

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інформаційних технологій та електроніки  
(повне найменування факультету)

Кафедра електронних апаратів  
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
до дипломного проекту (роботи)

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

спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»  
(шифр і назва напрямку підготовки)

на тему

РОЗРОБКА ЗАРЯДНОГО ПРИСТРОЮ АККУМУЛЯТОРІВ

Виконав: студент групи  
РЕА-19бд

\_\_\_\_\_

О.Д.Бабій

Керівник

\_\_\_\_\_

Ж.Г. Самойлова

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

Ю.Е. Паеранд

Рецензент

\_\_\_\_\_

І.С. Тюндер

Київ – 2023



# СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

( повне найменування вищого навчального закладу )

Факультет Інформаційних технологій та електроніки  
Кафедра Електронних апаратів  
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр  
Напряму підготовки \_\_\_\_\_  
Спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

### **ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ЕА

Ю.Е.Паеранд

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 року

## **З А В Д А Н Н Я**

### **НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

**Бабію Олексію Дмитровичу**

**1. Тема проекту: Розробка зарядного пристрою акумуляторів.**

**2. Керівник проекту:** доц. Самойлова Ж.Г.,

затвержені наказом вищого навчального закладу від “16” 05 2023 року № 21/14.04

**3. Строк подання студентом проекту** 12 червня 2023 р.

**4. Вихідні дані до проекту:**

4.1. Виріб ЕА- Зарядний пристрій акумулятора

4.2. Схема електрична принципова.

4.3. Температура навколишнього повітря від +5 до +50°C; відносна вологість повітря 90 % при температурі 30 °С, атмосферний тиск від 84 до 107 кПа.

4.4. Напруга живлення – 220 В; тип виробництва – серійне багатомоделне

**5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):**

5.1. Вступ.

5.1. Аналіз аналогів зарядного пристрою акумулятора

5.2. Аналіз технічного завдання.

5.3. Створення конструкції пристрою.

5.4. Загальні висновки по роботі

**6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень)**

6.1. Схема електрична принципова.

6.2. Креслення друкованої плати.

6.3. Складальне креслення.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту ( роботи )	Примітка
1	Аналіз аналогів зарядного пристрою	27.04. 2023	
2.	Аналіз технічного завдання	11.05.23	
3.	Розрахунки для створення пристрою	18.05.23	
4	Створення конструкції пристрою	19.05.23	
5.	Проектування друкованих вузлів	26.05.23	
6.	Оформлення пояснювальної записки дипломного проекту та презентації	12.06.23	

Студент \_\_\_\_\_ Бабій О.Д.

Керівник проекту \_\_\_\_\_ Самойлова Ж.Г.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту містить:

86 сторінок , 26 рисунків, 17 таблиць, 14 джерел, мова - українська.

ПРИСТРІЙ, АКУМУЛЯТОР, МІКРОСХЕМА, ЗМІННИЙ СТРУМ ЧАСТОТА, ЕЛЕКТРОРАДІОЕЛЕМЕНТ, РЕЗИСТОР, ДІОД, КОНДЕНСАТОР, ТРАНЗИСТОР, ДРУКОВАНИЙ ПРОВІДНИК, МОНТАЖНИЙ ОТВІР, КОНТАКТНА ПЛОЩАДКА, КОНСТРУКЦІЯ, ТРАСУВАННЯ.

Об'єкт розробки – зарядний пристрій акумулятора

Мета роботи - розробити конструкцію зарядного пристрою акумулятора на основі схеми електричної принципової відповідно до вимог технічного завдання.

У дипломному проекті розроблена конструкція зарядного пристрою і розрахована його робота в різних режимах. Проведено конструктивні розрахунки і розрахунки по постійному і змінному струму проєктованого пристрою. При проєктуванні друкованої плати і випуску конструкторської документації широко використовувалися можливості CORELCAD 2019.

Ізм.	Лист	№ докум	Підп.	Дата	<i><b>ДПБ 172.01.01 ПЗ</b></i>			
Розроб.		Бабій			Розробка зарядного пристрою акумуляторів Пояснювальна записка	Літ	Лист	Листів
Перев.		Самойлова					4	
Н.конт.						СНУ ім. В. Даля група РЕА-196д		
Затв.		Паеранд						

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗАРЯДНИХ ПРИСТРОЇВ.....	11
1.1. Зарядний пристрій.....	11
1.2. Зарядний пристрій зібраний на двох мікросхемах.....	12
1.3. Акумуляторний зарядний пристрій - не лише професіоналам.....	13
1.4. Зарядно-десульфатуючий автомат для автомобільних акумуляторів.....	15
1.5. Цифровий зарядний пристрій.....	17
1.6. Зарядний пристрій Ni-Cd акумуляторів.....	18
1.7. Зарядний пристрій автомобільних акумуляторів.....	20
1.8. Зарядний пристрій для акумуляторів.....	21
1.9. Зарядний пристрій для акумуляторів типу 6СТ-60.....	23
1.10. Автоматичний зарядний пристрій для автомобільних акумуляторів.....	27
1.11. Зарядний пристрій для акумуляторів на мікросхемах.....	29
1.12. Автоматичний зарядний пристрій.....	33
2.АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	35
2.1 Аналіз схеми електричної принципової й принципу дії пристрою.....	35
2.2 Аналіз умов експлуатації.....	40
2.3.Аналіз елементної бази.....	42
3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЗАРЯДНОГО ПРИСТРОЮ.....	59
3.1 Опис конструкції зарядного пристрою.....	59
3.2. Розрахунок габаритів друкованої плати.....	60
3.3. Розрахунок механічної міцності плати.....	62
3.4. Розрахунок електромагнітної сумісності плати.....	66
3.5. Конструктивно-технологічний розрахунок друкованої плати.....	70
3.6. Розрахунок надійності.....	75
3.7. Розрахунок технологічності конструкції виробу.....	80
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....	84
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	85

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АВ - аксіальний вивод;

АСУ ТП - автоматизована система керування технологічним процесом;

ДЖ - джерело живлення;

ДП - друкована плата;

ЕОМ - електронно-обчислювальна машина;

ЕРЕ - електрорадіоелемент;

КД - конструкторська документація;

КПМ - компонент поверхневого монтажу;

ОВ - осьовий вивод;

РЕА - радіоелектронна апаратура;

САПР - система автоматизованого проектування;

ТКР - температурний коефіцієнт розширення;

## ВСТУП

Сучасні пристрої для зарядки акумуляторів характеризуються застосуванням напівпровідникових приладів. Традиційна зарядка Ni-Cd і Ni-MH акумуляторів струмом, значення якого в десять разів менше ємності акумулятора, задовольняє далеко не всіх, тому що в цьому випадку для повної зарядки акумулятора потрібно витратити більше десяти годин, що занадто довго.

Сучасні акумулятори можна безпечно заряджати і великими струмами, відповідно скорочуючи час заряджання. Сучасні Ni-Cd і Ni-MH акумулятори допускають швидку зарядку струмом до величини вчетверо більше номінальної ємності. Звичайно, це вже перебір, але так говорить документація.

Тим не менш, зарядка струмом, рівним номінальної ємності здається цілком реальною та обґрунтованою. При цьому, однак, необхідний постійний контроль за станом акумулятора, що заряджається, щоб уникнути його виходу з ладу через перезаряджання. Звісно ж, тут вже найпростішим зарядним пристроєм, що складається з джерела струму та струмообмежувального резистора, не обійтись. Потрібна автоматика.

Момент, коли Ni-Cd та Ni-MH акумулятор повністю заряджений, можна надійно встановити, вимірюючи залежність його напруги від часу заряджання. Цілком зарядженому акумулятору відповідає той момент, коли напруга на ньому досягає максимуму. Але оскільки для різних екземплярів абсолютне значення максимуму може відрізнитися, цей параметр не підходить для однозначного визначення закінчення зарядки.

Тому сучасні «інтелектуальні» зарядні пристрої визначають ступінь зарядженості акумулятора періодично вимірюючи напругу на ньому, і реагують на момент коли швидкість наростання напруги на акумуляторі починає сповільнюватися.

Отоді вони й припиняють зарядку. Точніше, не припиняють зарядку, а сильно знижують зарядний струм до абсолютно безпечної величини.

Основні переваги цього методу включає високий к.к.д., невеликі габарити й можливість працювати в набагато більшому широкому діапазоні вхідних напруг. Крім того, оскільки вартість потужних напівпровідників і інтегральних схем



продовжує знижуватися, пристрої для зарядки акумулятора можуть бути також вигідні з економічної точки зору.[2]

Однак, незважаючи на легкість і простоту принципової реалізації, розробка пристроїв з високими питомими показниками, високою надійністю й відтворюваністю є складним завданням і на практиці часто результати розробок не виправдують очікувань. Це пояснюється складністю й своєрідністю процесів в пристрої для зарядки акумулятора нового типу й необхідністю виконання багатьох вимог і реалізації складних процесів обов'язково в комплексі. [3]

У даному дипломному проекті розробляється пристрій для зарядки акумулятора. Особливості призначення й використання даних засобів припускають обов'язкове досягнення при розробці, виробництві й експлуатації максимальних надійності й стабільності їхньої роботи.

Сучасний рівень розвитку техніки жадає від інженера-електроніка комплексного підходу до створення нових апаратів, щоб вони використовували досягнення світової техніки й забезпечували більш високі технічні параметри, мали сучасний дизайн, відповідали б високим експлуатаційним вимогам і були конкурентоздатні в порівнянні з найбільш сучасними зразками - аналогами. Комплексність проектування полягає в обґрунтованому виборі найбільш ефективних взаємозалежних схемотехнічних, конструкторських і технологічних рішень, що можливо тільки на базі аналізу різних варіантів конструкцій і технологій виготовлення з урахуванням конкретних технічних вимог, можливостей конкретного виробництва, програми випуску, вартості виробу.

# 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗАРЯДНИХ ПРИСТРОЇВ

## 1.1. Зарядний пристрій

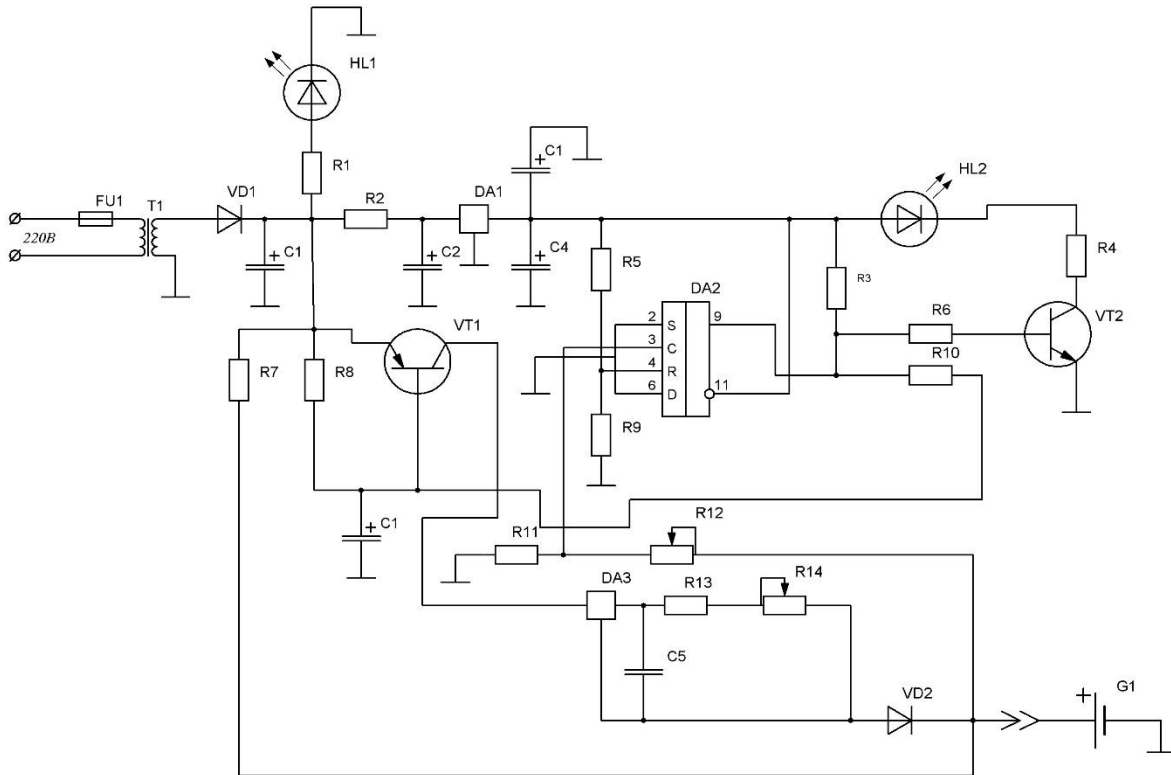


Рисунок 1. Електрична принципова схема зарядного пристрою

Зарядний пристрій складається зі стабілізатора напруги на 12, зібраного на мікросхемі DA1, який призначений для живлення компаратора DA2. На транзисторі VT1 зібраний ключ, яким у свою чергу керує граничний пристрій, виконаний на мікросхемі DA2. Мікросхема DA3 виконує функції стабілізатора струму.

Резистором R14 встановлюють необхідний струм заряду, а опір резистора R12 регулюється в залежності від кількості акумуляторів, підключених до зарядного пристрою. Під час заряду ключ VT1 відкритий, оскільки на виході DA2 (вивод 9) низький рівень. Необхідний струм забезпечує стабілізатор струму на DA3. У міру заряду G1 напруга на ньому зростає, відповідно зростає напруга на вході DA2 (вивод 3). Після досягнення напруги 1,42 на виводі 3 мікросхеми DA2 на її виводі 9 з'являється високий рівень, який, у свою чергу, відкриває транзистор VT2. Світло світлодіода HL2 при цьому індикує закінчення заряду НКА. Одночасно закривається транзистор VT1, тим самим припиняючи заряд. Подальша зарядка акумуляторів відбувається за рахунок резистора R7, через який тече струм,

що дорівнює 1% від ємності акумуляторів. При постійному світінні світлодіода HL2 можна вважати, що акумулятор повністю зарядився.

## 1.2. Зарядний пристрій зібраний на двох мікросхемах

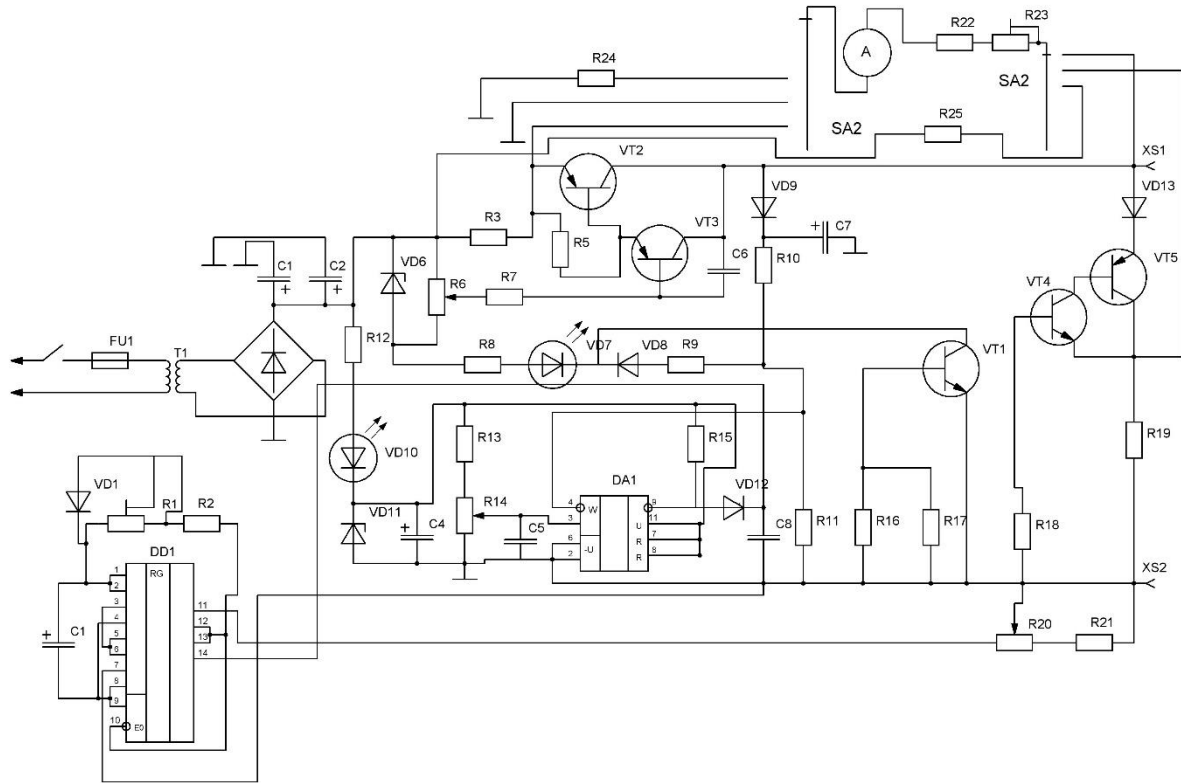


Рисунок 2. Електрична принципова схема зарядного пристрою

Компаратор живиться від параметричного стабілізатора, який включений до регулюючого транзистора. У момент проходження розрядного імпульсу відбувається порівняння напруги акумуляторної батареї під навантаженням через дільник на резисторах R10, R11 з опорним на VD11. Щоб уникнути відключень у момент проходження зарядного імпульсу, введено ланцюг VD8, R9. У цей момент напруга, що надходить на вхід, що інвертує DA1 через VD8 і відкритий транзистор VT1, знімається з дільника.

### 1.3. Акумуляторний зарядний пристрій - не лише професіоналам

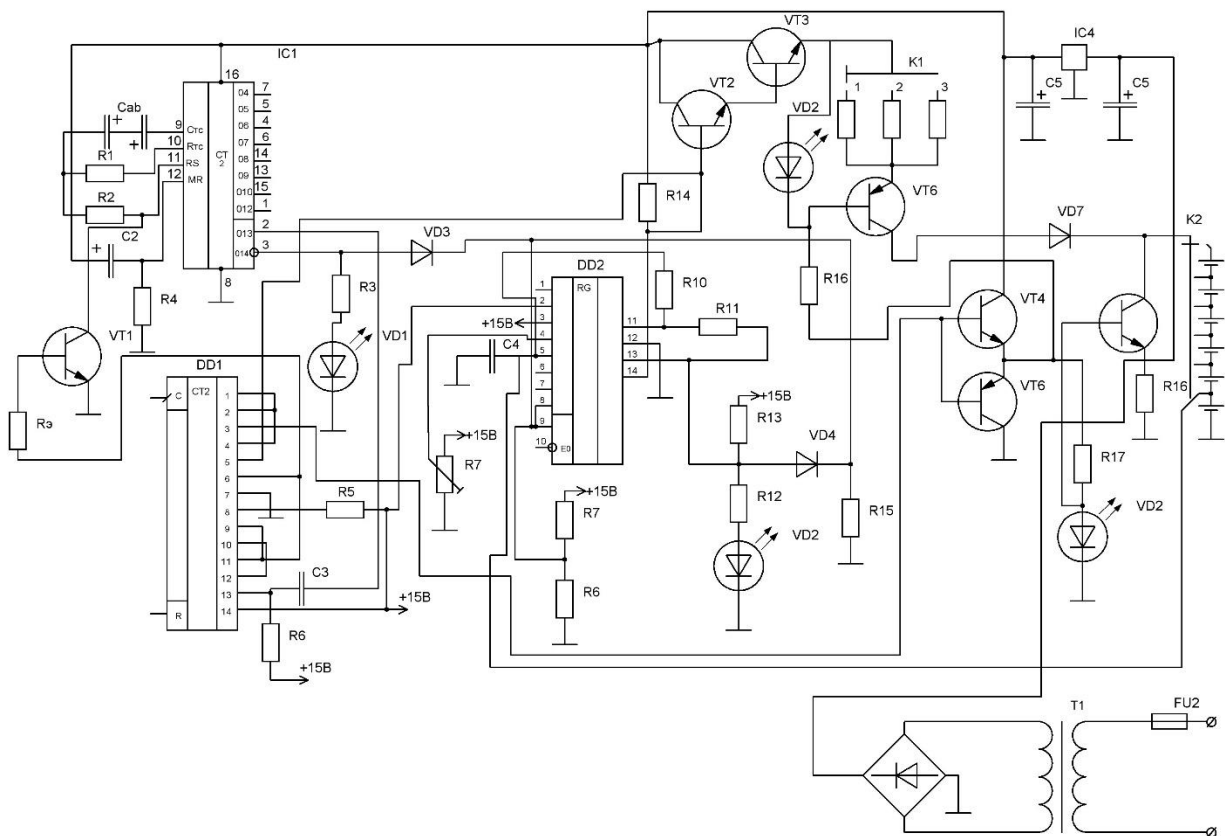


Рисунок 3. Електрична принципова схема акумуляторного зарядного пристрою

На рисунку 3 наведено електричну принципову схему акумуляторного зарядного пристрою. Опишемо принцип її дії.

Перемикачем K2 можна вибрати номер елемента, а перемикачем K1 встановити відповідний зарядний струм в 0,1А.

Він надходить від генератора струму VT6. Якщо в точці з'єднання R16, R17 нульового потенціалу горить VD5, і при включеному K1 струм тече через елементи.

Попередня розрядка проводиться за допомогою генератора струму VT7; Напруга живлення цього генератора дає акумулятор. Генератор струму бере енергію з акумулятора тільки тоді, коли потенціал у точці R16, R17 близький до напруги живлення. У цей час горить VD6, так як світиться або VD5, або VD6, на приладі відображається режим роботи - "зарядка" або "розрядка".

При включенні пристрою через елементи C2 R4 проводиться скидання лічильника DD2. На виводі 3 DD2 встановлюється низький рівень. На виході 13 компараторів DD2 — низький рівень. Високий рівень напруги з виходу компаратора 14 DD2 дозволяє роботу вентиля DD1 і відкриває ключ на транзисторах VT2, VT3. Цей ключ своєю напругою насичення знижує напругу живлення генераторів струму.

Після підключення до пристрою елементів, що вимагають підзарядки, компаратор DD2 визначає, чи опустився рівень напруги нижнього елемента нижче опорного рівня 1 або ні. Якщо акумулятор мало заряджений, то на виході компаратора - високий рівень, тому що його вхідна напруга більша ніж опорна. Генератор часу IC1 зупинено, оскільки через відкритий транзистор VT1 низьким рівнем заборонено генерацію.

Високий рівень з виходу тригера через DD1 управляє емітерним повторювачем на транзисторах VT4, VT5, на виході якого формується високий рівень напруги. Чим ближче цей рівень до напруги живлення, тим краще замкнений генератор струму VT6. Генератор струму VT7 починає розряджати акумулятори. Світиться світлодіод VD6 "розрядка". Коли напруга нижнього елемента стає нижче опорної напруги 1, компаратор DD2 перемикається і встановлює RS-тригер в стан "Про". Внаслідок цього забороняється робота вентиля DD1 і емітерний повторювач VT4, VT5 відключає генератор VT7 і підключає VT6. Відповідно гасне індикатор VD6 "розрядка" та запалюється VD5 "зарядка". Транзистор VT1 замикається і починає працювати генератор IC1. Під час заряджання напруга на нижньому елементі швидко перевищує рівень 1, тоді на виході компаратора DD2 знову встановлюється високий рівень.

Через 12 годин з початку зарядки на виводі 3 IC1 встановлюється високий рівень. При появі низького рівня вивод 2 IC1 через елементи C3, R6 спрацьовує RS-тригер, і через VT1 зупиняє генератор часу. Високий рівень виводу 3 IC1 надходить на індикатор VD1, який сигналізує про закінчення зарядки. Через діод VD3 високий рівень надходить на компаратор DD2, який, перемикаючись у нуль, відповідно замикає ключ на транзисторах VT2, VT3, і елемент DD1 — емітерний повторювач на транзисторах VT4, VT5. Світлодіод VD5 та генератор струму VT6 відключаються від напруги живлення. Акумулятори відключені від навантаження, оскільки діод VD7 запобігає попаданню напруги акумулятора на VT6. Цей стан зберігається, доки пристрій не буде від'єднано від мережі.

Якщо перед розряджанням або в процесі заряджання напруга опорного елемента перевищує 1,65 В, стан компаратора DD2 змінюється і запалюється світлодіод VD2. Компаратор DD2 відключає напругу живлення генераторів струму.

Пристрій отримує стабілізовану напругу живлення +15 від блоку живлення через ІС4. У блоці живлення є випрямний міст із буферним конденсатором, С6. Трансформатор Т1 перетворює мережну напругу до необхідної низької.

#### 1.4. Зарядно-десульфатуючий автомат для автомобільних акумуляторів

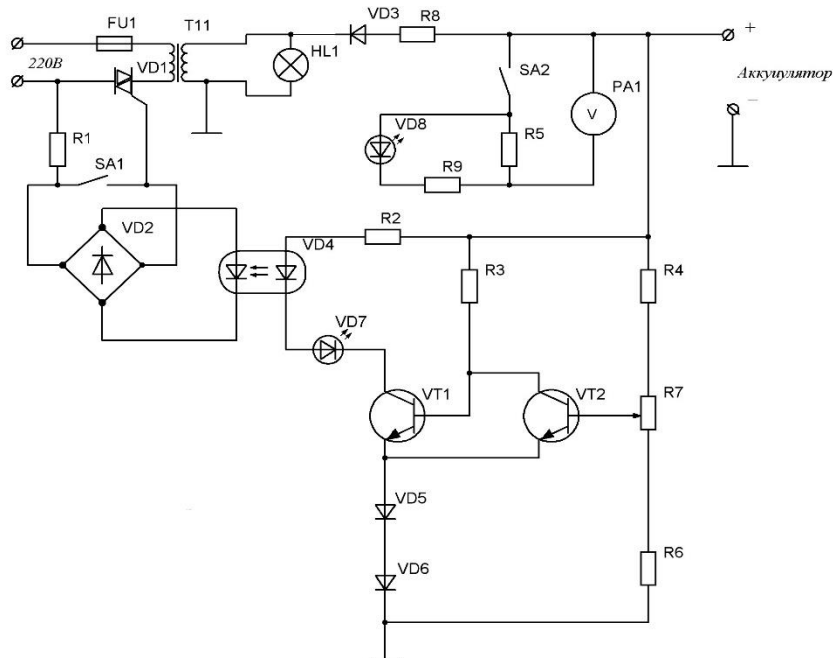


Рисунок 4. Схема зарядного – десульфатуючого автомата для автомобільних акумуляторів

Принцип роботи пристрою полягає в наступному:

1. Заряд проводиться на позитивній напівхвилі вторинної напруги.
2. На негативній напівхвилі відбувається частковий розряд батареї за рахунок протікання струму через резистор навантаження.

3. Автоматичне включення при падінні напруги за рахунок саморозряду до 12,5 В та автоматичне відключення від мережі 220 В при досягненні напруги на батареї 14,4 В. Відключення – безконтактне, за допомогою симістора та схеми контролю напруги на батареї.

Важлива перевага методу полягає в тому, що доки не підключена батарея (автоматичний режим), блок не може включитися, що виключає коротке замикання при замиканні проводів, що підводять зарядний струм до акумуляторної батареї.

Пристрій працює від напруги мережі 220 В, яка подається через запобіжник FU1 і симістор VD1 на первинну обмотку силового трансформатора. З вторинної

обмотки змінна напруга  $U_n = 21$  випрямляється діодом VD3 і через баластовий резистор R8 опором 1,5 Ом надходить на клему "+" батареї, до якої підключені вольтметр PA1 на 15 В, тумблер SA2 і схема контролю і управління, що представляє собою тригер Шмітта з гістерезисом близько 1,8 В, що визначається падінням напруги на діодах VD5, VD6 і переході база-емітер транзистора VT2. Транзистор VT1 при нарузі на акумуляторі 12,6 вмикається, і через оптрон VD4 вмикає симістор VD1, що призводить до вмикнення трансформатора Т1 і подачі напруги на акумулятор, що заряджається.

Підключення тумблером SA2 резистора R5 забезпечує асиметричність форми зарядного струму. Резистором R7 встановлюється момент відключення блоку, при нарузі на вольтметрі 15 В. Діодний міст VD2 забезпечує вмикнення симістора на обох напівхвилях напруги і нормальну роботу трансформатора.

### 1.5. Цифровий зарядний пристрій

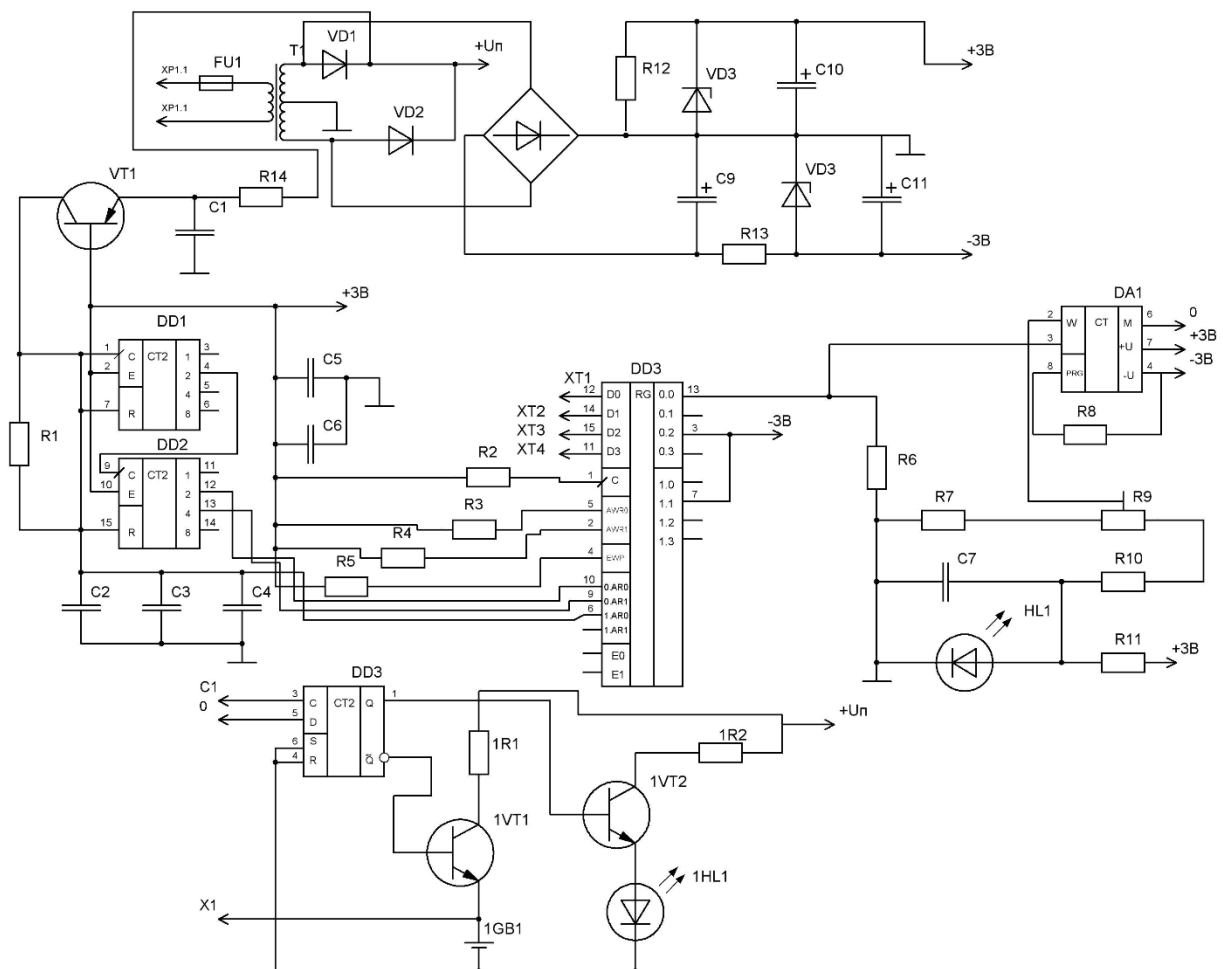


Рисунок 5. Електрична принципова схема цифрового зарядного пристрою

Розглянемо роботу цифрового зарядного пристрою. На вхід лічильника DD1 надходять тактові імпульси. На виході DD2 є певний двійковий код, що є номером каналу (виводи 12, 13). Цей код надходить на адресний вхід мультиплектора DD2. Через мультиплексор напруга надходить на вхід компаратора DA1 (вивод 3), що не інвертує, який порівнює його зі зразковою зворотною напругою (вивод 2), рівним вибраної напрузі ходу DA1. На час закінчення тактового імпульсу формується напруга високого чи низького логічного рівня, що надходить на вхід тригера DD3 і заряджає його вхідну ємність. У цей момент через дешифратор на тактовий вхід тригера надходить позитивний імпульс, що робить запис триггер інформації з його входу. Стан цього тригера залишається постійним до надходження наступного тактового імпульсу, тобто, до повторення адреси. Напруга з виходу кожного тригера надходить на силові ключі 1VT1 і 1VT2, які включають зарядний струм, якщо акумулятор, підключений до цього каналу, розряджений. У протилежному випадку вмикається індикатор HL1, який сигналізує про те, що акумулятор не заряджається. Імпульси з подвоєною частотою мережі надходять з виходу випрямляча VD1, VD2 через формувач R14, C1, VT1, R1 на лічильний вхід DD1, з виходів якого тактова послідовність перемикання каналів з частотою 6 Гц. При такому виборі тактової частоти перемикання кожного каналу відбувається із частотою 1,5 Гц. Конденсатор C1 необхідний для запобігання збоїв лічильника через перешкоди по мережі 220 В. Для запобігання виходу мікросхем з ладу при зміні полярності напруги акумулятора, що заряджається, живлення обрано біполярним. Світлодіод HL5, зеленого кольору, є індикатором включення пристрою в мережу і спільно з резисторами R7, R9, R10 утворює джерело зразкової напруги. Напруга на вході 7 компаратора DA1, що інвертує, встановлюється за допомогою резистора R9 рівним пороговому напрузі зарядженого акумулятора, тобто 1,43... 1,50 В. Для підвищення ККД пристрою згладжування випрямленої напруги фільтрами C8, C9 проводиться тільки в колах живлення малої потужності. Напруга живлення малопотужної частини пристрою стабілізовано найпростішими параметричними стабілізаторами R12, VD3 та R13, VD4.



## 1.6. Зарядний пристрій Ni-Cd акумуляторів

У цьому пристрої застосований аналог низьковольтного стабілітрона, виконаний на транзисторах VT7, VT8 та діодах VD1, VD2.

Зарядний пристрій у процесі роботи постійного спостереження не потребує. Акумулятори перезарядитись не можуть, проте своєчасне закінчення заряджання заощаджує час. Для індикації моменту досягнення номінальної напруги на акумуляторі, 1,35...1,4, зібраний вузол на DA1 і транзисторах VT9 і VT10. Коли напруга на вході, що інвертує компаратора DA1 перевищує опорне, що знімається з движка резистора R8, на виводу 2 DA1 з'являється високий рівень напруги, запускається генератор на аналогу інжекційно-польового транзистора, і п'єзо дзвінок BQ1 випромінює акустичний сигнал.

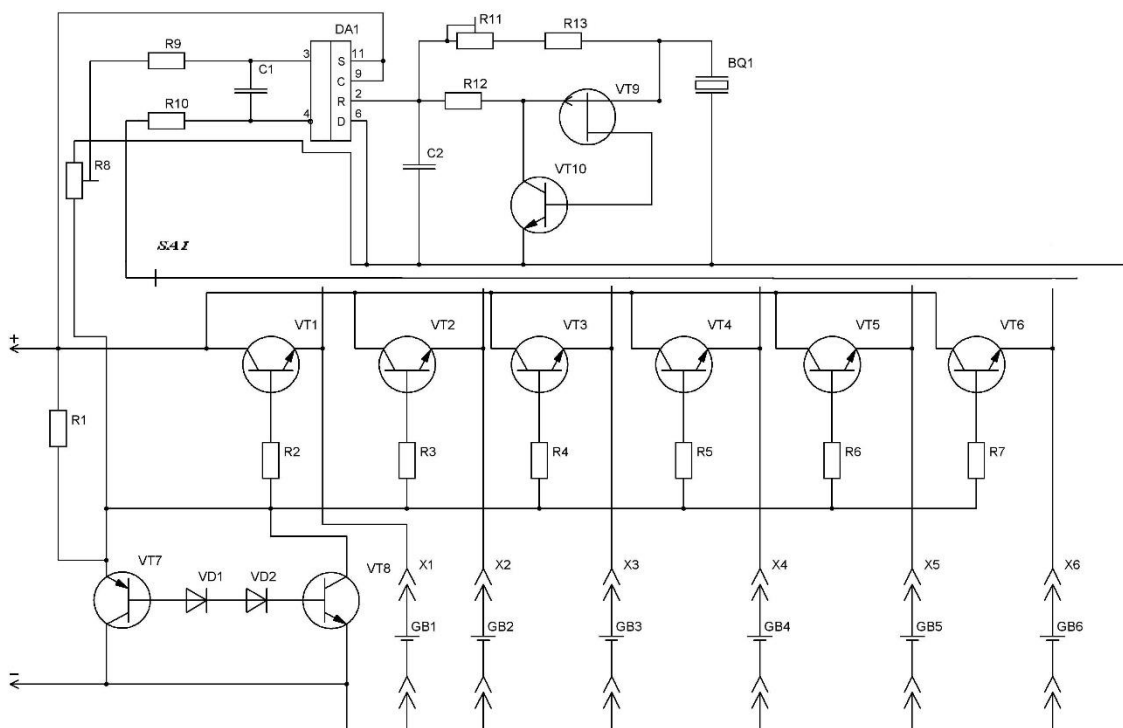


Рисунок 6. Електрична принципова схема зарядного пристрою для Ni-Cd акумуляторів

Резистором R8 встановлюється поріг включення індикації-закінчення зарядки акумулятора. Резистором R11 встановлюється частота генерації аналога

інжекційно-польового транзистора. Вона повинна збігатися зі своєю частотою п'єзо випромінювача ВQ1, у своїй виходить найбільша гучність акустичного сигналу. Живлення зарядного пристрою проводиться від джерела постійного струму напругою 5...6В з допустимим струмом не менше 1,5 А.

## 1.7. Зарядний пристрій автомобільних акумуляторів

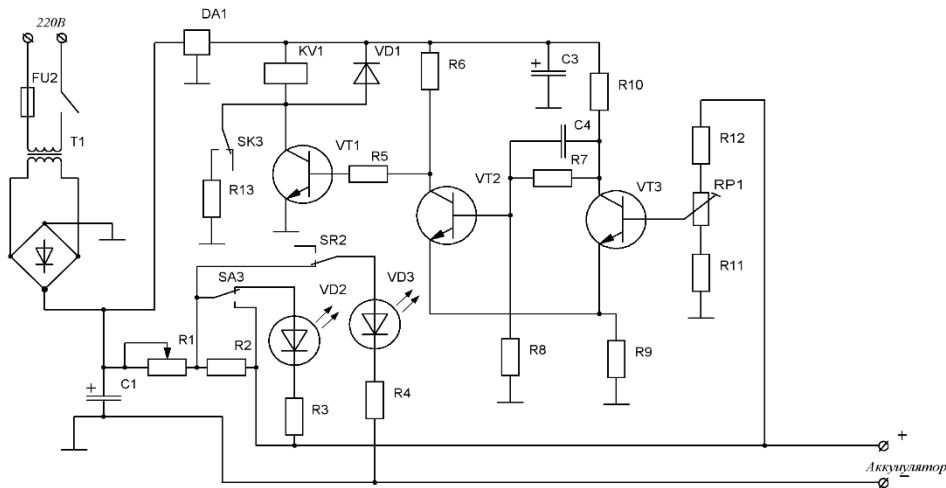


Рисунок 7. Електрична принципова схема зарядного пристрою

Зарядний пристрій, що пропонується, призначений для заряджання автомобільних акумуляторних батарей ємністю від 32 до 60 Ампер-година і підтримки їх у зарядженому стані.

У процесі зарядки напруга на полюсах акумуляторної батареї змінюється, і коли воно стає рівним 2,3...2,35В на комірку, від 13,8 до 14,1В для батареї 12В, батарея заряджена на 100%.

Електрична схема зарядного пристрою, рисунок 8, зроблена так, що при 100%-й зарядці акумуляторної батареї вона перемикається в режим збереження заряду, подаючи слабкий струм, що заряджає (100 ... 250 мА). Цей невеликий струм запобігає саморозряду акумулятора.

Зарядний пристрій живиться від мережі з напругою 220 В. Випрямний блок складається з мережевого трансформатора Т1 потужністю 100 Вт, моста випрямляча і фільтруючого конденсатора С1.

Опір резистора R1 залежить від ємності акумулятора. Для акумуляторної батареї ємністю 45 Ампер-година потрібно струм 2.25А - резистор R1 повинен мати

опір 1,8 Ом. Для акумулятора ємністю 60 Ампер - година зарядний струм становить 3 А, а опір резистора R1 - 1,33 Ом. Точна величина опору R1 визначається тим, яка акумуляторна батарея приєднана до пристрою.

Блок відстеження ступеня зарядки складається з стабілізатора напруги DA1, керуючого реле KV1, транзистора VT1 і тригера Шмітта - VT2, VT3, що утворює пороговий пристрій, що відстежує рівень зарядки батареї. При досягненні напруги 13,9...14,1В пристрій перемикається в режим підтримки заряду.

Переваги цього пристрою:

- акумулятор може бути підключений до зарядного пристрою, скільки завгодно довго, і завжди знаходиться в повністю зарядженому стані;
- внаслідок малості струму, що заряджає, зарядний пристрій не перевантажується, а споживання струму від електромережі мінімально;
- немає необхідності стежити за процесом зарядки.

Для вказівки режиму роботи зарядного пристрою використано два світлодіодні індикатори. У процесі заряджання світиться діод VD3 (зелений), а в режимі збереження заряду діод VD2 (синій або жовтий).

### **1.8. Зарядний пристрій для акумуляторів**

Електрична схема зарядного пристрою наведена на рисунку 8. Мікросхема DA1 використовується як обмежувач струму, регулятор напруги та "зарядно-контрольний" ключ. Стабілітрон VD2 (15) встановлює на виході DA1, за відсутності навантаження, напругу 16,2 В. Резистор R3 обмежує вихідний струм DA1 на рівні 500 мА. Коли транзистор VT1 відкритий напругою з виходу таймера DA2, напруга на виході DA1 знижується, до 1,2 В. Діод VD4 забезпечує ефективну розв'язку батареї, що заряджається, від схеми зарядного пристрою. Застосування як VD4 діод з бар'єром Шоттки дозволять отримати мале падіння напруги (менше 0,4 В) при протіканні через нього прямого струму.

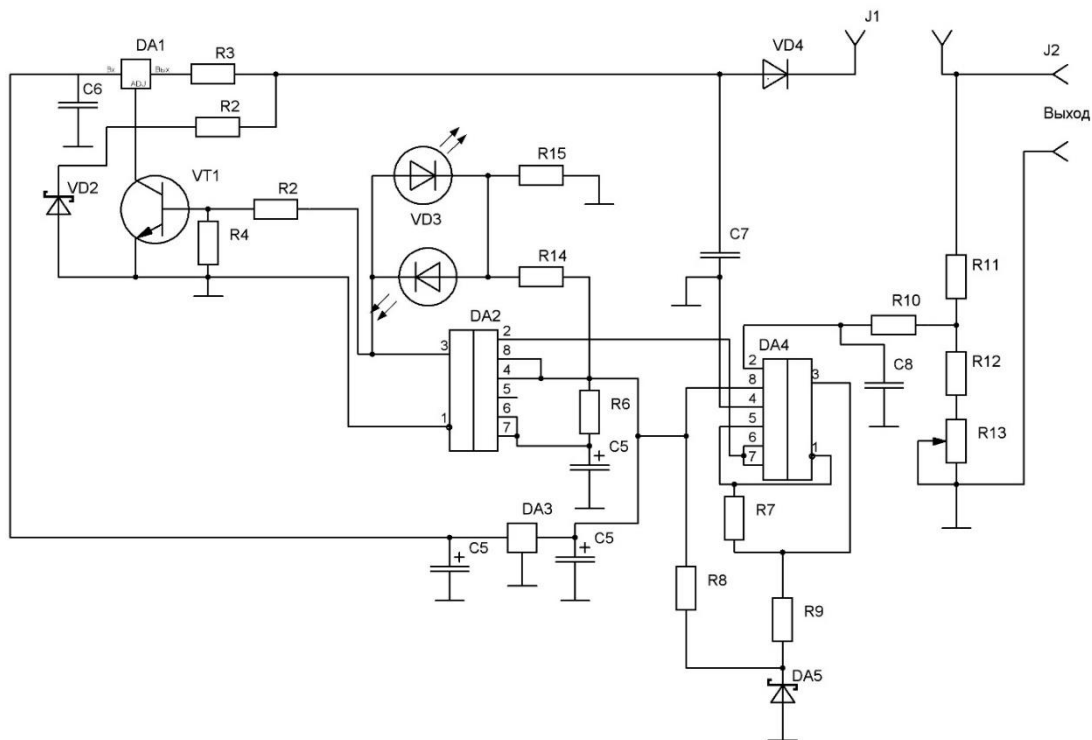


Рисунок 8 . Електрична принципова схема зарядного пристрою

Мікросхема DA4 використовується як компаратор напруги. Резистори R11, R12 і R13 утворюють дільник напруги заряджуваної батареї, з виходу якого напруга надходить на другий вхід (вивод 2) компаратора DA4. Підстроювальний резистор R13 служить для встановлення порога спрацьовування компаратора. Коли напруга на клеммах батареї досягне значення +14,5, компаратор DA4 спрацює, забезпечивши на виході перепад напруги з +12 на 0 В. Резистор R7 1 МОм служить для забезпечення гістерезису, знижуючи при перемиканні компаратора, опорна напруга. Напруга на клеммах батареї тепер знизиться приблизно до 13,8 В, перш ніж компаратор DA4 знову перемикнеться.

Мікросхема DA4 використовується як повторювач напруги. Напруга з повторювача надходить на вхід (вивод 2) тригера мікросхеми DA2. Напруга +12В залишається на виході DA4 до тих пір, поки конденсатор C5 не розрядиться через резистор R6. Як тільки на виході DA2 з'явиться напруга 12В, транзистор VT1 відкриється, тим самим з'єднавши вивід ADJ DA1 із загальним проводом. При цьому заряд батареї припиняється. Вихід (вивод 3) DA2 також підключений до двоколірного світлодіода VD3. Дільник напруги R14, R15 необхідний для забезпечення напруги зміщення на світлодіоді. При цьому VD3 світиться червоним кольором, коли на виході

DA2 є напруга +12 В, і зеленим кольором, коли напруга - 0 В. Коли ввімкнено напругу мережі, але ключ DA1 вимкнений (заряд відсутній), VD3 світиться червоним кольором. Коли мікросхема DA1 ввімкнена та протікає зарядний струм, VD3 світиться зеленим кольором. Як тільки акумулятор повністю зарядиться, VD3 почне блимати зеленим кольором кожні 4 секунди. При повністю зарядженій батареї тривалість світла VD3 може становити 0,5 секунди, і час між імпульсами становитиме до 60 секунд і більше.

Трансформатор Т1, міст VD1 і конденсатори С1 і С2 утворюють нестабілізоване джерело живлення з вихідною напругою 20 і струмом 0,5 А.

### 1.9. Зарядний пристрій для акумуляторів типу 6СТ-60

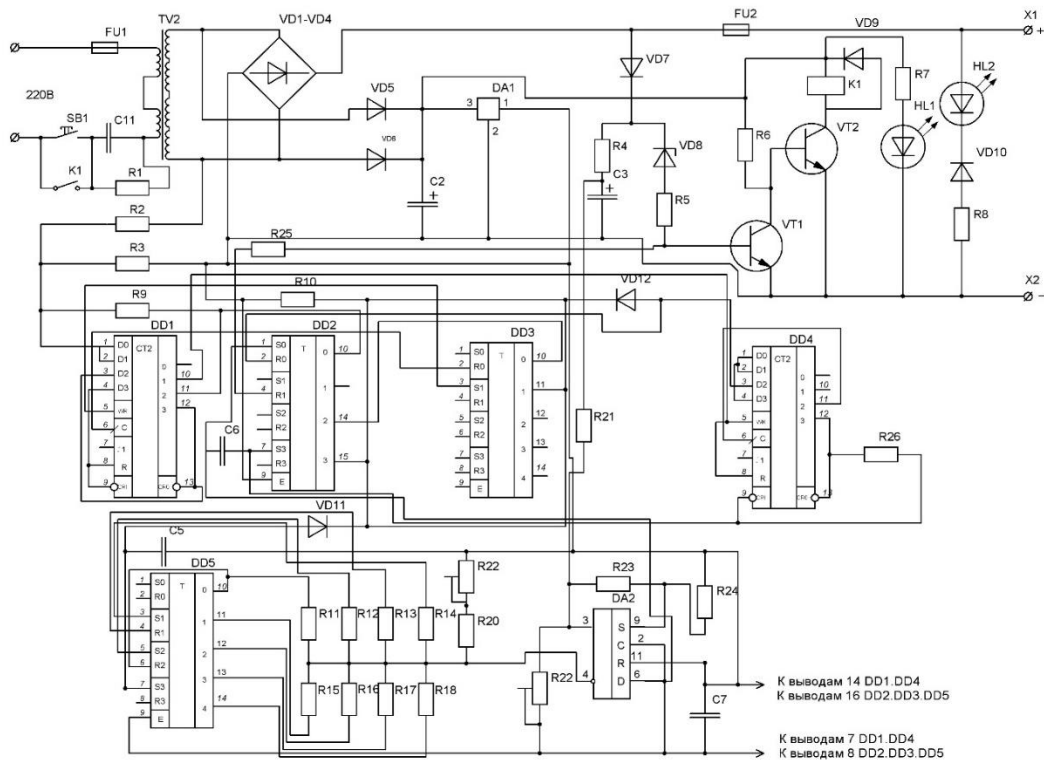


Рисунок 9. Електрична принципова схема зарядного пристрою для акумуляторів типу 6СТ-60

Пристрій захищений від короточасних замикань у колі навантаження та обривів у ньому.

Цей пристрій призначений для роботи з акумуляторною батареєю 6СТ-60, тому зарядний струм 3 А. Для використання пристрою з найбільш поширеною батареєю 6СТ-55 достатньо знизити величину струму зарядки до 2,75 А.

Пристрій містить блок живлення, виконаний за схемою з конденсатором, що гасить. Стабілізатор напруги DA1 забезпечує живленням цифрову частину пристрою.

На елементі DD1 зібрано формувач прямокутних імпульсів частотою 50 Гц. Лічильник DD2, DD3 спільно утворюють таймер, що визначає періодичність контролю за зростанням напруги на акумуляторній батареї, що заряджається. Двійковий лічильник DD5 спільно з резистивною матрицею R11...R20 утворюють керований генератор східчасто зростаючої напруги, що використовується як опорне для визначення за допомогою компаратора DA2 припинення зростання напруги на акумуляторній батареї. Двійковий лічильник DD2 виробляє сигнал на вимкнення пристрою за постійної напруги на батареї протягом заданого часу. На транзисторах VT1, VT2 зібрано вузол управління реле K1.

Світлодіод HL1, зеленого кольору, відображає увімкнення пристрою. Світлодіод HL2, червоного кольору, запалюється при помилковому підключенні батареї у зворотній полярності. Після виправлення помилки потрібно змінити запобіжник FU2.

Перед включенням пристрою в мережу необхідно підключити акумуляторну батарею до затискачів X1 і X2. Далі натиснути кнопку SB1. Через замкнуті контакти кнопки і конденсатор C1 трансформатор T1 подається напруга мережі. До вторинної обмотки трансформатора підключений випрямний міст на діодах VD1...VD4, з якого знімається пульсуюча напруга, що створює струм зарядки акумуляторної батареї. Два діоди цього мосту спільно з діодами VD5, VD6 утворюють другий випрямний міст, постійна напруга з якого після згладжування конденсатором C3 подається для живлення вузла на транзисторах VT1, VT2. Цифрова частина пристрою запитана від мікросхемного стабілізатора DA1, що забезпечує високу стабільність та низький рівень пульсацій вихідної напруги.

Починається заряджання акумулятора. Через діод VD7 пульсуюча напруга надходить на фільтр низьких частот R4-C3, що знижує пульсації до рівня, при якому вони не помітно впливають на роботу компаратора DA2. З конденсатора C3 постійна напруга, пропорційна напрузі на клеммах батареї, що заряджається, через резистивний дільник напруги R21-R22 надходить на не інвертуючий вхід компаратора DA2 (вивод 3). На інвертуючий вхід компаратора (вивод 4) надходить напруга з резистивної матриці R11...R20. У момент ввімкнення пристрою диференціююче коло C5-R10 формує імпульс позитивної полярності, який обнулює всі лічильники, за винятком DD2.2. Тому напруга на виході резистивної матриці мінімально і свідомо менше

напруги, що надходить на вивод 3 DA2. На виході компаратора (вивод 9) при цьому високий рівень, який через резистор R26 надходить на вхід R (вивод 7) лічильника DD2, обнуляючи також його. Напруга низького рівня з виходу DD2.2 (вивод 4) через резистор R25 надходить на базу транзистора VT1, закриваючи його. Транзистор VT2 відкривається, спрацьовує реле K1 і своїми контактами блокує контакти кнопки SB1.

Через резистивний дільник R2-R3 на формувач прямокутних імпульсів, виконаний на елементі DD1, надходить пульсуюча напругу частотою 50 Гц. З виходу формувача імпульси подаються на входи лічильників DD2 та DD5. Лічильник DD2 спільно з лічильником DD3 і DD1 утворюють таймер, що відраховує часові проміжки часу. Поки таймер не відрахував заданий інтервал часу, на виході елемента DD1 буде присутній логічний "Про" і, отже, на виході елемента DD4 та вході лічильника DD5 буде логічна одиниця, що забороняє роботу лічильника. Через годину на виході DD1 з'явиться напруга високого рівня. Елемент DD4 перемикається та дозволить роботу лічильника DD5. На виході резистивної матриці почне формуватися ступінчасто зростаюча напруга. Її мінімальна величина, при логічному "Про" на всіх виходах лічильників, виставляється резистором R19 у процесі регулювання, а максимальна - практично дорівнює напрузі живлення лічильників DD5.

Компаратор DA2 порівнює напругу на своєму вході, що не інвертує, яка пропорційна напрузі на акумуляторній батареї, з напругою на виході матриці. Як тільки ця напруга зрівняється, компаратор перемикається, і на його виході з'явиться напруга низького рівня. Елемент DD4 також перемикається, і логічна "1" з його виходу заборонить роботу лічильника DD5. Таким чином, на інвертуючому вході компаратора зафіксується напруга, пропорційна напруги на акумуляторній батареї, що заряджається, на даний момент часу.

При перемиканні компаратора перемикається логічний елемент DD4. Логічна "1" з його виходу надійде на вхід (вивод 6) елемента DD4.

Імпульс позитивної полярності з виходу елемента DD4 надійде також на вхід лічильника DD2 (вивод 2), проте лічильник не змінить свого стану, оскільки на його вході (вивод 7) протягом деякого часу, що визначається постійною розряду конденсатора С6 через резистор R26, підтримується високий рівень напруги.

У міру заряджання акумуляторної батареї напруга на ній поступово збільшується. Пропорційно збільшується напруга на вході компаратора DA2, що не інвертує. Коли воно

перевищить напругу на вході, що інвертує, компаратор перемкнеться, на його виході знову з'явиться напруга низького рівня, і при появі на виході елемента DD1 логічної "1" описаний вище процес повториться знову.

Лічильник DD5 та компаратор залишаться в колишньому стані, конденсатор C6 розряджений. Тому імпульс, позитивної полярності, що надійшов з виходу елемента DD4 на вихід лічильника DD2 буде враховано. При повторенні (через годину), тієї ж ситуації, на виході 2 (вивод 4) лічильника з'явиться напруга високого рівня, яка надійде через резистор R25 на базу транзистора VT1, що викличе відпуск якоря реле K1 і відключення пристрою від мережі.

Якщо протягом другої години напруга на акумуляторній батареї збільшиться настільки, що це викличе перемикання компаратора DA2, то напруга високого рівня, що з'явилася на його виході, через резистор R26 обнулить лічильник.

Позитивний зворотний зв'язок, введений в компаратор через ділянку R23-R22, створює невеликий гістерезис, що сприяє більш чіткому перемиканню компаратора в умовах повільно мінливої вхідної напруги і забезпечує захист від перешкод, викликаних невеликими пульсаціями напруги на його входах.

При випадковому відключенні акумулятора від клем зарядного пристрою, напруга на вторинній обмотці трансформатора T1 і виході мосту VD1...VD4 різко зростає. Відкривається стабілітрон VD8, що призводить до відкривання транзистора VT1 та вимкнення пристрою.

З метою захисту діодів VD1...VD4 при випадковому підключенні акумуляторної батареї у зворотній полярності, в пристрій введений запобіжник FU2.



## 1.10. Автоматичний зарядний пристрій для автомобільних акумуляторів

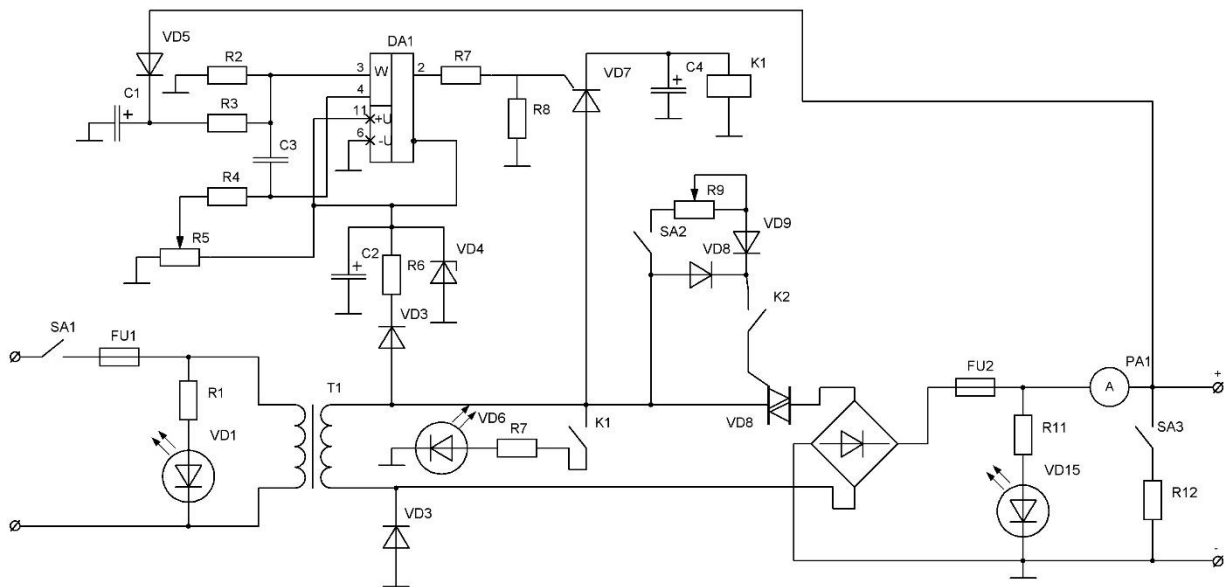


Рисунок 10. Електрична принципова схема автоматичного зарядного пристрою для автомобільних акумуляторів

Пропонована схема зарядного пристрою, рисунок 10, дозволяє контролювати напругу заряду на акумуляторній батареї і при досягненні напруги 16В переривати процес заряду, а також сигналізувати про його завершення. У цьому випадку час заряду батареї дещо збільшується, проте такий режим заряду дозволяє відновити ємність батареї та продовжити термін її служби.

Напруга 220 В мережі подається через запобіжник FU1 на первинну обмотку. З вторинної обмотки змінна напруга 18В через симистор VD14 надходить на діодний міст, де випрямляється і через запобіжник FU2 і амперметр подається на клему "+" батареї до якої підключені тумблер SA2 і схема контролю і управління. Резистором R9 можна в невеликих межах регулювати зарядний струм і винести його на зовнішню панель. У включеному режимі SA2 розімкнuto, а SA3 замкнено. Симистор працює на одній напівхвилі напруги і, отже, діодний міст перетворюється на однонапівперіодний випрямляч. На одній напівхвилі відбувається заряд батареї, а на іншій напівхвилі частковий розряд через резистор R13.

За напругою на батареї стежить компаратор і в разі досягнення напруги 16В, на виході компаратора (вивод 2) з'являється високий рівень, який відкриває тиристор VD7. У свою чергу тиристор включає реле K1, яке своїми контактами K1 розмикає коло управління симістором VD14 і тим самим закриваючи його і припиняючи заряд.

Одночасно замикаючись контакти К2 включають світлодіод, що сигналізує про кінець заряду. Пристрій знову ввімкнеться, коли напруга на батареї впаде до 14 В. Різниця напруги ввімкнення і вимкнення заряду можна регулювати підбором ємності С3.

Налагодження пристрою зводиться до встановлення напруги 8В на виводі 3 DA1. При відсутності батареї і ввімкненому пристрої сигналізація "немає заряду" буде активізована, так як напруга на виводі 4 DA1 буде дорівнює 12,6В, що більше, ніж на опорному виводі 3 DA1. Вивод 4 є перевірним, а вивод 3 опорним. Живиться DA1 від простого параметричного стабілізатора 12 В.

### 1.11. Зарядний пристрій для акумуляторів на мікросхемах

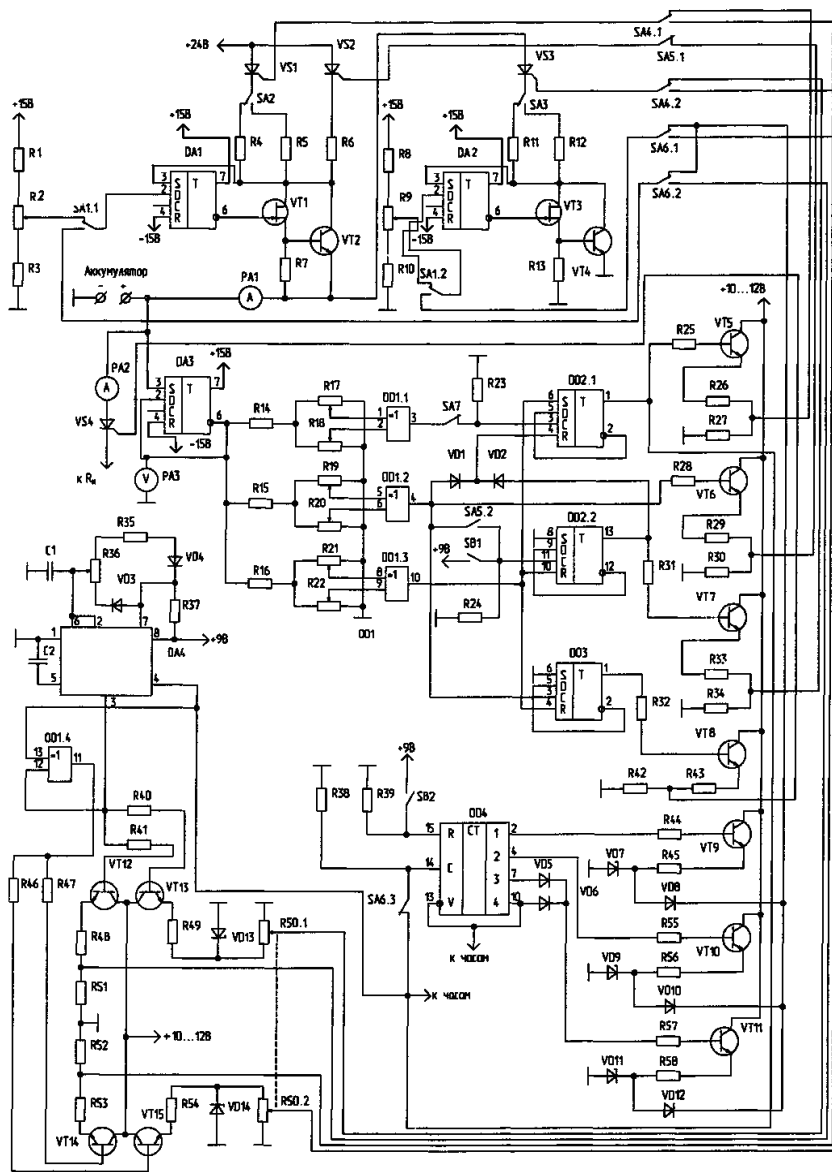


Рисунок 11. Електрична принципова схема зарядного пристрою для акумуляторів

Принципова схема зарядного пристрою показана на рисунку 11. Воно складається з наступних блоків:

- джерел зарядного і розрядного струмів;
- блок автоматики;
- блок тренування;
- блок асиметричного заряду.

Зарядне джерело струму зібрано на ОП DA1 та транзисторах VT1, VT2.

Розрядне джерело - на ОП DA2 і транзисторах VT3, VT4. Тиристори VS1, VS2 комутують струми в режимах "Заряд"- "Підзаряд". Перемиканням тумблера SA2 вибирають межу максимального струму заряду, від 0,1 А до 1 А. Струм розряду комутує тиристор VS3, тумблером SA3 встановлюється межа максимального струму розряду 0,1 А-1 А.

Струми заряду-підзаряду та розряду можуть плавно регулюватися резисторами R2, R9 або встановлюватися фіксованими за допомогою джерел опорної напруги блоків тренування та асиметричного заряду.

Блок автоматики зібраний на елементах DA3, DD1.1...DD1.3, DD2, DD3 та транзисторів VT5...VT8. На ОП DA3 зібраний повторювач напруги, що виконує функції вольтметра з високоомним входом та буферного каскаду для виключення впливу кіл блоку автоматики на акумулятор. Логічні елементи DD1.1 ... DD1.3 є компараторами напруги. Контрольована зона компаратора DD1.1 - 10,0 ... 12,5 В; DD1.2 - понад 13,5 В; DD1.3 – нижче 10В.

При напрузі на клеммах акумулятора від 10 до 12,5 В спрацьовує компаратор DD1.1. Логічна "1" з виходу компаратора перемикає тригер DD2.1 по входу в стан логічної "1" на виході. Відкриваються транзисторний ключ VT5 та тиристор VS1. Відбувається заряд акумулятора постійним струмом. При цьому тумблери SA1...SA7 мають бути в положеннях, вказаних на схемі.

При напрузі на клеммах акумулятора більше 12,5 В, але менше 13,5 В на виходах усіх компараторів - низькі рівні, на виході DD2.1 залишається високий рівень і заряд продовжується. Як тільки напруга на акумуляторі досягне 13,5В, тригер DD2.1 обнулюється рівнем "1" з виходу компаратора DD1.2, і зарядка припиняється. Одночасно цей рівень відкриває ключ на транзисторі VT6, включаючи тиристор VS2 і, відповідно, "Підзаряд".

Режим тренування включається при переведенні тумблера SA1 в нижнє за схемою положення, а перемикача SA5 - у положення, при якому SA5.1 розімкнuto, а SA5.2 замкнено. При цьому до входів, що інвертують, ОП DA1, DA2 за допомогою ключів на транзисторах VT9...VT11 підключаються ІОН VD7, R45; VD9, R56; VD11, R58.

У момент підключення акумулятора спрацьовує компаратор DD1.1 і встановлює на виході DD2.1 високий рівень, який, одночасно з включенням джерела зарядного струму, перемикає лічильник DD4 в стан "1" на виході 1, виводі 2. Транзистор VT9 відкривається, з виходу ІОН VD7, R45 опорна напруга надходить на входи джерел струму.

Після повної зарядки акумулятора, 13,5, тригер DD2.1 обнулюється логічною "1" по входу R. Через замкнуті контакти тумблера SA5.2 на виході тригера DD2.2 встановлюється рівень логічної "1". Відкривається ключ на транзисторі VT7, вмикається генератор розрядного струму. Одночасно логічна "1" блокує тригер DD2.1 по входу R. Розряд проводиться струмом, що визначається ІОН VD7, R45.

Після повного розряду акумулятора до 10 В спрацьовує компаратор DD1.3. Логічна "1" з його виходу обнулює тригер DD2.2 і встановлює високий рівень на виході тригера DD2.1 по входу S. Фронт позитивного імпульсу перемикає лічильник DD4 в стан логічної "1" на виході 2, виводі 4. Відкривається ключ на транзисторі VT10 і починається другий цикл тренування струмом, що визначається ІОН VD9, R56.

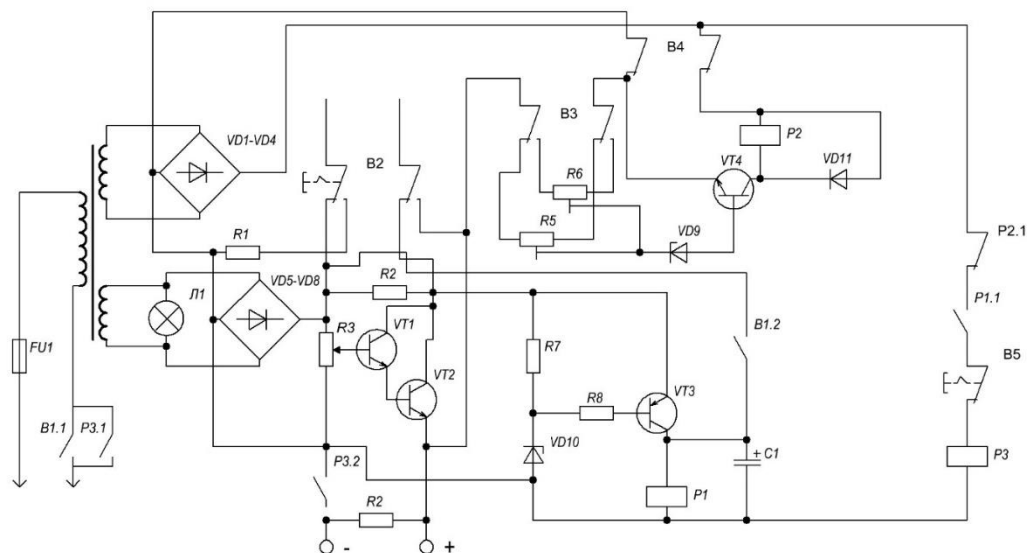
Аналогічно відбуваються третій і четвертий цикли, причому на останньому лічильник DD4 самоблокується, і цикли заряд-розряд триватимуть необхідну кількість разів струмом, що визначається ІОН VD11, R58. У четвертому циклі можна визначити фактичну ємність акумулятора. Схема годинника не наводиться, т.к. вони можуть бути виконані за будь-якою схемою. Підключення проводиться, наприклад, за допомогою елемента "І-НЕ" входи якого з'єднуються з виходом тригера DD2.1 та виходом 4 лічильника DD4. Вихід елемента підключається до входу годинника. При збігу рівнів логічної "1" на виході DD2.1 та виході 4 DD4, на виході елемента "І-НЕ" з'являється рівень "0", що дозволяє роботу годинника. У решті випадків на виході елемента присутня логічна "1".

Режим зарядки асиметричним струмом включається переведенням тумблерів SA1, SA4, SA6 в нижнє за схемою положення. Генератор імпульсів зібраний на таймері DA4 з парафазним виходом. ІОН VD13, R50.1 задає зарядний струм, VD14, R50.2 - розрядний. На транзисторах VT12...VT15 зібрані ключі, що комутують тиристори VS1, VS3 та ІОН. Тривалість імпульсів "Заряд" та "Розряд" регулюють резистором R36. Резистором R50 регулюють зарядний та розрядний струми. Діоди VD3, VD4 поділяють струми заряду і розряду конденсатора таймера C1.

У зарядному пристрої передбачена можливість живлення навантаження від акумулятора без відключення від ЗП при одночасному режимі "Підзаряд". У цьому струм навантаження контролюється амперметром PA2. При повному розряді акумулятора рівень логічної "1" з виходу компаратора DD1.3 обнуляє тригер DD3, тоді тиристор закривається VS4, відключаючи навантаження. Одночасно вмикається режим "Заряд". Після досягнення на клеммах акумулятора напруги 13,5В рівень "1" з виходу компаратора DD1.2 встановлює тригер DD3 в одиничний стан, тим самим підключаючи навантаження до акумулятора.

Кнопка SB1 призначена для примусового включення режиму "Розряд" у випадку, якщо є батарея акумуляторів з різним ступенем розрядженості елементів. Тоді кожен елемент піддається розряду до напруги 1,0...1,1 ст. Натисканням кнопки SB2 обнулюється лічильник DD4 перед тренуванням акумулятора.

## 1.12. Автоматичний зарядний пристрій



## Рисунок 12. Електрична принципова схема автоматичного зарядного пристрою

Цей пристрій призначений для заряджання акумуляторних батарей усіх типів, що застосовуються для електрообладнання легкових автомобілів і мотоциклів. Зарядний пристрій дозволяє плавно регулювати силу зарядного струму зарядки від 0 до 6 А, вихідної напруги від 0 до 15 В та автоматично відключатися від мережі при зарядці батареї на 90% від номінальної ємності. Має систему захисту від перевантажень, що спрацьовує при струмі силою 7-10 А. Контроль за силою зарядного струму та вихідною напругою здійснюється за ампервольтметром. Живлення зарядного пристрою здійснюється від мережі змінного струму напругою 220; споживана потужність трохи більше 60 Вт; маса пристрою трохи більше 6 кг. Принципова схема зарядного пристрою наведена на рисунку 12. Працює воно так. Постійна напруга з виходу двонапівперіодного випрямляча на діодах VD5 - VD8, включених за мостовою схемою, через складовий транзистор VT1, VT2, що є регулюючим елементом пристрою, подається до акумуляторної батареї, що заряджається. Опір складеного транзистора змінюють напругою зсуву, що подається на базу транзистора VT1 з двигуна змінного резистора R3. Резистор R4 дозволяє вимірювати напругу на виході зарядного пристрою при вимкненому навантаженні. У системі захисту від перевантажень працюють транзистор VT3 та електромагнітне реле P1. При короткочасному включенні живлення кнопковим перемикачем В1 замикаються контакти В 2 заряджається конденсатор С1 спрацьовує реле P1 і його контакти P1.1 замикаються. При цьому спрацьовує реле P3 та його контакти P3.1 блокують контакти В1 вимикача живлення. Режим транзистора VT3 підбирають резистором R8 таким, щоб струм колекторного кола був достатнім для утримання реле P1 в стані. При збільшенні сили струму навантаження вище допустимого напруга на виході пристрою зменшується і на стабілітроні VD10, режим якого визначає резистор R7, воно стає менше напруги стабілізації. Стабілітрон при цьому закривається, чому струми бази та колектора транзистора VT3 різко зменшуються, реле P1 відпускає, і його контакти P1.1, розмикаючись, знеструмлюють обмотку виконавчого реле P3. При цьому контакти P3.1 реле P3 також розмикаються та відключають зарядний

пристрій від мережі. У системі автоматичного контролю заряду акумуляторної батареї працюють транзистор VT4, електромагнітне реле P2 і стабілітрон VD9. З часом струм заряду зменшується, а напруга на затискачі батареї збільшується. Коли воно досягне порога пробою стабілітрона VD9, транзистор VT4 повністю відкривається, реле спрацьовує та своїми контактами P2.1 розриває коло живлення виконавчого реле P3, яке контактами P3.1 відключає зарядний пристрій від мережі. Живлення системи автоматичного контролю здійснюється від випрямляча на діодах VD1 - VD4 через перемикач B4. Діод VD11 служить обмеження напруги на обмотці реле P2 при отпусканні. Резисторами R5 і R6 встановлюють режим спрацьовування системи в залежності від положення перемикача B3 на "12" або "6", тобто від робочої напруги акумуляторної батареї. Кнопковий перемикач B2 служить для перемикання ампервольтметр ІІІ на вимірювання напруги або струму заряду. Вимірювальним приладом служить допрацьований амперметр для вимірювання напруги. Виводи рамки відпаяні від шунта та припаяні до контактів перемикача B2. Відрізки монтажного дроту пропущені через отвори у корпусі приладу. Шунт залишається на тому самому місці в корпусі, але включений згідно зі схемою. Резистор R1 визначає межу вимірювання напруги від 0 до 20 В.

## **2.АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ**

### **2.1 Аналіз схеми електричної принципової й принципу дії пристрою**

В ході виконання дипломної роботи було розроблено зарядний пристрій за схемою, показаною на рисунку 13. Параметри зарядки були задані наступним чином. Струм зарядки був обраний постійної величини, що дорівнює 1А, і він не регулюється в залежності від номінальної ємності акумулятора

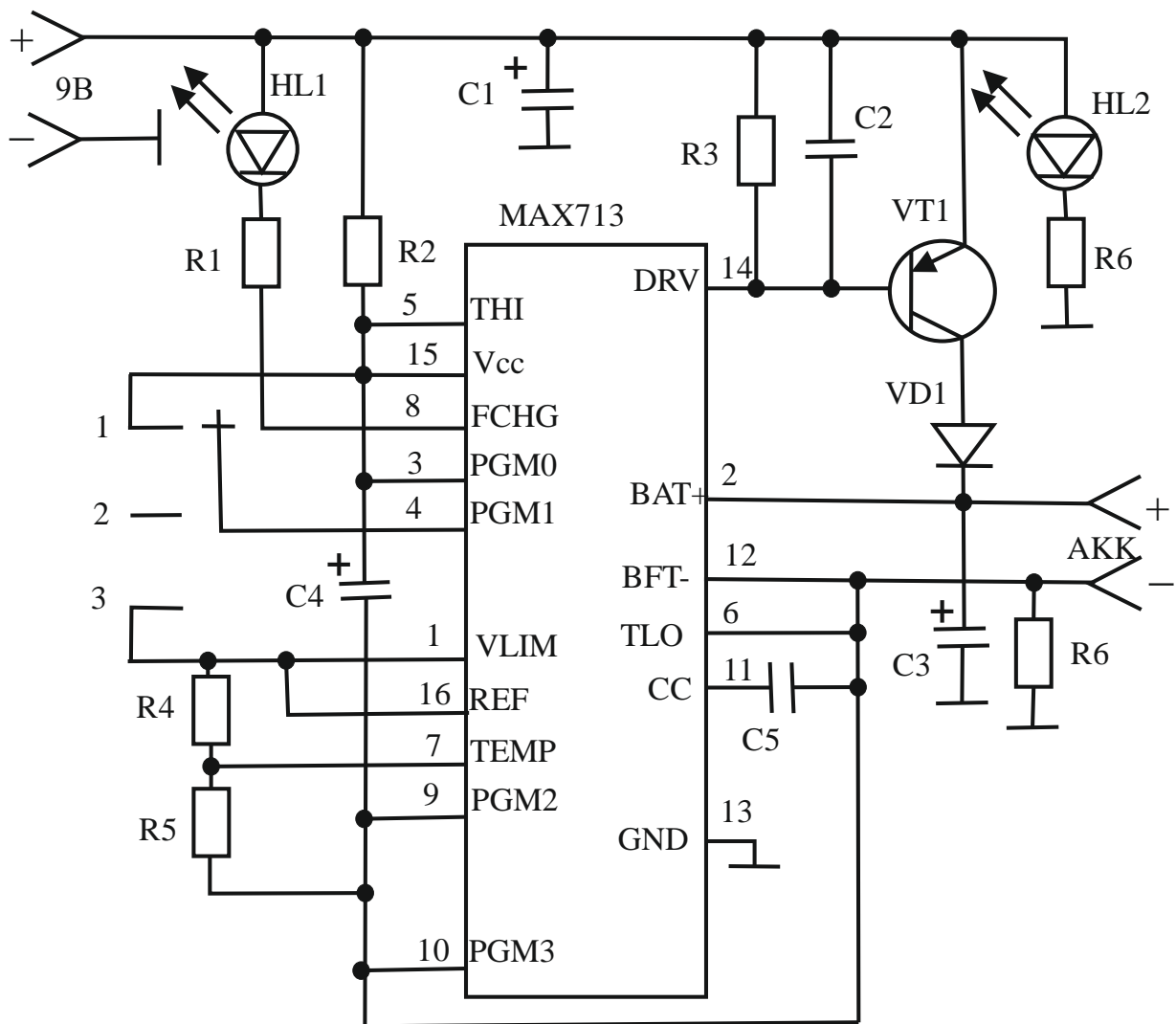


Рисунок 13. Зарядний пристрій для Ni-Cd та Ni-MH акумуляторів.

Струм зарядки не регулюється, тому що перемикачі низькоомні резистори проблематично, з точки зору вибору та надійності перемикача. Струм через його контакти протікатиме суттєвий, а вони так само мають опір, причому нестабільний.

Тому струм заданий фіксований 1А. Ця величина цілком годиться як для зарядки акумуляторів 750 мА, так і для зарядки акумуляторів в 2500 мА. Різниця лише буде у часі.

Що стосується часу, було б функцію контролю максимального часу відключити, але, на жаль, дана мікросхема цього зробити не дозволяє.

Тому було встановлено максимально можливий час, що дорівнює 264 хвилини. Тому, виводи 9 і 10 мікросхеми для її виведення джерела живлення (15). Втім, якщо це не влаштовує, можна довільно обирати максимальний час заряджання, підключивши ці виводи згідно з таблицею 1.



Таблиця 1. Максимальний час зарядки при підключенні виводів

Час (мін.)	Вивод 9 (До виводу)	Вивод 10 (До виводу)
22	15	16
33	15	12
45	нікуди	16
66	нікуди	12
90	16	16
132	16	12
180	12	16
264	12	12

Що стосується часу, було б функцію контролю максимального часу відключити, але, на жаль, дана мікросхема цього зробити не дозволяє.

Тому було встановлено максимально можливий час, що дорівнює 264 хвилини. Тому, виводи 9 і 10 мікросхеми для її виведення джерела живлення (15). Втім, якщо це не влаштовує, можна довільно обирати максимальний час заряджання, підключивши ці виводи згідно з таблицею 1.

Живлення на мікросхему має бути не менше ніж:

$$U = 2 + (1,9 \times N),$$

де  $N$  – кількість акумуляторів у батареї.

При цьому воно не може бути менше 6V. Так як на схемі максимум три елементи, виходить 7,7V. Але як джерело живлення було обрано готовий мережевий адаптер з вихідною напругою 9V. Тому живлення на схемі показано 9V.

Величина напруги обирається від 7,7 до 12V. Величина опору резистора  $R2$  обирається залежно від напруги живлення. Вона визначається за такою формулою:

$$R2 = (U-5)/5,$$

і виражається у кілоомах. В даному випадку, при 9V виходить 0,8 кОм, тому на схемі і стоїть резистор 820 Ом. Якщо, наприклад, джерело живлення буде на напругу 12V, то відповідно  $R2 = (12-5)/5 = 1,4$  кОм.

Світлодіод HL1 служить для індикації завершення заряджання. Світлодіода HL2 може і не бути, він потрібен тільки для того, щоб показати, що пристрій увімкнений.

Струм на акумулятор надходить через транзистор VT1. Ось саме та деталь, яка в даному пристрої нагрівається і потребує невеликого тепловідведення.

Від того, скільки акумуляторів в батареї, залежить напруга зарядки, і взагалі всі параметри напруги, адже мікросхема зарядженість акумулятора визначає швидкістю зміни напруги на ньому. Для вибору кількості акумуляторних елементів батареї служить перемикач S1.

Його положення цифрами показано скільки акумуляторів в батареї - 1, 2 або 3. Кількість елементів в батареї задається виводами 3 і 4, і в цьому випадку перемикачем S1 вибирається 1, 2 або 3 елементи.

Втім, якщо це не влаштовує, можете самі вибрати кількість елементів в батареї і зробити перемикач S1 за іншою схемою або зробити зарядний пристрій під конкретну батарею.

Підключення цих виводів показано в таблиці 2. Відповідно, можна зробити зарядний пристрій навіть для батареї з 16 акумуляторних елементів.

Таблиця 2. Напря́м підключення виводів батареї

Батарея (кількість елем.)	Вивод 3 (до виводу)	Вивод 4 (до виводу)
1	15	15
2	нікуди	15
3	16	15
4	12	15
5	15	нікуди
6	нікуди	нікуди
7	16	нікуди
8	12	нікуди
9	15	16
10	нікуди	16
11	16	16

12	12	16
13	15	12
14	нікуди	12
15	16	12
16	12	12

Щодо зарядного струму. Спочатку потрібно визначитися із величиною зарядного струму. Як сказано, такі акумулятори допускають струм зарядки до чотириразового значення ємності. В цьому випадку можна обмежитись 1А. Струм зарядки акумулятора, це практично, струм, що протікає через нього, мікросхема вимірює його по падінню напруги на резисторі R6, включеному йому послідовно. Величину цього опору можна розрахувати за такою формулою:

$$R6 = 0,25/I_{\text{зарядки}}$$

В даному випадку, був вибраний струм зарядки рівний 1А, тому опір контрольного резистора R6 має дорівнювати 0,25 Ом.

Аналіз схеми електричної принципової й принципу дії пристрою дозволяють зробити наступні висновки:

- схема пристрою досить проста (одна мікросхема, інше - дискретні елементи), тому для трасування провідників достатнє використання одного шару друкованої плати;
- всі елементи можна розташувати на одній платі;
- у схемі немає кіл з підвищеними значеннями напруг і струмів, що спрощує завдання розміщення елементів і трасування провідників;
- з'єднувач доцільно розмістити на протилежній стороні друкованої плати, де встановлені світлодіоди.

## 2.2 Аналіз умов експлуатації

Основні фактори, що діють на розроблювальний пристрій наведені в табл. 3

Проектований виріб належить до класу що транспортується ( що возиться) ЕА, група 3, сукупність кліматичних і механічних факторів для якої наведена в таблиці 3.

Кліматичне виконання виробу - В - виконання для районів з помірним кліматом із середньорічними екстремумами температури  $-45^{\circ}\text{C}$ ,  $+45^{\circ}\text{C}$ . Категорія розміщення електронної апаратури на об'єкті експлуатації № 1 - для експлуатації на відкритому повітрі.

Зробивши аналіз умов експлуатації можна сказати, що кліматичні вимоги обумовлені особливістю експлуатації акумуляторів, які можуть перебувати в субтропіках і при сорокоградусних морозах, у місцях з вологим морським або з жарким і сухим кліматом і переміщатися з однієї природної зони в іншу. У всіх випадках зарядний пристрій акумуляторів, повинен працювати однаково надійно. Виходячи із цього, і необхідно вибирати матеріали для елементів конструкції зарядного пристрою акумуляторів. Можна задавати параметри для нормальних кліматичних умов, як найбільш характерних для експлуатації. Зарядний пристрій повинен зберігати електричні параметри в більш широкому інтервалі температур навколишнього середовища (від  $-40$  до  $+45^{\circ}\text{C}$ ) і вологості (до 98%).

Таблиця 3. Фактори, що впливають на пристрій

Фактори, що діють на пристрій	Параметри	Група 3
<b>Кліматичні:</b> Зміни температури	Знижена температура, $^{\circ}\text{C}$	-40
	Час витримки, год	2-6
	Підвищена температура, $^{\circ}\text{C}$	60
	Час витримки, год	2-6
підвищена вологість	Відносна вологість, %	93
	Температура, $^{\circ}\text{C}$	25
знижена температура, $^{\circ}\text{C}$	Гранична	-40
	Робоча	-25
підвищена температура, $^{\circ}\text{C}$	Робоча	50
	Гранична	60

знижений тиск	Температура, °С	-10
	Тиск, Па	6,1x10 <sup>4</sup>
	Час витримки, год	2 – 6
<b>Механічні:</b>		
вібрація на одній частоті	Частота, Гц	10-70
	Прискорення, g	0,8 - 3,8
удари одиночні	Тривалість, мс	5-10
	Число ударів в 1 хв	40-80
	Прискорення, g	15
	Загальне число ударів	60
удари багаторазові	Прискорення, g	15
	Загальне число ударів	12000

Знижена температура, як і підвищена, викликає температурні зміни режимів роботи активних елементів. Тому необхідно вибирати ЕРЕ з відповідним діапазоном робочих температур.

Для відводу тепла доцільно використовувати природну вентиляцію.

Характерною рисою умов експлуатації пристрою є можливість тривалого його перебування на сонячному світлі, у результаті чого можуть вицвітати лакофарбові покриття, супровідні написи. Це варто врахувати при виборі кольірних рішень, видів фарб і використовуваних матеріалів корпусу.

Необхідно передбачити захист від пилу, наявність якого багато в чому може впливати на працездатність приладу, утрудняти чітку індикацію й т.д.

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

### 2.3. Аналіз елементної бази

До складу пристрою контролю вузлів автомобіля входять наступні елементи:

- мікросхема - 1 шт;
- транзистори - 1 шт;
- резистори - 6 шт;

- конденсатори - 5 шт;
- діоди - 1 шт;
- світлодіоди - 2 шт;
- з'єднувач - 1шт;
- резистор змінного опору – 1 шт.

При виборі елементної бази основним критерієм вибору є мінімізація споживаної потужності.

## **Технічні дані елементів**

### **Мікросхема MAX 713**

Мікросхеми призначені для управління процесом заряду нікель-металогідридних (NiMH), нікель-кадмієвих (NiCd) і літійових (Li+) акумуляторів і виконує функцію точного регулювання зарядного струму, що надходить від зовнішнього джерела постійної напруги (величина напруги від цього джерела). напруга акумулятора лише на 1,5 В). Пристрій може працювати у двох режимах: швидкого зарядження (великий струм заряду) та постійного підзарядження (мінімальний струм підзаряду необхідний для підтримки акумулятора в повністю зарядженому стані). Для керування процесом мікросхеми можуть використовувати три параметри: температуру батареї, напруга на елементі, час заряду, при цьому всі ці параметри можуть використовуватися як окремо, так і в комплексі.

Наприклад, заряд закінчується при підвищенні напруги на елементі вище порога або нагріванні батареї до певної температури, або після проходження певного часу з початку зарядки, далі розглянемо такий випадок - акумулятор розряджений, але його температура занадто мала для включення режиму швидкої зарядки, без ризику пошкодити акумулятор, - у цьому випадку мікросхема увімкне режим підзарядки і перейде до режиму швидкого заряду тільки коли температура акумулятора досягне робочих меж.

Дані елементи можуть застосовуватися як окремі пристрої (зарядні пристрої), так і вбудовуватися безпосередньо в корпус акумулятора (т.зв. <розумні акумулятори> з мінімумом обслуговування)

## Технічні дані мікросхеми: MAX713

- Обслуговування NiMH та NiCd акумуляторів
- Швидкий заряд акумуляторів
- Закінчення заряду з виконання одного з контрольованих параметрів: падіння напруги на акумуляторі, температури акумулятора, час заряду.
- Два режими роботи: лінійний (можливе живлення зовнішнього пристрою від акумулятора в процесі заряджання) та імпульсний (мінімальне виділення тепла на ключовому елементі)
- Величина зарядки, кількість акумуляторів, що заряджаються, пороги зупинки режиму зарядки (за напругою, за температурою, за часом) легко програмуються шляхом простої комутації виводів мікросхеми
- Внутрішнє джерело живлення мікросхеми
- Величина зарядного струму: режим швидкого заряджання від C/4 до 4C, режим підзаряду - C/16, де C - рекомендований виробником акумулятора зарядний струм
- Автоматичний вибір режиму заряджання: швидкий або підзарядний режим
- Заряд від 1 до 16 акумуляторів
- Мінімальна кількість елементів об'єкту живлення
- Модель MAX713 відрізняється тільки методом визначення закінчення заряду при контролі напруги на батареї.

16-pin plastic DIP  
(DIP-16P-M03)

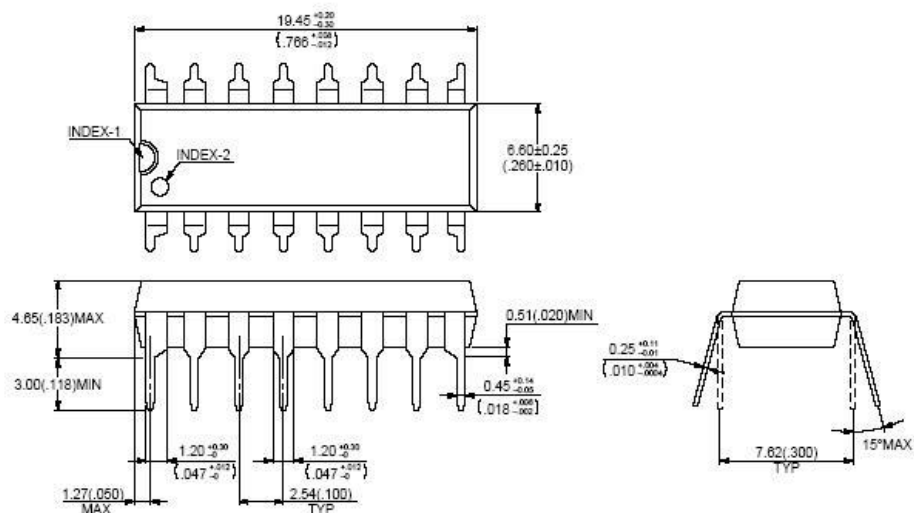


Рисунок 14. Мікросхема MAX713

## Типова схема включення MAX713

### Pin Configuration

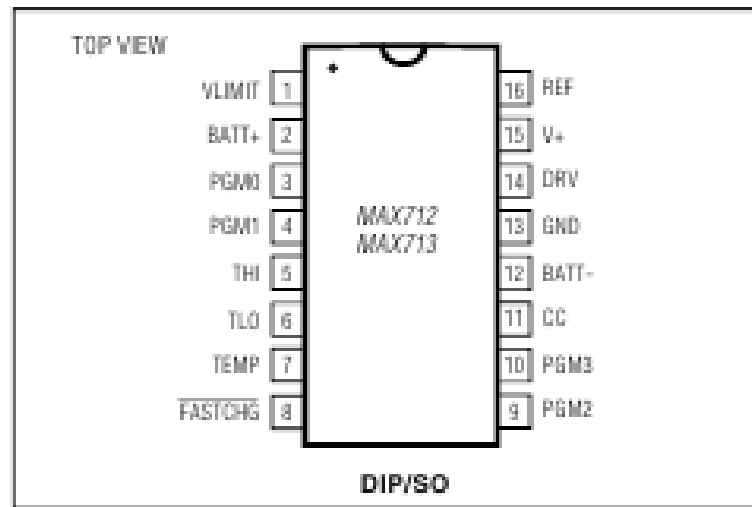


Рисунок 15. Схема включення мікросхеми MAX713

Наведена схема дозволяє реалізувати схему безперебійного живлення навантаження (у разі відсутності основного живлення, навантаження запитується від акумулятора) тут мікросхема MAX, здійснює повне обслуговування акумулятора: не допускає перезарядження, здійснює швидкий і коректний заряд акумулятора після використання, продовжуючи термін його служби його обслуговування.

На схемі: Wall Cube – зовнішнє джерело живлення; Load – навантаження; Battery – акумулятор

Таблиця 4. Технічні характеристики

Тип	Контролер заряду акумулятора
Робота з елементами живлення	nicd, nimh
Кількість осередків	1...16
Напруга живлення, В	4.5...5.5
Робоча температура, °C	0...+70(TA)
Корпус	dip-16(0.300 inch)
Вага, г	2.1



## Транзистор КТ 818

Транзистор КТ818 – кремнієвий, потужний, низькочастотний транзистор з р-п-р структурою. Призначений для застосування в підсилювачах та пристроях, що перемикають. Виготовляється в металевому корпусі з жорсткими виводами (2Т818А, 2Т818Б, 2Т818В, КТ818АМ, КТ818БМ, КТ818ВМ, КТ818ГМ) та пластмасовому з жорсткими виводами (КТ818А, КТ818Б, КТ818В, КТ818Г).

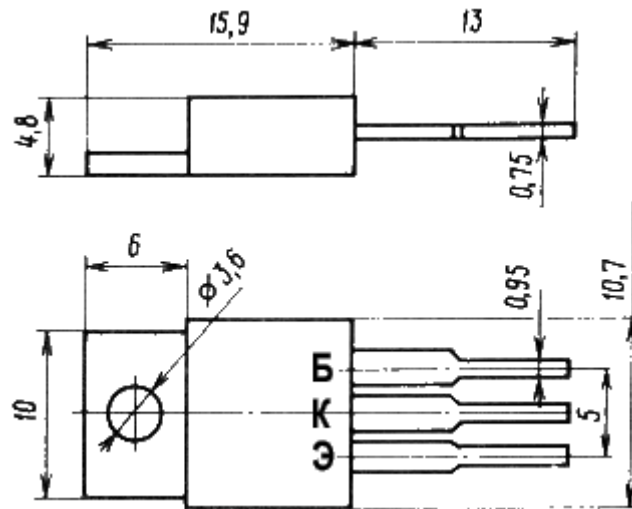


Рисунок 16. Транзистор КТ818

Таблиця 5. Характеристики транзистора КТ818

Транзистор	Укбо(и), В	Укэо(и), В	Ікмах(и), А	Ркмах(т), Вт	h <sub>21э</sub>	f <sub>гр.</sub> , МГц
КТ818А	40	40	10 (15)	1.5 (60)	15-225	3
КТ818Б	50	50	10 (15)	1.5 (60)	20-225	3
КТ818В	70	70	10 (15)	1.5 (60)	15-225	3
КТ818Г	90	90	10 (15)	1.5 (60)	12-225	3
КТ818АМ	40	40	15 (20)	2 (100)	15-225	3
КТ818БМ	50	50	15 (20)	2 (100)	20-225	3
КТ818ВМ	70	70	15 (20)	2 (100)	15-225	3
КТ818ГМ	90	90	15 (20)	2 (100)	12-225	3
2Т818А	100	100	15 (20)	3 (100)	20-225	3
2Т818Б	80	80	15 (20)	3 (100)	20-225	3

2Т818В	60	60	15 (20)	3 (100)	20-225	3
--------	----	----	---------	---------	--------	---

$U_{к60(и)}$  - Максимально допустима напруга (імпульсна) колектор-база

$U_{кe0(и)}$  - Максимально допустима напруга (імпульсна) колектор-емітер

$I_{кmax(i)}$  - Максимально допустимий постійний (імпульсний) струм колектора

$P_{кmax(т)}$  - Максимально допустима постійна потужність колектора, що розсіюється, без тепловідведення (з тепловідведенням)

$h_{21e}$  - Статичний коефіцієнт передачі струму біполярного транзистора у схемі із загальним емітером

$f_{гр}$  - гранична частота коефіцієнта передачі струму у схемі із загальним емітером

### Діод 1N4004

Випрямний діод загального призначення.

Таблиця 6. Характеристики діода 1N4004

НОМІНАЛЬНИЙ СТРУМ, $I_{пр}$	1 А
Максимальна зворотна напруга, $U_{обр}$	400 В
Діапазон робочих температур	-55°C..+150°C

Володіє високою пропускну здатністю та низьким прямим падінням напруги. Діод загального призначення, що випрямляє струми в колах до 1А з напругою 50В - 1000В. Діод має властивість накопичувати заряд до 20пФ і може використовуватися як варикап. Тип корпусу діода – DO-41. Матеріал корпусу – негорючий полімер. Робоча частота – до 60Гц. Катодний вивод діода позначається смугою. Виводи діода аксіальні, вид монтажу – в отвори, під пайку.

DO-41 (Plastic)

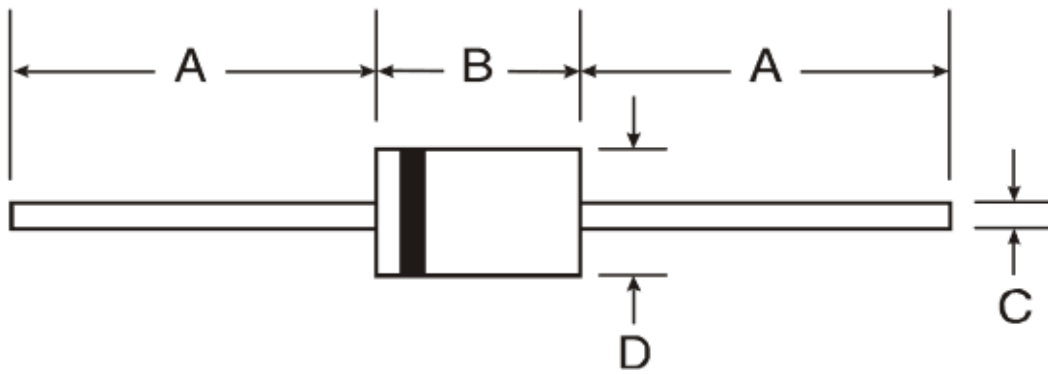


Рисунок 17. Діод 1N4004

Таблиця 7. Розміри корпусу в мм

Dim	Min	Max
A	25.40	—
B	4.06	5.21
C	0.71	0.864
D	2.00	2.72

**Світлодіод AL307**

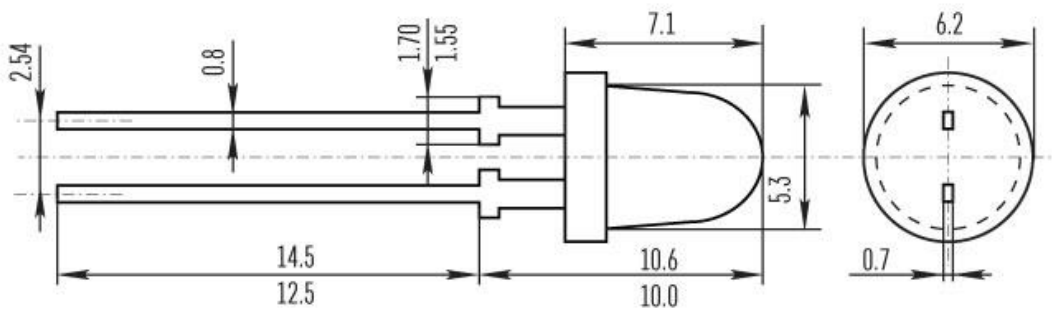


Рисунок 18. Світлодіод AL307

Таблиця 7. Технічні характеристики світлодіода

тип	колір світіння	колір корпусу	Довжина хвилі, нм	сила світла, мКд	Прямий струм, мА	пряма напруга, В	Кут, °
АЛ307 ВМ	Зелений	Зелений з диспергатором	567	0,4	220	22,4	550
АЛ307 ГМ				1,5			
АЛ307 НМ				6,0			
АЛ307 ПМ				16,0			

### Конденсатори ELZET

Конденсатори Elzet – електролітичний накопичувальний пристрій постійної ємності, діапазон заряду, що накопичується від 0,22мкФ до 100 000мкФ при напрузі від 6,3В до 450В. Допустиме відхилення ємності становить  $\pm 20\%$ . Конденсатори виконані в ізольованому алюмінієвому корпусі циліндричної форми. Корпус покритий ізоляційною плівкою з термостійкого полівінілхлориду, на якій нанесено маркування конденсатора із зазначенням коротких технічних характеристик та полярності. Серії конденсаторів мають полярний тип конструкції. Конденсатори серій CD26С, CD26GH, CD26L, CD50H, CD285, CD287 мають односпрямовані гнучкі дротяні виводи радіального типу, конденсатори серій CD294 - однонаправлені мають тип конструкції під гвинт. Відмінними характеристиками конденсаторів ELZET є широкий діапазон робочих температур та висока надійність. Робоча підвищена температура середовища сягає  $+105^{\circ}\text{C}$ , робоча знижена температура – до  $-55^{\circ}\text{C}$ . Граничний тангенс кута втрат  $\text{tg}\delta$  від 0,08 до 0,5, максимальний струм витоку – від 1мкА до 40мкА. Напрацювання досягає 5000 год.



Коефіцієнт імпедансу - 40°C/+25°C	8	6	4	3	3	3	3	3	8	8	8
-----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Таблиця 10. Допустимі коефіцієнти імпульсного струму

напруга	ємність	Частота				
		50-60Гц	120Гц	1кГц	10кГц	100кГц
6,3~100В	0,1-4,7мкФ	-	0,4	0,7	0,8	1,0
	10-47мкФ	-	0,5	0,8	0,9	1,0
	100-200мкФ	-	0,7	0,9	0,9	1,0
	330-1000мкФ	-	0,8	0,9	1,0	1,0
	2200-15000мкФ	-	0,9	1,0	1,0	1,0
60~450В	0,47-220мкФ	0,8	1,0	1,3	1,4	1,6

### **Конденсатор Y5V**

Конденсатор керамічний багат шаровий 10μF 50V Y5V +80-20% при компактних габаритах, має досить високу ємність – 10μF, при робочій напрузі 50V, і може бути рекомендований до застосування в ланцюгах змінного, постійного, пульсуючого струму, в блоках живлення схемах та підсилювачах.

Технічні характеристики конденсатора керамічного багат шарового 10μF 50V Y5V +80-20%

- Місткість: 10μF;
- Максимальна напруга: 50V;
- Температурний коефіцієнт ємності: Y5V;

- Матеріал діелектрика: кераміка;
- Декілька шарів діелектрика: так;
- Підключення без урахування полярності: так.

Відмінні риси та переваги конденсатора керамічного багатошарового 10 $\mu$ F 50V Y5V +80-20%

Розглянутий конденсатор керамічний багатошаровий дисковий 10 $\mu$ F 50V Y5V +80-20% поєднує в собі високу ємність і компактні розміри, що обумовлено особливостями його виробництва (усередині кілька шарів діелектрика), і це дозволяє його вдало розмістити навіть на обмеженому просторі друкованої плати, що є одним з його переваг.

На відміну від одношарового дискового керамічного конденсатора, багатошаровий конденсатор володіє ємністю в рази більшою, і крім того позитивно відрізняються високим опором ізоляції (діелектрика), активно застосовуються в різних фільтрах, резонансних контурах, схемах розв'язки і блокування.

У парі з електролітичними конденсаторами при використанні в трансформаторних та імпульсних блоках живлення, керамічний конденсатор багатошаровий ефективно пригнічує весь спектр перешкод, включаючи високочастотні, викликані різкими коливаннями струму навантаження.

Про надійність параметрів конденсатора багатошарового керамічного говорить той факт, що такі електронні компоненти застосовуються навіть на дуже відповідальних ділянках - на системних платах в розв'язці живлення мікропроцесорів та інших мікросхем.

Конденсатор керамічний багатошаровий відноситься до неполярного типу.

- робоча напруга такого конденсатора має перевищувати 50-60 % від максимально допустимого;
- зі зростанням температури ємність конденсатора може змінюватись у широких межах.

Якщо ж конденсатор працює в межах всіх допустимих режимів за струмом, напругою та частотою, він прослужить довгі роки, на відміну, наприклад, від електролітичного конденсатора, для якого властива втрата ємності (висихання).

Размеры конденсаторов керамических многослойных X7R, Y5V, NPO (K10-17Б)

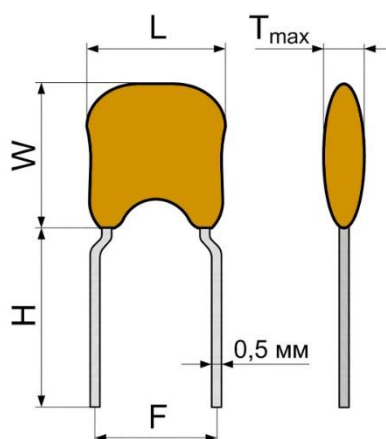


Рисунок 20. Конденсатор Y5V

Таблица 11. Габаритні розміри керамічних багатосарових конденсаторів X7R, Y5V, NPO (K10-17Б):

Типорозмір	L, мм	W, мм	T <sub>max</sub> , мм	F, мм	H, мм
0805	4,2	3,2	3,8	5,0	10,0
1206	5,0	4,5	3,8	5,0	10,0
1210	7,5	5,5	3,8	5,0	10,0
1812	8,5	8,5	3,8	5,0	10,0
2225	10,5	9,5	4,2	5,0	10,0

### Резистори МЛТ

**Призначення:** для роботи в колах постійного, змінного та імпульсного струму як елементи навісного монтажу. Резистори МЛТ - постійні, дротяні, неізольовані, теплостійкі. МЛТ-0,125, МЛТ-0,25, МЛТ-0,5, МЛТ-1 та МЛТ-2.

Металоплівкові резистори містять резистивний елемент у вигляді дуже тонкої (десяті частки мікрметра) металевої плівки, обложеної на основу з кераміки, скла, шаруватого пластику, ситалу або іншого ізоляційного матеріалу. Такі резистори характеризуються високою стабільністю параметрів, слабкою залежністю опору від частоти та напруги та високою надійністю. Недоліком є



знижена надійність за підвищеної номінальної потужності, особливо при імпульсному навантаженні. Рівень шумів резисторів групи А трохи більше 1 мкВ/В, групи Б – трохи більше 5 мкВ/В. Номінали опорів відповідають рядам Е24, Е96 з допуском  $\pm 2\%$ ,  $\pm 5\%$  та  $\pm 10\%$ .

### Основні технічні характеристики:

Діапазон номінальних опорів: 8,2 Ом – 10 МОм

Номінальна потужність: 0,125 – 2 Вт

Гранична напруга: 200 В

Допустимі відхилення опорів:  $\pm 2\%$ ,  $\pm 5\%$  і  $\pm 10\%$

Відносна вологість навколишнього повітря за 40°C: 98%

Діапазон температур: від -60 до +125 °С

Знижений атмосферний тиск: 5 – 2280 мм рт.ст.

Лінійні навантаження із прискоренням: 200g

Маса резистора: 0,15 – 3,5 г

Мінімальне напрацювання: 25000 годин

Термін зберігання: 15 років

Таблиця 11. Технічні параметри резисторів МЛТ

МАРКА	КОРПУС	ВИВОДИ	МАССА	$U_{MAX AC/DC}$
<b>МЛТ-0,125</b>	Ø2,2x6 мм	Ø0,5x20 мм	0,15 г	200 В
<b>МЛТ-0,25</b>	Ø3x7 мм	Ø0,6x20 мм	0,25 г	250 В
<b>МЛТ-0,5</b>	Ø4,2x10,8 мм	Ø0,8x25 мм	1 г	350 В
<b>МЛТ-1</b>	Ø6,6x13 мм	Ø0,8x25 мм	2 г	500 В
<b>МЛТ-2</b>	Ø8,6x18,5 мм	Ø1x25 мм	3,5 г	750 В

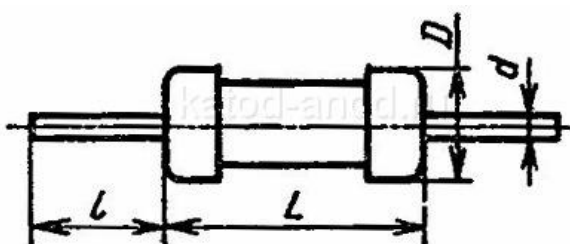


Рисунок 21. Загальний вигляд резисторів типу МЛТ

### Перемикач повзунковий XN-2-2308

Перемикач повзунковий (вмикач, вимикач) XN-2-2308 14А 250V Т85 3 положення 8 контактів. Габаритні розміри корпусу без кнопки: L=30мм, В=14мм, Н=11мм.

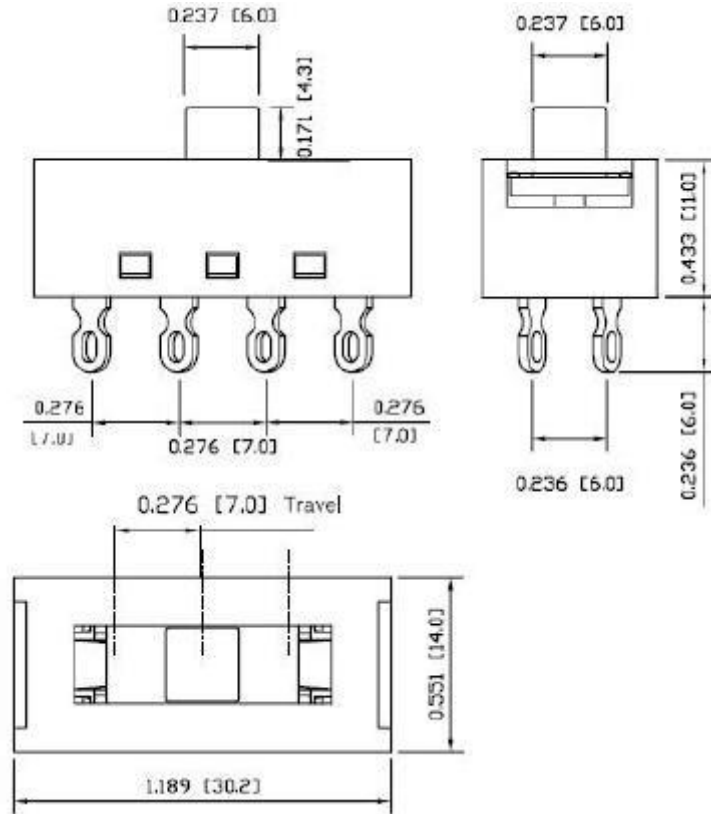


Рисунок 22. Перемикач повзунковий XN-2-2308

Таблиця 12. Технічні дані перемикача повзункового XN-2-2308

Тип виробника:	Оригінал
Сумісність:	Universal
Контакти, шт.:	8
Кількість фіксованих положень:	3
Напруга, V:	250
Струм, А:	14

### **3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЗАРЯДНОГО ПРИСТРОЮ**

#### **3.1 Опис конструкції зарядного пристрою**

Конструкція приладу включає такі елементи: корпус, друковану плату з встановленими на ній електрорадіоелементами, фальшпанель, лицьову панель з маскою. Корпус пропонується виготовити з удароміцного полістиролу марки УПС 1104, ОСТ6 – 05 – 406 – 80. Корпус виробу прямокутної форми з розмірами 135x200x60. На корпус наносяться всі необхідні написи фарбою ТНПФ ТУ29 – 02 – 02 – 02 – 02 – 02. На задній стороні корпусу є виріз для гнізда. Друкована плата кріпиться до корпусу за допомогою гвинтів ВМЗ - МЗ 15.016 ГОСТ 17473 - 80 з шайбами 3.01.019 ГОСТ 10450 - 78 з внутрішньої сторони приладу. З лицьового боку приладу розташовані фальшпанель, на якій кріпляться ручки регулювання струму та напруги, а також індикатори роботи приладу. Панель виконана таким чином, щоб передній край поверхні плати лежав у пазах спеціальних виступів, розташованих на ній. Фальшпанель пропонується виготовляти з пластмаси АБС – 2020 – 31, I сорт, ТУ6 – 05 – 1581 – 84. Фальшпанель кріпиться на лицьову сторону пристрою методом склеювання. На фальшпанель встановлюється лицьова панель із маскою. Маска виконана з полістиролу УПС 1002 ГОСТ 28250 - 89. На масці нанесені шкали струму та напруги. Тиснення поверхні виконано у вигляді "дрібний річковий пісок". Колір шкал: блакитний, білий, червоний. Колір ручок та корпусу пропонується темно – сірий (графіт), колір маски – чорний.

Конструкція друкованої плати виконана з урахуванням вимог до компонування, мінімізації обсягу та ваги. Матеріал друкованої плати – двосторонній фольгований склотекстоліт марки СФ2 – 35Г – 2,0 ст ГОСТ10316 – 78.

Технічне обслуговування виробу здійснюється за допомогою типового інструменту та не пред'являє особливих вимог до кваліфікації обслуговуючого персоналу, при цьому забезпечено зручність проведення профілактичних робіт. Робота з приладом відповідає вимогам щодо ергономічних показників.

#### **3.2. Розрахунок габаритів друкованої плати**

Визначимо загальну площу займану елементами на друкованій платі.

Тип елементів, їх кількість та розміри вказані в таблиці нижче.

Таблиця 13 – Типи, кількість та розміри ЕРЕ

Тип елемента	Розмір(мм)	Кількість, шт)
Резистори постійні		
C2-23-0,5	8 x 4	24

Продовження таблиці 13 – Типи, кількість та розміри ЕРЕ

Тип елемента	Розмір(мм)	Кількість, шт)
Резистори змінні		
Резистори МЛТ	3x7 мм	7
Конденсатори		
Y5V-0805	4,2 x 3,8	2
ELZET	3,14 <sup>2</sup> x 6,3	3
Транзистор		
КТ818	10,7 x 4,8	1
Діод		
1N4004	5,21x 2,72	1
Світлодіоди		
AL307	3,14 <sup>2</sup> x 6,2	2
мікросхема		
MAX713	19,45x7,62	1
Перемикач повзунковий		
XN-2-2308	11,89x5,51	1

Обчислимо площу всіх елементів  $S_{ел}$ , мм<sup>2</sup>, за формулою

$$S_{ел}=a \cdot b \cdot h, \quad (1)$$

де  $a$  – ширина елемента;  $b$  – довжина елемента;  $h$  – висота елемента

$$S_{ел} = 147 + 31,92 + 186,35 + 51,36 + 14,17 + 122,26 + 148,21 + 65,51 = 766,78 \text{ мм}^2$$

Обчислимо площу плати  $S_{п}$ , мм<sup>2</sup>, за формулою

$$S_{п} = a \cdot b, \quad (2)$$

$$S_{п} = 80 \cdot 45 = 3600 \text{ (мм}^2\text{)}$$

Визначаємо коефіцієнт заповнення  $K_{зап}$  за формулою

$$K_{\text{зап}} = S_{\text{ел}} / S_{\text{п}} \quad (3)$$

$$K_{\text{зап}} = 766,78 / 3600 = 0,213$$

Габаритні розміри друкованої плати відповідають ГОСТ 10317-79.

Друкована плата розташована в корпусі горизонтально та закріплена у 4-х точках. Схема кріплення плати показано на рисунку 23.

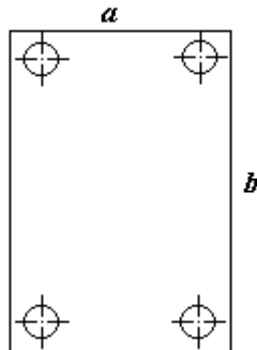


Рисунок 23. Схема кріплення друкованої плати

### 3.3. Розрахунок механічної міцності плати

Дані для розрахунку:

a - Довжина плати = 0,08 м;

b - ширина плати = 0,045 м;

h - Товщина плати = 0,0015 м;

$\rho$  – густина плати = 1,83 г/см<sup>3</sup>;

E - модуль Юнга = 32 · 10<sup>9</sup>;

$\xi$  - коефіцієнт Пуассона = 0,22.

Знайдемо відношення сторін плати  $\beta$  за формулою

$$\beta = \frac{b}{a} \quad (4)$$

$$\beta = 0,08 / 0,045 = 1,78$$

Розрахуємо коефіцієнт  $\alpha_1$ , який залежить від способу кріплення друкованої плати за формулою

$$\alpha_1 = 9,87 \cdot (1 + \beta^2) \quad (5)$$

$$\alpha_1 = 9,87 \cdot (1 + 1,78^2) = 41,06$$

Розрахуємо циліндричну твердість плати D ,Н/м, за формулою

$$D = \frac{E \cdot h^2}{12 \cdot (1 - \varepsilon^2)} \quad (6)$$

$$D = 32 \cdot 10^9 \cdot 0,0015^2 / 12 \cdot (1 - 0,22^2) = 6\,305,17 \text{ Н/м}$$

Визначимо масу елементів, встановлених на друкованій платі Маса елементів зазначена у таблиці 14.

Таблиця 14. Маса ЕРЕ

Тип елемента	Кільк. (шт)	Маса одного(г)	Загальна маса(г)
Резистори змінні			
Резистори МЛТ	7	0,6	4,2
Конденсатори			
Y5V-0805	2	0,8	1,6
ELZET	3	1,2	3,6
Транзистор			
КТ818	1	1	1
Діод			
1N4004	1	0,6	0,6
Світлодіоди			
AL307	2	0,35	0,7
мікросхема			
МАХ713	1	2,6	2,6
Перемикач повзунковий			
XN-2-2308	1	3	3
Разом			17,3

Розрахуємо масу плати  $m_{\text{пл}}$ , кг, за формулою

$$m_{\text{пл}} = \rho \cdot V_{\text{пл}}, \quad (7)$$

де  $V_{\text{пл}}$  – об'єм друкованої плати.

$$m_{\text{пл}} = 1,83 \cdot 10^{-3} \cdot 0,08 \cdot 0,045 \cdot 0,0015 = 9,9 \cdot 10^{-9} \text{ кг}$$

Розрахуємо площу плати  $S_{\text{пл}}$ , м<sup>2</sup>, за формулою

$$S_{\text{пл}} = a \cdot b \quad (8)$$

$$S_{\text{пл}} = 0,08 \cdot 0,045 = 0,0036 \text{ м}^2$$

Розрахуємо прикладену до площі масу друкованої плати з елементами  $M$  кг/м<sup>2</sup>, за формулою

$$M' = \frac{(m_{эл} + m_{пл})}{S_{пл}} \quad (9)$$

$$M' = (0,017 + 9,9 \cdot 10^{-9}) / 0,0036 = 4,7 \text{ кг/м}^2$$

Розрахуємо частоту основного тону коливань  $f$ , кГц, за формулою

$$f = \frac{\alpha_1^2}{2\pi a^2} \cdot \sqrt{\frac{D}{M'}} \quad (9)$$

$$f = \frac{41,06^2}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,08^2} \cdot \sqrt{\frac{6305,17}{4,7}} = \frac{12,73^2}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,115^2} \cdot \sqrt{\frac{11208}{5,7}} = 1,536 \text{ МГц}$$

Розрахуємо допустиму стрілу прогину друкованої плати  $\delta_1$ , м, за формулою

$$\delta_1 = \delta_{доп} \cdot a^2, \quad (10)$$

де  $\delta_{доп} = 0,01$  відповідно до ГОСТ 10316-76.

$$\delta_1 = 0,01 \cdot 0,08^2 = 6,4 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

Розрахуємо реальний прогин  $\delta_{max}$ , м, за формулою

$$\delta_{max} = K_1 \cdot \frac{q \cdot b^4}{E \cdot h^3}, \quad (11)$$

де  $K_1$  - коефіцієнт, що залежить від  $\alpha = 0,084$ ;  $q$  – розподіл навантаження, що розраховується за формулою

$$q = \frac{(m_{пл} \cdot m_{эл}) \cdot n}{S_{пл}} = \frac{(82,07 \cdot 10^{-3} \cdot 42,9 \cdot 10^{-3}) \cdot 54}{0,022} = 8,6 \quad (12)$$

$$\delta_{max} = 0,084 \cdot \frac{8,6 \cdot 0,195^4}{32 \cdot 10^9 \cdot 0,002^3} = 4,06 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

Так як  $\delta_1 > \delta_{max}$ , то друкована плата витримає вибране навантаження.

Виходячи з технічних вимог на розроблюваний блок для забезпечення ефективності процесу трасування при конструюванні друкованих плат, друкований монтаж будемо виконувати по третьому класі точності. Крок координатної сітки – 1,25мм. Плати уніфікованих типових конструкцій не підходять, тому що пристрій нестандартний, тому візьмемо ДП довільних розмірів. З огляду на велику кількість елементів і з'єднань між ними друковані плати необхідно вибирати із запасом.

Згідно вищевикладеного, ДП для пристрою буде мати розміри 80x45 мм.

У процесі конструювання ДП виконуються наступні розрахунки:

- конструктивно - технологічний;
- розрахунок по постійному струму (статичний);
- розрахунок по змінному струму (динамічний).

### 3.4. Розрахунок електромагнітної сумісності плати

Компонування конструкції – це спосіб розміщення у певному просторі комплектуючих елементів та їх зв'язків. Компонування конструкції можна розділити на 2 рівні – функціонально-каскадний та функціонально-вузловий.

Розробляючи конструкцію, конструктор прагне мінімізувати її обсяг і вагу, за умови збереження точності виконання основної функції.

Враховуючи той факт, що виріб містить лише одну плату, вибираємо функціонально-каскадний метод, що включає заміну одного або декількох елементів на платі, тобто. Нижчим у компонуванні конструкції за функціонально-каскадним методом елементом заміни є елемент, при цьому має місце низька ремонтпридатність виробу. Однак такий метод установки дає високу надійність із невеликою вагою конструкції.

Вибираємо найприйнятніший для умов експлуатації даного виробу варіант конструкції друкованої плати, наведений на рисунку 24.

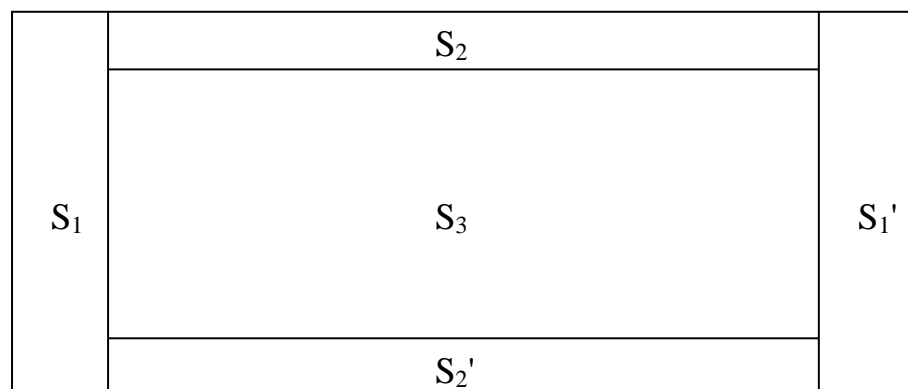


Рисунок 24. Розташування зон на друкованій платі

Де S<sub>1</sub>, S<sub>1</sub>' - зона кріплення;

S<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>' - зона комутації та контролю;

S<sub>3</sub> - функціональна зона.



## Розрахунок на електромагнітну сумісність

Для оцінки електромагнітної стійкості виробу, що проектується, перевіряють ємнісну та індуктивну складові від паразитного зв'язку, які залежать відповідно від паразитної ємності між друкованими провідниками і від паразитної взаємної індуктивності між ними .

Паразитна ємність  $C$ , пФ між 2 друкованими провідниками визначається за формулою

$$C = C_{\text{пог.}} \cdot l_1, \quad (13)$$

де  $C_{\text{пог.}} = K_{\text{п}} \cdot \xi$  - погонна ємність між 2 провідниками;  $l_1$  – довжина взаємного перекриття провідників.

$$\xi' = \frac{\xi_{\text{п}} + \xi_{\text{в}}}{2}, \quad (14)$$

де  $\epsilon_{\text{п}}$  – діелектрична проникність друкованої плати ( $\xi_{\text{п}} = 4.5$ );  $\xi_{\text{в}}$  – діелектрична проникність повітря ( $\xi_{\text{в}}=1$ ).

$$\xi' = \frac{\xi_{\text{п}} + \xi_{\text{в}}}{2} = \frac{4,5+1}{2} = 2,75$$

Коефіцієнт пропорційності визначаємо за графіком, наведеним на рисунку 25.

Для плат виконаних по 3 класу точності, товщина провідників при комбінованому позитивному методі виготовлення 60 мкм, а товщина дорівнюватиме  $S1 = 1,5$  мм, то  $K_{\text{п}}$  дорівнюватиме 0,05пф/см.

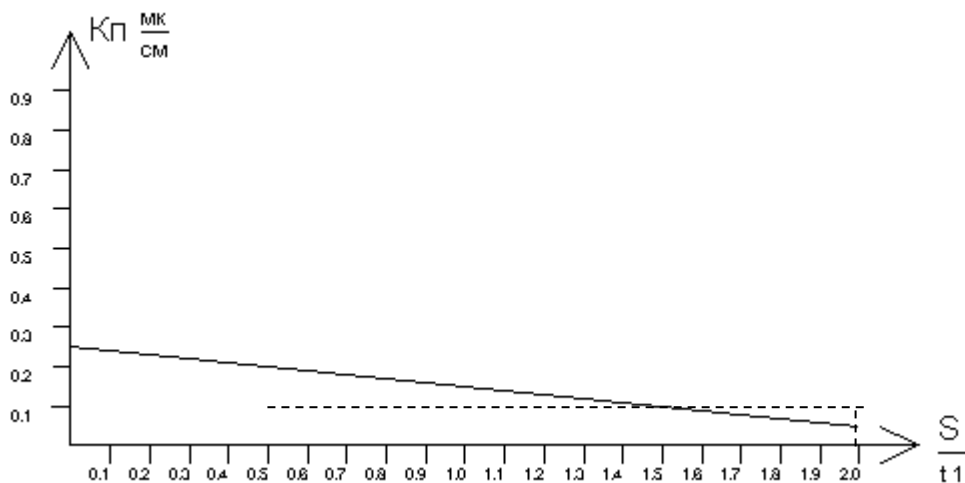


Рисунок 25 – Графік залежності параметрів ОСТ4.Г0.10.009

Розрахуємо погонну ємність між двома провідниками  $C_{\text{пог}}$ , пФ, за формулою

$$C_{\text{пог}} = K_{\Pi} \cdot \xi = 0,05 \cdot 2,75 = 0,1375 \text{ пФ/см};$$

При довжині взаємного перекриття провідників  $l_1 = 2$  см розрахуємо паразитну ємність за формулою

$$C = C_{\text{пог}} \cdot l_1 = 0,1375 \cdot 2 = 0,275 \text{ пФ}$$

Паразитна взаємоіндукція між друкованими провідниками  $M$ , нГн визначається за формулою:

$$M = 2l \cdot \left( \ln \frac{2l}{S + 0,5 \cdot (t_1 + t_1)} \right), \quad (15)$$

де  $t_1$  – ширина друкованого провідника (0,08 см);  $S$  – відстань між провідниками (0,02 см).

$$M = 2 \cdot 0,02 \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 0,02}{0,002 + 0,5 \cdot (0,25 + 0,25)} \right) = 0,07 \text{ нГн}$$

Визначимо індуктивність друкованих провідників  $L$ , мкГн за формулою

$$L = L_{\text{пог}} \cdot \ell \quad (16)$$

$L_{\text{пог}}$  – погонна індуктивність, визначається за графіком зображеним рисунку 24.

Для друкованого провідника шириною 0,2 мм погонна індуктивність друкованого провідника становитиме  $L_{\text{пог}} = 0,0168$  мкГн/см.

В результаті індуктивність друкованого провідника становитиме:

$$L = 0,0168 \cdot 2 = 0,033 \text{ мкГн}$$

Резонансна частота контуру, що утворюється паразитними зв'язками,  $\Omega$  Гц розраховується за формулою

$$\Omega = \sqrt{\frac{1}{C(2L - 2M)}} = \sqrt{\frac{1}{0,275 \cdot 10^{-12} \cdot (2 \cdot 33 - 2 \cdot 0,07)}} = 0,03 \text{ МГц}$$

Отримана частота контуру лежить поза діапазоном робочих частот проектованого пристрою.

### 3.5. Конструктивно-технологічний розрахунок друкованої плати

Метою конструктивно-технологічного розрахунку є визначення основних конструктивних параметрів друкованого монтажу з урахуванням виробничих погрішностей рисунка провідних елементів, фотошаблону, базування, свердління й т.п. Основні умовні позначки параметрів друкованого монтажу й графічне зображення ДП наведені на рис. 26. Номінальні значення основних параметрів друкованого монтажу для 2-го класу точності ДП наведені в таблиці 14, а припустимі погрішності виконання конструктивних елементів - у таблиці 15.

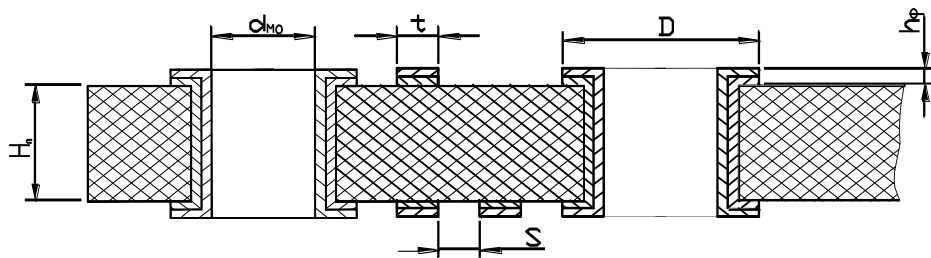


Рисунок 26. Основні параметри друкованого монтажу

Таблиця 14. Номінальні значення основних параметрів друкованого монтажу

Найменування розрахункового елемента	Позначення	Значення параметрів
Ширина провідника, мм	$t_i$	0,25
Відстань між краями сусідніх елементів провідного малюнка, мм	$S_i$	0,25
Відношення діаметра металізованого отвору до товщини плати	I	0,33
Ширина гарантійного паска, мм	$B_M$	0,10

Таблиця 15. Припустимі погрішності виконання конструктивних елементів

Погрішність	Позначення	Значення, мм
Допуск на отвір без металізації При $\varnothing \leq 1$ мм	$\Delta d$	$\pm 0,05$

При $\varnothing > 1$ мм		$\pm 0,10$
Допуск на ширину провідника, мм Без покриття З покриттям	$\Delta t$	+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 площинок при $L \leq 180$ $180 < L \leq 360$	$\delta p$	0,2 0,25
Допуск на розташування провідників	$\delta l$	0,05

Мінімальний діаметр монтажного отвору:

$$d_m \geq d_e + \Delta + |\Delta d_n|$$

де  $d_e$  – діаметр виводу навісного елемента;

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

$\Delta d_n$  – нижнє граничне відхилення номінального значення діаметра отвору (  $\Delta d_n = 0,05$  мм ).

Для мікросхеми:  $d_{mo} = 1,3 + 0,2 + 0,05 = 1,55$  мм;

Для резисторів:  $d_{mo} = 0,6 + 0,2 + 0,05 = 0,85$  мм;  $d_{mo} = 1,5 + 0,2 + 0,05 = 1,75$  мм;

Для діодів:  $d_{mo} = 0,86 + 0,2 + 0,05 = 1,1$  мм;

Для транзисторів:  $d_{mo} = 0,61 + 0,2 + 0,05 = 0,86$  мм;  $d_{mo} = 0,56 + 0,2 + 0,05 = 0,81$  мм;

Для конденсаторів:  $d_{mo} = 0,56 + 0,2 + 0,05 = 0,81$  мм;  $d_{mo} = 1,7 + 0,2 + 0,05 = 1,95$  мм;

З урахуванням цього для розроблюваних ДП виберемо монтажні отвори 1,0; 1,2; 1,6; 1,8; 2,0; мм.

Ширина провідника сигнальних ланцюгів:

$$t = t_i + |\Delta t_i|,$$

де  $\Delta t_n$  – нижнє граничне відхилення ширини провідника ( $\Delta t_n = 0,03$  мм).

$$t = 0,25 + 0,03 = 0,28 \text{ мм}.$$

Приймаємо ширину провідника  $t = 0,5$  мм.

Номінальне значення відстані між сусідніми елементами друкованого монтажу:

$$S = S_i + \Delta t_a,$$

де  $\Delta t_g$  – верхнє граничне відхилення ширини провідника ( $\Delta t_g = 0,03$  мм).

$$S = 0,25 + 0,03 = 0,28 \text{ мм}.$$

Приймаємо  $S = 0,5$  мм.

Діаметр контактної площинки (для перехідних і монтажних отворів):

$$D = (d_{MO} + \Delta d_{BO}) + 2 * b_M + \Delta t_{BO} + 2 * \Delta d_{TP} + \sqrt{\delta d^2 + \delta p^2 + \Delta t_{HO}^2}$$

де  $d$  – діаметр отвору;  $\delta d$  – діаметральне значення позиційного допуску розміщення центрів отворів щодо номінального положення ( $\delta d = 0,1$  мм);  $\delta p$  – діаметральне значення позиційного допуску розміщення контактних площинок щодо номінального положення ( $\delta p = 0,4$  мм).

Діаметр контактних площинок монтажних отворів:

$$D_1 = 1,0 + 0,05 + 2 \cdot 0,1 + 0,03 + 2 \cdot 0,03 + \sqrt{0,1^2 + 0,4^2 + 0,03^2} = 1,403 \text{ мм}.$$

Приймаємо  $D_1 = 1,5$  мм.

$$D_2 = 1,2 + 0,1 + 2 \cdot 0,1 + 0,3 + 2 \cdot 0,03 + \sqrt{0,1^2 + 0,4^2 + 0,03^2} = 1,803 \text{ мм}.$$

Приймаємо  $D_2 = 1,9$  мм.

$$D_3 = 1,8 + 0,1 + 2 \cdot 0,1 + 0,03 + 2 \cdot 0,03 + \sqrt{0,1^2 + 0,4^2 + 0,03^2} = 2,303 \text{ мм}.$$

Приймаємо  $D_3 = 2,4$  мм.

$$D_4 = 2,0 + 0,1 + 2 \cdot 0,1 + 0,03 + 2 \cdot 0,03 + \sqrt{0,1^2 + 0,4^2 + 0,03^2} = 2,503 \text{ мм}.$$

Приймаємо  $D_4 = 2,8 \text{ мм}$ .

Розрахунок мінімальної відстані для проведення n-ої кількості провідників між контактними площинками діаметрів  $D_1$  і  $D_2$  здійснюється по формулі:

$$l = \frac{D_1 + D_2}{2} + t \cdot n + S(n + 1) + \delta, \quad (16)$$

де  $\delta$  – діаметральне значення позиційного допуску розміщення провідника щодо номінального значення ( $\delta = 0,07 \text{ мм}$ )

Мінімальні відстані між двома контактними площадками мікросхем для проведення одного провідника:

$$l = \frac{1,5 + 1,5}{2} + 0,3 \cdot 1 + 0,3 \cdot (1 + 1) + 0,07 = 2,47 \text{ мм}$$

Отримане значення мінімальної відстані між двома контактними площинками менше відстані між выводами мікросхем (із кроком выводів 2,54 мм), тому при прийнятих параметрах друкованого монтажу може бути забезпечена можливість прокладки одного провідника між двома выводами мікросхем.

Параметри контактних площадок для резисторів і конденсаторів типорозміру 1206:

$$X = 1,6 + 0,1 = 1,7 \text{ мм}; Y = 0,45 + 0,1 + 0,7 = 1,25 \text{ мм}; A = 3,1 - 2 \cdot 0,45 - 0,1 = 2,1 \text{ мм}.$$

Приймаємо  $X=1,7 \text{ мм}$ ;  $Y=1,3 \text{ мм}$ ;  $A=2,1 \text{ мм}$ .

Параметри контактних площадок для конденсаторів ELZET (тому що вони більше габаритні, то приймаємо  $H_{Max}=1,4 \text{ мм}$ ):

$$X = 2,6 + 0,1 = 2,7 \text{ мм}; Y = 1,3 + 0,1 + 1,4 = 2,8 \text{ мм}; A = 5,8 - 2 \cdot 1,3 - 0,1 = 3,1 \text{ мм}.$$

Приймаємо  $X=2,7 \text{ мм}$ ;  $Y=2,8 \text{ мм}$ ;  $A=3,1 \text{ мм}$ .

Аналізуючи наведений вище конструктивно-технологічний розрахунок, можна виділити основні параметри друкованого монтажу, значення яких можуть коректуватися у бік збільшення на підставі електричного розрахунку тих же елементів по постійному струмі:

- діаметри монтажних отворів 1,0; 1,2; 1,6; 1,8; 2,0 мм;
- номінальна ширина провідника 0,3 мм;
- номінальна відстань між сусідніми елементами провідного малюнка 0,3мм;

- діаметр контактних площинок 1,5; 1,9; 2,4; 2,8; мм;
- розміри контактних площинок для резисторів і конденсаторів типорозміру 1206, 1,7x1,3 мм, відстань між контактними площадками 2,1 мм;
- розміри контактних площинок для конденсаторів ELZET 2,7x2,8 мм, відстань між контактними площинами 3,1 мм;

### 3.6. Розрахунок надійності

Однією з основних проблем покращення якості продукції є підвищення надійності функціонування виробу.

Надійність - це властивість технічної системи, пристрою, апарату чи елемента зберігати працездатність у певних режимах та умовах експлуатації.

Вибір показників надійності є завданням, вирішення якої істотно залежить від характеру виробу, його призначення та загальних вимог до процесу та результатів його функціонування.

При аналізі надійності, особливо при виборі показників надійності виробу, важливе значення має рішення, яке має бути прийняте при відмові виробу. Для показників надійності наводяться дві форми уявлення: імовірнісна та статистична. Імовірнісна форма зручніша при апріорних аналітичних розрахунках, статистична – при експериментальних дослідженнях надійності виробів.

Для ймовірностей форми характерні такі критерії надійності:

- можливість безвідмовної роботи протягом заданого часу  $P(t)$ ;
- середній час напрацювання на відмову  $T_0$ ;
- Інтенсивність відмов  $\lambda(t)$ ;
- Частота відмов  $\alpha(t)$ .

При розрахунку надійності приймаються такі передумови та припущення:

- справедливий експоненційний закон надійності;
- Відмови елементів взаємно незалежні.

У цьому випадку надійність виробу розраховується з урахуванням таких параметрів, як коефіцієнт навантаження  $K_n$ , коефіцієнт, що залежить від

призначення радіопристрою К'. Наприклад, для апаратури, яка використовується в побутових пристроях К'=1, а для радіосистем літальних апаратів К' =10.

Розрахуємо середній час справної роботи зарядного пристрою  $T_0$ , що проектується, і ймовірність відмов, при цьому вважатимемо, що прилад надійний, якщо час  $T_0$  не менше 20000 годин.

Розрахунок інтенсивності відмов  $\lambda_{\Sigma}(t), 1/ч$ , проводиться за формулою:

$$\lambda_{\Sigma}(t) = \sum_{i=1}^K N_i \cdot \lambda_i(t), \quad (17)$$

де К-кількість груп однотипних елементів;  $\lambda_i(t)$ -інтенсивність відмов (1/година);  $N_i$  - кількість і-тих елементів.

Проведемо розрахунок інтенсивності відмов проектного пристрою з урахуванням того, що коефіцієнт навантаження та коефіцієнт, що характеризує умови застосування, входять в інтенсивність відмов елементів. Інтенсивність відмов кожного електрорадіоелементу, а також їх кількість у виробництві, що проектується, наведені в таблиці 16.

Таблиця 16. Інтенсивність відмови радіоелементів

Найменування електрорадіоелементу	$\lambda_{cp} \cdot 10^{-6} 1/ч$	$N_i$ , шт.
Резистори постійні	0,06	7
Конденсатори керамічні	0,1	2
Конденсатори електролітичні	0,2	3
Транзистори	0,7	1
Діоди	0,1	1
мікросхема	0,06	1
Світлодіоди	0,08	2
Перемикач повзунковий	0,06	1

Розрахуємо сумарну інтенсивність відмов  $\lambda_{\Sigma}(t), 1/ч$  по всіх групах елементів за формулою

$$\lambda_{\Sigma}(t)=0,42+0,2+0,6+0,7+0,1++0,06+0,16+0,06=2,3 \cdot 10^{-6} 1/год$$



Розрахуємо середнє напрацювання на відмову  $T_0$ , годину, за формулою

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}(t)}, \quad (18)$$

$$T_0 = \frac{1}{2,3 \cdot 10^{-6}} = 434\,782,6 \text{ год}$$

що відповідає вимогам завдання.

Знаходимо можливість безвідмовної роботи виробу  $P$  в діапазоні часу від 2000 до 20000 годин.

$$P = e^{-\frac{t}{T_0}}, \quad (19)$$

де  $T_0$  – проміжок часу від 2000 до 20000 годин із кроком 2000.

$$P(t)_{t=2000} = e^{-\frac{t}{T_0}} = e^{-\frac{2000}{434782,6}} = 0,995411$$

$$P(t)_{t=4000} = e^{-\frac{t}{T_0}} = e^{-\frac{4000}{434782,6}} = 0,990842$$

$$P(t)_{t=6000} = e^{-\frac{t}{T_0}} = e^{-\frac{6000}{434782,6}} = 0,986295$$

$$P(t)_{t=8000} = e^{-\frac{t}{T_0}} = e^{-\frac{8000}{434782,6}} = 0,981768$$

$$P(t)_{t=10000} = e^{-\frac{t}{T_0}} = e^{-\frac{10000}{434782,6}} = 0,977262$$

$$P(t)_{t=12000} = e^{-\frac{t}{T_0}} = e^{-\frac{12000}{434782,6}} = 0,972777$$

$$P(t)_{t=14000} = e^{-\frac{t}{T_0}} = e^{-\frac{14000}{434782,6}} = 0,968313$$

$$P(t)_{t=16000} = e^{-\frac{t}{T_0}} = e^{-\frac{16000}{434782,6}} = 0,963869$$

$$P(t)_{t=18000} = e^{-\frac{t}{T_0}} = e^{-\frac{18000}{434782,6}} = 0,959445$$

$$P(t)_{t=20000} = e^{-\frac{t}{T_0}} = e^{-\frac{20000}{434782,6}} = 0,955042$$

Ймовірність відмов протягом зазначеного напрацювання  $P(t)_{\text{відк}}$  визначиться за формулою

$$P(t)_{\text{відк}} = 1 - P(t) \quad (20)$$

$$P(t)_{t=2000 \text{ відкЛ}} = 1 - P(t)_{t=2000} = 1 - 0,995411 = 0,004589$$

$$P(t)_{t=4000 \text{ відкЛ}} = 1 - P(t)_{t=4000} = 1 - 0,990842 = 0,009158$$

$$P(t)_{t=6000 \text{ відкЛ}} = 1 - P(t)_{t=6000} = 1 - 0,986295 = 0,013705$$

$$P(t)_{t=8000 \text{ відкЛ}} = 1 - P(t)_{t=8000} = 1 - 0,981768 = 0,018232$$

$$P(t)_{t=10000 \text{ відкЛ}} = 1 - P(t)_{t=10000} = 1 - 0,977262 = 0,022738$$

$$P(t)_{t=12000\text{відкл}}=1-P(t)_{t=12000}=1-0,972777=0,027223$$

$$P(t)_{t=14000\text{відкл}}=1-P(t)_{t=14000}=1-0,968313=0,031687$$

$$P(t)_{t=16000\text{відкл}}=1-P(t)_{t=16000}=1-0,963869=0,036131$$

$$P(t)_{t=18000\text{відкл}}=1-P(t)_{t=18000}=1-0,959445=0,040555$$

$$P(t)_{t=20000\text{відкл}}=1-P(t)_{t=20000}=1-0,955042=0,044958$$

Побудуємо графік залежності ймовірності відмов від часу напрацювання.

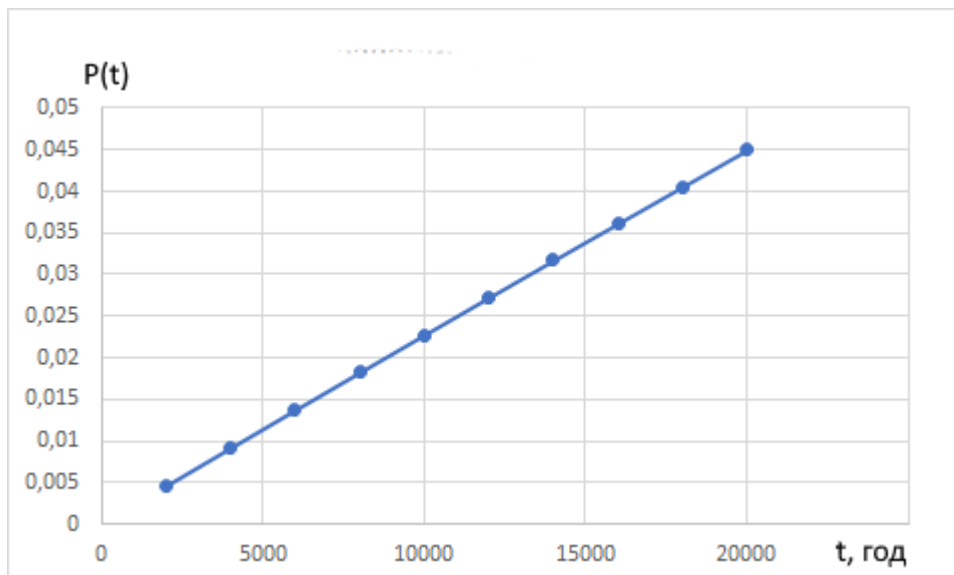


Рисунок 26 - Графік залежності ймовірності відмов від часу роботи виробу

### 3.7. Розрахунок технологічності конструкції виробу

Технологічність конструкції виробу (ТКВ) - це сукупність властивостей конструкції виробу, що виявляються у можливості оптимальних витрат праці, засобів, матеріалів та часу при технологічній підготовці виробництва, виготовленні, експлуатації та ремонті.

При визначенні досконалості конструкції виробу використовують якісні та кількісні показники технологічності конструкції виробу. До якісних характеристик технологічності конструкції виробу належать:

- взаємозамінність - властивість складової частини конструкції виробу, що забезпечує можливість її застосування замість іншої частини без додаткової обробки зі збереженням заданої якості виробу;

- регульованість - властивість конструкції виробу забезпечувати можливість та зручність її регулювання при складанні, технічному обслуговуванні та ремонті;

- контролепридатність - властивість конструкції виробу забезпечувати можливість та зручність її контролю при виготовленні, випробуваннях, технічному обслуговуванні.

Конструкція проектного пристрою виконана таким чином, щоб задовольнити всі якісні показники. Основний конструктивний елемент – друкована плата, розроблена з урахуванням оптимального розташування на ній електрорадіоелементів (ЕРЕ), при цьому всі типомінали ЕРЕ, застосовані у схемі пристрою, можуть бути легко замінені на аналогічні. Контрольна придатність пристрою доступу до всіх елементів схеми при перевірці електричних параметрів на їх виводах, а також можливістю читання позначення та номіналів ЕРЕ на їх корпусах.

Кількісна оцінка технологічності виробу проводиться відповідно до стандартів ЕСТПП ГОСТ14201-83, ГОСТ14204-73 та ОСТ 4 ГО.091.219.

Дані стандарти визначають два методи оцінки технологічності виробу:

1. За приватними показниками  $K_i$
2. За комплексним показником  $K$ , який розраховується за середньозваженою величиною щодо приватних показників з урахуванням вагових коефіцієнтів.

Галузевий стандарт ОСТ4.ГО.091.219 передбачає вибір складу базових показників ТКВ та їх розрахунок.

1 Розрахуємо коефіцієнт механізації підготовки ЕРЕ до монтажу  $K_{\text{мпере}}$  за формулою

$$K_{\text{мпере}} = \frac{H_{\text{мпэрэ}}}{H_{\text{эрэ}}}, \quad (21)$$

де  $H_{\text{мпере}}$  - кількість ЕРЕ, підготовка яких здійснюється автоматично, у штуках;  $H_{\text{эрэ}}$  – загальна кількість ЕРЕ.

$$K_{\text{ере}} = \frac{18}{18} = 1$$

2 Розрахуємо коефіцієнт автоматизації та механізації монтажу виробу  $K_{\text{ам}}$  за формулою

$$K_{\text{ам}} = \frac{H_{\text{ам}}}{H_{\text{м}}}, \quad (22)$$

де  $N_{ам}$  – кількість монтажних з'єднань, які виконуються автоматизовано;  $N_M$  – загальна кількість монтажних з'єднань.

$$K_{ам} = 18/18 = 1,0$$

3 Розрахуємо коефіцієнт складності складання  $K_{ссб}$  за формулою

$$K_{ссб} = 1 - \frac{E_{тсп}}{E_t} \quad (23)$$

де  $E_{тсп}$  - кількість типорозмірів вузлів, що входять у виріб, що не потребують регулювання або підготовки;  $E_t$  - загальна кількість типорозмірів.

$$K_{ссб} = 1 - \frac{8}{8} = 0$$

Вузли, що входять до виробів, не вимагають додаткового регулювання або підготовки, тому  $K_{ссб} = 0$ .

4 Розрахує коефіцієнт повторюваності ЕРЕ  $K_{пов}$  за формулою

$$K_{пов} = 1 - \frac{H_{терэ}}{H_{эре}} \quad (24)$$

де  $H_{терэ}$ -кількість типорозмірів ЕРЕ;  $H_{эре}$  – загальна кількість ЕРЕ.

$$K_{пов} = 1 - 8/18 = 0,56$$

Результати розрахунків зведені у таблиці 17

Таблиця 17. Результати розрахунків

Найменування показника	Позначення	Ваговий коефіцієнт	Отримане значення
1 Коефіцієнт механізації підготовки до монтажу	$K_{мпээ}$	1,0	1,0
2 Коефіцієнт автоматизації та механізації монтажу виробу	$K_{ам}$	1,0	1,0
3 Коефіцієнт складності складання	$K_{ссб}$	0,75	0,0
4 Коефіцієнт повторюваності ЕРЕ	$K_{пов}$	0,18	0,56
5 Базовий показник	$K$	2,93	2,56

Розрахуємо комплексний показник технологічності  $K$  за формулою

$$K = \frac{K_i \cdot \varphi_i}{\varphi_i}, \quad (25)$$

де  $K_i$  – одержані показники;  $\varphi_i$  – вагові коефіцієнти.

$$K = 2,56 / 2,93 = 0,87$$

Для радіотехнічних виробів при серійному виробництві базовий показник технологічності повинен бути не менше 0,3. У цьому проекті цей показник дорівнює 0,87, що говорить про технологічність конструкції виробу.

## **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ**

В ході виконання дипломної роботи був розроблений зарядний пристрій акумуляторів. Було проаналізовано декілька схожих приладів, які використовують для зарядки акумуляторів і описано принцип їх роботи.

Було також обрано технічні параметри елементної бази зарядного пристрою акумуляторів. У проведеній роботі з аналізу технічного завдання були проаналізовані умови експлуатації розроблюваного пристрою, його застосування й принцип роботи. Основною частиною пристрою є мікросхема MAX713.

У конструктивній частині було обрано матеріал друкованої плати, а також обрано корпус друкованої плати. За результатами розрахунків параметрів друкованого монтажу з урахуванням технологічних можливостей виробництва був обраний третій клас точності плати. Конструкторсько-технологічний розрахунок був уточнений перевірочними розрахунками по постійному струму і змінному струму. Далі було обрано варіант компоновання плати, розраховані габарити плати. Габаритні розміри друкованої плати – 80 x 45 мм. Виконані трасування, одержані креслення і конструкторська документація. Креслення друкованої плати й складальне креслення представлені в графічній частині проекту.

У розрахунку надійності було розраховано середній час напрацювання на відмову, ймовірність безвідмовної роботи та побудовано графік. Також було проведено розрахунки пристрою: на механічну міцність, електромагнітну сумісність. Було визначено коефіцієнти технологічності конструкції.

## 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.-494с.
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 втузов. – М.: Высшая школа, 1986. – 572 с.
6. Технологія и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры: Учебник для вузов / И.П.Бушминский, Ш.М.Чабдарова.-М.:Радио и связь,1989.-624с.
7. Технологія 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.-48с.
11. Голенкевич Т. А. Прикладная теория надежности. – М.: Высшая школа, 1985. – 168 с.
12. Яншин А. А. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности ЭВА. – М.: Радио и связь, 1983. – 312 с
13. Ибүду К.А. Надежность, контроль и диагностика вычислительных систем и машин: Учебное пособие для вузов. -М.: Высш.шк.,1989.-216с.

14. Конструирование радиоэлектронной и электронной вычислительной аппаратуры с учетом электромагнитной совместимости / А.Д.Князев, Л.Н.Кечиев. –М.:Радио и связь,1989. –224с.