

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет Інформаційних електронних систем
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))
Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

БАКАЛАВРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему: «Розробка блоку керування монтажного фену»

Виконав: студент (2)4-го курсу, групи
ТКР-21мс
спеціальності 172 – Телекомунікації та
радіотехніка

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Материнський В.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц., доцент каф. ІРТС

Воловик А.Ю.

(прізвище та ініціали)

«15» 06 2023 р.

Рецензент: к.т.н., ст. викл. каф. ІКСТ

Макогон В. І.

(прізвище та ініціали)

«16» 06 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ІРТС

д.т.н., проф. Осадчук О.В.


(прізвище та ініціали)

«16» 06 2023р.

Вінницький національний технічний університет

Факультет Інформаційних електронних систем
Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 17 Електроніка та телекомунікації
Спеціальність – 172 – Телекомунікації та радіотехніка
Освітньо-професійна програма – Радіотехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ІРТС
д.т.н., проф. Осадчук О.В.


21.03.2023 року

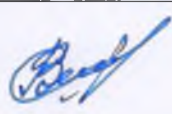
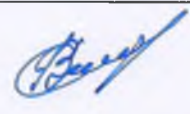

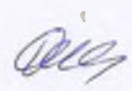
ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Материнському Віталію Павловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. Розробка блоку керування монтажним феном
керівник роботи к.т.н., доц., доцент кафедри ІРТС Воловик А.Ю.
затверджені наказом вищого навчального закладу від “20” 03 2023 року № 67
2. Строк подання студентом роботи 19 06 2023 року
3. Вихідні дані до роботи: робочий діапазон температур монтажного фену від 100 до 400°C; відображення температури на індикаторі, що винесений на корпус блоку керування; регулювання параметрів змінними резисторами; потужність монтажного фену 700Вт, робоча напруга регулятора обертів вентилятора 24В, регульована вихідна напруга на вентилятор 0-24В, обмеження струму вентилятора 0,2А, припинення нагріву та охолодження спіралі при постановці фена на підставку, індикація нагрівання спіралі на корпусі блоку керування монтажним феном.
4. Зміст текстової частини: Вступ. Основні теоретичні відомості про фени. Технології проектування та розробки блоку керування монтажного фену. Розрахунково-конструкторська частина. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Структурна схема блоку керування монтажним феном; Схема електрична принципова; Кресленик друкованої плати; Складальне креслення блоку керування монтажним феном.

6. Консультанти розділів роботи


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	доцент кафедри ІРТС к.т.н., доц. Воловик А.Ю.		
Охорона праці	професор кафедри БЖДПБ, професор д.п.н., Дембіцька С.В.		

7. Дата видачі завдання 22.03.2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

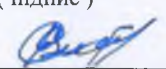
№ з/п	Назва етапів бакалаврської дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вибір, узгодження та затвердження теми БДР	14.02.2023-28.02.2023	
2.	Огляд та аналіз літературних джерел.	01.03.2023-23.03.2023	
3.	Затвердження теми. Розробка завдання на БДР.	20.03.2023-31.03.2023	
4.	Попередня розробка основних розділів. Аналіз вирішення поставленої задачі. Розробка структурної схеми та технічних рішень.	01.04.2023-06.05.2023	
5.	Математичне моделювання та електричні розрахунки . Експериментальне дослідження.	07.05.2023-18.05.2023	
6.	Розробка ілюстративної частини БДР	19.05.2023-22.05.2023	
7.	Охорона праці (ОП)	23.05.2023-28.05.2023	
8.	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративної частини.	29.05.2023-06.06.2023	
9.	Нормоконтроль	07.06.2023-09.06.2023	
10.	Попередній захист БДР, доопрацювання, рецензування БДР	10.06.2023-19.06.2023	
11.	Захист БДР ЕК	20.06.2023-21.06.2023	

Студент


(підпис)

Материнський В.П.

Керівник роботи


(підпис)

Воловик А.Ю.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.371

Материнський В. П. Розробка блоку керування монтажного фену. Бакалаврська дипломна робота зі спеціальності 172 - Телекомунікації та радіотехніка, освітня програма – Радіотехніка. Вінниця: ВНТУ, 2023. 86 с. Укр. мовою. Бібліограф.: 19 назв; рис.: 49; табл. 8.

Метою даної бакалаврської дипломної роботи є теоретичне вивчення та розробка блоку керування монтажного фену. В даній роботі розглянуто призначення, конструкцію та принцип роботи як самого монтажного фену, так і блоку керування ним. Проведено електричні, конструкторські розрахунки та математичне моделювання схеми.

В бакалаврській дипломній роботі проведено аналіз, розробку та проектування блоку керування монтажним феном. Обґрунтовано його переваги над аналогічними пристроями, та розглянуто сфери його використання.

Розроблено та сконструйовано схему блоку керування монтажним феном, з урахуванням впливів навколишнього середовища, умов експлуатації, та можливості подальшого калібрування, покращення, та за потреби швидкого ремонту. Під час моделювання проведено аналітику стосовно правильності розрахунків елементів, та можливостей вірного калібрування схеми.

Проведені експериментальні дослідження монтажного фену під час яких отримано основні параметри та характеристики: Максимальна потужність навантаження, діапазон робочої температури, напруга живлення, регулювання обертів охолоджуючого вентилятора, роботу системи вимкнення нагріву при постановці на підставку.

Також у бакалаврській кваліфікаційній роботі проведено розрахунки розділу безпеки життєдіяльності.

Ключові слова: монтажний фен, блок керування, керування температурою, нагрівальний елемент, регулятор, індикатори, датчик температури, живлення, робочі параметри.

ABSTRACT

Materynskyi V. P. Development of the control unit of the mounting hair dryer. Bachelor thesis on specialty 172 - Telecommunications and radio engineering, educational program - Radio engineering. Vinnytsia: VNTU, 2023. 69 p. Ukraine language Bibliography: 19 titles; Fig.: 31; table 8.

The purpose of this bachelor's thesis is the theoretical study and development of the control unit of the installation hair dryer. This paper examines the purpose, design and principle of operation of both the installation hair dryer itself and its control unit. Electrical, design calculations and mathematical modeling of the scheme were carried out.

In the bachelor's diploma thesis, the analysis, development and design of the control unit of the mounting hair dryer was carried out. Its advantages over similar devices are substantiated, and the areas of its use are considered.

The circuit of the control unit of the mounting hair dryer was developed and constructed, taking into account environmental influences, operating conditions, and the possibility of further calibration, improvement, and, if necessary, quick repair. During the simulation, analysis was carried out regarding the correctness of element calculations and the possibilities of correct calibration of the scheme.

Experimental studies of the mounting hair dryer were conducted, during which the main parameters and characteristics were obtained: Maximum load power, operating temperature range, supply voltage, adjustment of the cooling fan revolutions, operation of the heating shutdown system when placed on a stand.

Also, in the bachelor's qualification work, the calculations of the life safety section were carried out.

Keywords: mounting hair dryer, control unit, temperature control, heating element, regulator, indicators, temperature sensor, power supply, operating parameters.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ПРО ФЕНИ	10
1.1 Принцип роботи фенів.....	10
1.2 Класифікація фенів	12
1.3 Технології керування фенами	12
1.4 Висновки до розділу	13
2 ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКИ БЛОКУ КЕРУВАННЯ МОНТАЖНОГО ФЕНУ	15
2.1 Загальні відомості про блоки керування монтажного фену	15
2.2 Теоретичні відомості про елементну базу	19
2.2.1 Регулювання температури фену на базі операційного підсилювача	19
2.2.2 Регулювання обертів вентилятора перетворювачем напруги.	23
2.3 Інструменти розробки монтажного фену та блоку керування	28
2.3.1 Розрахунок нагрівального елемента монтажного фену.....	28
2.3.2 Вибір програми для розробки електричної схеми.....	31
2.3.3 Вибір середовища розробки друкованої плати.....	33
2.4 Висновки до розділу	36
3 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	37
3.1 Розрахунково-конструкторська частина.....	37
3.1.1 Синтез структурної схеми	37
3.1.2 Вибір блоку регулювання температури фену	38
3.1.3 Вибір блоку керування обертами монтажного фену.....	38
3.1.4 Вибір методу індикації нагріву фену	42
3.1.5 Вибір додаткових пристроїв	43
3.1.6 Розробка функціональної схеми.....	45
3.1.7 Розрахунок надійності	45
3.2 Математичне моделювання схеми блоку керування монтажним феном.....	48
3.3 Технологічна частина	56
3.3.1 Вибір методів регулювання та вимірювальної апаратури	56

3.3.2 Розробка технологічного процесу регулювання та настройки	57
3.3.3 Основні несправності та методи їх усунення.....	60
3.4 Результати експериментальних досліджень.....	62
3.5 Висновки до розділу	65
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	67
4.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	67
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	70
4.2.1 Мікроклімат	70
4.2.2 Склад повітря.....	71
4.2.3 Виробниче освітлення	72
4.2.4 Виробничий шум.....	73
4.2.5 Виробничі випромінювання.....	74
4.3 Пожежна безпека.....	75
4.3.1 Технічні рішення системи запобігання пожежі	76
4.3.2 Технічні рішення системи протипожежного захисту.....	76
ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	79
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки навчальної (бакалаврської) роботи	81
Додаток Б (обов'язковий). Ілюстративний матеріал.....	83

ВСТУП

Актуальність

Блоки керування монтажними фенами широко використовуються радіолюбителями майстрами, виробниками в сферах ремонту, розробки, та виготовлення радіопристроїв. Схеми блоку керування монтажними фенами використовуються при виготовленні стаціонарних, та портативних паяльних станцій, монтажних фенів. Також на основі подібних схем створюються стабілізатори температур для теплиць, промислових приміщень, та інших середовищах, де важливе підтримання сталої температури. Враховуючи це можна виділити ряд проблем, яких необхідно уникнути з допомогою розробки блоку керування монтажним феном:

- Неконтрольоване нагрівання, використання блоку керування дозволяє уникнути перегрівання компонентів, зайвого нагріву, і пошкоджень елементів, що може відобразитися на функціонуванні приладів;

- Ефективність роботи, блок керування значно підвищує ефективність роботи, дозволяючи швидко налаштувати задані параметри нагріву, відповідно до конкретного завдання, що полегшує роботу, та забезпечує кращий її результат;

- Безпека, нагрівальні фени без належного контролю можуть бути небезпечними. Блок керування монтажним феном дозволяє встановлювати межі температурного режиму і захист від перегріву, це в свою чергу сприяє безпечному використанню, та запобігає можливим аваріям;

- Автоматизація, в сучасній промисловості все більше використовуються автоматизовані системи пайки. Блоки керування можуть бути інтегровані в загальні системи керування, що дозволить автоматично виконувати монтаж з великою точністю і швидкістю.

Виходячи з вище наведеного, досі залишається досить велика кількість задач, які можуть бути метою подальших розробок. Актуальність теми розробки блоку керування монтажним феном полягає в його важливій ролі стосовно

заезпечення процесу якісної ташвидкої пайки, безпеці, та можливій автоматизації в галузях, де це є необхідним.

Мета роботи полягає в розробці та дослідженні блоку керування монтажним феном

Об'єкт дослідження

Метод стабілізації температури монтажного фену, покладаючись на показники термопари, та регулювання швидкості обертання вентилятора

Предмет дослідження

Статичні і динамічні характеристики блоків керування монтажним феном

Методи дослідження

Базуються на застосуванні здобутих впродовж навчання навичок по конструюванню та розробці електричних схем.

Вирішення поставленої мети в бакалаврській дипломній роботі можлива за рахунок розв'язання наступних задач:

1. Проведення аналізу методів, що здатні забезпечити точне регулювання та стабілізацію заданих параметрів блоку керування монтажним феном.
2. Розглянути методи та компоненти які можуть бути застосовані для проектування та виготовлення блоку керування монтажним феном
3. Розробити та дослідити монтажний фен, виготовлений на обраній базі, який відповідає усім заданим параметрам, виконує задані функції, має високу ремонтоздатність, та легкість в калібруванні.

Наукова новизна одержаних результатів

Наукова новизна бакалаврської дипломної роботи полягає в:

1. Розробці можливості використання аналогової компонентної бази для реалізації блоку керування монтажним феном.
2. Розробці алгоритмів керування, що дозволять ефективно та зручно задавати параметри для монтажного фену.

3. Проектуванні схеми блоку керування монтажним феном на аналоговій базі.

4. Виготовленні та дослідженню функціональності схеми, її калібрування та доукомплектації необхідними для повноцінної працездатності компонентами.

Практичне значення одержаних результатів

1. Під час математичного моделювання отримано аналітичні данні для подальшого створення блоку керування монтажним феном.

2. Проведені експериментальні дослідження блоку керування монтажним феном, під час яких отримані основні параметри та характеристики: максимальна потужність навантаження, діапазон робочої температури, напруга живлення, регулювання обертів охолоджуючого вентилятора, роботу системи вимкнення нагріву при постановці на підставку

1 ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ПРО ФЕНИ

1.1 Принцип роботи фенів

Фен - це електричний пристрій, який використовується для створення повітряного потоку шляхом швидкого руху повітря. Принцип роботи фенів полягає в перетворенні електричної енергії на кінетичну енергію повітряного потоку.

Загальна конструкція фену зображена на рисунку 1.1:

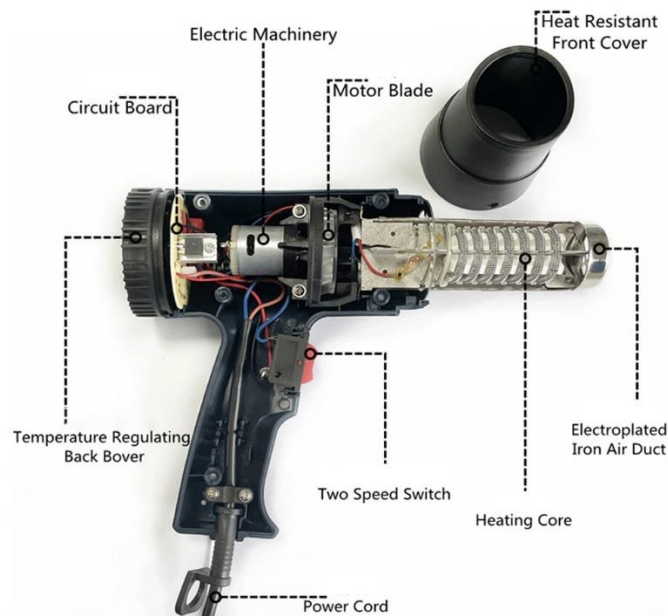


Рисунок 1.1 – Конструкція промислового фену

Основні компоненти фена включають:

- електричний нагрівальний елемент: фени зазвичай мають спіральний дріт або карбонову керамічну пластину, які нагріваються під дією електричного струму. Нагрівальний елемент знаходиться всередині фена і відповідає за нагрівання повітря.

- вентилятор: у фенах є вентилятор, який забезпечує рух повітря. Вентилятор вбудований в корпус фена і має обертові лопаті, які рухаються

при допомозі електричного двигуна. Коли вентилятор обертається, він втягує повітря з оточуючого середовища через впускні отвори фена.

- теплова камера: нагріте повітря з нагрівального елемента подається в теплову камеру, розташовану позаду вентилятора. У тепловій камері повітря змішується з оточуючим повітрям і стає гарячим.

- випускні отвори: гаряче повітря випускається через випускні отвори фена. Вони можуть бути розташовані на передній або задній частині фена, і їх форма і розмір впливають на створений повітряний потік.

Коли фен увімкнено, електричний струм проходить через нагрівальний елемент, що нагрівається. Вентилятор розпочинає обертатися, втягуючи оточуюче повітря і гаряче повітря з теплової камери. Потім це гаряче повітря випускається через випускні отвори фена, створюючи потік повітря. За допомогою різних налаштувань і швидкостей фену можна регулювати температуру і силу повітряного потоку.

Фени на виробництвах використовуються для різних завдань, пов'язаних з вентиляцією, охолодженням, сушінням і обробкою матеріалів. Вони забезпечують потужний повітряний потік, який може бути використаний для різних цілей.

Фени використовуються на виробництвах для швидкого сушіння різних матеріалів, таких як фарби, лаки, клеї або покриття. Гарячий повітря, створюване феном, допомагає прискорити процес сушіння, забезпечуючи ефективну обробку і виробництво.

Також використовуються для термоформування матеріалів, таких як пластик. Гаряче повітря, що створюється феном, допомагає нагріти матеріал до необхідної температури, що дозволяє йому приймати бажану форму.

Вони здатні створювати високу температуру, що дозволяє їх використовувати для спайки різних матеріалів, таких як пластик, метал або скло. За допомогою спеціальних насадок або насадок зі змінними температурами, монтажний фен нагріває поверхню, щоб забезпечити з'єднання або фіксацію. У деяких виробничих процесах, де необхідно

з'єднувати пластикові частини, монтажні фени використовуються для зварювання. Вони створюють потужний повітряний потік з гарячим повітрям, яке нагріває пластикові частини, забезпечуючи їх з'єднання.

Монтажний фен для пайки забезпечує швидке нагрівання паяльного припою та паяння компонентів, забезпечуючи надійні з'єднання. Він широко використовується в електронній промисловості та ремонтних роботах для монтажу і ремонту плат і компонентів.

1.2 Класифікація фенів

Промисловий фен дуже схожий на побутовий, схожа форма, циліндричне дуло й принцип роботи, розігрів і подача повітря.

Однак, насправді вони відрізняються наповненням та зовнішнім виглядом для роботи у зовсім інших температурних діапазонах – аж до 650 градусів Цельсія. Більш того, вони повинні працювати в цьому режимі по кілька годин і витримувати агресивні умови експлуатації.

В загальному промислові фени класифікують:

1. За потужністю: низькопотужні, середньопотужні, високопотужні
2. За конструкцією: портативні, стаціонарні
3. За специфічними функціями: з програмованим управлінням, з системою очистки повітря, з високою стійкістю до впливу навколишнього середовища
4. За джерелом енергії: мережеві, акумуляторні

1.3 Технології керування фенами

На сьогоднішній день на ринку існує безліч варіантів виконання та конструкцій монтажних фенів. Кожен з них може запропонувати користувачу якусь свою особливість, що може покращити якість та зручність його використання.

Кожен виробник намагається вдосконалювати прилади, які вони випускають, хтось змінює його дизайн щоб забезпечити більшу зручність користування, хтось вносить зміни в саму плату, задля того, щоб користувач міг бути впевнений в якості приладу, та довговічності роботи, виробники роблять прилади з використанням мікроконтролерів, щоб надати йому функції, які важко забезпечити використовуючи аналогові радіоелементи.

Проте більшість монтажних фенів представлені в вигляді окремого приладу, який виготовлений для виконання тільки певних задач.

Саме тому була поставлена задача виготовити пристрій, який зможе виконувати функції керування температурою фену на рівні із аналогами, при цьому бути компактним.

Прилад повинен бути зручний у використанні, мати аналогове регулювання, оскільки так можна забезпечити можливість швидкого виставлення параметрів, і бути виготовленим у корпусі з діелектричного матеріалу. Оскільки для живлення деяких частин конструкції буде використано напругу 220В.

Невеликі розміри, високі експлуатаційні характеристики, багатофункціональність, надійність, простота у виготовленні і управлінні роблять цей пристрій дуже привабливим.

1.4 Висновки до розділу

Проаналізовано принципи роботи фенів, їх принцип роботи, класифікацію, переваги та недоліки, а також принципи керування. Це допомогло скласти загальну картину потреб та функцій, які повинен виконувати фен з розробленим блоком керування:

- Компактність та портативність пристрою, низька вага;
- Багатофункціональність, точне регулювання параметрів, використання аналогових методів регулювання;
- Живлення від 220В, надійність, та висока ремонтпридатність.

2 ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКИ БЛОКУ КЕРУВАННЯ МОНТАЖНОГО ФЕНУ

2.1 Загальні відомості про блоки керування монтажного фену

Блок керування монтажного фену – виконує функцію регулювання та стабілізації швидкості та температури повітря, що видається монтажним феном. Класична структура блоку керування монтажним феном складається з блоку живлення(БЖ), блоку керування температурою(БК), блоку регулювання обертів вентилятора(БР), та блоку індикації температури(БІ). Структурну схему блоку керування представлено на рисунку 2.1:

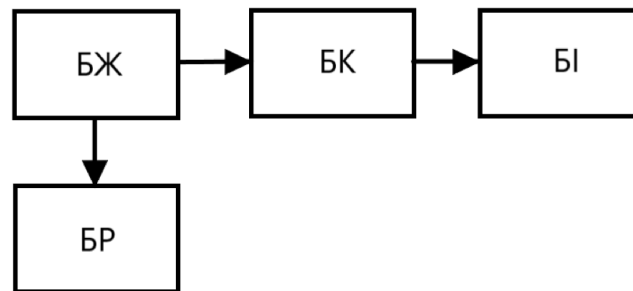


Рисунок 2.1 – Структурна схема блоку керування монтажного фену

В якості блоку живлення зазвичай використовується джерело живлення імпульсного або трансформаторного типу з напругою 24В, оскільки це максимально допустима напруга для живлення більшості вентиляторів що монтуються в паяльні фени. Для живлення ж блоку керування температурою необхідне використання понижувачів напруги, оскільки зазвичай логіка потребує напруги 3.3В або 5В.

Функціонування блоку керування монтажного фену полягає в наступному. Рукоятка монтажного фену містить в собі чотири основних компоненти, це нагрівальна спіраль, вентилятор, термопара, та геркон. Блок керування поєднує їх в одне ціле, одночасно керуючи кожною складовою.

Блок регулювання обертів вентилятора виконує свою функцію за допомогою зниження та підвищення вихідної напруги. Тому в якості такого блоку зазвичай використовуються схеми DC-DC перетворювача. Блок керування температурою (БК) має дві основні функції, зняття температурних показників з термопари, та опираючись на отримані данні, та виставлені параметри вмикати або вимикати нагрів спіралі. Блок індикації (БІ) взаємодіючи з блоком керування конвертує отримані данні з термопарти в значення температури, для полегшення взаємодії користувача з пристроєм.

Управління температурою та потужністю повітряного потоку, як правило, здійснюється за допомогою кнопок або потенціометрів на корпусі блоку керування монтажним феном, в рідших випадках відбувається на корпусі самого фену.

Процес паяння за допомогою монтажного фену передбачає такі кроки: нанесення припою або паяльної пасти на місце монтажу, встановлення мікросхеми на посадкове місце, прогрів монтажних контактів за допомогою паяльного термофена.

Основні вимоги, що ставляться до монтажних фенів:

- дотримання температурних режимів паяння. Більшість паяльних робіт здійснюється в межах 190 – 400°C. Нижня планка стосується свинцевих припоїв, а верхня - заводських без свинцевих припоїв. Паяльний фен повинен видавати потік повітря чітко заданої температури, щоб убезпечити мікросхеми від перегріву та виходу з ладу.

- стабільний повітряний потік. При нерівномірному повітряному потоці серйозно ускладнюється робота з паяльним обладнанням. Підвищується імовірність здування малих SMD компонентів.

- безпека та зручність використання. Тепловий фен не повинен перегріватися і становити небезпеку для майстра. В ідеалі потужний паяльний фен, слід проектувати із урахуванням всіх заходів з безпеки.

Всі ці вимоги можна забезпечити використовуючи як аналогові так і цифрові схеми технічні рішення.

В наш час набувають популярності блоки керування монтажних фенів з використанням програмованих мікроконтролерів, що дозволяє додати пристрою унікальні функції. Аналогове виконання в свою чергу робить пристрій більш ремонтпридатним, за правильної розробки, конфігурування, та проектування пристрій має компактніші габарити.

Для створення блоку керування цифрового типу зазвичай за основу використовують мікроконтролери Atmega, для яких попередньо створюється прошивка яка буде забезпечувати виконання необхідних для фену функцій. І вже сама мікросхема виконує керування силовою частиною схеми для регулювання нагріву спіралі та потужності повітряного потоку. Найпопулярніша схема для створення блоку керування монтажним феном на базі мікроконтролера представлена на рисунку 2.2:

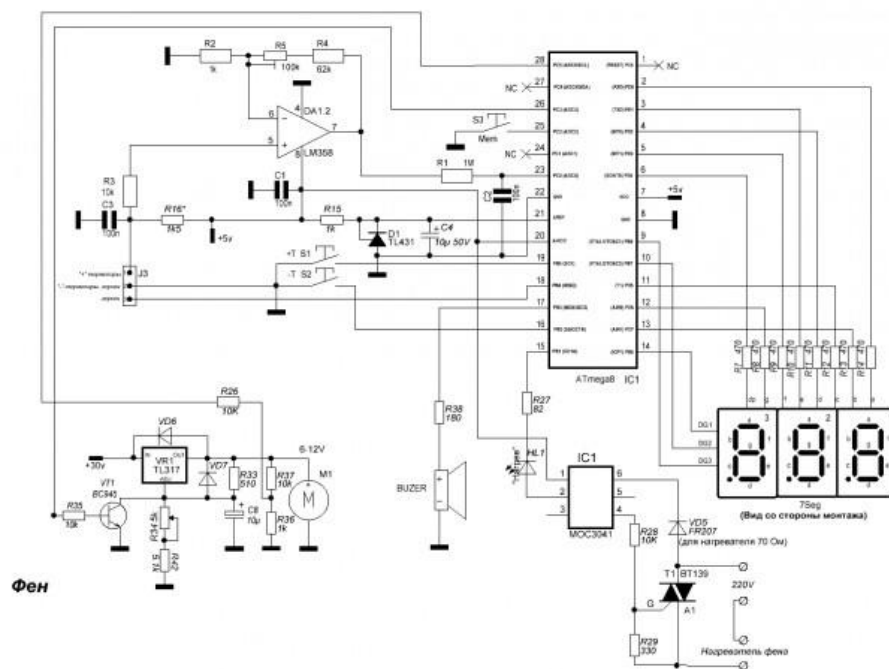


Рисунок 2.2 – Блок керування монтажним феном на базі Atmega8

Монтажний фен з блоком керування аналогового типу в свою чергу виконується на звичайних мікросхемах. Має в більшості випадків резистивне регулювання параметрів, тобто регулювання виконується змінними

резисторами, а для виведення показників температури використовується семи сегментний індикатор.

Переваги даного типу схеми – це відносна простота створення, оскільки достатньо знання елементної бази, вмінь з проектування схем та друкованих плат. Такі блоки керування мають можливість швидкого калібрування з допомогою резисторів на самій схемі. Також в випадку поломки, ремонтпридатність такої схеми значно вища.

Якщо в цифровому блоці керування монтажним феном використовується мікроконтролер Atmega, який проводить зчитування показників термопари, та проводить регулювання. Тут це зазвичай відбувається на основі операційного підсилювача LM358, на основі якого створюється схема терморегулятора. Приклад схеми блоку керування монтажним феном на аналоговій схемотехніці представлено на рисунку 2.3:

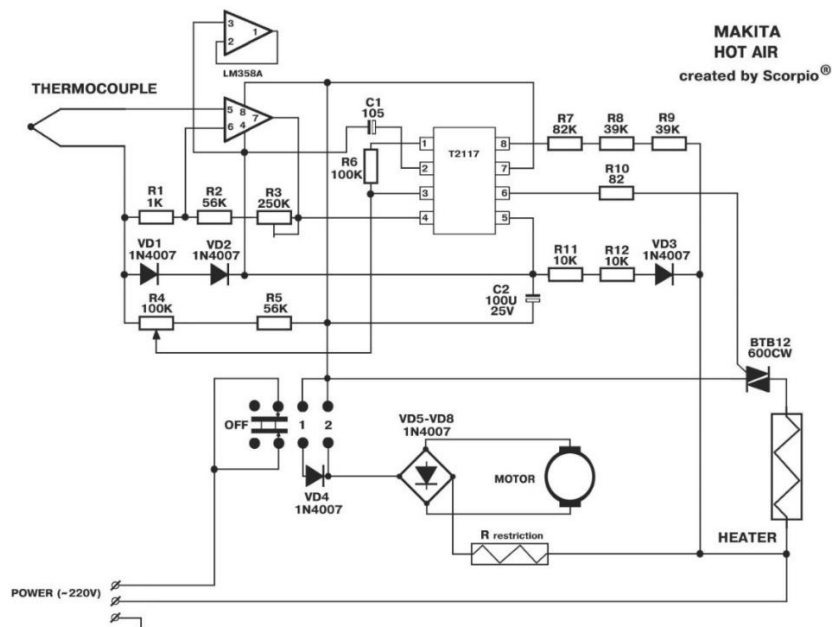


Рисунок 2.3 – блок керування монтажним феном на аналоговій схемотехніці

2.2 Теоретичні відомості про елементну базу

2.2.1 Регулювання температури фену на базі операційного підсилювача

При розробці блоку керування монтажного фену на аналоговій елементній базі для реалізації регулювання та стабілізації температури монтажного фену необхідно використати операційний підсилювач.

Операційний підсилювач (ОП) – це підсилювач, що виконується на базі диференціального підсилювача постійного струму і повинен відповідати таким вимогам:

- мати високий вхідний опір;
- мати низький вихідний опір;
- мати високий коефіцієнт;
- забезпечувати підсилення як з інверсією сигналу, так і без інверсії;
- мати низький дрейф нуля.

Забезпечивши всі вказані умови характеристика усієї системи з великою точністю відповідає передатній характеристиці кола зворотного зв'язку і має слабку залежність від параметрів ОП.

$$K_{\beta} = \frac{K_0}{1+K_0\beta} \approx \frac{1}{\beta} \quad (2.1)$$

У сучасній промисловості випускається велика кількість інтегральних ОП, які мають компактні габарити і малу масу, мають демократичну ціну і доступні кожному.

Статичні і динамічні властивості операційних підсилювачів характеризуються переліком електричних параметрів, серед яких:

– коефіцієнт підсилення:

$$K_u = \frac{\Delta U_{\text{вих.}}}{\Delta U_{\text{вх}(1,2)}} \quad (2.2)$$

– напруга зміщення, прикладена напруга для отримання нуля на виході;

– середній вхідний струм, вимірюється при вхідній напрузі такої величини, коли вихідна дорівнює нулю, і визначається за формулою 2.3:

$$I_{\text{вх}} = \frac{I_{\text{вх}}^- + I_{\text{вх}}^+}{2} \quad (2.3)$$

– різниця вхідних струмів, вимірюється коли вихідна напруга дорівнює нулю

$$I_{\text{вх}} = I_{\text{вх}}^+ - I_{\text{вх}}^- \quad (2.4)$$

– температурний дрейф вхідного струму, відношення зміни вхідного струму до зміни температури;

– вхідний опір, опір одного з виходів, коли другий закорочений;

– вхідний опір синфазного сигналу, відношення приросту синфазної вхідної напруги до приросту середнього вхідного струму;

– коефіцієнт ослаблення синфазного сигналу:

$$K_{\text{пос.сф}} = \frac{K_u}{K_{\text{сф}}} \quad (2.5)$$

Де $K_{\text{сф}}$ – коефіцієнт посилення синфазної складової сигналу

– коефіцієнт впливу нестабільності джерела живлення, співвідношення зміни напруги зміщення до зміни однієї з напруг живлення;

– вихідний опір:

$$R_{\text{вих}} = \frac{\Delta U_{\text{вих}}}{\Delta I_{\text{вих}}} \quad (2.6)$$

– частота одиничного підсилення, частота, при якій модуль коефіцієнта підсилення рівний 1;

– гранична частота, максимальна частота синусоїдного сигналу, за якого гарантовано зберігається ефективний діапазон синусоїдної вхідної напруги;

– напруга шуму операційного підсилювача:

$$U_{\text{ш}} = \sqrt{U_{\text{ш1}}^2 + U_{\text{ш2}}^2 + U_{\text{ш2}}^2} \quad (2.7)$$

Типові амплітудні характеристики операційного підсилювача, та його АЧХ зображено на рис. 2.4 – 2.5:

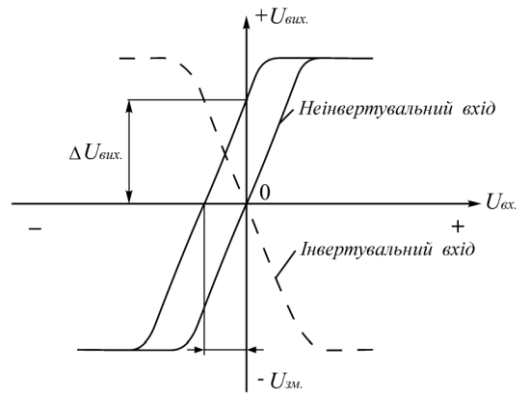


Рисунок 2.4 – Амплітудні характеристики операційного підсилювача

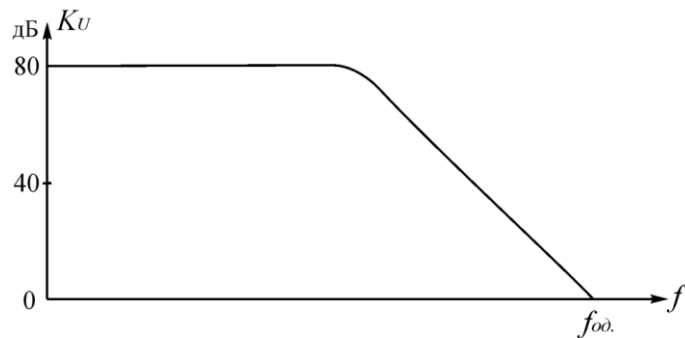


Рисунок 2.5 – Амплітудно–частотна характеристика операційного підсилювача

Операційний підсилювач, не зважаючи на досить складну внутрішню конструкцію, може розглядатися як суцільний елемент, з гарантовано забезпеченими входними і вихідними параметрами. На рисунку 2.6 зображено еквівалентну схему операційного підсилювача:

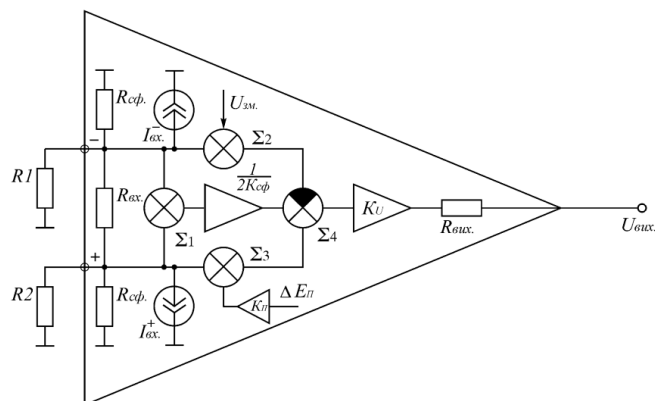


Рисунок 2.6 - Еквівалентна схема операційного підсилювача

Колами, поділеними на сектори, на схемі зображено ідеальні підсумовувачі (чорний сектор позначає інверсивний вхідний сигнал)

2.2.2 Регулювання обертів вентилятора перетворювачем напруги

Для повноцінного виконання функції стабілізації температури фену, потрібно проводити і охолодження спіралі за потреби, для цього в блоці керування температурою застосовується імпульсний перетворювач напруги, який дозволяє плавно регулювати параметри фену, а також обмежити вихідний струм на вентилятор у випадку короткого замикання, або його заклинювання.

Робота імпульсного перетворювача постійної напруги базується на періодичному підключенні джерела живлення за допомогою ключа до навантаження. Постійна напруга перетворюється в імпульсну, середнє значення якої можна регулювати. Час замкнутого і розімкнутого стану ключа можна автоматично регулювати, впливаючи на нього сигналами з системи управління (рис.2.7):

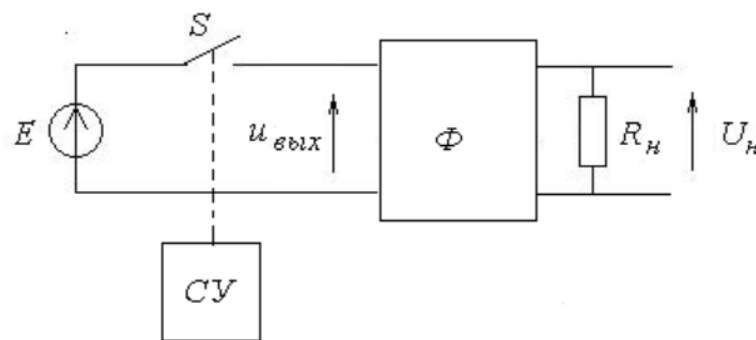


Рисунок 2.7 – Принцип дії імпульсного перетворювача напруги

В результаті на виході буде прикладено напругу, діаграма якої представлена на рисунку 2.8

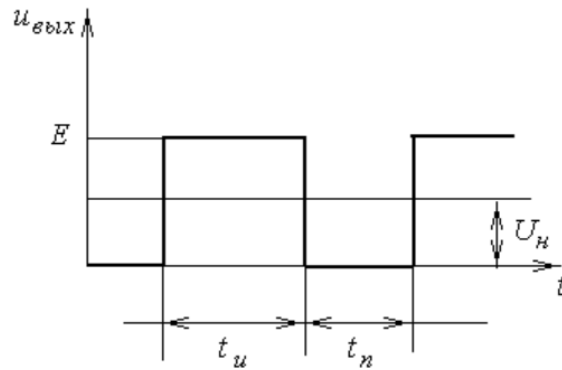


Рисунок 2.8 – Діаграма вихідної напруги імпульсного перетворювача

Середнє значення напруги на навантаженні, що формується фільтром середнього значення, залежатиме від часу коли ключ знаходиться в замкнутому чи розімкнутому стані. Визначення середнього значення напруги можна провести з допомогою формули 2.8:

$$U_H = \frac{1}{T} \int_0^{t_n} u_{\text{ВХ}}(t) dt = \frac{Et_u}{t_u + t_n} = \frac{Et_u}{T} = Eft_u = E\gamma \quad (2.8)$$

Де U_H – середнє значення напруги на навантаженні

T – період перемикання ключа

f – частота перемикання ключа

$\gamma = \frac{t_u}{T}$ – коефіцієнт заповнення

Змінюючи коефіцієнт заповнення, можна регулювати середнє значення напруги на навантаженні. Регулювання напруги за рахунок коефіцієнту заповнення можна розглядати як модуляцію вхідної напруги ключом. Найбільш поширений варіант виконання широтно-імпульсної модуляції це коли: t_u – змінюється, T – константа.

Оскільки напруга після ключового елемента має явно виражений імпульсний характер, в ключових перетворювачах встановлюють фільтри, що складаються з реактивних елементів – індуктивностей та ємностей. Призначення вихідних фільтрів – фільтрувати змінну складову напруги, виділяючи середнє значення напруги, тим самим зменшуючи коефіцієнт пульсацій напруги на навантаженні. Крім вихідних фільтрів, деякі типи перетворювачів містять вхідні фільтри, які призначені для зменшення пульсацій струму, споживаного від джерела постійного струму.

При широтно-імпульсному регулюванні вихідної напруги, в одній силовій частині поєднуються функції регулювання та інвертування. Цей спосіб регулювання напруги дає можливість зменшити габарити та масу перетворювача.

Цей метод полягає в тому, що тривалість імпульсів напруги змінюється, і завдяки цьому змінюється величина вихідної напруги. Спосіб регулювання з широтно-імпульсною модуляцією найкраще може використовуватись в перетворювачах напруги, рисунок 2.9:-

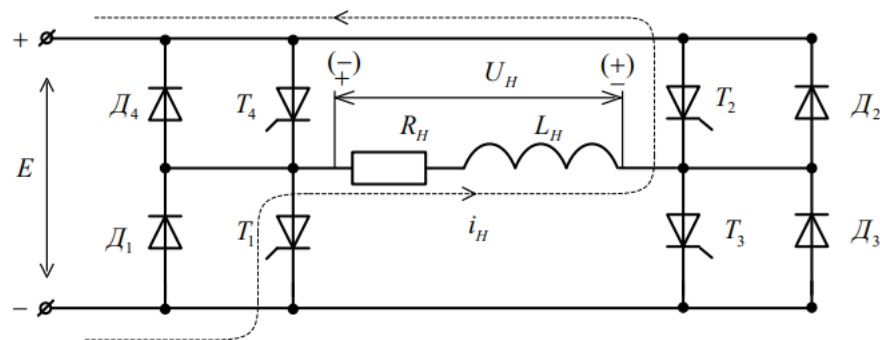


Рисунок 2.9 – Схема однофазного мостового перетворювача

У сигналів з такого перетворювача присутня наявність інтервалів $\beta = \frac{\omega T}{2} - \psi$, на протязі них всі тиристоры та інверторы закриті. При закінченню цього інтервалу тиристоры знаходяться в закритому режимі. Але через індуктивність що накопичилася, струм не припиняється.

Контур по якому протікає струм створюється діодами, які відкриваються після закриття тиристорів. В результаті з моменту відкривання цих іодів до навантаження приходить напруга протилежної полярності. Після закривання тиристорів, процеси у схемі протікають так само. Оскільки тиристори закриті, завдяки діодам, на інтервалах на навантаженні з'являються додаткові імпульси, що провокує небажане підвищення вихідної напруги перетворювача.

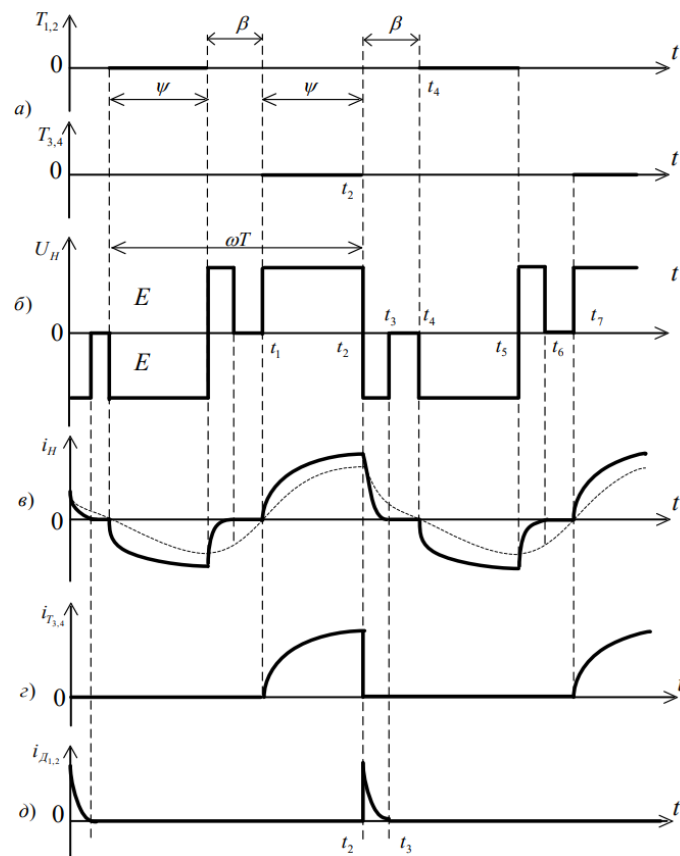


Рисунок 2.10 – Діаграми однофазного мостового перетворювача

Час додаткових імпульсів має залежність від постійної часу:

$$\tau = L_H/R_H \quad (2.9)$$

Зміна параметрів навантаження приводить до зміни тривалості імпульсів, що впливає в залежність вихідної напруги перетворювача, від параметрів навантаження.

Крива вихідної напруги охарактеризовує однополярну широтно імпульсну модуляцію, оскільки вихідні імпульси протягом напівперіоду мають однакову полярність.

Також використовується двополярна широтно імпульсна модуляція, у якій паузи у кривій напруги на виході замінені імпульсами протилежної полярності.

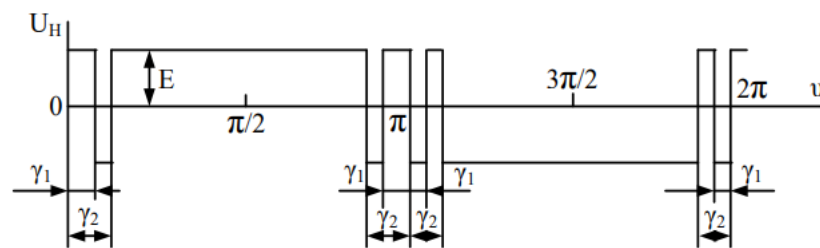


Рисунок 2.11 – Крива вихідної напруги при двополярній модуляції

В такому методі значно покращується гармонічний склад вихідної напруги. Це забезпечує виключення деяких гармонік, тому його називають методом вибіркового виключення гармонічних коливань.

Метод оснований на заданні фіксованих кутів, і перемикання тиристорів у інверторі.

Регулювання напруги на виході можна реалізувати ланцюгом живлення, або з допомогою інвертора, шляхом зсуву фази у сигналів керування однією парою тиристорів напівмоста, по відношенню до керуючих сигналів другою парою тиристорів при перемиканні тиристорів в кожному напівмості з заданими значеннями кутів.

2.3 Інструменти розробки монтажного фену та блоку керування

2.3.1 Розрахунок нагрівального елемента монтажного фену

Обравши тип блоку керування монтажного фену, необхідно розробити схему пристрою, та вибрати радіоелементи з допомогою яких відбуватиметься регулювання температури, та швидкості обертів вентилятора.

Оскільки в першу чергу необхідно стабілізувати температуру вентилятора, потрібно обрати елементи, що зможуть стабільно працювати з регулюванням його потужності. Напруга живлення дорівнює мережевій, тобто 220В, тож залишається дізнатися лише величину струму, який повинні легко витримувати керуючі елементи схеми. Для цього після вибору необхідного вентилятора скористаємося формулою 2.10:

$$I = \frac{P}{U} \quad (2.10)$$

Де I – сила струму

U – напруга мережі

P – максимальна потужність спіралі вентилятора

Якщо данні про максимальну потужність спіралі відсутні, можна скористатися законом Ома, та визначити силу струму за формулою 2.11:

$$I = \frac{U}{R} \quad (2.11)$$

Де R – вимірний опір нагрівального елемента

Зазвичай в монтажних фенах в якості нагрівального елемента використовується ніхромові спіраль, знаючи її необхідну потужність, та температуру нагрівання можна провести розрахунок необхідних параметрів для виготовлення нагрівального елемента.

Використавши формулу 2.10 дізнаємося струм споживання нагрівального елемента, після чого за формулою 2.12 визначаємо необхідний опір спіралі:

$$R = \frac{U}{I} \quad (2.12)$$

Дізнавшись ці параметри проводимо вибір товщини дроту для виготовлення спіралі, за таблицею на рисунку 2.12:

Діаметр проволоки, мм	Площа поперечного сечення проволоки, мм ²	Температура нагрівача, °C						
		200	400	600	700	800	900	1000
		Максимальна допустима сила тока, А						
0,75	0,442	3,4	5,3	7,55	8,4	9,95	11,25	12,85
0,7	0,385	3,1	4,8	6,95	7,8	9,1	10,3	11,8
0,65	0,342	2,82	4,4	6,3	7,15	8,25	9,3	10,75
0,6	0,283	2,52	4	5,7	6,5	7,5	8,5	9,7
0,55	0,238	2,25	3,55	5,1	5,8	6,75	7,6	8,7
0,5	0,196	2	3,15	4,5	5,2	5,9	6,75	7,7
0,45	0,159	1,74	2,75	3,9	4,45	5,2	5,85	6,75
0,4	0,126	1,5	2,34	3,3	3,85	4,4	5	5,7
0,35	0,096	1,27	1,95	2,76	3,3	3,75	4,15	4,75
0,3	0,085	1,05	1,63	2,27	2,7	3,05	3,4	3,85
0,25	0,049	0,84	1,33	1,83	2,15	2,4	2,7	3,1
0,2	0,0314	0,65	1,03	1,4	1,65	1,82	2	2,3
0,15	0,0177	0,46	0,74	0,99	1,15	1,28	1,4	1,62
0,1	0,00785	0,1	0,47	0,63	0,72	0,8	0,9	1

Рисунок 2.12 – Таблиця розрахунку ніхромового нагрівача

Наступний етап розрахунку – це визначення довжини необхідної для виготовлення нагрівального елемента, розрахунок відбувається за формулою 2.13:

$$l = R * \frac{S}{\rho} \quad (2.13)$$

Де l – необхідна довжина провідника

S – поперечний переріз дроту

ρ – питомий електричний опір матеріалу провідника

Для спрощення розрахунку можна скористатися онлайн калькулятором, в який росто необхідно додати данні щодо необхідної потужності, напруги живлення, матеріалу, та діаметр дроту. Після чого розрахунок проводиться автоматично. Приклад проведеного розрахунку зображено на рисунку 2.13:

The image shows two side-by-side calculator panels. The left panel, titled "Розрахунок довжини спіралі", contains the following fields and values: "Необхідна потужність нагрівача" (700 Вт), "Напруга живлення" (220 В), "матеріал" (Ніхром), "Виберіть діаметр дроту із стандартних промислових розмірів" (0.2 мм), "Перетин дроту спіралі" (0,031 мм²), "Опір дроту" (69,1 Ом), "Довжина дроту спіралі" (1,9 м), and "Споживана сила струму" (3,2 А). The right panel, titled "Розрахунок ваги та довжини", contains: "Перерахувати" (Довжину у вагу), "Вид продукції" (Дріт), "Сплав" (Фехралі (X23Ю5Т, GS SY, X15Ю5)), "Діаметр, мм.", "Довжина, м", and "Маса, кг.11.3040". Both panels have a "Розрахувати" button.

Рисунок 2.13 – Приклад розрахунку параметрів нагрівального елемента

2.3.2 Вибір програми для розробки електричної схеми

Після теоретичного розрахунку необхідних параметрів елементів, потрібно провести розробку електричної схеми пристрою. Існує безліч програм для створення електричних схем, найпопулярніші з них – це Eagle CAD, Dip Trace, sPlan, Компас3D, Microsoft Visio.

Для створення схем оберемо sPlan, оскільки його інтерфейс максимально інтуїтивний, він має велику кількість бібліотек елементів, та має можливість створювати додаткові, без будь яких складнощів.

Після встановлення та відкриття програми нас зустрічає головне вікно розробки, рисунок 2.14:

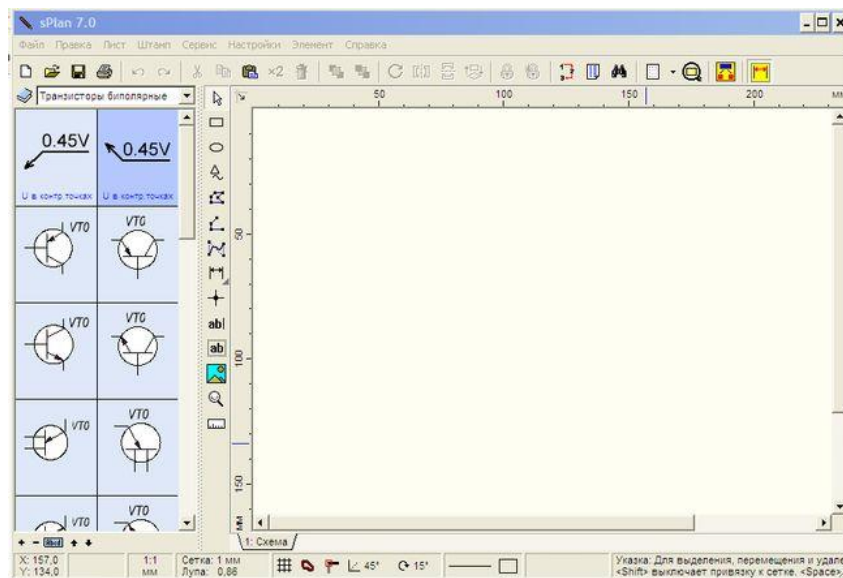


Рисунок 2.14 – Вікно роботи програми sPlan

В лівій частині вікна програми завжди відкрита бібліотека елементів, вона має розділення по категоріям, їх зміну обираємо в верхньому лівому вікні, рисунок 2.15:

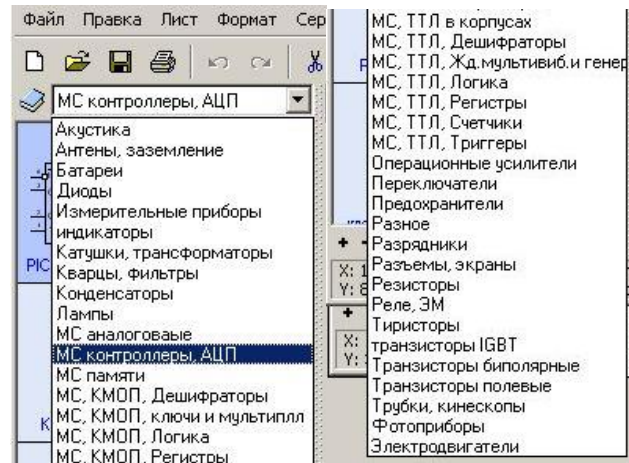


Рисунок 2.15 – Категорії бібліотеки sPlan

Також у випадку якщо необхідний елемент не вдалося знайти, є можливість завантажити нову бібліотеку елементів, процес додавання бібліотеки відображено на рисунку 2.16:

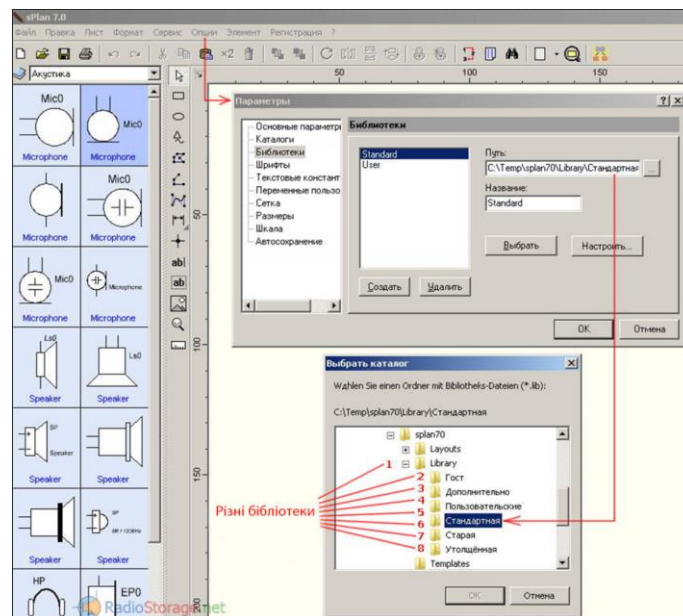


Рисунок 2.16 – Процес додавання нових бібліотек sPlan

Після освоєння роботи в програмі sPlan можна перейти до розробки електричної схеми. Переміщуючи елементи з бібліотеки на поле проектування розміщуємо їх в необхідному порядку, та проводимо

підключення. В результаті проектування отримуємо готову схему, яку можна експортувати для друку, або як зображення.

2.3.3 Вибір середовища розробки друкованої плати

Розробивши готову схему постає питання проектування друкованої плати, однією з найкращих програм для розробки друкованих плат можна назвати DipTrace, оскільки в ній друкована плата створюється на основі попередньо сформованої схеми, після чого елементи вже переносяться до проектування плати, мають вже розміщені отвори для виводів, та сформовані зв'язки, що спрощує конфігурування плати.

З головним вікном програми, та її важливими функціями можна ознайомитися на рисунку 2.17:

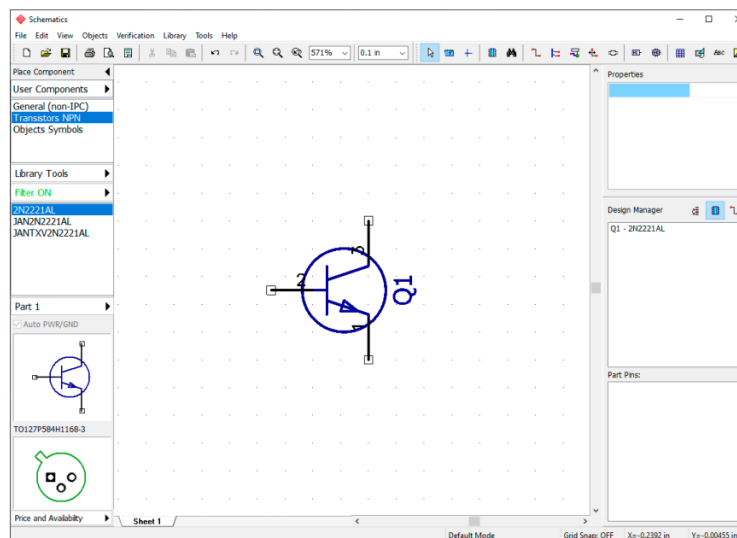


Рисунок 2.17 – Головний інтерфейс створення схеми

У вікні зліва знаходяться досить обширні бібліотеки елементів, тож зі створенням схеми, або пошуком аналогів для деяких елементів проблем не виникне.

Після розведення електричної схеми її потрібно експортувати до середовище DipTrace PCB Latout, після експорту вікно програми виглядатиме таким чином:

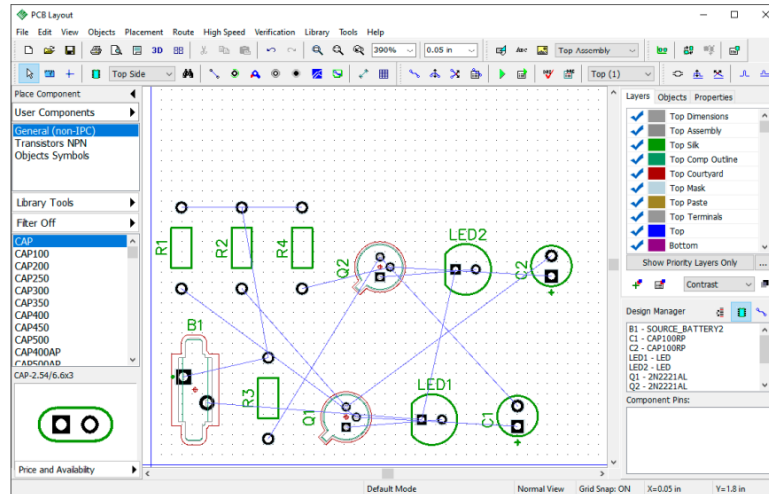


Рисунок 2.18 – Головний інтерфейс створення друкованої плати

Як видно на рисунку 2.17 програма автоматично позначає зв'язки кожного елемента відповідно до попередньо створеної схеми, що спрощує розведення плати, також обравше поле яке повинна займати плата можна скористатися функцією AutoRoute, попередньо задавши параметри в вкладці Autorouter Setup, рисунок 2.19-2.20:

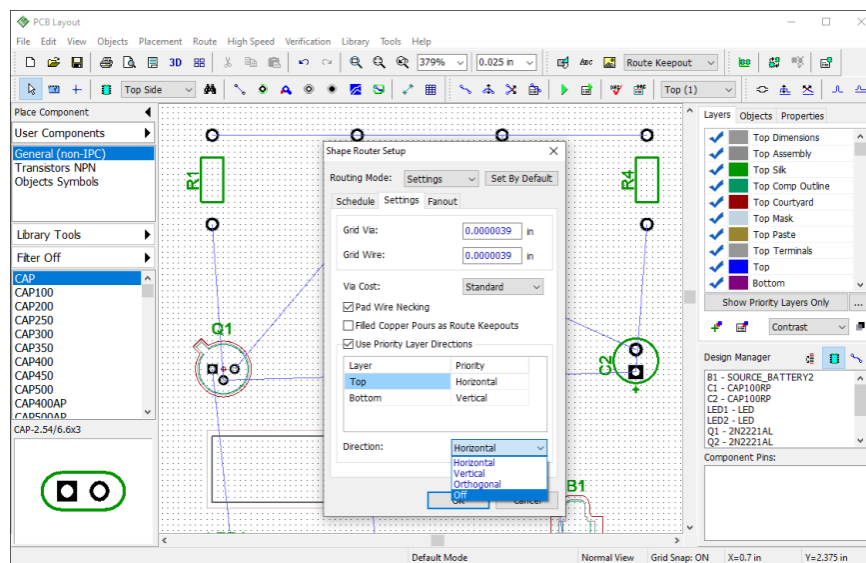


Рисунок 2.19 – налаштування функції авто розведення плати

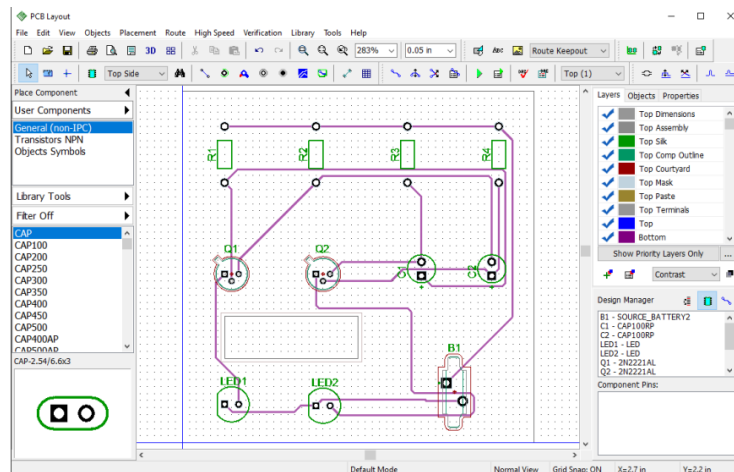


Рисунок 2.20 – Результат роботи авто розведення у DipTrace

Дана програма є дуже зручною для проектування як одношарових, так і багато шарових друкованих плат, для кожного шару, чи провідника є можливість обрати свій колір при проектуванні. Також після проектування це дозволяє дуже зручно робити експорт файлів, оскільки можна легко відключати небажані елементи схеми, які будуть заважати виготовленню плати. Діалогове вікно для експорту файлів з усіма можливими форматами представлено на рисунку 2.21:

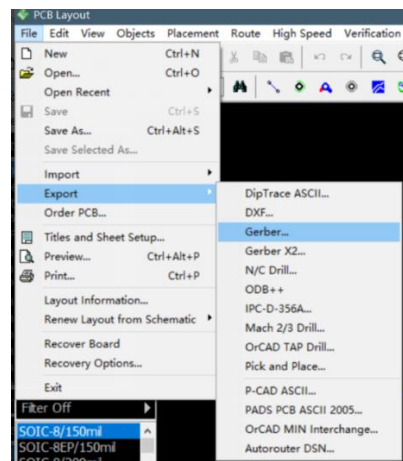


Рисунок 2.21 – вікно експорту файлів програми DipTrace

В результаті експорту отримаємо друковану плату, з обраними елементами, в даному випадку на рисунку 2.22 зображено друковану плату блоку керування монтажного фену:

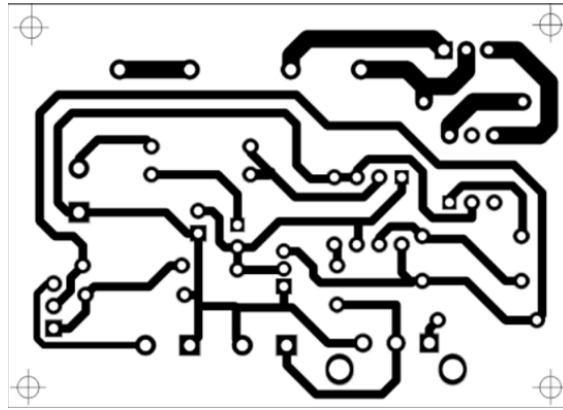


Рисунок 2.22 – друкована плата блоку керування монтажного фену

2.4 Висновки до розділу

В даному розгляді розглянуто основні теоретичні відомості стосовно блоків керування монтажними фенами. Виділено переваги кожного з типів виконання, та на основі поставлених завдань проаналізовано елементи схеми що необхідно використати.

Проведено огляд теоретичної інформації стосовно типів, параметрів та характеристик операційних підсилювачів та імпульсних перетворювачів напруги, на базі якого проводиться розробка блоку керування монтажним феном

Вивчено доступні для використання інструменти розробки блоку керування, вибрано найбільш зручні та функціональні середовища розробки:

- Розробка схеми електричної принципової проводитиметься в програмі для створення електричних схем;
- Для створення друкованої плати для блоку керування буде використано середовище DipTrace.

Після розгляду керівництва по користуванню цими програмами, вивчено їхні функції, та можливості, які допоможуть значно спростити розробку пристрою.

3 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунково-конструкторська частина

3.1.1 Синтез структурної схеми

Монтажний фен, що розробляється повинен стабільно видавати задані значення температури фену та швидкість обертання вентилятора.

Для синтезу структурної схеми даного пристрою використовуються всі пункти технічного завдання:

Так як розробляється блок керування, то потрібно забезпечити:

- 1) Регулювання температури фену від 0 до 400°C та її відображення на індикатор
- 2) Регулювання швидкості обертів вентилятора паяльного фену
- 3) Напруга живлення спіралі фену 220В, живлення вентилятора 0...24В
- 4) Індикація процесу нагріву спіралі
- 5) Управління кнопками, або регуляторами

Монтажний фен складається з чотирьох основних блоків: Блок живлення (24В), Регулятор температури монтажного фену, та регулятор швидкості вентилятора, в якості якого використаємо схему DC-DC перетворювача. Структурну схему монтажного фену зображено на рисунку 3.1:

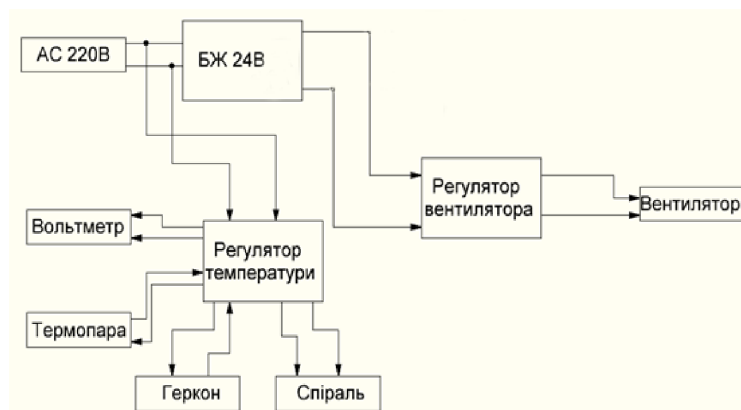


Рисунок 3.1 – Структурна схема монтажного фена.

Живлення 220В нам необхідно для розігрівання спіралі монтажного фену, оскільки її потужність близько 1000Вт.

Живлення 24В використовується для живлення регулятора швидкості обертів вентилятора монтажного фену, та живлення мікросхем регулятора температури спіралі монтажного фену[1].

Регулятор швидкості обертання вентилятора монтажного фену служить для послаблення, або посилення повітряного потоку з сопла фену.

Вольтметр служить в якості елемента, який буде відображати температуру фену.

Геркон використовується для реалізації функції відключення спіралі монтажного фену при постановці його на підставку з вмонтованим магнітом.

Ніхромова спіраль використовується в якості нагрівача повітряного потоку, який виходить з сопла монтажного фену, а вентилятор допомагає створити певну силу цього потоку.

3.1.2 Вибір блоку регулювання температури фену.

При регулюванні температури нам необхідно забезпечити регулювання температури фену в межах від 0 до 400°C обертанням ручки змінного резистору, також, необхідно забезпечити зняття показів температури з термопари, та вивід їх на індикатор. При постановці на магнітну підставку, монтажний фен має переходити в режим охолодження відключаючи нагрівальний елемент.

Регулювання температури спіралі буде виконуватись тиристором ВТА 12-600 тому, що він має достатній запас потужності за напругою та струмом, завдяки чому ми уникнемо необхідності використовувати для його охолодження радіатор, що могло б призвести до збільшення габаритів конструкції[3]. Принцип його керування полягає в тому, що при подачі на його керуючий вивід напруги, тиристор замикає коло, та починає проводити струм.

Характеристики ВТА 12-600:

- 1) Робоча напруга: 600В
- 2) Робочий струм: 12А
- 3) Мінімальна керуюча напруга 1.3В
- 4) Максимальний струм керування: 4А
- 5) Максимальна робоча температура: 125°C

Оскільки для живлення спіралі фену використовується напруга 220В. Цей тиристор повністю забезпечить необхідні параметри. Також для безпечнішої роботи зі схемою пристрою силову частину схеми потрібно відв'язати від низьковольтної, тому керуючий сигнал на ВТА 12-600, подаватиметься через оптопару МОС3021, вона являє собою інфрачервоний випромінюючий діод, та кремнієвий двонаправлений перемикач, який працює за семисторним типом. Дана мікросхема використовується в колах регулювання елементами електронного керування та силовими семисторами для керування резистивним та індуктивним навантаженнями[2]. Оскільки керуючий вихід мікросхеми не зв'язаний з сигнальним з її допомогою ми і зможемо відділити низьковольтну частину схеми. Оптопару МОС3021 зображено на рисунку 3.2:

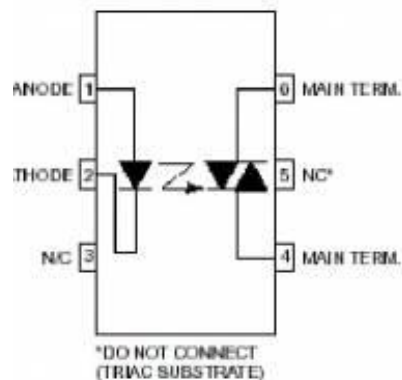


Рисунок 3.2 – Оптопара МОС3021

Для формування керуючого сигналу на оптопару використаємо операційний підсилювач LM358, який знімає значення напруги на термопарі, та у випадку якщо температура нижче заданої, подає на МОС3021 високий

рівень сигналу, чим замикає коло та вмикає нагрів спіралі. Для регулювання заданої температури використовується змінний резистор, а для реалізації охолодження спіралі фену при постановці на підставку геркон необхідно включити між контактом резистора та землею, таким чином при замиканні контактів геркону LM358 буде думати, що температура виставлена на 0, і буде відключати нагрів спіралі. Для відображення температури спіралі використаємо вольтметр, він буде знімати покази напруги з LM358, яка при зростанні опору термопарі збільшується, калібрування показів буде відбуватися з допомогою підстроювального резистора. Для живлення мікросхеми LM358 використаємо стабілізатор напруги 7812.

Готова схема керування температурою монтажного фену зображена на рисунку 3.3:

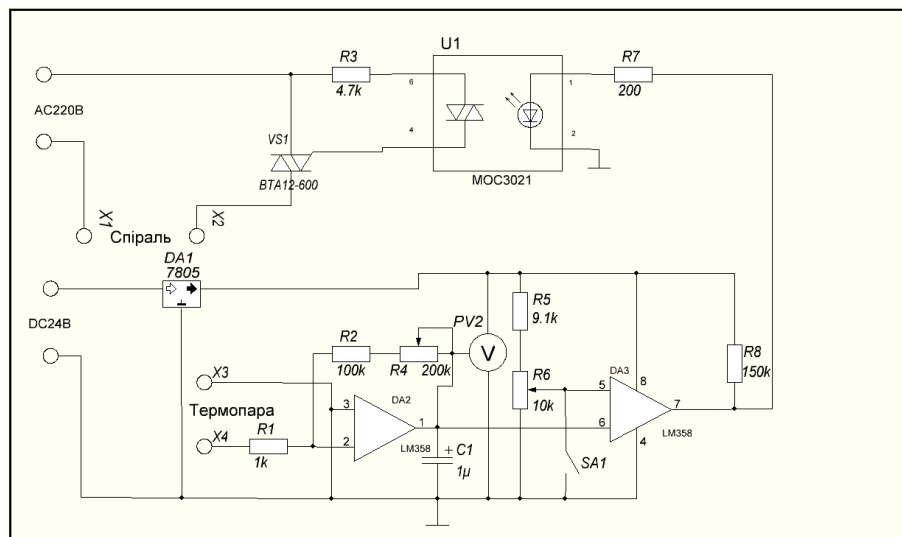


Рисунок 3.3 – Схема керування температурою монтажного фену

3.1.3 Вибір блоку керування обертами вентилятора монтажного фену

Для здійснення регулювання обертами вентилятора монтажного фену необхідно сконструювати блок, який зможе регулювати вихідну напругу від 0 до 24В, для такої задачі можна було б виготовити регулятор на мікросхемі LM317, проте у випадку виходу з ладу вентилятора, і його замикання мікросхема швидше за все буде перегріватися, і згорить, тож можна зробити

висновок, що нам необхідно для цього використати регулятор з можливістю обмеження вихідного струму, при цьому плата повинна мати максимально компактні розміри, та мати вихідний струм до 0.3А.

В якості такого регулятора було обрано DC-DC понижуючий перетворювач на основі ШИМ контролера XL4005E, який дає нам можливість плавного регулювання вихідної напруги, дозволяє обмежити вихідний струм, має захист від короткого замикання, перегріву та перенавантаження[5]. Схема DC-DC перетворювача для регулювання швидкості вентилятора зображено на рисунку 3.4:

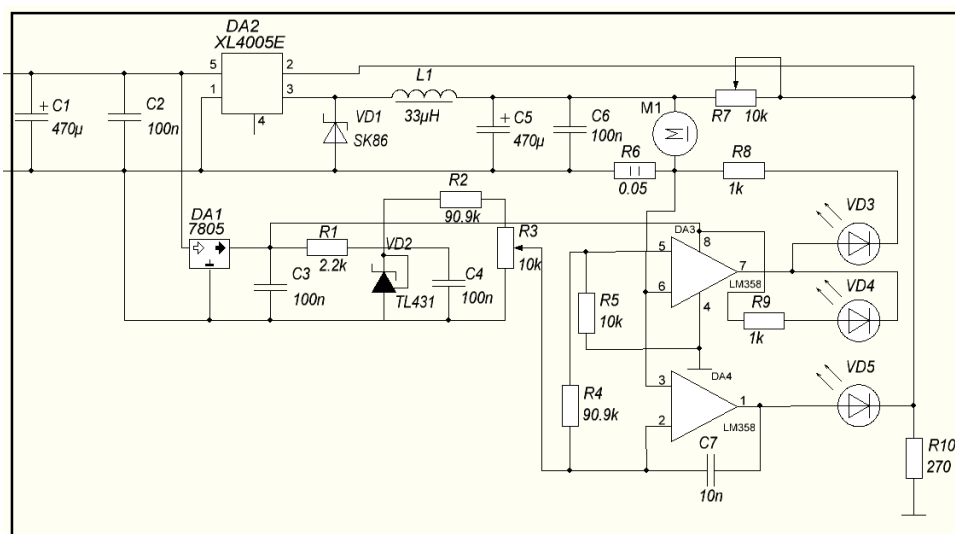


Рисунок 3.4 – DC-DC регулятор швидкості вентилятора

Характеристики даного понижуючого перетворювача[12]:

- 1) напруга живлення: 5-32В;
- 2) вихідна напруга: 0,8-30В;
- 3) номінальна вихідна сила струму: 3А;
- 4) межі регулювання сили струму: 0.1-5А;

На вході DC-DC перетворювача встановлений твердотільний SMD конденсатор ємністю 470мкФ та напругою 35В. В якості ШИМ контролера обрано мікросхему XL4005E, після неї встановлено діод SK86, який

розрахований на струм 8А. Котушка індуктивності намотана одним провідником, і має індуктивність 40мкГн[10].

Обмеження сили струму з можливістю його регулювання виконане на операційному підсилювачі LM358, який живиться від стабілізатора струму 7805[6].

3.1.4 Вибір методу індикації нагріву фену

Індикація нагріву спіралі фену необхідна, щоб бачити правильність роботи всієї конструкції. Найпростішим варіантом індикації звичайний світлодіод з резистором, що обмежить вхідний струм. Проте він не розрахований на напругу 220В, і відразу після підключення відбудеться пробій світлодіода змінним струмом, можна було б в коло з резистором підключити діод, який буде відсікати півперіод синусоїди, але в результаті такого підключення виникає проблема сильного нагріву резистора, оскільки йому необхідно розсіювати на собі велику потужність, що проблематично в закритому корпусі.

У таких випадках в якості струмообмежувального елемента можна використовувати конденсатор. Перевага цього способу в тому, що на конденсаторі не розсіюється потужність, оскільки його опір носить реактивний характер.

Для розрахунку ємності конденсатора використовується формула:

$$C = \frac{4,45 \cdot I}{U - U_d} \quad (3.1)$$

Де U – амплітудне значення напруги мережі (310В)

I – струм, що проходить через світлодіод (в міліамперах)

U_d – падіння напруги на Led в прямому напрямку

$$C = \frac{4,45 * 15}{310 - 3} = 0,217 \text{ мкФ}$$

За результатами розрахунку було створено схему для індикації нагріву спіралі монтажного фену яку приведено на рисунку 3.5:

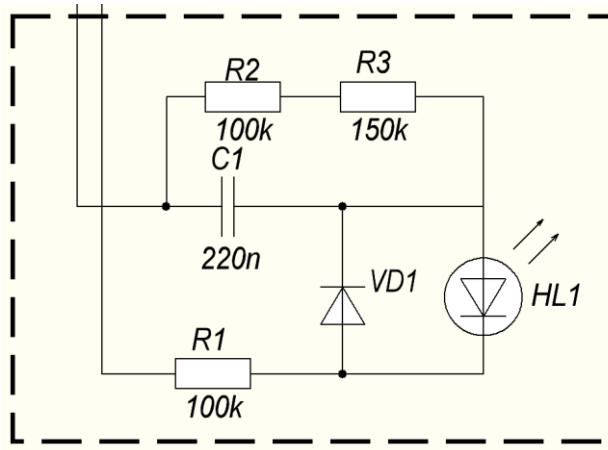


Рисунок 3.5 – Схема індикації нагріву спіралі монтажного фену

В даній схемі елементом, що обмежує струм виступає неполярний конденсатор С1, що розрахований на напругу до 400В. Перевага цього способу в тому, що на конденсаторі не розсіюється потужність, оскільки його опір носить реактивний характер.

Діод VD1 Використано для відсікання напруги зворотної полярності, а резистор R1 вберігають світлодіод від скачків струму при подачі напруги живлення, в свою чергу резистори R2, R3 виконують функцію розрядки конденсатора при вимкненні його з мережі, оскільки в ньому ще залишається остаточний заряд високої напруги.

3.1.5 Вибір додаткових пристроїв

Спроектвавши та виготовивши блоки керування монтажним феном з лабораторним блоком живлення, постає необхідність виведення показань напруги, сили струму, та температури. Для відображення показів температури використаємо вольтметр, який виготовлено на семисигментних

індикаторах. Його задача полягає в тому, щоб заміряти напругу, яка виводиться з мікросхеми LM358, з допомогою підстроювального резистора на схемі відбувається калібрування показів до температурних значень, таким чином вимірюючи напругу на мікросхемі ми зможемо бачити температуру монтажного фену. Для цього нам підійде вольтметр DVM-28.3AS.

Характеристики DVM-28.3AS:

- 1) напруга живлення: 4...40В;
- 2) діапазон вимірювань напруги: 0...100В;
- 3) струм споживання: 20мА;

Оскільки при використанні монтажного фену нам необхідно мати змогу точно відслідковувати та відображати значення температури нагрівального елемента фену, нам необхідно використати для цього термопару. Для монтажного фену було обрано термопару К типу, тому, що вона має робочу температуру від 0 до 1100°C, чого цілком достатньо для використання біля нагрівального елемента.

Також, при постановці рукоятки фену на магнітну підставку, його нагрівальний елемент повинен вимикатися, і фен повинен охолоджуватися потоком повітря. Для реалізації даної функції доцільно буде використати геркон, принцип його роботи заключається в тому, що в звичайному своєму стані він незамкнений і не проводить струм, проте при дії на нього магнітного поля, всередині нього замикаються контакти, і він починає проводити струм, таким чином ми можемо реалізувати відключення нагрівального елемента при постановці монтажного фену на підставку.

В якості паяльного фену було обрано фен HandsKit 8858D, виготовлений з жаростійкого пластику, та обладнаний термопарою К типу, герконом, та вентилятором турбінного типу.

Характеристики монтажного фену HandsKit 8858D:

- 1) Потужність нагрівального елемента: 700Вт;
- 2) Робоча температура: +100...+480°C;
- 3) Напруга живлення вентилятора: 24В;

4) Струм споживання вентилятора: 0.2А;

Даний фен повністю задовільняє всі потреби, виготовлений з якісного, жаростійкого пластику, робоча температура відповідає необхідній, а необхідна напруга живлення вентилятора відповідає напрузі, яку видає блок живлення.

3.1.6 Розробка функціональної схеми

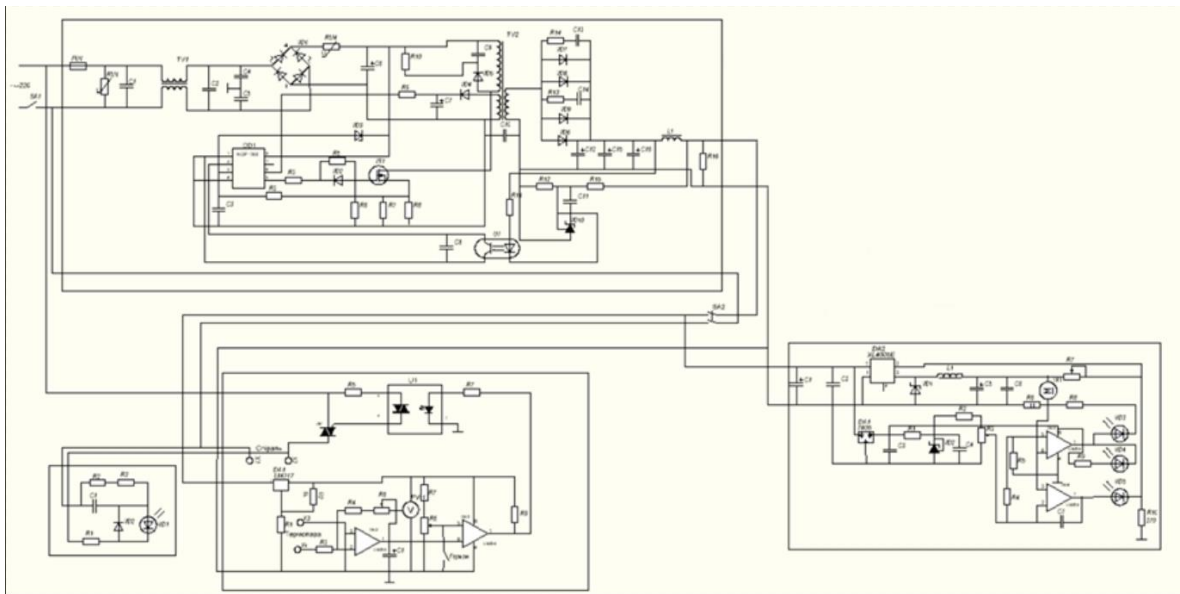


Рисунок 3.6 – Схема монтажного фену

Як видно зі схеми (рис. 3.6), живлення відбувається від мережі та з допомогою блоку живлення 24В. Керування пристроєм відбуватиметься змінними резисторами, для точного регулювання температурних показників використаємо багатооборотний змінний резистор, який має високу точність та надійність. Також реалізовано індикацію нагріву монтажного фену, під час якої горить світлодіод на корпусі[11].

3.1.7 Розрахунок надійності

Надійність – це властивість об'єкта виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників у

заданих межах, що відповідають заданим режимам та умовам використання, технічного обслуговування, ремонту, зберігання і транспортування. Ця якість, що тягнеться в часі.

Надійність – комплексне поняття, в яке входять:

1) Безвідмовність – властивість виробу безупинно зберігати працездатність протягом заданого проміжку часу;

2) Довговічність – властивість виробу зберігати працездатність до настання граничного стану, при якому його подальше використання або відновлення недоцільне;

3) Збереженість – властивість виробу безупинно перебувати в справному стані при зберіганні або транспортуванні.

4) Ремонтпридатність – властивість виробу, що полягає в пристосованості до ремонту і технічного обслуговування.

Одним з основних показників надійності є середнє напрацювання до відмови T_{cp} . Чим більше ця величина, тим вище надійність виробу.

Під середнім часом безвідмовної роботи T_{cp} мається на увазі математично розраховане очікування часу роботи приладу до моменту відмови і розраховується за формулою 1:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N_0} \quad (3.2)$$

де N_0 - число елементів, що випробуються;

t_i - час справної роботи виробу.

Величину, зворотну T_{cp} , називають **інтенсивністю відмов**, яка має вигляд:

$$\lambda = \frac{1}{T_{cp}} \quad (3.3)$$

Термін роботи виробу поділяють на три етапи:

I - період підробітки;

II - період нормальної роботи;

III - період старіння.

Перший період називають періодом підробітки. Протягом цього періоду з ладу виходять елементи виробів, що мають приховані дефекти, що залишилися непоміченими при контролі. У міру виходу з ладу таких елементів інтенсивність відмов апаратури зменшується і у другому періоді залишається практично незмінною. Цей відрізок часу називають періодом нормальної роботи. Зростання інтенсивності відмов після другого періоду пояснюється фактичним зносом елементів, і цей період називають періодом старіння.

Характеристики стійкості виробів мають важливе значення. Для апаратури властивість стійкості відображає її здатність нормально функціонувати в умовах впливу зовнішніх збурюючих факторів. До таких обурюючих факторів відносять механічні, теплові, електромагнітні впливу, іонізуючі випромінювання, тиск, вологість, пил і хімічний склад навколишнього середовища.

Для розрахунку надійності використаємо інтерактивну систему основних конструкторсько-технологічних розрахунків РЕЗ (ІСОКТР РЕЗ) яка допомагає у вирішенні основних завдань конструкторсько-технологічного проектування. Програма працює з браузером тому для виконання розрахунку нам необхідний доступ до інтернету. Програма знаходиться у вільному доступі на сайті [10].

У програмному середовищі інтерактивної системи основних конструкторсько-технологічних розрахунків РЕА вибираємо «розрахунок надійності вузлів і блоків РЕА». В вікні програми вказуємо елементи та їх кількість[9]. На рисунках 3.7-3.9 наведено вікно програми:

Окончательный расчет надежности узлов или блоков РЭС

Выберите условия эксплуатации РЭС:

- Лабораторные
- Стационарные
- Автофургонные
- Железнодорожные
- Корабельные
- Самолетные

Выберите условия окружающей среды (температура, влажность):

- температура - 20-40 °С, влажность - 60-70%
- температура - 20-25 °С, влажность - 90-98%
- температура - 30-40 °С, влажность - 90-98%

Выберите высоту, на которой эксплуатируется РЭС (атмосферное давление):

- 0-1 км (90...100 кПа)
- 1-2 км (80...90 кПа)
- 2-3 км (65...80 кПа)
- 3-5 км (50...65 кПа)
- 5-6 км (42...50 кПа)
- 6-8 км (32...42 кПа)
- 8-10 км (24...32 кПа)
- 10-15 км (12...24 кПа)
- 15-20 км (4,4...12 кПа)
- 20-25 км (2,4...4,4 кПа)
- 25-30 км (1,3...2,4 кПа)
- 30-40 км (0,1...1,3 кПа)

Рисунок 3.7 – Дані про електронні елементи

Введите данные по ЭРЭ и элементам конструкции:

Наименование	Количество	Интенс. отказов λ_0	Коэффициент $\alpha(T, K_n)$
1 Транзисторы кремниевые	2	0.74 · 10 ⁻⁶ 1/час	0.22
2 Диоды кремниевые	15	0.2 · 10 ⁻⁶ 1/час	0.85
3 Конденсаторы керамичес	21	0.15 · 10 ⁻⁶ 1/час	
4 Конденсаторы электроли	12	0.035 · 10 ⁻⁶ 1/час	
5 Резисторы композиционн	39	0.016 · 10 ⁻⁶ 1/час	0.34
6 Резисторы композиционн	5	0.071 · 10 ⁻⁶ 1/час	0.34
7 Трансформаторы импуль	1	0.17 · 10 ⁻⁶ 1/час	0.1
8 Дроссели низкочастотны	1	0.175 · 10 ⁻⁶ 1/час	0.1
9 Катушки индуктивности	3	0.02 · 10 ⁻⁶ 1/час	0.1
10 Гибридные интегральные	8	0.075 · 10 ⁻⁶ 1/час	
11 Электродвигатели постоя	1	9.36 · 10 ⁻⁶ 1/час	
12 Гнезда	2	0.01 · 10 ⁻⁶ 1/час	
13 Переключатели кнопочн	2	0.07 · 10 ⁻⁶ 1/час	
14 Клеммы, зажимы	30	0.0005 · 10 ⁻⁶ 1/час	
15 Провода соединительнык	15	0.015 · 10 ⁻⁶ 1/час	
16 Кабели	1	0.475 · 10 ⁻⁶ 1/час	
17 Предохранители плавкие	2	0.5 · 10 ⁻⁶ 1/час	

Рисунок 3.8 – Дані про електронні елементи

17 Предохранители плавкие	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="0.5"/>	$\cdot 10^{-6}$ 1/час	<input type="text"/>
18 Плата печатной схемы	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="0.7"/>	$\cdot 10^{-6}$ 1/час	<input type="text"/>
19 Пайка печатного монтажа	<input type="text" value="347"/>	<input type="text" value="0.01"/>	$\cdot 10^{-6}$ 1/час	<input type="text"/>

[Таблица 2.](#) Значения интенсивностей отказов λ_0

[Таблица 3.](#) Определение поправочных коэффициентов $\alpha(T, K_n)$

? Введите время t часов

Рисунок 3.9 – Дані про електронні елементи

Після розрахунку даних отримаємо графік безвідмовної роботи, а також значення інтенсивності відмови і середній час безвідмовної роботи приладу. Результати відображено на рисунку 3.10:

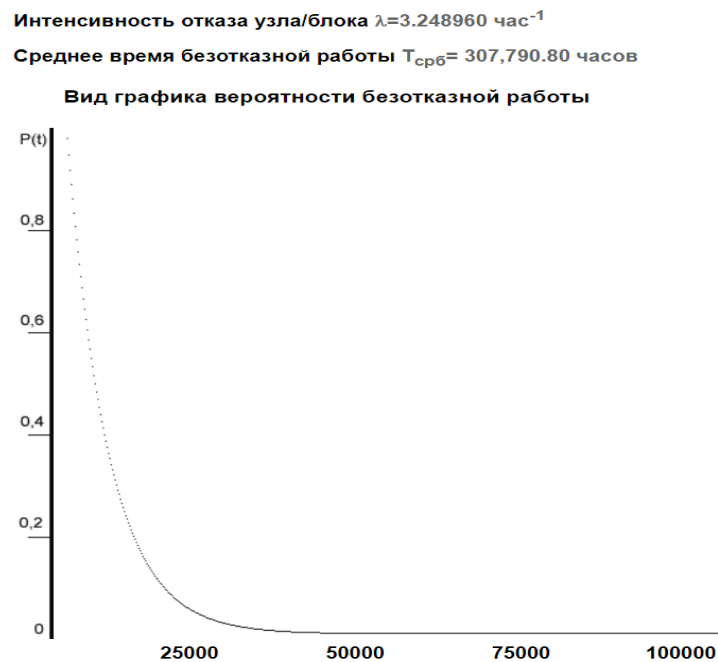


Рисунок 3.10 – Графік ймовірності безвідмовної роботи пристрою

3.2 Математичне моделювання схеми блоку керування монтажним феном

При розробці будь-якого радіоелектронного пристрою проводиться фізичне або математичним моделюванням. Фізичне моделювання вимагає значних матеріальних витрат, оскільки потрібно виготовити макет і вже на

ньому проводити задані дослідження, при цьому завжди існує ризик виходу експериментального пристрою з ладу. Тому при проектуванні краще буде застосовувати математичне моделювання в програмах, це дозволить знизити як терміни виконання, так і саму вартість розробки, і при цьому користувач має цілий ряд пристроїв та функцій для повного аналізу пристрою, які зазвичай недоступні при фізичному моделюванні, або вартість таких приладів дуже висока. Сьогодні розробники використовують такі програми схемотехнічного моделювання: Micro-Cap, Alpak, Proteus, Altium Designer, Multisim, Labview та інші. Найкращими для моделювання на мою думку є дві програми – Proteus та NI Multisim.

Після запуску програми можемо побачити головне вікно в якому конструюється електрична принципова схема радіотехнічного пристрою (див. рис. 3.11).

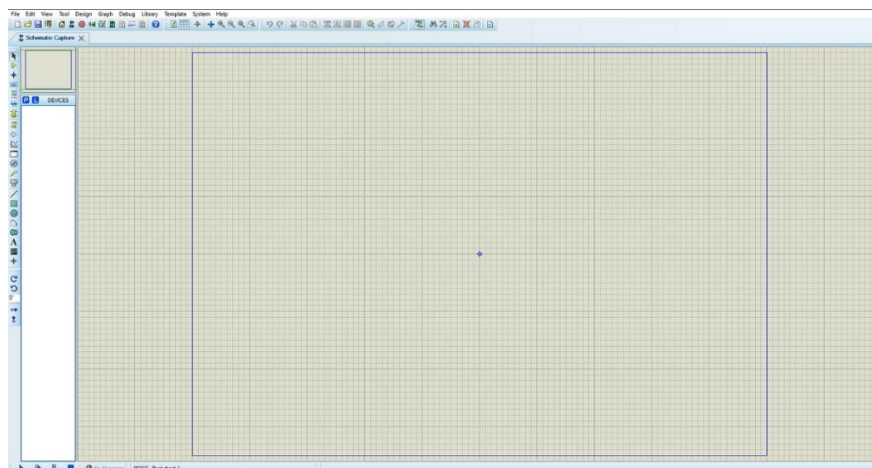


Рисунок 3.11 – Головне вікно програми

Інтерфейс програми інтуїтивно зрозумілий для користувача. Основне вікно програми, яке в основному і використовується для проведення моделювання, містить в собі з головне меню та велику кількість робочих панелей, розміщення яких можна змінювати за необхідності для зручнішого користування, бібліотеки елементів (обираються користувачем із загальної бібліотеки), кнопок старт/стоп емулятора, зменшеного варіанта робочого простору програми, кнопок для обертання обраного елемента[7]. В верхній

лівій частині вивчивши меню, отримуємо доступ до переліку інструментів.
(рис. 3.12)

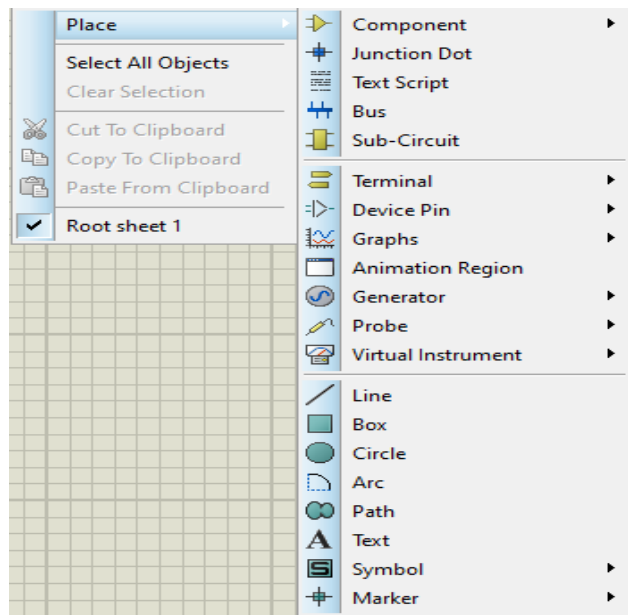


Рисунок 3.12 – Панель інструментів Protheus

Середовище моделювання Protheus істить в собі дуже великі бібліотеки елементів з можливістю додання власних, та створення нових елементів. Для відображення списку елементів достатньо відкрити меню «Бібліотеки», рисунок 3.13:

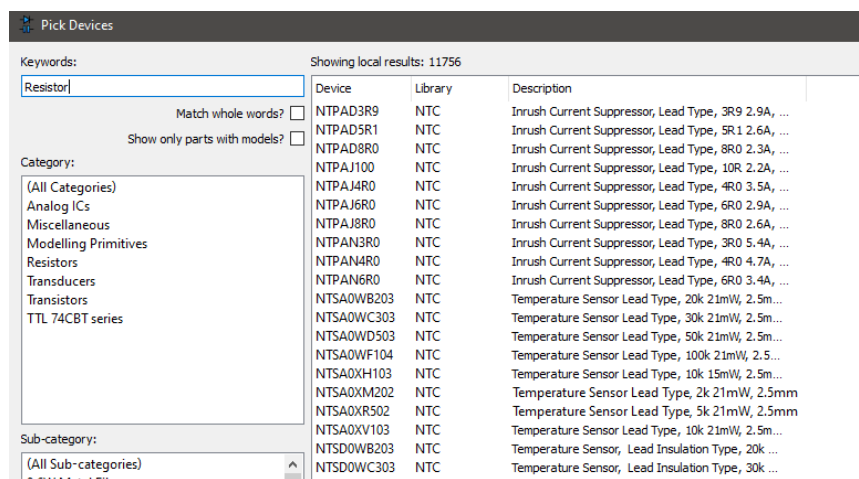


Рисунок 3.13 – Бібліотека елементів Protheus

У випадку, якщо не вдається знайти необхідний елемент серед представлених, можна скористатися пошуком за ключовими словами (рис.3.14):

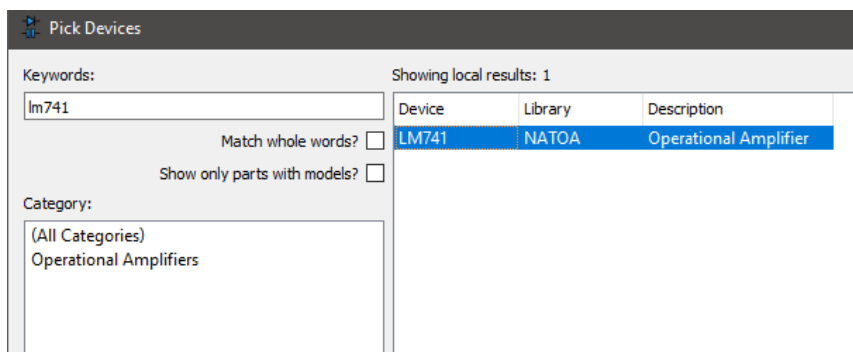


Рисунок 3.14 – Мені пошуку елементів Protheus

За попередньо розробленою схемою в середовищі моделювання Protheus 8 Professional було зібрано схему блоку керування монтажним феном, для подальшої її перевірки, та моделювання. В створеній схемі ВТА 12-600, та МОС3021 на основі яких було спроектовано твердотільне реле для керування нагрівом спіралі, замінено на звичайне реле, оскільки виникли труднощі з емуляцією вказаних елементів. Створену схему зображено на рисунку 3.13:

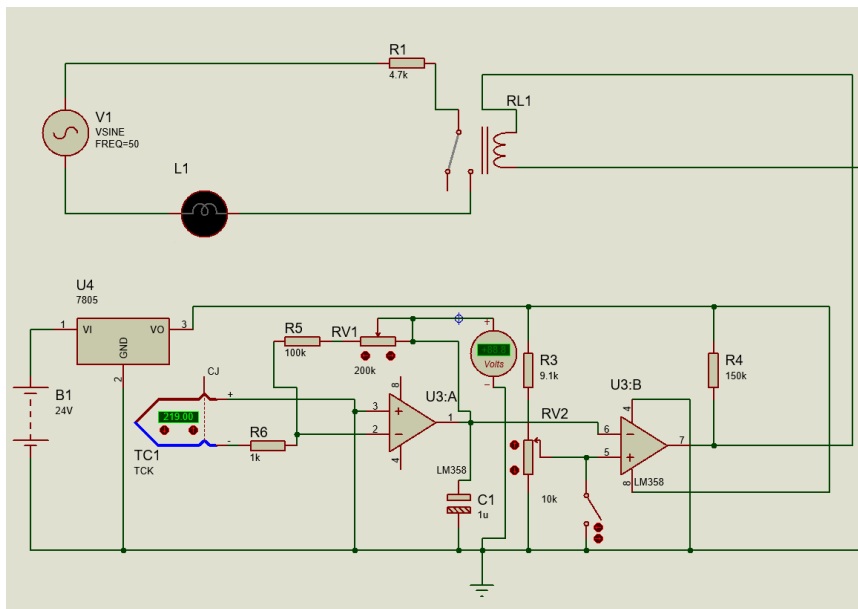


Рисунок 3.13 Схема блоку керування нагрівом монтажного фену

В якості термопари було обрано термопару К-типу, оскільки саме вона зазвичай застосовується в монтажних фенах, для відображення температури використовується вольтметр, який знімає покази напруги з термопари.

Замість спіралі монтажного фену підключено звичайну лампу розжарювання, яка і буде чудовим індикатором початку нагріву. Калібрування показів температури відбувається резистором RV1, а регулювання заданої температури резистором RV2.

Робота геркону імітуватиметься звичайним вимикачем, який при увімкненні замикає керуючий контакт резистора RV2 на землю, тим самим імітуючи виставлення регулятора температури на нулеву позначку.

При емуляванні схеми перевірялася стабілізація температури спіралі, робота геркону, та точність калібрування. Результати моделювання зображено на рисунках 3.14 – 3.18:

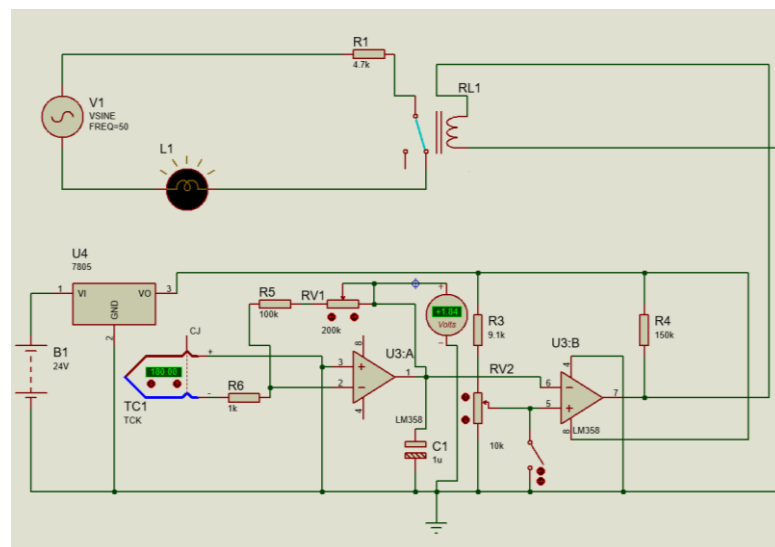


Рисунок 3.14 – Робота схеми при набранні заданої температури

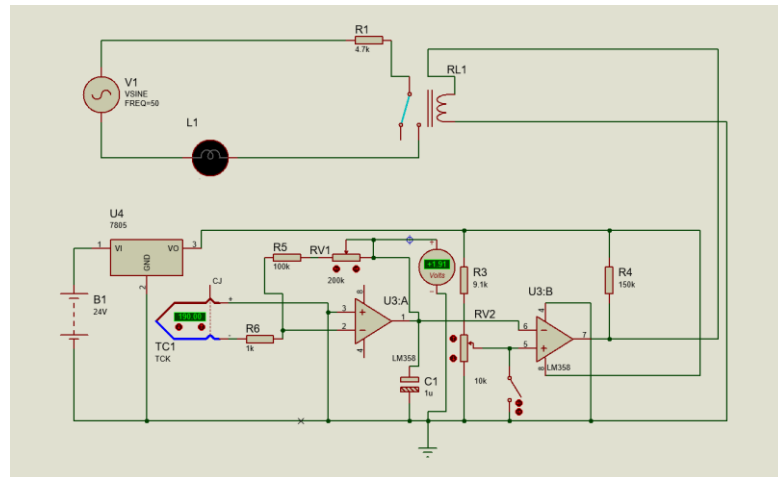


Рисунок 3.15 – Відключення живлення при досягненні заданої температури

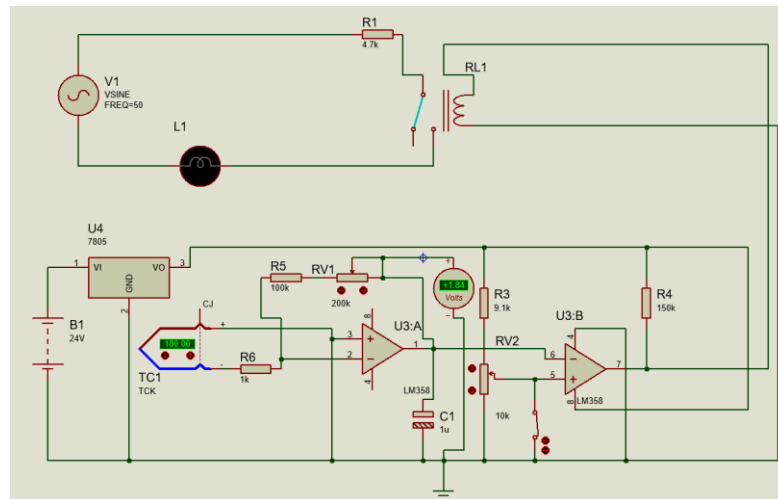


Рисунок 3.16 – Припинення нагріву при замиканні контактів геркону

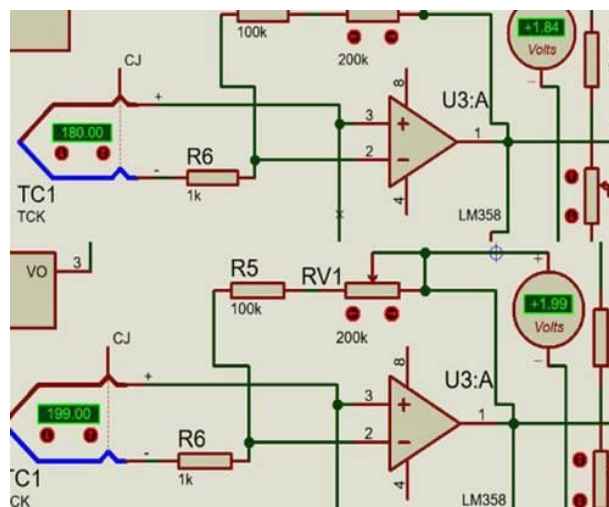


Рисунок 3.17 – Відображення температури термопарі в різних температурних режимах фену

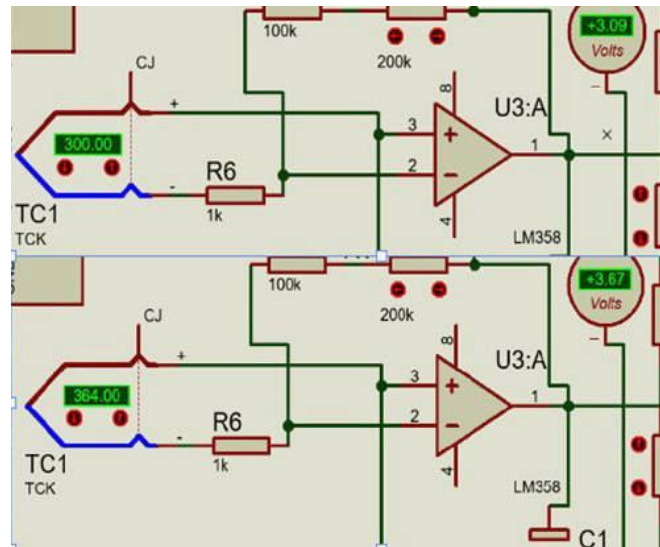


Рисунок 3.18 – Відображення температури термопари в різних температурних режимах фену

В результаті моделювання блоку керування монтажного фену було досліджено точність роботи спроектованої схеми, правильність відображення температурних показів та можливість їх калібрування, роботу геркона, та перевірено процес утримання заданої температури, та її регулювання.

Блок керування монтажним феном повністю виконує свої функції, стабілізація температури відбувається швидко, та з мінімальними похибками. Калібрування відбувається точно, без зайвої складності. Функції блоку повністю відповідають вимогам ІЗ. Також в майбутньому можна буде розширити діапазон робочих температур фену замінивши стабілізатор 7805 на 7812, що дасть більше живлення для LM358, і вона зможе регулювати температуру на значно вищому рівні.

3.3 Технологічна частина

3.3.1 Вибір методів регулювання та вимірювальної апаратури

Для розробки технологічного процесу регулювання використаємо безпосередній метод. Він потребує вимірювання і досягнення конкретних, раніше відомих електричних характеристик пристрою безпосередньо, тобто шляхом регулювання по приладах. Для проведення регулювання робіт потрібно використати такі вимірювальні і допоміжні прилади:

Мультиметр Richmeters RM113D з параметрами:

1) Діапазон вимірювальних напруг, В:

а) для постійної напруги.....0,6 – 600;

б) для змінної напруги.....0.6 – 600;

2) Діапазон вимірювання струму:

а) для постійного струму.....0,06 – 10;

б) для змінного струму.....0,06 – 10;

3) діапазон вимірювання опору.....600 Ом – 60 МОм;

4) діапазон вимірювання ємності6 нФ – 100 мкФ;

5) діапазон вимірювання частоти.....0,001Гц – 99,99МГц;

6) діапазон вимірювання температури.....-20°C - 1000°C;

7) функція діод тест.

Для проведення регулювальних робіт потрібні:

1) викрутка PH2,SL2;

2) набір радіодеталей (запасних);

3) навантаження (лампа розжарювання)

4) схема електрична принципова;

5) креслення друкованої плати;

6) складальний кресленик;

7) перелік елементів.

3.3.2 Розробка технологічного процесу регулювання та настройки

Техпроцес регулювання є одним із складних та відповідальних етапів виготовлення пристрою. Він вимагає високої кваліфікації регулювальника, вміння та дотримання правил користування вимірювальною апаратурою, розуміння порядку роботи даного приладу, користування допоміжною технічною документацією.

Регулювання схеми при розробці блоку живлення монтажного фену є дуже важливим, оскільки кожна термопара, вентилятор та інші компоненти завжди мають різні параметри, і їх будь яка зміна потребує донастройки плати, в іншому випадку регулювання температурних показників фену буде не точним. В фенах використовується термопара К-типу, яка передає температурні показники збільшенням опору. Відповідно кожна термопара має хоч і мінімальну, проте різницю опорів, до якої плату також необхідно підлаштовувати.

Перелік засобів вимірювання, інструментів та матеріалів приведені в таблиці 3.1:

Таблиця 3.1 – Перелік приладів, інструментів та матеріалів.

Умовне позначення	Найменування	Позначення	Кількість	Примітка
P1	Цифровий мультиметр	Richmeters RM113D	1	
W1	Кабель	Atcom CEE 7/7 - IEC C13	1	Для живлення приладу
	Викрутки PH2,SL2	Wiha SoftFinish W21250	1	
	Лампа розжарювання	25-100Вт	1	Навантаження
	Запальничка	Cricket	1	Нагрівальний елемент

Техпроцес регулювання монтажного фену складається з трьох частин:

1) Підготовка – при виконанні якої проводиться зовнішній огляд, конструкції та монтажу, правильність встановлення радіоелементів на платі, їх кріплення, відсутність замикань кабелів та провідників друкованої плати, якість очистки плати від забруднень та флюсу.

2) Основна – проводиться безпосереднє регулювання пристрою.

3) Заключна – проводиться остаточна перевірка електричних параметрів.

При дотриманні всіх вище зазначених кроків, ніяких проблем із калібруванням виникати не повинно. В разі, якщо калібрування не дало потрібного результату, його потрібно повторити, або перевірити схему на наявність несправностей, та виправити їх.

Таблиця 3.2 – Техпроцес регулювання пристрою

Вид роботи	Прилади та інструменти	Примітка
1	2	3
1 Підготовка		
1.1 Перевірити всі з'єднання на правильність підключення та наявність погано припаяних чи пошкоджених елементів.	Візуально	
1.2 Перевірити якість монтажу на відсутність обривів та замикань з допомогою приладу	Richmeters RM113D	Режим прозвонки
1.3 Перевірити якість очистки плати від слідів флюсу, перевірити на відсутність випадкових крапель припою, або інших елементів, які ожуть спричинити коротке замикання, перевірити на відсутність окислення контактів.	Візуально	
1.4 Ввімкнути джерело живлення пристрою без навантаження та перевірити його вихідну напругу.	Richmeters RM113D	Режим вольтметра
2. Основна		

Продовження таблиці 3.2 - Техпроцес регулювання пристрою

1	2	3
2.1 Перевірити джерело живлення з навантаженням та перевірити величину вихідної напруги.(+24В)	Richmeters RM113D	Режим вольтметра
2.2 Підключити навантаження у вигляді DC-DC перетворювач, яким відбувається регулювання швидкості обертання вентилятора фену, перевірити наявність та регулювання вихідної напруги.	Richmeters RM113D	
2.3 Підключити вентилятор, перевірити чи відбувається регулювання його швидкості з допомогою змінного резистора, підстроювальним резистором обмежити максимальний вихідний струм до 0.5А	Richmeters RM113D Викрутка PH2	Режим вольтметра, амперметра.
2.4 Підключити плату регулювання температури спіралі монтажного фену подавши на неї 220В та 24В у відповідні роземи, підключити лампу розжарювання замість спіралі фену для перевірки працездатності.	Візуально	
2.5 Перевірити чи відбувається затухання лампи при нагріві виводу термопари і чи загорається знову при його охолодженні.	Запальничка Візуально	
2.6 Підключити спіраль фену, спираючись на покази термопари мультиметра з допомогою викрутки підстроювальним резистором R4 відрегулювати покази температури на самому приладі.	Візуально Richmeters RM113D ВикруткаSL2	
3. Заключна		
3.1 Виконати перевірку правильності регулювання швидкості вентилятора та температури спіралі монтажного фену. Регулювання відбувається резисторами, винесеними на передню панель корпусу.	Візуально	

3.3.3 Основні несправності та методи їх усунення

Існує кілька методів виявлення несправностей: зовнішній огляд, метод виключення блоків, метод вибіркової заміни елементів та блоків схеми, метод співставлення. При зовнішньому огляді можливо визначити тільки візуальні несправності, коли елемент згорів, або порушилася пайка, тому цей метод використовується тільки на початковому етапі пошуку несправностей. Метод виключення заснований на від'єднуванні або переключенні по чергові блоків з яких складається схема до виявлення несправної частини. Метод співставлення полягає в порівнянні несправної частини схеми з аналогічною, але робочою на подібному пристрої.

Визначення та пошук несправності є досить трудомістким при налаштуванні та ремонті апаратури. Тож виробники зазвичай створюють документацію з типовими несправностями, та методами їх вирішення. Розглянемо основні несправності блоку керування монтажного фену, що представлені в таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Основні несправності

Характер несправності	Причини несправності	Спосіб усунення
1	2	3
Некоректне відображення інформації датчика температури	Невірне калібрування	Відкалібрувати підстроювальним резистором R4
	Замикання доріжок, ніжок	Усунути замикання за допомогою паяльника чи скальпелю, промити плату від флюсу спеціальним озчином або спиртом
	Несправність LM358	Заміна LM358
	Несправність оптопари	Заміна оптопари

Продовження таблиці 3.3 – Основні несправності

1	2	3
Відсутність будь-якої реакції на кнопку живлення	Згорів запобіжник	Перевірити наявність в схемі короткого замикання, замінити запобіжник
Не працює вентилятор	Відсутнє живлення (+24В)	Перевірити напругу блоку живлення, якщо вона відсутня, замінити його.
	Помилка в підключенні	Виправити
	Відсутнє живлення	Перевірити DC-DC перетворювач
	Несправність резистора R7	Заміна R7
Відсутність будь-якої реакції на кнопку живлення	Згорів запобіжник	Перевірити наявність в схемі короткого замикання, замінити запобіжник
	Несправність DC-DC перетворювача	Замінити
	Обрив провідника	Знайти місце обриву, відновити контакт
Некоректна робота нагрівального елемента	Згорання спіралі	Замінити
	Несправність VS1	Заміна VS1
	Несправність U1	Заміна U1
	Можливе КЗ	Знайти мультиметром та усунути
Некоректна робота змінних резисторів	Відсутність контакту	Знайти і усунути за допомогою паяльника і припою
	Несправність регулятора	Заміна несправного
	Переплутана черговість підключення резистора	Змінити черговість

3.4 Результати експериментальних досліджень

Для визначення потужності, що споживається приладом з розетки була використана Smart-розетка, яка завдяки вбудованому в неї Wi-fi модулю передає данні про напругу в мережі, споживану потужність, споживаний струм, та рахує загальне споживання за певні відрізки часу. Значення зняті в результаті вимірювань зображені на рисунках 3.19 та 3.20:



Рисунок 3.19 – Вимірювання споживаної потужності монтажного фену з спроектованим блоком керування



Рисунок 3.20 – Вимірювання споживаної потужності монтажного фену з лабораторним блоком живлення при навантаженні

За результатами вимірювання було визначено, що споживання монтажного фену, без урахування споживання блоку живлення складає близько 700Вт.

Також після проведення калібрування пристрою бло перевірено відповідність показів температури на індикаторі, до реальної на виході фену, результати зображено на рисунках 3.21-3.25:



Рисунок 3.21 – Стабілізація температури при 170 °С



Рисунок 3.22 – Стабілізація температури при 330°С



Рисунок 3.23 – Стабілізація температури при 230°C

Також, окрім перевірки калібрування температур проведено перевірку роботи датчика постановки фену на підставку(геркона). Постановка на підставку, була зімітована звичайним магнітом, саме його полезамикає контакти датчика (рис. 3.24-3.25)



Рисунок 3.24 –Рробота датчика постановки на підставку (360°C)



Рисунок 3.25 – Відбувається зниження температури фену

3.5 Висновки до розділу

В даному розділі було проведено розробку блоку керування монтажного фену, обрано елементну базу відповідно до поставлених вимог. В якості операційного підсилувача бло використано мікросхему LM358, оскільки її можливостей повністю достатньо для створення на її базі блоку керування.

Після розробки електричної схеми було проведено її математичне моделювання для перевірки вірної працездатності, і за результатами моделювання визначено що пристрій працює добре, легко калібрується, підтримує задані параметри температури, та дозволяє чітко регулювати параметри.

Перед виконанням реального макету схеми базуючись на теоретичних відомостях, та результатах математичного моделювання розроблено регульовальну та ремонтну карту пристрою, та проведено розрахунок надійності пристрою що створюється. За результатами розрахунку робочий час пристрою до відмови склав 307790 годин, що більш ніж достатньо для пристрою такого типу.

Також створено фізичну модель приладу, та перевірено реальну його функціональність. За результатами тесту визначено, що калібрування пристрою виконується без проблем. Стабілізація та відображення температур має мінімальну похибку. Регулювання параметрів виконується змінними резисторами. Індикація нагріву спіралі реалізована з допомогою індикатора, що винисений на корпус.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Державна політика в галузі охорони праці в Україні регулюється Законом України від 14 жовтня 1992 року "Про охорону праці". Цей закон встановлює основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносини між підприємствами, установами, організаціями або органами, уповноваженими ними, і працівниками з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, а також встановлює єдиний порядок їх регулювання. [8]

Працівник під час розробки блоку керування монтажного фену, може впливу таких шкідливих та небезпечних виробничих факторів:

1. Фізичних:

- сильне забруднення пилом, або газом у робочій зоні;
- підвищення або пониження температури на робочому місці;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень електро магнітного випромінювання;
- підвищена або знижена іонізація повітря;
- відблиски від прямого або відбитого сонячного світла;
- підвищена яскравість;
- недостатнє освітлення;

2. Психофізіологічних:

- статичне перенавантаження;
- розумове перенавантаження;
- емоційні перенавантаження.

На основі вищезазначених факторів розробляється план для забезпечення безпечного проведення операцій по розробці.

4.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Площа приміщення на одне робоче місце користувача повинна становити 6 м^2 , а об'єм не менше ніж 20 м^3 .

Основними елементами робочого місця розробника за ПК є стіл і стілець. Основна робоча поза - сидячи. Раціональне робоче місце передбачає чіткий порядок і послідовність у розташуванні предметів, інструментів і документів. Предмети, необхідні для більш частішої роботи, розташовуються в межах легкої досяжності від робочого простору.

Максимальна зона досяжності рук - це частина робочого простору, обмежена дугою, що описується витягнутою рукою наскільки це можливо при русі руки в плечовому суглобі.

Оптимальна зона - частина поля робочого місця, обмежена дугою, яку описує передпліччя при опорі на лікоть і русі в ліктьовому суглобі при відносно нерухомому плечі.

При роботі в сидячому положенні рекомендуються такі параметри робочого простору:

- ширина більше 70 см;
- глибина більше 40 см;
- робоча поверхня стола на висоті 70-75 см.

Оптимальні розміри робочого стола:

- висота 71 см;
- довжина стола 130 см;
- ширина стола 65 см.

Під робочою поверхнею передбачається простір для ніг:

- висота більше 60 см;
- ширина більше 50 см;
- глибина більше 40 см.

Робоче місце, на якому встановлено ПК, має бути віддалене від стіни з вікном щонайменше на 1,5 м і від будь-якої іншої стіни - щонайменше на 1 м. Якщо ПК встановлено біля вікна, кут між екраном монітора та поверхнею вікна повинен становити не менше 90° (щоб уникнути відблисків), а прилегла до вікна частина вікна повинна бути закрита шторою. Неприпустимим є розміщення таким чином, щоб обличчя або спина користувача була звернена до вікна приміщення або до задньої панелі ПК, на якому встановлений вентилятор. При розміщенні настільних ПК слід дотримуватися відстані 1,2 м від бічних сторін ПК і 2,5 м від задньої панелі ПК до екрану іншого ПК.

Приміщення, де здійснювалося проектування підвищення ефективності багатоканальної системи передачі телевізійних сигналів за небезпекою ураження електричним струмом можна віднести до 1 класу, тобто це приміщення без підвищеної небезпеки [14].

Електрообладнання, включаючи обладнання всіх типів і напруг, кабелі та електропроводку, а також розподільчі пристрої, відповідають умовам експлуатації не тільки в нормальних умовах, але і в умовах короткого замикання, перенапруги і перевантаження.

Для забезпечення безпеки впроваджено такі технічні рішення

- Забезпечити недоступність струмоведучих частин (використовується прихована проводка, кабелі прокладаються в спеціальних траншеях).

- Струмоведучі частини повинні бути ізольовані з використанням ізоляторів з опором не менше 1 кОм/В, ізоляція повинна постійно контролюватися і підтримуватися в належному стані.

- Шафи розподільних пристроїв, пускачі та клемні коробки закриті (у спеціальних кожухах) для запобігання доступу до неізольованих струмоведучих частин.

- Напруга освітлювальної мережі становить 220 В і має заземлену нейтраль.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Основним нормативним документом, що регламентує параметри мікроклімату для виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [15]. Цей документ встановлює оптимальні та допустимі значення температури, відносної вологості та швидкості вітру, допустимі температури внутрішніх поверхонь приміщень (стін, стелі, підлоги) та зовнішніх поверхонь технічного обладнання, а також допустиму інтенсивність теплового випромінювання від поверхонь опалення приміщень та відкритих джерел тепла (нагрітого металу, скла, відкритого вогню тощо) у робочих зонах (визначених просторах, в яких постійно або непостійно (тимчасово) перебувають працівники).

Робота над підвищенням ефективності багатоканальної системи передачі телевізійних сигналів за енерговитратами відноситься до категорії I а (енерговитрати до 139Дж/с) [16]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	2-28	5	0,1-0,2
Холодний	2-1-25	7-5	0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено:

1. У холодний період року для обігріву будівлі використовується централізована парова система опалення.

2. Забезпечення допустимих метеорологічних умов праці в приміщенні здійснюється за допомогою системи кондиціонування.

3. Систематичне (раз за зміну) вологе прибирання.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Сучасні технології використовують багато речовин, які можуть потрапляти в атмосферу і становити потенційну загрозу для здоров'я людини. Залежно від ступеня токсичності, фізико-хімічних властивостей і шляхів надходження в організм, гігієнічні нормативи визначають гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони виробничих приміщень, які не повинні перевищуватися.

У проектних приміщеннях шкідливими речовинами, що містяться в повітрі, вважаються пил та озон. Джерелом цих речовин є офісна техніка. Пил потрапляє в приміщення ззовні. ГДК шкідливих речовин у робочих кімнатах наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	1

Для забезпечення комфортних умов використовують такі методи як: організаційні (раціональна організація праці відповідно до пори року та дня тижня, чергування роботи та відпочинку), і технічні (системи вентиляції, кондиціонування та опалення).

4.2.3 Виробниче освітлення

Стан освітлення у виробничих приміщеннях також відіграє важливу роль у запобіганні нещасним випадкам на виробництві. Багато невіршених нещасних випадків на виробництві спричинені недостатнім освітленням. Збитки, спричинені цим, є значними і, перш за все, можуть призвести до смерті або інвалідності людей. Розумне освітлення має відповідати наступним умовам: воно повинно бути достатнім (відповідати нормам), рівномірним, не відкидати тіні на робочу поверхню, не засліплювати працівників, а напрямок світлового потоку повинен відповідати зручності виконання завдання. Це допомагає підтримувати високий рівень працездатності, захищати здоров'я людей і знижувати травматизм.

Норми освітленості для штучного освітлення та КПО при природному та адаптованому освітленні (для III світлового кліматичного району згідно з ДБН В.2.5-28-2018 [17]) наведено в таблиці 4.3:

Таблиця 4.3 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, Лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Дуже високої точності	V0,15 - до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

- 1) Максимальне використання бічного природного освітлення.

2) Систематичне очищення скла від бруду – не рідше двох разів на рік.

3) Система природного освітлення доповнюється загальним штучним освітленням, що створюється за допомогою люмінесцентних ламп.

4.2.4 Виробничий шум

Шум - це безладне поєднання звуків різної інтенсивності та частоти, що заважає сприйняттю корисних сигналів і негативно впливає на людину. Фізична сутність звуку полягає в механічних коливаннях пружного середовища (повітря, рідини). Під час звукових коливань утворюються області зниженого і підвищеного тиску, які діють на слуховий аналізатор (барабанну перетинку).

Тривалий вплив гучного шуму не тільки негативно впливає на слух, але й може викликати інші шкідливі наслідки, такі як шум у вухах, запаморочення, головний біль, підвищену втомлюваність і зниження працездатності.

Шум має кумулятивний ефект, тобто акустичні подразники накопичуються в організмі людини і викликають все більше пригнічення нервової системи. Гігієнічні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відображені в ДСН 3.3.6.037-99 [18]. Для умов праці допустимі рівні звукового тиску наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкополосного шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення прийнятних шумових параметрів слід використовувати комп'ютери з пасивним охолодженням та встановлювати пластикові вікна з достатньою звукоізоляцією.

4.2.5 Виробничі випромінювання

Працюючи за комп'ютером, користувач підпадає під вплив високочастотного електромагнітного поля (ЕМП). Як показують результати вимірювання електромагнітного випромінювання, інтенсивність опромінення ЕМП від комп'ютера підсилюється, коли одночасно оператор ще й розмовляє по мобільному телефону.

Люди, які працюють в ЕМП, що перевищує допустимі норми, швидко втомлюються, скаржаться на головні болі, загальну слабкість, болі в ділянці серця. Вони стають дратівливими, у них збільшується пітливість та порушується нічний сон.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітора комп'ютера представлені в табл. 4.5

Таблиця 4.5 - Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	10В / м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	0,3 А / м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати: для дорослих користувачів	20кВ / м
для дітей дошкільних установ і що вчаться середніх спеціальних і вищих навчальних закладів	15кВ / м

Щоб зменшити вплив такого випромінювання, рекомендується використовувати монітори зі зниженим рівнем випромінювання, встановлювати захисні екрани та дотримуватися регулярного режиму праці та відпочинку.

4.3 Пожежна безпека

За пожежну безпеку на підприємстві відповідає його керівник (власник). Керівник своїм наказом визначає обов'язки інженерно-технічних працівників, інженерів та службовців щодо забезпечення пожежної безпеки на території підприємства. Керівник також призначає осіб, відповідальних за експлуатацію засобів забезпечення пожежної безпеки та протипожежного захисту в окремих будівлях, спорудах та приміщеннях. Якщо на підприємстві спеціально не призначено особу, відповідальну за пожежну безпеку в масштабах підприємства, організаційну роботу з підготовки цих документів, як правило, виконує фахівець з охорони праці.

Обов'язки щодо забезпечення пожежної безпеки, утримання та експлуатації засобів протипожежного захисту повинні бути відображені у відповідних посадових інструкціях (функціональних обов'язках, інструкціях, положеннях тощо).

Приміщення, в яких проводяться роботи з підвищення ефективності систем передачі багатоканального телевізійного сигналу, за вибухопожежною та пожежною небезпекою відносяться до категорії Д, оскільки використовуються тільки негорючі речовини та матеріали в низькотемпературному стані. Єдиною пожежонебезпечною ділянкою є електропроводка до обладнання, що є допустимим для приміщень цієї категорії [19].

За ступенем вогнестійкості приміщення належить до II категорії [19]. Робоча зона розробника відноситься до класу вибухонебезпеки В-IIа та класу

пожежної небезпеки П-ІІа, оскільки вибухонебезпечні концентрації пилу та волокон утворюються тільки в результаті аварій або несправностей.

4.3.1 Технічні рішення системи запобігання пожежі

Можливі причини пожежі в приміщеннях, обладнаних резонансними хвилеводними щілинними антенами з синфазним збудженням щілин, включають в себе наступні.

- несправність електропроводки (іскріння, перегрів провідників, сухість електроізоляційних матеріалів);
- потрапляння вологи під час використання побутових електроприладів (електрочайників, обігрівачів) та експлуатації електрообладнання;
- залишення без нагляду увімкнених комп'ютерів, обчислювальної техніки та інших електроприладів.

Для запобігання пожежі рекомендується дотримуватися наступних заходів: - Використання електроприладів (електрочайників, обігрівачів):

- для запобігання пожежі рекомендується вжити таких заходів: призначити особу, відповідальну за пожежну безпеку в приміщенні;
- призначити особу, відповідальну за пожежну безпеку, та проводити щорічні інструктажі з пожежної безпеки та мінімальне навчання протипожежним прийомам; та
- Підтримувати засоби протипожежного захисту в належному робочому стані;
- своєчасно повідомляти про несправності протипожежного обладнання, систем протипожежного захисту, водопостачання тощо.

4.3.2 Технічні рішення системи протипожежного захисту

На випадок виникнення пожежі на об'єкті є переносні вуглекислотні вогнегасники типу ОУ-5 для обмеження її розповсюдження. Доступ до

первинних засобів пожежогасіння та відключення електричних ланцюгів обладнання не обмежений.

У коридорах приміщення є план евакуації на випадок пожежі. Шляхи евакуації з департаменту відповідають пожежним нормам. Будівля має два виходи, коридори мають ширину 2-3 метри, а двері - 0,8 метра, при цьому двері відчиняються у напрямку руху людей у разі евакуації.

Інструкції та інші внутрішні документи компанії з питань пожежної безпеки повинні ґрунтуватися на конкретних показниках пожежної небезпеки будівель, споруд, технологічних процесів і технічного та виробничого обладнання, відповідно до чинних правил та інших національних нормативно-правових актів з питань пожежної безпеки.

Загалом приміщення відповідають нормам за вибухопожежною та пожежною небезпекою і межею вогнестійкості.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській дипломній роботі було спроектовано та розроблено блок керування монтажного фену.

Спроектований прилад має значні переваги над аналогами, головними з яких є висока потужність підтримуваного навантаження, поєднання в собі компактні розміри, та малу вагу. Із схематичних переваг є використання імпульсних джерел для живлення схеми керування. Які є значно довговічнішими, та потужнішими, ніж трансформаторні джерела живлення, також дуже зручним є використання модульної конструкції. Тобто кожен блок схеми розташований на своїй окремій платі, що дозволяє значно спростити ремонтні роботи, у випадку виходу приладу з ладу.

У блоці керування монтажного фену використана сучасна елементна база, завдяки якій даний прилад має меншу вагу та габарити. Для забезпечення індикації параметрів елемента використовуються семисегментні індикатори, а регулювання відбувається з допомогою змінних резисторів, які винесені на корпус приладу.

Завдяки математичному моделюванню при розробці було проаналізовано роботу схеми, та стабільність виконання всіх заданих функцій. Враховано всі нюанси, з якими можна було стикнутися при створенні готового пристрою. Що значно полегшило його подальше конструювання.

Також при розробці блоку керування розроблено технологічну карту регулювання та настройки. Що допомогло в налаштуванні готової плати на роботу в заданих параметрах.

Також у бакалаврській дипломній роботі проведено розрахунки розділу охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кашкаров А.П. Імпульсні джерела живлення: схемотехніка та ремонт К.: ДМК-Прес, 2012. 184 с
2. Семенов Б.Ю. Силова електроніка: Від простого до складного, К.: Солон, 2005. 320 с.
3. Дяконов В.П. Енциклопедія пристроїв на польових транзисторах, К.: Солон, 2002. 512 с.
4. Кашкаров О. Радіомайстру. Оригінальні конструкції імпульсних джерел живлення, і не лише: РадіоСофт, 2013. 353с.
5. Кондаков Є.В. Імпульсні перетворювачі та стабілізатори напруги, Київ, 2014. 41с.
6. Хансіоакім Блум Схемотехніка та застосування потужних імпульсних пристроїв К.: ОДИКА, 2017. 352 с.
7. © Labcenter Electronics. Intelligent Schematic. Input System. User Manual Issue 6.0 - November 2002
8. ДСТУ ОHSAS 18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог ОHSAS 18001:2007 (ОHSAS 18002:2008, IDT). К. : ГП «УкрНИУЦ», 2016. 21 с
9. Остаточний розрахунок надійності вузлів та блоків PEC URL: <https://bit.ly/2TCgkww>
10. ШИМ контролер для DC-DC перетворювача XL4005E1 URL: <https://bit.ly/2FZUMUb>
11. Проста та доступна паяльна станція своїми руками URL: <https://bit.ly/3jgXPFJ>
12. Офіційна документація на мікросхему XL4005E1 URL: <https://bit.ly/36i9Jf2>
13. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php

14. Правила улаштування електроустановок URL:
<http://www.energiy.com.ua/PUE.html>
15. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
16. Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. URL:
<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>
17. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] URL: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>
18. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>
19. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf

Додаток А
(обов'язковий)

**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (БАКАЛАВРСЬКОЇ)
ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ**

РОЗРОБКА БЛОКУ КЕРУВАННЯ МОНТАЖНОГО ФЕНУ

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Розробка блока керування монтажного фену»

Тип роботи: БДР
(БДР, МКР)

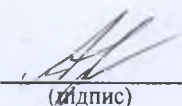
Підрозділ ІРТС, ІЕС
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichек

Оригінальність 94,55% Схожість 5,45%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

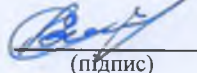
Особа, відповідальна за перевірку 
(підпис)

Олександр ЗВЯГІН
(прізвище, ініціали)

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

Автор роботи 
(підпис)

Віталій МАТЕРИНСЬКИЙ
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи 
(підпис)

Андрій ВОЛОВИК
(прізвище, ініціали)

Додаток Б
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

РОЗРОБКА БЛОКУ КЕРУВАННЯ МОНТАЖНОГО ФЕНУ

Виконав: студент 2(4)-го курсу, групи ТКР-21мс
спеціальності 172 – Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Материнський В.П.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ІРТС

Воловик А.Ю.
(прізвище та ініціали)

« 15 » 06 2023 р.

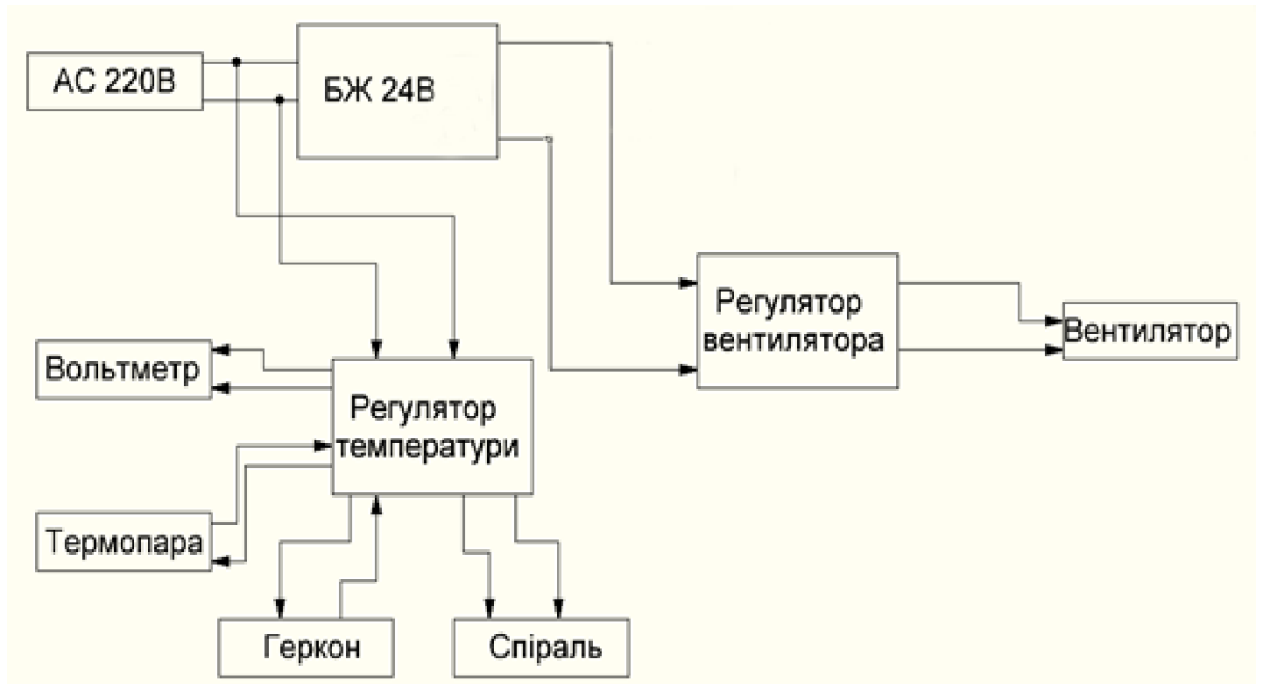


Рисунок 1 – Структурна схема мережі

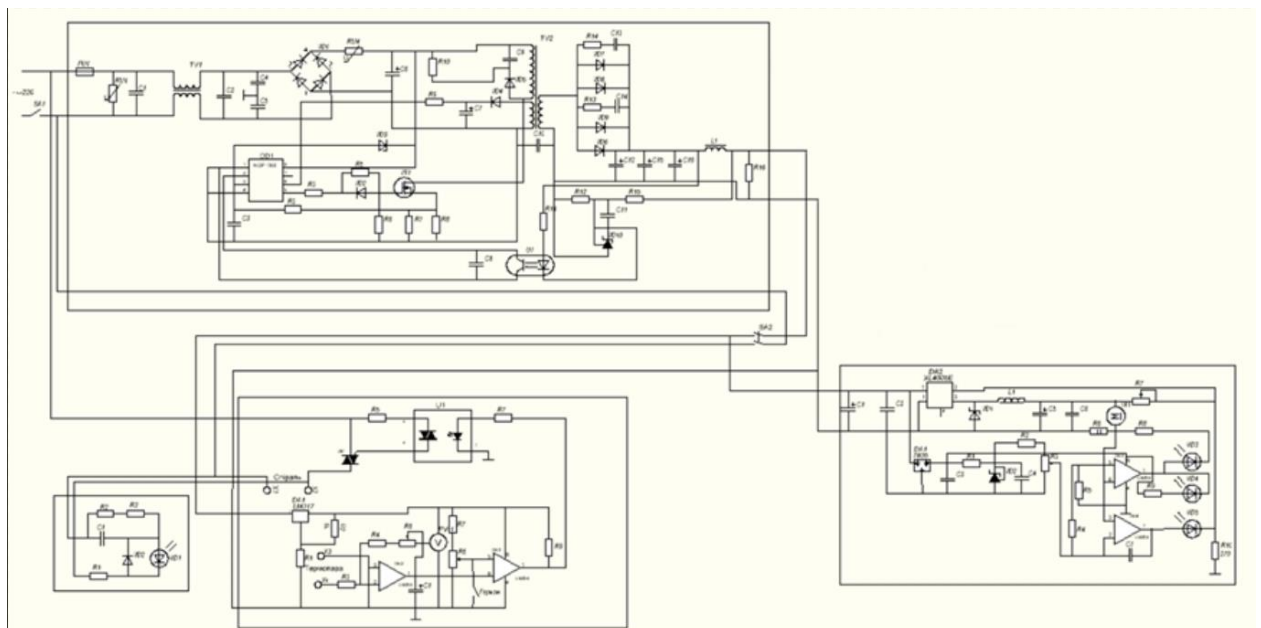
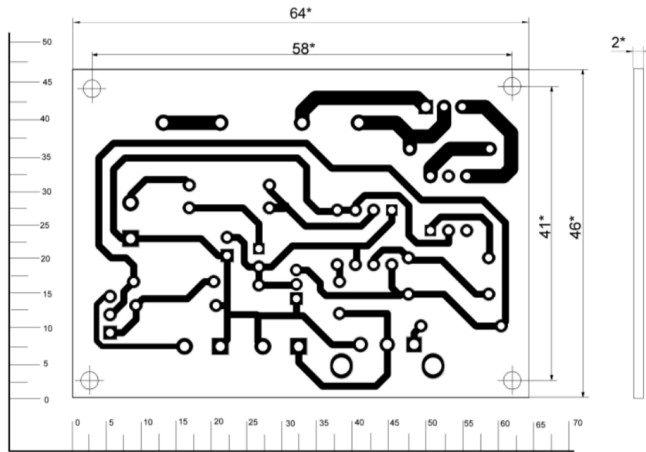


Рисунок 2 – Схема електрична принципова



1.* Розмір для довідок.

2. Плату виготовити негативним методом.

3. Крок координації сітки 2,5 мм. Лінії умовно нанесені через одну.

4. Конфігурацію провідників витримати по координатній сітці.

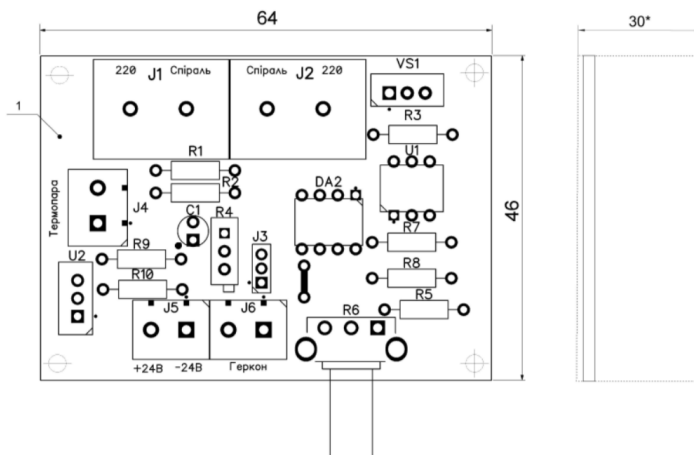
5. Провідники умовно позначені суцільними лініями виконати шириною $1 \pm 0,1$ мм, в вузьких місцях 0,75 мм.

6. Відстань між провідниками не менше 0,8 мм, в вузьких місцях - 0,4 мм.

7. Плата повинна відповідати ГОСТ 23752-79

Умовне позначення отвору	Діаметр отвору, мм	Наявність металізації в отворі	Діаметр контактного площадки, мм	Кількість отворів
○	$1 \pm 0,1$	немає	2	10
⊙	$0,8 \pm 0,1$	немає	$1,2 \pm 0,1$	29
□	$1,3 \pm 0,1$	немає	$2,1 \pm 0,1$	4
⊗	$0,9 \pm 0,1$	немає	$1,5 \pm 0,1$	6
⊠	$0,7 \pm 0,1$	немає	$1,3 \pm 0,1$	3
⊕	$0,7 \pm 0,1$	немає	$1,3 \pm 0,1$	2
⊞	$0,7 \pm 0,1$	немає	$1,1 \pm 0,1$	2
⊕	3.5	немає	6	4

Рисунок 3 – Друкована плата



1.* Розмір для довідок з елементами

2. Друковані провідники умовно не показані.

3. Паяти: припой ПОСБ1 ГОСТ 21931-79.

4. Вставка елементів проводити за ОСТ 4ГО, 010.030-81.

5. Плату після зборки покрити емаллю ЕП-572, колір білий, ТУ6-1001539-76

Рисунок 4 – Складальне креслення