

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Навчально-науковий інститут (факультет) інформаційних технологій та електроніки

Кафедра інформаційних технологій та програмування

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної випускної роботи

освітній ступінь бакалавр
спеціальність 171 „Електроніка”
(шифр і назва спеціальності)

на тему **«Розробка блоку контролю запобіжників»**

Виконав: студент групи ЕЛ-21бд

_____ (підпис)

І.В. Матвієвський

_____ (ініціали і прізвище)

Керівник

_____ (підпис)

І.С. Тюндер

_____ (ініціали і прізвище)

Завідувач кафедри

_____ (підпис)

О.І. Захожай

_____ (ініціали і прізвище)

Рецензент _____

доц., д.т.н. Захожай О.І

Київ – 2025

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Навчально-науковий інститут (факультет) інформаційних технологій та електроніки
Кафедра інформаційних технологій та програмування
Освітній ступінь бакалавр
спеціальність 171 „Електроніка”
(шифр і назва спеціальності)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“ ___ ” _____ Захожай О.І.
2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ ВИПУСКНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Матвієвському Івану Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка блоку контролю запобіжників

керівник роботи Тюндер Ірина Сергіївна, ст. викл.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджений наказом університету від “27” травня 2025 року
№67/15.15-С

2. Строк подання студентом роботи 16.06.2025р.

3. Вихідні дані до роботи: Схема електрична принципова;

наробіток на відмову не менш 20900 годин; габаритні розміри не більше 235×140 х30 мм

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Аналіз технічного завдання. Конструкторська частина. Технологічна частина.

Висновки. Перелік використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників) Схема електрична принципова. Плата друкована. Складальне креслення. Схема технологічного процесу.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 30.03.2025р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної випускної роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1	Одержання завдання на виконання роботи	30.03.25	виконано
2	Укладання і погодження з керівником плану і етапів виконання роботи	06.04.25	виконано
3	Узагальнення даних літературних джерел, укладання розділу «Аналіз технічного завдання»	13.04.25	виконано
4	Розробка конструкції виробу	20.04.25	виконано
5	Розробка технології виготовлення виробу	27.04.25	виконано
6	Укладання, оформлення та погодження пояснювальної записки з керівником	04.05.25	виконано
7	Здача готової пояснювальної записки на кафедрі	08.06.25	виконано
8	Укладання доповіді і презентації	10.06.25	виконано

Студент

_____ І.В. Матвієвський _____
підпис (ініціали і прізвище)

Керівник роботи

_____ І.С. Тюндер _____
підпис (ініціали і прізвище)

РЕФЕРАТ

Записка пояснення до дипломного проекту містить:
621 листа, 12 рисунків, 4 таблиці 15 джерел, мова - українська.

Об'єкт розробки – блок контролю запобіжників.

Мета розробки – розробити конструкцію блоку контролю запобіжників згідно запропонованій схемі електричної принципової і вимогам технічного завдання.

У дипломному проекті виконаний докладний аналіз технічного завдання, розроблені конструкція і технологія виготовлення пристрою. Проведені конструктивно технологічний розрахунок, розрахунки теплового режиму і надійності пристрою. При проектуванні друкарської плати і випуску конструкторської документації широко використовувалися можливості САПР.

НАВІСНИЙ ЕЛЕМЕНТ, ЕЛЕКТРОРАДІОЕЛЕМЕНТ, МІКРОСХЕМА,
ДРУКАРСЬКА ПЛАТА, ДРУКАРСЬКИЙ ПРОВІДНИК, МОНТАЖНИЙ
ОТВІР, ПЕРЕХІДНИЙ ОТВІР, КОНТАКТНИЙ МАЙДАНЧИК,
КОНСТРУКЦІЯ, БЛОК, НАДІЙНІСТЬ, ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ,
ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ, СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО
ПРОЕКТУВАННЯ, ТРАСУВАННЯ.

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	9
1.1 Аналіз призначення пристрою.....	9
1.2 Аналіз електричної схеми і принципу роботи пристрою.....	10
1.3 Аналіз умов експлуатації.....	15
1.4 Аналіз елементної бази.....	17
1.5 Аналіз аналогічних конструкцій.....	23
1.6 Технічні пропозиції на розробку.....	25
2 СТВОРЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ	27
2.1 Розробка модулів з друкарським монтажем.....	27
2.1.1 Вибір типу і розмірів ДП.....	28
2.1.2 Конструктивно – технологічний розрахунок друкарської..... плати.....	29
2.1.3 Розрахунок по постійному струму.....	32
2.1.4 Розрахунок по змінному струму.....	33
2.2 Постановка завдання трасування друкарської плати.....	36
2.3 Оцінка теплового режиму.....	36
2.4 Оцінка показників надійності.....	37
3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРИСТРОЮ.....	39
3.1 Вибір і обґрунтування методів виготовлення.....	39
3.2 Розрахунок технологічності виробу.....	42
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	45
4.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів ...	45
4.2 Технічне обслуговування.....	47
ВИСНОВКИ.....	50
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ.....	51
ДОДАТОК А.....	53
ДОДАТОК Б.....	54

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

- ПКЗ - пристрій контролю запобіжників;
ТЕЗ - типовий елемент заміни;
ЕРЕ – електрорадіоелемент;
ТЗ - технічне завдання;
ЕОА – електронно-обчислювальний апарат;
ТУ - технічні умови;
ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;
НЕ – навісний елемент;
ДП – друкарська плата;
КПМ – компонент поверхневого монтажу;
САПР – система автоматизованого проектування;
ІС - інтегральна схема;
РЕА - радіоелектронна апаратура;
ДДП - двостороння друкарська плата;
БДП - багатошарова друкарська плата;
УГП - умовне графічне позначення;
УКТЗ - уніфікований комплекс технічних засобів.

ВСТУП

Невід'ємною частиною електроніки стали пристрої для автоматичного контролю запобіжників. До таких пристроїв відноситься пристрій контролю запобіжників ПКЗ, якій буде спроектований в дипломному проєкті. Блок безперервно контролює працездатність запобіжників по ланцюгу 24 V і заповнення базової шафи функціональними блоками, формує сигнал "Мигання", виконує логічну функцію "2ИЛИ" в шафах уніфікованого комплексу технічних засобів (УКТЗ).

Маса блоку не більш 0,5kg.

Дорогоцінних матеріалів блок не містить.

Сучасний рівень розвитку електронної апаратури вимагає від інженера-електронщика комплексного підходу до створення нових пристроїв, щоб вони використовували досягнення світової техніки і забезпечували вищі технічні параметри, мали сучасний дизайн, відповідали б високим експлуатаційним вимогам і були конкурентноздатні в порівнянні з найбільш сучасними зразками – аналогами. Комплексність проєктування полягає в обґрунтованому виборі найбільш ефективних взаємозв'язаних, конструкторських і технологічних рішень схемотехнік, що можливо тільки на базі аналізу різних варіантів конструкцій і технологій виготовлення з урахуванням конкретних технічних вимог, можливостей конкретного виробництва, програми випуску, вартості виробу.

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Аналіз призначення пристрою

Проектований пристрій призначений для безперервного контролю працездатності запобіжників в ланцюзі 24 V і заповнення базової шафи функціональними блоками, формування сигналу "Мигання", виконання логічної функції "2ИЛИ" в шафах уніфікованого комплексу технічних засобів (УКТЗ).

Блок випускається у виконання для АЕС.

Блок контролю запобіжників є єдиний функціональний вузол, який виконує всі ці функції.

Пристрій, що розробляється, призначений в основному для роботи на підприємстві - виробника, а також може поставлятися туди, де використовується устаткування, виготовлене на даному підприємстві. В промислових умовах для зручності експлуатації і захисту від зовнішніх дій блок бажано поміщати в металевий корпус.

Орієнтація блоку – горизонтальна. Блок буде встановлюватися в шафу, тому, для фіксації та кріплення його треба передбачити елементи кріплення та фіксації, необхідні при установці блоку в шафу. Установка роз'єднувачів, необхідних для зовнішньої комутації блоку, що розробляється, з пристроями, що перевіряються, а також з пристроєм управління повинна здійснюватися на друкарській платі блоку з урахуванням вже розташованих у відповідних частин роз'єднувачів на монтажній платі пристроїв, що перевіряються, відповідно до вказаних в ТЗ настановними розмірами.

Також, необхідно приймати до уваги те, що від правильності експлуатації блоку, що розробляється, залежить правильність роботи пристроїв, що перевіряються, тому технічним обслуговуванням,

настройкою і експлуатацією повинен займатися висококваліфікований фахівець.

На друкарській платі блоку передбачені світлодіоди, які необхідні для перевірки правильності настройки блоку, що розробляється, і перевірки його працездатного стану. Над світлодіодами необхідно виконати пояснюючі написи з урахуванням горизонтального розташування блоку в пристрої перевірки, які будуть зрозумілі тому, що налагоджує. Для полегшення роботи того, що налагоджує при необхідності світлодіоди повинні бути різного кольору.

Блок контролю запобіжників буде функціонувати в опалювальних приміщеннях з природною вентиляцією повітря, даний блок відноситься до стаціонарної апаратури. Оскільки стаціонарна апаратура піддається механічним діям при транспортуванні (у неробочому стані), навантажувально-розвантажувальних роботах, монтажі, то це необхідно враховувати при конструюванні і формуванні вимог до транспортного засобу.

1.2 Аналіз електричної схеми і принципу роботи пристрою

Напругою живлення блоку є постійна напруга з параметрами:

- номінальне значення - $+15\text{ V}$, відхилення від номінального значення $\pm 75\%$;

- номінальне значення - 48 V , відхилення від номінального значення $+10\%$, мінус 20% .

Напруга 48 V є ізольованою.

Живлення блоку здійснюється від постійної напруги $+(15 \pm 0,75)\text{ V}$.

Струм споживання блоку при номінальному значенні живлячої напруги не більше $0,25\text{ A}$.

Функціонально блок складається з наступних вузлів:

- вузла формування вихідного сигналу;
- вузла контролю заповнення базової шафи функціональними блоками;
- вузлів контролю працездатності запобіжників по ланцюгу 24 V;
- трьох вузлів, що виконують логічну функцію "2ИЛИ";
- вузла, що формує сигнал "Мигання".

Вузол формування вихідного сигналу виконаний на транзисторі V18, що працює в ключовому режимі, в колекторний ланцюг якого включена обмотка реле K1. У ланцюг управління даного транзистора включений струмообмежувальний резистор R32.

Для виключення перенапруження на колекторі транзистора V18 у момент його перемикання паралельно обмотці реле K1 включений діод V17.

Якщо параметри сигналів на входах "Контроль" і "ВП1"- "ВП10" відповідають нормам, то на перехід транзистора V18, що управляє, поступає сигнал нульового рівня, отже, даний транзистор замкнутий, контакти 4 - 5 реле K1 розімкнено і сигнал на виході блоку (контакт А8 відносно «-48 V») рівний нулю.

Якщо параметри сигналів на входах "Контроль" і "ВП1"- "ВП10" відповідають нормам, то з'являється сигнал високого рівня на вході транзистора V18 і він відкривається струмом через резистор R32, що приводить до спрацьовування реле K1, замиканню його контактів 4 і 5 і формуванню на контакті А8 сигналу рівня 48-вольта, що знаходиться в межах від 38,4 до 52 V.

Вузол контролю заповнення базової шафи функціональними блоками виконаний на тригері D3.1, навантаженням якого є індикатор Н1, включений через струмообмежувальний резистор R24 і вхід вузла формування вихідного сигналу, підключений через розділовий діод V9. За наявності на вході "Контроль" напруги з рівнем $(15 \pm 0,75)$ V елемент D3.1 видає на своєму виході сигнал з рівнем логічного нуля. При цьому індикатор Н1 не світиться і на контакті А8 є сигнал нульового рівня. За наявності на вході "Контроль" напруги нульового рівня, елемент D1.1 видає на своєму виході сигнал з

рівнем логічної одиниці. При цьому індикатор Н1 світиться і на контакті А8 є сигнал рівня 48 V.

Елементи R8, R9 і V8 захищають тригер D3.1 як від пробую електростатичною електрикою, так і підвищують перешкодостійкість його роботи.

Вузол контролю працездатності запобіжників по ланцюгу 24 V складається з десяти однакових осередків, виконаних на тригерах D1.2-D1.6, D2.1, D2.2 і D2.4, - D2.6. Розглянемо роботу вузла на прикладі осередку, що має вхід "ВП1". У її склад входить ділянка напруги, виконаний на резисторах R1, R11, тригер D1.1, до виходу якого підключені індикатор "1"(Н2) з струмообмежувальний резистором R25 і вхід вузла формування вихідного сигналу через розділовий діод V10. При справному запобіжнику на вході "ВП1" присутній сигнал рівня 24-вольт, ділянка R1, R11 перетворить його в 15-вольт, є логічною одиницею для елемента D1.1, тому на його виході є сигнал нульового рівня, отже, індикатор Н2 не світиться і на контакті А8 - сигнал нульового рівня. При перегоранні запобіжника на вході "ВП1" на контакті Б27 є сигнал нульового рівня, на вході D1.1 - сигнал високого рівня, тому світиться індикатор Н1 і на контакті А8 виникає сигнал рівня 48 V.

Елементи V1, C1 і R10 захищають тригер D1.1 від пробую електростатичною електрикою і підвищують його перешкодостійкість.

Три вузли, що виконують логічну функцію "2ИЛИ", повністю ідентичні. Розглянемо вузол, виконаний на діодах V41 і V44 з навантаженням R68, тригері D3.2 і транзисторі V47, що працює в ключовому режимі. Сигнал з контактів А6 і Б1 вводиться за допомогою ділянки напруги на резисторах R62 і R65, а з контактів Б6 і А5 – оптрона V38. Якщо на вказаних контактах є сигнали нульового рівня, то і на R68 є теж сигнал нульового рівня, отже, на виході тригера D3.1 буде сигнал високого рівня, утримуючий транзистор V47 в замкнутому стані, тому на контакті А19 є сигнал нульового рівня. Якщо на згаданих парах контактів є хоч би один з сигналів високого рівня, наприклад,

на контактах Б6 і А5, то оптрон V38 включений струмом, обмеженим резистором R56, і створює на резисторі R68 сигнал високого рівня, що викликає на виході тригера D3.1 сигнал логічного нуля. Транзистор V47 включається струмом через резистор R74, створюючи на навантаженні R80 сигнал рівня 15 V, який передається через струмообмежувальний резистор R83 і розділовий діод V50 на контакт А19.

Елементи V26, V29, C13, C16, C19 і R71 забезпечують захист вузла від пробую електростатичною електрикою і підвищення його перешкодостійкості.

Вузол, що формує сигнал "Мигання", складається з автогенератора коливань релаксацій і підсилювального каскаду.

Автогенератор релаксації виконаний по схемі мультівібратора на тригері D2.3 і частотозадаючій RC-ланцюги (резистор R38 і конденсатор C9) і виробляє послідовність однополярних імпульсів з частотою проходження від 0,5 до 2 Hz, амплітудою приблизно 15 V і коефіцієнтом заповнення 0,5.

Підсилювальний каскад підсилює сигнал автогенератора і виключає вплив навантаження на його роботу. Він виконаний на транзисторі V25, що працює в ключовому режимі, і резисторі R51 (навантаженню). На вхід каскаду сигнал подається через струмообмежувальний резистор R46, а з виходу сигнал знімається через струмообмежувальний резистор R52 і поступає на контакти Б20, Б23 "Сигнал мигання".

На контакт Б15 через струмообмежувальний резистор R34 поступає сигнал рівня +15 V, по наявності якого в шафі УКТЗ-ВЛ визначається наявність блоку ПКЗ.

Блок забезпечує світлову сигналізацію індикаторів "1" - "10", КОНТР і ВКЛ. За відсутності на одному з входів ВП1 - ВП10 сигналу рівня $(24 \pm 1,2)$ V повинен світитися відповідний цьому входу індикатор "1" - "10". За відсутності на вході "Контроль" сигналу рівня $(15 \pm 0,75)$ V повинен світитися

індикатор КОНТР. Індикатор ВКЛ повинен світитися за наявності вхідної напруги $+(15 \pm 0,75) \text{ V}$.

Схема перевірки електричних параметрів блоку

Живлення блоку здійснюється від постійної напруги $+(15 \pm 0,75) \text{ V}$.

Струм споживання блоку при номінальному значенні живлячої напруги не більше $0,25 \text{ A}$.

Блок формує на контакті А8 щодо мінуса джерела постійної напруги 48 V шафи (надалі - « -48 V »):

а) вихідний сигнал нульового рівня за наявності на його контактах Б24-Б29, А23-А26 щодо контакту Б1 сигналу величиною $(24 \pm 1,2) \text{ V}$ і на контакті А2 сигналу величиною $(15 \pm 0,75) \text{ V}$;

б) вихідний сигнал рівня 48 V (від $39,4$ до $52,8 \text{ V}$) за наявності сигналу нульового рівня хоч би на одному з контактів Б24-Б29, А2, А23-А26 щодо контакту Б1.

Примітка - тут і надалі, якщо згадується просто контакт, за винятком контакту А8, то слід розуміти, що він відноситься до з'єднувача Х1, якщо ж згадується сигнал (напруга) на контакті, то є на увазі сигнал на вказаному контакті щодо контактів Б1, Б31 з'єднувача Х1. Сигнал на контакті А8 завжди приводиться відносно « -48 V ».

Кожний з вузлів «2ИЛИ» формує на своєму виході (контакт А19, або А12, або А11) при навантаженні 300 Ом :

- сигнал величиною від 10 до $15,75 \text{ V}$ за наявності на його входах (контакти А6 і Б1, Б6 і А5 або Б7 і Б1, Б5 і А4 або Б3 і Б1, Б4 і А3) хоч би одного з сигналів величиною от $19,2$ до $26,4) \text{ V}$;

- сигнал величиною від 0 до 3 V за наявності на обох його входах сигналу величиною $(0 - 1,5) \text{ V}$.

На контакті Б15 відносно Б1 повинен бути сигнал рівня $(15 \pm 0,75) \text{ V}$ за наявності живлячої напруги $+15 \text{ V}$.

Блок формує на контактах Б20, Б23 відносно Б1 сигнал "Мигання" з наступними параметрами:

- форма сигналу - прямокутна;
- амплітуда - $(15 \pm 0,75)$ V;
- частота – в межах від 0,5 до 2 Hz;
- шпаруватість - в межах від 1,9 до 2,1.

Блок забезпечує світлову сигналізацію індикаторів "1" - "10", КОНТР і ВКЛ. За відсутності на одному з входів ВП1 - ВП10 сигналу рівня $(24 \pm 1,2)$ V повинен світитися відповідний цьому входу індикатор "1" - "10". За відсутності на вході "Контроль" сигналу рівня $(15 \pm 0,75)$ V повинен світитися індикатор КОНТР. Індикатор ВКЛ повинен світитися за наявності вхідної напруги $+(15 \pm 0,75)$ V.

Електричний опір ізоляції блоку:

а) між контактами Б6 і А19, Б5 і А12, Б4 і А11 при випробувальній напрузі 100 V не менше:

- 1) 200 MΩ (у нормальних умовах експлуатації);
- 2) 50 MΩ (при верхньому значенні температури експлуатації);
- 3) 2 MΩ (при верхньому значенні відносної вологості);

б) між контактом Б1 і передньою панеллю, контактом Б1 і ручками блоку при випробувальній напрузі 500 V не менше:

- 1) 40 MΩ (у нормальних умовах експлуатації);
- 2) 10 MΩ (при верхньому значенні температури експлуатації);
- 3) 2 MΩ (при верхньому значенні відносної вологості).

Електрична міцність ізоляції блоку між контактами забезпечує відсутність пробоїв і поверхневих перекриттів ізоляції при випробувальній постійній напрузі 700 V в нормальних умовах експлуатації і 420 V при верхньому значенні вологості.

Для зменшення перешкод, що вносяться, і затримок в сигналах, блок необхідно розташувати якомога ближче до роз'єму X1. Він забезпечує комутацію блоку контролю опору ізоляції і напруги з іншими блоками і пристроями.

Вузол індикації - інформативний вузол пристрою, тому рекомендується розташувати його у верхній частині пристрою для забезпечення максимального його огляду.

Для реалізації електричних з'єднань цієї схеми рекомендується застосувати двосторонню друковану плату (ДДП). Застосування двосторонньої друкованої плати обумовлено вартістю виготовлення в порівнянні з багат шаровими друкованими платами.

Усі елементи будемо розміщувати групами (одна група - один функціональний вузол), з урахуванням рекомендацій по розміщенню елементів і трасуванню функціональних вузлів приведених вище.

1.3 Аналіз умов експлуатації

При конструюванні будь-якого електронного пристрою необхідний обов'язковий облік дій зовнішніх чинників. Чинники, що впливають на працездатність пристроїв, розділяють на кліматичні, механічні і радіаційні. Характер і інтенсивність дії чинників залежать від тактики використання і об'єкту установки ЕА. Класифікуючи ЕА за цією ознакою, її можна розділити на наземну, морську і бортову.[11]

Блок контролю запобіжників призначений для експлуатації у складі обчислювальних систем і відноситься до наземної стаціонарної апаратури, що працює в опалювальних, капітальних, лабораторних або інших приміщеннях подібного типу з температурою навколишнього повітря від +5 до +50 °С.

Нормальні умови експлуатації блоку:

- температура навколишнього повітря (20±5) °С;
- відносна вологість повітря від 45 до 80 %;
- атмосферний тиск від 84 до 107 кПа.

Граничні умови експлуатації:

- температура навколишнього повітря від +5 до +60 °С;

- відносна вологість повітря при 35 °С до 95 %;
- атмосферний тиск від 84 до 107 кПа.

Слід виділити високу міцність проектованого виробу при транспортуванні, коли ЕА випробовує найбільш сильні механічні дії. Забезпечення нормального функціонування виробу при транспортуванні і в статичному режимі роботи забезпечується конструкцією і якістю виробу. Проектований виріб так само є досить стійким і до дії кліматичних чинників, що дуже важливо враховувати при визначенні об'єкту установки.

Блок стійкий при експлуатації до механічних дій, відповідних групі розміщення 2Б, ступені жорсткості 2 по синусоїдальній вібрації і ступеню жорсткості 1 по механічному удару. Випробувальні значення механічних дій приведені в таблиці 1.1

Т а б л і ц я 1.1 Параметри механічної дії

Параметри механічної дії	Випробувальне значення механічної дії
Синусоїдальна вібрація	
1 Амплітуда переміщення в діапазоні частот від 1 до 9 Hz, mm, не менше	1,5
2 Амплітуда прискорення в діапазоні частот від 9 до 150 Hz, m/s ² , не менше	5,0
3 Тривалість, min, не менше	60
4 Напрямок дії	Z
Механічний удар	
1 Пікове ударне прискорення, m/s ² , не менше	40
2 Тривалість ударного імпульсу, ms	100
3 Форма ударного імпульсу	Напівхвиля синусоїди
4 Частота ударів, 1/s, не менше	0,1
5 Число ударів, не менше	1000
6 Напрямок дії	Z
Примітка – Z – напрям уздовж вертикальної осі блоку	

Блок відповідає вимогам радіаційної стійкості:

- потужність поглиненої дози гамма-випромінювань при нормальній експлуатації $1,2 \cdot 10^{-3}$ mGy/h, при аварійному режимі – не більше $2,5 \cdot 10^{-2}$ mGy/h;

- поглинена доза гамма випромінювань за місяць при аварійному режимі не більше 0,0186 Gy, при нормальній експлуатації за 30 років – не більше 0,315 Gy.

У наступному підрозділі буде проаналізована елементна база виробу, після чого уточнюватимуться умови експлуатації виробу в цілому.

1.4 Аналіз елементної бази

У розроблювальному пристрої використовується елементна база в основному закордонного виробництва, таких відомих фірм як ВР Components, Jauch, Yageo, Philips, Atmel і ін. Елементи цих фірм відрізняються гарними параметрами, якістю і недорогою вартістю.

Низькі втрати, низьке узгодження з опором, низькі діелектричні втрати роблять ці продукти підходящими для застосувань при високих струмах і високих частотах, або при вимогах високої стабільності. Їхні маленькі розміри роблять їх ідеальними для встановлення з високою пакувальною щільністю.

Конденсатори

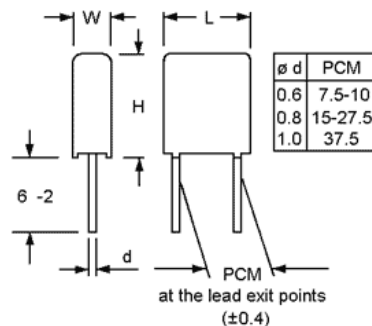


Рисунок 1.4.1 - МКР 379 630 В-0,01 мкФ±5 % ВР Components

Технічні характеристики

Випробувальна напруга (2s):	1,6xUn
Допустиме відхилення ємності	±10%
температурний діапазон	-55...+100°C
Кліматична категорія ІЕС	55/100/56
опір ізоляції	
C ≤ 330nF	≥ 1x10 ⁵ MOhm
C > 330nF	≥ 30000s

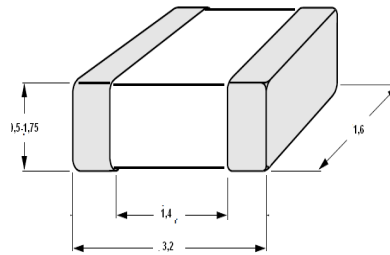


Рисунок.1.4.2 Габарити корпусів конденсаторів 1206 X7R, VJ2220-X7R

Таблиця 1.4.1 Электрические и эксплуатационные параметры

Найменування	1206 X7R
Пределы номинальной ёмкости, мкФ	0,0033 ... 0,22
Допустимое отклонение ёмкости от номинальной, %	±20
Номинальное напряжение, В	16
Интенсивность отказов, 1/ч	0.03000×10 ⁻⁷
Масса, гр.	не более 0,5

Параметри резисторів представлені в таблиці 1.4.2. Їх габаритні розміри, на рисунку 1.4.3.

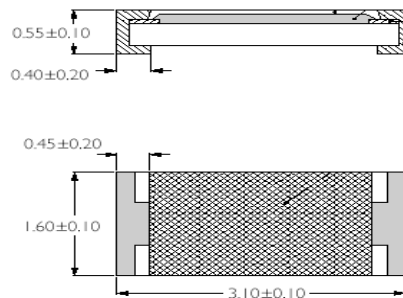


Рисунок 1.4.3 - Габарити корпусу RC1206 J R F

Таблиця 1.4.2 - Технічні характеристики резисторів

Резистор	Границі номінального опору, Ом	Номінальна потужність, Вт	Діапазон робочих температур, °C	Інтенсивність відмов, 1/ч	Допустиме відхилення, %
RC1206 J R F 510R	510	0,25	-20...+110	$0,1 \cdot 10^{-8}$	-0,1..+0,1
RC1206 J R F 5K6	$5 \cdot 10^3$	0,25	-20...+140	$0,1 \cdot 10^{-7}$	-5..+5
RC1206 J R F 200R	200	0,25	-20...+140	$0,1 \cdot 10^{-7}$	-5..+5
RC1206 J R F 10K	$10 \cdot 10^3$	0,25	-20...+140	$0,1 \cdot 10^{-7}$	-5..+5
RC1206 F R F 510R	510	0,25	-20...+140	$0,1 \cdot 10^{-7}$	-5..+5
RC1206 J R F 51K	$51 \cdot 10^3$	0,25	-20...+140	$0,1 \cdot 10^{-7}$	-5..+5
RC1206 J R F 100R	$100 \cdot 10^6$	0,25	-20...+140	$0,1 \cdot 10^{-7}$	-5..+5
RC1206 J R F 1K0	$1 \cdot 10^3$	0,25	-20...+140	$0,1 \cdot 10^{-7}$	-5..+5
RC1206 F R F 1K0	$1 \cdot 10^3$	0,25	-20...+140	$0,1 \cdot 10^{-7}$	-5..+5
RC1206 F R F 100K	$100 \cdot 10^3$	0,25	-20...+140	$0,1 \cdot 10^{-7}$	-5..+5

Використані мікросхеми MC14106BD ON Semiconductor, позначенням D1... D3, (Рисунок 1.4.4).

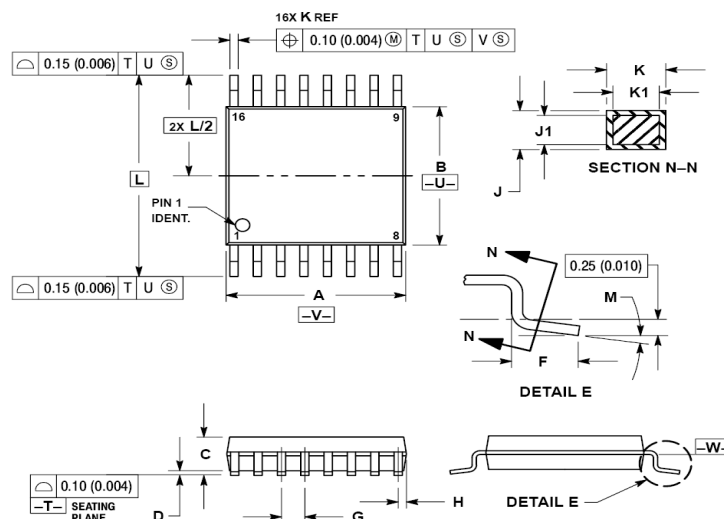


Рисунок 1.4.4 - Розміри мікросхеми.

BAS32L - високошвидкісний діод переключення, виготовлений плоским, замкненим у капсулу герметично запечатаної склянки SOD80C SMD.

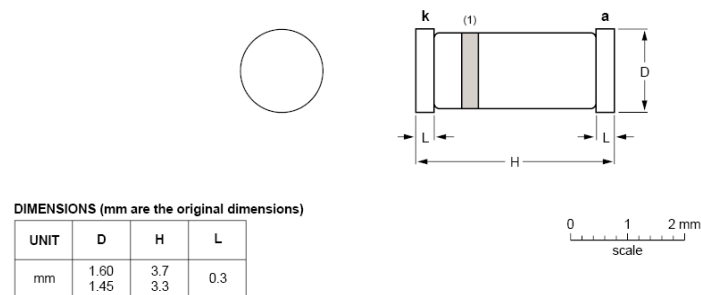


Рисунок 1.4.5 - Розміри діодів (мм).

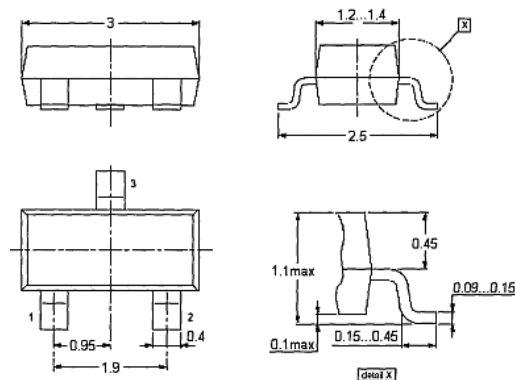


Рисунок 1.4.6 - Конструкція стабілітрона VZX84C6V21

Таблиця 1. 4. 3- Основні характеристики діодів і стабілітронів

Найменування	BAS32L	VZX84C6V21
Виробник	NXP	NXP
Макс. допустима зворотна напруга, В	75	5,1
Макс. прямий струм, мА	200	250
Пряма напруга, мВ	1000	900
Розсіювана потужність, мВт	500	500
Інтенсивність відмов, 1/ч	$0,04000 \times 10^{-7}$	$0,04000 \times 10^{-7}$
Діапазон робочих температур, °C	-65 +200	-65 +200
Маса, г	Не більше 2	Не більше 2

Реле V23079-D1003-B301 Tyco Electronics

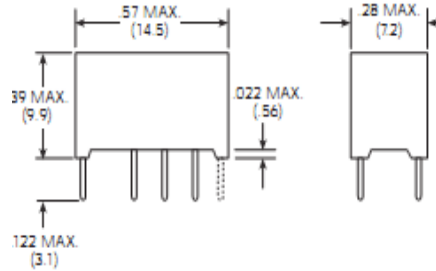


Рисунок 1.4.7 – Розміри реле Реле V23079-D1003-B301 Tyco Electronics

Індикатор одиничний

Таблиця 1.4.4 - Основні параметри індикатора L-934ID Kingbright

Параметр	Значення
Колір світіння	Червоний/зелений
Пряма напруга, V	2,2
Прямий струм, mA	25
Розсіювана потужність, mW	105
Діапазон робочих температур, °C	-40...+85

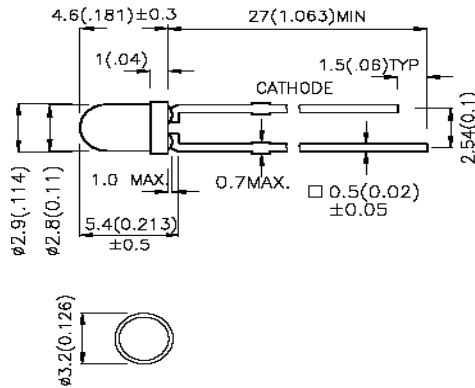


Рисунок 1.4.8 - Конструктивні характеристики індикатора

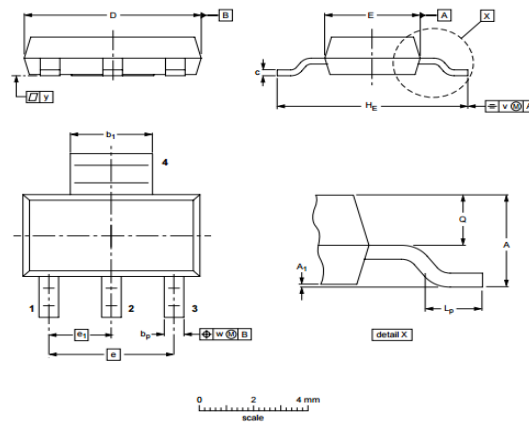
Транзистор ВСР52 Philips

Maximum Ratings

Parameter	Symbol	BCP 51	BCP 52	BCP 53	Unit
Collector-emitter voltage	V_{CE0}	45	60	80	V
Collector-emitter voltage $R_{BE} \leq 1k\Omega$	V_{CER}	45	60	100	
Collector-base voltage	V_{CBO}	45	60	100	
Emitter-base voltage	V_{EBO}	5	5	5	
DC collector current	I_C	1			A
Peak collector current	I_{CM}	1.5			
Base current	I_B	100			mA
Peak base current	I_{BM}	200			
Total power dissipation, $T_S = 124\text{ }^\circ\text{C}$	P_{tot}	1.5			W
Junction temperature	T_j	150			
Storage temperature	T_{stg}	-65 ... 150			

Thermal Resistance

Junction ambient ¹⁾	R_{thJA}	≤ 72			K/W
Junction - soldering point	R_{thJS}	≤ 17			



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

UNIT	A	A ₁	b _p	b ₁	c	D	E	e	e ₁	H _E	L _p	Q	v	w	y
mm	1.8	0.10	0.80	3.1	0.32	6.7	3.7	4.6	2.3	7.3	1.1	0.95	0.2	0.1	0.1
	1.5	0.01	0.60	2.9	0.22	6.3	3.3			6.7	0.7	0.85			

OUTLINE VERSION	REFERENCES			EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ		
SOT223			SC-73		99-03-28 99-06-13

Рисунок 1.4.9 - Транзистор ВСР52 Philips

З'єднувач ГРПМ1У-61 ШУ2 В

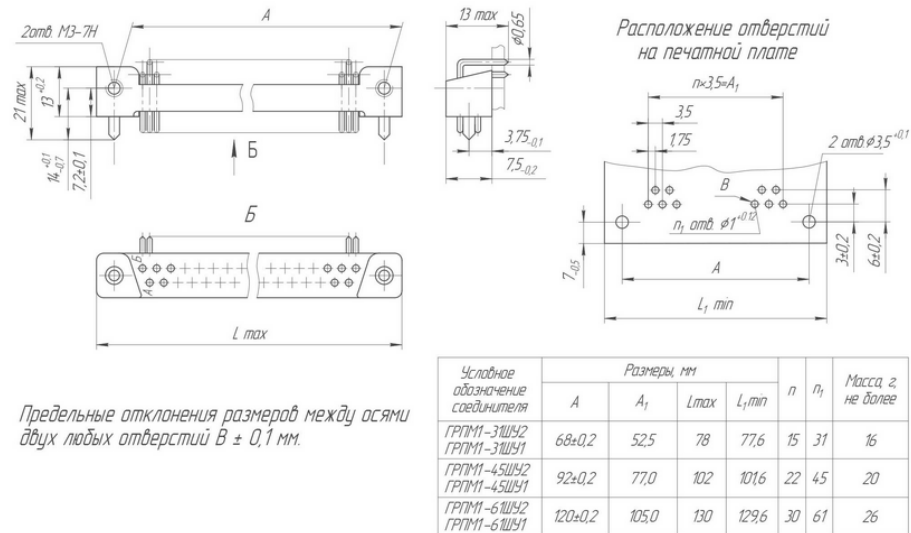


Рисунок 1.4.10 - З'єднувач ГРПМ1У-61 ШУ2 В

Діапазон робочих температур докільля використовуваної елементної бази дозволяє застосовувати її в проектуваному пристрої за заданих умов експлуатації.

При установці елементів індикації (світлодіодів) безпосередньо на ДП необхідно виконати формування виводів даних ЕРЕ з урахуванням розташування отворів на ДП пристрою, призначених для цих елементів. Мінімальний крок виведень елементів дозволяє вибрати крок координатної сітки ДП рівний 1,25 мм і 3 клас точності ДП відповідно до ДСТУ 23751-86, тип друкованої плати - двостороння.

1.5 Аналіз аналогічних конструкцій

Одній з аналогічних конструкцій, яка доповнює роботу даного блоку є блок контролю опору і напруги ізоляції.

Блок призначений для контролю роботи блоків живлення і блоків вентиляторів шафи УКТЗ (далі - шафи), опори ізоляції і величини змінної напруги між електричним нулем і корпусом шаф, положення дверей, задимлення, заповнення.

Габаритні розміри блоку, мм:

- довжина - 180;

- ширина - 43;

- висота - 255.

Маса блоку не більш 0,7kg.

Кольорові і дорогоцінні метали в блоці не містяться.

Блок призначений для безперервного контролю наступних параметрів шаф УКТЗ:

- вихідної напруги джерел електроживлення, вхідних до складу шаф УКТЗ. При контролі пониження вихідної напруги вони вимірюються до розділових діодів, при контролі підвищення напруги - з шин електроживлення шафи УКТЗ;

- опори ізоляції між корпусом і електричним нулем;

- змінної напруги між електричним нулем і корпусом;

- сигналів від блоку ПКЗ, що розміщується тільки в шафі, і блоків вентиляторів;

- сигналів від логічних блоків при роботі блоку в шафі;

- сигналу від датчика задимлення;

- положення дверей шафи (відрито - закрито).

Функціонально блок складається з наступних вузлів:

- вузла формування вихідних сигналів;

- вузлів контролю напруги +15 V, мінус 15 V +24 V;

- вузла контролю НАЯВНІСТЬ ПКЗ;

- вузлів контролю опору ізоляції і наявності змінної напруги між електричним нулем і корпусом;

- вузла допоміжного живлення;

- вузла контролю роботи блоків вентиляторів;

- вузла контролю положення дверей;

- вузла контролю логічних блоків шафи РТ;

- вузла контролю датчика задимлення;

- вузла видачі контрольних сигналів.

Зовнішній вигляд блоку приведений на рисунку 1.5.1

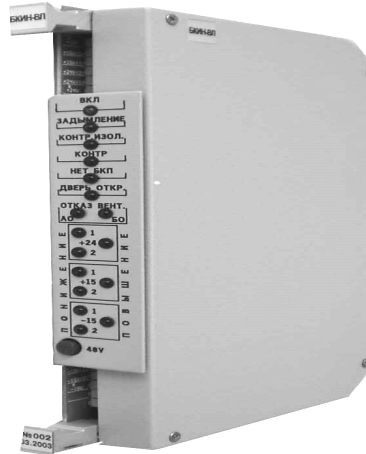


Рисунок 1.5.1 – Зовнішній вигляд блоку

На підставі результатів аналізу технічних характеристик базового блоку, можна зробити висновок про те, що блок, що розробляється, має ряд переваг в порівнянні з вище представленими аналогом, а саме: потужність вище, менше габаритні розміри та маса блоку. Виходячи з цього можна зробити висновок про доцільність і перспективність цієї розробки.

1.6 Технічні пропозиції на розробку

Після того, як ми виконали аналіз ТЗ, розглянуто принцип роботи пристрою, аналіз елементної бази та аналогічних пристроїв, можна сформулювати умови, які необхідно врахувати при розробці конструкції і технології виробництва виробу.

1. Виконання - стаціонарне.
2. Діапазон температур навколишнього середовища від +5 до +60 °С.
3. Відносна вологість повітря при $t +35$ °С до 95 % .
4. Атмосферний тиск від 84 до 104 кПа.
5. Варіант конструкції виробу: блок на основі друкованого монтажу що надалі встановлюється в металевий корпус.
6. Тип друкованої плати: двостороння друкована плата.
7. Крок координатної сітки : 1,25 мм.
8. Варіант розташування елементів: з одного боку ДДП.

9. Критерій трасування провідників: мінімальна сумарна довжина усіх ліній зв'язку.

10. Клас точності друкованої плати: 3 по ДСТУ 23751-86.

11. Для забезпечення нормального теплового режиму передбачається застосування природного повітряного охолодження.

10. Розташування елементів індикації : з краю ДП.

11. Для захисту блоку від дії вологи застосувати лакофарбні покриття. Від покриття захистити усі наявні в пристрої з'єднувачі.

В результаті первинного аналізу був зроблений висновок про необхідність подальшого вдосконалення конструкції пристрою, що свідчить про доцільність даної розробки.

2 СТВОРЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ

2.1 Розробка модулів з друкарським монтажем

2.1.1 Вибір типу і розмірів ДП

Для виготовлення друкарської плати блоку контролю запобіжників найдоцільніше використовувати 3-й клас точності. З аналізу радіоелементів ясно, що граничний розмір плати цілком відповідає 3-у класу (не більш 400мм). Для спрощення виробництва приймаємо 3-й клас точності виготовлення друкарської плати.

Проведемо розрахунок сумарної площі, займаної кожним типом ЕРЕ на друкарській платі по формулі [7]:

$$S = n \cdot S_i \quad , \quad (2.1)$$

де n – кількість елементів i -го типу;

S_i – площа одного елементу i -го типу.

Площа всіх радіоелементів на друкарській платі

$$S_0 = 334,4 + 139,5 + 424,8 + 203,5 = 1102,2 \text{ мм}^2.$$

Знайдемо площу плати з урахуванням коефіцієнта заповнення [7]:

$$S_{\Pi} = S_0 \cdot k \quad , \quad (2.2)$$

де k – коефіцієнт заповнення друкарської плати.

Для друкарських плат з радіоелементами 3-го покоління коефіцієнт до знаходиться в межах 3-7. Приймаємо до рівних 4, тоді з формули 2.2 отримуємо $S_{\Pi} = 1102,2 \cdot 5 = 5511 \text{ мм}^2$. З урахуванням того, що на платі обов'язково повинні бути технологічна зона і кріпильні отвори, а співвідношення сторін не більше 3:1, отримуємо плату з розмірами 235×140мм.

Оскільки ДП при експлуатації не піддаватимуться високим механічним і тепловим діям, діям агресивних середовищ, то згідно ДСТ 23752-79, найдоцільніше вибирати поширений матеріал склотекстоліт GFN(FR-4) 1,5 35/ B2C PND 39-683-92.

2.1.2 Конструктивно – технологічний розрахунок друкарської плати
Розрахунок проводитимемо у відповідність з [7].

Початковими даними для розрахунку параметрів друкарського монтажу є дані, приведені в таблицях 2.1, 2.2.

Таблиця 2.1 – Граничні значення параметрів друкарського монтажу

Найменування параметра	Позначення	Значення параметрів для 3-го класу точності
Ширина провідника, мм	tM	0,25
Відстань між краями сусідніх елементів провідного малюнка, мм	SM	0,25
Ширина гарантійного поясочка контактної майданчика, мм	bM	0,1

Діаметри перехідних і монтажних отворів повинні відповідати ГОСТ 10317-79.

Мінімальний діаметр перехідного отвору визначають із співвідношення

$$d_n \geq IH_n \quad , \quad (2.3)$$

де H_n – товщина друкарської плати ($H_n = 1,5$ мм);

I – відношення діаметру металізованого отвору до товщини плати ($I=0,33$).

$$d_n \geq 0,33 \cdot 1,5 = 0,495 \text{ мм}$$

Приймаємо $d_n = 1$ мм.

Номінальне значення діаметру монтажної отвору визначається з формули(2.3)

$$d_M \geq d_B + |\Delta d| + \Delta \quad , \quad (2.4)$$

де d_B – максимальне значення діаметру виведення навісного елемента;

Δd – нижнє граничне відхилення номінального значення діаметру отвору;

Δ – зазор між висновком і монтажним отвором ($\Delta = 0,1.0,4$ мм);

Для елементів:

$$d_{mo} = 0,5 + 0,2 + 0,05 = 0,75 \text{ мм};$$

Для з'єднувача :

$$d_{mo} = 3 + 0,1 + 0,1 = 3,2 \text{ мм};$$

Приймаємо наступні значення діаметрів для монтажних отворів: 1 мм, 3,2 мм.

Таблиця 2.2 – Погрішності виконання конструктивних елементів

Погрішність	Позначення	Максимальне значення для 3-го класу точності, мм
Допуск на отвір без металізації при \varnothing 1 мм	Δd	$\pm 0,05$
Допуск на ширину провідника Без покриття З покриттям	Δt	+0,10 -0,08 $\pm 0,03$
Допуск при розташуванні отворів при розмірі ДП L_180 мм	δd	$\pm 0,08$
Допуск на розташування контактних майданчиків при розмірі ДП L_180 мм	δp	$\pm 0,2$
Допуск на розташування провідників	δl	$\pm 0,05$

Номінальне значення ширини провідника для сигнальних ланцюгів в міліметрах розраховують по формулі

$$t = t_m + |\Delta t_n|, \quad (2.5)$$

де t_m – мінімально допустима ширина провідника (див. таблицю 2.2);

Δt_n – нижнє граничне відхилення ширини провідника (див. таблицю 2.3).

$$t = 0,25 + 0,08 = 0,33 \text{ мм}.$$

Номінальне значення відстані між сусідніми елементами провідного рисунка визначають по формулі

$$S = S_m + \Delta t_b, \quad (2.6)$$

де S_m – мінімальна допустима відстань між сусідніми елементами провідного рисунка (див. таблицю 2.2);

t_B – верхнє граничне відхилення ширини провідника (див. таблицю 2.3);

$$S = 0,25 + 0,1 = 0,35 \text{ мм.}$$

Розрахунок діаметру контактної майданчика проводять по формулі

$$D = (d_B + \Delta d_B) + 2 \cdot b + 2 \cdot \Delta d_T + \sqrt{\delta d^2 + \delta p^2 + \Delta t_H^2}, \quad (2.7)$$

де Δd_B – верхнє граничне відхилення діаметру отвору (див. таблицю 2.3);

Δd_T – затруювання діелектрика (для двосторонніх друкарських плат приймається рівним 0,03 мм).

Для елементів:

$$D_1 = (1 + 0,05) + 2 \cdot 0,1 + 0,1 + 2 \cdot 0,03 + \sqrt{0,08^2 + 0,2^2 + 0,08^2} = 1,64 \text{ мм.}$$

Для з'єднувача :

$$D_2 = (3,2 + 0,05) + 2 \cdot 0,1 + 0,1 + 2 \cdot 0,03 + \sqrt{0,08^2 + 0,2^2 + 0,08^2} = 3,74 \text{ мм.}$$

Розрахунок мінімальної відстані для проведення n -го кількості провідників між контактними майданчиками діаметром D проводиться по формулі

$$l = D + t \cdot n + S_M (n + 1) + \delta l, \quad (2.8)$$

де D – діаметр контактної майданчика;

S – відстань між краями провідного малюнка;

δl – допуск розміщення провідника щодо номінального значення.

Розрахуємо, чи можливо провести один провідник ($n=1$) між контактними майданчиками з $D = 1,64$ мм.

$$l = 1,64 + 0,45 \cdot 1 + 0,25(1 + 1) + 0,05 = 2,64$$

Можлива прокладка траси між висновками, за умови, що ширина провідника буде 0,25, а відстань між висновками 2,5

Аналізуючи приведені вище конструктивно-технологічний розрахунок, можна виділити основні параметри друкарського монтажу:

- діаметри монтажних отворів 1 та 3,2мм;
- номінальна ширина провідника 0,45 мм, а у вузьких місцях 0,25мм.

2.1.3 Розрахунок по постійному струму

Найбільш важливими електричними властивостями друкарських плат є здатність навантаження провідників по струму, опір провідників і діелектрична міцність підстави друкарської плати. Беремо методика розрахунку з [7].

Спочатку розрахуємо необхідний перетин провідника сигнального ланцюга

$$S_c \geq \frac{\rho \cdot I \cdot l}{U_{з.пв}} = \frac{0,05 \cdot 0,1 \cdot 0,1}{0,4} = 0,00125 \text{ мм}^2 \quad (2.9)$$

де ρ – питомий опір провідника (для провідників, отриманих методом електрохімічного нарощування $\rho = 0,05 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2$);

I – струм, що видається в навантаження (для сучасних серій МС І з 0,1А);

l – максимальна довжина провідника (прийmemo $l = 0,1 \text{ м}$);

$U_{з.пв}$ – запас перешкодостійкості (для сучасних серій інтегральних схем $U_{з.пв} = 0,4 \cdot 0,5 \text{ В}$).

Необхідна ширина друкарського провідника

$$t \geq \frac{S_c}{h_\phi} = \frac{0,00125}{0,035} = 0,04 \text{ мм}^2 \quad (2.10)$$

де h_ϕ – толщина фольга ($h_\phi = 0,035 \text{ мм}$).

Для друкарських плат третього класу точності ширина друкарського провідника повинна бути порядку 0,25мм, тому виходячи з цього і враховуючи технологічні можливості приймаємо ширину друкарського провідника для плати $t = 0,45 \text{ мм}$.

Ширина друкарського провідника шини живлення і землі

$$S \geq \frac{\rho \cdot I \cdot l}{0,1U_{II}h_{\phi}} \quad (2.11)$$

Для $U_{II}=5$ В:

$$S_1 \geq \frac{0,05 \cdot 0,1 \cdot 0,1}{0,1 \cdot 5 \cdot 0,035} = 0.025 \text{ мм.}$$

Мінімальна ширина шин живлення і «землі».

Для $U=5$ В:

$$b_{ПЗ} = \frac{S}{h_{\phi}} = \frac{0.025}{0,035} = 0.6 \text{ мм,}$$

Приймаємо ширину ланцюга живлення і землі однакової 1мм.

Для друкарських плат, що розробляються, мінімальний зазор складає 0,35мм. Розрізняють два види електропровідності діелектриків: поверхневу і об'ємну.

Поверхневий опір ізоляції паралельних друкарських провідників обумовлюється наявністю питомого поверхневого опору діелектрика плати:

$$R_s = \frac{\rho \cdot l_3}{l} = \frac{1,72 \cdot 10^{12} \cdot 0,35}{100} = 6.02 \cdot 10^9 \text{ Ом} \quad (2.12)$$

де l_3 – зазор між провідниками;

l – найбільша довжина сумісного проходження провідників ($l=100$ мм).

Опір ізоляції паралельних провідників приблизно обчислюється:

$$R_{II} = \frac{R_s \cdot R_V}{R_s + R_V} = \frac{6.02 \cdot 10^9 \cdot 60.2 \cdot 10^9}{6.02 \cdot 10^9 + 60.2 \cdot 10^9} = 5.47 \cdot 10^9 \text{ Ом} \quad (2.13)$$

де R_V – об'ємний опір ізоляції між провідниками протилежних шарів двосторонньої друкарської плати ($R_V=10R_S$).

Розраховані параметри друкарських провідників відповідають здатності навантаження провідників по струму, оскільки підстава друкарської плати має високий опір ізоляції і високу діелектричну міцність.

2.1.4 Розрахунок по змінному струму

Між провідниками мають місто паразитні зв'язки і вони зменшуються при збільшенні відстані між провідниками. Два провідника, які розміщені на різних сторонах від пасивної лінії мають найбільшу перешкоду.

Розрахунок по змінному струму дозволяє уточнити максимальну довжину одиночного провідника, максимальну довжину сумісного проходження поряд розташованих провідників, зазори між провідниками.

Допустиму довжину трьох паралельно розташованих сигнальних провідників визначають по формулі

$$l_D = \frac{0,5 \cdot l_{ED} \cdot l_{ID}}{l_{ED} + L_{ID}} \quad (2.14)$$

де l_{ED} , l_{ID} – допустима довжина паралельно розташованих провідників при дії тільки паразитного зв'язку місткості і лише індуктивному паразитному зв'язку відповідно.

Допустима довжина паралельно розташованих сусідніх провідників при дії тільки паразитного зв'язку місткості визначається по формулі:

$$l_{ED} = \frac{C_D}{C_{II}} \quad (2.15)$$

де C_D – допустима місткість паразитного зв'язку, визначувана перешкодостійкістю мікросхем ($C_D = 30$ пФ);

C_{II} – погонна місткість пФ/см, яка визначається по формулі

$$C_{II} = K_{II} \cdot E^1 \quad (2.16)$$

де K_{II} – коефіцієнт пропорційності ($K_{II} = 0,15$);

E^1 – діелектрична проникність середовища.

Для провідників, розташованих на поверхні плати:

$$E^1 = \frac{E_0 + E}{2} \quad (2.17)$$

де E_0 – діелектрична проникність повітря або лаку, якщо плати покриті лаком ($E_0 = 1$);

E – діелектрична проникність матеріалу плати ($E = 6$).

$$E^1 = \frac{1+6}{2} = 3,5$$

Підставляючи E' в (2.16) набуваємо значення погонної місткості
 $C_{II} = 0,15 \cdot 3,5 = 0,525$ пФ/см

Значення C_{II} підставляємо у формулу (2.15) і обчислюємо допустиму довжину паралельно розташованих сусідніх провідників при дії тільки паразитного зв'язку місткості

$$l = \frac{30}{0,525} = 57,14 \text{ см}$$

Допустима довжина паралельно розташованих сусідніх провідників при дії тільки індуктивного паразитного зв'язку для плати без екрануючої площини визначають по рівнянню (2.18):

$$l_{MD} \cdot L_n \cdot \left(\frac{2 \cdot l_{MD}}{S + 0,5 \cdot (t_1 + t_2)} - 1 \right) = t_{ЗСР} \cdot \frac{U_{ПУ} + U_0}{K_3 \cdot \Delta I}, \quad (2.18)$$

де $U_{ПУ}$ – значення перешкодостійкості мікросхем ($U_{ПУ} = 0,4$ У);

U_0 – напруга логічного 0 ($U_0 = 0,5$ В);

ΔI – перепад струму в ланцюзі живлення при перемиканні ІС ($\Delta I = 0,01$ А);

$t_{ЗСР}$ – середній час затримки ($t_{ЗСР} = 4,75$ нс);

K_3 – коефіцієнт запасу ($K_3 = 0,5 \cdot 0,7$).

Для вирішення рівняння використовується ітераційний метод Ньютона.

Введемо позначення

$$Z = l_{MD}; \quad C = \frac{t_{ЗСР}(U_{ПУ} + U_0)}{K_3 \cdot \Delta I}; \quad B = -1; \quad A = \frac{S + 0,5 \cdot (t_1 + t_2)}{2}.$$

Тоді початкове рівняння перетвориться до вигляду: $Z \cdot \left(\ln \left(\frac{Z}{A} \right) + B \right) - C = 0$

Ітераційна формула матиме наступний вигляд: $Z_{i+1} = \frac{Z_i + C}{\ln \left(\frac{Z_i}{A} \right) + B + 1}$

Обчислення за ітераційною формулою виконують до тих пір, поки не виконається умова: $|Z_{i+1} - Z_i| \leq \Delta$

де Δ – точність обчислень.

Отримуємо

$$C = \frac{4.75(0,4 + 0,5)}{0,6 \cdot 0,01} = 712,5$$

Приймаємо рекомендовані значення: $Z_0=100$; $\Delta=1$. Проводимо обчислення

$$Z_1 = (100 + 712,5) / (\ln(100/0,45)) = 150,36$$

$$|150,36 - 100| = 50,36 > 1$$

$$Z_2 = (150,36 + 712,5) / (\ln(150,36/0,45)) = 148,5$$

$$|148,5 - 150,36| = 1,86 > 1$$

$$Z_3 = (148,5 + 712,5) / (\ln(148,5/0,45)) = 148,47$$

$$|148,47 - 148,5| = 0,03 < 1$$

$0,03 < 1$ – умова виконується. Тоді $l_{мд} = 148,47$ см.

Тоді допустима довжина трьох паралельно розміщених провідників по формулі (2.14)

$$l_{д} = \frac{0,5 \cdot 57,14 \cdot 148,47}{57,14 + 148,47} = 20,63 \text{ см.}$$

Допустиму довжину шини землі визначимо по формулі

$$l_{зд} = \frac{2 \cdot t_{\phi P} \cdot (U_0 + U_{пв})}{L_{п} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta I_i}, \quad (2.19)$$

де n – число ІС на друкарській платі, підключених до шини землі;

ΔI – струм перемикання ІС;

$L_{п}$ – погонна індуктивність шини землі ($L_{п} = 13$ нГн/см);

t_{ϕ} – середня тривалість фронту сигналу, яка визначається по формулі (2.20):

$$t_{\phi P} = \frac{t_{\phi} + t_c}{2} \quad (2.20)$$

де t_{ϕ} , t_c – тривалість фронту і спаду імпульсу сигналу ($t_{\phi} = 14$ нс, $t_c = 14$ нс).

$$t_{\phi P} = \frac{14+14}{2} = 14 \text{ нс.}$$

Підставивши дані у формулу (2.19) отримаємо

$$l_{зд} = \frac{2 \cdot 14 \cdot 10^{-9} \cdot (0,5 + 0,4)}{1,3 \cdot 10^{-6} \cdot 13 \cdot 0,01} = 0,15 \text{ м.}$$

Підводячи підсумки розрахунків по змінному струму можна виділити наступні вимоги до друкарських провідників:

- допустима довжина трьох паралельно розташованих сигнальних провідників – 20,63см;
- допустима довжина шини “землі” не повинна перевищувати 150мм.

2.2 Постановка завдання трасування друкарської плати

Початковими даними для трасування є схема електрична принципова, результати компоновки елементів на ДП і конструкторсько-технологічному розрахунку зроблений раніше.

Зіставляючи схему електричну принципову і компоновку елементів, можна чітко визначитися з місцем розташування елементів на платі. Для досягнення високої якості трасування був вироблений конструкторсько-технологічний розрахунок.

Трасування блоку виконувалося в середовищі PCAD.

Отримані креслення представлені в графічній частині дипломного проекту.

2.3 Оцінка теплового режиму

Компоненти ОБВА функціонують в строго певному температурному діапазоні [5]. Температура впливає на електронні схеми, змінюючи параметри сигналів. При підвищеній температурі знижуються діелектричні властивості матеріалів, прискорюється корозія конструкційних матеріалів,

контактів. При підвищеній температурі тверднуть і розтріскуються гумові деталі, підвищується крихкість матеріалів. Відмінність в коефіцієнтах лінійного розширення матеріалів може привести до руйнування залитих смолами конструкцій і, як наслідок, порушення електричних з'єднань, зміни характеру посадок, ослаблення кріплення і т.п. [5].

Тепловими розрахунками підтверджується правильність обраного способу охолодження. Методика, по якій вироблявся розрахунок, має погрішність не гірше $\pm 10\%$. Розрахунок проводився на ЕОМ по програмі "Терло.exe".

У виробі, що розробляється, найбільш тепловиділяючим елементом є транзистор BCP52 Philips, який має номінальну споживана потужність, – 1,5 Вт, гранична робоча температура складає $+150^{\circ}\text{C}$. Результати розрахунку приведені в додатку А. За результатами можна зробити висновок про можливість застосування в проектованому модулі природного охолодження, тому що отримані результати цілком задовольняють технічному завданню.

2.4 Оцінка показників надійності

Надійність ЕА – властивість виконувати задані функції, зберігаючи експлуатаційні показники в допустимих межах протягом необхідного проміжку часу, і можливість відновлення функціонування, втраченого з тих або інших причин.

Розрахунок виробляється на персональному комп'ютері за допомогою спеціальної програми "Nad32". Вихідними даними до розрахунку є дані про типи використовуваних елементів і їхня кількість. Результати розрахунку приведені в додатку Б.

За результатами можна зробити висновок про те, що отримані дані задовольняють вимогам ТЗ на розробку.

Характерні несправності блоку БКЗ приведені в таблиці 2.3

Т а б л і ц а 2. 4 Характерні несправності блоку

Найменування несправності, зовнішній прояв і додаткові ознаки	Вірогідна причина	Метод усунення
<p>1. При розімкненому положенні одного з тумблерів S1-S11 не світиться відповідний індикатор КОНТР. або "1"- "10"</p> <p>2 При замкнутому положенні тумблерів S1-S11 світиться який-небудь з індикаторів КОНТР. або "1"- "10"</p> <p>3 При замкнутому положенні тумблерів S12-S17 відсутній сигнал на одному з виходів A11, A12, A19</p> <p>4 Постійно видається сигнал на одному з виходів A11, A12, A19</p>	<p>Несправний відповідний індикатор Немає напруги +15 V</p> <p>Несправна одна з мікросхем D1 або D2</p> <p>Обрив в ланцюзі одного з транзисторів V47-V49</p> <p>Несправна мікросхема D3</p> <p>Несправна одна з оптопар V38-V40</p> <p>Пробитий один з транзисторів V47-V49</p> <p>Несправна мікросхема D3</p> <p>Несправна одна з оптопар V38-V40</p>	<p>Замінити несправний елемент Усунути несправність в ланцюзі живлення</p> <p>Замінити несправну мікросхему</p> <p>Замінити несправний транзистор Замінити несправну мікросхему</p> <p>Замінити несправну оптопару</p> <p>Замінити несправний транзистор Замінити несправну мікросхему Замінити несправну оптопару</p>
Найменування несправності, зовнішній прояв і додаткові ознаки	Вірогідна причина	Метод усунення
5 Відсутній сигнал мигання між контактами B20, B23 і B1	Несправний транзистор V25 Несправна мікросхема D2	Замінити несправний транзистор Замінити несправну мікросхему

3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРИСТРОЮ

3.1 Вибір технології виготовлення

При виборі технології блоку, треба знати до якого типу виробництва він відноситься, яка елементна база.

У БКЗ встановлюються мікросхеми середньої інтеграції, а також дискретні компоненти. Ми знаємо, що для того щоб знизити вартість та збільшити продуктивність, необхідно використовувати типові технологічні процеси і автоматизацію виробництва.

Крім цього треба знати, які є типові технологічні процеси. Для виготовлення плат використовується комбінований метод, цей метод забезпечує необхідну точність. Є автоматична і механізована установка навісних елементів, а також отримання електричних контактів груповими методами - паяння хвилею.

Таким чином, найбільшу частку мають навісні елементи з осьовими і аксіальними висновками, тому їх підготовка до монтажу і сам процес установки на ДП необхідно автоматизувати в першу чергу.

В якості матеріалу для друкованої плати використовується фольгований склотекстоліт марки GFN(FR-4) 1,5 35/ B2C PND 39-683-92, матеріал металорезиста – Carpace EMP 110 фірми Chimicales. Для травлення міді використовується розчин на основі хлорної міді.

Після того, як виготовили плату, треба встановлювати елементи. В нашому блоці є елементи з аксіальними і осьовими висновками, а також компоненти поверхневого монтажу (КПМ).

Але не треба забувати, що в блоці використовуються КПМ, які в першу чергу встановлюються. Спочатку треба на контактні майданчики нанести припайну пасту. Існує два основні методи нанесення:

- нанесення пасти за допомогою дозатора;

- трафаретний друк.

Обираємо трафаретний друк, тому що в нього продуктивність значно вища, трафаретний друк дозволить значно підвищити технологічність блоку, зменшити трудомісткість і час, що витрачається на його виготовлення.

Існує багато пристроїв, але ми обираємо напівавтомат SP-006, він призначений для нанесення паяльної пасти в напівавтоматичному режимі з контролем тиску подвійного ракеля на плату.

Після установки КПМ на друковану плату необхідно зробити оплавлення пасти припою. Існують різні методи оплавлення пасти припою :

- парафазне оплавлення;
- конвекційне оплавлення;
- інфрачервоне оплавлення;

Кожен з цих методів має свої достоїнства і недоліки. У сучасному серійному виробництві домінують печі з конвекційним і інфрачервоним нагрівом. Для блоку, що розробляється, вибрана конвеєрна піч конвекційного оплавлення MISTRAL 260.

Після того, як зробили оплавлення, треба встановлювати НЕ і їх пайку.

Підготовка ЕРЕ до монтажу проводиться вручну з використанням універсального інструменту.

Подальшим етапом виробництва блоку є установка і пайка елементів на ДП.

В даному випадку застосовується напівавтоматична установка ЕРЕ з ОБ, ЕРЕ з АВ, ІС типу DIP на світломонтажному столі, який забезпечує необхідну продуктивність складання і повністю виключає помилки установки компонентів. Обираємо світломонтажний стіл SM510, з наступними характеристиками:

- установка компонентів з осьовими, радіальними виведеннями, роз'ємів,
- максимальна продуктивність до 1600 компонентів на годину;
- індикація місць установки і полярності компонента;

кероване програмою подання бункерів з необхідними компонентами. .[5]

—

Після установки ЕРЕ необхідно зробити їх пайку. Метод групового паяння, такий як пайка хвилею припою дозволить підвищення продуктивності і якості паяння. Обираємо установку для паяння хвилею припою ETS 250 (фірма ERSА). Вона має такі переваги, як низька вартість і невеликі витрати на експлуатацію.

Далі треба провести функціональний контроль і діагностику. Для блоку, що розробляється, в якості облаштування функціонального контролю і діагностики вибраний універсальний шукач відмов TD8000.

Якщо після функціонального контролю винесено негативний результат то ДП відправляємо в ремонт, який будемо проводити із застосуванням паяльно-ремонтної станції VAC6500 фірми ERSА.

Якщо після функціонального контролю винесений позитивний результат то плата покривається вологозахисним шаром в один шар з обох сторін. В якості такого покриття візьмемо силіконовий лак DCA фірми Electrolube.

Для відмивання від залишків флюсів, паяльної пасти і інших забруднень вибрана система ультразвукового відмивання S-PoweR.

Для нанесення вологозахисних покриттів на плату після контролю обираємо установку DC2001, нанесення методом занурення.

На рисунку 3.1 представлена структурна схема технології виготовлення блоку БКЗ.



Рисунок 3.1 – Структурна схема технології виготовлення БКЗ

3.2 Розрахунок технологічності виробу

Технологічність БКЗ визначають трудомісткістю операцій збірки, можливістю ефективного використання високопродуктивного автоматизованого устаткування для збірки.

Оцінювати технологічність будемо розрахунком комплексного показника технологічності даного виробу і порівнювати його з нормованим показником. Нормований показник технологічності для серійного виробництва знаходиться в межах від 0,65 до 0,8. Комплексний показник визначається на основі відносних приватних показників і коефіцієнтів їх впливу на технологічність виробу, які приведені в таблиці 3.1.[5]

Таблиця 3.1– Показники технологічності і коефіцієнти значущості

Порядковий номер у ранжируванні послідовності	Показник технологічності K_i	Коефіцієнт значущості φ_i
1	K_{II}	1
2	$K_{ПМ}$	1
3	$K_{ПОВ}$	0,75
4	$K_{П}$	0,5
5	K_y	0,313

Коефіцієнт автоматизації і механізації підготовки елементів до монтажу:

$$K_{ПМ} = \frac{H_{ПМ}}{H_{\text{э}} + H_C}, \quad (3.1)$$

де $H_{ПМ}$ – число ЕРЕ і ИМС, підготовка до монтажу яких здійснюється механізованими або автоматизованим способом;

$H_{\text{э}}$ – загальне число ЕРЕ;

H_C – загальне число мікросхем і мікроскладок.

$$K_{ПМ} = \frac{176}{175 + 3} = 0,98.$$

Коефіцієнт настановних розмірів:

$$K_y = 1 - \frac{H_{TP}}{H_P}, \quad (3.2)$$

де H_{TP} – число типів настановних розмірів;

H_T – число всіх настановних розмірів.

$$K_y = 1 - \frac{10}{178} = 0,94.$$

Коефіцієнт вживаності ЕРЕ:

$$K_{II} = 1 - \frac{H_{TO}}{H_T}, \quad (3.3)$$

де H_{TO} – число типоразмерів оригінальних ЕРЕ;

H_T – число всіх типоразмерів ЕРЕ.

$$K_{II} = 1 - \frac{2}{10} = 0,8.$$

Коефіцієнт повторюваності ЕРЕ

$$K_{пов} = 1 - \frac{H_T}{H_{\text{э}} + H_C}; \quad (3.4)$$

$$K_{пов} = 1 - \frac{10}{178} = 0,94.$$

Коефіцієнт використання мікросхем і мікроскладок:

$$K_{II} = \frac{H_C}{H_{\text{э}} + H_C} \quad (3.5)$$

$$K_{II} = \frac{3}{178} = 0,017.$$

Комплексний показник технологічності:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^5 K_i * \varphi_i}{\sum_{i=1}^5 \varphi_i}, \quad (3.6)$$

$$K = \frac{0,17 \cdot 1 + 0,8 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,98 + 0,94 \cdot 0,75 + 0,94 \cdot 0,313}{1 + 0,313 + 0,5 + 0,75 + 1} = 0,71$$

Порівнюючи отриманий комплексний показник технологічності виробу з нормованим показником технологічності для серійного виробництва 0,8 можна зробити висновок про те, що виріб, що розробляється, є достатньо технологічним.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів

До небезпечних факторів відносять негативний вплив на людину, яка може призвести до травми або погіршення здоров'я. До шкідливих виробничих факторів відносять негативний вплив на людину, яка призводить до погіршення здоров'я або захворювання [17].

Напруга мережі 220/380 вольт, необхідна для живлення зарядного пристрою, паяльника та вимірювальної апаратури - один із факторів виробничої безпеки.

До небезпечних і шкідливих факторів цієї групи відносяться також виробничий пил, шум, що виникає при роботі вентиляційної системи обладнання, недостатня освітленість робочого місця, іонізуюче випромінювання, джерелом випромінювання є електронно-променеві трубки моніторів персональних комп'ютерів. [14].

При виробництві пристрою використовують операції паяння, а це - парів канифолі, які є шкідливими для здоров'я та можуть викликати професійні захворювання. Крім того, з припою виділяється свинець у вигляді аерозолів, що робить сильний загальнотоксичний вплив на організм людини. При виготовлення друкованої плати можливе ураження ділянок тіла хімічними травниками.

Психофізіологічні небезпечні шкідливі виробничі фактори також мають місце при роботі інженера-розробника, яка є монотонною, все це може призвести до розумового перенапруги, зорової втоми, головного болю та болю в м'язах та суглобах, зниження концентрації та працездатності.

Щоб уникнути перевантажень здійснюється ряд заходів із захисту від психофізіологічних чинників. Дотримання заходів щодо захисту від небезпечних та шкідливих фізичних та хімічних факторів забезпечує не

тільки безпечні, але й комфортні та сприятливі умови праці. залежно від рівня навантаження встановлюється тривалість робочого дня, а також тривалість перерв.

При 8-годинному робочому дні при роботі, яка проводиться сидячи і не потребує фізичної напруги, рекомендується кожні 45-60 хвилин роботи перерви робити на 10-15 хвилин, проводячи при цьому невелику розминку для тіла та вправи для очей. [14].

Виробничий мікроклімат відображає стан внутрішнього повітряного середовища приміщення робочої зони (температури, вологості та швидкості руху повітря) та температури поверхонь, що знаходяться в приміщенні. У виробничому приміщенні повинні підтримуватись оптимальні параметри мікроклімату, що підтримують нормальний тепловий стан організму та не викликають відхилень здоров'я [18].

Для приміщень, де основна робота виконується на ПЕОМ з категорією робіт 1а (роботи, що проводяться сидячи та не потребують фізичного напруги), необхідне виконання оптимальних норм мікроклімату.

Шум і вібрація - це механічні коливання, що поширюються у твердому та газоподібному середовищі. Відрізняються між собою шум та вібрація частотою коливань [14].

Незважаючи на велику кількість техніки, за небезпекою електричного ураження приміщення вважається відповідно до класифікації ПУЕ без підвищеної небезпеки, оскільки відсутня вологість, висока температура, струмопровідний пил і можливість одночасного зіткнення з металевими предметами та металевими корпусами обладнання, що мають з'єднання із землею. Також не пошкоджено ізоляцію проводів, розетки захищені запобіжними кожухами, корпуси пристроїв заземлені. Силовий щит, через який здійснюється подача живлення, оснащений автоматичним запобіжником. Для зниження розрядів застосовується антистатичний матеріал для покриття. Тому при правильному використанні обладнання та дотриманні техніки безпеки небезпека ураження струмом малоімовірна, за

винятком аварійних випадків, при випадковому з'єднанні заземлених конструкцій та частин обладнання, що знаходяться під напругою.

В даному випадку в приміщенні використовується сумісне освітлення. За наявності віконного отвору, на стелі над робочими місцями розташовані люмінесцентні світильники із дзеркальними ґратами та встановленими в них по 4 люмінесцентні лампи типу ЛБ-40. Все це дозволяє працювати не тільки в денний час, при достатньому для роботи природному освітленні, а також у сутінковий і темний час доби, використовуючи штучне рівномірне освітлення. Приміщення відповідає нормам освітлення. [14].

4.2 Технічне обслуговування

Технічне обслуговування блоку проводиться періодично та виконується при планових профілактичних зупинках системи діагностики.

Блок повинен обслуговуватися персоналом, який пройшов навчання на спеціальних курсах підготовки, має посвідчення на право експлуатації, а також знає і виконує «правила техніки безпеки при роботі з електроустановками на напругу до 1000 v».

Порядок технічного обслуговування

При технічному обслуговуванні блоку необхідно зробити такі роботи:

- зовнішній огляд та перевірку кріплення блоків у шафі. Зовнішнім оглядом має бути встановлено:

1) відсутність механічних ушкоджень монтажу, елементів, контактів з'єднувачів;

2) відсутність забруднень, корозії контактів з'єднувачів, відшарування, здуття лакофарбових покриттів, що знижують стійкість до впливів навколишнього середовища та псують зовнішній вигляд;

3) чіткість, розбірливість маркування на лицьовій панелі та друкованій платі, відповідність маркування та даних у супровідних, експлуатаційних

документах, відповідність технологічного маркування (виконуваного споживачем) встановленим вимогам;

- очищення та протирання від пилу, пил видаляється з блоку за допомогою побутового пилососа та кисті;

При виявленні несправності необхідно вийняти несправний блок та на його місце встановити блок із ЗІП.

Слід мати на увазі, що блок виготовляється на базі інтегральних мікросхем та напівпровідникових приладів, вплив на які заряд статичної електрики зі значенням потенціалу більше 30 v може призвести до їх відмови та порушення працездатності блоку. У зв'язку з цим під час ремонту не допускається торкатися руками мікросхем і монтажу виробів без одягненого на руку антистатичного браслета.

Поточний ремонт

При відмові у процесі роботи блоку він замінюється на інший зі складу ЗІП.

Протягом гарантійного терміну експлуатації блок, що відмовив, повинен бути направлений для ремонту на підприємство-виробник.

Зберігання

До встановлення блоку на стаціонарне місце експлуатації, він повинен зберігатися в упаковці підприємства-виробника в опалюваних приміщеннях при температурі повітря від 15 до 40 °C та відносній вологості повітря не більше 80% при 25°C. Вміст у повітрі корозійних агентів не повинен перевищувати значень, встановлених для атмосфери типу 1. У повітрі не повинно бути пари кислот і лугів.

У приміщеннях для зберігання не повинно бути агресивних домішок, що спричиняють корозію.

Не допускається зберігання поряд із джерелом тепла.

Розпакування після зберігання при негативних температурах необхідно проводити в опалюваних приміщеннях, попередньо витримавши його в нормальних умовах експлуатації в упаковці протягом 4 годин.

Транспортування

Блок в упаковці підприємства-виробника транспортується у тарі для транспортування на будь-які відстані автомобільним, залізничним транспортом, водним транспортом (у трюмах суден).

Розташування та кріплення ящиків з упакованими блоками повинно забезпечувати стійке положення ящиків, за винятком зсувів та ударів між собою.

При завантаженні та транспортуванні необхідно суворо дотримуватись вимог знаків на тарі.

Транспортування здійснюється відповідно до правил перевезень, що діють на кожному виді транспорту.

Кліматичні умови транспортування в тарі для транспортування мають бути:

- температура навколишнього повітря від мінус 50 до 50 ° С; - відносна вологість повітря до 98 % за 25 ° С;
- атмосферний тиск від 84 до 107 кра.

Блок зберігає зовнішній вигляд та працездатність після впливів транспортної тряски із прискоренням 29,5 m/s² при частоті ударів від 80 до 120 за хвилину.

При отриманні блоку необхідно переконатися у збереженні тари. За наявності ушкоджень необхідно скласти акт у встановленому порядку та звернутися з реєстрацією до транспортної організації.

Після транспортування блоку при негативних температурах перед введенням в експлуатацію необхідна витримка його в упаковці протягом 4 годин.

ВИСНОВКИ

В ході проектування був розроблений блок контролю запобіжників ПКЗ. В процесі роботи були описані основні характеристики пристрою, розглянуті достоїнства і недоліки пристрою, з'ясований принцип його функціонування.

Відповідно до призначення пристрою виконаний аналіз умов експлуатації, який показав, що проєктований виріб відноситься до класу стаціонарні.

На підставі описаних кліматичних і механічних чинників, що впливають на виріб, була проаналізована елементна база.

При розробці конструкції пристрою була вибрана ДП третього класу точності, на якій можливо реалізувати запропоновану електричну схему, розраховані її габарити і вибрана товщина. Був проведений розрахунок друкарського монтажу і перевірочний розрахунок по постійному і змінному струму.

У технологічній частині був виконаний розрахунок комплексного показника технологічності, який для даного виробу склав 0,71.

Таким чином, в процесі проектування була розроблена друкарська плата блоку контролю запобіжників БКЗ, проведені всі необхідні розрахунки, на основі яких можна зробити висновок про доцільність введення виробу у виробництво.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації з проектування друкованих плат / Під ред. Ю.М. Савченка. – Харків: НТУ "ХПІ", 2021. – 120 с.
2. Електроніка для інженерів: навчальний посібник / За ред. А.В. Коваля. – Харків: ХНУ ім. Каразіна, 2020. – 452 с.
3. Акімов В.О., Кравчук І.В. Основи теплового аналізу в силовій електроніці: навчальний посібник. – Київ: НТУУ "КПІ", 2021. – 188 с.
4. Актуальні аспекти електромагнітної сумісності в силовій електроніці / А.В. Іванов, О.П. Ткаченко. – Київ: Академперіодика, 2020. – 154 с.
5. ДСТУ 3321:2003. Друковані плати. Загальні технічні умови. – Київ: Держспоживстандарт України, 2003. – 47 с.
6. ДСТУ ІЕС 60571:2003. Електронні пристрої для рухомого складу. Загальні технічні вимоги. – Київ: Держспоживстандарт України, 2003. – 86 с.
7. Електроніка для інженерів: навчальний посібник / За ред. А.В. Коваля. – Харків: ХНУ ім. Каразіна, 2020. – 452 с.
8. М.І. Хіль, О.П. Арушанов, С.М. Ганжа, Є.П.Герасименко Навчальне проектування радіоелектронних апаратів: Навчальний посібник. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2010. - 201с.
9. Smith, J. (2020). Advanced Techniques for Printed Circuit Board Manufacturing. ARA Style Journal of Engineering, 15(2), 45-61.
10. Nguyen, T. H., & Tran, L. H. (2019). Innovation in PCB Design and Manufacturing Using ARA Techniques. ARA Style International Journal of Electronics, 8(4), 112-127.
11. Chen, S. Y. (2018). ARA-inspired Approaches to Optimize PCB Production. In Proceedings of the ARA Conference on Manufacturing Technologies (pp. 234-248). ARA Publishing.
12. Книш В.І., Бойко О.С. Конструктивні основи електронних систем: навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2021. – 289 с.

13. Шумило О.М., Гайдай В.О. Основи електроніки: Навчальний посібник. – Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2019. – 318 с.

14. Мікропроцесорні та мікроконтролерні системи. Ч. 2. Проектування мікропроцесорних систем [Електронний ресурс] : підруч. для студ. / А.О. Новацький ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл:22 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 46

15. Audio Circuits by Linear Technology – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.analog.com>

ДОДАТОК А

Таблиця А1 – Вихідні дані до теплового розрахунку

Параметр	Значення
1-й горизонтальний розмір корпусу блоку, мм	235
2-й горизонтальний розмір корпусу блоку, мм	166
Вертикальний розмір корпусу блоку, мм	26
Температура навколишнього середовища, град	60
Коефіцієнт заповнення	0,4
Потужність, що розсіюється в блоці, Вт	5,5
Потужність, що розсіюється 1 елементом, Вт	1,5
Площа елемента, кв.мм	48,9

Таблиця А2 – Результати розрахунку

Параметр	Значення
Температура нагрітої зони, град	73,56
Температура повітря в блоці, град	60,33
Температура поверхні елемента, град	80,4

ДОДАТОК Б

Розрахунок надійності блока

Таблиця Б.1 - Характеристики груп елементів.

Групи елементів	Кількість елементів	Температура елементів	Коефіцієнт навантаження
Мікросхеми	3	69	0.500
Конденсатори	21	71	0.600
Електролітичні конденсатори	1	47	0.400
Діоди, стабілітрони, транзистори	52	40	0.400
З'єднувачі	2	40	0.400
Пайка	422	40	0.400

Таблиця Б.2 - Кліматичні фактори.

Місце установки	Промислове
Кліматичні фактори	40-98% Вол., 30°C
Висота установки	0-1 км

Таблиця Б.3 - Характеристики надійності системи.

	Сумарна інтенсивність відмовлень ,1/годину	Розрахунковий наробіток на відмовлення, годин
Максимальна	7,06E-0005	5.01E+0005
Середня	5.96E-0006	1.68E+0005
Мінімальна	2.00E-0006	1.32E+0004
З урахуванням поправочного коефіцієнта	4,911E-0006	2.03E+0005
Інтенсивність відновлення, 1/година	0.5000	
Заданий наробіток на відмовлення, годину	420000.00	
Початковий момент часу, година	100.00	
Коефіцієнт готовності	0.99990290	

Таблиця Б.4 - Інтенсивності відмовлень погрупно.

Групи елементів	Мінімальна, $\times 10^{-6}$	Середня, $\times 10^{-6}$	Максимальна, $\times 10^{-6}$	Поправочна, $\times 10^{-6}$
Мікросхеми	0.08	0.80	1.81	0.89
Конденсатори	0.81	1.50	4.32	0.42
Електролітичні конденсатори	0.02	0.26	2.55	2.01
Діоди, стабілітрони, транзистори	0.02	0.28	4.08	0.50
З'єднувачі,	0.08	0.09	1.80	0.09
Пайка	0.00	0.04	0.06	0.01

Таблиця Б.5 - Імовірність безвідмовної роботи.

Наробіток, годин	Імовірність безвідмовної роботи, %			
	Мінімальна	Середня	Максимальна	Поправочна
938.8	95.12	99.44	99.83	99.09
1877.7	90.48	98.89	99.67	98.19
2816.5	86.07	98.34	99.50	97.30
3755.3	81.87	97.79	99.33	96.42
4694.1	77.88	97.24	99.17	95.54
5633.0	74.08	96.70	99.00	94.68
6571.8	70.47	96.16	98.83	93.82
7510.6	67.03	95.63	98.67	92.97
8449.4	63.76	95.09	98.50	92.12
9388.3	60.65	94.56	98.34	91.29
10327.1	57.69	94.04	98.17	90.46
11265.9	54.88	93.51	98.01	89.64
12204.7	52.20	92.99	97.85	88.82
13143.6	49.66	92.47	97.68	88.02
14082.4	47.24	91.96	97.52	87.22
15021.2	44.93	91.44	97.36	86.43
15960.0	42.74	90.93	97.19	85.64
16898.9	40.66	90.43	97.03	84.87
17837.7	38.67	89.92	96.87	84.10
18776.5	36.79	89.42	96.71	83.33

Таблиця Б.6 - Імовірність функціонування.

Наробіток (година)	Імовірність безвідмовної роботи (%)
1750.00	98.31
3500.00	96.65
5250.00	95.02
7000.00	93.42
8750.00	91.85
10500.00	90.30
12250.00	88.78
14000.00	87.28
15750.00	85.81
17500.00	84.37
19250.00	82.95

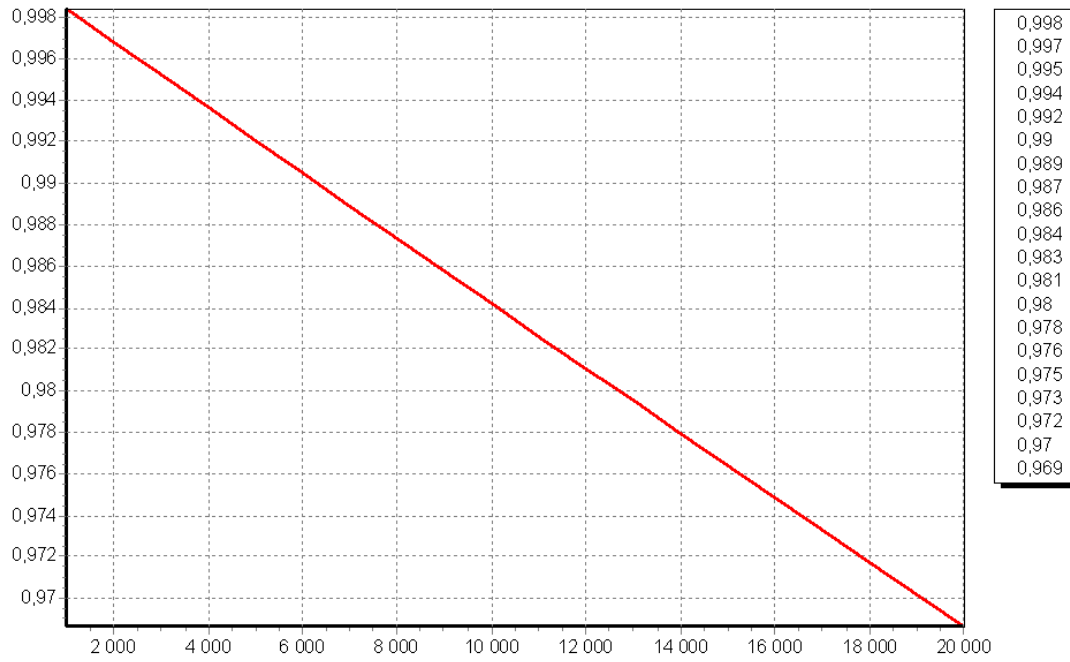


Рисунок Б.1 – Графік вірогідності безвідмовної роботи виробу

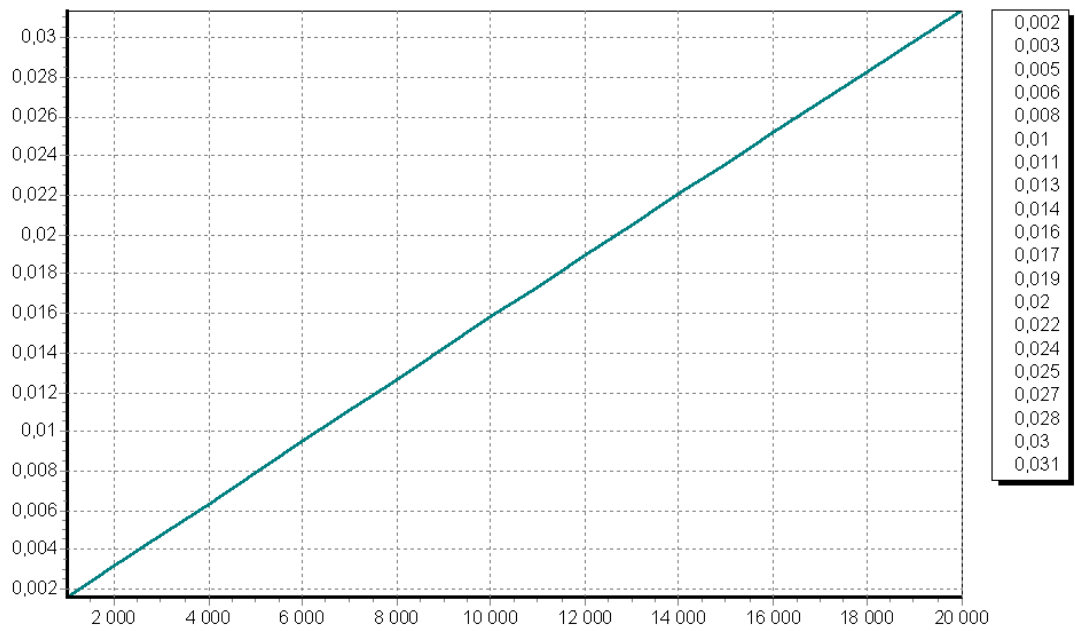


Рисунок Б.2 – Графік ймовірності відмови виробу

Поз. позначення		Найменування			Кіл.	Примітка				
		Конденсатори								
C1...C7		1206 X7R-50 B-0,1 мкФ±10 % BC Components кат. №2252 114 41104			7					
C8, C9		VJ2220-X7R-50 B-1 мкФ±5 % Vishay кат. № VJ2220Y105JXAAT			2					
C10...C15		1206 X7R-50 B-0,1 мкФ±10 % BC Components кат. №2252 114 41104			6					
C16...C18		1206 X7R-50 B-1000 пФ±10 % BC Components кат. № 2252 114 41102			3					
C19...C21		1206 X7R-50 B-0,1 мкФ±10 % BC Components кат. №2252 114 41104			3					
C22		МКР 379 630 B-0,01 мкФ±5 % BC Components кат. №2222 379 64103			1					
D1...D3		Микросхема MC14106BD ON Semiconductor			3					
H1...H11		Индикатор единичный L-934ID Kingbright			11					
H12		Индикатор единичный L-934GD Kingbright			1					
K1		Реле V23079-D1003-B301 Tyco			1					
		Резистори RC1206 Yageo								
R1...R7		RC1206 J R F 10K			7					
R8		RC1206 J R F 100K			1					
R9		RC1206 J R F 5K1			1					
R10		RC1206 J R F 100K			1					
R11		RC1206 J R F 15K			1					
R12		RC1206 J R F 100K			1					
R13		RC1206 J R F 15K			1					
R14		RC1206 J R F 100K			1					
R15		RC1206 J R F 15K			1					
R16		RC1206 J R F 100K			1					
R17		RC1206 J R F 15K			1					
R18		RC1206 J R F 100K			1					
R19		RC1206 J R F 15K			1					
R20		RC1206 J R F 100K			1					
R21		RC1206 J R F 15K			1					
R22		RC1206 J R F 100K			1					
R23		RC1206 J R F 15K			1					
R24...R31		RC1206 J R F 7K5			8					
R32		RC1206 J R F 20K			1					
					ДПБ 171.05.01 ПЕЗ					
Изм.	Л.	№ докум	Підп	Дата						
Розроб.		Матвієвський			Блок контролю запобіжників Перелік елементів			Лит.	Лист	Листів
Перев.		Тюндер							57	2
Н.контр.		Тюндер						СНУ		
Затв.		Захожай						Гр.ЕЛ-21бд		
Инв. № подл.		Підп. и дата		Взам. инв. №	Инв. № дубл.		Підп. и дата			

Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітка			
R33	RC1206 J R F 10K	1				
R34	RC1206 J R F 100R	1				
R35...R37	RC1206 J R F 10K	3				
R38	RC1206 F R F 1M5	1				
R39	RC1206 F R F 10K	1				
R40	RC1206 J R F 100K	1				
R41	RC1206 J R F 15K	1				
R42	RC1206 J R F 100K	1				
R43	RC1206 J R F 15K	1				
R44	RC1206 J R F 100K	1				
R45	RC1206 J R F 15K	1				
R46	RC1206 F R F 6K2	1				
R47	RC1206 J R F 10K	1				
R48...R50	RC1206 J R F 7K5	3				
R51	RC1206 J R F 10K	1				
R52	RC2512 J R F 68R	1				
R53...R55	RC2512 J R F 1K5	3				
R56...R58	RC2512 J R F 2K0	3				
R59...R61	RC1206 J R F 4K3	3				
R62...R64	RC1206 J R F 10K	3				
R65...R67	RC1206 J R F 15K	3				
R68...R73	RC1206 J R F 100K	6				
R74...R76	RC1206 J R F 6K2	3				
R77...R82	RC1206 J R F 10K	6				
R83...R85	RC2512 J R F 68R	3				
R86	RC1206 J R F 2K0	1				
V9...V16	Діод BAS32L Philips	8				
V17	Діод MRA4003T3 ON Semiconductor	1				
V18	Транзистор BCP55 Philips	1				
V22...V24	Діод BAS32L Philips	3				
V25	Транзистор BCP52 Philips	1				
V32...V34	Стабілітрон BZX84C6V2 Philips	3				
V35...V37	Діод BAS32L Philips	3				
V38...V40	Оптопара CNY17-3.S Fairchild	3				
V41...V46	Діод BAS32L Philips	6				
V47...V49	Транзистор BCP52 Philips	3				
V50...V52	Діод MRA4003T3 ON Semiconductor	3				
X1	З'єднувач ГРПМ1У-61 ШУ2 В ВКШУ.434416.007 ТУ	1				
X2	Гнездо L1737/RED, 2 mm Belling Lee кат. №317-070	1				
			Лист			
Ізм.	Л.	№ докум	Підп.	Дата	ДПБ 171.05.01ПЕЗ	2
Інв. № подл.		Підп. и дата		Взам. инв. №	Інв. № дубл.	Підп. и дата

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Інші вироби</u>		
				Конденсатори		
				Конденсатор В45-197-25В	5	
				Конденсатор В45-197-35В	4	
				Конденсатор МКР 336	1	
				Конденсатор VJ 2220-X7R	2	
				Конденсатор 1206-X7R	3	
				Конденсатор 1210-X7R	3	
				<u>Резистори</u>		
				Резистор PV36X103A01	10	
				Резистор PV36X203A01	4	
				Резистор RC 1206 FRF 1K0	1	
				Резистор RC 1206 FRF 1K5	3	
				Резистор RC 1206 JRF 1M0	9	
				Резистор RC 1206 JRF 10K	22	
				Резистор RC 1206 JRF 100K	17	
				Резистор RC 1206 JRF 2K0	4	
				Резистор RC 1206 JRF 2K7	6	
				Резистор RC 1206 JRF 22K	1	
				Резистор RC 1206 JRF 24K	2	
				Резистор RC 1206 JRF 3K0	2	
				Резистор RC 1206 JRF 33K	1	
				Резистор RC 1206 JRF 4K3	1	
				Резистор RC 1206 JRF 5K1	3	
				Резистор RC 1206 JRF 5K6	10	
				Резистор RC 1206 JRF 51K	2	
				Резистор RC 1206 JRF 6K2	3	
				ДПБ 171.05.02		Іст
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		2

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка	
				Резистор RC 1206 JRF 680K	2		
				Резистор RC 1206 JRF 7K5	11		
				Резистор RC 1206 JRF 10K	22		
				Резистор RC 2512 JRF 68R	12		
				<u>Діоди</u>			
				MRA4003T3 ON	4		
				<u>Стабілітрони</u>			
				BZX84C6V2	3		
				<u>Мікросхеми</u>			
				MC14106BD	3		
				З'єднувач ГРПМ1У-61ШУ			
				ВКШУ.43416.007 ТУ	1		
				Реле V23079-D1003-B301	6		
		55		Гвинт WW M3*8 KB	6		
		58		Гайка NM 3В	2		
		59		Тримач RTC-32	12		
				<u>Матеріали</u>			
		65		Провод MC15-11-0,2		0,35мм	
				Припой Прв.Кр1 ПОС-61		0,03 кг	
				Припойная паста		0,1	
				Sn62Pb32Ag2 фірми ERSA			
				ДПБ 171.05.02			Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			3