МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. Потебні

Кафедра електроніки, інформаційних систем
та програмного забезпечення
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

перший(бакалаврський)
(рівень вищої освіти)

на тему *«Розробка термостабілізатора з цифровою індикацією»*

Виконав: студент (ка) *4* курсу, групи *6.1532*
спеціальності *153 (176) Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва спеціальності)
освітньої програми *Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва освітньої програми)
Лисюк Б.А.
(ініціали та прізвище)

Керівник *доцент кафедри ЕІСПЗ, доцент, к.т.н. Небеснюк О.Ю.*
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент *інженер-конструктор Конструкторського бюро Колосова Григор'єва І.К.*
'(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. Потебні

Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
(перший (бакалаврський) рівень
Спеціальність 153 (176) Мікро- та наносистемна техніка
(назва)
Освітня програма Мікро- та наносистемна техніка
(шифр)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка кафедри Т. В.Критська
«03» червня 2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВУЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Лисюку Богдану Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *Розробка термостабілізатора з цифровою індикацією*
керівник кваліфікаційної роботи бакалавра *Небеснюк О.Ю., к.т.н.,доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від «*23» 12. 2025 р. № 1830-с*
2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи бакалавра *03.06.2026р.*
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра*: термостабілізатор: дискретний режим роботи; цифрова індикація; діапазон температури, °С - 0 ... 99,9; роздільна здатність, °С +/- 0,1; точність підтримки (вимірювання) температури, °С від + / -0,1 до + / -0,5; час зчитування температури, 1 с; час роботи нагрівача, 3 с.*
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *1 Температура як фізична величина. ІІ вплив на мікроелектронні пристрої. 2 Термостабілізатор на базі напівпровідникового діоду 3 Охорона праці та техногенна безпека*

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

Л1 Структурна схема термостабілізатора Л2 Схема електрична принципова Л3 Топологія друкованої плати та результати моделювання.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи бакалавра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
I	*Небеснюк О.Ю.*	*24.02.2026*
II	*Небеснюк О.Ю.*	*09.05.2026*
III	*Небеснюк О.Ю.*	*30.05.2026*

7. Дата видачі завдання *20.10.2025р.*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	строк виконання етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Примітка
1	*Аналіз літератури за темою кваліфікаційної роботи*	*03.11.25 - 30.12.25*	
2	*Аналіз методів вимірювання температури*	*05.01. -02.02.*	
3	*Розробка схеми електричної принципової термостабілізатора*	*09.02. -06.04.*	
5	*Моделювання генератора*	*07.04. -01.05.*	
6	*Розробка топології друкованої плати*	*02.05. -09.05.*	
7	*Розділ охорони праці та техногенної безпеки*	*13.05. -20.05.*	
8	*Оформлення пояснювальної записки, виконання креслень*	*21.05. -29.05.*	

студент _____ *Лисюк Б.А.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) _____ *Небеснюк О.Ю.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ *Верьовкін Л. Л.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить 62 сторінки, 17 рисунків, 4 таблиці, 21 джерело літератури.

Об’єкт дослідження – пристрої контролю та підтримки температури.

Мета роботи –розробка приладу, що базується на активному методі вимірювання температури оточуючого середовища і дозволяє виводити результати моніторингу на екран.

Задачі роботи: провести аналіз методів та приладів для вимірювання температури навколишнього середовища; розробити структурну та схему електричну принципову термостабілізатора; розрахувати елементи схеми; розробити топологію друкованої плати та 3D модель приладу .

Методика досліджень – моделювання приладу за допомогою програмного забезпечення SPlan, розробка топології печатної плати за допомогою Sprint Layout.

Короткий виклад результатів досліджень – розроблено термостабілізатор, що реєструє та підтримує температуру в межах 0-99,9^{0}C , має цифрову індикація виміряної температури та можливість завдання температури шляхом програмування у двійковому коді.

Прогнозні пропозиції – запропонований прилад може використовуватися для підтримки заданого температурного режиму у житлових та промислових приміщеннях.

ТЕМПЕРАТУРА, ДАТЧИК, ГЕРМАНІЄВИЙ ДІОД, СТАБІЛІЗАЦІЯ, ЦІФРОВА ІНДИКАЦІЯ, ПРОГРАМУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ, СХЕМА

Кваліфікаційна робота виконана на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення в період з 03.11.2025 по 29.05.2026 р.

Зміст

Вступ 6

1 ТЕМПЕРАТУРА ЯК ФІЗИЧНА ВЕЛИЧИНА. ЇЇ ВЛИВ НА МІКРОЕЛЕКТРОННІ ПРИСТРОЇ 7

1.1 Термодинамічне трактування температури 7

1.2 Методи вимірювання температури та їх особливості 8

1.2.1 Контактні методи 8

1.2.2 Безконтактні методи 10

1.3 Температура і теплообмін у системі «людина — середовище» 11

1.4 Температура в електронній техніці 13

2 ТЕРМОСТАБІЛІЗАТОР НА ОСНОВІ НАПІВПРОВІДНИКОВОГО ДІОДА 20

2.1 Завдання для розробки 20

2.2 Датчик температури на базі напівпровідникового діода 22

2.3 Розробка структурної схеми термостабілізатора 26

2.4 Розробка схеми електричної принципової 28

2.5 Розрахунок принципової схеми термостабілізатора 33

2.6 Моделювання роботи генератора імпульсів 36

2.7 Розробка топології друкованої плати 37

..... 40

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 42

3.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих факторів 42

3.2 Електробезпека 50

4.3 Пожежна та техногенна безпека 53

3.4 Визначення стану виробничого середовища при роботі з комп’ютерною технікою..... 55

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ 59

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАННОЇ ЛІТЕРАТУРИ..... 60

Вступ

Температура є фундаментальною термодинамічною величиною, що визначає тепловий стан тіла та інтенсивність теплообмінних процесів. У природних і техногенних системах температура виступає одним із ключових факторів, який впливає на фізико-хімічні властивості речовини, перебіг реакцій, механічну міцність матеріалів, біологічні процеси, працездатність людини та функціональну надійність електронної техніки. У сучасному світі температура є критичним параметром практично в усіх сферах — від кліматології та гігієни праці до мікроелектроніки, телекомунікацій і систем керування.

Людина як біологічний об’єкт існує в певному температурному діапазоні, а відхилення від комфортних умов призводить до розвитку фізіологічних компенсаторних реакцій і, за значних екстремумів, до патологічних станів. Водночас електронна техніка, особливо напівпровідникові прилади, характеризується температурною залежністю електричних параметрів і деградаційних механізмів, що прискорюються при підвищених температурах або ускладнюються при низьких. Тепловий режим є одним із основних чинників надійності апаратури, а питання керування температурою стає центральним у проєктуванні.

Таким чином, температура є універсальним параметром, що визначає тепловий стан систем і інтенсивність процесів теплообміну. Для людини температурні умови формують комфорт, працездатність і безпеку, а відхилення від оптимальних значень веде до теплового стресу або переохолодження. Для електронної техніки температура прямо впливає на електричні характеристики, стабільність роботи та надійність, оскільки більшість деградаційних механізмів мають температурно-активований характер. Тож розробка приладу для підтримки постійної температури в оточуючому середовищі є достатньо актуальним питанням.

1 ТЕМПЕРАТУРА ЯК ФІЗИЧНА ВЕЛИЧИНА. ЇЇ ВЛИВ НА МІКРОЕЛЕКТРОННІ ПРИСТРОЇ

1.1 Термодинамічне трактування температури

У класичній термодинаміці температура — це параметр стану, що характеризує напрямок теплообміну: теплота самовільно передається від тіла з вищою температурою до тіла з нижчою. На мікроскопічному рівні температура пов’язана зі середньою кінетичною енергією хаотичного руху частинок у системі. Для ідеального газу ця залежність формалізується через рівняння стану, а для конденсованих середовищ — через статистичні й квантово-механічні моделі.

Температура є інтенсивною величиною: вона не залежить від маси системи, а визначає якісний рівень теплової енергії. Разом із тиском, об’ємом і внутрішньою енергією температура входить до базових змінних термодинамічного опису.

У Міжнародній системі одиниць (SI) основною одиницею є кельвін (K), що визначає абсолютну термодинамічну шкалу. У практиці широко використовується шкала Цельсія (°C), пов’язана з кельвіном співвідношенням [1]:

$$T(K) = t(°C) + 273.15.$$

Важливою для техніки є не лише абсолютна температура, а й температурний градієнт, швидкість зміни температури в часі та просторі, оскільки саме вони визначають теплові напруження, конвекційні потоки та процеси термічного руйнування.

У прикладних задачах застосовують низку похідних параметрів:

- Температурний діапазон експлуатації (робочий інтервал, у якому об’єкт зберігає функціональність).
- Температура навколишнього середовища — базова для оцінки теплового балансу.
- Рівноважна температура (стаціонарний режим).
- Температурний перепад (ΔT) між вузлами системи.
- Тепловий опір (R_{th}), що описує здатність конструкції відводити тепло.
- Теплова потужність (Q або P), яка генерується в процесі роботи.
- Теплоємність та теплова інерція, важливі для перехідних процесів.

Для електроніки одним із ключових є параметр температури переходу, тобто температури активної області напівпровідникового приладу, яка безпосередньо визначає ризик прискореної деградації.

1.2 Методи вимірювання температури та їх особливості

1.2.1 Контактні методи

Контактні методи засновані на тепловій рівновазі між датчиком і об’єктом. До них належать:

- термопари (рис.1.1) (принцип роботи оснований на ефекті Зеєбека; до переваг такого методу можна віднести широкий діапазон вимірювання температури та високу надійність результатів);

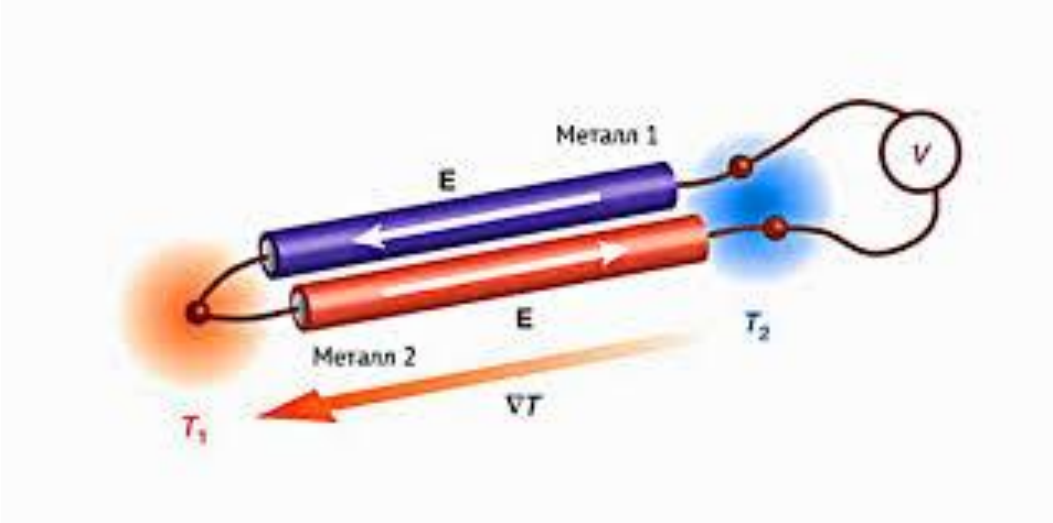


Рисунок 1.1-Принцип роботи термопари [2]

- терморезистори, зокрема платинові (до переваг такого методу використання можна віднести високу точність вимірювання та стабільність);
- термістори (висока чутливість, але нелінійність характеристик);
- біметалічні датчики (рис.1.2) (простота, але відносно низька точність).

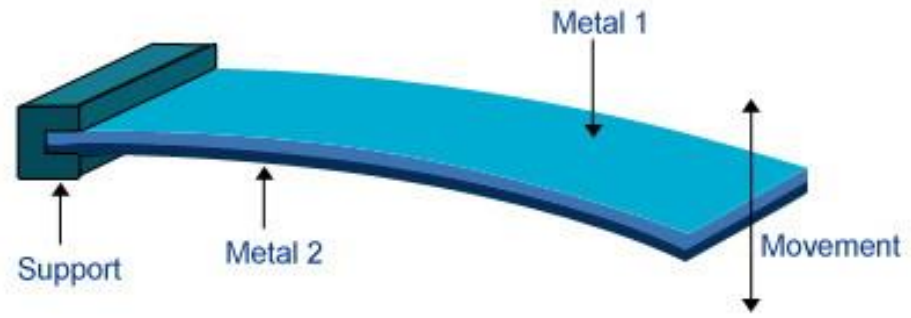


Рисунок 1.2-Принцип роботи біметалічного датчика

Похибки контактного вимірювання зумовлені тепловідводом через датчик, поганим тепловим контактом, впливом конвекції та випромінювання.

1.2.2 Безконтактні методи

Безконтактні методи вимірюють теплове випромінювання, що випромінює поверхня:

- інфрачервоні пірометри (рис.1.3);

Інфрачервоні пірометри вимірюють температуру, вловлюючи теплове (інфрачервоне) випромінювання, яке випускає будь-яке нагріте тіло. Оптична система фокусує випромінювання на датчику, який перетворює його на електричний сигнал, пропорційний температурі поверхні. Результат миттєво обробляється і виводиться на дисплей у цифрах.

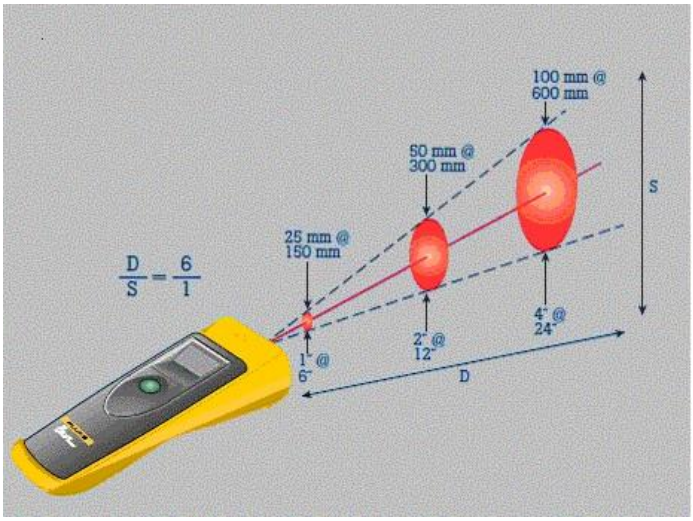


Рисунок 1.3-Вимірювання температури нагрітого тіла за допомогою пірометра [3]

- тепловізійні системи (рис.1.4).

Тепловізор — це оптико-електронний прилад, який працює шляхом перетворення інфрачервоного випромінювання (тепла), що випускається об'єктами, у видиме зображення на екрані. Він не потребує видимого світла, фіксуючи різницю температур між об'єктами (гарячі ділянки зазвичай відображаються білим або червоним, холодні — синім/чорним).

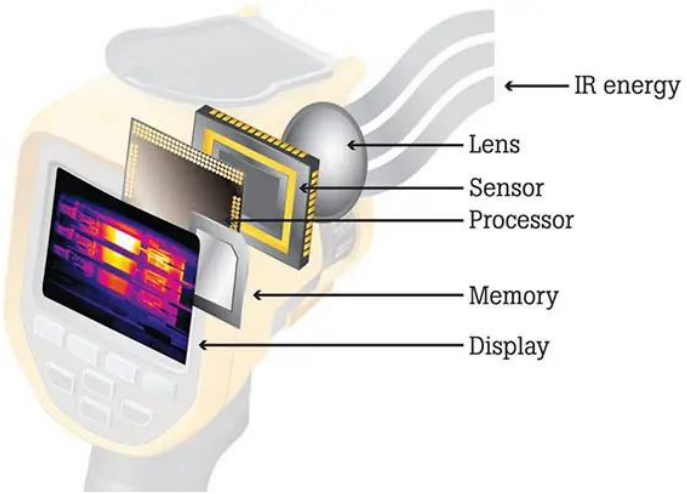


Рисунок 1.4 -Будова телевізора [4]

Ці методи особливо важливі для електроніки (гарячі точки на платі), для біомедичних застосувань та у випадках, коли контакт неможливий. Водночас вони залежать від коефіцієнта емісії поверхні, що вимагає корекцій та калібрування.

1.3 Температура і теплообмін у системі «людина — середовище»

Мікроклімат — це сукупність параметрів повітряного середовища, що визначають теплообмін людини з навколишнім середовищем. Основними чинниками є:

- температура повітря;
- відносна вологість;

- швидкість руху повітря;
- середня радіаційна температура поверхонь;
- інтенсивність теплового випромінювання.

Тепловий комфорт виникає тоді, коли теплопродукція організму врівноважена тепловіддачею без надмірного напруження терморегуляторних механізмів.

Людський організм підтримує відносно сталу температуру внутрішнього середовища (гомеотермія), зокрема температуру ядра близько 36.6–37.0 °C (із добовими коливаннями). Тепловий баланс забезпечується:

- теплопродукцією (основний обмін, м’язова активність, термогенез);
- тепловіддачею (конвекція, теплопровідність, випромінювання, випаровування).

При підвищенні температури активується потовиділення і вазодилатація, при зниженні — вазоконстрикція і тремтіння. Ефективність цих реакцій визначається вологістю, одягом, швидкістю повітря та індивідуальними особливостями [5].

Підвищені температури довкілля призводять до:

- теплового стресу (перегрів);
- дегідратації (втрата електролітів);
- зниження когнітивної та фізичної працездатності;
- ризику теплового виснаження та теплового удару.

Низькі температури спричиняють:

- охолодження периферійних тканин;
- порушення кровообігу;

- ризик обморожень;
- гіпотермію (при тривалому впливі).

У приміщеннях температура визначає якість повітряного середовища та продуктивність праці. Перегрів призводить до сонливості й зниження концентрації, переохолодження — до дискомфорту, м’язової напруги й ризику застудних захворювань [6].

У містах проявляється ефект «теплового острова», коли забудовані території мають вищу температуру порівняно з передмістями через теплоємність матеріалів, низьку альбедність і антропогенне тепловиділення (транспорт, кондиціонери, промисловість). Це підвищує ризики теплових хвиль, особливо для вразливих груп населення.

1.4 Температура в електронній техніці

Тепло в електронних пристроях утворюється внаслідок:

- джоулевого нагріву в провідниках і резистивних елементах;
- перемикальних втрат у транзисторах;
- втрат у силових перетворювачах;
- діелектричних втрат у конденсаторах;
- оптичних та радіочастотних втрат у спеціальних модулях.

Компактність сучасних пристроїв і висока щільність потужності роблять тепловідвід головною інженерною проблемою.

Зміна температури впливає на такі параметри, як:

- рухливість носіїв заряду в напівпровідниках;
- ширину забороненої зони;
- струми витоку;
- опір провідників (зростає з температурою для металів);
- параметри конденсаторів і магнітних матеріалів.

Унаслідок цього змінюються робочі точки схем, точність вимірювань, шумові характеристики, стабільність генераторів та ін.

Підвищена температура прискорює старіння електроніки. До основних механізмів належать:

- електроміграція в металевих провідниках;
- деградація діелектриків;
- термічне розшарування і втома пайки через циклічні навантаження (термоциклування);
- прискорене окиснення контактів;
- висихання електроліту в електролітичних конденсаторах;
- деградація полімерних матеріалів.

За низьких температур змінюється пластичність матеріалів, зростає крихкість полімерів, зменшується еластичність ущільнень. Це критично для експлуатації на відкритому повітрі, в транспортних та військових системах.

У побутових гаджетах температура важлива як фактор безпеки і комфорту: нагрів корпуса смартфона, ноутбука чи зарядного блоку може викликати дискомфорт, опіки при несправностях, а також прискорювати зношування пристрою. Для носимих пристроїв (смарт-годинники, медичні сенсори) питання мікротеплового впливу стає частиною ергономіки.

Для керування температурою застосовують пасивні та активні методи:

Пасивні методи керування температурою — це енергоефективні рішення для регулювання теплових режимів (в техніці або будівництві) без використання зовнішнього живлення. Вони базуються на теплопровідності, конвекції, випромінюванні та термомасі:

- радіатори та теплопровідні пластини (використання алюмінієвих або мідних радіаторів з ребрами для збільшення площі поверхні та ефективнішого розсіювання тепла в повітря);
- теплові інтерфейсні матеріали з високою теплопровідністю, які встановлюються між джерелом тепла та радіатором для усунення повітряних зазорів та зниження теплового опору (термопаста, прокладки);
- оптимізація друкованих плат, що краще відводять тепло від електронних компонентів (наприклад, LED) (теплові полігони, віа);
- корпусні рішення з високою теплопровідністю [7].

Переваги застосування пасивних методів контролю температури:

- економічність: пасивні системи зазвичай дешеві у виробництві та практично не мають експлуатаційних витрат, оскільки не споживають електроенергію для роботи;
- висока надійність: відсутність рухомих частин (вентиляторів, насосів) виключає можливість механічних поломок;
- безшумність: робота систем не супроводжується звуковими ефектами, що критично для житлових приміщень, медичного обладнання або високоякісної аудіоапаратури;
- екологічність: значно зменшують вуглецевий слід за рахунок енергоефективності;

- захищеність: відсутність отворів для вентиляторів дозволяє створювати герметичні пристрої, захищені від пилу та вологи.

Але пасивні методи мають і свої недоліки, до яких можна віднести наступні:

- обмежена потужність: такі методи ефективні лише для відведення низьких або помірних теплових навантажень. При екстремальних температурах або високій потужності (наприклад, у серверах) їх недостатньо;
- залежність від середовища: ефективність напряму залежить від клімату або температури оточення. Якщо температура повітря вища за цільову, пасивне охолодження стає неможливим;
- складність проектування: потребують ретельного планування на етапі дизайну (орієнтація будівлі, розташування компонентів на платі), оскільки пізніше їх важко модернізувати;
- габарити: для ефективного розсіювання тепла часто потрібні великі поверхні (масивні радіатори або товсті стіни), що збільшує вагу та розміри конструкції;
- відсутність точного контролю: не дозволяють швидко та точно регулювати температуру за заданим графіком.

Активні методи керування температурою — це системи, що використовують зовнішню енергію (електричну, механічну) для регулювання температури середовища, пристроїв або тіла.

До них належать:

- вентилятори, керована конвекція (найпоширеніший і найпростіший метод. Вентилятори збільшують потік повітря над радіаторами, які зазвичай прикріплені до гарячих компонентів, як-от CPU або GPU) для

ефективнішого відведення тепла. Прикладом продукту є кулер для процесора ID-Cooling DK-03**);**

- рідинне охолодження (спеціальний холодоагент циркулює через закритий контур, який поглинає тепло від компонентів і переносить його до радіатора, де воно розсіюється за допомогою вентиляторів. Це забезпечує вищу ефективність охолодження для високопродуктивних систем. Прикладом продукту є Arctic Liquid Freezer III Pro 360 A-RGB, Blac**);**
- термоелектричні елементи для локальної стабілізації (використовується ефект Пельтьє для створення різниці температур за допомогою електричного струму без рухомих частин або холодоагентів. Такі системи компактні та забезпечують точне регулювання температури, часто використовуються в невеликих пристроях або спеціалізованому лабораторному обладнанні);
- інтелектуальне керування навантаженням (комплекс програмно-апаратних методів, які дозволяють підтримувати оптимальний температурний баланс без повної зупинки роботи. Основу цього процесу складають DVFS та тротлінг).

DVFS (Dynamic Voltage and Frequency Scaling) -превентивна технологія, яка підлаштовує продуктивність під поточні потреби. Система постійно моніторить завантаження. Якщо воно низьке, контролер знижує тактову частоту та напругу живлення. Оскільки тепловиділення пропорційне квадрату напруги, навіть невелике її зниження суттєво зменшує нагрів, продовжуючи час роботи від батареї та запобігаючи критичним температурам.

Тротлінг - це "екстрений" механізм захисту, який вмикається, коли температура наближається до критичної межі. Процесор примусово пропускає такти або різко скидає частоту до мінімуму, щоб фізично зменшити кількість операцій і дати кристалу охолонути [8].

Переваги застосування активних методів контролю температури:

- висока точність: електронні термометри забезпечують точність, часто з похибкою не більше 0,1 °C;
- швидкість;.
- дистанційність: пірометри дозволяють вимірювати температуру на відстані, що важливо при неможливості контакту з об'єктом.
- функціональність: наявність пам'яті, звукових сигналів, можливість автоматизації та індикації.
- універсальність: підходять для вимірювання поверхонь, повітря, рідин.

Недоліки активних методів контролю:

- потреба в живленні: необхідність у батарейках або мережі.
- вища вартість: електронні прилади коштують дорожче, ніж механічні або рідинні.
- чутливість до умов: потребують дотримання правил експлуатації для отримання точних результатів.
- складність ремонту: вимагають кваліфікованого обслуговування при виході з ладу.

Перспективним напрямком є гібридні системи, що поєднують різні технології, та використання новітніх матеріалів, таких як графен та вуглецеві нанотрубки, які мають потенціал для революції в тепловій ефективності завдяки своїм унікальним термічним властивостям. Також розробляються системи з підтримкою штучного інтелекту для динамічної оптимізації управління температурою в режимі реального часу аварійні режими відключення.

Це дозволяє підтримувати баланс між продуктивністю, енергоспоживанням і довговічністю.

Тож метою роботи є розробка приладу, що базується на активному методі вимірювання температури оточуючого середовища і дозволяє виводити результати моніторингу на екран.

Задачі роботи:

- розробити структурну схему термостабілізатора;
- реалізувати схему електричну принципову, розрахувати елементи схеми;
- виконати топологію друкованої плати та 3D модель приладу.

2 ТЕРМОСТАБІЛІЗАТОР НА ОСНОВІ НАПІВПРОВІДНИКОВОГО ДІОДА

2.1 Завдання для розробки

Термостабілізатори— це автоматичні пристрої, що підтримують задану температуру об'єкта чи середовища шляхом керування нагрівальними або охолоджувальними системами. Вони зчитують дані з датчиків, порівнюють їх із заданим значенням і вмикають/вимикають живлення приладів, забезпечуючи стабільний режим, наприклад, для теплої підлоги, кондиціонерів або промислових процесів.

Основний алгоритм роботи термостабілізаторів базується на порівнянні фактичної температури із заданою користувачем і складається з трьох основних етапів:

1. Зчитування: Вбудований або виносний датчик вимірює поточну температуру середовища.
2. Порівняння: Електронна або механічна схема порівнює виміряне значення з налаштованим.
3. Керування: Якщо температура виходить за межі норми (враховуючи гістерезис), термостат вмикає або вимикає реле, що подає живлення на нагрівальний або охолоджувальний елемент.

Термостабілізатори дозволяють значно знизити споживання електроенергії, запобігаючи перегріву або переохолодженню обладнання.

Сучасний підхід до проблеми температури передбачає комплексний аналіз: точне вимірювання, моделювання теплових режимів, застосування конструктивних рішень для відведення тепла, а також контроль мікроклімату там, де взаємодіють людина й техніка. Підвищення ефективності термокерування одночасно покращує ергономіку, довговічність обладнання та знижує екологічне навантаження через оптимізацію енергоспоживання.

Характерні особливості аналогових термостабілізаторів - порівняльна простота схемотехнічного рішення і безперервність у роботі. До недоліків же можна віднести: невисока точність підтримки заданої температури, необхідність використання додаткового термометра при перебудові приладу та контролі його роботи [9].

Тож завданням є побудова термостабілізатора для підтримання температури в обмеженому середовищі; цифрова індикація виміряної температури; можливість завдання температури шляхом програмування у двійковому коді.

Характеристики запропонованого термостабілізатора:

- Діапазон температури, що підтримується (вимірюється), °С 0 ... 99,9
- Роздільна здатність, °С +/- 0,1
- Точність підтримки (вимірювання) температури, °С

- в діапазоні 10 ... 90 ° С - + / -0,1

- в діапазоні 0 ... 10 ° С - + / -0,5

- в діапазоні 90 ... 99,9 ° С - + / -0,3

- Час зчитування температури, 1 с
- Час роботи нагрівача, 3 с

Режим роботи запропонованого термостабілізатора дискретний: протягом 1 с відбувається зчитування температури, потім 3 с працює нагрівач. При включенні нагрівача індикатор показує значення виміряної температури.

Для зменшення споживаної потужності в режимі терморегулювання передбачено відключення індикації температури.

2.2 Датчик температури на базі напівпровідникового діода

Датчик температури пропонується на основі напівпровідникового діоду, а точніше - p-n переходу. Існує залежність падіння напруги на p-n переході від температури і ця величина досить лінійна, тому вести відлік виміряної температури досить легко. Для виведення інформації про вимірювання досить зробити вимірювання еталонним приладом на початку і в кінці діапазону і потім просто рівномірно розмітити шкалу на весь діапазон (у випадку стрілочного приладу). Найкращі результати показують германієві діоди, також необхідно враховувати матеріал корпусу, від цього залежить швидкість реакції на зміни температури.

Існують таблиці для діодів, в яких зазначений температурний коефіцієнт напруги, усереднено цей коефіцієнт пропонується вважати 3 мВ/°С. Однак для германієвих діодів, які мають пряме падіння напруги 0,7В це значення може відрізнятися. На рис.2.2 наведено схему термометра на базі діоду зі стрілочним індикатором.

Зміни струму будуть практично лінійні, тому достатньо відзначити на шкалі мікроамперметра мінімальну і максимальну температури і поділити шкалу рівномірно.



Рисунок 2.1- Термометр зі стрілочним індикатором на основі напівпровідникового діоду [10]

Ще один варіант схеми автоматичного охолодження з використанням діоду у якості датчика температури представлено на рис.2.2.

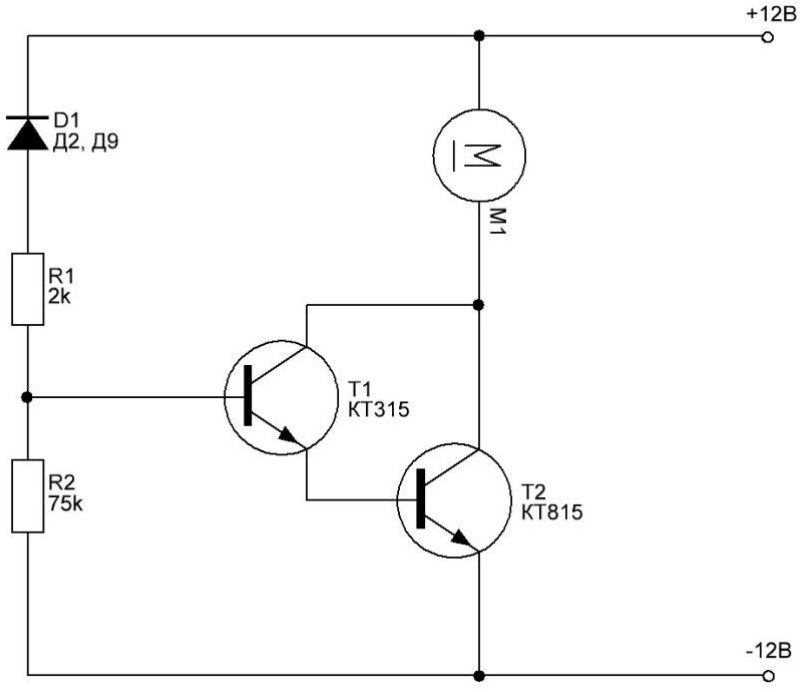


Рисунок 2.1- Схема пристрою автоматичного охолодження з використанням напівпровідникового діоду у якості датчика температури [10]

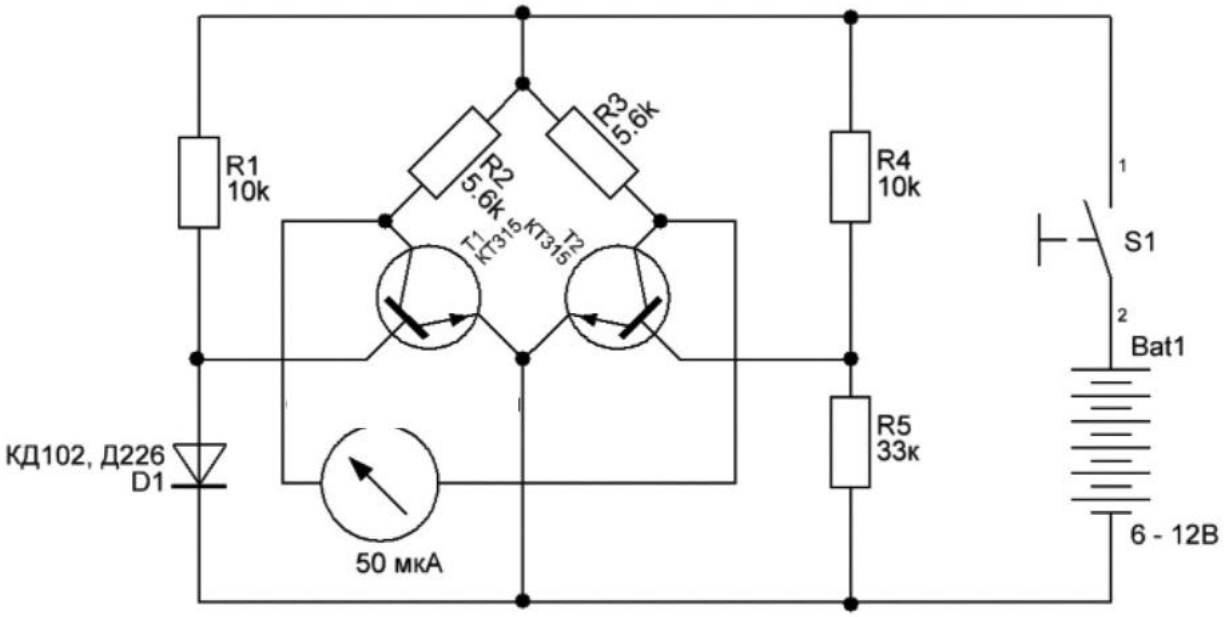


Рисунок 2.3 - Термометр зі стрілочним індикатором на основі напівпровідникового діоду [10]

У схемі рис.2.3 за допомогою застосування микроамперметра із середнім розташуванням стрілки, тобто здатним вимірювати і позитивний і негативний струм, прилад здатний вимірювати температуру навколишнього середовища в межах від -50 до +50°С. Але покази залежать від величини напруги живлення, при живленні від батареї або акумулятора, у міру розряду живлячого елемента буде падати напруга живлення і як результат погіршиться точність вимірювання.

Збільшити лінійність "реакції" такого "датчика" (діода) на температуру можна паралельним або послідовним включенням кількох діодів як датчик. Існуючий розкид параметрів компенсується кількістю елементів у ланцюзі. Чутливість можна підвищити застосуванням підсилювальних каскадів, наприклад операційного підсилювача як компаратора (рис.2.4).

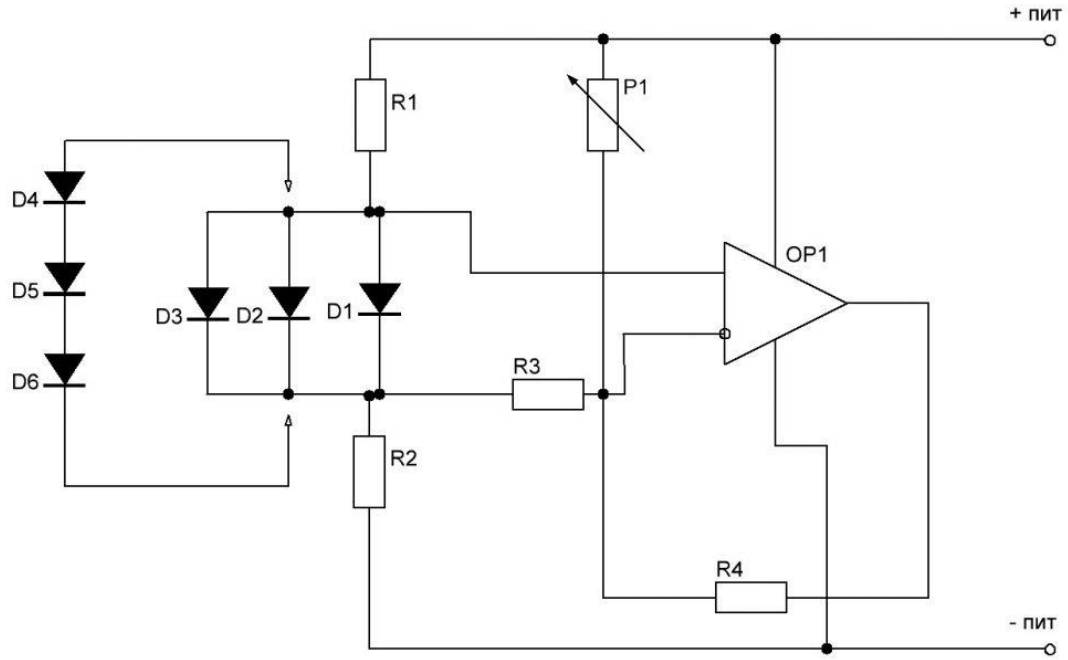


Рисунок 2.4 – Побудова приладу для визначення температури на основі діодів, ввімкнених послідовно та паралельно

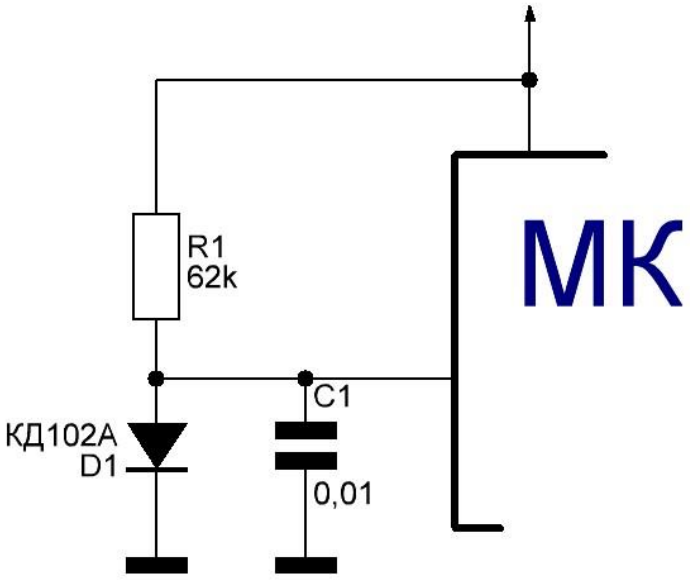


Рисунок 2.5 -Схема, де використовується діод як датчик температури для мікроконтролера [11]

2.3 Розробка структурної схеми термостабілізатора

Запропонована структурна схема представлена на рис. 2.6.

В якості датчика використовується напівпровідниковий діод, що має чітко виражену залежність зворотного струму від температури. Такий датчик відрізняється високою чутливістю та малим струмом споживання.

Пряме падіння напруги на діодному термодатчику перетворюється на імпульсну напругу відповідної частоти. Вихідний сигнал заповнюють прямокутні імпульси тактового генератора, з яких лічильник формує двійковий код. Значення вимірюваної температури в двійковому коді надходить на вхід дешифратора та вхід логічного пристрою. Дешифратор перетворює двійковий код на сигнали управління семисегментними індикаторами, що показують чисельне значення температури.

Логічне пристрій порівнює значення виміряної температури, зашифроване в двійковому коді, із запрограмованою заздалегідь необхідною температурою підтримки. Якщо виміряна температура менша за запрограмовану, то ключ включає нагрівальний елемент, що підключається до роз'єму XI. Через 3 с живлення від нагрівача відключається, і протягом 1 с відбуватиметься вимірювання температури в оточуючому середовищі. Якщо температура відповідає запрограмованій або перевищує її, то наступні 3 с нагрівач буде відключений. Таким чином, протягом 1 с відбувається вимірювання температури, а потім 3 с працює або не працює нагрівач - в залежності від стану логічного пристрою.

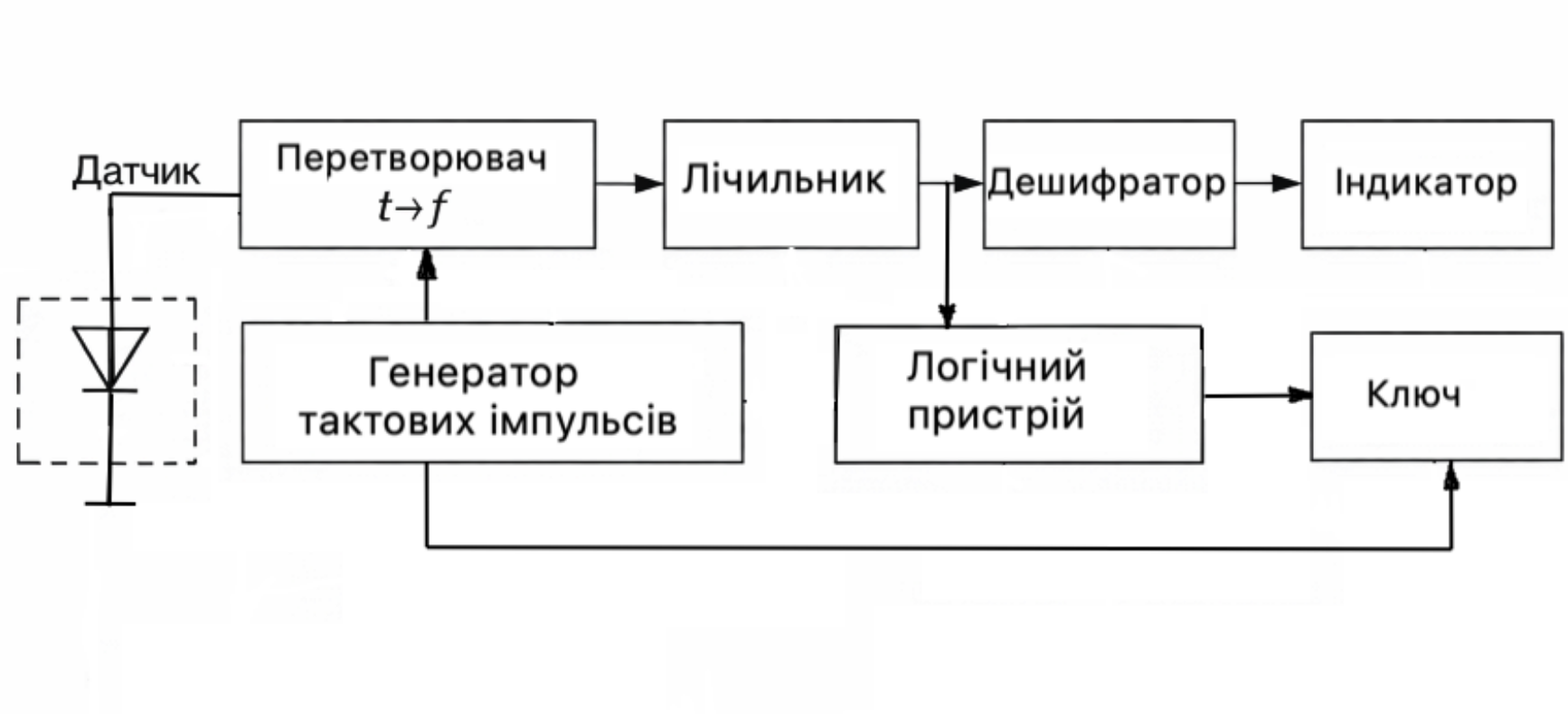


Рисунок 2.6 -Структурна схема термостабілізатора

2.4 Розробка схеми електричної принципової

Схема електрична принципова термостабілізатора показана на рис.2.7.

В якості датчика температури використовується германієвий діод VD6, падіння напруги на якому використовується для роботи інтегратора. Сильна температурна залежність падіння напруги на р-п переході діода при фіксованому струмі через нього і мала нелінійність характеристики температура-частота обумовлюють точність терморегулятора.

Інтегратор зібраний на ОУ К574УД1Б DA2 зі швидкістю наростання напруги 90 В/мкс, чим досягаються високі швидкодія процесу вимірювання температури і точність. Як тільки конденсатор С3 зарядиться до напруги 10В, інтегратор закривається сигналом однопереходного транзистора VT2. Зразкова напруга, що визначає поріг відкривання інтегратора і стабілізуючий струм через датчик VD6, створюють зустрічно-послідовно включені стабілітрони VD4, VD5.

Вихідна напруга інтегратора через диференціюючий ланцюг C4R16 і резистор R 18 надходить на струмовий ключ, що формує пакети імпульсів рахунку та індикації - транзистор VT3, на основі якого складаються сигнали перетворювача та генератора тактових імпульсів.

Генератор, зібраний на операційному підсилювачі К140УД8Б (DA1), забезпечує вихідну напругу прямокутної форми з періодом 4 с. Скважність імпульсів регулюють змінним резистором R2 так, щоб відношення тривалості імпульсу до паузи становило 1:3. За час імпульсу, що дорівнює 1 с, в лічильник DD2-DD4 вводиться інформація про температуру, що вимірюється і відбувається порівняння її з заданим значенням в логічному пристрої. У цей час ніякої інформації на індикаторах HG1-3 немає, так як на виході інвертора DD1.2 протягом 1 с (імпульс генератора) формується сигнал високого рівня, який подається на входи (гасіння) дешифраторів DD5-DD7.

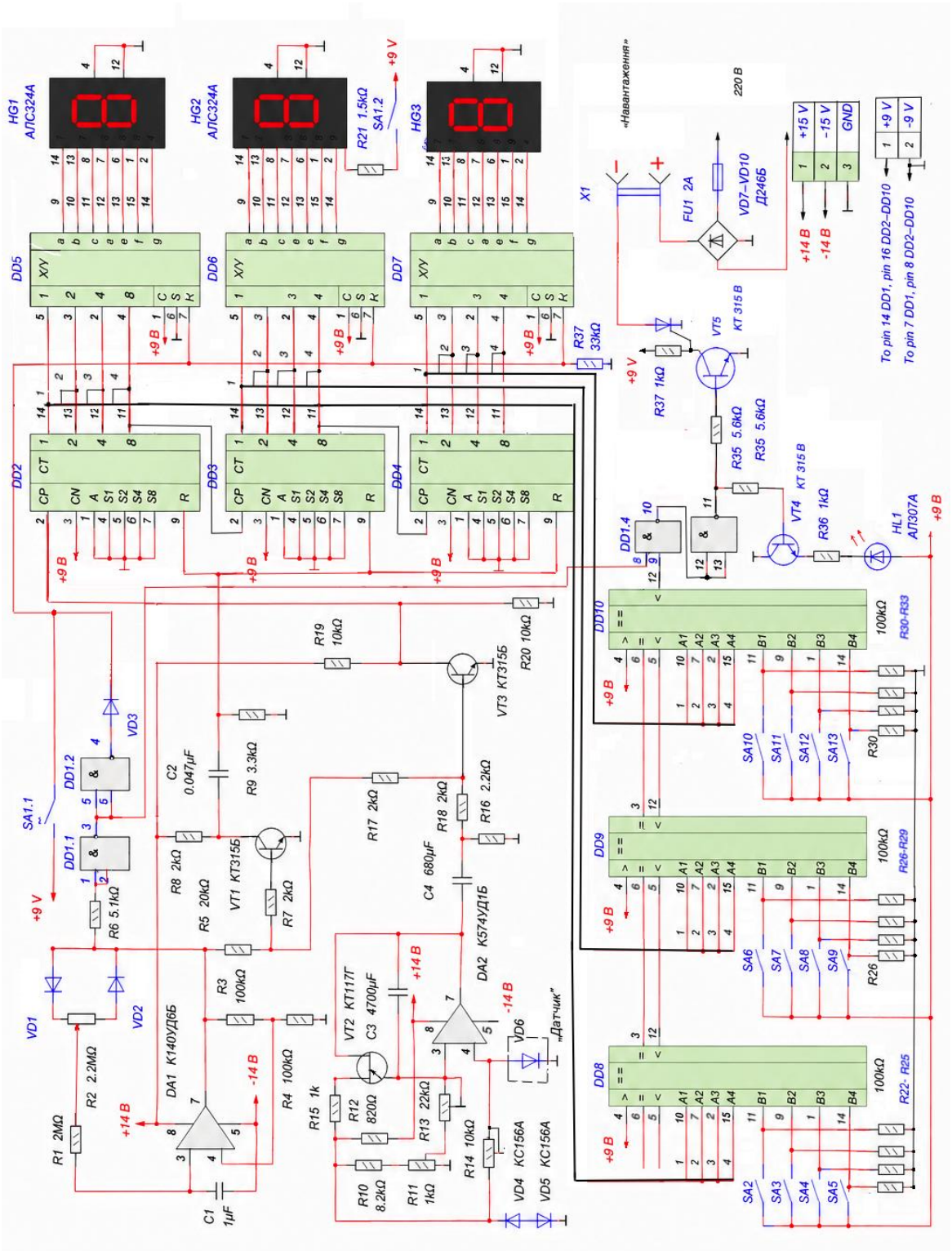


Рисунок 2.7- Схема електрична принципова термостабілізатора

Після підрахунку числа імпульсів, пропорційного вимірюваної температури, транзистор VT3 закривається. На виході елемента DD 1.2 з'являється сигнал низького рівня, що дозволяє світити індикатори.

Сигнали з інформаційних виходів лічильника DD2-DD4, що зберігають інформацію про виміряну температуру, дешифратор DD5-DD7 перетворює на код управління індикаторами HG1-HG3, і вони рівно 3 с висвічують на табло чисельне значення температури.

Мікросхеми К561ИП2 (DD8-DD10) логічного пристрою з'єднані між собою так, що забезпечують порівняння двох тризначних десяткових чисел А та В, зашифрованих у двійковому коді. Число А — це значення виміряної температури, а В— програмована температура підтримки. Якщо А > В, тобто. середовище перегрілося, на виході логічного пристрою (вив. 12 DD10) формується сигнал низького рівня. Ключ, зібраний на елементах DD1.3, DD1.4, транзисторі VT5 та триністорі VS1, закритий. Нагрівач вимкнений. Якщо, навпаки, А <В, тобто. сталося охолодження середовища, на виході логічного пристрою формується сигнал високого рівня, ключ відкривається і включає нагрівач.

Двійковий код числа А надходить на входи А1-А4 мікросхем DD8-DD10, а число в двійковому коді програмується на їх входах В1-В4. Молодші розряди десяткових чисел А і В подаються на входи А1—А4 і В1—В4 мікросхеми DD8, а старші — на входи А1—А4 і В1—В4 мікросхеми DD10.

Число програмують вимикачами SA2-SA13. Замкнене положення їх контактів означає подачу на відповідні їм входи напруги високого рівня (лог. 1), розімкнене — низького рівня (лог. 0). Програмування здійснюється для кожного розряду десяткового числа починаючи з В1 до В4, код двійкового числа читають справа на ліво.

Інвертор DD1.3 блокує ключ під час перерахунку імпульсів, коли можливі помилкові спрацьовування логічного пристрою. Під час перерахунку на вході 8 елемента DD1.3 є сигнал низького рівня, тому на його виході формується сигнал високого рівня. Відповідно, на виході інвертора 4 з'являється напруга низького рівня, що закриває транзисторний ключ VT5. Під час паузи в роботі генератора, що відповідає 3 с, на вході елемента 8 DD1.3 з'являється сигнал високого рівня, що дозволяє роботу ключа. При появі сигналу такого ж рівня на обох входах клапана DD1.4 на базу транзистора VT5 подається напруга, що його відкриває. Одночасно відкривається тринистор VS1 і на нагрівач подається напруга мережі, що його живить, — відбувається нагрівання контрольованого середовища. Про це сигналізує світлодіод HL1.

Блок живлення зібраний за схемою, наведеною на рис.2.8. Зразкова напруга двуполярного джерела 2×15 формують стабілітрони VD2-VD5. Трансформатор Т1 виконаний на магнітопроводі перетином 2,5 $см^2$. Обмотка I містить 5000 витків дроту ПЕВ-2 0,14, обмотка II - 2×400 витків такого ж дроту, обмотка III - 250 витків ПЕВ-2 0,25.

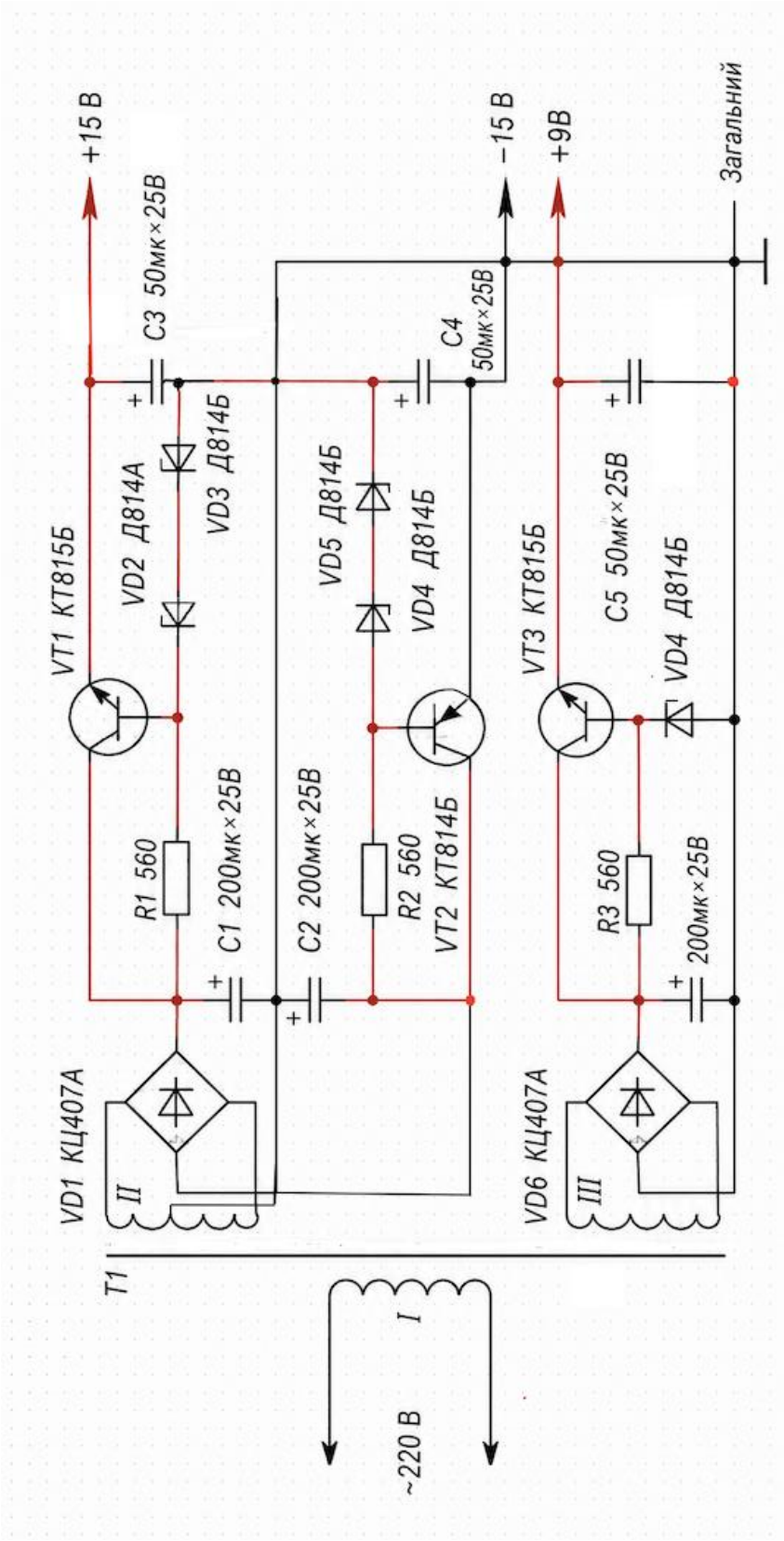


Рисунок 2.8 – Схема блока живлення

2.5 Розрахунок принципової схеми термостабілізатора

1. Розрахунок блока живлення.

Блок складається з трансформатора, випрямляча VD7–VD10, запобіжника FU1 та стабілізаторів:

- +14 В / -14 В — для операційних підсилювачів;
- +9 В — для логічних мікросхем і цифрової індикації;
- -9 В — допоміжне живлення.

Розрахунок випрямленої напруги [12]:

$$U_{випр} \approx U_2 \cdot 1{,}41 - 2U_d$$

де: U_2 — напруга вторинної обмотки трансформатора;

U_d — падіння напруги на одному діоді.

Якщо вторинна обмотка має 12 В:

При $U_2 = 12$ В:

$$U_{випр} \approx 15{,}5 \text{ В}$$

Цього достатньо для отримання стабілізованих +9 В і -9 В.

2. Розрахунок датчика температури

Датчиком температури є напівпровідниковий діод VD6.

Германієвий діод має [12]:

- пряме падіння напруги: $U_d \approx 0{,}2 - 0{,}3$ В
- температурний коефіцієнт: $\alpha \approx -2{,}5$ мВ/°С

де:

U_{d0}- напруга при температурі T_0;

T_0 — початкова температура.

Залежність напруги від температури:

$$U_d(T) = U_{d0} - 0.0025\,(T - T_0)$$

Струм через датчик:

$$I_d = (U_ж - U_d) / R$$

При $U_ж$=9 В, R=10 кОм:

$$I_d \approx 0{,}84\ мА$$

3. Розрахунок підсилювача сигналу

Коефіцієнт підсилення [13]:

$$K = 1 + R_2 / R_1$$

При R_2=22 кОм, R_1=10 кОм:

$$K = 3{,}2$$

$$S = 6{,}4\ мВ/°C$$

4. Розрахунок компаратора

Опорна напруга:

$$U_{оп} = U_ж \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$$

При R_1=R_2=100 кОм:

$$U_{оп} = 4{,}5\ В$$

5. Гістерезис

$$\Delta U = U_{вих} \cdot \frac{R}{R + R_{вх}}$$

Температурний гістерезис:

$$\Delta T = \frac{\Delta U}{S}$$

При: $\Delta U \approx 60\ мВ$

$\Delta T = 10\ °C$

6. Розрахунок транзисторного ключа:

$$I_b = \frac{U_{кер} - 0{,}7}{R}$$

При R=5,6 кОм:

$I_b \approx 1{,}5\ мА$

7. Розрахунок світлодіоду:

$$I_{LED} = \frac{U - U_{LED}}{R}$$

При R=1 кОм:

$I_{LED} \approx 7$ мА

$$I_{інд} = 7 \cdot I_{сегм}$$

$I_{інд} \approx 35\ мА$

Загальний струм:

$I_{\Sigma} \approx 105\ мА$

2.6 Моделювання роботи генератора імпульсів

Моделювання роботи генератора проводилось в програмі Multisim (рис.2.9-2.10). Генератор, побудований на операційному підсилювачі К140УД8Б (DA1), формує на виході прямокутний сигнал із періодом 4 с. За допомогою змінного резистора R2 налаштовують скважність таким чином, щоб співвідношення тривалості імпульсу до паузи дорівнювало 1:3.

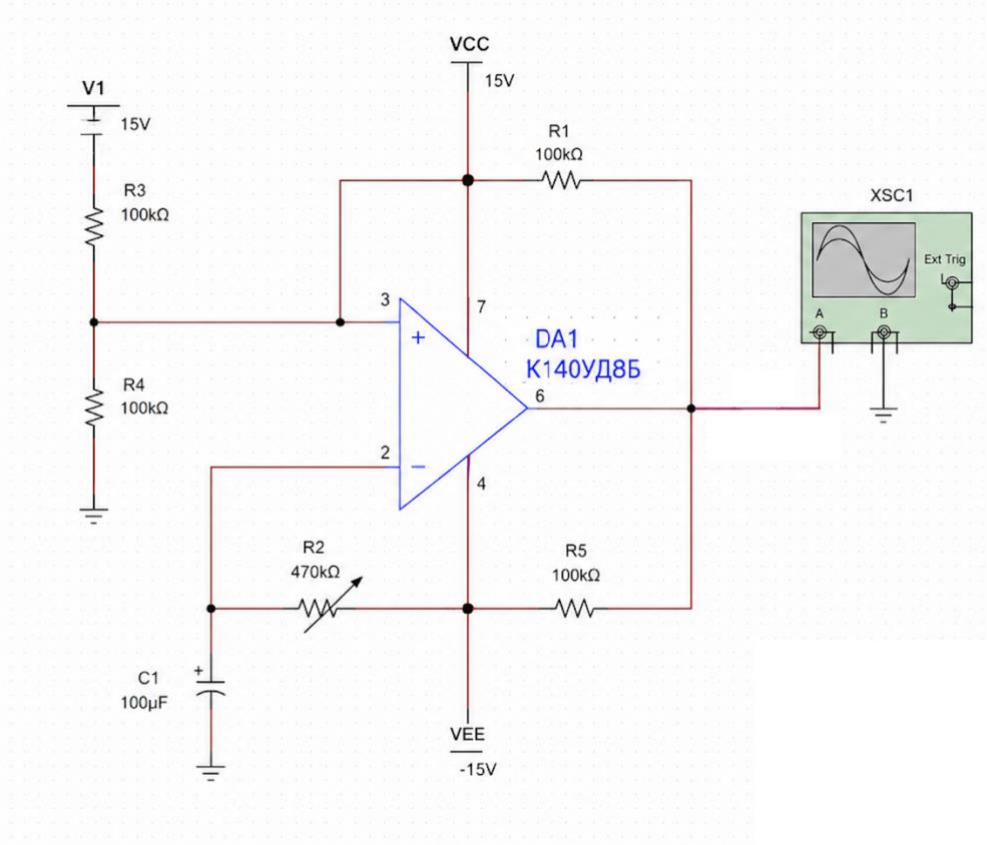


Рисунок 2.9- Моделювання роботи генератора імпульсів в програмі Multisim

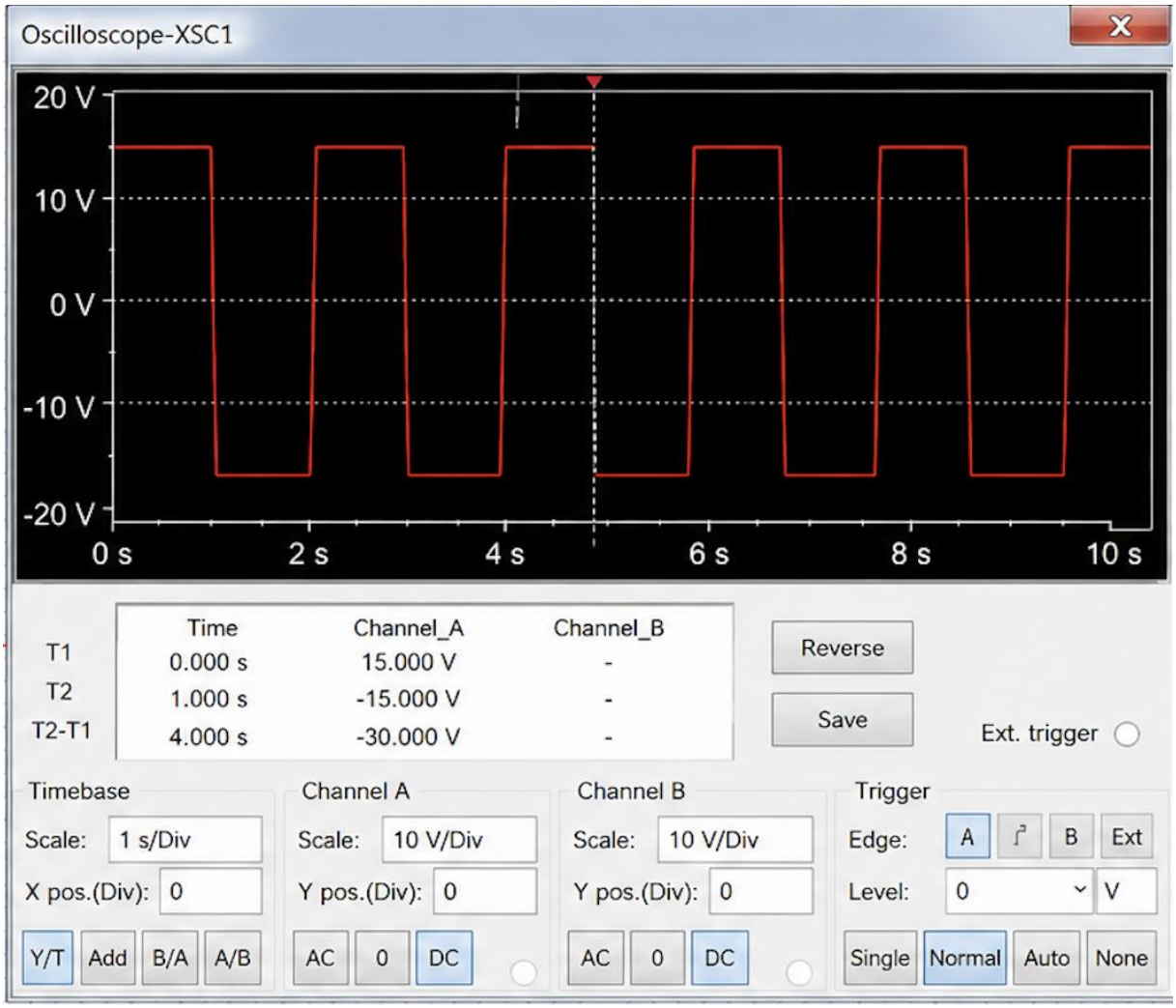


Рисунок 2.10- Моделювання роботи генератора імпульсів в програмі Multisim

2.7 Розробка топології друкованої плати

SMD та DIP — це два основні методи монтажу електронних компонентів на друковані плати, які відрізняються способом кріплення деталей та технологією пайки. [14]

1. SMD монтаж (Surface Mount Device) [15]. При такому виді монтажу компоненти встановлюються безпосередньо на поверхню плати на спеціальні контактні майданчики (пади). Виводи деталей не проходять крізь плату.

Переваги такого методу:

- Мініатюризація: дозволяє створювати надзвичайно компактні пристрої.
- Двостороння пайка: елементи можна розміщувати з обох сторін плати.
- Автоматизація: висока швидкість збірки за допомогою роботів-установників.
- Менша ціна: при серійному виробництві точка пайки SMD зазвичай дешевша за DIP.

До недоліків можна віднести потребу в спеціальному обладнанні (фена або печі), менша механічна міцність кріплення великих деталей.

2. DIP монтаж (Dual In-line Package) При такому виді монтажу виводи компонентів вставляються в отвори, просвердлені в платі, і припаюються з протилежного боку.

Переваги такого методу:

- Міцність: найкращий варіант для важких деталей (трансформатори, великі конденсатори) та роз'ємів, які часто піддаються механічним навантаженням.
- Простота ремонту: компоненти легко замінити звичайним паяльником, що зручно для прототипування та аматорських схем.

До недоліків можна віднести необхідність мати багато місця на платі, неможливість щільного монтажу з обох сторін, необхідність свердління великої кількості отворів.

Таблиця 2.1-Порівняння методів монтажу друкованих плат

Характеристика	SMD (SMT)	DIP (THT)
Місце встановлення	На поверхню плати	Крізь отвори в платі
Розмір компонентів	Дуже малі (мініатюрні)	Відносно великі
Щільність монтажу	Висока (з обох боків)	Низька
Метод пайки	Паяльна паста та піч	Паяльник або хвиля припою
Механічна міцність	Середня	Висока

Сьогодні більшість сучасної електроніки використовує змішаний монтаж: основна частина дрібних деталей (резистори, конденсатори, мікросхеми) монтується як SMD, а силові елементи або роз'єми — як DIP.

Топологію друкованої плати запропонованого термостабілізатора та 3D модель виконано в програмному середовищі Sprint Layout 6.0 (рис. 2.11, 2.12). Розрахований розмір плати складає 190× 130 мм.

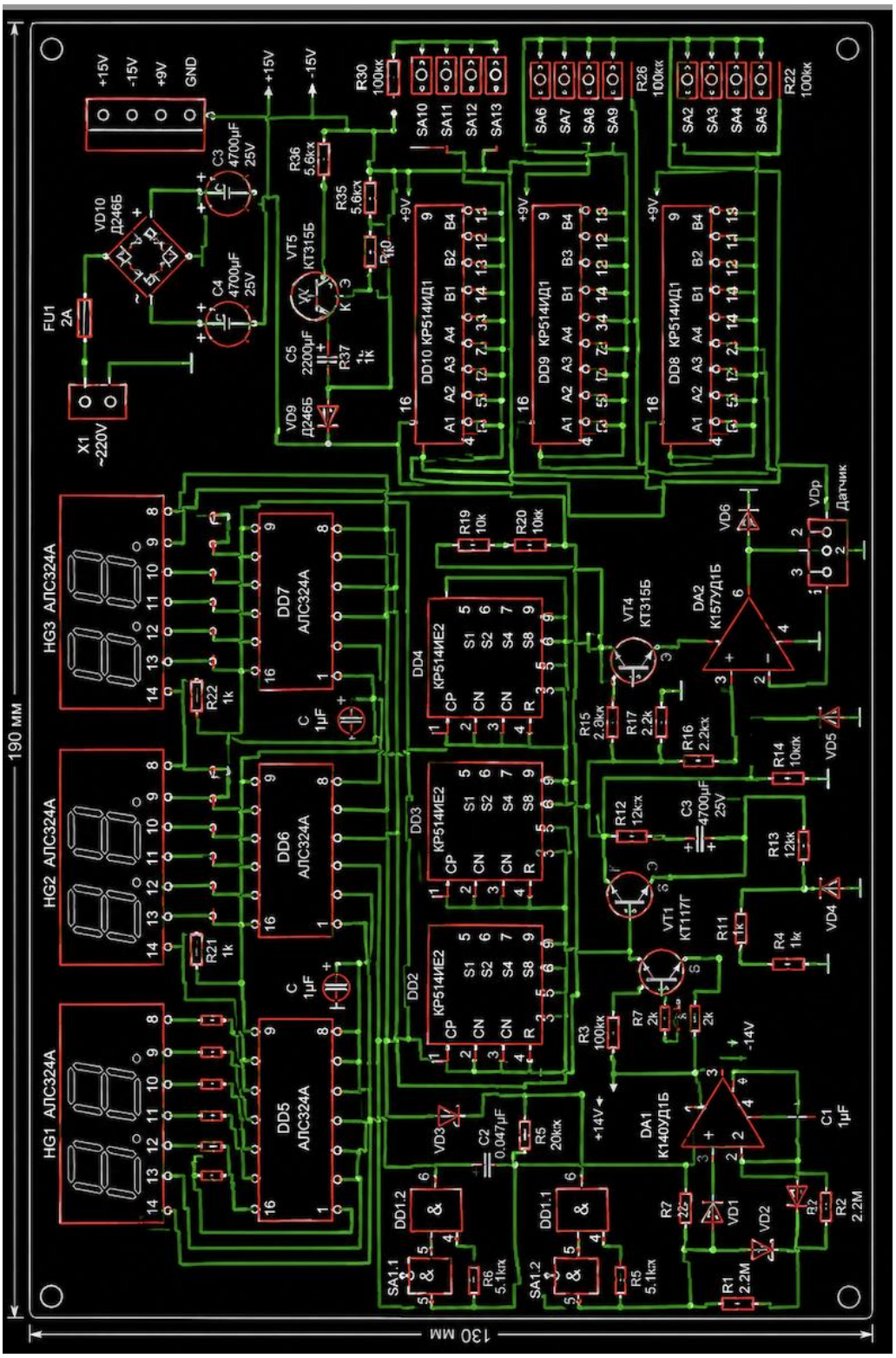


Рисунок 2.11 - Топологія друкованої плати

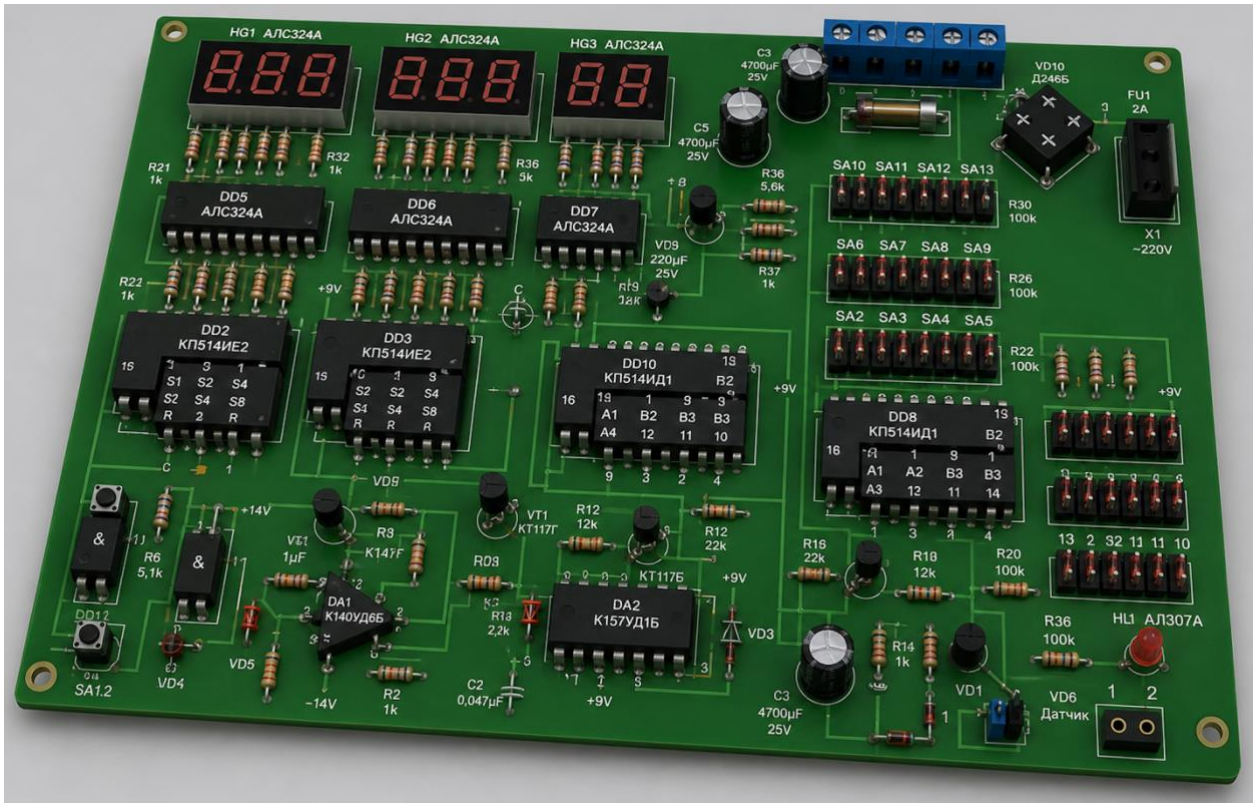


Рисунок 2.12-3D модель термостабілізатора

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

3.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих факторів

Проведення розрахунків та необхідність схемотехнічного моделювання, запропонованої в дипломній роботі технічної розробки, вимагали застосування сучасного програмного забезпечення: Multisim Power Pro Edition, MS Word, SPlan, Sprint Layout 6.0. Тому розглянемо потенційно небезпечні фактори, що виникають при роботі з персональним комп'ютером [16].

Робочі місця, обладнані персональними комп'ютерами, повинні відповідати вимогам «Правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», затверджених Наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 26.03.2010 року № 65 (Правила), та «Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10.12.98 N 7 (ДСанПіН 3.3.2-007-98). Зазначені нормативно-правові акти встановлюють санітарно-гігієнічні вимоги до приміщення, в якому розташоване робоче місце, власне до робочого місця, освітлення, рівнів вібрації і шуму, мікроклімату в приміщенні тощо.

Будівлі та приміщення, де розміщені робочі місця з ЕОМ, мають бути не нижче другого ступеня вогнестійкості. Для всіх будівель і приміщень повинно бути визначено клас зони згідно з НПАОП 40.1-1.01-97. Відповідне позначення повинно бути нанесено на вхідних дверях кожного приміщення.

Не дозволяється розташування приміщень з робочими місцями у підвалах і цокольних поверхах. Неприпустимим є розташування приміщень категорій А і Б, а також виробництв з мокрими технологічними процесами поряд з приміщеннями, де розташовуються робочі місця, а також над ними чи під ними. При цьому площа приміщення має бути не менше 6,0 кв. м. із розрахунку на одне робоче місце, а об'єм – не менше 20,0 куб. м.

Віконні прорізи приміщень для роботи з персональними комп'ютерами мають бути обладнані регульованими пристроями (жалюзі, завіски, зовнішні козирки. Для внутрішнього оздоблення приміщень з персональними комп'ютерами слід використовувати дифузно-відбивні матеріали з коефіцієнтами відбиття для стелі 0,7-0,8, для стін 0,5-0,6. Покриття підлоги повинне бути матовим з коефіцієнтом відбиття 0,3-0,5. Поверхня підлоги має бути рівною, неслизькою, з антистатичними властивостями. Забороняється для оздоблення інтер'єру приміщень з персональними комп'ютерами застосовувати полімерні матеріали (деревинно-стружкові плити, шпалери, що миються, рулонні синтетичні матеріали, шаруватий паперовий пластик тощо), що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини. Полімерні матеріали для внутрішнього оздоблення приміщень з персональними комп'ютерами можуть бути використані при наявності дозволу органів та установ державної санітарно-епідеміологічної служби. Приміщення можуть обладнуватись шафами для зберігання документів, магнітних дисків, полицями, стелажами, тумбами тощо з урахуванням вимог до площі приміщень.

Заземлені конструкції (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном), мають бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками з метою недопущення потрапляння під напругу. Приміщення мають бути оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації і вогнегасниками відповідно до вимог чинного законодавства України. Проходи до засобів пожежогасіння мають бути вільними. Крім того приміщення мають бути оснащені аптечками першої медичної допомоги.

При розміщенні робочих столів з персональними комп'ютерами слід дотримувати [17]:

- відстань між бічними поверхнями персональних комп'ютерів 1,2 м.;
- відстань від тильної поверхні одного персонального комп'ютера до екрана іншого – 2,5 м.

За потреби особливої концентрації уваги під час виконання робіт суміжні робочі місця операторів необхідно відділяти одне від одного перегородками висотою 1,5 — 2м.

Конструкція робочого місця користувача персонального комп'ютера має забезпечити підтримання оптимальної робочої пози офісного працівника. Конструкція робочого столу має відповідати сучасним вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (дисплея, клавіатури, принтера) і документів. Висота робочої поверхні робочого столу має регулюватися в межах 680-800 мм, а ширина і глибина – забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри: 600-1400мм, глибина – 800-1000мм).

Робочий стіл повинен мати простір для ніг заввишки не менше ніж 600мм, завширшки не менше ніж 500мм, завглибшки (на рівні колін) не менше ніж 450мм, на рівні простягнутої ноги не менше ніж 650мм. Робочий стілець має бути підйомно-поворотним, регульованим за висотою, з кутом і нахилу сидіння та спинки і за відстанню від спинки до переднього краю сидіння поверхня сидіння має бути плоскою, передній край – заокругленим. Регулювання за кожним із параметрів має здійснюватися незалежно, легко і надійно фіксуватися. Шаг регулювання елементів стільця має становити: для лінійних розмірів – 15-20мм, для кутових – 2-5 градусів. Зусилля регулювання має не перевищувати 20Н. Висота поверхні сидіння має регулюватися в межах 400-500мм, а ширина і глибина становити не менше ніж 400мм. Кут нахилу

сидіння — до 15 градусів вперед і до 5 градусів назад. Висота спинки стільця має становити (300+-20) мм, ширина — не менше ніж 380 мм, радіус кривизни горизонтальної площини — 400мм. Кут нахилу спинки має регулюватися в межах 1-30 градусів від вертикального положення. Відстань від спинки до переднього краю сидіння має регулюватися в межах 260-400мм. Для зниження статичного напруження м'язів верхніх кінцівок слід використовувати стаціонарні або змінні підлокітники завдовжки не менше ніж 250мм, завширшки 50-70мм, що регулюються за висотою над сидінням у межах 230-260мм і відстанню між підлокітниками в межах 350-500мм. Поверхня сидіння і спинки стільця має бути напівм'якою з нековзним, повітронепроникним покриттям, що легко очиститься і не електризується. Робоче місце має бути обладнане підставкою для ніг завширшки не менше ніж 300мм, завглибшки не менше ніж 400мм, що регулюється за висотою в межах до 150мм і за кутом нахилу опорної поверхні підставки до 20 градусів. Підставка повинна мати рифлену поверхню і бортик по передньому краю заввишки 10мм.

Робочі місця слід розташовувати відносно світових прорізів так, щоб природне світло падало переважно з лівого боку. Монітор має розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, що становить 600-700мм, але не ближче ніж за 600мм з урахуванням розміру літерно-цифрових знаків і символів. Розташування екрана монітору має забезпечувати зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом +30 градусів до нормальної лінії погляду працівника. Клавіатуру слід розташовувати на поверхні столу на відстані 100-300 мм від краю, звернутого до працюючого. У конструкції клавіатури має передбачатися опорний пристрій (виготовлений із матеріалу з високим коефіцієнтом тертя, що перешкоджає мимовільному її зсуву), який дає змогу змінювати кут нахилу поверхні клавіатури у межах 5-15 градусів. Висота середнього рядка клавіш має не перевищувати 30мм. Поверхня клавіатури має бути матовою з коефіцієнтом відбиття 0,4. Розташування пристрою введення — виведення

інформації має забезпечувати добру видимість монітору, зручність ручного керування в зоні досяжності моторного поля і за висотою – 900-1300мм, за шириною 400-500мм.Під матричні принтери потрібно підкладати вібраційні килимки для гасіння вібрації та шуму [18].

Щодня перед початком роботи необхідно очищати монітор від пилу та інших забруднень. Після закінчення роботи персональний комп'ютер і периферійні пристрої повинні бути відключені від електричної мережі. У разі виникнення аварійної ситуації необхідно негайно відключити персональний комп'ютер і периферійні пристрої від електричної мережі.

Не допускається [19]:

- виконувати обслуговування, ремонт та налагодження персонального комп'ютеру та периферійних пристроїв безпосередньо на робочому місці оператора;
- зберігати біля персонального комп'ютеру та периферійних пристроїв папір, будь-які носії інформації (диски, флешки тощо), запасні блоки, деталі тощо, якщо вони не використовуються для поточної роботи;
- відключати захисні пристрої, самочинно проводити зміни у конструкції та складі персонального комп'ютеру та периферійних пристроїв або їх технічне налагодження;
- працювати з персональним комп'ютером, у яких під час роботи з'являються нехарактерні сигнали, нестабільне зображення на моніторі тощо;
- працювати з матричним принтером за відсутності вібраційного килимка та зі знятою (піднятою) верхньою кришкою.

Приміщення для роботи з персональними комп'ютерами мають бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря, або припливно-витяжною вентиляцією. У приміщеннях на робочих місцях мають забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури,

відносної вологості й рухливості повітря у відповідності до ГОСТ 12.1.005-88, СН 4088-86 [20].

Таблиця 3.1 – Оптимальні мікрокліматичні показники згідно з СН 4088-86

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, град. С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		оптимальна	оптимальна	оптимальна
Холодна	легка-1 а	22 - 24	40 - 60	0,1
	легка-1 б	21 - 23	40 - 60	0,1
Тепла	легка-1 а	23 - 25	40 - 60	0,1
	легка-1 б	22 - 24	40 - 60	0,2

Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам № 2152-80.

Таблиця 3.2 - Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі

Рівні	Кількість іонів в 1 см куб. повітря	
	n +	n -

Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500 – 3000	3000 - 5000
Максимально допустимі	50000	50000

Для підтримки допустимих значень мікроклімату та концентрації позитивних та негативних іонів необхідно передбачати установки або прилади зволоження та/або штучної іонізації, кондиціювання повітря. Приміщення, в яких встановлені персональні комп'ютери, повинні мати природне та штучне освітлення відповідно до СНиП II-4-79.Природне освітлення має здійснюватися через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ чи північний схід і забезпечувати коефіцієнт природною освітленості (КПО) не нижче ніж 1,5%. Розраховується КПО за методикою, викладеною в СНиП II-4-79.Штучне освітлення в приміщеннях з робочими місцями має здійснюватися системою загального рівномірного освітлення. У разі переважної роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення (крім системи загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення). Зазначення освітленості на поверхні робочого столу у зоні розміщення документів має становити 300-500лк. Якщо ці значення освітленості неможливо забезпечити системою загального освітлення, допускається використовувати місцеве освітлення. При цьому світильники місцевого освітлення слід встановлювати таким чином, щоб не створювати відблисків на поверхні екрана, а освітленість екрана має не перевищувати 300лк. Як джерела світла в разі штучного освітлення мають застосовуватись переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ. У разі влаштування відбитого освітлення у приміщеннях, де переважним чином працюють з документами, допускається застосування металогалогенних ламп потужністю

250Вт. Допускається застосування ламп розжарювання у світильниках місцевого освітлення. Система загального освітлення має становити суцільні або переривчасті лінії світильників, розташовані збоку від робочих місць (переважно ліворуч), паралельно лінії зору працюючих.

Допускається використання світильників таких класів світлорозподілу:

- прямого світла — П;
- переважно прямого світла — Н;
- переважно відбитого світла — В.

Для загального освітлення слід застосовувати світильники серії ЛПО 3б із дзеркальними гратами, що укомплектовані високочастотними пускорегулювальними апаратами (ВЧ ПРА). Допускається застосовувати світильники цієї серії без ВЧ ПРА тільки в модифікації «Кососвітло».

Застосування світильників без розсіювачів та екрануючих грат заборонено. Яскравість світильників загального освітлення в зоні кутів випромінювання від 50 до 90 градусів з вертикаллю в повздовжній та поперечній площинах має становити не більше ніж 200 кд/м^2, захисний кут світильників — не менше ніж 40 градусів. Світильники місцевого освітлення повинні мати відбивач, що просвічує, із захисним кутом, не меншим ніж 40 градусів.

Слід передбачити обмеження прямої близькості від джерел природного та штучного освітлення. При цьому яскравість світлих поверхонь (вікна, джерела штучного освітлення), що розташовані в полі зору повинна бути не більше ніж 200 кд/м^2. Необхідно обмежувати відбиту близькість на робочих поверхнях відносно джерел природного і штучного освітлення. При цьому яскравість відблисків на екрані ВДТ має не перевищувати 40 кд/м^2, а яскравість стелі в разі застосування системи відбитого освітлення – 200 кд/м^2.

Показник освітленості у разі використання джерел загального штучного освітлення у виробничих приміщеннях має не перевищувати 20, а показник дискомфорту в адміністративно-громадських приміщеннях має бути не більше за 40. Необхідно обмежувати нерівномірність розподілу яскравості в полі зору працюючих з ВДТ. При цьому співвідношення яскравостей робочих поверхонь має бути не більшим ніж 3:1, а співвідношення яскравостей робочих поверхонь та поверхонь стін, обладнання тощо — 5:1. Коефіцієнт запасу для освітлювальних установок загального освітлення має дорівнювати 1,4. Коефіцієнт пульсації має не перевищувати 5%, що забезпечується застосуванням газорозрядних ламп у світильниках загального та місцевого освітлення з ВЧ ПРА для світильників будь-яких типів. Якщо не має світильників з ВЧ ПРА, то лампи багатолампових світильників або світильники загального освітлення, розташовані поруч, слід вмикати на різні фази трьохфазної мережі. Для забезпечення нормованих значень освітленості у приміщеннях з ВДТ ЕОМ та ПЕОМ слід чистити шибки і світильники принаймні двічі на рік і вчасно замінювати лампи, що перегоріли.

3.2 Електробезпека

Персональні комп’ютери, периферійні пристрої, інше устаткування (апарати управління, контрольно-вимірювальні прилади, світильники), електропроводи та кабелі за виконанням і ступенем захисту мають відповідати класу зони, мати апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів. Під час монтажу та експлуатації ліній електромережі необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за

можливості, застосовувати негорючу ізоляцію. Лінія електромережі для живлення персональних комп’ютерів і периферійних пристроїв виконується як окрема групова трипровідна мережа шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Не допускається використовувати нульовий робочий провідник як нульовий захисний провідник. Нульовий захисний провідник прокладається від стійки групового розподільного щита, розподільного пункту до розеток електроживлення. Не допускається підключати на щиті до одного контактного затискача нульовий робочий та нульовий захисний провідники. Площа перерізу нульового робочого та нульового захисного провідника в груповій трипровідній мережі має бути не менше площі перерізу фазового провідника. Усі провідники мають відповідати номінальним параметрам мережі та навантаження, умовам навколишнього середовища, умовам розподілу провідників, температурному режиму та типам апаратури захисту.

У приміщенні, де одночасно експлуатуються понад п’ять персональних комп’ютерів і периферійних пристроїв, на помітному та доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, який може повністю вимкнути електричне живлення приміщення, крім освітлення.

Персональні комп’ютери і периферійні пристрої повинні підключатися до електромережі тільки за допомогою справних штепсельних з’єднань і електророзеток заводського виготовлення. У штепсельних з’єднаннях та електророзетках, крім контактів фазового та нульового робочого провідників, мають бути спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Їхня конструкція має бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше, ніж приєднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз’єднання при відключенні має бути зворотним. Не допускається підключати персональні комп’ютери та

периферійні пристрої до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі з використанням перехідних пристроїв.

Електромережі штепсельних з'єднань та електророзеток для живлення персональних комп'ютерів та периферійних пристроїв потрібно виконувати за магістральною схемою, по 3-6 з'єднань або електророзеток в одному колі. Штепсельні з'єднання та електророзетки для напруги 12В та 42В за своєю конструкцією мають відрізнятися від штепсельних з'єднань для напруги 127В та 220В. Штепсельні з'єднання та електророзетки, розраховані на напругу 12В та 42В, мають візуально (за кольором) відрізнятися від кольору штепсельних з'єднань, розрахованих на напругу 127В та 220В. Індивідуальні та групові штепсельні з'єднання та електророзетки необхідно монтувати на негорючих або важкогорючих пластинах. Електромережу штепсельних розеток для живлення персональних комп'ютерів і периферійних пристроїв при розташуванні їх уздовж стін приміщення прокладають по підлозі поруч зі стінами приміщення, як правило, в металевих трубах і гнучких металевих рукавах, а також у пластикових коробах і пластмасових рукавах з відводами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання. При розміщенні в приміщенні до п'яти персональних комп'ютерів і периферійних пристроїв допускається прокладання трипровідникового захищеного проводу або кабелю в оболонці з негорючого чи важкогорючого матеріалу по периметру приміщення без металевих труб та гнучких металевих рукавів. Не допускається в одній трубі прокладати ланцюги до 42В та вище 42В.

При організації робочих місць електромережу штепсельних розеток для живлення персональних комп'ютерів, периферійних пристроїв і у центрі приміщення прокладають у каналах або під знімною підлогою в металевих трубах або гнучких металевих рукавах. При цьому не допускається застосовувати провід і кабель в ізоляції з вулканізованої гуми та інші матеріали, які містять сірку [21].

4.3 Пожежна та техногенна безпека

Категорія приміщення по пожежній вибухонебезпечності згідно СНиП 2.01.02 - 85 має I ступінь вогнестійкості, а по пожежовибухонебезпеки відноситься до категорії В, тобто в приміщенні зберігаються тверді горючі речовини. Клас приміщення лабораторії з пожежної небезпеки відповідно до ПУЕ-85-П-110 (використовуються горючі матеріали, магнітні носії інформації) [21].

У лабораторії можливі наступні причини виникнення пожежі: несправність електропроводки, порушення протипожежних правил і правил експлуатації приладів. Тому, відповідно до ГОСТ 12.4.009-83 в приміщенні слід встановити первинні засоби пожежогасіння. Виходячи із загальної площі приміщення і категорії приміщення з вибухопожежної та пожежної небезпеки, потрібно поставити два вогнегасника з вуглекислотою типу ОУ-5. Вогнегасники повинні розміщуватися на висоті не більше 1,5 м від рівня підлоги до нижнього торця вогнегасника. Їх розміщують таким чином, щоб інструктивні написи на корпусі були видні.

Також пропонується застосування сигналізації про виникнення пожежі шляхом установки датчиків КН-1, налаштованих на температуру спрацювання 70°С.Оскільки один датчик типу КН-1 здатен контролювати площу 3 м^2 розрахуємо кількість датчиків (Кд) необхідних для приміщення лабораторії [22]

$$K_Д = \frac{S}{3} = \frac{20}{3} \approx 7шт \qquad (3.1)$$

Для більш надійного контролю приміщення лабораторії прийнято кількість датчиків типу КН-1 яка дорівнює 8. Різні рідини використовувані при монтажно-складальних роботах (спирт, розчинники, скипидар і ін.), повинні зберігатися в закритому небиткому посуді. Посуд повинен мати написи про його вміст.

Організаційно-технічними заходами щодо забезпечення пожежної безпеки є: організація навчання персоналу правилам пожежної безпеки; розробка заходів щодо дій робітників на випадок виникнення пожежі. Важливою мірою щодо забезпечення пожежної безпеки є організація пожежної охорони приміщення, яка передбачає профілактичний і оперативне обслуговування. Оскільки в лабораторії працює 4 людини, тому в разі виникнення пожежі при евакуації робочого персоналу використовується вхідні двері, згідно плану евакуації (рис. 3.1).

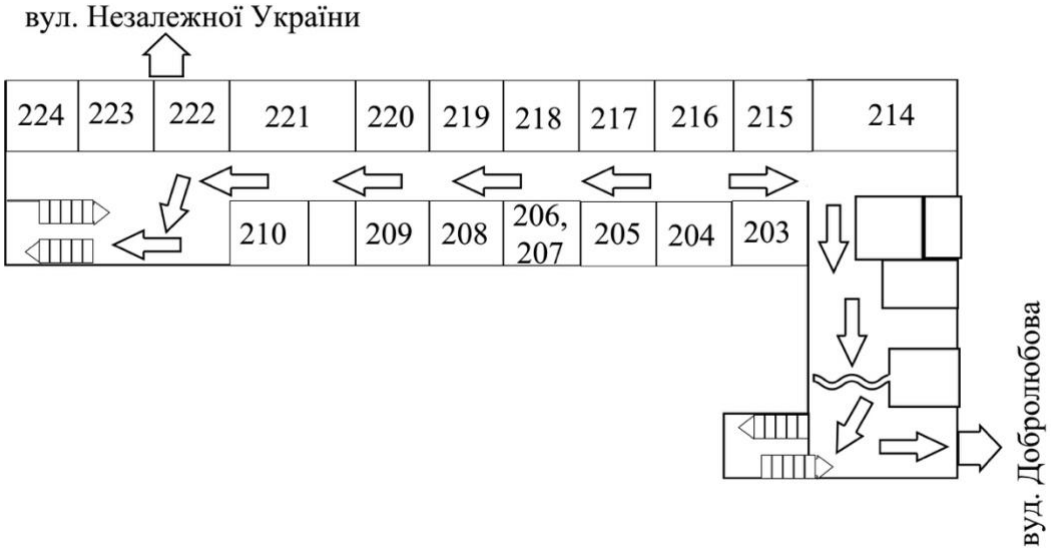


Рисунок 3.1 – План евакуації на випадок пожежі

3.4 Визначення стану виробничого середовища при роботі з комп'ютерною технікою

Відомо, що робота працівників, пов'язаних з електронно-обчислювальними машинами (ЕОМ) та супутньою технікою, відноситься до професій з нервово-емоційним навантаженням. Це пояснюється впливом ряду шкідливих чинників: електромагнітні поля, статична електрика, шум, температура, складність забезпечення раціонального освітлення, перенапруження аналізаторів, монотонність праці, гіподинамія, тощо. Досліджено основні параметри мікроклімату приміщень і шуму, наведено пропозиції по їх покращенню, що суттєво оздоровляє умови праці фахівців з ЕОМ.

Для оцінки стану виробничого середовища приміщень з ЕОМ проводилось дослідження основних параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, у різних за призначенням приміщенні комп'ютерного залу ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ з використанням стандартної вимірювальної апаратури. Характеристика приміщення: загальна площа – 71,9 м^2; загальний об'єм – 194,1 м^2; кількість комп'ютерів – 12 шт.; кількість принтерів – 6 шт.; кількість робітників – 24 особи; площа на робітника – 5,99 м^2; об'єм на робітника – 16,18 м^2. Згідно загальних санітарних норм (НПАОП 0.00-1.28-10) в приміщеннях не повністю забезпечена необхідна площа на одне робоче місце (не менше 6 м^2): в комп'ютерному залі ЗДІА 5,99 м^2 , відповідно менше на 0,16%, а необхідний об'єм (не менше 20 м^3) не виконується на 19% (16,18м^3). В цілому ускладнюється можливість підтримки необхідного мікроклімату. Результати виміру параметрів мікроклімату наведено у табл. 3.3.

Аналіз одержаних даних свідчить про необхідність підвищення загальних санітарно-технічних вимог до повітря робочої зони. Для легкої категорії важкості праці і теплого періоду року оптимальні параметри

мікроклімату складають: температура 22-24 °С [21] , відносна вологість – 40-60 % [21]. Визначено перевищення температури на 5,4-6,4 °С, а відносній вологості на 8,0-12,4% [21]. Що стосується швидкості руху повітря, то за нормативної величині 0,2-0,5 м/с [21] суттєво пониження її значень було зафіксовано в комп'ютерному залі ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ в 2 рази.

Таблиця 3.3 – Параметри клімату приміщення

Точки замірів	Час замірів	Температура за Цельсієм	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
1	Ранок	29,8	49	0,1
	День	28	66	0,1
	Вечір	30,8	48	0,1
2	Ранок	28,6	49	0,1
	День	27,4	64	0,1
	Вечір	31	46	0,1
3	Ранок	29,8	50	0,1
	День	29,2	60	0,1
	Вечір	31	46	0,1

Для нормалізації мікроклімату виконувались розрахунки системи кондиціонування повітря для видалення надлишкової теплоти та вологи. Величину сумарного виділення теплоти визначали за формулою [21]:

$$QΣ = Qз.о. + Qв.о. + Qс. р. + Qін + Qобл + Qш.о. + Qл + Qн.п. , \quad (3.2)$$

де *Qз.о., Qв.о.* - теплота, що надходить через зовнішні непрозорі та внутрішні огородження відповідно, кВт/год.; *Qс. р.* - теплота сонячної радіації, кВт/год.; *Qін, Qобл,Qш о* - теплота, яка надходить від інфільтрації, виробничого обладнання та штучного освітлення відповідно, кВт/год.; *Qр, Qнп* - теплота, яку виділяють робітники та нагрівальні прилади відповідно, кВт/год. Значення загального виділення вологи обчислювали з використанням рівняння:

$$W = Wm.o. + Wз.п + Wш. р + Wін , \quad (3.3)$$

де *Wm.o*. - волога, яку виділяє обладнання під час виконання технологічних процесів, кг/год.; *Wз.п* - волога від змочених поверхонь, кг/год.; *Wш р Wін* - волога, яку виділяє шкіра робітників, та надходить із зовнішнім повітрям за інфільтрації відповідно, кг/год.

Для асиміляції шкідливих виділень в приміщеннях необхідно забезпечити подавання певної кількості повітря, в тому числі: - для нейтралізації надлишку теплоти G_Q :

$$G_Q = \frac{Q_к}{0,24 \cdot \Delta t_р}, \text{км/год} \quad (3.4)$$

де Δt - нормоване підвищення внутрішньої температури над її зовнішнім рівнем, °С;

- для нейтралізації виділень вологи G_W :

$$G_w = \frac{w}{d_d - d_n} \tag{3.5}$$

де d_d, d_n - вміст вологи внутрішнього та припливного повітря відповідно, кг/год.

Вибір кондиціонера здійснено за найбільшою розрахунковою величиною G_Q и G_W . Виконані розрахунки дозволили встановити, що необхідно додатково обладнати комп'ютерний клас ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ двома автономними кондиціонерами типу «Mitsubishi Heavy SRK40HG-S».

Отже, результати досліджень мікроклімату робочої зони приміщення з відео- дисплейною технікою за умов комп'ютерного залу Інженерного навчально -наукового інституту ім. Ю. М. Потебні ЗНУ показали необхідність підвищення загальних санітарно-технічних вимог до повітря робочої зони. Запропоновано додаткове оснащення приміщень сучасними кондиціонерами з визначеними параметрами. Комплексний підхід до вирішення існуючих проблем з покращенням параметрів мікроклімату приміщень дозволить суттєво підвищити продуктивність розумової праці при роботі на комп'ютерах, і покращити умови праці.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Аналіз методів вимірювання температури показав доцільним розробку приладу, що базується на активному методі вимірювання і дозволяє виводити результати моніторингу на екран.

Розроблено структурну і принципову електричну схему термостабілізатора. Датчик температури побудовано на базі германієвого діоду, що відрізняється високою чутливістю та малим струмом споживання. Діапазон температури, що підтримується (вимірюється) складає 0 ... 99,9 °С, роздільна здатність +/- 0,1°С. Прилад має цифрову індикація виміряної температури та можливість завдання температури шляхом програмування у двійковому коді. Розрахункові габаритні розміри складають 190× 130 мм.

Запропонований прилад може використовуватися для підтримки заданого температурного режиму у житлових та промислових приміщеннях.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАННОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кузьмін О. В., Мельник І. П. Основи електроніки та мікросхемотехніки : навч. посіб. Львів : Новий Світ-2000, 2010. 400 с.
2. Бойко В. І. Напівпровідникові прилади : підручник. Київ : Либідь, 2007. 368 с.
3. Зайцев В. М. Електронні пристрої автоматики : навч. посіб. Харків : ХНУРЕ, 2012. 280 с.
4. ДСТУ IEC 60751:2012. Термоперетворювачі опору. Загальні технічні вимоги. Київ.
5. ДСТУ 3651.1:2019 Метрологія. Вимірювання температури. Терміни та визначення.
6. Червотока О. В. Аналіз систем терморегулювання та способів вимірювання температури. *Системи управління, навігації та зв'язку.* URL: https://journals.nupp.edu.ua/sunz/uk/article/view/2752 (дата звернення: грудень 2025 р.).
7. Кучерук В. Ю., Дорожовець М. О., Мотало В. П. Теоретичні основи інформаційно-вимірювальних систем : підручник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2012. 496 с.
8. Грабовський В. А. Датчики та перетворювачі фізичних величин : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 240 с.
9. Ткаченко В. П. Мікропроцесорні пристрої : навч. посіб. Харків : ХНУРЕ, 2021. 320 с.
10. Стадник М. І. Основи електроніки та мікросхемотехніки : підручник. Львів : Новий Світ-2000, 2020. 400 с.
11. Мартиненко В. І. Мікропроцесорні системи керування : підручник. Київ : НТУУ «КПІ», 2015. 420 с.
12. Онищенко В. О. та ін. Сучасні проблеми автоматизації та приладобудування : зб. наук. праць. Полтава : НУПП, 2024. 350 с. URL:

https://nupp.edu.ua/uploads/files/0/events/conf/2024/xvii-mnpk-aunrp/zbirnyk.pdf (дата звернення: січень 2026 р.).

13. Юр'єв В. А. та ін. Напівпровідникові діоди як температурні сенсори. URL: https://arxiv.org/abs/1503.05700 (дата звернення: січень 2026 р.).
14. Виготовлення друкованих плат для електроніки. URL: https://renome.biz/uk/index.php?route=news/article&news_id=61 (дата звернення квітень 2026 р.).
15. Виробнича санітарія та гігієна. URL: https://pidru4niki.com/15060913/bzhd/virobnicha_sanitariya_gigiyena (дата звернення: квітень 2026 р.).
16. Про затвердження правил пожежної безпеки в Україні. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15/ed20230407#Text (дата звернення: травень 2026 р.).
17. ДБН В 1.1-7:2016 Пожежна безпека. Загальні вимоги [Чинний від 01.06.2017] Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017, 38 с.
18. Основи охорони праці: навч. посіб. / Р.М. Івах та ін. 4-те вид. Київ: Кондор, 2010. 464 с.
19. Грибан В. Г., Фоменко А. Є., Казначеєв Д. Г. Безпека життєдіяльності та охорона праці : підручник. Дніпро : Дніпропетровський державний університет внутрішніх справ, 2022. 388 с. URL: https://fpk.in.ua/images/biblioteka/2FMB_Pravo/Hryban.-2022-Pidruchnyk-BZHD-ta-OP.pdf (дата звернення: травень 2026 р.).
20. Сокуренко В. В. Безпека життєдіяльності та охорона праці : навч. посіб. Київ. 2021. 300 с. URL: https://www.tkfk.te.ua/wp-content/uploads/2024/02/Сакуренко-БЖД.pdf (дата звернення: травень 2026 р.).
21. Курепін В. М. Основи охорони праці. Пожежна безпека на виробничих об'єктах: конспект лекцій. Миколаїв : МНАУ, 2021. 45 с.

URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/9874/1/osnovi-ohoroni-praci-tema-10.pdf (дата звернення: травень 2026 р.).