функціональна схема К561ИЕ16

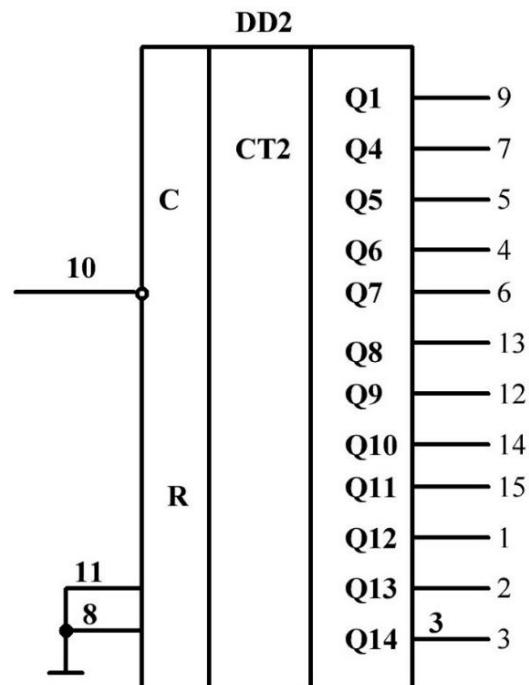


Рисунок 8 – Функціональна схема К561ИЕ16

Призначення виводів К561ИЕ16:

- 1 - вихід 12 розряду;
- 2 - вихід 13 розряду;
- 3 - вихід 14 розряду;
- 4 - вихід 6 розряду;
- 5 - вихід 5 розряду;
- 6 - вихід 7 розряду;
- 7 - вихід 4 розряду;
- 8 – загальний;
- 9 - вихід 1 розряду;
- 10 - тактовий вхід С;
- 11 – вхід установки 0 R;
- 12 - вихід 9 розряду;
- 13 - вихід 8 розряду;
- 14 - вихід 10 розряду;
- 15 - вихід 11 розряду;
- 16 – живлення.

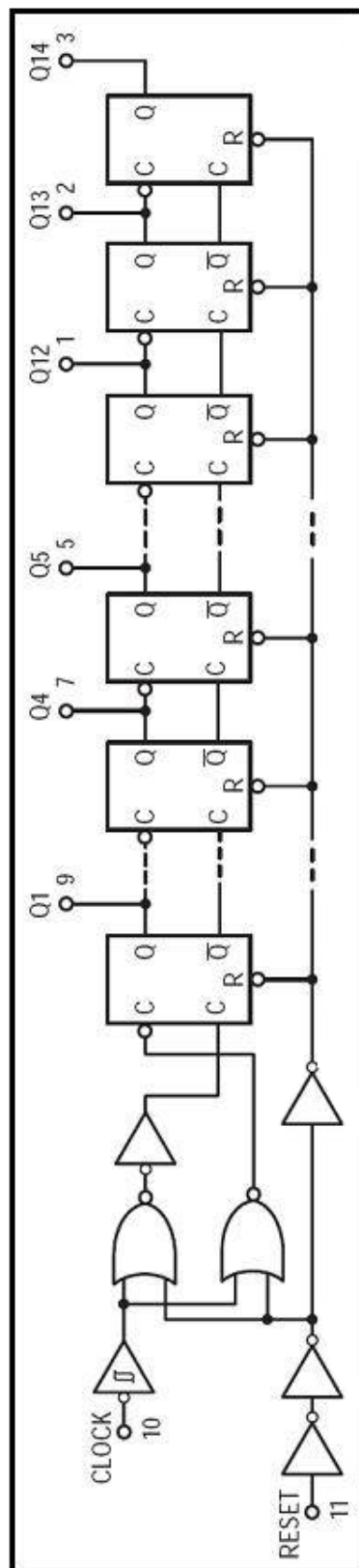


Рисунок 9 – Принципова схема К561ИЕ16

Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата
------	------	-------------	--------	------

За основу лічильника D3, який слугує перемикачем термо–регуляторів взято двійково-десятичний K561IE8 із позиційними виходами зі скиданням у початковий стан і заборонений лічби. Цифрова інтегральна мікросхема КМПІ логіки. Вихід, що відповідає кількості вхідних імпульсів, є в стані Н, а інші позиційні виходи — у стані L. Вихід перенесення (Co) є в потенціалі L під час кодових комбінацій "5-9". Технічні дані K561IE8 наведені в таблиці 4.

Таблиця 4 – Технічні дані K561IE8:

Кількість виводів	14
Інтервал робочих температур	від -45 до +70 °С
Напруга живлення	3 — 15 V
Споживаний струм	<5 mA
Кількість разрядів	5
Частота вхідного сигналу	2 МГц
Струм споживання при максимальній напрузі живлення	0,2 mA
Вихідний струм низького рівня	0,18 mA
Вихідний струм (0)	0,6 mA
Вихідний струм (1)	0,25 mA
Вихідна напруга (0)	0,01 В
Вихідна напруга (1)	Напруга живлення

Розміщення виводів К561ИЕ8 наведено на рисунку 10:

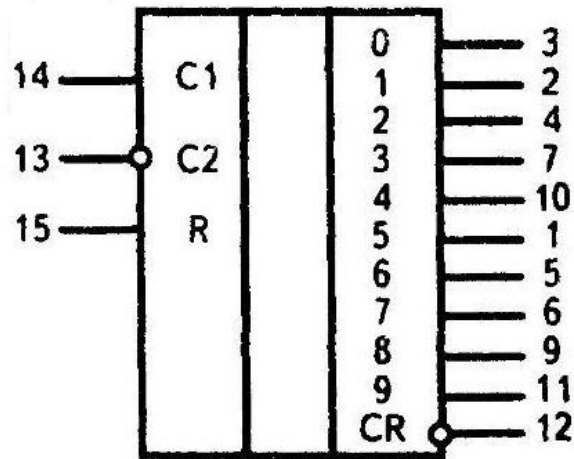


Рисунок 10 – Функціональна схема К561ИЕ8

Призначення виводів К561ИЕ8:

13, 14 – тактовий вхід;

1–7, 9–11 виходи;

12 – вихід переноса;

15 – вхід установки 0;

8 – загальний;

16 – живлення;

Принципова схема К561ИЕ 8 наведена на рисунку 11:

Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

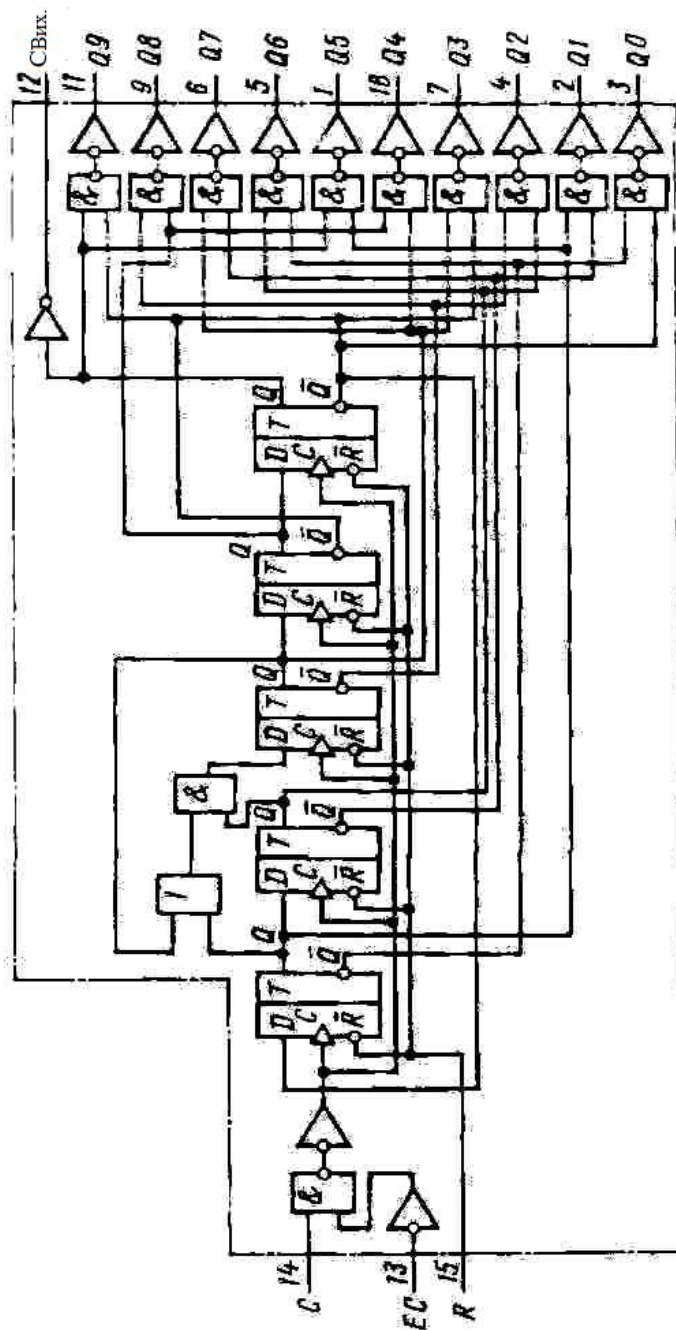


Рисунок 11 – Принципова схема К561ІЕ 8

4.2 Розрахунок основних вузлів принципової схеми

4.3.1 Розрахунок параметричного стабілізатора для терморегулятора.

Початкові дані для розрахунку:

- напруга у навантаженні - $U_{ст} = 5,0 \text{ В}$;
- струм навантаження - $I_{н} = 1,52 \text{ мА}$;

Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

– напруга живлення стабілізатора – $U_{ж} = 9,0 \text{ В}$;

– опір навантаження $R_{н} = 3,3 \text{ кОм}$.

Схема параметричного стабілізатора наведена на рис. 12.

Розрахунок виконується з вибору стабілітрона на задану напругу і струм у навантаженні та розрахунку опору обмежувального резистора $R_{обм}$, який обмежує струм стабілітрона.

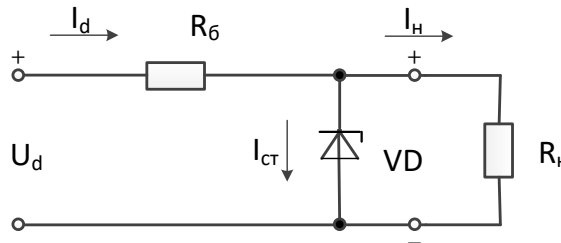


Рисунок 12 – Параметричний стабілізатор напруги

1. Згідно першому закону Кірхгофа, струм через обмежувальний резистор $R_{обм}$, дорівнює:

$$I_{R_{обм}} = I_{нст} + I_{н} \quad (1)$$

де $I_{н} = U_{ст} / R_{н} = 5,0 / 3,3 \cdot 10^3 = 1,52 \text{ мА}$ - струм у навантаженні,

$I_{нст} = 10,6 \text{ мА}$ – номінальний струм стабілітрона.

Тоді $I_{R_{обм}} = I_{нст} + I_{н} = 1,52 + 10,6 = 12,12 \text{ мА}$.

2. Згідно другому закону Кірхгофа:

$$U_{ж} = U_{R_{обм}} + U_{ст}, \quad (2)$$

де $U_{R_{обм}} = I_{R_{обм}} \cdot R_{обм}$ – напруга на обмежувальному резисторі.

Після підстановки $U_{R_{обм}}$ в формулу (2), отримаємо:

$$U_{ж} = I_{R_{обм}} \cdot R_{обм} + U_{ст}, \text{ звідкіля визначимо величину } R_{обм}:$$

$$R_{обм} = (U_{ж} - U_{ст}) / I_{R_{обм}} = (9 - 5) / 12,12 = 330 \text{ Ом}.$$

3. Потужність, яка розсіюється на резисторі $R_{обм}$, визначимо за формулою:

$$P_{R_{обм}} = I_{R_{обм}}^2 \cdot R_{обм} = 12,12^2 \cdot 10^{-3} \cdot 330 = 48 \text{ мВт} = 0,048 \text{ Вт}.$$

					ЕліТ 6.171.00.10.225 ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		34

4.3.2 Розрахунок ключа на БТ в схемі індикації режимів роботи пристрою.

Початкові дані для розрахунку:

- напруга джерела живлення $U_{ж} = 9В$;
- струм світлодіода АЛ307А $I_{VD} = 20мА$;
- напруга на світлодіоді $U_{VD} = 2,0 В$;
- напруга на вході ключа $U_{вх} = 1,6В$.

Для реалізації схеми ключа на БТ вибираємо транзистор n-p-n провідності КТ3102А призначений для використання у підсилювачах з широким діапазоном частот апаратури загального призначення. Імпортований аналог: 2N2476, BSX66.

Параметри транзистора КТ3102А:

- максимальна напруга колектор-емітер $U_{ке} = 25В$;
- максимальний струм колектора $I_{кmax} = 100мА$;
- потужність розсіювання на колекторі $P_{кmax} = 150мВт$;
- статичний коефіцієнт підсилення транзистора $h_{21e} = 30-120$;
- максимальна напруга емітер-база $U_{бemax} = 6В$;
- гранична частота $f_{гр} = 250МГц$.

1. Розрахуємо опір у ланцюзі колектора за формулою:

$$R_k = \Delta U_{Rk} / I_k, \text{ де } \Delta U_{Rk} = U_{ж} - \Delta U_{VD} - \Delta U_{VT}. \quad (3)$$

$\Delta U_{VD} = 2,0В$ – падіння напруги на світло діоді,

$\Delta U_{VT} = 0,2В$ – падіння напруги на відкритому транзисторі,

$I_k = I_{VD} = 20мА$ – струм колектора, тоді

$$\Delta U_{Rk} = U_{ж} - \Delta U_{VD} - \Delta U_{VT} = 9 - 2 - 0,2 = 6,8В.$$

$$R_k = \Delta U_{Rk} / I_k = 6,8 / 40 \cdot 10^{-3} = 170 \text{ Ом.}$$

Потужність яка розсіюється на резисторі:

$$P_{Rk} = I_k^2 \cdot R_k = 0,042 \cdot 170 = 0,27Вт.$$

Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

2. Розрахуємо опір у ланцюзі бази.

$$R_6 = \Delta U_{R6} / I_6, \text{ де } \Delta U_{R6} = U_{\text{вх}} - \Delta U_{\text{бe}}.$$

$U_{\text{бe}} = 0,6\text{В}$ – напруга на переході база-емітер.

Струм бази визначимо з виразу: $I_6 = I_k / \beta$, де $\beta = h_{21e} = 30$ – коефіцієнт підсилення транзистора.

$$\Delta U_{R6} = U_{\text{вх}} - \Delta U_{\text{бe}} = 1,6 - 0,6 = 1,0\text{В}.$$

$$I_6 = I_k / \beta = 40 / 30 = 1,33\text{мА}.$$

$$R_6 = \Delta U_{R6} / I_6 = 1,0 / 1,33 \cdot 10^{-3} = 752 \text{ Ом}.$$

Приймаємо $R_6 = 750 \text{ Ом}$.

Потужність яка розсіюється на резисторі:

$$P_{R6} = I_6^2 \cdot R_6 = 0,00132 \cdot 750 = 1,3 \text{ мВт}.$$

					ЕліТ 6.171.00.10.225 ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		36

ВИСНОВОК

У результаті виконання бакалаврської роботи детально розглянуто процес виготовлення пристрою, призначеного для управління електричним опаленням будинку. Проведена робота охопила етапи від огляду технічної літератури до розробки алгоритму функціонування, структурної схеми, функціональної схеми, принципової схеми пристрою.

На проектуючому етапі було взято за ціль створення системи, орієнтованої на користувача, , котра спрощує контроль температури, та забезпечуючи оптимальне використання енергії. Почато було з профілювання майбутнього електронного пристрою, котрий при потребі міг би забезпечувати теплом при ненааявності центрального опалення.

Було визначено, що нагрівальна потужність такого пристрою повинна бути достатньо великою, щоб забезпечити потрібний рівень комфорту. Поєднання великої нагрівальної потужності з автоматичною, стаціонарною роботою стало завданням на меті.

Потребувалось спроектувати такий пристрій котрий буде досить потужним, та не буде перевищувати ліміт на одночасне споживання електроенергії. Рішенням стало використання логічного блоку на мікросхемах, котрий буде недопускати одночасне ввімкнення більше ніж одного нагрівача.

Ключові компоненти, такі як мікросхеми, термостат та гальванічний елемент, були обрані на основі їх надійності та сумісності. Проаналізувавши температуру було вибрано економні елементи з урахуванням довговічності.

У цій роботі представлений повний огляд процесів, пов'язаних із виготовленням пристрою для керування електричним опаленням будинку, котрий відповідає стандартам якості націлених на вузьку специфіку. Знання та результат, отримані в результаті цієї роботи, підкреслюють важливість дотримання балансу при проектуванні та дотримання різнопланового підходу для вирішення поставлених задач.

					ЕліТ 6.171.00.10.225 ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ документу	Підпис	Дата		37

ЛІТЕРАТУРА

1. Eurostat. Epp.eurostat.ec.europa.eu; 2018. < <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>>
2. Закон України «Про енергозбереження», Відомості Верховної Ради України. – 1994. – №30. – с. 283.
3. Santamouris M, Papanikolaou N, Livada I, Koronakis I, Georgakis C, Argiriou A, Assimakopoulos DN. On the impact of urban climate on the energy consumption of building. Sol Energy 2001;70(3):201–16.
4. Ridge, R. S., & Watts, R. K. (1987). Reducing Dependence on Central Electric Heating Systems: An Evaluation of an Experimental Program. Evaluation Review, 11(3), 327–336.
5. O’Rear, E., Webb, D., Kneifel, J., & O’Fallon, C. (2019). Gas vs electric: Heating system fuel source implications on low-energy single-family dwelling sustainability performance. Journal of Building Engineering, 25, 100779.
6. David A, Mathiesen BV, Averfalk H, et al. Heat roadmap Europe: large-scale electric heat pumps in district heating systems. Energies 2017;10:578.
7. Bakowski K. Siesi I instalacje gazowe. Wyd. Naukowo-Technciczne, Warszawa, 2002.
8. N.E.P.Fernandez, S. Katipamula, W. Wang, Y. Xie, M. Zhao, C.D. Corbin, Impacts of commercial building controls on energy savings and peak load reduction; Pacific Northwest National Lab. (PNNL), Richland, WA (United States), 2017
9. Новгородцев А. І. , Шевцов Б. В. Електроніка для економічного опалення будинку. ЕЛІТ Фізика, електроніка, електротехніка ФЕЕ – 2024

										Лист
										38
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	ЕліТ 6.171.00.10.225 ПЗ					

Позначення.	Назва	Кіл.	Додаток
	Конденсатори		
C1,C3,C4,C5	VJ0805Y104KXAM – 0,1 мкФ ±10%	4	
C2	K53-1A-16B -1000 пкФ	1	
C6	K53-1A-16B -10 пкФ	1	
C7	K50-25B – 4,7 мкФ	1	
C8	K50-25B - 100 мкФ	1	
	Індикатори		
HL1	АЛ307А	1	
	Мікросхеми		
DD1	K561JE5	1	
DD2	K561IE16	1	
DD3	K561IE8	1	
DA1	K140УД608	1	
	Оптопари		
U1	АОУ160А	1	
	Діоди		
VD2	КС147А	1	
VS1	КУ208Г	1	
	Резистори		
R1	МЛТ-0,25-180кОм ±5%	1	
R2	CF-25 (С1-4) -1,5 мОм ±5%	1	
R3	МЛТ-0,25 -10кОм ±5%	1	
R4,R10	МЛТ-0,25-4,7кОм ±5%	2	
R5,R6	МЛТ-0,25-2,0кОм ±5%	2	
R7	CF-25 (С1-4) -3,3кОм ±5%	1	
R8	CF-25 (С1-4) -6,8 кОм ±5%	1	
R9	CF-25 (С1-4) -4,7 кОм ±5%	1	
R11	МЛТ-0,25-2,0кОм ±5%	1	
R12	МЛТ-0,25-10мОм ±5%	1	
R13	МЛТ-0,25-3,9кОм ±5%	1	
R14	МЛТ-0,25-330Ом ±5%	1	

					ЕЛІТ 6.171.00.10 225 ПЕ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			
Розробив.	Шевцов				Лит.	Лист	Листів
Перевірив.	Новгородцев					39	40
Н. контр.	Гапич				Сум ДУ гр. ЕС –01		
Утверд.	Опанасюк						
					Пристрій керування електроопаленням будинку. Перелік елементів.		

Позначення	Назва	Кіл.	Додаток
R15	МЛТ-0,25-100 Ом ±5%	1	
R16	МЛТ-0,25-3,0 кОм ±5%	1	
	Транзистори		
VT1	КТ3102А	1	

ЕЛІТ 6.171.00.10 225 ПЕ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
Розробив.	Шевцов			
Перевірив.	Новгородцев			
Н. контр.	Гапич			
Утверд.	Опанасюк			

Лит.	Лист	Листів
	40	40

Пристрій керування електроопаленням будинку.
Перелік елементів.

Сум ДУ гр. ЕС -01

