

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ  
(м. Київ)

Факультет інформаційних технологій та електроніки  
(повне найменування факультету)

Кафедра електронних апаратів  
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр  
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»  
(шифр і назва спеціальності)

на тему РОЗРОБКА БЛОКА ДЛЯ ПІДЖИВЛЕННЯ АКУМУЛЯТОРНИХ  
БАТАРЕЙ

Виконав: студент групи РЕА-19бд  
Несмашний О. А.  
(прізвище, та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник Тюндер І.С.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Завідувач кафедри Паєранд Ю.Е.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент Самойлова Ж.Г.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Київ - 2023

Формат	Зона	Поз	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка	
				<u>Текстові документи</u>			
4			ПДБ 172.04.01 ПЗ	Пояснювальна записка	1		
				<u>Графічні документи</u>			
4			ПДБ 172.04.01 ГЧ	Графічна частина	1		
				ПДБ 172.04.01 ВП			
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Несмашний О.А				Літ.	Лист	Листів
Перев.	Тюндер І.С.						1
					СНУ гр. РЕА-196д		
Затв.	Паєранд Ю.Е.						

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ  
(м. Київ)

Факультет Інформаційних технологій та електроніки  
Кафедра електронних апаратів  
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр  
Спеціальність - 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ЕА  
Паеранд Ю.Е.  
“ ” 2023 року

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

**Несмашному Олегу Андрійовичу**

1. Тема проекту (роботи) **«Розробка блока для підживлення акумуляторних батарей»**
2. Керівник проекту (роботи) Тюндер І.С., ст. викл.  
“ ” 2023 року № \_\_\_\_\_
3. Строк подання студентом проекту (роботи) 31 травня 2023
4. Вихідні дані до проекту (роботи)
  - 4.1. Виріб ЕА- блок для підживлення акумуляторних батарей, який підлягає розробці.
  - 4.2. Схема електрична принципова.
  - 4.3. Призначення та умови експлуатації виробу: умови експлуатації – стаціонарна електронна апаратура. Кліматичні і механічні впливи: діапазон температур навколишнього середовища від +5<sup>0</sup>С до + 55<sup>0</sup>С; відносна вологість повітря при температурі 30<sup>0</sup>С – 90%; прискорення 15g; тривалість ударного імпульсу 11 мс; число ударів не менше 1000.
  - 4.4. Електричні, експлуатаційні та конструктивні параметри : напруга живлення 220 В; імовірність безвідмовної роботи 0,9 – 0,7 (після 20000 годин функціонування). Габаритні розміри не більше 171×128×110мм; маса не більше 2,5 кг.
5. Питання, які треба розглянути:
  - 5.1. Вступ.
  - 5.2. Аналітичний огляд акумуляторних батарей
  - 5.3. Аналіз технічного завдання.
  - 5.4. Розробка конструкції пристрою.
  - 5.5. Розробка технології виготовлення пристрою.
  - 5.6. Загальні висновки по роботі
6. Слайди презентації

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 10 лютого 2022 \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний огляд акумуляторних батарей	10.03.2023	
2	Аналіз технічного завдання	25.03.2023	
3	Розробка конструкції блоку	25.04.2023	
4	Розробка технології виготовлення пристрою	23.05.2023	
5	Оформлення і перевірка пояснювальної записки	29.05.2023	

Студент \_\_\_\_\_ Несмашний О.А.

Керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_ Тюндер І.С.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту містить:  
72 листа, 28 рисунків, 27 джерела.

АКУМУЛЯТОР, ЗАРЯДНИЙ ПРИСТРІЙ, РАДІАТОР, МІКРОСХЕМА,  
ДРУКОВАНА ПЛАТА, КОНСТРУКЦІЯ, НАВІСНИЙ ЕЛЕМЕНТ, ОТВІР,  
ПРОВІДНИК, ЕКОНОМІЧНІСТЬ, ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом розробки є блок електронного пристрою для підживлення акумуляторних батарей.

Мета роботи - розробити конструкцію і технологію виготовлення виробу на основі схеми електричної принципової відповідно до вимог технічного завдання.

Проведено розрахунки: конструктивні; теплового режиму і надійності проєктованого блоку. При проєктуванні друкованої плати і випуску конструкторської документації широко використовувалися можливості САПРа.

					ПДБ 172.04.01 ПЗ			
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Несмашний О.				Розробка блоку для підживлення акумуляторних батарей Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Арк.
Перев.	Тюндер І.С.							72
						СНУ гр. РЕА-196д		
Затв.	ПаєрандіО.Е.							

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ.....	9
1.1 Призначення акумуляторної батареї.....	9
1.1 Типи АКБ.....	11
1.3 Принцип роботи зарядних пристроїв (ЗП).....	14
1.4 Дослідження впливу струмів зарядів акумулятора на концентрацію електроліту та тривалість роботи пристрою підживлення..	17
2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ .....	23
2.1 Призначення та область застосування виробу.....	23
2.2 Аналіз схеми електричної принципової.....	25
2.3 Аналіз умов експлуатації.....	28
2.4 Аналіз елементної бази.....	29
2.5 Аналіз аналогічних конструкцій.....	38
2.6 Аналіз вимог до виробництва.....	42
2.7 Технічне завдання на розробку.....	42
3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ БЛОКУ .....	44
3.1 Вибір типу і розмірів друкованої плати.....	44
3.2 Конструктивно-технологічний розрахунок друкованої плати...	45
3.3 Розрахунок по постійному струмі.....	49
3.4 Розрахунок по змінному струмі.....	51
3.5 Трасування друкованого монтажу.....	54
3.6 Тепловий розрахунок.....	54
3.7 Розрахунок надійності блоку.....	55
4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ .....	58
4.1 Структура технології виготовлення блоку.....	58
4.2 Відмивання друкованих плат.....	62
4.3 Розрахунок технологічності пристрою.....	66
ВИСНОВКИ .....	70
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	71

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АВ - аксіальні виводи;  
АЧХ – амплітудно-частотна характеристика;  
БДП - багатошарова друкована плата;  
ВЕТ - виріб електронної техніки;  
ДДП - двостороння друкована плата;  
ДП - друкована плата;  
ЕМС - електромагнітна сумісність;  
ЕОА - електронні обчислювальні апарати;  
ЕОМ - електронна обчислювальна машина;  
ЕП - електронний пристрій;  
ЕРЕ - електрорадіоелементи;  
ЗП - зарядний пристрій;  
ІМС - інтегральні мікросхеми;  
КД - конструкторська документація;  
КОК - керуючий обчислювальний комплекс;  
НЕ - навісний елемент;  
ОВ - осьові виводи;  
ОДП - однобічна друкована плата;  
ОП - операційний підсилювач;  
ПЕА - побутова електронна апаратура;  
ПІ - пропорційно інтегруючий;  
ПХЛ - помірно-холодний клімат;  
РЕА - радіоелектронна апаратура;  
САПР - система автоматичного проектування;  
СМС - світломонтажний стіл;  
ТЗ - технічне завдання;  
ТЕЗ - типовий елемент заміни;

## ВСТУП

У даному дипломному проекті розроблюється блок для підживлення акумуляторних батарей. Пристрій призначений для підживлення автомобільних акумуляторних батарей з номінальною напругою 12 В.

Основними характеристиками акумуляторної батареї є її габаритні розміри, розташування клем, номінальна напруга, ємкість і пусковий струм. Важливість дотримання цих параметрів беззаперечна, адже неправильно підібраний акумулятор працюватиме в умовах недозаряду або перезаряду, що приведе до передчасного виходу батареї з ладу. Але навіть правильно підібраний акумулятор з часом може не справитися зі своїм основним завданням, а саме не зможе запустити двигун автомобіля. Відбувається це через неполадки в електроустаткуванні, роботі батареї в умовах недозаряду або великої кількості додаткового електроустаткування, непередбаченого технічними характеристиками автомобіля. І найголовніше експлуатація акумуляторної батареї в умовах низьких температур. Адже номінальна ємкість батареї знижується на 35% при температурі біля нуля, і падає удвічі при нижчих температурах. Саме тому в арсеналі досвідченого автоаматора зарядний пристрій займає таке ж важливе місце, як домкрат і повітряний компресор. Відповідно, в нас час розробка електронного пристрою для підживлення акумуляторних батарей буде актуальна, що збільшує практичну цінність, розроблювального в даному проекті, пристрою.

Завдяки правильному вибору технології виготовлення, ретельно підібраній елементній базі пристрій має невисоку вартість тому виріб може створити серйозну конкуренцію існуючим на ринку аналогам.

Результатом виконання дипломного проекту є пояснювальна записка й графічна частина.



# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ

## 1.2 Призначення акумуляторної батареї

Акумуляторна батарея (АКБ) забезпечує електричним струмом всі споживачі, поки двигун не працює або працює на дуже малих обертах, також є резервним джерелом живлення в разі виходу з ладу генератора.

Одним із основних функціональних призначень АКБ є пуск двигуна за допомогою стартера.

### 1.1.1 Будова акумуляторної батареї

В акумуляторній батареї відбувається перетворення хімічної енергії в електричну. Хімія полягає в тому, що у розчин сірчаної кислоти помістили дві пластини зі свинцю, і на пластинах зробили виводи (рис.1.1). Приєднали до виводів два дроти від генератора, почали крутити його, щоб той виділяв електричний струм, і зарядили АКБ (поки акумулятор заряджається, він є споживачем струму). У цьому разі електрична енергія перетворилася в хімічну — акумулятор зарядився. Від'єднали від виводів генератор і приєднали, наприклад, лампочку — і вона загорілася! Тому що почався процес перетворення хімічної енергії на електричну. Принадність цієї конструкції в тому, що процеси зарядки і розрядки можна виконувати багаторазово. І якщо дотримуватися основних, досить нескладних, правил експлуатації АКБ, вона може прослужити тривалий час.

Найпростіший акумулятор складається з двох пластин, поміщених в корпус (його ще називають банкою), цей корпус заповнений розчином сірчаної кислоти (який називається електролітом) і закритий зверху кришкою. У кришці є отвори, через які виведено по два виводи від кожної з пластин (позитивної та негативної).

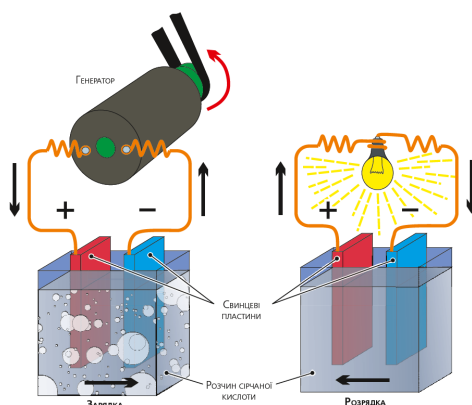


Рисунок 1.1 - Принцип роботи акумуляторної батареї

Будь-яка АКБ складається з декількох (найчастіше з шести) найпростіших батарей, описаних вище. Чому саме із шести? Бортова мережа автомобіля розрахована на 12 В, а отже, й акумуляторна батарея має видавати стільки ж. З огляду на свої розміри одна банка (дві пластини) забезпечує напругу приблизно 2 В. Для отримання 12 В позитивні та негативні пластини з'єднують послідовно і роблять два загальні виводи — позитивний і негативний (дивіться рис. 1.2).

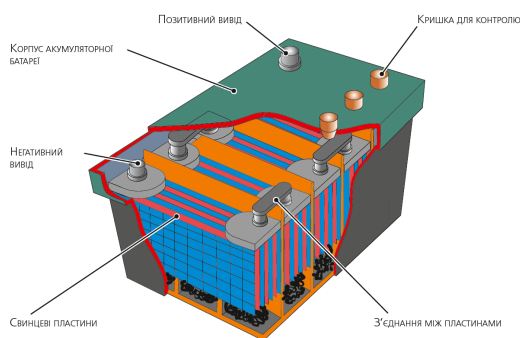


Рисунок 1.2 - Будова акумуляторної батареї

На багатьох сучасних автомобілях для запобігання крадіжці головного модуля аудіосистеми встановлений своєрідний захист, який блокує аудіомагнітоли після відключення негативної клеми від акумуляторної батареї. Щоб магнітола запрацювала, в неї необхідно ввести певний код — ключ. Якщо ви купуєте новий автомобіль, цей код вам вручать у салоні, якщо купуєте машину з рук, необхідно уточнити у власника наявність такого коду.[26]

## 1.2 Типи АКБ

За принципом необхідності обслуговування акумуляторні батареї поділяють на обслуговувані і необслуговувані. Одним із підтипів обслуговуваних є малообслуговувані АКБ. На сьогодні застосування обслуговуваних АКБ зведено до мінімуму. Назви типів акумуляторних батарей говорять самі за себе.

Основа свинцево-кислотних АКБ, про які йтиметься в цьому розділі, — рідкий електроліт. Однак технології виробництва батарей зробили значний крок уперед, і нині досить часто можна зустріти АКБ, виконані на базі технології AGM, в якій сам електроліт абсорбований у скляних волокнах. Також не варто забувати і про гелеві АКБ (GEL), що набирають популярності, у них електроліт загущений за допомогою силікагелю до гелеподібного стану.

Через велике різноманіття типів АКБ виникло багато суперечок щодо ефективності і стійкості кожного з них. Якщо бути відвертим, то немає одного, ідеального для всіх експлуатаційних умов акумулятора. Бо, вигравши в одному, будь-який тип АКБ обов'язково істотно програє в чомусь іншому. Так, наприклад, такі популярні необслуговувані «кальцієві» акумулятори мають у край низькі показники саморозряду і не вимагають до себе будь-якої уваги, проте вони дуже «бояться» глибоких розрядів (наприклад, при багаторазових коротких поїздках у зимовий період). З такими розрядами АКБ цього типу стане непридатним до використання за вкрай короткий період експлуатації. А ось малообслуговувані АКБ глибоких розрядів не бояться, але натомість вимагають регулярного доливання дистильованої води (в середньому раз на півроку).

### 1.2.1 Полярність АКБ

Полярність вказує на розташування негативного і позитивного виводів батареї. Вона буває прямою і зворотною.

### 1.2.2 Номінальна ємність

Номінальна ємність (позначається C20) — кількість електрики (в ампер-годинах), яку здатна віддати АКБ при 20-годинному режимі розряду струмом, що

чисельно дорівнює 0,05 номінальної ємності до напруги на виводах 10,5 В при температурі електроліту 25 °С.

### 1.2.3 Резервна ємність

Резервна ємність (позначається  $C_p$ ) — час розряду в хвилинах повністю зарядженої батареї струмом 25А до напруги 10,5В при температурі електроліту 25°С.

### 1.2.4 Струм холодної прокрутки

Струм холодної прокрутки (Іх.п.) — за ДЕСТом (ДСТУ) 959-2002 це струм розряду, який здатна віддати батарея при температурі електроліту –18 °С протягом 10 секунд при напрузі не менше 7,5 В. Що вищий цей параметр, то краще двигун буде пускатися взимку, однак через збільшення навантаження на стартер може знизитися його ресурс.

### 1.2.5 Щільність електроліту АКБ

Одним із основних показників, що характеризують робочий стан АКБ, є щільність електроліту. Вона має бути завжди в певному діапазоні. Якщо АКБ малообслуговувані, то влітку щільність трохи знижують, а ось взимку, щоб запобігти ймовірності замерзання електроліту, підвищують.

### 1.2.6 Маркування АКБ



Рисунок 1. 3 - Маркування АКБ за вітчизняним стандартом.

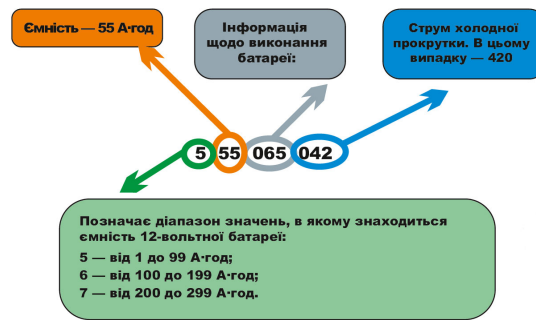


Рисунок 1.4 - Маркування АКБ за європейським стандартом EN 60095-1



Рисунок 1.5 - Маркування АКБ за американським стандартом SAE J537

Для усіх:

- колір індикатора зарядженості (якщо такий є) має бути зеленим;
- напруга на виводах без навантаження має становити не менше 12,6 В.

Акумулятор по своїй фізичній і хімічній природі може працювати справно нескінченну кількість часу — там просто нема чому зламатися. В реальності все відбувається абсолютно інакше, і кожен автомобіліст, якщо і не опинявся в такій ситуації сам, то точно спостерігав з боку пару машин, які «прикурюють» або намагаються запустити двигун, штовхаючи авто. Чому ж так відбувається? Як уникнути таких ситуацій?

Відповідь на це питання проста: потрібно зазирнути в інтернет-магазин авто товарів і вибрати, виходячи з параметрів, зарядку. Можливо, така банальна відповідь може навіть здатися дратівливою, однак лише деякі скористаються цією порадою, тому, що ключове поняття тут: «виходячи з параметрів». Досить мало людей добре уявляють собі, про що взагалі йдеться.

Ми спробуємо пояснити деякі особливості, щоб Ви могли правильно вибрати ЗУ для свого акумулятора. [26]

### 1.3 Принцип роботи зарядних пристроїв (ЗП)

Акумулятори потрібні для отримання споживачами постійної напруги (це може бути 3, 6, 12 або навіть 24 вольт), тому і заряджати їх потрібно такою ж відповідною постійною напругою. Накопичення енергії в АКБ засноване на єдиному принципі, який носить ім'я "оборотна електрохімічна реакція", правда, елементи, які в ній беруть участь, можуть бути абсолютно різними: літій-іонні, свинцево-кислотні, гелеві, сурм'яні, кальцієві, AGM, нікель кадмієві.

Це означає, що перед тим, як зробити вибір зарядного пристрою для акумулятора, треба дізнатися його тип. У характеристиках зарядного пристрою можна подивитися, чи підходить він для зарядки таких акумуляторів.

Ємність акумуляторної батареї показує, скільки електрики вона може накопичити і утримати в своїй структурі. Наприклад, батарея з ємністю в 60 А/ч забезпечує 5-амперний пристрій без підзарядки аж на цілих 12 годин, а якщо підключити до неї пристрій, який тягне 120 А, то резерву вистачить лише на півгодини.

Так само характеризується і сам процес зарядки, який проводиться за допомогою струму, рівним 10% від ємності (в цьому випадку 6 А) і триватиме, поки не відновляться початкові параметри (в цьому випадку — 10 годин). З огляду на це, правильний підбір зарядки для акумулятора повинен обов'язково враховувати можливості зарядного пристрою по струму зарядки і ємності акумулятора, який підключається.

Зарядні для АКБ — це понижуючі випрямлячі, які регулюють стабілізацію виходу по одному з декількох параметрів (напруга  $U$  або струм  $I$ ). Іншими словами, 220 В зменшуються до заданого значення за допомогою понижаючого трансформатора, а потім за допомогою діодного моста низковольтові змінна стає постійною, електроніка загладжує пульсації і робить вихідний сигнал стабільним.

На 130.com.ua можна купити зарядний пристрій для акумулятора в Івано-Франківську, Тернополі, Львові з доставкою по Україні. [27]

### 1.3.1 Типи зарядних пристроїв

Трансформаторні зарядні пристрої — це надійні, перевірені роками прилади, покупка яких доцільна, якщо використовувати їх в гаражі. Вони досить габаритні і мають велику вагу, завдяки наявності в їх конструкції масивного трансформатора.



Рисунок 1.6 - Трансформаторний зарядний пристрій

Так що, якщо Вам пропонують купити потужну трансформаторну зарядку десь на 200 А/ч і вагою всього 2 кілограми, варто задуматися в правдивості заявлених параметрів. Існує ще один момент: прилади такого типу працюють з тихим і рівномірним гудінням. Якщо гуде голосно, з металевим відтінком, і звук різко зростає при навантаженні — це говорить про погану якість збірки пластин сердечника в трансформаторі і експлуатація такого приладу може привести до перегріву або навіть до пожежі.

Імпульсні зарядні пристрої (інтелектуальні) працюють приблизно так, як і трансформаторні, але принцип перетворення напруги у них різний. Для того, щоб його реалізувати, працює маленький трансформатор в імпульсному режимі під управлінням мікропроцесора.



Рисунок 1.7 - Імпульсний зарядний пристрій

Така схема дозволяє дуже просто автоматизувати сам процес зарядки акумулятора, зробити організовану систему діагностики та відновлення акумулятора, показуючи його параметри на дисплеї. Про імпульсні зарядні пристрої відгукуються дуже добре, незважаючи на те, що вони недавно з'явилися на ринку. Такі зарядки мають невелику вагу, маленькі розміри. Але вони багатofункціональні, інформативні і здатні працювати з батареями великої місткості. З огляду на це, купити імпульсний зарядний пристрій — розумний вибір, адже вони зараз по праву займають лідируючі позиції на ринку.

### 1.3.3 Основні характеристики ЗП

Важливих параметрів, на які потрібно дивитися при покупці зарядки, всього 3: напруга, струм і ємність. Є ще невелике правило. Воно стосується відповідності характеристик зарядного пристрою і акумулятора. Якщо купити 12-вольтову зарядку для батареї в 24 Вольта — це даремно викинуті гроші. Якщо приладом, в якому максимальний струм 2 А, намагатися зарядити батарею ємністю 75 А/ч, то зарядка буде проходити близько 2 діб.

Вибрати режими зарядки акумулятора можна, виходячи з типу батареї, рівня її розряду, температури, яка оточує і інших чинників. Але критерії якісного вибору автомобільного ЗП приблизно такі:



1. Напруга на виході ЗП має бути більше, ніж напруга акумулятора на 20 відсотків. Важливим фактором є наявність регулювання напруги.

2. Струм повинен бути таким, щоб зміг забезпечити зарядку за 10-12 годин, і бажано, щоб він був з запасом. Це на той випадок, якщо раптом знадобиться режим прискореної зарядки.

3. Ємність батареї (яку і має відновити ЗУ) пропорційно залежить від величини струму заряду. Найкраще, якщо цей показник буде десь в 1,5 рази більше, ніж сама ємність акумулятора, який використовується в даний момент.

### Висновки

Трансформаторні зарядні пристрої — великі, важкі, але зате надійні (перевірені часом) і недорогі.

Імпульсні зарядні пристрої — сучасні, технологічні, працюють автоматично, але їхня ціна є в кілька разів більшою.

Який зарядний пристрій вибрати, вирішувати вам. Але не забувайте, що правильний підхід при виборі — відповідність параметрів зарядного пристрою і акумулятора, що заряджається. [27]

## **1.4 Дослідження впливу струмів зарядів акумулятора на концентрацію електроліту та тривалість роботи пристрою підживлення**

Автомобільний стартерний акумулятор - це хімічне джерело струму, робота якого заснована на використанні оборотних електрохімічних процесів. Найпростіший свинцевий акумулятор складається з позитивного електрода, активної речовини якою є двоокис свинцю (темно-коричневого кольору), і негативного електрода, активною речовиною якого є губчастий свинець (сірого кольору). Якщо обидва електроди помістити в посудину з електролітом (розчин сірчаної кислоти в дистильованій воді), то між електродами виникне різниця потенціалів.

При підключенні до електродів навантаження (споживача) в ланцюзі потече електричний струм, і акумулятор буде розряджатися. Під час розряду витрачається сірчана кислота з електроліту і одночасно в електроліт виділяється вода. Тому по мірі розряду свинцевого акумулятора зменшується концентрація сірчаної кислоти, через що щільність електроліту знижується. При заряді відбуваються зворотні хімічні реакції - в електроліт виділяється сірчана кислота і витрачається вода. При цьому щільність електроліту по мірі заряду зростає. Оскільки при розрядах і зарядах змінюється щільність електроліту, тому по її величині можна судити про ступінь зарядженості акумулятора, чим і користуються на практиці.

Основними електричними характеристиками акумулятора є електрорушійна сила, напруга і ємність.

Електрорушійною силою (е.р.с.) акумулятора називається різниця потенціалів між його електродами при розімкнутому зовнішньому ланцюзі. Величина е.р.с. справного акумулятора залежить від щільності електроліту (ступеня його зарядженості) і змінюється в межах від 1,92 до 2,15 В.

Напругою акумулятора називається різниця потенціалів між його виводами, виміряна під навантаженням. За номінальну напругу свинцевого акумулятора приймається величина, що дорівнює 2 В. Величина напруги при розряді акумулятора залежить від величини розрядного струму, тривалості розряду і температури електроліту, вона завжди менше величини е.р.с. Розряджати акумулятор нижче певної межі, так званої кінцевої розрядної напруги, неприпустимо, оскільки це може призвести до переполярності і руйнування активної маси електродів. Величина напруги при заряді залежить головним чином від ступеня зарядженості акумулятора, температури електроліту і завжди більше величини е.р.с.

Ємністю акумулятора називається кількість електрики, що віддається повністю зарядженим акумулятором при його розряді до допустимої кінцевої розрядної напруги. Ємність акумулятора залежить від кількості активної маси (кількості та розміру електродів), величини розрядного струму, щільності і температури електроліту, терміну служби акумулятора. При великих величинах

розрядних струмів, при низьких температурах електроліту, а також в кінці терміну служби ємність, що віддається акумулятором, знижується. За номінальну ємність акумулятора приймається ємність, яку повинен віддавати акумулятор при розряді струмом 20-годинного або 10-годинного розряду, тобто при величині розрядного струму, чисельно рівної відповідно 0,05 і 0,1 величини номінальної ємності.

Стартерна автомобільна акумуляторна батарея складається з 6 однакових акумуляторів, з'єднаних послідовно. При такому з'єднанні номінальна напруга батареї дорівнює сумі номінальних напруг окремих акумуляторів, і становить 12В, а номінальна ємність батареї залишається такою ж, як і ємність одного акумулятора.

Автомобільні акумуляторні батареї, що випускаються в сухозаряженому стані, для приведення в робочий стан необхідно залити електролітом і після просочення електродів виміряти щільність електроліту і зробити підзарядку батареї. При температурі повітря до  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  в батареї заливають електроліт щільністю  $1,24\text{ г / см}^3$ . При температурі від  $-15\text{ }^{\circ}$  до  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  щільність підвищують до 1,26, а при нижче  $-30\text{ }^{\circ}$  - до  $1,28\text{ г / см}^3$ .

Електроліт необхідної щільності може бути приготований безпосередньо з кислоти і води. Однак більш зручно застосовувати розчин кислоти щільністю  $1,40\text{ г / см}^3$ .

Щільність електроліту вимірюється за допомогою ареометра.

Щільність електроліту залежить від температури. Вихідною вважається температура електроліту  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . На кожні  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  зміни температури щільність змінюється приблизно на  $0,01\text{ г / см}^3$ . Залити електроліт в акумулятор слід тонким струменем, застосовуючи порцеляновий, поліетиленовий або ебонітовий кухоль і скляну, поліетиленову або ебонітову воронку.

Температура електроліту повинна бути не нижче  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  і не вище  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Після заливки електроліту і просочення електродів не раніше ніж через 20 хвилин і не пізніше ніж через 2 години проводиться контроль щільності електроліту. Якщо щільність електроліту знизиться не більше, ніж на  $0,03\text{ г / см}^3$  проти щільності заливаемого електроліту, батарея може експлуатуватися. Якщо ж щільність електроліту знизиться більш, ніж на  $0,03\text{ г / см}^3$ , батарея підлягає підзарядку.

Закінчення підзаряду визначається за постійною напругою акумулятора і щільністю електроліту протягом 2 годин.

При підготовці до заряду вимірюється щільність і рівень електроліту в усіх акумуляторах батареї. В акумуляторах, де рівень недостатній, він доводиться до норми доливкою дистильованої води (але не електроліту).

Заряд свинцевих акумуляторних батарей необхідно проводити від джерела постійного струму. При цьому зарядний пристрій, призначений для заряду однієї 12 В батареї. Позитивний провід (клету) зарядного пристрою з'єднують з позитивним виводом батареї, негативний - з негативним.

Заряд при сталості струму виробляється струмом величиною, рівною 0,1 від номінальної ємності при 20 годинному режимі розряду. Для підтримання сталості струму протягом всього процесу заряду необхідний регулюючий пристрій. Недолік такого способу - необхідність постійного контролю і регулювання зарядного струму, а також рясне газовиділення в кінці заряду. Для зниження газовиділення і підвищення ступеня зарядженості батареї доцільне ступеневе зниження сили струму в міру збільшення зарядної напруги. Коли напруга досягне 14,4 В, зарядний струм зменшують в два рази і при такому струмі продовжують заряд до початку газовиділення. При заряді батарей, які не мають отворів для доливання води, доцільно при збільшенні зарядної напруги до 15 В ще раз зменшити струм в два рази. Батарея вважається повністю зарядженою, коли струм і напруга при заряді зберігаються без зміни протягом 1-2 годин.

Температура електроліту під час заряду батарей зростає, тому необхідно контролювати її величину, особливо до кінця заряду. Її величина не повинна перевищувати 45 °С. У разі якщо температура виявиться вище, слід зменшити на половину зарядний струм або перервати заряд на час, необхідний для охолодження електроліту до 30 ... 35 °С.

Якщо до кінця заряду щільність електроліту відрізняється від норми, необхідно провести коригування доливкою дистильованої води у випадках, коли щільність вище норми, або доливкою розчину сірчаної кислоти щільністю 1,40г/см<sup>3</sup>, коли вона нижче норми. Доведення щільності можна робити тільки в кінці заряду,

коли щільність електроліту більше не зростає, а за рахунок «кипіння» забезпечується швидке і повне перемішування. Після проведення коригування продовжити заряд протягом 30-40 хв, після чого знову виміряти щільність, і якщо вона буде відрізнятись від норми, провести її знову.

Експлуатаційний рівень електроліту встановлюється після закінчення коректування щільності і не раніше, ніж через 30 хв після вимкнення батарей з заряду. При рівні електроліту нижче норми в акумулятор потрібно додати електроліт такої ж щільності.

При заряді при сталості напруги ступінь зарядженості АКБ після закінчення заряду безпосередньо залежить від величини зарядної напруги, яка забезпечує зарядний пристрій. Так, наприклад, за 24 години безперервного заряду при напрузі 14,4 В повністю розряджена 12 В батарея зарядиться на 75-85%, при напрузі 15 В - на 85-90%, а при напрузі 16 В - на 95-97% . Повністю зарядити розряджену батарею протягом 20-24 годин можна при напрузі зарядного пристрою 16,3-16,4 В. У перший момент включення струму його величина може досягати 40-50 А і більше, залежно від внутрішнього опору (ємності) і глибини розряду батареї. Тому зарядний пристрій постачають схемними рішеннями, що обмежують максимальний струм заряду. У міру заряду напруга на виводах батареї поступово наближається до напруги зарядного пристрою, а величина зарядного струму, відповідно, знижується і наближається до нуля в кінці заряду. Це дозволяє виробляти заряд без участі людини в повністю автоматичному режимі. Помилково критерієм закінчення заряду в подібних пристроях вважають досягнення напруги на виводах батареї при її заряді, рівною  $14,4 \pm 0,1$  В. При цьому, як правило, загоряється зелений сигнал, індикатор досягає заданої кінцевої напруги, тобто закінчення заряду.

У даному дипломі застосовується прискорений комбінований спосіб заряду акумуляторних батарей. Прискорений комбінований заряд проводиться в два етапи. На першому етапі заряд батарей здійснюється при постійній зарядній напрузі, на другому етапі - при постійній величині зарядного струму. Перехід до заряду батарей при постійній величині зарядного струму виробляється при зниженні його на першому етапі заряду до величини  $1/10$  від ємності.

Контрольно-тренувальний цикл проводиться для контролю технічного стану акумуляторних батарей, перевірки віддаваної ними ємності, виправлення відстаючих акумуляторів. Відстаючими називаються ті акумуляторні батареї, параметри яких нижче інших.

При контрольно-тренувальному циклі проводяться:

- попередній повний заряд;
- контрольний (тренувальний) розряд струмом 10-годинного режиму;
- остаточний повний заряд.

Попередній повний заряд при КТЦ проводиться зарядним струмом, величиною  $1/10$  ємності акумулятора. Перед початком контрольного розряду температура електроліту повинна бути  $18 \dots 27 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Сталість розрядного струму повинно ретельно дотримуватися протягом усього розряду. Розряд ведеться до кінцевої напруги  $10,2 \text{ В}$ . При зниженні напруги до  $11,1 \text{ В}$  вимірювання проводять через кожні  $15$  хвилин, а при зниженні напруги до  $10,5 \text{ В}$  вимірювання проводять безперервно до кінця зарядки.

Остаточний повний заряд автомобільних батарей проводиться нормальним зарядним струмом з дотриманням всіх правил з доведенням щільності електроліту в кінці заряду.

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

### 2.1 Призначення та область застосування виробу

Акумулятор — це пристрій, в якому відбуваються хімічні процеси. Для того, щоб акумулятор працював довго і безвідмовно, слід дотримуватись деяких правил експлуатації. Перш за все треба бути упевненим, що акумуляторна батарея в порядку і її ступінь розрядженості допустимий. Таку перевірку слід проводити раз на квартал, вимірюючи щільність електроліту (якщо це можливо), або вимірюючи напругу. Перший спосіб точніший, проте він не підходить у випадку з необслуговуваними акумуляторами. Акумуляторна батарея повинна бути розряджена не більше, ніж на 25% взимку або на 50% влітку. Кожна банка акумуляторної батареї повинна тримати напругу не менше 1,7 В, під навантаженням, протягом 5 с. В цьому випадку акумуляторна батарея повністю заряджена. 1,6–1,7 В відповідає розрядженій батареї на 25%, а 1,5–1,6 В — на 50%.

Будь-який акумулятор заряджається від джерела постійного струму, якщо напруга джерела більше напруги акумуляторної батареї. Проте через особливості акумуляторів їх доводиться заряджати по особливим схемам. При зарядці автомобільного акумулятора з фіксованим значенням струму акумулятор можна зарядити повністю. Проте на завершуючій стадії зарядки акумулятора, сильно підвищується температура електроліту, що зменшує термін служби акумулятора. Якщо акумулятор заряджати при постійному значенні напруги, то не виникне необхідності контролю зарядки, електроліт не перегріється і не закипить. Проте в цьому випадку акумулятор не заряджатиметься повністю через велике падіння струму в кінці зарядки. Через це найбільш досконалі зарядні пристрої використовують комбіновану схему зарядки. Тобто спочатку акумулятор заряджається при постійному значенні струму, а потім стабілізується напруга і починає спадати струм. Такі пристрої називають автоматичними.

Основні технічні характеристики електронного пристрою для підживлення акумуляторних батарей:

- номінальна напруга зарядки акумуляторної батареї, В – 12;
- номінальний струм зарядки акумуляторної батареї, А – 10;
- максимальна кількість одночасно заряджаючих акумуляторних батарей, шт. – 1;
- напруга живлення, В –  $\sim 220 \pm 25\%$ ;
- струм споживання, А – 0,5.

Приміщення, де експлуатуватиметься зарядний пристрій це автомобільні гаражі, майстерні, квартири і житлові будинки. Переважно місця установки – це підлога приміщень, столи, верстаки і так далі. Через ці причини необхідно передбачити можливість швидкого й легкого доступу користувача до пристрою для підключення до нього ланцюгів живлення, та клем акумулятора.

Живлення пристрою здійснюється від блоку живлення (БЖ) мережі змінного струму напругою 220 В з наступним його перетворенням у постійну напругу 12 В/±12 В, джерело повинне забезпечувати максимальний струм навантаження 10 А.

Корпус пристрою повинен мати сучасний дизайн, що відповідає останнім світовим тенденціям, володіти гарним естетичним видом, залучати потенційних покупців. Кольори корпусу повинні задовольняти вимоги споживача і повинні змінюватися в широких межах (починаючи зі світлих тонів і закінчуючи темними).

При конструюванні й підборі органів керування й індикації необхідно враховувати ряд важливих факторів, таких як розміри, форма, кольори, розташування, напрямок і зусилля перемикачів.

Органи керування й індикації повинні розміщуватись в найбільш зручних для користувача місцях, а також з обліком антропометричних і психологічних особливостей людини.

При фіксованому місці розташування (стіл, тумба) особливі заходи щодо кріплення не застосовуються, у нижній частині підставки корпусу необхідно передбачити пружні прокладки у вигляді ніжок для амортизації, що перешкоджають ковзанню при малих кутах нахилу поверхні установки.



Крім того, важливим моментом є використання в складі пристрою уніфікованих виробів, що дозволяють зменшити вартість виробництва за рахунок закупівлі готових блоків і підвищити ремонтпридатність усього апарата за рахунок заміни блоку, що вийшов з ладу.

## 2.2 Аналіз схеми електричної принципової

В малопотужних електромережах одночасна робота безлічі електроінструментів і зварювальних апаратів викликає такі скачки і провали мережевої напруги, що всі зарядні пристрої відмовляються працювати чи вимагають безперервного контролю. У пристроях з ручним регулюванням зарядного струму при сильному зниженні мережевої напруги - до 170 В - доводиться встановлювати регулятор струму на максимум. Якщо не доглядіти підйом мережевої напруги, то зарядний струм перевищує граничне значення і в кращому випадку перегорає запобіжник, в гіршому - трансформатор. Стабілізовані регулятори виявляються нездатними відстежувати настільки широкі зміни меж мережевої напруги, а при різких скачках і провалах приводять до наслідків, описаним вище.

Застосування пропорційно інтегруючого (ПІ) регулятора в пристрої дозволило точніше утримати заданий зарядний струм при дії будь-яких дестабілізуючих факторів.

ПІ регулятор - це система, в якій для забезпечення стійкості регулювання сформована спеціальна частотна характеристика фільтра в ланцюзі зворотного зв'язку. При повільному виході регульованого параметра від заданого значення фільтр поводить себе як інтегратор, а при швидкому - як безінерційна ланка. Перехід від одного режиму до іншого визначений значенням граничної частоти, при якій фазовий зсув в кільці регулювання не перевищує допустимого значення і забезпечена стійкість системи.

Джерелом струму зарядки служать дві вторинні обмотки IV і V мережевого трансформатора Т1, що утворюють з діодами VD1, VD2 і VD3, VD4, відповідно, два двуполуперіодних випрямляча включених паралельно. Струм можна плавно

змінювати змінним резистором R14 в межах від 1 до 10 А зі стабілізацією встановленого значення. Цей вузол виконаний за традиційною схемою з фазовим керуванням з тією лише різницею, що в якості регулюючого елемента використовується не тиристор, а потужний польовий транзистор VT1. Таке рішення зумовило простоту управління і конструктивні зручності.

Фазовий метод регулювання передбачає використання пилоподібної напруги для формування імпульсів управління регулюючим елементом. Щоб синхронізувати цю напругу з моментом переходу мережевої напруги через нульове значення застосований вузол, зібраний на елементах VD9-VD11, R2, R3, R9, R10 і компараторі DA4, який живиться від включених послідовно згідно полуобмоток II.1, II.2 трансформатора.

Коли напруга на обмотці II дорівнює нулю, діод VD10 закривається зворотною напругою, яка надходить через резистори R9, R10 з виходів допоміжного джерела живлення мікросхем, і відбувається перемикання компаратора в стан, коли на виході з відкритим колектором (вивод 9) низька напруга. Через цей вихід і струмообмежувальний резистор R13 розряджається конденсатор C8, який постійно заряджається через резистор R16 від того ж допоміжного джерела. Таким чином, на конденсаторі C8 формується пилоподібна напруга з прив'язкою до нульової фази напруги в мережі.

Компаратор DA5 управляє регулюючим транзистором VT1 відповідно до пилоподібної напруги, прикладеної до інвертуючого входу, і вихідної напруги III фільтра на неінвертуючому вході. Після досягнення рівня пилоподібною напругою, присутньої на неінвертуючому вході, на виході з відкритим колектором встановиться напруга, близька до нуля, яка закриє транзистор VT1.

У плюсовий ланцюг заряджаємої акумуляторної батареї включені два резистора R1 і R5, з'єднані паралельно і виконують функцію струмовимірювального елемента. Імпульси зарядного струму, що знімаються з цих резисторів, надходять на вхід DA3.

Вибір типу фільтра обумовлений рівномірністю його АЧХ, а також високою лінійністю ФЧХ і малим часом встановлення.

Частота зрізу ФНЧ - близько 8 Гц. Її визначають елементи R4, R6, C3, C4. Фільтр ефективно пригнічує основну гармоніку зарядного струму 100Гц, проте його інерційність не повинна бути надмірно великою.

До виходу ФНЧ підключений вольт амперметр PA1 з додатковими резисторами R12, R18, показники якого прямо пропорційні середнім значенням струму зарядки. Калібрують мікроамперметр в амперах зарядного струму подстроєчним резистором R18.

З виходу ФНЧ напруга також надходить на суматор, утворений резисторами R11, R14, R15. Змінним резистором R14 регулюють зарядний струм. Різниця сигналів, які підводяться до точки з'єднання резисторів R11 і R15, надходить на вхід ІІ фільтра.

ІІ фільтр зібраний на УО DA6 і елементах R17, R20, C10. Виходячи з інерційності ФНЧ, гранична частота регулятора обрана близькою до 8 Гц. Зі зменшенням частоти коефіцієнт передачі фільтра збільшується і біля нульової частоти теоретично зростає до нескінченності. Цим досягається мінімальна неузгодженість заданого і дійсного значень зарядного струму. На частоті 8 Гц і більше коефіцієнт передачі визначають тільки номінали резисторів R17, R20. Він дорівнює приблизно 27 дБ.

Таким чином, сигнал неузгодженості, впливаючи на регулюючий транзистор VT1 через компаратор DA5, зводить до нуля різницю значень напруги зазначених вище сигналів в точці з'єднання резисторів R11 і R15.

Для живлення компараторів, операційних підсилювачів і інших вузлів пристрою передбачене допоміжне двуполярне джерело, утворене полуобмотками ІІ.1, ІІ.2 трансформатора Т1 випрямлячем VD5-VD8, стабілізаторами напруги DA1, DA2 і згладжуючими оксидними конденсаторами C1, C2, C5, C6. Світлодіод HL1 - індикатор включення пристрою в мережу. Вентилятор з електродвигуном M1 служить для примусового охолодження блоку потужних діодів VD1 - VD4 і транзистора VT1.

Для початкової перевірки працездатності зарядного пристрою до його виходу підключають активне навантаження потужністю 100 Вт (автомобільну лампу фари з

з'єднаними паралельно нитками). Перед цим регулятор струму зарядки R14 встановлюють у положення максимального опору, що буде відповідати мінімальному струму. Навантаження включають послідовно з контрольним амперметром до виходу зарядного пристрою. Переконаються, що регулятор R14 дозволяє змінювати зарядний струм у встановлених межах, які при необхідності можна скорегувати підбіркою резистора R15.

Потім до виходу пристрою підключають акумуляторну батарею послідовно з контрольним амперметром. Встановлюють по контрольному амперметрі зарядний струм 10 А і, переміщаючи движок резистора R18, встановлюють вольт амперметр РА1 на кінцеве значення.

Таким чином, мікросхеми будуть раціонально розміщені на друкованій платі рядами. Це дозволить забезпечити зручне підведення ланцюгів живлення й “землі” до мікросхем. Також при розташуванні мікросхем варто взяти до уваги число їхніх взаємних зв'язків між собою й зв'язків з рознімання, щоб забезпечити мінімальну довжину сигнальних провідників;

Аналогова частина схеми містить в основному підсилювачі сигналів, при цьому всі вони охоплені негативними зворотними зв'язками, що значно зменшують нестабільність параметрів цих вузлів при змінах електричних характеристик використаних ЕРЕ.

### 2.3 Аналіз умов експлуатації

Розроблюваний пристрій, по сукупності значень кліматичних, механічних і радіаційних факторів, відноситься до групи стаціонарних РЕА й систем, що працюють у наземних опалювальних вентильованих приміщеннях. Виконання розроблювального ЗП - ПХЛ (для районів з помірним холодним кліматом) і має наступні нормовані значення припустимих умов експлуатації:

- робоча температура +5 °С...+55°С;
- відносна вологість 90% при +30 °С;
- тиск 84...107кПа;

- частота вібрацій 5 – 35 Гц;
- максимальна амплітуда вібрацій 0,35 мм.

Норми механічних впливів на ЕА при транспортуванні (в упакованому виді):

- прискорення 15 g;
- тривалість ударного імпульсу 11 мс;
- кількість ударів, не менше 1000.

Оскільки електрична схема містить елементи, що піддаються в процесі роботи значному розігріву, то способом охолодження елементів приймається примусове повітряне охолодження.

Транспортувати в пакувальній тарі, що володіє необхідними захисними властивостями. Пакувальна тара повинна забезпечувати достатню міцність і твердість у діапазоні припустимих механічних впливів, бути стійкою, досить герметичною для запобігання потрапляння усередину пилу й вологи. Конструкція пакувальної тари повинна виключати вільне переміщення пристрою усередині впакування й бути легко розбірною при доставанні апарата з тари. Для цих цілей найбільше підходить використання пінопластових блоків, що повторюють при накладанні форму корпуса, поміщених у картонну коробку.

## 2. 4 Аналіз елементної бази

Основні технічні характеристики мікросхеми К553УД2

Напруга живлення	±15 В
Споживаний струм	3 мА
Коефіцієнт підсилення	25000
Діапазон робочих температур	-60.....+125 °С
Діапазон температур зберігання	-60... +150 °С
Маса	0,3 г

Габаритні розміри мікросхеми К553УД2 наведені на рисунку 2.1.

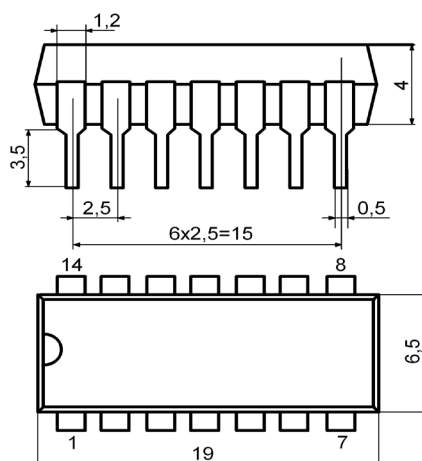


Рисунок 2.1- Габаритні розміри мікросхем К553УД2, ІЛ311АНМ

### Основні технічні характеристики мікросхеми ІЛ311АНМ

Напруга живлення	±15 В
Споживаний струм	6 мА
Напруга зсуву нуля	3 мВ
Діапазон робочих температур	-60.....+125 °С
Діапазон температур зберігання	-60... +150 °С
Маса	0,3 г

Габаритні розміри мікросхеми ІЛ311АНМ наведені на рисунку 2.1.

### Основні технічні характеристики мікросхем L7812, L7912

Вихідна напруга	12±0,2 В
Нестабільність вихідної напруги по вхідному, струмі не більше	0,05 %
Нестабільність вихідної напруги по вихідному струмі, не більше	0,01 %
Температурний коефіцієнт вихідної напруги, не більше	0,02 %/ °С
Струм споживання мікросхеми, не більше	5 мА
Робочий інтервал температури навколишнього середовища	65...+150 °С
Максимальна вхідна напруга	35 В
Максимальний вихідний струм	100 мА
Максимальна розсіювана потужність	0,6 Вт
Тепловий опір кристал - навколишнє середовище, не більше	00°3 / Вт
Граничний інтервал температури навколишнього середовища	60.....+85 °С
Маса	3 г
Інтенсивність відмов	4×10 <sup>-7</sup>

Габаритні розміри мікросхем L7812, L7912, наведені на рисунку 2.2.

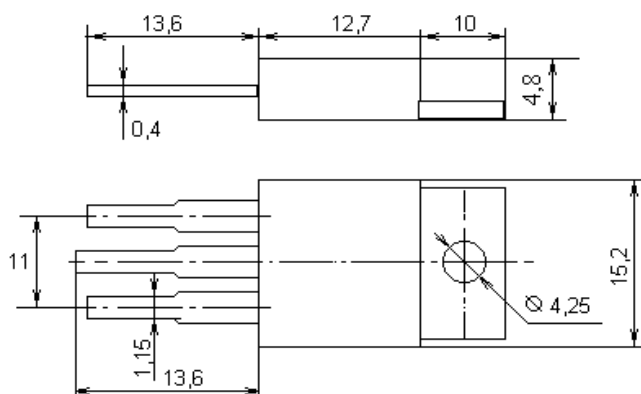


Рисунок 2.2 - Габаритні розміри мікросхем L7812, L7912

#### Основні технічні характеристики кремнієвих діодів КД105Б

Постійна пряма напруга	1 В
Постійний зворотний струм	100 мкА
Максимальна постійна зворотна напруга	400 В
Максимальний постійний прямий струм	300 мА
Діапазон робочих температур	-55... +85 °С

Габаритні розміри діодів КД105Б, наведені на рисунку 2.3.

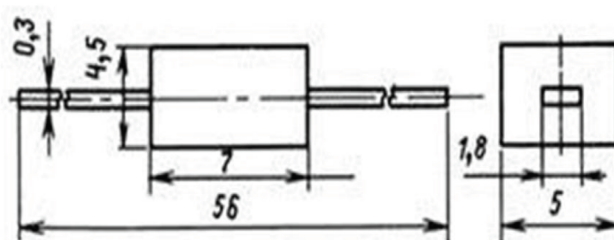


Рисунок 2. 3 - Габаритні розміри діодів КД105Б

#### Основні технічні характеристики кремнієвих діодів MUR8100EG

Постійна пряма напруга	1,8 В
Постійний зворотний струм	500 мкА
Максимальна постійна зворотна напруга	800 В

Максимальний постійний прямий струм  
Діапазон робочих температур

16 А  
-65... +150 °С

Габаритні розміри діодів MUR8100EG, наведені на рисунку 2. 4.

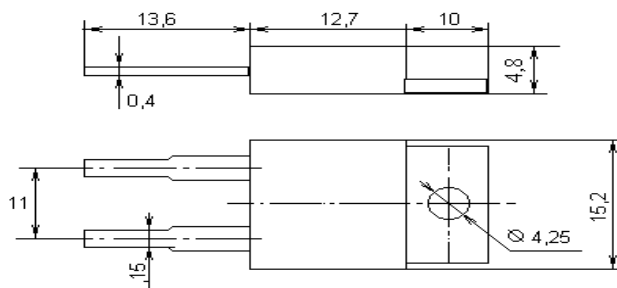


Рисунок 2. 4 - Габаритні розміри діодів MUR8100EG

#### Основні технічні характеристики транзистора IRF540N

Постійний максимальний струм колектора	23 А
Постійна максимальна напруга колектор – емітер	20 В
Постійна максимальна напруга емітер – база	1,2 В
Потужність, що розсіюється, не більше	130 Вт
Статичний коефіцієнт передачі струму в схемі з ОЕ	40
Напруга насичення колектор – емітер	0,6 В
Максимальна ємність колекторного переходу	60 пф
Максимальна температура р – n переходу	125 °С
Діапазон робочих температур	-55..+150 °С

Габаритні розміри транзистора IRF540N, наведені на рисунку 2. 4.

#### Основні технічні характеристики металодіелектричних резисторів С2-33

Номінальна потужність	0,125 Вт
Ряди проміжних значень опору	E96
Припустиме відхилення опору від номінального	5 %
Гранична робоча напруга	200 В
Температурний коефіцієнт опору	±(200.....50
Діапазон робочих температур	-60... +155
Мінімальний наробіток на відмову	20000 год



Термін зберігання  
Габаритні розміри резисторів С2-33, наведені на рисунку 2. 5.

15 років

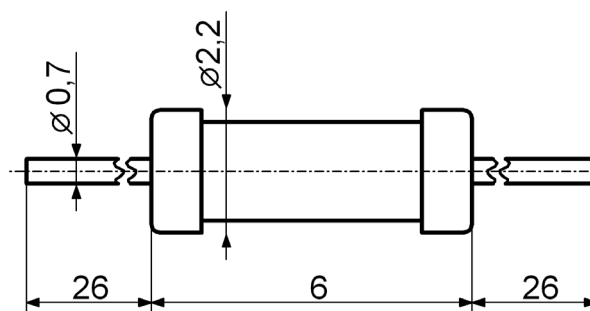


Рисунок 2. 5 - Габаритні розміри резисторів С2-33

#### Основні технічні характеристики дрових резисторів ОАР-5

Гранична робоча напруга	200 В
Температурний коефіцієнт опору	$\pm(200 \dots 50)$
Діапазон робочих температур	$-60 \dots +85$ °С
Мінімальний наробіток на відмову	20000 год
Термін зберігання	25 років

Габаритні розміри резисторів ОАР-5, наведені на рисунку 2. 6 .

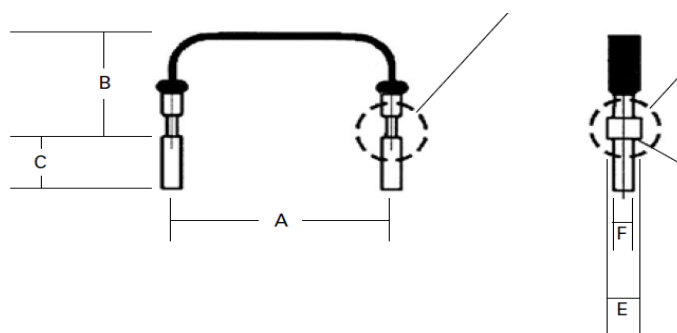


Рисунок 2.6 - Габаритні розміри резисторів ОАР-5

#### Основні технічні характеристики змінного резистора PV12P

Функціональна характеристика	А
Номінальна потужність	0,25 Вт
Діапазон робочих температур	$-45 \dots +70$
Зносостійкість	25000

Габаритні розміри резистора PV12P, наведені на рисунку 2. 7.

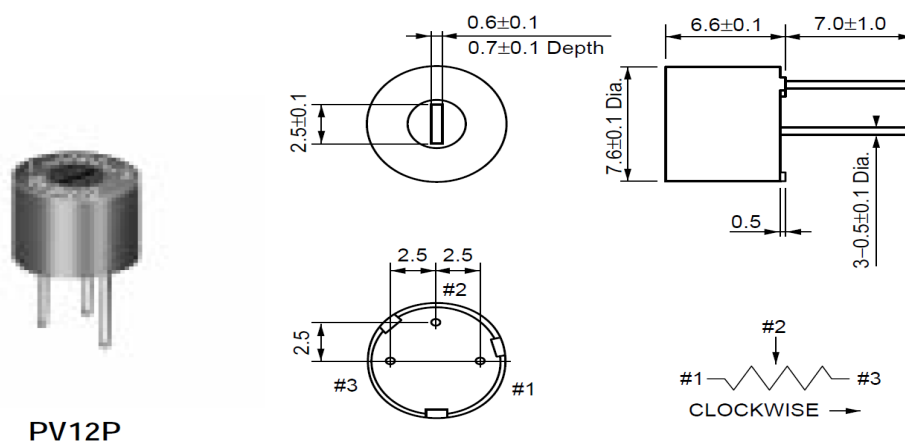


Рисунок 2. 7 - Габаритні розміри резистора PV12P

Основні технічні характеристики змінного резистора PT10 X H05

Функціональна характеристика	А
Номінальна потужність	0,25 Вт
Діапазон робочих температур	-45... ...+70
Зносостійкість	25000

Габаритні розміри резистора PT10 X H05, наведені на рисунку 2. 8.

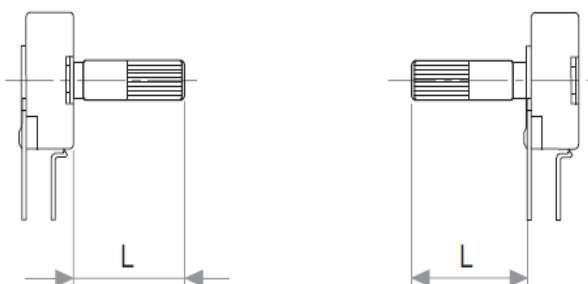


Рисунок 2.8 - Габаритні розміри резистора PT10 X H05

Основні технічні характеристики керамічних конденсаторів типу МКР 380

Номінальна ємність	100-4700 пф	0,047-0,33 мкф	1-2,2 мкф
Номінальна напруга	50 В	40 В	25 В
Група по ТКЕ	M75, H50	H90	H90

Припустимі відхилення ємності	-20..+20 %	-20..+80 %	-0..+80 %
Тангенс кута втрат	0,0015	0,035	0,035
Опір ізоляції	10 ГОм	1 ГОм	1 ГОм
Постійна часу	250 МОм*мкф	75 МОм*мкф	75МОм*мкф
Діапазон робочих температур	-60..+85 °С	-60..+85 °С	-60..+85 °С

Габаритні розміри конденсаторів МКР 380, наведені на рисунку 2. 9.

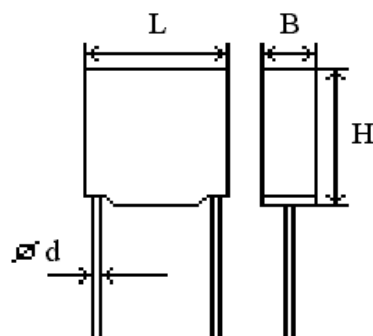


Рисунок 2. 9 - Габаритні розміри конденсаторів МКР 380

Номінальна ємність	100-4700 пф	0,047-0,33 мкф	1-2,2 мкф
Довжина (L), мм	6,8	6,8	12
Товщина (B), мм	4,6	4,6	8,6
Висота (H), мм	5,5	5,5	5,5
Діаметр виводу (d), мм	0,7	0,7	0,7

Основні технічні характеристики електролітичних конденсаторів типу FC A

Номінальна ємність	10 мкф	1000 мкф
Номінальна напруга	16 В	16 В
Припустимі відхилення ємності	-20..+20 %	-20..+80 %
Тангенс кута втрат	15...40...40	15...40...40
Припустимий рівень змінної складової напруги	4...25...25 %	4...25...25 %
Діапазон робочих температур	-20..+70 °С	-20..+70 °С

Габаритні розміри конденсаторів FC A, наведені на рисунку 2. 10.

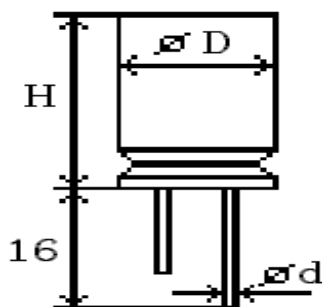


Рисунок 2.10 - Габаритні розміри конденсаторів FC A

Номинальна ємність, мкф	10	1000
Діаметр корпусу (D), мм	6	8,2
Висота (H), мм	5,5	5,5
Діаметр виводу (d), мм	0,8	0,8

#### Параметри світловипромінюючого діода АЛ307ВМ

Мінімальна довжина хвилі випромінювання	552 нм
Максимальна довжина хвилі випромінювання	572 нм
Сила світла, не менше	0,4 мДж
Пряма максимальна напруга	2,8 В
Зворотна максимальна напруга	2 В
Прямий максимальний струм	22 мА
Прямий максимальний імпульсний струм	60 мА
Температура навколишнього середовища	-60.....+70 °С
Кольори світіння	зелений

Габаритні розміри світлодіодів АЛ307ВМ, наведені на рисунку 2. 11.

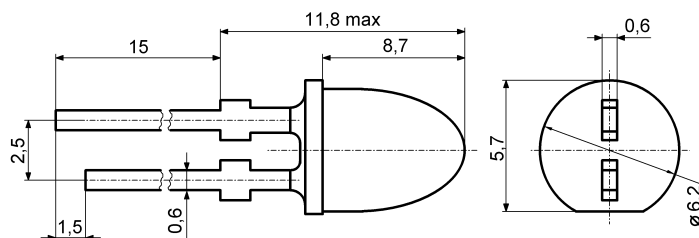


Рисунок 2.11 - Габаритні розміри світлодіодів АЛ307ВМ

### Основні технічні характеристики клемів М4 60800-493

Матеріал корпусу	сталь
Матеріал контактів	фосф. бронза поверх нікелю й олова
Робочий струм	10 А
Робоча напруга	250 В
Опір контактів	10...20...20 мОм
Опір ізоляції	50 МОм
Діапазон робочих температур	-40.....+ 105 °С
Маса	8 г

Габаритні розміри клемів М4 60800-493, наведені на рисунку 2. 12.

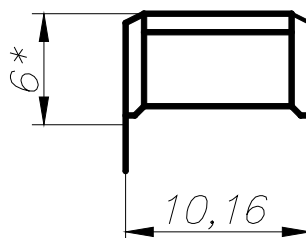


Рисунок 2.12 - Габаритні розміри клемів М4 60800-493

### Основні технічні характеристики клемів TP6S

Material	poliamide
Contact termination	screw
Current rating	30 А
Contact plating	nickel
Contact material	brass
Connector type	binding post

Габаритні розміри клемів TP6S, наведені на рисунку 2. 13.

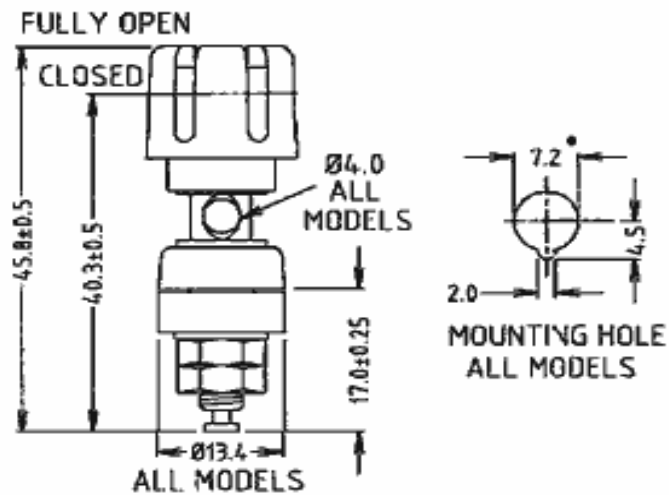


Рисунок 2.13 - Габаритні розміри клемів TR6S

## 2.5 Аналіз аналогічних конструкцій

На даний момент на ринку представлена величезна маса різноманітних зарядних пристроїв для автомобільних акумуляторів, як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва. На рисунку 2.14 зарядний пристрій італійської фірми Telwin моделі Alpine 18 boost 230 V використовується для зарядки батарей вантажних і легкових автомобілів напругою 12 В і 24 В. Це трансформаторний пристрій працює тільки від мережі 220 В.



Рисунок 2.14 - Зовнішній вигляд ЗП моделі Alpine 18 boost 230V фірми Telwin

Відома в автомобільному світі компанія Bosch випускає цілу серію зарядних пристроїв ВАТТМАХ (з цифровими індексами 4, 6,8 і 12). Всі пристрої мають надійний захист від короткого замикання, неправильного підключення по полярності і перегріву. Є світлодіодна індикація статусу заряду батареї. На жаль, пристрій не оснащений стабілізатором, а значить, його коректна робота залежить від реальної напруги в мережі.

Пуско-зарядний імпульсний пристрій фірми Black&Decker BDV 012 I на рисунку 2.15 вироблено в Китаї під наглядом цієї іменитої фірми, тому якість виробу нарікань не викликає.



Рисунок 2.15 - Зовнішній вигляд ЗП фірми Black&Decker BDV 012 I

Цей універсальний прилад здатний заряджати акумулятори легкових автомобілів, побутової техніки і електроніки. Крім того він може забезпечити запуск двигуна, навіть якщо автомобільний акумулятор повністю розряджений. Зарядно-пусковий пристрій BDV 012 I здатний працювати як від побутової електричної мережі з напругою 220 В, так і від автомобільної розетки 12В. Воно оснащено індикаторами рівня зарядки батареї, а також спеціальним відсіком для зберігання кабелів і клем. Більш того, модель BDV 012 I має вбудований світлодіодний ліхтар і повітряний компресор 8,2 атмосфер. При цьому пристрій компактний і відрізняється невеликою вагою.

Дані про порівняльні характеристики розглянутих аналогічних пристроїв наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Порівняльні характеристики аналогічних пристроїв

Параметри	Фірма-виробник		
	Telw	Black&	Новий
Напруга живлення, В	~220	~220±1	~220±25%
Струм споживання, А	0,5	1	0,5
Кількість акумуляторів	1	1	1
Індикатор зарядки	нема	є	є
Додаткові функції	є	є	немає
Маса пристрою, кг	3	5	2,5

Порівнюючи основні параметри розглянутих вище ЗП з характеристиками розроблювального пристрою можна зробити висновок про те, що новий пристрій трохи поступається по функціональному наборі деяким параметрам виробів відомих фірм виробників, але за такими показниками як, простота, діапазон робочих напруг, ціна має більш високі якісні показники, що повинно вплинути на попит у споживачів до даного виробу. Конкурує з аналогічними пристроями за рахунок більш низької ціни, простоти й зручності експлуатації.

Проаналізувавши аналоги розроблюваного пристрою по елементах керування й зовнішньому вигляду була сконцентрована увага на зарядному пристрої моделі Alpine 18 boost 230 V фірми Telwin, який був розглянутий вище. Передбачається, що розроблюваний апарат буде мати подібний вигляд і елементи керування.

Таким чином, проєктований пристрій повинен мати високі технічні характеристики, мати зручне керування, прийнятний вид, пояснювальні написи на корпусі пристрою повинні зручно читатися й розташовуватися над органами керування.

При огляді зовнішнього вигляду й функціональної будови аналогічних пристроїв можна висунути наступні вимоги на розробку:



- форма пристрою повинна нагадувати форму паралелепіпеда, з горизонтальним розташуванням;
- для механічного кріплення блоків до елементів корпусу з метою досягнення високої ремонтпридатності використати нарізні сполучення гвинтами;
- розміри й взаємне розташування органів управління, пояснювальних написів і логотипів повинні відображати сучасний дизайн;
- при проектуванні зовнішнього вигляду необхідно використовувати кольори не віддалено розташовані на колірному колі;
- основним кольором пристрою зробити чорний колір;
- розташування органів управління повинне бути зручним;
- елементи керування (вимикач), необхідно застосовувати круглої або прямокутної форми, поверхню рекомендується виконувати ввігнутою.

Вимоги дотичних написів на корпусі пристрою:

- пояснювальні написи повинні бути зрозумілими й зручно читатися;
- місце розташування пояснювальних написів повинне бути на рівному місці, щоб можна було їх добре розгледіти, відповідно біля позначуваної функції;
- колір пояснювальних написів повинен знаходитися на протилежній або максимально віддаленій стороні колірного кола, у цьому випадку колір пояснювального напису - білий, щодо основного кольору корпусу - чорного або темносинього;
- написи фірмового логотипа або назви пристрою повинні виконуватися на спеціально відведеному місці, несучи символічну або буквену інформацію;
- логотипи не повинні бути схожими на пояснювальні написи або навпаки, мати своє місце розташування, щоб не заважали один одному;
- при даних розмірах корпусу пристрою висота пояснювальних написів повинна бути в бокових межах від 3 до 6мм;
- технологічно доцільно всі написи виконувати білою фарбою.

## 2.6 Аналіз вимог до виробництва

Проектований виріб планується випускати на підприємстві, що серійно випускає РЕА широкої номенклатури. У розроблювальному пристрої використане наступне процентне співвідношення між різними типами елементів:

- мікросхеми в корпусі типу DIP - 7,84%;
- ЕРЕ з осьовими виводами - 47,06%;
- ЕРЕ з аксіальними виводами - 45,1%;

За результатами аналізу технологій, освоєних на передбачуваному підприємстві-виготовлювачі проектованого ЗП й складу застосовуваної елементної бази, а також з огляду на вимоги технічного завдання треба сформулювати - 92,16% мають ЕРЕ з осьовими та аксіальними виводами, тому автоматизувати процес їхньої установки на ДП в першу чергу. Через відносно малий обсяг випуску доцільно використати універсальні настановні автомати з декількома монтажними голівками, що при достатній продуктивності установки дозволить знизити витрати на технологічну підготовку виробництва;

– кінцева зборка припускає організацію безперебійної поставки на складальні ділянки необхідних комплектуючих, забезпечення персоналу необхідним інструментом, достатню кваліфікацію збирачів і мотивацію їхньої праці й ін.

## 2.7 Технічне завдання на розробку

Вимоги до конструкції пристрою:

- кріплення блоків у корпусі пристрою здійснюється за допомогою саморіжучих гвинтів;
- електричне з'єднання здійснюється за допомогою джгутів, що мають на кінцях з'єднувачі;
- габаритні розміри не більше 171x128x110 мм. Середній термін служби не менше 15 років.
- маса повинна бути не більше 3 кг.

Вимоги висунуті до конструкції ДП:

- мінімальні розміри ДП 110x75 мм;
  - маса повинна бути не більше 0,3 кг;
  - наробіток на відмовлення - не менше 15 років;
  - імовірність безвідмовної роботи повинна бути на рівні 0,9 - 0,7 за 20000годин.
- потенційні провідники шин живлення й «землі» виконати з більшим перетином чим сигнальні (у випадку друкованого монтажу – з більшою шириною);
  - сигнальні лінії зв'язку на ДП по можливості зробити по-коротше;
  - конденсатори по живленню, що згладжують, необхідно розмістити якнайближче до корпусів мікросхемам (функціональних вузлів);
  - друковану плату зробити двосторонньою;
  - крок координатної сітки для розміщення 1,25 мм.

## 3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІ ПРИБОРУ

### 3.1 Вибір типу і розмірів друкованої плати

У виді середньої складності електричної схеми найбільш прийнятним буде використання двосторонньої ДП із одnobічною установкою НЕ, тому що вона повністю дозволяє реалізувати пропоновану схему.

Знаючи настановні розміри ЕРЕ визначимо габаритні розміри ДП блоку для підживлення акумуляторних батарей. Наставні площі й геометричні параметри ЕРЕ наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Геометричні розміри й настановні площі начіпних елементів.

Найменування і тип елемента	Геометричні розміри настановної площадки, мм			Площа настановної площадки, мм <sup>2</sup>	Кількість елементів, шт.	Сумарна настановна площа, мм <sup>2</sup>
	довжина	ширина	радіус			
1. Мікросхеми в DIP14	19	8	-	152	4	608
2. Мікросхеми, транзистор та діоди ТО-220	15,2	4,8	-	73	7	511
3. Резистор С2-23	10	3	-	30	17	510
4. Резистор PV12P	-	-	3,8	12	1	12
5. Резистор РТ10ХН05	20	10	-	200	1	200
6. Резистор OAR-5	23	3	-	69	2	138
7. МКР380 1 мкФ	26	8,5	-	221	2	442
8. МКР380 ,1мкФ	5	2,5	-	12,5	2	25
9. МКР380 47 пФ	5	2,5	-	12,5	2	25
10. FC A-25B-1000 мкФ	-	-	6,5	133	2	266
11. FC A-25B-10 мкФ	-	-	2,25	16	2	32
12. Діод КД105Б	7,5	4,5	-	34	7	238
13. АЛ307ВМ	12	6	-	72	1	72
14. Клема М4	10,2	10,2	-	104	2	208
15. Клема TP6S	-	-	6,7	40,3	2	80,6

Для визначення площі розроблювальної конструкції ДП скористаємося формулою

$$S = \sum_{i=1}^n S_i / K, \quad (3.1)$$

де  $S_i$  – настановна площа  $i$ -го начіпного елемента;

$K_3$  – коефіцієнт втрат площі ( $K_3=1, 2, 3$ ), приймемо  $K_3=3$ .

Площа, яку займають елементи, і їхня кількість наведена в таблиці 2.1

З формули (2.1) одержуємо

$$S=3 \times (608+511+510+12+200+138+442+25+25+266+32+238+72+208+80,6) = 9861 \text{ мм}^2.$$

Візьмемо друковану плату певних розмірів з дотриманням вимог ДСТУ 10317-79, причому форма друкованої плати тільки прямокутна. По ОСТ.4.010.019-81 максимальні розміри сторін визначаються класом точності друкованого монтажу й для третього класу точності становить 230 мм. Беручи до уваги вищесказане, ДП буде мати розміри 110 x 75 мм.

Як діелектрична основа для виготовлення ДП широке поширення одержали шаруваті діелектрики, що складаються з наповнювача і єднальної речовини (синтетичної смоли). ДП при експлуатації не буде піддаватися високим механічним і тепловим впливам агресивних середовищ, тому відповідно до ДСТУ 10316-78, виберемо найпоширеніший матеріал склотекстоліт GFN (FR-4).

### **3.2 Конструктивно - технологічний розрахунок друкованої плати**

Конструктивно - технологічний розрахунок зробимо згідно методиці [4].

Номінальні значення основних параметрів друкованого монтажу для вузького місця наведені в таблиці 3.2.[4]

Таблиця 3.2 - Номінальні значення основних параметрів друкованого монтажу для вузького місця

Найменування розрахункового елемента	Позначення	Значення параметрів для 3-го класу точності ДП
Ширина провідника, мм	$T_M$	0,25
Відстань між краями сусідніх елементів провідного рисунка, мм	$S_M$	0,25
Відношення діаметра металізованого отвору до товщини плати	$I$	0,33
Ширина гарантійного паска, мм	$B_M$	0,10

У проектованій ДП є перехідні й монтажні отвори. Діаметри перехідних і монтажних отворів повинні відповідати ДСТУ 10317-79. [4]

Під перехідним отвором ДП мається на увазі отвір, що служить для з'єднання провідних шарів ДП.

Мінімальний діаметр перехідного отвору визначається зі співвідношення

$$d_{no} \geq I H_n, \quad (3.2)$$

де  $I$  - відношення діаметра металізованого отвору до товщини плати;

$H_n$  – товщина друкованої плати.

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

Приймаємо діаметр перехідних отворів  $d_n = 0,5 \text{ мм.}$

Мінімальний діаметр монтажного отвору визначається зі співвідношення

$$d_m \geq d_e + \Delta + |\Delta d_n|, \quad (3.3)$$

де  $d_e$  - діаметр виводу начіпного елемента;

$\Delta$  - щілина між виводом і монтажним отвором для пайки ( $\Delta=0,1 \dots 0,4$  мм);

$\Delta d_n$  - нижнє граничне відхилення номінального значення діаметра отвору.

Діаметри виводів застосованих елементів:

- для конденсаторів FC A-25B-10 мкФ -  $d_1 = 0,4$  мм ;

- для мікросхем в корпусі DIP, резисторів PT10 X H05 -  $d_2 = 0,6$  мм ;

- для конденсаторів МКР 380 (47 пФ, 0,1 мкФ, 0,33 мкФ), FC A-25B-1000 мкФ, світлодіодів АЛ307ВМ, резисторів типу С2-23, PV12P102A01, діодів КД105Б -  $d_3 = 0,7$  мм;

- для резистора РТ10 Х Н05 -  $d_4 = 1,0$  мм;

- для клем М4 60800-493, ТР6S -  $d_5 = 1,2$  мм;

- для керамічних конденсаторів МКР 380 (1мкФ), елементів в корпусі ТО-220, резисторів ОАР-5 -  $d_6 = 1,3$  мм.

Визначаємо діаметри монтажних отворів по формулі (2.3)

$$d_{M1} = 0,4 + 0,2 + 0,05 = 0,65 \text{ мм} - \text{приймаємо } d_1 = 0,7 \text{ мм};$$

$$d_{M2} = 0,6 + 0,2 + 0,05 = 0,85 \text{ мм} - \text{приймаємо } d_2 = 1,0 \text{ мм};$$

$$d_{M3} = 0,7 + 0,2 + 0,05 = 0,95 \text{ мм} - \text{приймаємо } d_3 = 1,0 \text{ мм};$$

$$d_{M4} = 1,0 + 0,2 + 0,05 = 1,25 \text{ мм} - \text{приймаємо } d_4 = 1,4 \text{ мм};$$

$$d_{M5} = 1,2 + 0,2 + 0,05 = 1,35 \text{ мм} - \text{приймаємо } d_5 = 1,5 \text{ мм};$$

$$d_{M6} = 1,3 + 0,2 + 0,05 = 1,55 \text{ мм} - \text{приймаємо } d_6 = 1,6 \text{ мм}.$$

Номінальне значення ширини провідника  $t$  у міліметрах розраховують по формулі

$$t = t_m + |\Delta t_{HO}|, \quad (3.4)$$

де  $t_m$  - мінімально припустима ширина провідника;

$\Delta t_n$  - нижнє граничне відхилення ширини провідника.

$$t = 0,2 + 0,08 = 0,28 \text{ мм}.$$

Приймаємо ширину провідника  $t = 0,3$  мм.

Номінальне значення відстані між сусідніми елементами друкованого монтажу

$$S = S + \Delta t_g, \quad (3.5)$$

де  $S$  - мінімально припустима відстань між сусідніми елементами провідного рисунка;

$\Delta t_g$  - верхнє граничне відхилення ширини провідника.

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

Приймаємо  $S = 0,3 \text{ мм}$ .

Таблиця 3.3 - Припустимі погрішності виконання конструктивних елементів для 3-го класу точності [4]

Погрішність	Позначення	Значення, мм
Допуск на отвір без металізації При $\varnothing \leq 1 \text{ мм}$ При $\varnothing > 1 \text{ мм}$	$\Delta d$	$\pm 0,05$ $\pm 0,10$
Допуск на ширину провідника Без покриття З покриттям	$\Delta t$	$\pm 0,03$ $+0,10$ $-0,08$
Допуск при розташуванні отворів При розмірі ДП, мм $L \leq 180$ $180 < L \leq 360$	$\delta d$	$0,08$ $0,10$
Допуск на розташування контактних площадок, мм при $L \leq 180$ $180 < L \leq 360$	$\delta p$	$0,2$ $0,25$
Допуск на розташування провідників	$\delta l$	$0,05$

Діаметр контактної площадки (для перехідних і монтажних отворів) визначається по формулі

$$D = (d + \Delta d_g) + 2b + \Delta t_g + \sqrt{\delta d^2 + \delta p^2 + \Delta t_n^2}, \quad (3.6)$$

де  $d$  - діаметр отвору;

$\delta d$  - діаметральне значення позиційного допуску розміщення центрів отворів щодо номінального положення;

$\delta p$  - діаметральне значення позиційного допуску розміщення контактних площадок щодо номінального положення.

$$D_1 = 0,7 + 0,05 + 2 \times 0,1 + 0,1 + 2 \times 0,03 + \sqrt{0,08^2 + 0,2^2 + 0,08^2} = 1,32 \text{ мм};$$

Приймаємо  $D_1 = 1,3 \text{ мм}$ .

$$D_2 = 1 + 0,1 + 2 \times 0,1 + 0,03 + 2 \times 0,03 + \sqrt{0,08^2 + 0,2^2 + 0,08^2} = 1,62 \text{ мм};$$



Приймаємо  $D_2=1,6$  мм.

$$D_3=1,4+0,1+2 \times 0,1+0,03+2 \times 0,03+\sqrt{0,08^2+0,2^2+0,08^2} = 2,02 \text{ мм};$$

Приймаємо  $D_3=2,0$  мм.

$$D_4=1,5+0,1+2 \times 0,1+0,03+2 \times 0,03+\sqrt{0,08^2+0,2^2+0,08^2} = 2,12 \text{ мм};$$

Приймаємо  $D_4=2,0$  мм.

$$D_5=1,6+0,1+2 \times 0,1+0,03+2 \times 0,03+\sqrt{0,08^2+0,2^2+0,08^2} = 2,22 \text{ мм};$$

Приймаємо  $D_5=2,2$  мм.

Розрахунок мінімальної відстані для проведення  $n$ -ної кількості провідників між контактними площадками діаметрів  $D_1$  й  $D_2$  розраховується по формулі

$$l = (D_1 + D_2) / 2 + t \cdot n + S(n + 1) + \delta l, \quad (3.7)$$

де  $\delta l$  - діаметральне значення позиційного допуску розміщення провідника щодо номінального значення.

Розрахунок мінімальної відстані для проведення одного провідника між двома контактними площадками

$$l = \frac{1,4 + 1,4}{2} + 0,2 \times 1 + 0,4 \times (1 + 1) + 0,05 = 2,45 \text{ мм}.$$

З вищенаведених розрахунків можна зробити висновок, що відстані між двома сусідніми контактними площадками досить для прокладки одного провідника з урахуванням обмежень, пропонованих до друкованого монтажу. Тому контактні площадки підрізати не потрібно.

### 3.3 Розрахунок по постійному струмі

Розрахунок виконується для ланцюгів живлення й «землі».

Якщо мікросхеми на платі розміщуються регулярно, то ширина провідників живлення й “землі” визначається по формулі

$$S_{пз} \geq \rho \cdot l \cdot I / (0,02 \cdot U_{п}), \quad (3.8)$$

де  $\rho$  – питомий опір провідника ( $\rho = 0,0172 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ );

$l$  - максимальна довжина провідника ( $l = 0,185 \text{ м}$ );

$I$  - максимальний струм, що протікає по провіднику ( $I = 10 \text{ А}$ );

$U_{\text{п}}$  – напруга живлення схеми ( $U_{\text{п}} = 12 \text{ В}$ ).

$$S_{\text{пз}} \geq 0,0172 \cdot 0,185 \cdot 0,2 / (0,02 \cdot 12) = 0,0027 \text{ мм}^2.$$

Визначимо мінімальну ширину шини живлення й землі

$$b_{\text{пз}} = S_{\text{пз}} / h_{\text{ф}}, \quad (3.9)$$

$$b_{\text{пз}} = 0,0027 / 0,07 = 3,7 \text{ мм}.$$

Приймаємо  $b_{\text{пз}} = 4,0 \text{ мм}$ .

Визначаємо мінімальну ширину сигнальних провідників

$$S \geq \frac{\rho \cdot I \cdot l}{0,02 \cdot U} = \frac{0,0172 \cdot 0,001 \cdot 0,185}{12 \cdot 0,02} = 0,0000132 \text{ мм}^2, \quad (3.10)$$

$$b = S / h_{\text{ф}} = 0,0000132 / 0,07 = 0,00018 \text{ мм}.$$

Приймаємо ширину сигнальних провідників  $b = 0,3 \text{ мм}$ .

Кількість контактів  $n_k$  з'єднувача непрямого зчленування, що здійснюють підвід напруги живлення й “землі” визначають зі співвідношення

$$n_k = \frac{t_{\text{пз}}}{\pi \times d_B}, \quad (3.11)$$

де  $d_B$  - діаметр виводів з'єднувача, що запаюють у плату.

$$n_k = \frac{0,3}{3,14 \times 1,2} = 0,08.$$

Приймаємо кількість контактів з'єднувача непрямого зчленування  $n_k = 1$ .

Щилина  $S$  між провідниками живлення й “землі” вибирають на підставі даних в залежності різниці напруг між сусідніми провідниками. Для розроблювальної друкованої плати мінімальний зазор становить  $0,3 \text{ мм}$ .

Отримані результати розрахунку по постійному струмі уточнюють прийняті раніше розміри друкованого монтажу. Розрахунок показав можливість нормального функціонування проектованого виробу з погляду навантажувальної здатності провідників по струму й напрузі.

### 3.4 Розрахунок по змінному струмі

Розрахунок зводиться до визначення граничних довжин провідників з умови забезпечення надійної роботи схем. Спочатку уточнюється максимальна довжина загального проходження близько розміщених провідників. Тому що паразитний зв'язок різко зменшується при збільшенні відстані між провідниками, та найбільшу перешкоду наводять два провідники, розміщені на різних сторонах від пасивної лінії. [4]

Припустимо довжину трьох паралельно розміщених сигнальних провідників розраховують по формулі

$$l_{\partial} = 0,5l_{cd}l_{m\partial} / (l_{cd} + l_{m\partial}), \quad (3.12)$$

де  $l_{cd}, l_{m\partial}$  - гранична довжина паралельно розміщених провідників при дії тільки ємнісного паразитного зв'язку й тільки індуктивного паразитного зв'язку відповідно.

Припустима довжина паралельно розташованих сусідніх провідників при впливі тільки ємнісного паразитного зв'язку визначається по формулі

$$l_{cd} = \frac{C_{\partial}}{C_{\Pi}}, \quad (3.13)$$

де  $C_{\partial}$  - припустима ємність паразитного зв'язку, що залежить від завадостійкості мікросхем. Приймаємо  $C_{\partial} = 50n\Phi$ .

$C_{\Pi}$  - погонна ємність (Пф/див) визначається по формулі

$$C_{\Pi} = K_{\Pi}\xi', \quad (3.14)$$

де  $K_{\Pi}$  - коефіцієнт пропорційності;

$\xi'$  - діелектрична проникність середовища. Приймаємо  $K_{\Pi} = 0,12$ .

Для провідників, розташованих на поверхні плати

$$\xi' = (\xi_0 + \xi) / 2, \quad (3.15)$$

де  $\xi_0$  - діелектрична проникність повітря або лаку, якщо плата покрита лаком;

$\xi$  - діелектрична проникність матеріалу плати.

Для склотекстоліту марки GFN(FR-4) -  $\epsilon = 4$ . Для лаку УР-231- $\epsilon_0 = 4$ .

По формулі (3.15) одержимо

$$\xi' = \frac{4 + 4}{2} = 4.$$

Підставляючи  $\epsilon$  в (3.14) одержуємо значення погонної ємності  $C_{II}$

$$C_{II} = 0,12 \times 4 = 0,48 \text{ нФ/см}.$$

Значення  $C_{II}$  підставляємо у формулу (3.12) і обчислюємо припустиму довжину паралельно розташованих сусідніх провідників при впливі тільки ємнісного паразитного зв'язку

$$l_{co} = 50 / 0,48 = 104 \text{ см}.$$

Гранична довжина паралельно розташованих сусідніх провідників при дії тільки індуктивного паразитного зв'язку для плати без екранованої площини

$$l_{mo} \{ \ln [ 2l_{mo} / [ S + 0.5(t_1 + t_2) ] ] - 1 \} = \frac{t_{zc}(U_{ny} + U_o)}{K_3 \Delta I}, \quad (3.16)$$

де  $U_{ny}$  – значення завадостійкості мікросхем, В;

$U_o$  - напруга логічного 0, ( $U_o = 0,4$  В);

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

$t_{зср}$  - середній час затримки ( $t_{зср} = 40$  нс);

$K_3$  - коефіцієнт запасу ( $K_3 = 0,5 \dots 0 \dots 0,7$ )

Для рішення даного рівняння скористаємося ітераційним методом Ньютона.

Уведемо позначення

$$Z = l_{mo},$$

$$C = t_{зср}(U_{ny} + U_o) / (K_3 \Delta I),$$

$$B = -1,$$

$$A = [ S + 0,5(t_1 + t_2) ] / 2.$$

Тоді вихідне рівняння перетвориться до виду

$$Z [ \ln(Z / A) + B ] - C = 0.$$

Ітераційна формула буде мати такий вигляд

$$Z_{i+1} = \frac{Z_i + C}{\ln(Z_i / A) + B + 1}.$$

Обчислення по ітераційній формулі виконують доти, доки не виконається умова

$$|Z_{i+1} - Z_i| \leq \Delta,$$

де  $\Delta$  - точність обчислень.

$$C = 40 \cdot (0,4 + 0,4) / (0,6 \cdot 0,01) = 900,$$

$$B = -1,$$

$$A = [0,4 + 0,5(0,3 + 0,3)] / 2 = 0,35.$$

Приймаємо  $Z_0 = 100$ ;  $\Delta = 1$ .

$$Z_1 = (100 + 900) / (\ln(100 / 0,35)) = 178 \text{ см},$$

$$|176 - 100| = 76 > 1,$$

$$Z_2 = (178 + 900) / (\ln(178 / 0,35)) = 174 \text{ см},$$

$$|174 - 178| = 3 > 1,$$

$$Z_3 = (174 + 900) / (\ln(174 / 0,35)) = 173,5 \text{ см},$$

$$|174 - 173,5| = 0,5 < 1 - \text{умова виконується.}$$

Отже  $l_{\text{мд}} = 173,5 \text{ см}$ .

Тоді припустима довжина трьох паралельних провідників буде

$$l_{\text{д}} = 0,5 l_{\text{сд}} l_{\text{мд}} / (l_{\text{сд}} + l_{\text{мд}}) = 0,5 \cdot 104 \cdot 173,5 / (104 + 189,04) = 30,8 \text{ см}.$$

З наведених розрахунків можна зробити висновок, що довжину трьох паралельно розташованих сигнальних провідників не можна робити більше чим 30,8 см, у другому випадку можливі різні паразитні наведення, що приводять до різних помилкових спрацьовань елементів схеми й погіршення роботи пристрою.

Завданням ЕМС є забезпечення нормального функціонування пристрою в умовах ненавмисних перешкод всіх видів.

### 3.5 Трасування друкованого монтажу

Трасування друкованих плат — один з етапів проектування радіоелектронної апаратури, що полягає в покроковому проектуванні структури провідників друкованої плати вручну або з використанням однієї з САПР друкованих плат. Проектована друкована плата є двосторонньою.

На основі представлених способів одержання провідного рисунка для проєктованих друкованих плат виконується трасування друкованого монтажу за допомогою спеціалізованої програми PCAD редактором ACCEL.PCB.

### 3.6 Тепловий розрахунок

У виробі, що розробляється, найбільш тепловиділяючими елементами є діоди Mur8100eg. Максимальна потужність розсіювання на кожному з них може досягати 30 Вт. Для забезпечення нормального теплового режиму їх необхідно встановити на тепловідвідний радіатор.

Проведемо розрахунок радіатора. Дані для розрахунку:

- температура навколишнього середовища –  $t_c = 25^\circ\text{C}$ ;
- матеріал радіатора – алюміній;
- ступінь чорноти покриття  $\varepsilon = 0.4$ .

Визначаємо температуру корпусу діода

$$t_K = t_{II} - PR_{п.к.}, \quad (3.17)$$

де  $t_{II}$  -температура переходу діоду,  $^\circ\text{C}$ ;

$P$  – потужність розсіювання, Вт;

$R_{пк}$  – тепловий опір перехід-корпус,  $^\circ\text{C}/\text{Вт}$ .

$$t_K = 150 - 50 \times 1,5 = 75^\circ\text{C}.$$

Знаходимо різницю температур між корпусом діода і радіатором

$$\theta_{к.р.} = PR_{к.р.}, \quad (3.18)$$

де  $R_{кр}$  – тепловий опір корпус-радіатор,  $^\circ\text{C}/\text{Вт}$  ( $R_{кр} = 0,25^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ).

$$\theta_{K.P.} = 50 \times 0,25 = 12,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

По номограмі по відомих значеннях  $t_R, \theta_{K.P.}, t_C$  визначаємо середню температуру поверхні,  $t_S$ , різницю температур між радіатором і навколишнім середовищем  $\theta_{P.C.}$  і середню температуру  $t_M$

$$t_S = 60 \text{ } ^\circ\text{C}; \theta_{P.C.} = 35 \text{ } ^\circ\text{C}; t_M = 42,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Прийнявши протяжність радіатора  $L$  рівною 62 мм, знайдемо по номограмі коефіцієнт тепловіддачі конвенцією  $\alpha_K$

$$\alpha_K = 6,4 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}.$$

Визначаємо значення коефіцієнта випромінювання  $\alpha_L$

$$\alpha_L = 3 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}.$$

Знаходимо загальний коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha$

$$\alpha = 6,4 + 3 = 9,4 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}.$$

Визначаємо поверхню теплообміну

$$S_p = 0,15 \text{ м}^2.$$

Розрахунок зроблений для площі поверхні теплообміну для одного діода, для чотирьох діодів і одного транзистора поверхня теплообміну буде  $S_p = 0,75 \text{ м}^2$ .

Виходячи з того що площа розсіювання радіатора дуже велика вибираємо примусове охолодження за допомогою вентилятора.

### 3.7 Розрахунок надійності блоку

У дійсному проекті оцінюється структурна надійність проектованого електронного пристрою для підживлення акумуляторних батарей. Розрахунок виконується на ЕОМ. Вихідними даними до розрахунку є дані про типи використаних елементів, їхній кількості й надійності, спосіб з'єднання між елементами.

Вихідні дані наведені в таблиці 3.4, а результати розрахунку в таблиці 3.5. Графіки ймовірностей безвідмовної роботи й відмови пристрою представлені на рисунках 3.1 й 3.2 відповідно.

Таблиця 2.4 - Вихідні дані для розрахунку надійності пристрою

№ п/п	Наименование	Вид монтажа	Число конт.	Кол-во эл.,N	Интенсивность отказов	Коеф. нагрузки	N*λ*α
1	МИКРОСХЕМА L7812	0	3	1	3	0,2	0,6
2	МИКРОСХЕМА L7912	0	3	1	4	0,1	0,4
3	МИКРОСХЕМА K553УД2	0	14	2	2,4	1	4,8
4	МИКРОСХЕМА IL311ANM	0	14	2	0,1	1	0,2
5	КОНДЕНСАТОР МКР 380	0	2	7	0,12	1	0,84
6	КОНДЕНСАТОР FC A	0	2	4	1	1	4
7	ДИОД К105Б	0	2	7	0,9	1	6,3
8	ДИОД MUR8100EG	0	2	4	1	1	4
9	ТРАНЗИСТОР IRF540N	0	3	1	4,5	1	4,5
10	КЛЕММА	0	4	4	0,001	1	0,002
11	СВЕТОДИОД	0	2	1	7,7	1	7,7
12	РЕЗИСТОР С2-23	0	2	17	0,1	1	1,7
13	РЕЗИСТОР OAR-5	0	2	2	0,03	1	0,06
14	РЕЗИСТОР PT10 X H05	0	3	1	0,28	1	0,28
15	РЕЗИСТОР PV12P102A01	0	3	1	0,4	1	0,4

Таблиця 3.5 - Імовірності відмов і безвідмовної роботи пристрою

Час наробітку на відмову, ч	Імовірність безвідмовної роботи, P(t)	Імовірність відмови, Q(t)
1	2	3
1000	0,99	0,01
2000	0,99	0,01
3000	0,98	0,02
4000	0,98	0,02
5000	0,98	0,02
6000	0,97	0,03
7000	0,97	0,03
8000	0,96	0,04
9000	0,96	0,04
10000	0,96	0,04
15000	0,94	0,06
20000	0,93	0,07

Число пайок = 163.

Число провідників друкованих = 109.

Число провідників фізичних = 0.

Средний параметр потоку відмов = 3,62E-6.

Средний наробіток на відмову = 275690 ч.



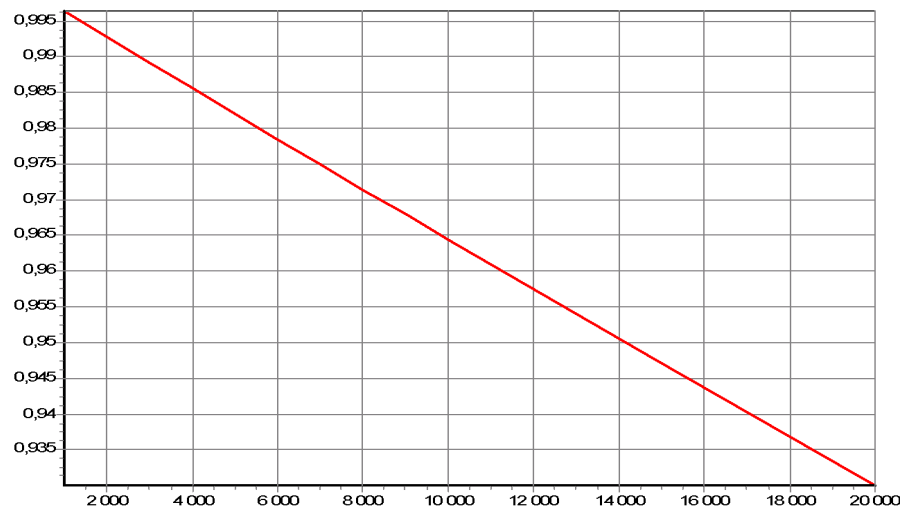


Рисунок 3.1 - Графік імовірності безвідмовної роботи

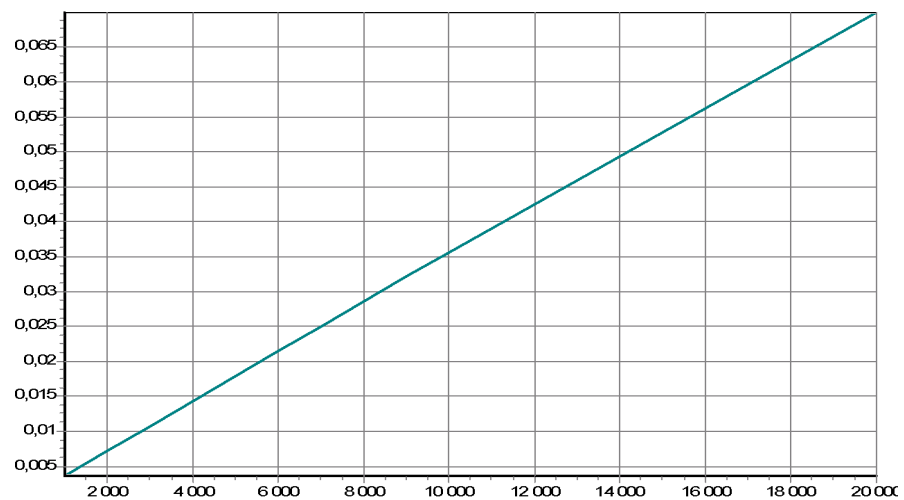


Рисунок 3.2 - Графік імовірності відмов

За результатами розрахунку, середня ймовірність безвідмовної роботи після 20000 годин функціонування склала 0,93, що задовольняє вимогам технічного завдання на розробку. Основний вплив на зниження надійності зробили такі ЕРЕ, як світлодіод, деякі мікросхеми, а також використання друкованого монтажу, що уступає по надійності з'єднанню накруткою, але має більше високі показники ремонтпридатності й щільності монтажу. Заміна елементів на інші з більше високими показниками надійності неможлива через їхню високу ціну.

## 4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ БЛОКУ

### 4.1 Структура технології виготовлення блоку

Друкована плата - це спеціальна пластина, на яку нанесено провідний рисунок, тобто електропровідні ланцюги електронної схеми. Даний рисунок розміщується на діелектрику, матеріалі, що володіє відносно поганою здатністю проводити струм.

Найбільш затребуваними на сьогоднішній день є двошарові друковані плати для електроніки. Їх головна особливість полягає в тому, що вони містять так званий провідний рисунок відразу з двох сторін.

Рисунок на таких пристроях виконується з фольги. Друкована плата має спеціальні контактні майданчики і монтажні отвори, що дозволяє з легкістю виробляти монтаж необхідних компонентів.

На двошарових або багатошарових платах існують також спеціальні отвори для забезпечення з'єднання електричного з'єднання між шарами. Розробка плат проводиться в спеціально призначених для цього програмах.

Сучасний світ важко собі уявити без електроніки, яка в свою чергу ніяк не може існувати без якісних друкованих плат. Саме тому виготовлення друкованих плат має таку стратегічну важливість для всього світу. У кожній країні підприємливі люди організовують якісний друк плат, завдяки чому в тій, чи іншій державі з'являється можливість розвитку електроніки.

Існує уніфікована класифікація, яка є загальноприйнятою для всіх держав. Відповідно до неї, друковані плати ділять залежно від кількості шарів з рисунком:

- односторонні. Плати, що володіють лише одним шаром провідного елемента, нанесеного на одну сторону діелектрика;
- двосторонні. Моделі плат, що володіють відразу двома шарами;
- багатошарові. Це особливий вид, який виробляється шляхом нашарування один на одного декількох плат. У таких пристроях провідний

елемент знаходиться не тільки на одній зі сторін, але також і всередині самої плати.

Для виготовлення пластин використовують високоякісні діелектрики. На сьогоднішній день, частіше за все, в виробництвах застосовують гетинакс або ж стеклотекстоліт. Варто зазначити, що плати також можуть бути як жорсткими, так і гнучкими.

Друковані плати сучасного типу можуть бути виготовлені за однією з двох технологій - адитивним або субтрактивним способом. У першому випадку проводний малюнок на матеріалі формується за допомогою процедури хімічного міднення.

Для того, щоб цей процес був успішний, попередньо на діелектрик наносять спеціальну захисну маску. Особливість субтрактивного методу полягає в тому, що проводний малюнок формується на вже фольгованому матеріалі шляхом ліквідації непотрібних ділянок.

Процес виробництва друкованих плат складається з таких етапів:

- виробництво заготовки для плати;
- подальша обробка заготовки;
- здійснення монтажу всіх необхідних елементів плати;
- проведення планового тестування працездатності.

Сьогодні в Україні, як і в багатьох інших країнах Європи, існує велика кількість приватних заводів, які спеціалізуються на виготовленні високоякісних плат різного виду і для різних сфер електроніки. Практично кожен з цих заводів здатний виконати будь-який ваш проект на замовлення, однак для цього буде потрібно надати якомога повнішу інформацію з технічної точки зору.

Для здійснення монтажу елементів на плату, використовується технологія пайки. Така процедура дозволяє отримати абсолютно нероз'ємне з'єднання деталей за допомогою введення розплавленого металу.

Для цього використовується спеціалізована техніка, проте сам процес можна виконувати і в домашніх умовах так як він не є надзвичайно важким. Однак найбільш високих результатів надійності і працездатності можна

досягти тільки замовивши виготовлення друкованих плат у спеціалізованих компаній по виробництву плат.

Перш ніж приступити до пайки, необхідні елементи розміщуються на платі їх виводами в спеціальні отвори, після чого припаюються до контактних площадок. Дана технологія називається DIP монтаж. Крім цього, існує ще кілька вельми поширених технологій - SMT і SMD. Їх головною відмінністю є те, що необхідні компоненти встановлюються і паяються на спеціальні майданчики, що представляють собою частину провідного малюнку.

Багато сучасних виробників, що володіють хорошими відгуками, для уникнення короткого замикання під час процесу пайки використовують спеціальну захисну маску. Також, в процес друку плат включають і процедуру нанесення маркування. Вона необхідна для того, щоб полегшити процес перевірки, складання або ремонту плати.

З точки зору автоматизованого збирання при конструюванні ДП необхідно врахувати спосіб фіксації плати в обладнанні. Існують два способи фіксації друкованих плат: по базовим отворах і по краям. Базові отвори звичайно розташовуються в 5 мм по осям X і Y від нижніх кутів друкованої плати. При фіксації плати по базовим отворах область, недоступна для встановлення компонентів, складає 3-10 мм зі сторони базових отворів і 3-5 мм з протилежної сторони. При фіксації плати по краям плати область, недоступна для встановлення компонентів, складає 4,75 мм з кожного краю згідно міжнародному стандарту SMEMA Standart Transport Clearance.

Для компенсації зміщення рисунка друкованої плати відносно базових отворів і країв та для підвищення точності виконання технологічних операцій використовують реперні знаки. Відповідно вимогам міжнародного стандарту SMEMA Fiducial Mark Standart реперні знаки бувають загальні та локальні.

Загальні реперні знаки використовують для прив'язки до обладнання всього рисунка і при використанні мультиплікованих (уніфікованих) друкованих плат і поділяються на панельні та відображаємі. Панельні реперні знаки розташовують на технологічних полях мультиплікованої

заготовки, а відображаємі – безпосередньо на краях друкованих плат, які входять у групову заготовку. Для встановлення складних компонентів або мікросхем з малим кроком виводів можуть знадобитися два локальних реперних знаки поруч з компонентом (рис. 4.1). На краях ДП необхідно розмістити щонайменше два загальних реперних знака по діагоналі, на максимально можливому віддаленні один від одного для корекції координат по осям X та Y.

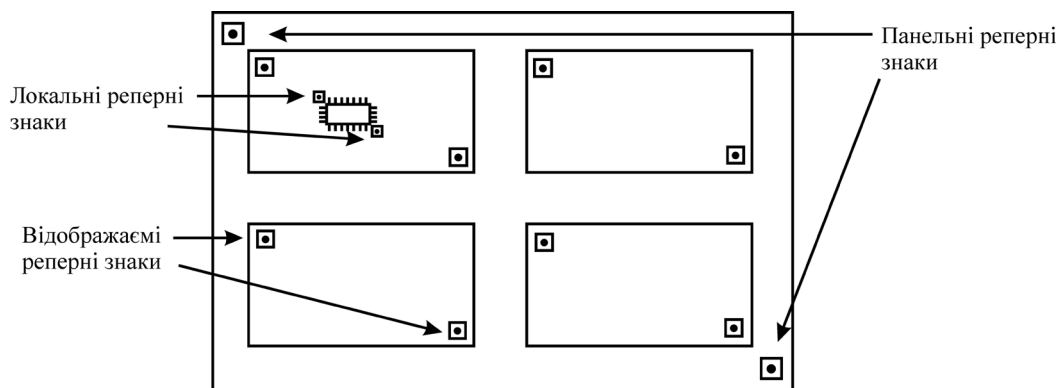


Рисунок 4.1 - Приклад розміщення реперних знаків на друкованій платі

При похибці рисунка ДП, таких як зміна масштабу, подовження/згинання друкованої плати, необхідно розміщення щонайменше трьох загальних реперних знака на максимальному віддаленні один від одного.

Реперні знаки можуть мати різну форму (рис. 4.2). Але ж формою, якій віддається перевага є форма реперного знака у вигляді кола з діаметром від 1 до 3 мм.

Розміри реперних знаків на однотипних платах не повинні різнитися більш ніж на 25 мкм. Відстань від краю реперного знака до краю плати складаються з ширини області, котра неприпустима для встановлення компонентів, і необхідної ширини вільної зони реперного знака. У вільній зоні не повинно бути покриття паяльною маскою, маркування та електронних компонентів.

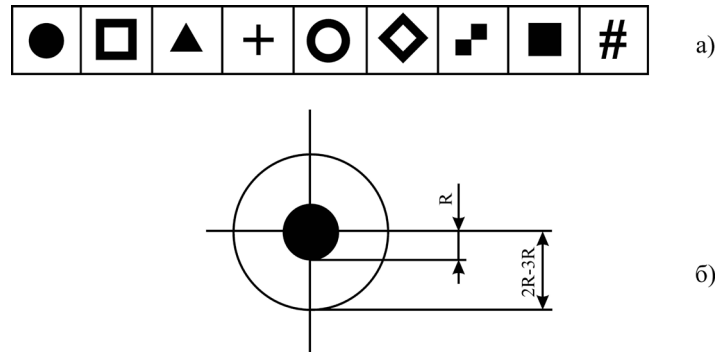


Рисунок 4.2 - Можлива форма реперних знаків (а),  
переважна форма реперного знака (б)

Поверхня реперного знака може мати покриття: мідь, золото або олово-плюмбій, вона повинна бути якомога більше контрастною по відношенню до поверхні ДП. Товщина міді без покриття повинна бути в межах від 5 до 10 мкм, а товщина реперного знака з покриттям не повинна перевищувати 25 мкм.

В процесі конструювання друкованих плат питання розміщення компонентів потребують особливої уваги. Конструкція ДП повинна забезпечити максимальну надійність виробу, одночасно конструктор повинен вибрати розміри контактних майданчиків і відстань між корпусами елементів з урахуванням методів збирання, процесу паяння, візуального та функціонального контролю, а також ремонтпридатності друкованих вузлів. При конструюванні плат особливу увагу слід приділяти максимальним відстаням між контактними майданчиками сусідніх компонентів.

## 4.2 Відмивання друкованих плат

При виробництві вузлів на друкованих платах необхідно очищати поверхню багаторазово - перед нанесенням покриттів, травленням, видаляти залишки хлорного заліза, захисних фарб, лаків, залишків флюсів після лудіння й продуктів їхнього розкладання, жирових забруднень від інструмента, рук

робітників. Повинні бути усунуті залишки флюсів, жирових і масляних забруднень після пайки, продукти їхнього розкладання.

Всі їх можна віднести до рідких забруднень. Крім того, повинні бути вилучені сухі залишки флюсів, що затверділа каніфоль, продукти деструкції й окислювання, тверді частки, стружка й т.д. - тверді забруднення. Необхідно видаляти також змащення, що консервують покриття, а при ремонтно-профілактичних роботах важливе очищення апаратури від пилових адсорбційних забруднень. Навколишнє середовище, особливо атмосфера промислових районів, також вносить свій посильний внесок у забруднення поверхні друкованих плат. У цьому випадку часто стає необхідної повне або часткове розбирання виробу, а процес очищення носить складний і трудомісткий характер.

Дуже активним забруднювачем є людина. «Відбитки пальців» містять велика кількість водорозчинних і здебільшого іоногенних з'єднань:

– натрій хлористий, г/л	3,6
– уксусная и пропионовая кислоты, г/л	0,5
– сечовина, г/л	0,5
– кальцій хлористий, г/л	0,3
– глюкоза, г/л	0,2
– калій хлористий, мг/л	30
– сечова кислота, мг/л	30
– натрій сірчаноокислий, мг/л	25

Ті ж «відбитки» завжди містять жирові забруднення, а іноді ще й залишки кремів для рук, жіночої косметики й ін.

«Відбитки пальців» на поверхні друкованих плат можуть бути, а можуть і не бути, а от залишки флюсів після монтажу радіоелементів бувають завжди. У цей час на ринку пропонується широкий спектр паяльних флюсів, що відрізняються по своїй хімічній природі. Основа флюсів - каніфоль і її похідні, різні олігомери й полімери. У більшості випадків композиції, що флюсують, складаються з декількох компонентів. Тому спектр хімічних сполук, що забруднюють поверхню друкованого вузла, надзвичайно широкий.

Забруднення друкованих плат можна відрізнити не тільки по походженню, але й по властивостях: неполярні й полярні. Найбільшу небезпеку для друкованих плат представляють полярні забруднення, які здебільшого добре розчинні у воді й здатні у вологому середовищі ініціювати процеси, що приводять до відмов виробів електрохімічної природи.

У таблиці 4.1 наведено один з варіантів класифікації забруднень друкованих плат.

Розчинні забруднення можуть видалятися водою, водними й органічними розчинниками й сумішами, що містять добавки, що підвищують ефективність очищення.

Таблиця 4.1 - Основні групи забруднень друкованих плат

Тип забруднення й характер виникнення	Состав забруднення
Нейтральні компоненти, що з'явилися в процесі виробництва й монтажу	<ul style="list-style-type: none"> <li>— масла, жири, парафіни;</li> <li>— нерозчинні тверді компоненти флюсів</li> </ul>
Іоногенні компоненти, що залишилися на поверхні друкованої плати й радіоелементів після монтажу	<ul style="list-style-type: none"> <li>— кислоти, активатори флюсів;</li> <li>— мінеральні солі;</li> <li>— оксидні й сульфідні плівки на контактних площадках і виводах монтуємих радіоелементів</li> </ul>
Відпрацьовані й непрореагированні залишки флюсів, залишки клеїв, компаундів, паяльних паст	<ul style="list-style-type: none"> <li>— органічні кислоти;</li> <li>— каніфоль і активатори;</li> <li>— продукти розкладання флюсів;</li> <li>— залишки компаундів, клеїв, паяльних паст</li> </ul>

При використанні для очищення миючих розчинів, які легко гідролізуються (фосфорнокислих солей - тринатрійфосфата  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  і триполіфосфата  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ), мають високу миючу здатність, різноманітних пральних порошків з домішками сірки й хлору, поверхнево-активних добавок, варто враховувати можливість утворення нових гідрофобних плівок, утворених продуктами розкладання й взаємодії цих миючих розчинів. Знову утворена гідрофобна плівка може стати не меншою перешкодою для нанесення необхідного захисного покриття, чим плівка первісних забруднень.



При використанні мила для очищення, або в складі матеріалів, що флюсують (а мило являє собою натрієві або калієві солі жирних високомолекулярних кислот, що володіють властивостями, що флюсують) воно може взаємодіяти із солями кальцію або магнію, які часто присутні у воді. При цьому на очищеній поверхності, що, може утворюватися осад кальцієвих або магнієвих солей жирних кислот.

Промивна вода може служити джерелом забруднень у вигляді твердих часток, якщо не використовується фільтрація, тому що у водопровідній воді втримується до 10 шт/див<sup>2</sup> твердих часток розміром у середньому 1 мкм. Тому для їхнього усунення, а також для видалення розчинених у воді солей варто використовувати бідистиляцію.

Використання для очищення води, що пройшла очищення іонообмінними смолами й має опір не нижче 2-20 Мом (деіонізованої води), може викликати забруднення у вигляді мікрогрудок іонообмінної смоли. Якщо струмінь води не змиє цю грудку, то він удержиться на платі, а при наступній термообробці волозахистного покриття може мати місце його полімеризація, термодеструкція й спікання з поверхнею. Виникає ймовірність утворення мікродефекту.

Однак різке зменшення концентрації забруднень, внаслідок виконання ретельного очищення, може викликати збільшення струмів втрати й корозію елементів друкованого монтажу через збільшення ступеня дисоціації залишків активованих флюсів. Ці ефекти особливо сильно проявляються при додатку різниці потенціалів в умовах підвищеної температури й вологості.

Друкований вузол з поверхневим монтажем містить внутрішні порожнини, у тому числі розташовані під електронними компонентами. Ці порожнини пов'язані з поверхнею вузькими вертикальними й горизонтальними дуже малими зазорами між елементами конструкції або їхніх виводів. Тому очищення від залишків паяльних флюсів представляє складний, трудомісткий і відповідальний технологічний процес, що визначає надійність, довговічність і інші експлуатаційні показники електронних виробів.

Основне відмивання друкованих плат у типовому технологічному процесі позиціюються, як правило, по завершенні контролю якості пайки й до нанесення захисного покриття на поверхню плати із установленими на неї компонентами. Необхідність основного відмивання обумовлюється високими вимогами до чистоти поверхні перед нанесенням влаго- і електроізоляційних покриттів. Після пайки видаленню з поверхні плати й із установлених на ній елементів підлягають: пил, бруд, частки діелектриків і металів, жирові відкладення, масла, парафін, залишки компаундів, органічні й неорганічні кислоти, компоненти флюсів. Особливо варто приділяти увагу видаленню залишків флюсу.

### **4.3 Розрахунок технологічності пристрою**

Технологічність - сукупність властивостей конструкції, які проявляються в оптимальних затратах праці, засобів, матеріалів та часу при виготовленні, експлуатації та ремонту виробу.

Розрізняють виробничу, експлуатаційну, ремонтну, технологічність при технічному обслуговуванні, технологічність конструкції виробу та зіркової одиниці, а також технологічність конструкції за процесом виготовлення, формі поверхні, розмірам та матеріалам.

Стандарти ЄСТВП передбачають обов'язкову обробку конструкцій на технологічність на всіх стадіях, що направлено на підвищення продуктивності праці, зниження витрат і скорочення часу на проектування, технологічну підготовку виробництва, виготовлення, технічне обслуговування та ремонт виробу при забезпеченні необхідної якості виробу.

Рівень технологічності конструкції по трудомісткості враховує конструкторські і технологічні показники.

Базові показники технологічності блоків ЕА встановлені стандартом ОСТПП ОСТ 4ГО.091.219-81 «Методи кількісної оцінки технологічності конструкцій виробів ЕА ». Цей стандарт визначає склад основних часткових

показників технологічності, містить методику розрахунку базових показників і нормативи для оцінки технологічності різних класів блоків ЕА.

Стандарт передбачає проведення кількісного аналізу конструкцій виробів на технологічність у два етапи:

- аналіз розроблених раніше базових конструкцій (виробів - аналогів) з метою встановлення базових показників і рівня технологічності розроблених нових виробів;

- аналіз знову розроблених конструкцій за стадіями проектування з встановленням їх рівня технологічності.

Згідно ОСТ 4ГО.091.219-81, всі блоки по технологічності діляться на чотири основні групи: електронні, радіотехнічні, електромеханічні, комутаційні. Для кожного типу блоків із загального складу визначається сім показників технологічності, що здійснюють найбільший вплив, кожен з яких має свою вагову характеристику, яка визначається в залежності від порядкового номера часткового показника.

Для підвищення технологічності конструкцій пристроїв необхідно виконання наступних заходів:

- підвищення уніфікації, конструкторської та функціональної взаємозамінності деталей та збіркових одиниць;

- розширення використання ІМС, мікросборок, функціональних елементів;

- збільшення збірковості конструкції за рахунок використання базових несучих конструкцій;

- збільшення кількості деталей, що виготовлені прогресивними способами формоутворення, обґрунтування вибору квалітетів точності, шорсткості поверхні, настановних і технологічних баз;

- раціональна компоновка елементів на платі, що забезпечує автоматизовану установку та монтаж;

- мінімізація числа підстроювальних та регулювальних елементів;

- автоматизація підготовки елементів до монтажу;

- удосконалення ТП монтажу;

- механізація та автоматизація операцій контролю та налагодження;
- застосування прогресивних методів формування деталей.

Нормативні значення комплектуючих показників технологічності конструкцій виробів ЕА серійного виробництва перебувають в межах від 0,45 до 0,75. Склад показників технологічності радіотехнічних пристроїв та вагові показники  $\varphi_i$  наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Показники технологічності та вагові показники

Порядковий номер	Показник технологічності $K_i$	Коефіцієнт значимості $\varphi_i$
1	$K_{И}$	1,000
2	$K_{ПМ}$	1,000
3	$K_{ПОВ}$	0,75
4	$K_{П}$	0,5
5	$K_{y}$	0,313

Коефіцієнт автоматизації й механізації підготовки елементів до монтажу

$$K_{ПМ} = \frac{H_{ПМ}}{H_{\text{э}} + H_{\text{с}}}, \quad (4.1)$$

де  $H_{ПМ}$  - число ЕРЕ й ІМС, підготовка яких до монтажу здійснюється механізованим або автоматизованим способом;

$H_{\text{э}}$  - загальне число ЕРЕ;

$H_{\text{с}}$  - загальне число мікросхем і мікрозбірок.

$$K_{ПМ} = \frac{41}{53} = 0,77.$$

Коефіцієнт настановних розмірів

$$K_{y} = 1 - \frac{H_{\text{TP}}}{H_{\text{P}}}, \quad (4.2)$$

де,  $H_{\text{TO}}$  - число типорозмірів оригінальних ЕРЕ;

$H_{\text{T}}$  - число всіх типорозмірів ЕРЕ.

$$K_{y} = 1 - \frac{13}{53} = 0,75.$$

Коефіцієнт застосовності ЕРЕ

$$K_{II} = 1 - \frac{H_{TO}}{H_T}, \quad (4.3)$$

де,  $H_{TO}$  - число типорозмірів оригінальних ЕРЕ;

$H_T$  - число всіх типорозмірів ЕРЕ.

$$K_{II} = 1 - \frac{4}{13} = 0,69.$$

Коефіцієнт повторюваності ЕРЕ

$$K_{ПОВ} = 1 - \frac{H_T}{H_{\text{Э}} + H_C}, \quad (4.4)$$

$$K_{ПОВ} = 1 - \frac{13}{53} = 0,75.$$

Коефіцієнт використання мікросхем і мікробірок

$$K_{II} = \frac{H_C}{H_{\text{Э}} + H_C}, \quad (4.5)$$

$$K_{II} = \frac{6}{53} = 0,11.$$

Комплексний показник розраховуємо по формулі (4.6)

$$K = \frac{\sum_{i=1}^5 K_i * \varphi_i}{\sum_{i=1}^5 \varphi_i}, \quad (4.6)$$

$$K = \frac{1 \times 0,77 + 1 \times 0,75 + 0,75 \times 0,69 + 0,5 \times 0,75 + 0,313 \times 0,11}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,313} = 0,69.$$

Можна зробити висновок про те, що розроблювальний виріб є досить технологічним. Основний вплив на зниження технологічності виробу зробив коефіцієнт використання мікросхем (тобто в пристрої застосована дуже мала кількість мікросхем у процентному співвідношенні до інших ЕРЕ). Із цієї причини надалі при проектуванні й розробці нових пристроїв необхідне максимальне використання мікросхем і мікробірок з метою подальшого збільшення коефіцієнта технологічності.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломного проекту була розроблена конструкція блоку ЗП і визначена технологія виготовлення пристрою згідно вимогам технічного завдання.

У конструкторській частині вибрані форма, розміри і матеріал друкованої плати, а також розраховані елементи друкованого монтажу з урахуванням технологічних можливостей виробництва для третього класу точності виготовлення.

Розрахунок надійності показав, що вірогідність безвідмовної роботи після 20000 годин склала 0,93, що задовольняє технічному завданню.

При виконанні технологічної частини проекту була вибрана послідовність типових технологічних операцій вживаних на підприємстві-виготівнику з урахуванням об'єму виробництва. Розрахований комплексний показник технологічності блоку ( $K=0,69$ ) по якому можна зробити висновок про високу технологічність пристрою, що розробляється.

Трасування провідників друкованої плати, отримання креслень і конструкторської документації виконане на ЕОМ за допомогою системи автоматизованого проектування РСAD. Креслення друкованої плати і складальне креслення представлені в графічній частині проекту.

В процесі виконання проекту закріплені навички самостійного вирішення конструкторських і технологічних завдань при розробці ЕА, їх модулів і елементів, методика конструювання з використанням обчислювальної техніки і системи автоматизованого проектування при вирішенні оптимізаційних завдань, були отримані навички при роботі з технічною літературою і стандартами.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Горобец А. И. и др. Справочник по конструированию радиоэлектронной аппаратуры (печатные узлы). – К.: Техніка, 1985. – 312 с.
2. Практическое пособие по конструированию РЭА / В.Т.Белинский, А.Б.Грозин; под ред. К.Б.Круковского-Синеви́ча, Ю.Л. Мазора.-К. :Вища шк., 1992.-494 с.
3. Справочник конструирования РЭА: Общие принципы конструирования / Под ред. Р. Г. Варламов. – М.: Сов. радио, 1980. – 480 с.
4. Шерстнев В. В. Конструирование и микроминиатюризация ЭВА: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1984. – 272 с.
5. Преснухин Л. Н., Шахнов В. А. Конструирование электронных вычислительных машин и систем: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1986. – 572 с.
6. Технология и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры: Учебник для вузов / И.П.Бушминский, Ш.М.Чабдарова.- М.:Радио и связь,1989.-624 с.
7. Технология ЭВА, оборудования и автоматизация: учебное пособие для студентов вузов специальности "Конструирование и производство ЭВА" / Алексеев В. Г., Гриднев В. Н., Нестеров Ю. И. и др. – М.: Высшая школа, 1984. – 392 с.
8. Автоматизация и механизация сборки и монтажа узлов на печатных платах / Под ред. Журавского В. Г. – М.: Радио и связь, 1988. – 280 с.
9. Роткоп Л. Л., Спокойный Ю. Н. Обеспечение тепловых режимов при конструировании радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Сов. радио, 1976. – 232 с.
10. Скрипников Ю.Ф. Радиаторы для полупроводниковых приборов. М.- Энергия, 1973.-48 с.
12. Яншин А. А. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности ЭВА. – М.: Радио и связь, 1983. – 312 с.

13. Иыуду К.А. Надежность, контроль и диагностика вычислительных систем и машин: Учебное пособие для вузов. -М.: Высш.шк.,1989.-216 с.
14. Конструирование радиоэлектронной и электронной вычислительной аппаратуры с учетом электромагнитной совместимости / А.Д.Князев, Л.Н.Кечиев. –М.:Радио и связь,1989. –224 с.
15. Елисеев В.В, Ларин В.А, Пивоваров Г.Ю. Программно-технические комплексы АСУТП: Учеб. Пособие – К.: «Київський університет», 2003– 49с.
16. Цифровые интегральные микросхемы: Справочник/Б. П. Кудряшов, Ю.В. Назаров, Б.В. Тарабрин. – М.: Радио и связь, 1981. – 160 с., ил.
17. Теория надежности радиоэлектронных систем в примерах и задачах / Под ред. Г. В. Дружинина. – М.: Энергия, 1976. – 448 с.
19. Угрюмов Е. П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ. – М.: Высшая школа, 1987. – 317 с.
20. Волин М. Л. Паразитные процессы в радиоэлектронной аппаратуре. М.: Радио и связь, 1981. – 296 с.
21. Преснухин Л. Н., Воробьев Н. В., Шишкевич А. А. Расчет элементов цифровых устройств. – М.: Высшая школа, 1982. – 382 с.
23. Иванов Ю. В., Лакота Н. А. Гибкая автоматизация производства РЭА с применением микропроцессоров и роботов. – М.: Радио и связь, 1987. – 464 с.
24. Иванов А. А. Гибкие производственные системы в приборостроении. – М.: Машиностроение, 1988. – 304 с.
25. Медведев А. М. Надёжность и контроль качества печатного монтажа. – М.: Радио и связь, 1986. – 216 с.
26. <https://green-way.com.ua/ru/dovidniki/pidruchnyk-po-vlashtuvannju-avtomobilja/rozdil43-akumuljatorna-batareja-pryznachennja-budova-i-vydy>
27. <https://130.com.ua/uk/vybor-zaryadki/>