Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)
Кафедра радіотехнічних систем
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр
(назва освітнього ступеня)

на тему: Блок заряду акумуляторних батарей

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи РАс-41
спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Гоменюк О.В. (прізвище та ініціали)

Керівник (підпис) Дедів І.Ю. (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль (підпис) Марценюк А.С. (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри (підпис) Дунець В.Л. (прізвище та ініціали)

Рецензент (підпис) Дозорський В.Г. (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2021

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Дунець В.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)
«31» травня 2021 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Гоменюку Олегу Валентиновичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Блок заряду акумуляторних батарей

Керівник роботи Дедів Ірина Юріївна, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «31» 05 2021 року № 4/7-435

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21.06.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи режими: передзаряду, швидкого заряду, дозаряду

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
1 Аналіз технічного завдання
2 Розробка структурної схеми блоку заряду
3 Проектування і розрахунок вузлів електричної принципової схеми блоку заряду
4 Вибір елементної бази
5 Конструктивно-технологічний розрахунок друкованої плати

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
1. Структурна схема;
2. Схема електрична принципова;
3. Друкована плата;
4. Друкований вузол;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Пилипець М.І., проф. каф.МТ		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розробка та затвердження технічного завдання	22.02. 2021	Виконано
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи	1.03. 2021	Виконано
3	Вибір власних схемо-технічних рішень	16.03.2021	Виконано
4	Вибір елементної бази для розроблюваного пристрою;	29.03.2021	Виконано
5	Розрахунок основних вузлів у схемі пристрою.	12.04.2021	Виконано
6	Створення допоміжної документації	26.04.2021	Виконано
7	Розроблення креслень	26.04.2021	Виконано
8	Розділ охорони праці та безпеки життєдіяльності	10.06.2021	Виконано
9	Нормоконтроль	16.06.2021	Виконано
10	Попередній захист	16.06.2021	Виконано
11	Захист	23.06.2021	

Студент _____ Гоменюк О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Дедів І.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Блок заряду акумуляторних батарей». Кваліфікаційна робота бакалавра// Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РАс-41. // Тернопіль, 2021р. // с.-58, рис.-23, табл.-2, бібліог.-10, додат.-3.

Ключові слова: АКУМУЛЯТОР, ЗАРЯД, МІКРОКОНТРОЛЕР, БЛОК ЖИВЛЕННЯ.

Роботу присв’ячено розробці блоку заряду акумуляторних батарей. Проаналізовано процеси, що протікають в процесі заряджання акумуляторних батарей, структуру та особливості роботи блоків заряду, розроблено структурну схему блока. В блокі передбачено використання імпульсного блока живлення та мікроконтролера для керування процесом заряду. Основні технічні параметри, яким задовольняє блок: можливість автоматичного контролю струму заряду акумуляторів; можливість автоматичного контролю напруги на акумуляторах; можливість автоматичного контролю ємності акумуляторів; режим заряд/розряд акумуляторних батарей; режим передзаряду; режим швидкого заряду; режим дозаряду; контроль температури акумуляторних батарей; індикація основних режимів на індикаторові; можливість одночасного заряду двох акумуляторних батарей ємністю до 3000 мА/год.

SUMMARY

Theme of qualification work: "Battery charge unit". Qualifying work of the bachelor // Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyuy, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, group RAs-41. // Ternopil, 2021 // p.-58, fig.-23, table.-2, bibliog.-10, appendix-3.

Key words: BATTERY, CHARGE, MICROCONTROLLER, POWER SUPPLY.

The work is devoted to the development of the battery charge unit. The processes that take place in the process of charging batteries, the structure and features of the charge units are analyzed, the block diagram of the unit is developed. The unit provides for the use of a switching power supply and a microcontroller to control the charging process. The main technical parameters that the unit satisfies: the ability to automatically control the battery charge current; possibility of automatic control of voltage on accumulators; possibility of automatic control of capacity of accumulators; battery charge / discharge mode; precharge mode; fast charge mode; recharging mode; battery temperature control; indication of the main modes on the indicator; possibility of simultaneous charging of two rechargeable batteries with a capacity up to 3000 mA / h.

Зміст

Вступ 7
1 Основна частина 9
1.1 Аналіз технічного завдання 9
1.2 Розробка структурної схеми блоку заряду 9
1.3 Проектування і розрахунок вузлів електричної принципової схеми блоку заряду 11
1.3.1 Схемо-технічні рішення побудови зарядних пристроїв 11
1.3.2 Розрахунок номіналів елементів схеми електричної принципової 34
1.4 Вибір елементної бази 37
1.5 Конструктивно-технологічний розрахунок друкованої плати 38
2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці 48
2.1.Методи очищення повітря в цеху виготовлення блоку заряду акумуляторних батарей 48
2.2 Вимоги до виробничого освітлення та його нормування в цеху виготовлення блоку заряду акумуляторних батарей 53
2.3 Заходи з особистої гігієни працюючих на дільниці в цеху виготовлення блоку заряду акумуляторних батарей 55
Висновки 57
Список використаних джерел 58
Додатки

Вступ

Актуальність роботи. Серед відновлюваних батарей Ni-Cd акумуляторні батареї є найбільш поширеним типом батарей, що застосовується для живлення найрізноманітніших радіоелектронних засобів, як портативних переносних так і в окремих випадках стаціонарного типу. Для них нормальним та часто рекомендованим є режим швидкого заряду та здатні віддавати значні струми в навантаження. Тому ці акумуляторні батареї використовують для живлення електроінструменту, такого як шурупокрути, дрелі тощо. Також ці батареї витримують значну кількість циклів заряду, що є краще в порівнянні з іншими акумуляторами. Також ці батареї нормально працюють як в умовах низьких так і високих температур.

Сучасні зарядні пристрої Ni-Cd акумуляторів створюються на основі спеціалізованих мікросхем, що дає можливість автоматизації процесу заряду та можуть використовуватись для різних типів батарей. Деякі типи мікросхем дозволяють також забезпечити визначення ємності акумулятора тощо.

До переваг Ni-Cd акумуляторів слід віднести здатність їх до швидкого заряду підвищеними струмами, значну кількість циклів заряджання і розряджання, здатність віддавати в навантаження значні струми, що є актуальним при роботі наприклад із індуктивним типом навантаження (електродвигути), можливість тривалого зберігання, нормальна робота при низьких температурах, різні конструктивні виконання тощо.

До недоліків слід віднести низьку енергетичну густину, наявний ефект пам’яті та складність його усунення, екологічну токсичність вмісту самих акумуляторів та складність процесу утилізації, наявність саморозряду, який є вищим в порівнянні з іншими типами акумуляторів.

При цьому актуальним є розроблення зарядного пристрою, який давав би можливість як заряджання батарей імпульсними струмами так і розряджання їх і виконання хмішаного режиму заряду-розряду для усунення

ефекту пам’яті а також тренування акумуляторів. В роботі проводиться розробка блоку заряду таких батарей.

Практичне значення. Результати можуть бути використані при проектуванні малогабаритних зарядних пристроїв, які ожуть стати окремими модулями портативної радіоелектронної апаратури для заряджання та тренування акумуляторних батарей. Можливість керування режимами заряду та розряду дасть можливість використання блоку заряду і для роботи з іншими типами акумуляторних батарей.

1 Основна частина

1.1 Аналіз технічного завдання

Необхідно розробити блок заряду акумуляторних батарей, зокрема Ni-Cd акумуляторів, з наступними технічними характеристиками:

- можливість автоматичного контролю струму заряду акумуляторів;
- можливість автоматичного контролю напруги на акумуляторах;
- можливість автоматичного контролю ємності акумуляторів;
- режим заряд/розряд акумуляторних батарей;
- режим передзаряду;
- режим швидкого заряду;
- режим дозаряду;
- контроль температури акумуляторних батарей;
- індикація основних режимів на індикаторові;
- можливість одночасного заряду двох акумуляторних батарей ємністю до 3000 мА/год.

Умови експлуатації:

- діапазон робочих температур від +10 ^{0}C...+ 35 ^{0}C;
- межі зміни вологості до 80% при температурі +20°C;
- межі зміни атмосферного тиску 80 кПа - 100 кПа;
- механічні навантаження повинні відповідати ГОСТ 20790-82.

1.2 Розробка структурної схеми блоку заряду

Структурна схема блоку заряду подана на рис. 1.1.

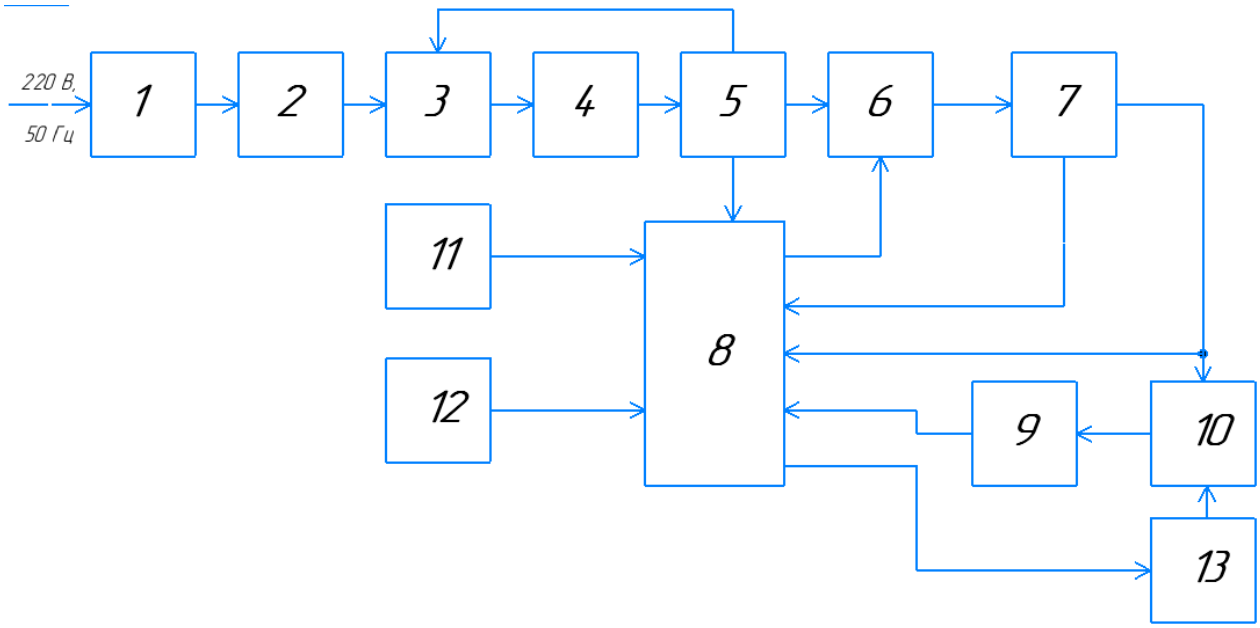

Рисунок 1.1 – Структурна схема блоку заряду:
1 - мережевий фільтр; 2 - випрямляч; 3 - імпульсний комутатор; 4 - імпульсний трансформатор; 5 - випрямляч та стабілізатор; 6 - силовий комутатор; 7 - давач струму; 8 - мікроконтролер; 9 - давач температури; 10 - акумуляторні батареї 11 - блок індикації; 12 – інтерфейс; 13 – вузли розряду

Основою блоку заряду є мікроконтролер 8, який керує процессом зарядки та відображає його дані на індикаторах 11. Блок 12 викоритстовується для налагодження та програмування мікроконтролера. Для живлення блоку заряду використано імпульсний блок живлення, що являє собою мережевий фільтр 1, мережевий випрямляч 2, імпульсний комутатор з внутрішнім задаючим генератором 3, імпульсний трансформатор 4 та випрямляч і стабілізатор напруги 5. Останній необхідний для стабілізації напруги живлення мікроконтролера. Використання такого блока живлення дасть можливість зменшення маси та габаритних розмірів блоку заряду та реалізації гальванічної розвязки і захисту від короткого замикання в колі заряду у випадку використання несправних акумуляторних батарей. Для керування процесом заряду кивористано транзисторний силовий комутатор 6. Для

контролю струму заряду використано давач струму 7, що є резистивним перетворювачем струм/напруга, пропорційне значення напруги з якого опитується мікроконтролером та формується відповідний сигнал керування силовим комутатором. Блок 9 є здавачем температури для можливості контролю температури акумуляторних батарей та виключення можливості їхнього перегріву. Блок 13 є вузлами розряду акумуляторних батарей для можливості їхнього тренування та відновлення.

1.3 Проектування і розрахунок вузлів електричної принципової схеми блоку заряду

1.3.1 Схемо-технічні рішення побудови зарядних пристроїв.

Методи заряду Ni-Cd батарей. Метод негативного ΔV-заряду

Розрізняють дві взаємопов'язані групи варіантів заряду акумуляторних батарей:

- методи заряду по його швидкості (тобто за часом заряду батареї до її приведення в робочий стан);
- методи заряду за способом відключення акумуляторної батареї по його закінченні, при якому забезпечується контроль одного або декількох її параметрів, і при характерній зміні одного з них відбувається припинення циклу заряду.

Перша група більш точно визначає методи заряду, а друга їх уточнює.

Струм заряду визначає час заряду та в загальному випадку швидкість цього процесу. Цей струм зазвичай визначається через ємність акумулятора. За швидкістю розрізняють такі види зарядки:

- нормальний або повільний заряд (Slow Charge);
- швидкий заряд (Quick Charge);
- швидкісний заряд (Fast Charge).

Для Ni-Cd батарей найкраще застосовувати метод швидкісного заряду, оскільки нормальний (повільний) заряд призводить до кристалізації елементів батареї, що знижує їх ємність та термін служби.

Найточнішим є забезпечення керування власне зарядом Ni-Cd акумуляторів шляхом застосування мікроконтролера, який в процесі заряду оцінює значення напруги на акумуляторові і припиняє процес заряду при характерній зміні окремих параметрів акумулятора. Такою характерною зміною є невелике зменшення значення напруги акумулятора наприкінці процесу заряджання. Такий метод називається методом негативного ΔV-заряду.

До зарядних пристроїв, незалежно від типу акумуляторів і акумуляторних батарей, для заряду яких вони призначені, пред'являються такі загальні вимоги:

- джерело живлення зарядного пристрою повинне забезпечувати достатні вихідні напругу і струм;

- зарядний пристрій повинен забезпечувати ручну установку або автоматичне регулювання напруги та струму заряду; для деяких типів акумуляторів їх значення повинні бути стабілізовані в межах допусків;

- автоматичні зарядні пристрої повинні мати основну та дублюючі схеми відключення батареї по закінченні заряду;

- повинні бути передбачені пристрої захисту від короткого замикання, перегріву акумуляторних батарей.

Побудова схеми найпростішого зарядного пристрою залежить від принципів заряду: обмеження струму заряду і обмеження напруги заряду. Для заряду Ni-Cd акумуляторів застосовується принцип заряду з обмеженням його струму.

Сучасні зарядні пристрої створюються на основі спеціалізованих мікросхем, здатних автоматично забезпечити заряд акумуляторної батареї за заданим алгоритмом і призначених для заряду акумуляторів будь-якого типу.

Деякі типи мікросхем дозволяють також забезпечити вимірювання ємності акумуляторної батареї і ступеня її розряду.

Для Ni-Cd акумуляторів широкого поширення набули зарядні пристрої, реалізовані на основі мікросхем фірми MAXIM: MAX712, MAX713 і bq2004 фірми Unitrode.

Мікросхема MAX712 використовується для швидкісного заряду Ni-Cd акумуляторів, а MAX713 – для нікель-кадмієвих та нікель-марганцевих акумуляторів. Зарядні пристрої на основі MAX712, MAX713 можуть працювати або в лінійному, або в імпульсному режимі.

На основі мікросхеми bq2004 створюються зарядні пристрої швидкісного заряду для Ni-Cd і Ni-MH акумуляторних батарей, що в основному використовуються в побутовій та професійній техніці рухомого зв'язку.

Проведемо аналіз принципу роботи різних типів зарядних пристроїв.

Зарядно-відновлювальний пристрій, що показаний на рис. 1.2, складається з регульованого стабілізатора напруги, генератора прямокутних імпульсів, підсилювача струму заряду/розряду, вузлів контролю напруги та струму заряду/розряду, індикаторів.

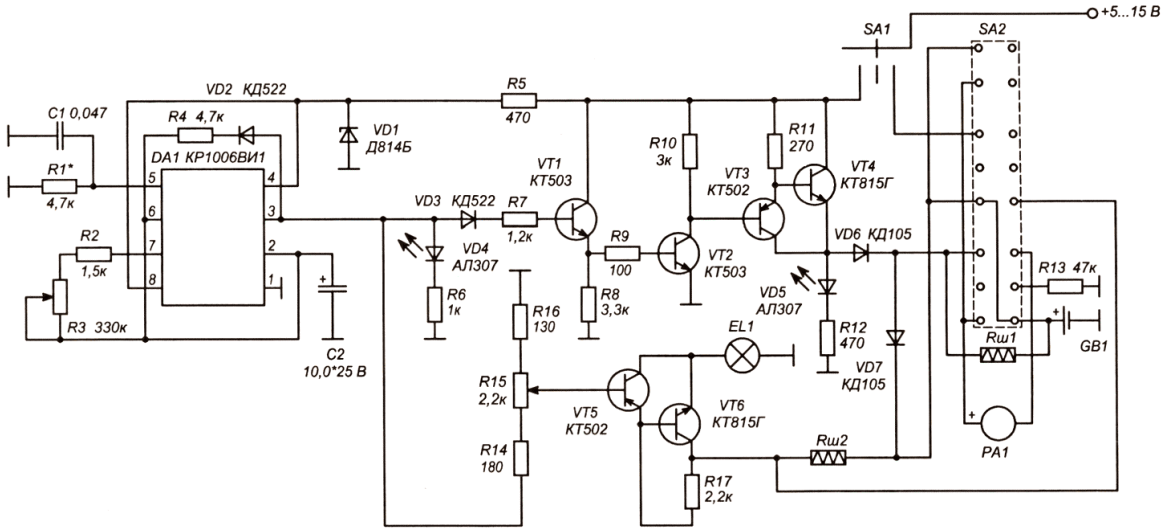

Рисунок 1.2 – Принципова схема пристрою для заряджання та відновлення акумуляторів

Оскільки таймер КР1006ВИ1 працює в межах 5 ... 15 В, можна заряджати акумулятори, які містять від 3 до 10 елементів.

Наявність напруги живлення контролюється за допомогою HL1, а її величина - за допомогою гальванометра PA1. Блок живлення генератора прямокутних хвиль стабілізується стабілітроном VD1 і встановлює умови роботи всієї схеми. Час інтервалів заряду/розряду C2 встановлюється резисторами R4, R2, R3.

Резистор R3 може регулювати тривалість і частоту імпульсів на виході DA1 (контакт 3) протягом 0,5 ... 3 секунд. Для отримання короткочасного регульованого імпульсу розряду в ланцюг таймера DA1 (контакт 5) вводиться резистор R1 *, який вибирається в процесі введення в експлуатацію.

Імпульси з виходу DA1: позитивні - подаються на емітер VT1, а потім на підсилювач струму зарядки; негативний - до підсилювача струму розряду VT5, VT6.

Роботою підсилювача струму заряду керує світлодіод VD5, і він загоряється, коли світлодіод VD4 згасає. Лампочка розжарювання EL1 використовується як розрядний елемент в підсилювачі струму розряду.

Лампочка горить одночасно з тим, як горить світлодіод VD4. Резистор R15 можна використовувати для регулювання струму розряду в широкому діапазоні (7 ... 100 мА).

Іншим варіантом схеми є схема, зображена на рис. 1.3. Вона працює за таким алгоритмом: вибір режиму роботи (розряд-заряд, або лише заряд); визначення наявності батареї; розряд (якщо вибрано); попередня зарядка; швидка зарядка; дозарядка.

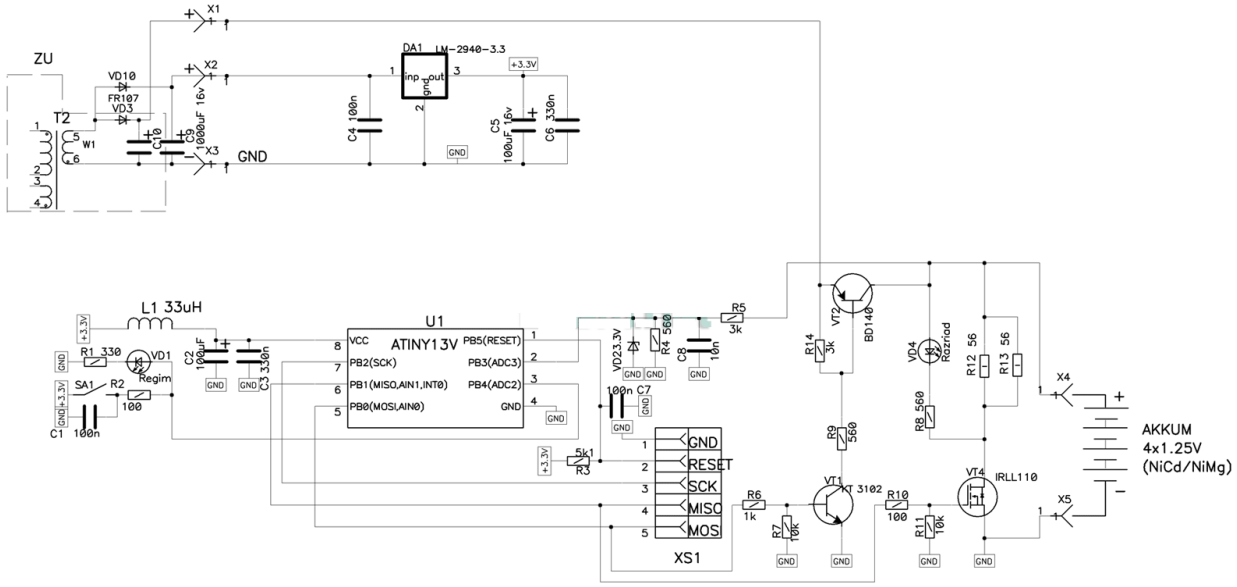

Рисунок 1.3 – Принципова схема пристрою для заряджання та відновлення акумуляторів (2-й варіант)

На схемі ZU вказана зарядка від NOKIA, з незначними змінами: вторинна обмотка трансформатора була збільшена на 4 витки, після чого на холостому ходу зарядка почала видавати 9 В (перед переробкою вона становила 6,5 В), і для заряджених акумуляторів струм зарядки становив 480 мА (дорівнював 320 мА). Крім того, ще один випрямляч був доданий до обмотки живлення трансформатора на елементах VD10 (FR107) та C9 (встановлених на трансформаторі). Він служить для живлення контролера. Необхідно окреме джерело живлення, щоб при розряді акумуляторів не було перепадів напруги на контролері. При початковій зарядці контролер видає імпульси зарядки з 20% заповненням, і під час пауз конденсатор C9 встигає зарядитися достатньо для живлення схеми управління. У зв'язку з цим також використовується стабілізатор з низьким падінням напруги LM-2940-3.3 при 3,3 В.

Вхід PB4 контролера працює як вхід, коли зарядний пристрій увімкнено, і натиснуто кнопку SA1, щоб вибрати режим. Коли зарядний пристрій

підключений до акумуляторів, порт перемикається на вихід і керує світлодіодом VD1, який сигналізує про поточний режим роботи.

Клавіша VT4 служить для розрядки акумуляторів, а також для створення розрядного імпульсу в режимі зарядки з імпульсним розрядом.

Ключ на VT1, VT2 служить для подачі струму зарядки на батареї.

Резистори R4, R5 використовуються для узгодження рівня напруги на акумуляторі з напругою джерела контрольної напруги контролера (1,1 В). За вказаних номіналів максимальна виміряна напруга становитиме 1,1 / 560 * 3560 = 6,99 В., Один крок АЦП: 6,99 / 1024 = 6,83 мВ.

VD2 служить для захисту від перевантаження порту ADC контролера, C8 - для фільтрації шуму.

Ще один варіант зарядного пристрою наведено на рис. 1.3. Пристрій призначений для прискореної зарядки акумуляторів Ni-Cd та Ni-MH з експоненціально зменшуваним струмом. До його переваг можна віднести можливість вибору часу заряджання 45 хв. … 3 години, простоту виготовлення та регулювання, відсутність нагрівання акумуляторів в кінці зарядки, можливість візуально контролювати протікання зарядки, зручність використання. Пристрій можна використовувати як засіб для вимірювання зарядних та розрядних характеристик акумуляторів.

При зарядці великим постійним струмом (0,5E або більше, де E - ємність акумулятора), батарея починає нагріватися після заряду 75 ... 80%, а нікль-марганцеві батареї нагріваються більше ніж нікель-кадмієві. Після повного заряджання батареї температура швидко зростає, і якщо цей процес не зупинити вчасно, він закінчується займанням або вибухом батареї. Рекомендована температура для зупинки зарядки становить +45 ° C. Однак цей критерій підходить лише як екстрений критерій: поєднання перезарядки з перегрівом зменшує ємність аккумулятора і час його використання.

Досягнення певної напруги на акумуляторі також не є задовільним критерієм закінчення процесу. Його величина, що відповідає повному заряду,

заздалегідь не відома, оскільки вона залежить від температури та "віку" акумулятора. Помилка декількох мілівольт призводить до того, що заряд акумулятора ніколи не закінчується або закінчується занадто рано.

При зарядці постійним струмом легко керувати зарядом - це прямо пропорційно тривалості процесу. Зокрема, його значення можна встановити рівним номінальній ємності акумулятора. Але з часом його потужність зменшується, і в кінці терміну служби становить приблизно 80% від номінальної. Отже, обмеження заряду до номінальної ємності не гарантує відсутності перезарядки та перегріву акумуляторів.

Нікель-кадмієві батареї мають так званий "ефект пам'яті". Полягаючи в тому, що якщо ви зарядите не повністю розряджену батарею, то при подальшому розряді вона буде віддавати лише частину енергії, починаючи з рівня, з якого почалася зарядка.

Тому перед початком заряджання бажано розрядити акумулятор до напруги менше 1В. І лише після цього починайте зарядку.

На рис. 1.4 представлена схема зарядного пристрою, включена до лабораторного джерела живлення, яке вимірює напругу на акумуляторі, розряджає акумулятор до 1 В перед заряджанням і заряджає до 1,4 В.

Сам зарядний пристрій складається зі стабілізатора струму на A1. Зарядний струм можна встановити на 60мА, 80мА або 120мА за допомогою перемикача S2.

Увімкнення та вимкнення зарядного пристрою здійснюється за допомогою транзисторів VT3 та VT4. Щоб розпочати зарядку, до бази VT3 потрібно прикласти логічний нуль. А для припинення зарядки - одиницю (через резистор R14).

Схема розряду виконана на транзисторному перемикачі на VT5 і VT6, підключеному відповідно до схеми композитного транзистора. Розрядним навантаженням є резистор R16.

Напруга на акумуляторі (G1) вимірюється лічильником на мікросхемі полікомпаратора A1. Світлодіоди HL1-HL6 позначають напругу на акумуляторі, а каскади на VT1 і VT2 формують логічні рівні для подачі інформації про напругу на акумуляторі до простої логічної схеми управління на двох RS тригерах, виконаних на елементах К561ЛЕ5. А

При підключенні акумулятора, мікросхема A1 вимірює напругу на ньому. Результат вимірювання можна побачити на дисплеї шести світлодіодів. Вимірювання проводиться без навантаження. Щоб дізнатися напругу під навантаженням, треба нажати кнопку "Пуск" S1.

У цьому випадку триггер RS D1.3-D1.4 встановлюється у стан з логічним 0 на виході D1.4. Транзисторний перемикач VT5-VT6 відкривається і навантажує акумулятор резистором R16.

Якщо одночасно напруга на батареї падає до 1 В і нижче відкривається один з діодів VD1-VD3, що призводить до розмикання транзистора VT2.

Напруга логічної одиниці з'являється на її емітері, який через деякий час (R8-C2) переводить RS-триггер D1.3-D1.4 у протилежний стан.

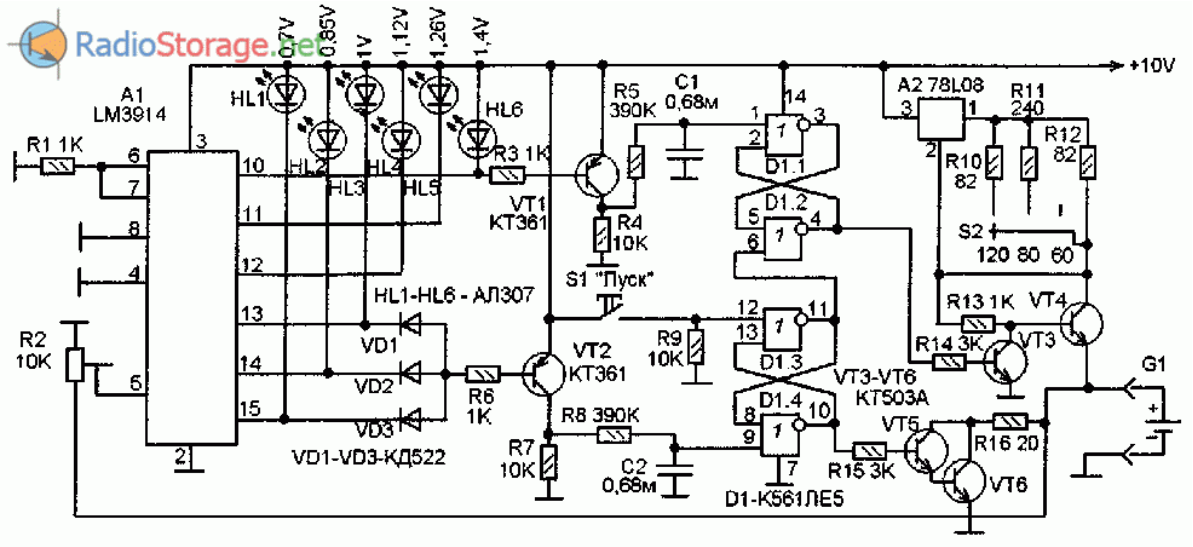

Рисунок 1.4 – Схема зарядного пристрою

Навантаження (R16) від'єднано від акумулятора. У той же час одиниця на виході D1.3 встановлює триггер D1.1-D1.2 у стан з логічним нулем на

виході D1.2. Це вмикає зарядний пристрій на A2 (відкриває VT4). Акумулятор починає заряджатися.

Якщо напруга на зарядженій батареї перевищує 1 В, вона буде утримуватися під навантаженням, поки напруга на ній не стане 1 В або нижче. І лише після цього почнеться зарядка.

Зарядка триватиме до тих пір, поки напруга акумулятора не досягне 1,4 В. Після цього транзистор VT1 відкриється і напруга рівня логічного нуля буде встановлена на його колекторі. RS-тригер D1 перемкнеться і зарядка акумулятора припиниться.

Недоліком цієї схеми є те, що одночасно можна зарядити лише одну батарею. Неможливо зарядити акумуляторні батареї.

Традиційна («безпечна») зарядка нікель-кадмієвих акумуляторів струмом, який у десять разів менший за ємність акумулятора, задовольняє не всіх користувачів, оскільки в цьому випадку для його повного заряджання потрібно більше десяти годин.

Тим часом батареї можна безпечно заряджати сильним струмом, відповідно скорочуючи час зарядки. Однак у цьому випадку необхідно постійно контролювати стан акумуляторної батареї, щоб уникнути її поломки.

Точку, в якій нікель-кадмієва батарея повністю заряджена, можна надійно встановити, вимірявши її напругу в порівнянні з часом зарядки. Загалом це показано на рис. 1.5.

Повністю заряджена батарея відповідає моменту, коли напруга на ній досягає свого максимуму. Оскільки абсолютне значення максимуму може відрізнятися для різних випадків, цей параметр не можна використовувати для однозначного визначення кінця зарядки.

"Інтелектуальні" зарядні пристрої, періодично вимірюючи напругу на акумуляторі, що заряджається, визначають момент, коли зміна напруги змінює свій знак (напруга починає зменшуватися), і припиняють зарядку.

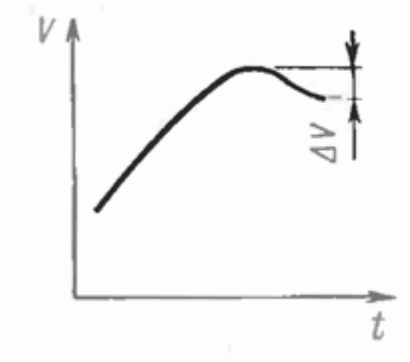

Рисунок 1.5 – Залежність напруги від часу зарядки

Точніше, вони зазвичай ставлять зарядний пристрій у безпечний режим низької струмової зарядки. Слід зазначити, що зменшення напруги відносно максимуму після його проходження невелике, близько 10 мВ на елемент, і для його реєстрації необхідне вимірювальне обладнання з відповідною роздільною здатністю.

Другим параметром, який зазвичай контролюється під час швидкої зарядки, є час. Він розраховується на основі швидкого струму зарядки, і навіть якщо напруга на акумуляторі за цей час не досягла свого максимуму, зарядка припиняється.

Це дозволяє певною мірою знизити ризик виходу з ладу зарядного пристрою, якщо в ньому встановлена дефектна батарея, яка може не змінити знак зміни напруги в процесі зарядки.

Є ще один параметр, який поряд зі зміною знака зміни напруги на акумуляторі об'єктивно відображає завершення процесу зарядки - температура корпусу батареї.

Однак цей параметр є одним із найскладніших у контролі, оскільки вимагає встановлення надійного теплового контакту датчика температури з корпусом акумулятора, що заряджається.

Більше того, у герметичних акумуляторних батареях, які в основному використовуються в сучасному носимому обладнанні, це, в принципі,

неможливо. Тому на практиці зарядка акумулятора з контролем температури не використовується.

Для реалізації описаних алгоритмів зарядки випускаються спеціалізовані мікросхеми, які виконують усі вищезазначені функції контролю та управління. Сюди входить, наприклад, мікросхема MAX713. Це дозволяє заряджати як один елемент, так і акумулятор, що складається з декількох батарей.

Час управління швидкою зарядкою може бути в діапазоні від 22 до 264 хвилин (вісім дискретних значень), а струм - в діапазоні від 4С до 0, С - ємність аккумулятора. Всі ці параметри задаються програмним забезпеченням. Передбачена в мікросхемі MAX713 і функція контролю температури акумуляторної батареї.

При розрахунку режиму швидкої зарядки для нікель-кадмієвих батарей спочатку треба вибрати струм зарядки I, орієнтуючись на необхідний час зарядки. Слід зазначити, що за відсутності надійного контролю температури батареї, не рекомендується вибирати більше 2С.

Після закінчення режиму швидкої зарядки струм зменшується до значень, безпечних протягом тривалого періоду ("перезарядка"). Наприклад, у мікросхемі MAX713 це значення вибрано приблизно 30 мА і не залежить від швидкого струму зарядки.

Схема "розумного" зарядного пристрою для нікель-кадмієвих акумуляторів, виготовленого на мікросхемі MAX713, показана на рис. 1.6. До роз'єму X1 підключено джерело живлення 12 В. Воно повинне забезпечувати струм навантаження принаймні на 50 мА вище максимального струму зарядки. При напрузі живлення 12 В можна заряджати акумулятори, що містять до дев'яти батарей.

Світлодіод HL1 вказує на роботу пристрою в цілому, а світлодіод HL2 вказує режим швидкої зарядки.

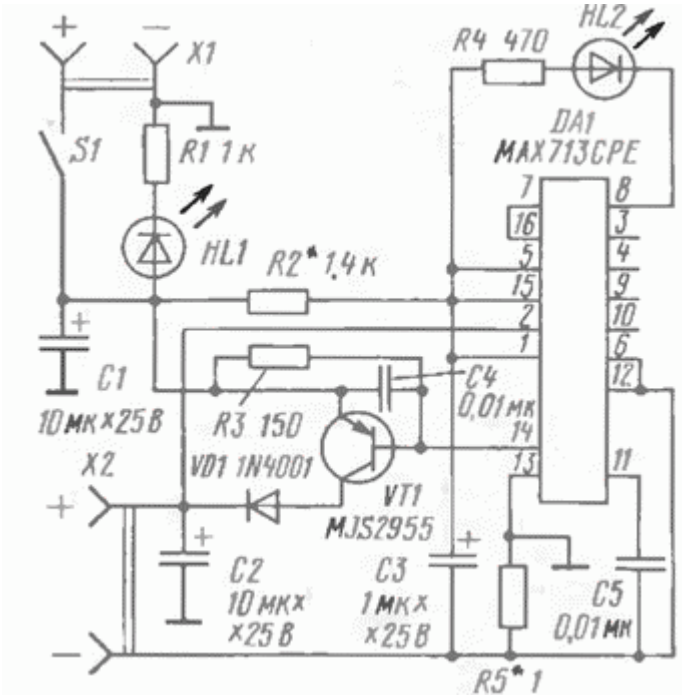

Рисунок 1.6 – Схема розумного зарядного пристрою.

Якщо він не загоряється, це означає, що зарядка закінчена. Акумулятор підключений до роз'єму X2. Транзистор VT1 регулює струм зарядки. Якщо після ввімкнення пристрою з підключеним акумулятором світлодіод HL2 не світиться, значить, акумулятор заряджається.

За основу блоку заряду використана схема, пристосована під зарядку двох однотипних Ni-Cd або Ni-Mg акумуляторів. В схемі доданий імпульсний блок живлення. Вузли схеми блоку заряду наведено на рис.1.7.

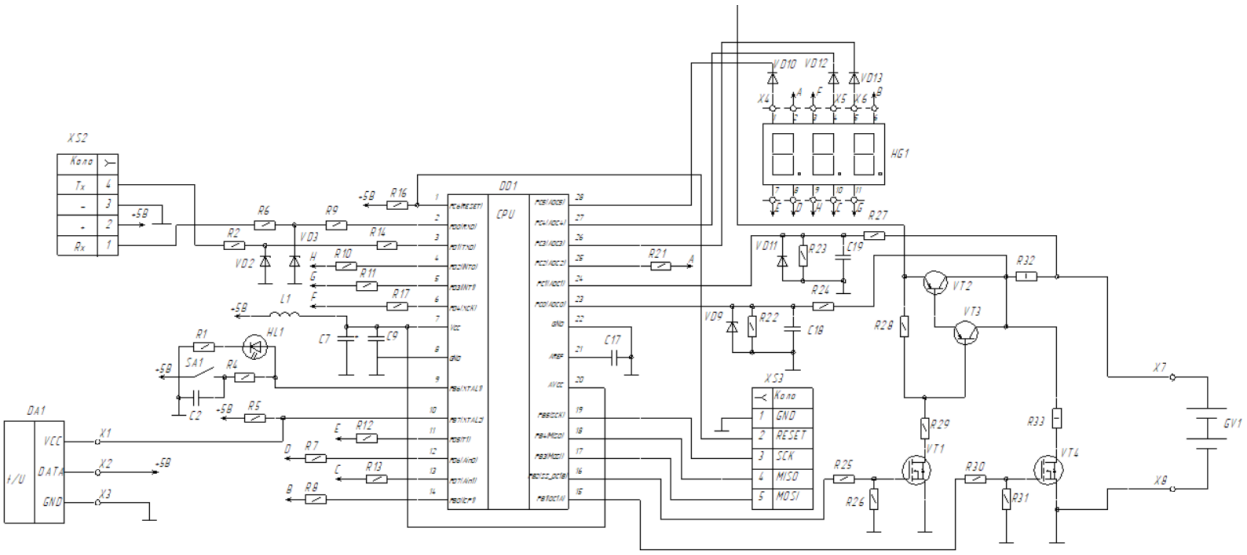

Рисунок 1.7 – Схема блоку заряду

Вузли керування виконано на мікроконтролері Atmega 8A. Частота внутрішнього генератора становить порядку 1МГц. Виводи PC0, PC1 виконистовуються як входи аналого-цифрового перетворювача. Елементи R22, R24, R723, R27 є дільниками напруги для коректної роботи аналого-цифрового перетворювача. Компоненти VD9, VD11 обмежують максимальне значення напруги в 4,5 В, Компоненти C18, C19 виконують фільтрування напруги, яка вимірюється аналого-цифровим перетворювачем контролера.

Компонент R32 є здавачем струму, відповідно порівнюючи напруги на подільниках можна контролювати величину струму заряджання – як усереднену так і поточну, і виконувати стабілізацію та обмеження цього значення.

Індикатор HG1 призначений для відображення значення струму заряджання, напруги на батареях на перерахованої величини ємності батарей шляхом вимірювання щосекунди величини струму заряду та ділення її на час заряду.

На компонентах L2, C7, C9 виконано додаткові вузли фільтрації напруги живлення мікроконтролера від високочастотних завад, які можуть бути наведеними від зовнішніх пристроїв, імпульсного блока живлення або

створені роботою силового комутатора. Ререз роз'єм XS2 виконується програмування та налаштування блоку заряду. На елементах R2, R14, R6, R9, та VD2, VD3 виконано кола захисту входів мікроконтролера від обривів, закорочень чи помилок з підключенням блока до програма тора.

Комутатором SA1 миконується вибір типу роботи блоку. Світлодіод HL1 виконує індукування вибраного типу роботи блоку.

Мікросхема DA1 є інтегральним здавачем температури для забезпечення контролю температури акумуляторних батарей та уникнення ситуації можливого перегріву останніх.

На компонентах VT1-VT3, R28, R29, R25, R26 виконано силове коло заряджання акумуляторних батарей. На компонентах VT2 та VT3 виконано складений транзистор за схемою Дарлінттона, що являє собою каскадне включення цих транзисторів з певним типом з’єднання.

Компоненти VT4, R30, R31, R33 формують вузол розряду для можливості розряджання акумуляторних батарей та їхнього тренування. Оскільки при цьому струм буде текти і через компонент R32, можна проводити його вимірювання та керувати його величиною.

Блок живлення запропоновано використати імпульсного типу. Існує багато схемних варіантів виконання таких блоків та широка номенклатура елементів.

Особливо поширеним є використання мікросхеми TDA4605. Мікросхема проста у використанні, володіє малою кількістю виводів, випускається багатьма фірмами і, що важливо, має повні вітчизняні аналоги - К1033ЕУ5 і КР1087ЕУ1.

Мікросхема нормально функціонує в мережевих перетворювачах напруги при зміні вхідної напруги живлення від 170 до 245 В, має у своєму складі схему включення-виключення чергового режиму, схему захисту від перевантажень.

Схема детектора пониженої напруги (ДПН) має керуючий вивід 3 (Input for Primary Voltage Monitoring). При подачі на цей вивід напруги понад 1 В дозволяється робота вузлів мікросхеми. Максимальне значення напруги на цьому виводі не повинне перевищувати 6 ... 7 В. Можливість відключення джерела живлення замиканням цього виводу на загальний вивід схеми використовується для дистанційного керування включенням-виключенням побутової аудіо-і відеотехніки.

Схема стабілізації напруги складається з підсилювача сигналу помилки та перевантаження (УОП), стопового компаратора (СК) і логічної схеми (ЛС). Сигнал зворотного зв'язку, що інформує схему про рівень напруги на навантаженні, подається на вивід 1 (Information Input Concerning Secondary Voltage). Схема стабілізації виробляє імпульси регульованої шпаруватості, які посилюються по струму вихідним каскадом з обмежувачем струму (ВКТО) і подаються на вихід мікросхеми через вивід 5 (Output). Струм через цей вивід обмежений значенням 1,5 А, напруга - величиною, що становить не більше 70% від напруги живлення мікросхеми.

Схема формування пилкоподібної напруги складається із зовнішньої частотозадаючої RC-ланки, яка підключається до виводу 2 (Information Input Regarding the Primary Current), стартового генератора імпульсів (СГИ), блоку опорних напруг (ГОН і МОН), детектора нуля сигналу (ДНС).

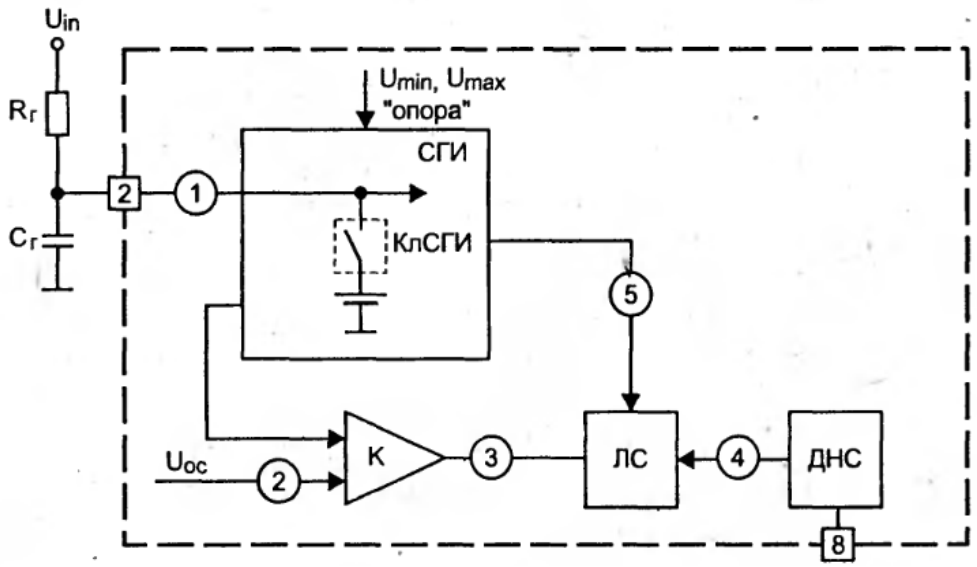

Рисунок 1.8 – Вузол формування пилоподібної напруги і стабілізації

Схема формування пилкоподібної напруги показана на рис. 1.8 і працює таким чином. У момент початку чергового циклу перетворення схема стартового імпульсного генератора (СГИ) виробляє стробуюсий імпульс, що відкриває силовий транзистор. У цей же момент розмикається внутрішній комутатор (КлСГИ) і починається заряд конденсатора Сг через резистор Rг. Заряд супроводжується збільшенням напруги на виводі «2» мікросхеми, починаючи від значення Umin. Ця напруга порівнюється з напругою зворотного зв'язку Uос. Коли обидві напруги стануть рівними, компаратор (К) формує імпульс, що закриває силовий транзистор (лінія 3 на рис. 1.9). В цьому випадку в силовому трансформаторі повинна, завдяки явищу самоіндукції, змінитися полярність напруги на обмотках.

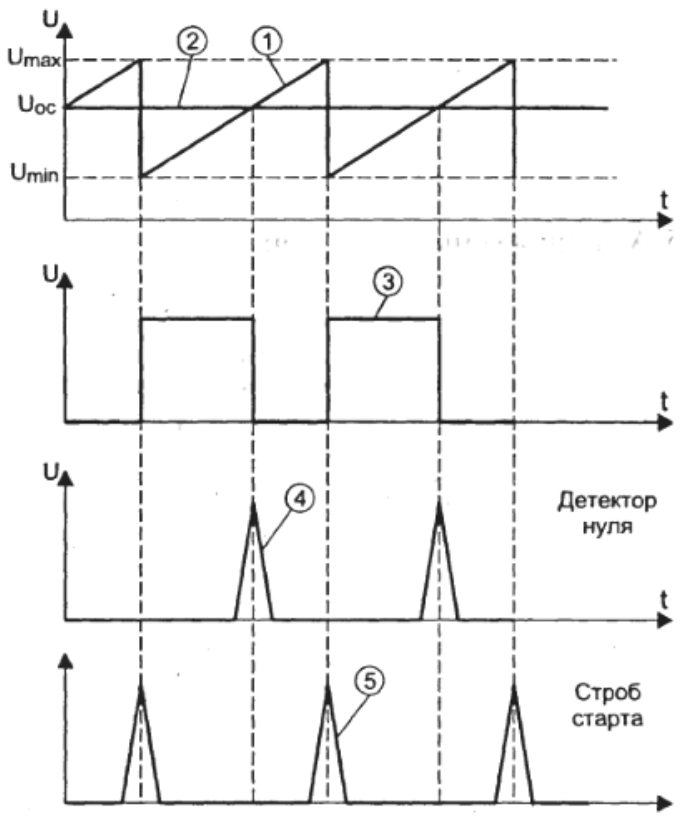

Рисунок 1.9 – Графіки, що пояснюють роботу вузла стабілізації

Момент зміни полярності фіксується детектором нуля (ДНС). Детектор видає стробуючий імпульс (лінія 4 на рис. 1.9), який надходить на схему логіки (ЛС), «дозволяючи» нове відкриття транзистора, яке відбудеться не одразу, а в наступному такті. Отже, транзистор залишається закритим, а напруга на конденсаторі продовжує зростати. Коли вона досягне значення Umax, схема СГИ виробляє стробуючий імпульс (лінія 5 на рис. 1.9), який одночасно скине напругу на конденсаторі до Umin і відкриє ключовий транзистор. Почнеться новий цикл роботи.

Робоча частота перетворювача визначається не тільки параметрами часозадаючої ланки Rг, Cг, але й різницею напруг (Umax-Umin). При перевантаженні, яку може виникнути при обриві навантаження, дана схема знизить коефіцієнт заповнення керуючих імпульсів до мінімально можливої величини, підвищить робочу частоту в кілька разів. Цей режим реалізується

зниженням опорної напруги Umin. Робоча частота перетворювача лежить в межах 20 ... 30 кГц, а захисна частота приблизно дорівнює 200 кГц.

Схема живлення і захисту від КЗ вторинної обмотки також реалізована в складі мікросхеми. Режим короткого замикання не небезпечний для силового транзистора зворотньоходового перетворювача, оскільки фази накачування енергії та передачі її у навантаження рознесені в часі. Однак енергія в режимі КЗ буде розсіюватися на малому опорі вторинної обмотки і випрямному діоді, що призведе до їх розігріву. Щоб виключити режим КЗ, до складу мікросхеми був введений блок захисту від короткого замикання. Розглянемо принцип роботи цього захисного блоку.

Живлення мікросхеми здійснюється через вивід 6 (Supply Voltage Input), і якщо напруга на цьому виводі падає нижче 7,25 В, мікросхема переходить в режим імпульсного включення з періодом, рівним приблизно 1 с. Тривалість цього періоду залежить від номіналів елементів (конденсатора і резистора), підключених до названого виводу. Оскільки зазвичай мікросхема живиться від додаткової обмотки трансформатора, коротке замикання силової обмотки миттєво відбивається на напрузі живлення мікросхеми. Максимально допустиме значення напруги живлення мікросхеми становить 16,5 В при споживаному струмі в режимі запуску до 10 мА. Середнє значення споживаного струму в робочому режимі складає 11 мА.

Принципова схема блока живлення на базі TDA4605 наведена на рис. 1.10.

Перетворювач живиться від мережевої змінної напруги 220 В частотою 50 Гц. Потужність перетворювача складає близько 50 Вт. Частота перетворення обрана близько 25 кГц.

Мережевий випрямляч-фільтр складається з елементів VD1-VD4, Rl, Cl, R14. Діоди VD1-VD4 повинні бути вибрані так, щоб їх зворотня напруга перевищувала амплітудне значення напруги в мережі, що становить 310 В.

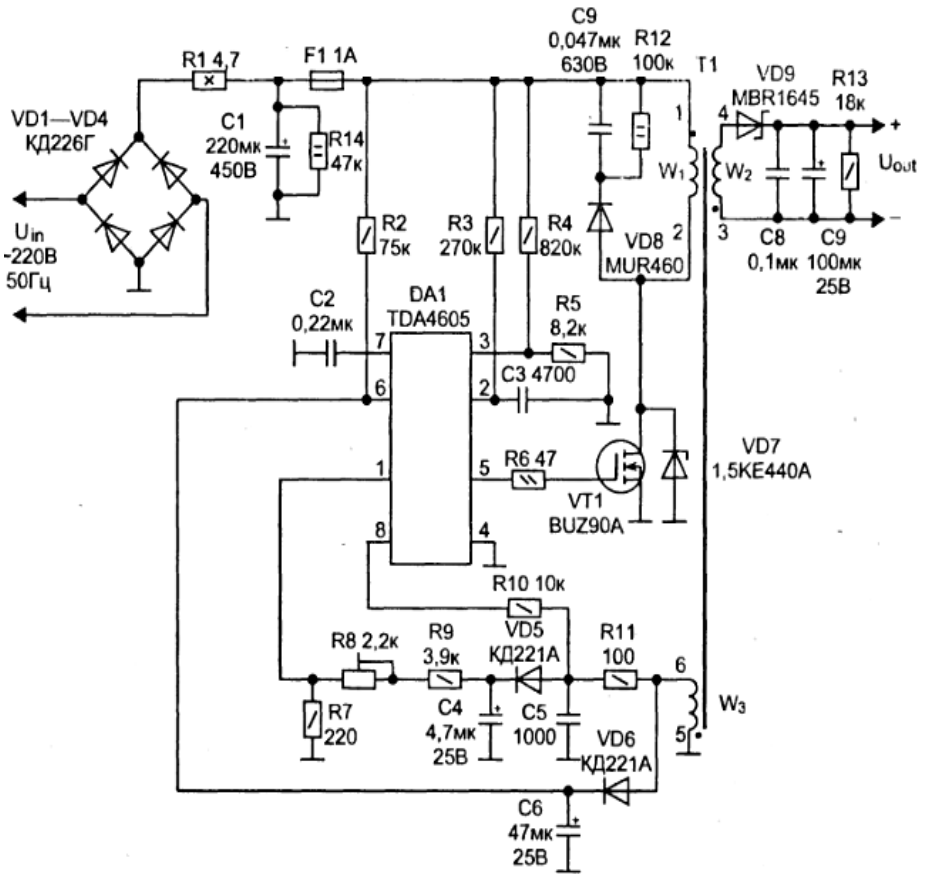

Рисунок 1.10 – Схема перетворювача на основі TDA4605

Вхідний випрямляч містить ємнісний фільтр C1. У момент включення перетворювача в мережу конденсатор C1 розряджений, і він не може зарядитися миттєво до амплітудного значення мережевої напруги. Тому в початковий момент часу через діоди фільтра може протікати необмежено високий струм. Для обмеження струму через діоди в схему введений резистор R1. Цей елемент, звичайно, погіршує ККД схеми, оскільки в процесі роботи на ньому розсіюється додаткова потужність, але відмовлятися від цього резистора ні в якому разі не можна.

Пошук шляхів спрощення схемотехніки блоків живлення апаратури привели фірму Power Integration до створення серії мережевих мікросхем, що мають всього три виводи: стік, витік і керуючий електрод, як показано на рис. 1.11.

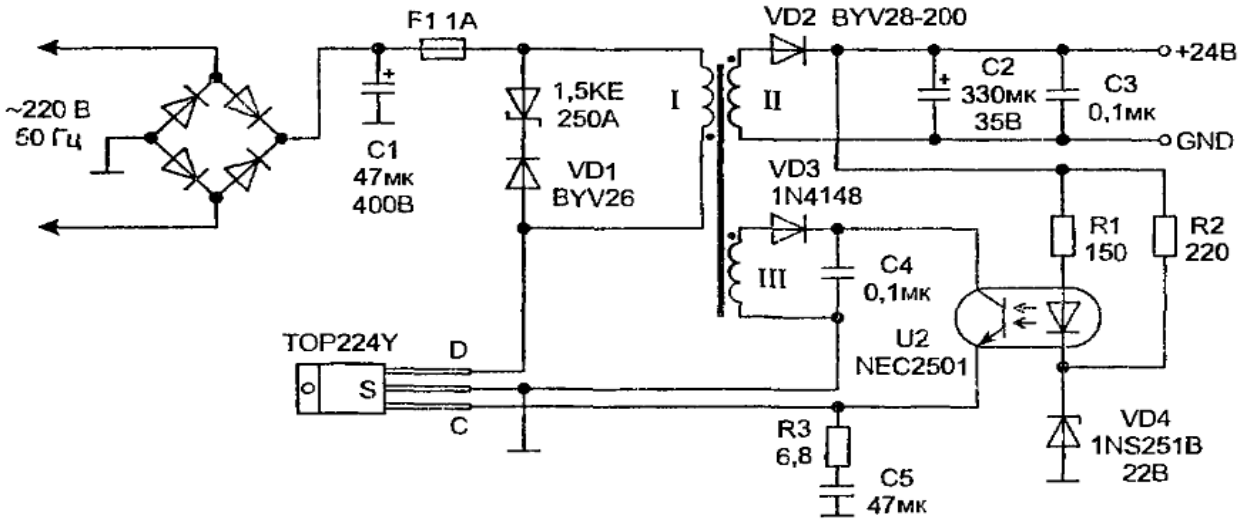

Рисунок 1.11 – Схема використання імпульсного перетворювача TOP224Y

Таблиця 1.1 – Номенклатура трьохвивідних імпульсних стабілізаторів фірми Power Intearation

Марка мікросхеми	Максимальна потужність, Вт	Струм спрацювання внутрішнього захисту, А	Опір стік-витік в відкритому стані, Ом
TOP221Y	7	0.25	31.2
TOP222Y	15	0.5	15.6
TOP223Y	30	1	7.8
TOP224Y	45	1.5	5.2
TOP225Y	60	2	3.9
TOP226Y	75	2.5	3.1
TOP227Y	90	3	2.6

Ці мікрозбірки мають наступні основні параметри:

- максимальна напруга «стік-витік» - 700 В;
- діапазон керуючої напруги - 0 ... 9 В;
- робоча температура кристалу 65 ... +125 °С;
- тепловий опір «кристал-середовище» - 70 °С/Вт;
- тепловий опір «кристал-корпус» - 2 °С/Вт;
- частота перетворення - 100 кГц;
- діапазон зміни коефіцієнта заповнення - 0,02 ... 0,67;

- час включення - 100 нс;

- час вимикання - 50 нс;

- рестарт при зниженні напруги живлення до 5,7 В;

- блокування при падінні напруги живлення до 4,7 В;

- нижня межа блокування - 1 В;

- частота рестарту 1,2 Гц;

- ККД до 90%.

Всі ці мікросхеми виконані в корпусі ТО-220.

Будуємо схему блока живлення на основі схемних рішень однотактних зворотньоходових перетворювачів. За основу використано інтегральну мікросхему TOP223Y.

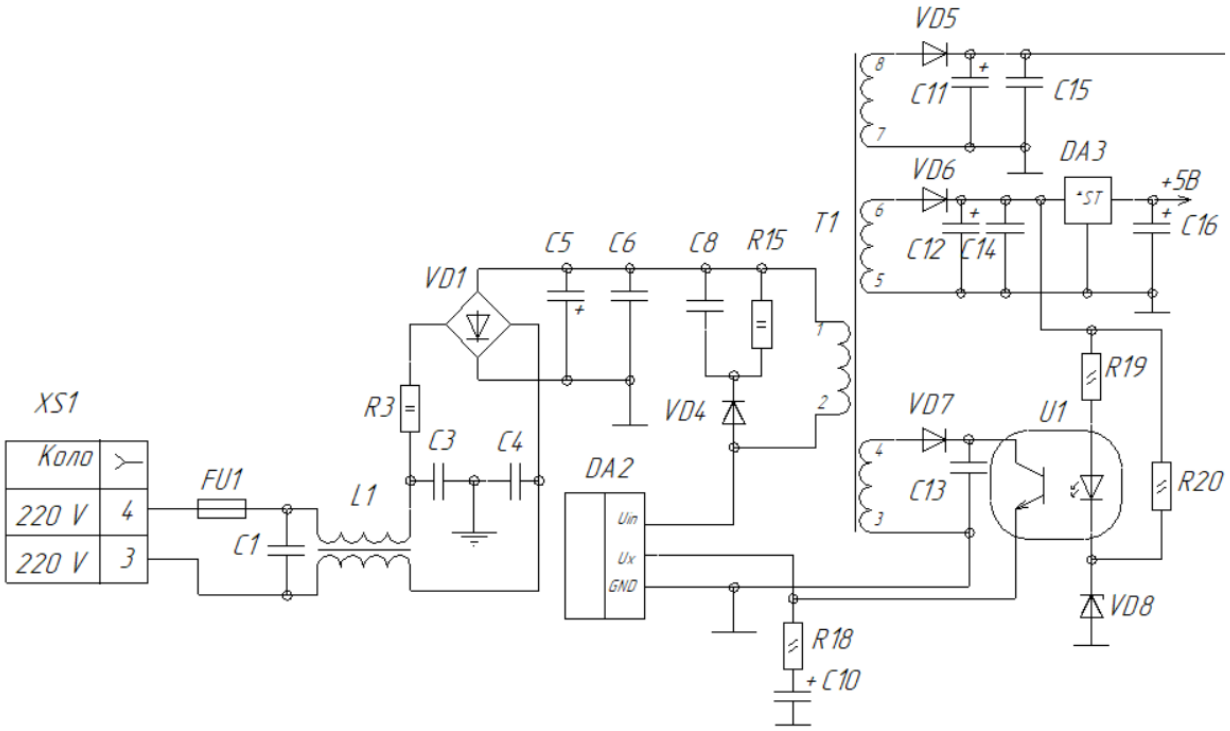

Рисунок 1.12 – Схема блока живлення

Мережева напруга подається на роз’єм XS1. Дальше через мережевий фільтр (елементи C1, C3, C4, L1) подається на мережевий випрямляч VD1 і ємнісний фільтр C5, C6. З нього вже постійна напруга амплітудою близько 310 В поступає на імпульсний трансформатор T1, в коло первинної обмотки

якого включена мікросхема DA2. Елементи VD5, C11, C15 призначені для отримання напруги живлення силового кола заряджання акумуляторних батарей, а елементи VD6, C12, C14, DA3, C16 призначені для одержання стабілізованої напруги живлення +5 В. Мікросхема DA3 являє собою інтегральний стабілізатор постійного струму. На елементах VD7, C13, U1, R19, R20, VD8, R18, C10 виконано коло зворотнього зв'язку, живлення мікросхеми DA2 та стабілізації вихідної напруги.

При роботі імпульсного блока живлення важливим є питання захисту силового елемента, яким є мікросхема DA2. Найбільш поширене коло R-C-VD, зображене на рис. 10, а. Воно носить назву фіксуючої лани. Аналіз численних схем джерел живлення показує, що дуже часто в практично ідентичних схемах номінали резистора Rsnub і конденсатора Csnub можуть відрізнятися на порядок. Обидві схеми проте використовуються в серійних виробах і надійно працюють.

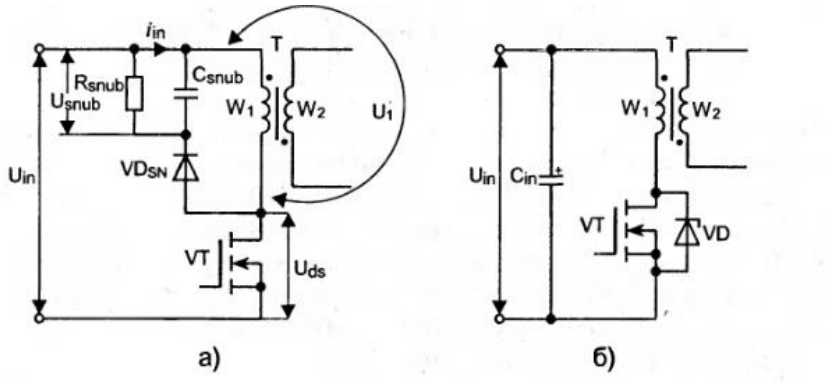

Рисунок 1.13 – Захист ключового транзистора від потенційного пробою: а) фіксуюча ланка; б) використання сапресора.

Коли потужність передається в навантаження напруга між стоком і витоком ключового транзистора складається з напруги живлення і напруги реакції струму у вторинній обмотці:

$$U_{ds} = U_{in} + U_1;$$

Величина перенапруги може становити подвоєну величину напруги живлення і навіть більше. Напруга на ключовому транзисторі, хоч і на короткий час, підвищується: з'являється значний індуктивний викид. Схема стабілізації, звичайно, відстежить зміну навантаження, тобто зменшить коефіцієнт заповнення або підвищить частоту перетворення. Однак реакція схеми управління ніколи не буває миттєвою, оскільки вона завжди володіє деякою інерційністю. Встежити ж за короткими індуктивними викидами принципово неможливо.

Якщо розглянути трансформатор в процесі передавання потужності в навантаження, то видно, що в первинній обмотці, навантаженій елементами Rsnub, Csnub, VDsn, також з'являється електричний струм, наведений в ній струмом вторинної обмотки. Цей струм заряджає ємність Csnub, напруга на якій в усталеному режимі при D = 0,5 дорівнює напрузі живлення. При розмиканні транзистора на первинній обмотці виникає індуктивний викид (він може бути пов'язаний не тільки з корисною індуктивністю, але також і з паразитними параметрами). Якщо амплітуда цього викиду більша, ніж напруга на конденсаторі Csnub, діод VDsn відкривається і обидві напруги вирівнюються, а енергія викиду «перетікає» в конденсатор. Добре видно, що фіксуюча ланка являє собою додаткове навантаження трансформатора.

Додаткове навантаження на трансформатор однозначно збільшить втрати енергії, знизить ККД. Рекомендується скористатися наступною методикою.

Спочатку задається так звана напруга фіксації (Usnub), вище якого напруга «стік-витік» ключового транзистора піднятися не повинна. Величину цієї напруги для мережевого перетворювача рекомендується задати 100 В.

1.3.2 Розрахунок номіналів елементів схеми електричної принципової

Опір компонента *R1* залежить від прямого струму *HL1* та його зворотної напруги.

При значенні напругиа живлення +5В і при значенні зворотної напруги 1,2 В та прямому струмові 10мА можемо оцінити опір компонента *R1*:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U_{ж} - U_{звор.HL}}{2 \cdot I_{пр.HL}} = \frac{5-1{,}2}{10 \cdot 10^{-3}} \approx 380 Ом \qquad (1.1)$$

Використаємо стандартне значення опору в 420 Ом.

Опори компонентів, які обмежують струм сегментів індикатора HG1 знаходяться аналогічно.

Фільтр електромагнітної сумісності призначений для унеможливлення попадання в мережу завад, пов'язаних з коботою блока живлення. Дросель вибирається стандартним, типу ДФ90ПЦ, значення номіналів конденсаторів для такого фільтра є наступні: С1=0,1 мкФ, С3=2200 пФ, С4=2200 пФ.

Діодний міст VD1 випрямляє мережеву напругу, тому його зворотня напруга повинна бути більшою за напругу мережі, тобто більше 315 В. Вибирається діодний міст, типу W10M, для якого максимальна зворотня напруга рівна 600 В, прямий струм – $i_{пр} = 1A$, максимальний прямий струм (при $\tau_{м} < 10мс$) $i_{пр.м} = 50A$.

Так як після моста VD1 стоїть ємнісний фільтр (елементи С5, С6), в початковий момент часу він являється коротко замкнутим, і струм, який буде протікати через міст, може вивести його з ладу. Тому в коло введений резистор R3. Технічні умови на випрямлячі дозволяють при роботі на ємнісне

навантаження збільшити одиничний імпульс струму в 1,57 раза, тобто $i_{пр.м} = 78{,}5A$. Вибираємо з запасом опір резистора: R3=4,7 Ом.

Перевіряємо початковий імпульсний струм через міст:

$$i_{пр.м} = \frac{315}{4{,}7} = 67A \tag{1.2}$$

Ємність конденсатора С5 знаходимо за формулою:

$$C5 = \frac{P_н}{200 \cdot K_н \cdot U_ж^2} \tag{1.3}$$

Тут $P_н$ - номінальна потужність (25 Вт),

$K_н$ - коефіцієнт пульсацій (2%),

$U_ж$ - напруга живлення (248 В),

$$C5 = \frac{25}{200 \cdot 0{,}02 \cdot 248^2} = 43мкФ \tag{1.4}$$

Приймаєм С5=47 мкФ, С6=0,01 мкФ.

Ланка С8, VD4, R15 називається фіксуючою і призначена для подавлення зворотніх викидів ЕРС самоіндукції, які можуть в декілька разів перевищувати напругу живлення і привести до пробою транзисторного ключа. Номінали елементів розраховуються за наступними формулами:

$$R15 = \frac{U_ж^2}{0.02 \cdot P_н} \tag{1.5}$$

де $U_{ж}$ – напруга живлення;

$P_{н}$ – потужність.

Тут

$$R15 = \frac{U_{ж}^{2}}{0.02 \cdot P_{н}} = 100 кОм \quad (1.6)$$

$$C_{6} = \frac{100}{R_{8} \cdot f} \quad (1.7)$$

де f – робоча частота.

$$C8 = \frac{100}{R15 \cdot f} = \frac{100}{100 \cdot 10^{3} \cdot 15 \cdot 10^{3}} \approx 0.01 мкФ \quad (1.8)$$

Діод VD4 вибирається з умови, що максимальна зворотна напруга повинна бути більшою за $1.5 \cdot U_{ж}$. Вибираємо діод типу КД226Г, для якого максимальна зворотна напруга становить 800 В.

В коло первинної обмотки імпульсного трансформатора Т1 включена мікросхема DA2, розроблена фірмою Power Integration спеціально для однотактних зворотньоходових перетворювачів. Вона має лише три виводи: втік, витік, і керуючий електрод. Її характеристики є наступними:

- максимальна напруга «втік-витік» - 700 В;
- діапазон керуючої напруги – 0…9 В;
- робоча температура кристалу – -65…+125 ˚С;
- частота перетворення – 100 кГц;
- діапазон зміни коефіцієнта заповнення – 0,02-0,67;
- час виключення – 50 нс;
- ККД – 90 %.

Номінали і типи елементів кіл живлення і зворотнього зв'язку вибираються відповідно до рекомендацій фірми-виробника.

Діоди VD5-VD7 вибираються з умови, що максимальна зворотна напруга повинна бути більшою за $1.5 \cdot U_{ж}$.

Ємності конденсаторів вибираються згідно рекомендацій по використанню мікросхем. Ємності конденсаторів С11, С12 рівні 47 мкФ вібповідно. Ємності конденсаторів С14, С15, С13 рівні відповідно 0,1 мкФ. Ємність конденсатора С16 рівні 22 мкФ.

1.4 Вибір елементної бази

Для вузлів блока живлення використано наступні елементи із варіантом встановлення в отвори:

КР142ЕН5А – інтегральний компенсаційний стабілізатор постійної напруги, з напругою стабілізації, що рівна 5±0,1 В, і максимальним струмом навантаження до 1,5 А. Мікросхема виконана в корпусі КТ-28-2

TOP223Y – імпульсна мікросхема з встроєним генератором задаючих імпульсів та ШІМ-регулюванням.

NEC2501 – оптопара для реалізації зворотного зв'язку.

конденсатори:

К50-35 − електролітичні конденсатори великої ємності для стабілізації і фільтрування напруги;

К73-9 − неполярні конденсатори невеликої ємності з невеликим з допуском і низьким значенням ТКЄ;

діоди:

W10M – діодний міст, розрахований на максимальні зворотні напруги до 1000 В і прямі постійні струми до 1 А. Вибрано через відносну дешевизну і масогабаритні показники;

КД212 – діод випрямляч, середньої потужності;

КД226Д – високовольтні середньочастотні діоди;

С2-23 – постійні з металодіелектричним провідним шаром, загального призначення, неізольовані.

Для вузлів власне блока заряду вийнято рішення про використання в основному елементів поверхневого монтажу окрім силових елементів.

Використано резистори RC2512FK в корпусі 2512 з робочою напругою 200 В та потужністю до 1 Вт.

Використано керамічні неелектролітичні конденсатори ECJ-GVB0J106M з робочою напругою 6,5 В, ємністю від долей пФ до сотень нФ з допуском 10%.

Діоди вибрано типу 1N4148, стабілітрони BZT52C4V3.

Зворотня напруга для діодів становить 50В, прямий струм не повинен перевищувати 0,1 А, робоча частота до 100 МГц.

Для стабілітронів напруга стабілізації становить 4,5 В, здатні розсіяти потужність до 500 мВт.

Для індикації вибрано світлодіоди АЛ307, для яких пряма напруга не повинна перевищувати 2 В при струмові в 0,01 А.

Також застосовано транзистори КТ3107, IRLL110 та КТ814.

В якості давача температури використано мікросхему DS18B20. Точність вимірювання температури становить ± 0.5 °С. Випускається в корпусі ТО-92 та різних варіантах SMD виконання. Може працювати при температурах вище 100 °С.

1.5 Конструктивно-технологічний розрахунок друкованої плати

Розглянемо основні вимоги, яким повинна задовольняти друкована плата та провідний рисунок. Приклад мінімальних рекомендованих відстаней наведено на рис. 1.

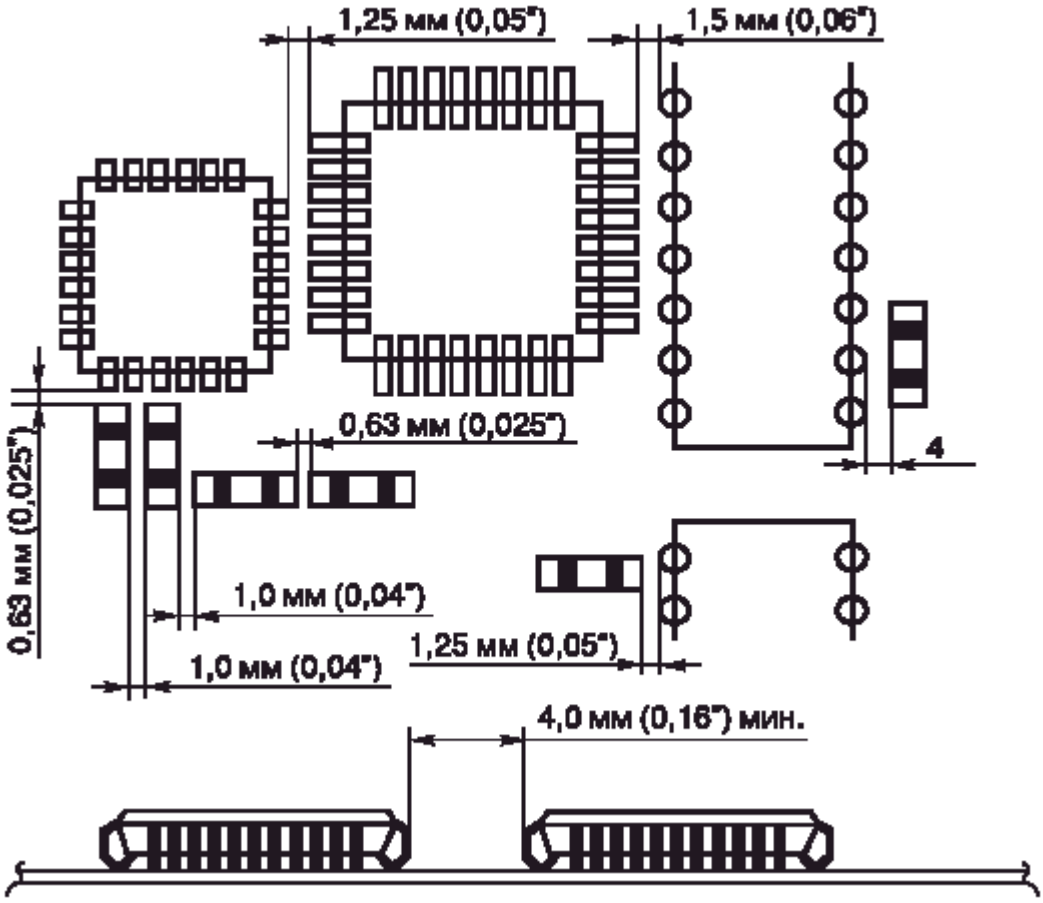

Рисунок 1.14 – Приклади мінімального рекомендованого інтервалу між компонентами на друкованій платі

Крім того, не слід розташовувати компоненти занадто близько до краю друкованої плати - відстань між компонентом і краєм плати повинна бути не менше 1,25 мм.

Застосовуючи технології паяння хвилями або технології паяння в конвекційних печах SMD, компоненти повинні бути максимально орієнтовані в одному напрямку. Для основ, де одна зі сторін повинна бути припаяна хвилею, бажана орієнтація компонентів показана на рис. 2.

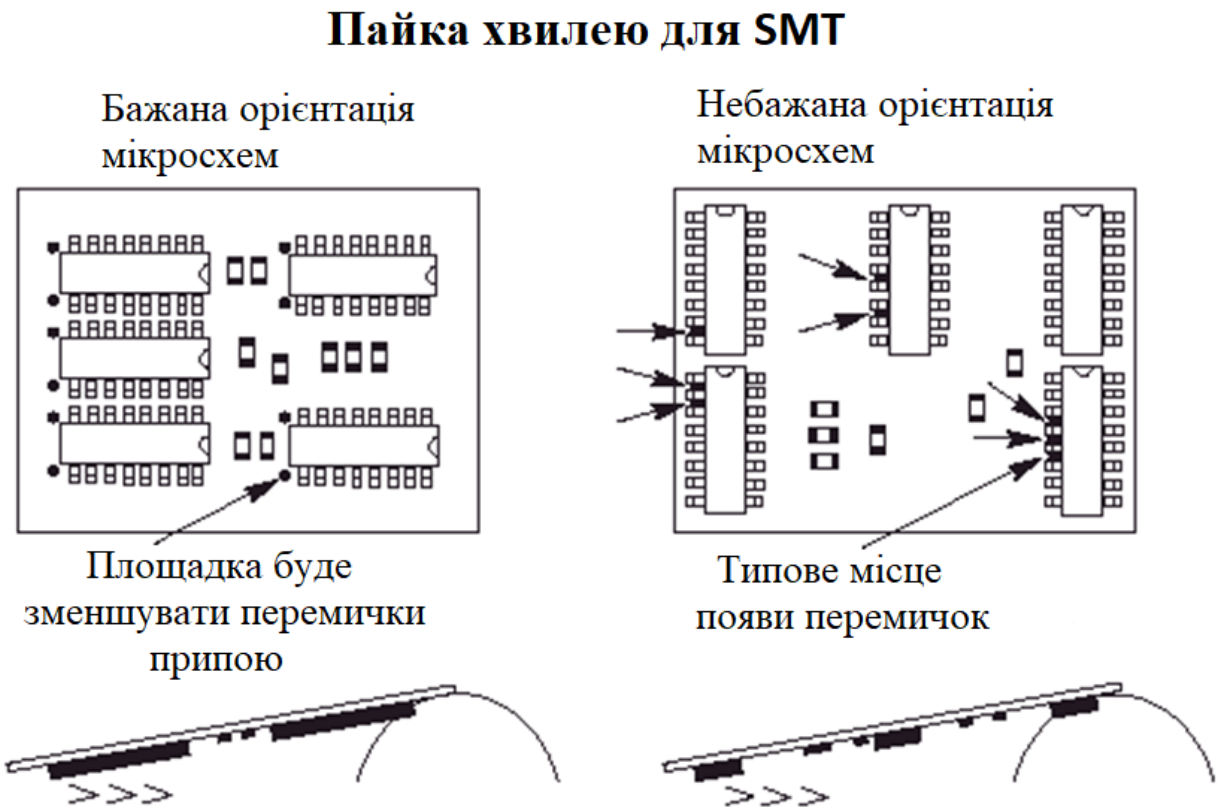

Рисунок 1.15 – Орієнтація компонентів із використанням технології хвилевої пайки для SMD-компонентів

Краще розташування компонентів для поверхневого кріплення:

- всі пасивні компоненти повинні бути паралельні один одному

- всі компоненти SOIC повинні розташовуватися перпендикулярно довгій осі пасивних компонентів

- довга вісь SOIC повинна бути паралельна напрямку руху плати при пайці хвилею припою

Добре, якщо компоненти одного типу розміщені в одному напрямку та згруповані, якщо це можливо (див. рис. 3).

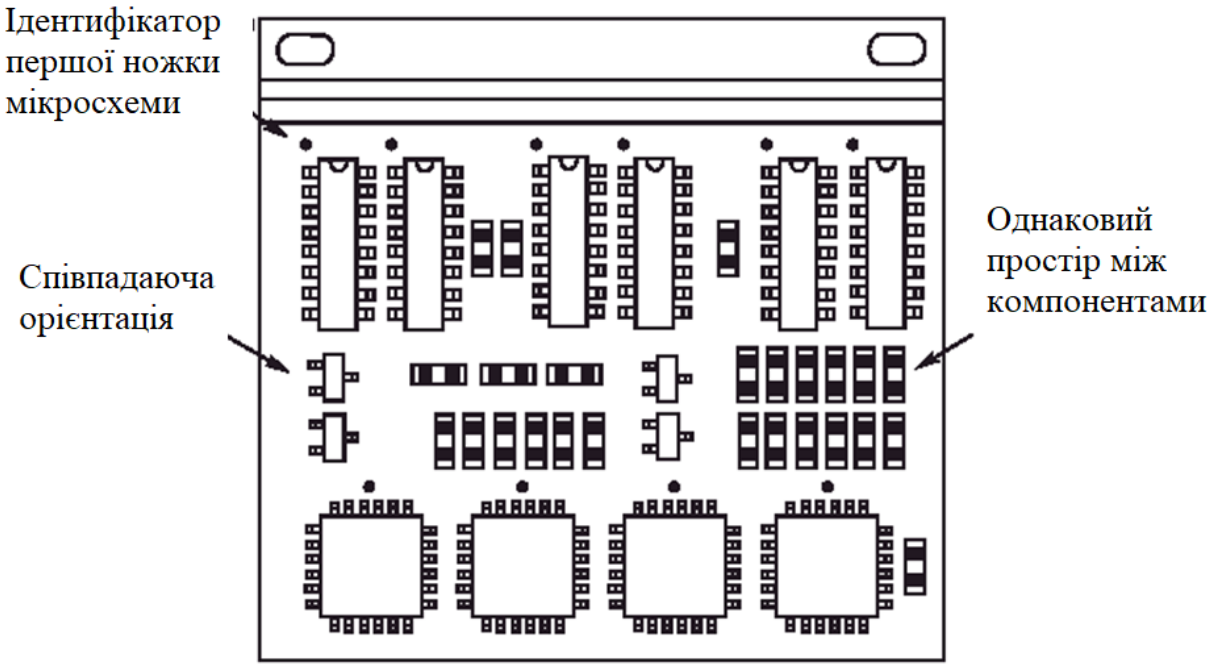

Рисунок 1.16 – Приклад розташування (орієнтації) компонентів на друкованій платі

Для проектів, що використовують традиційні компоненти для кріплення в отвори, рекомендується сітка 2,54 мм, для більш щільного розміщення, при використанні поверхневого кріплення, сітка розміщення може бути зменшена до 1,27 мм або навіть 0,63 мм. Використання більш тонкої сітки часто є невиправданим.

Слід розрізняти двостороннє кріплення компонентів на друкованій платі та одностороннє кріплення. Необхідно спробувати розмістити всі компоненти на одній стороні ("основній" стороні) друкованої плати. В іншому випадку це спричинить за собою збільшення вартості виготовлення друкованих плат.

Широкі провідники, які підходять до контактних площадок, можуть заважати хорошій пайці елементів, оскільки тепло буде «виходити» з площадки вздовж широкого провідника - в результаті пайка виявиться «холодною». Тому часто використовуються вузькі провідники, які з'єднуються безпосередньо між площадкою та широким провідником, як показано на рис. 1.17.

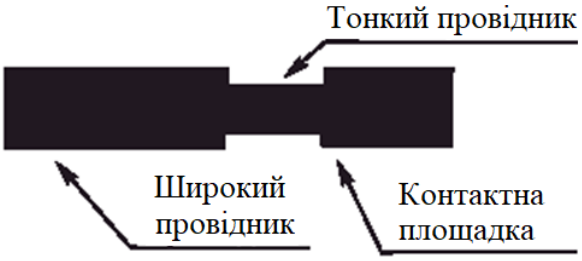

Рисунок 1.17 – З'єднання контактної площадки і широкого провідника на друковані1 платі

Ширина підвідного «вузького» провідника може варіюватися в межах від 0,25 до 0,125 мм (залежить від технологічних можливостей виробника друкованих плат).

Проводити доріжки між сусідніми площадками рекомендується, як показано на рис. 1.18 (за умови відсутності жорстких вимог до довжини провідника).

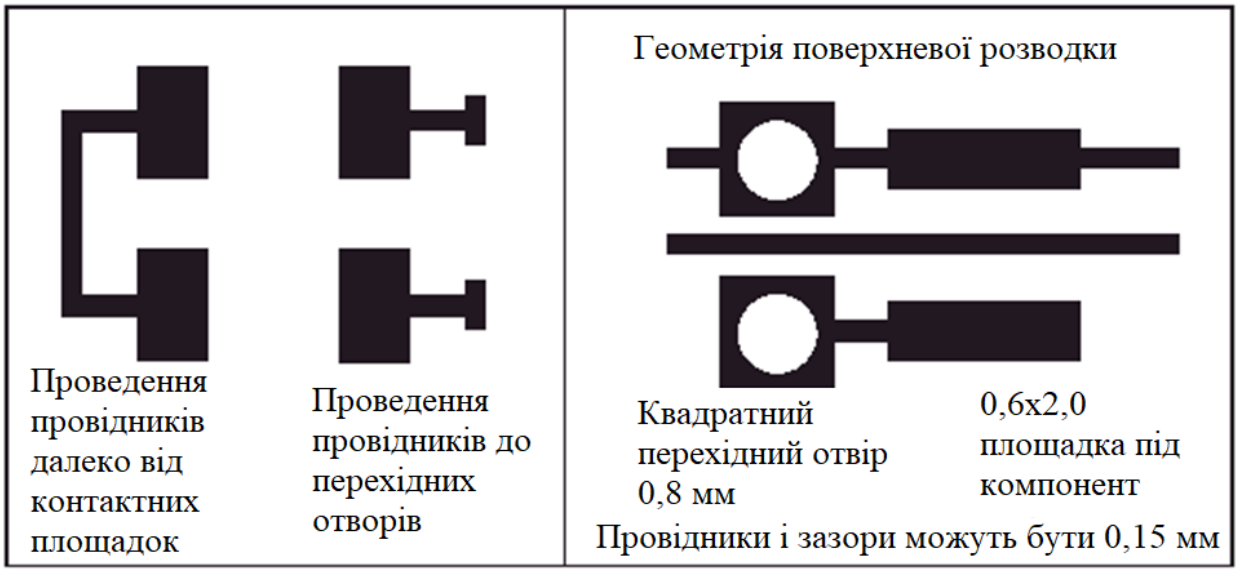

Рисунок 1.18 – Проведення провідників між сусідніми площадками на друкованій платі

Навколо контактної площадки з усіх боків наноситься припойна маска, яка запобігає переміщенню розплавленого припою вздовж провідника. Цей

метод можна успішно використовувати, коли перший із двох вищевказаних ігнорується.

Надмірно щільне розміщення площадок і отворів запобігає виходу тепла та припою з контактної площадки, і як результат - «холодній» пайці. У цьому випадку діють ті самі рекомендації, що і для широких провідників. На рис. 1.19 показано рекомендоване розташування перехідних отворів та площадок на друкованій платі.

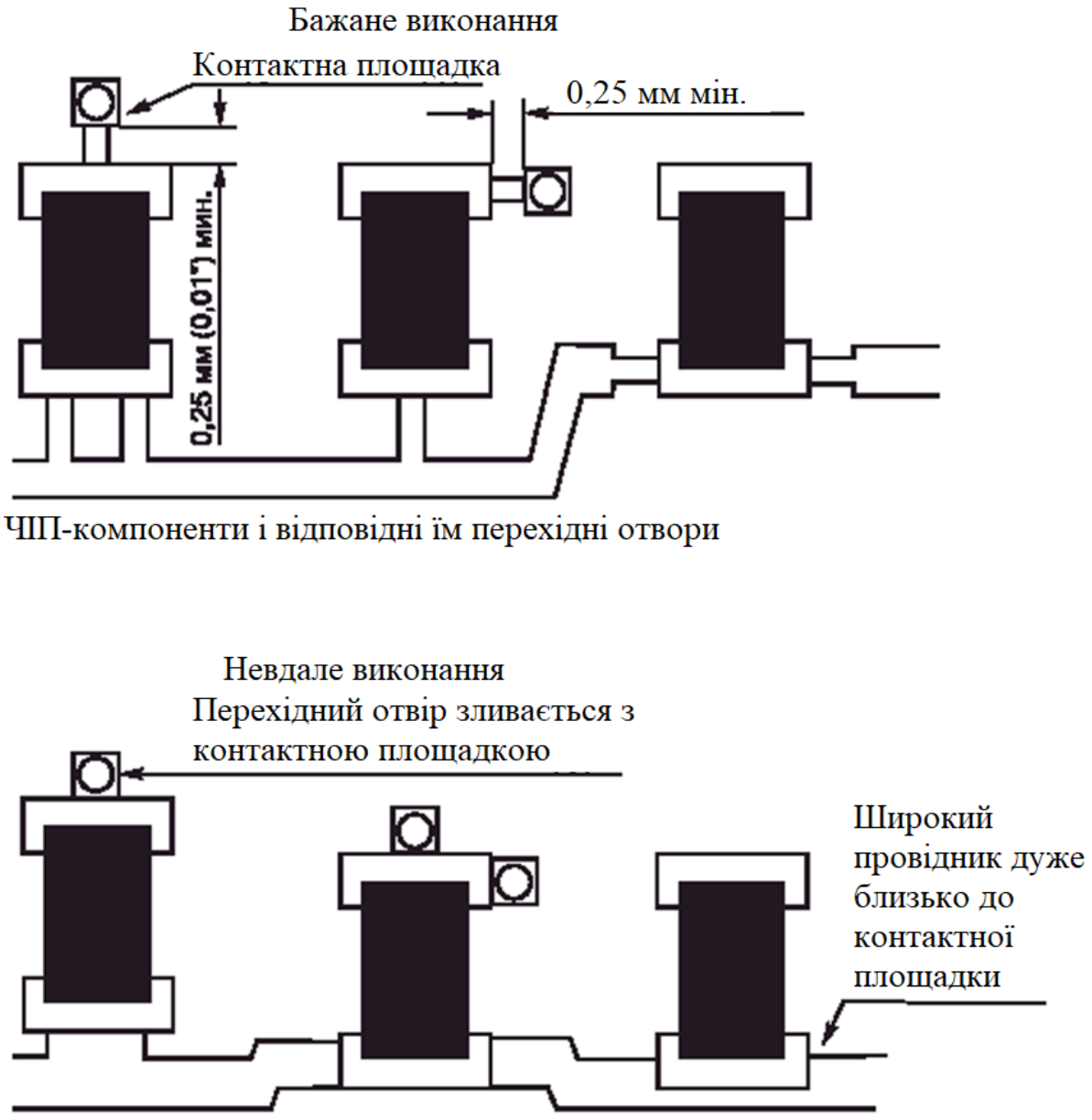

Рисунок 1.19 – Рекомендоване розташування перехідних отворів та площадок на друкованій платі

Для отримання провідного рисунка друкованої плати використано програму P-CAD. Отримані креслення в Schematic та PCB було завантажено через проміжний формат dxf в программу Компас.

На рис. 1.20 наведено вигляд оформленого в програмі Компас креслення схеми електричної принципової.

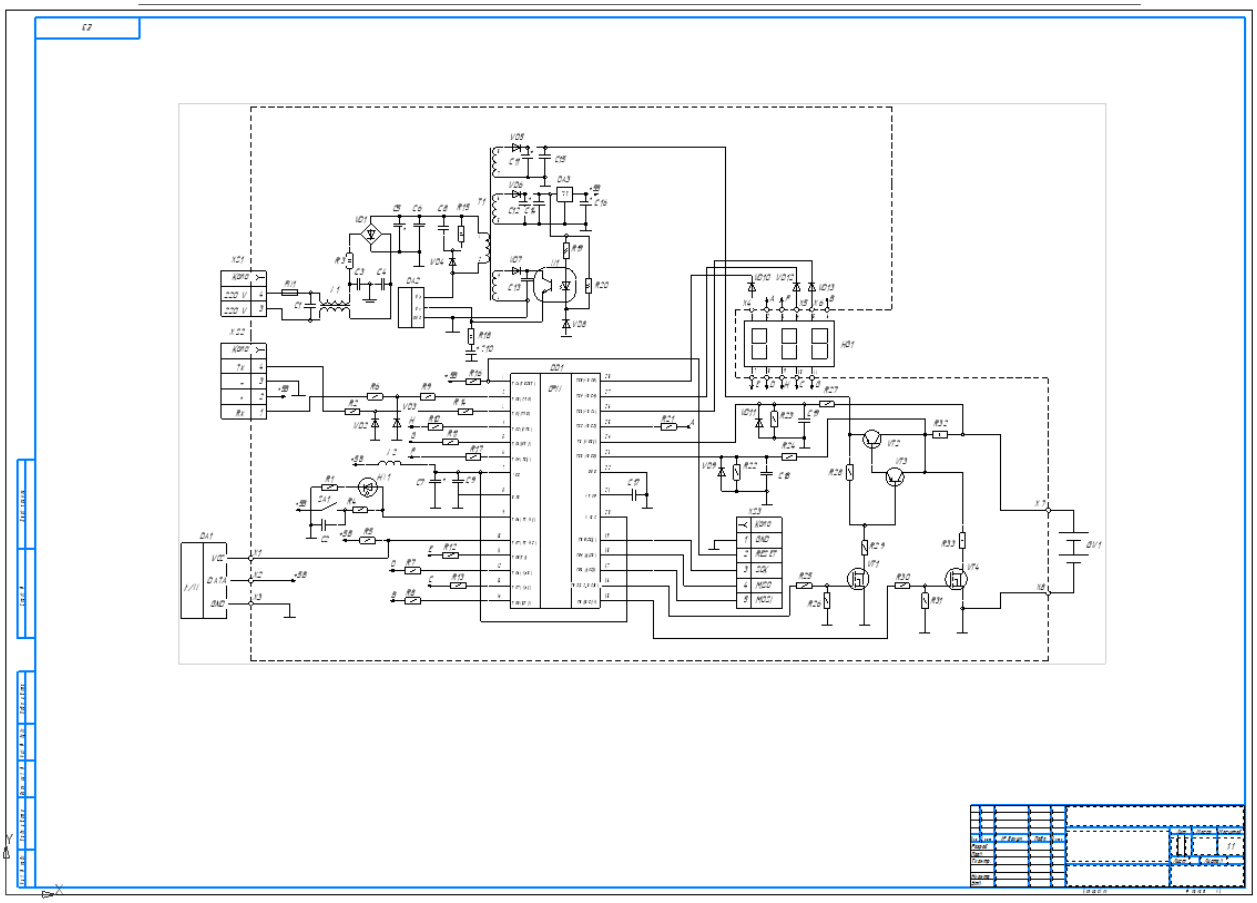

Рисунок 1.20 – Вигляд оформленого креслення схеми електричної принципової

На основі отриманої схеми та рекомендацій по проектуванню друкованих плат отримано провідний рисунок друкованої плати та оформлено його у вигляді складального креслення друкованого вузла.

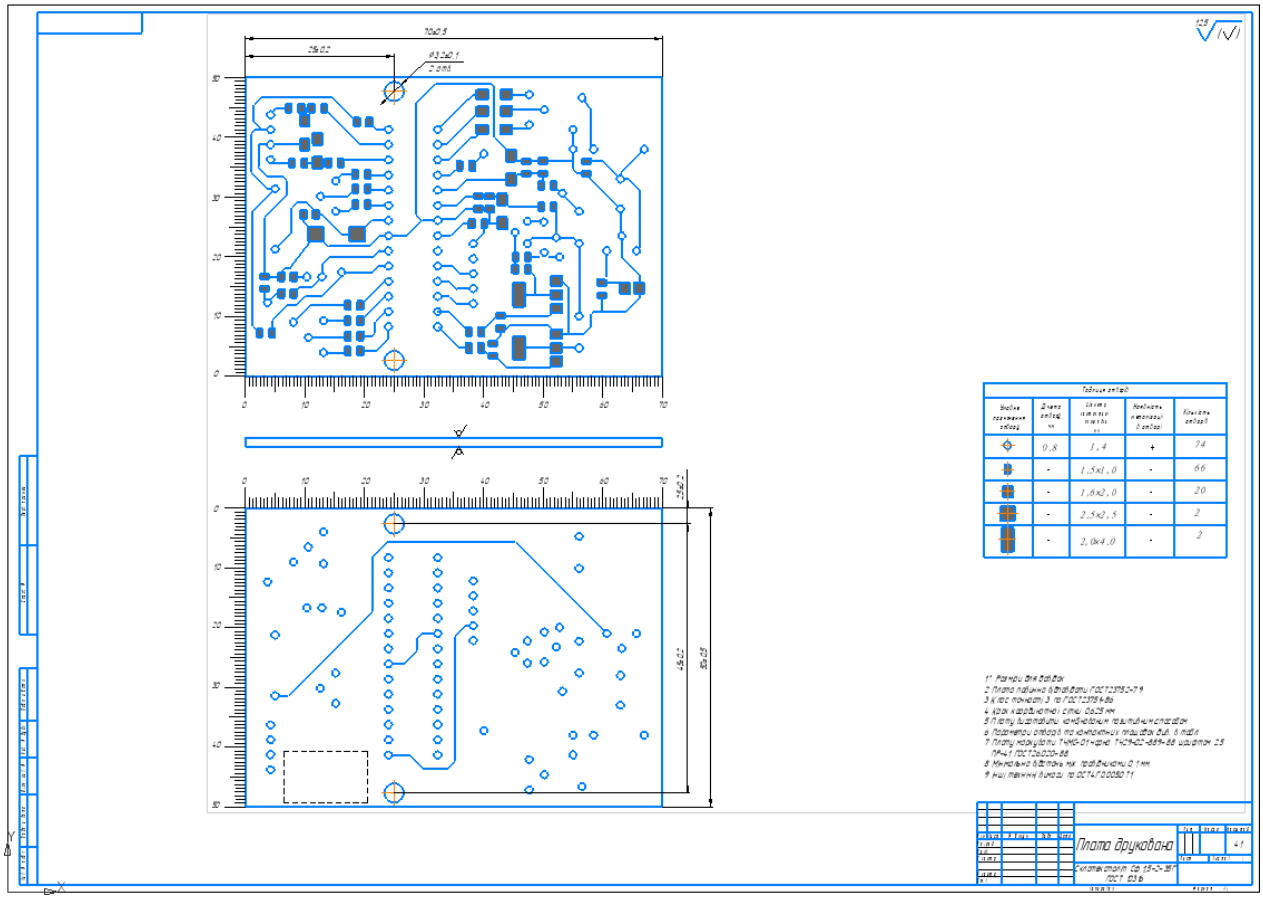

Рисунок 1.21 – Креслення друкованої плати

На кресленні вказано розміри та їхні допустимі відхилення для друкованої плати.

Також вказано розміри отворів та площадок для використовуваних компонентів.

Таблиця отворів				
Умовне позначення отвору	Діметр отвору, мм	Діаметр контактної площадки, мм	Наявність металізації в отворі	Кількість отворів
	0,8	1,4	+	74
	-	1,5x1,0	-	66
	-	1,6x2,0	-	20
	-	2,5x2,5	-	2
	-	2,0x4,0	-	2

Рисунок 1.22 – Параметри установочних отворів та контактних площадок

На рис. 1.23 наведено вигляд друкованого вузла.

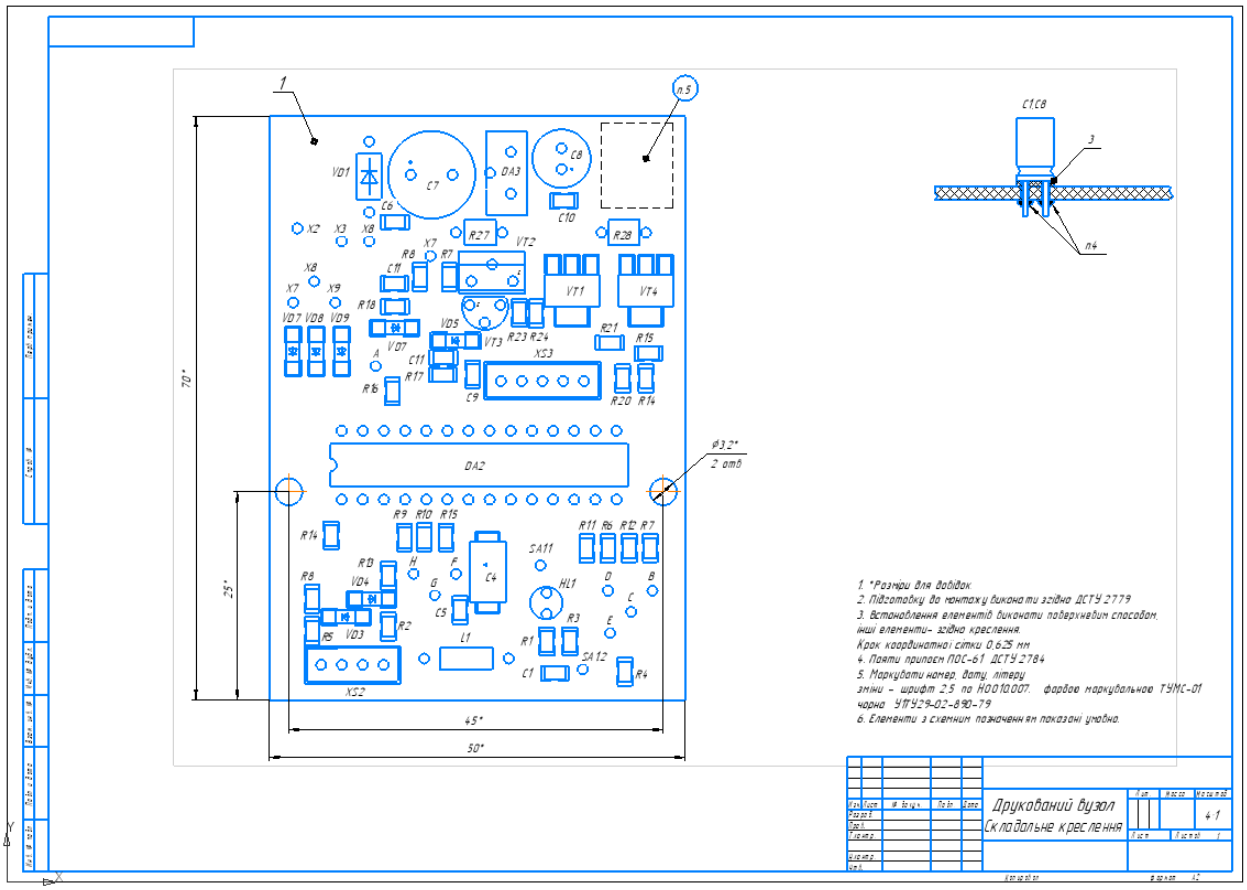

Рисунок 1.23 – Складальне креслення друкованого вузла.

На друкованому вузлі розділено компоненти блока живлення та блока заряду. В цьому випадку для блока живлення використано монтаж елементів в отвори а для блока заряду змішаний тип монтажу. Також це полегшить складання, налаштування чи можливий наступний ремонт, оскільки простіше буде знайти відповідний компонент на платі вузла. Мікросхема DA2 може за потреби встановлюватись на радіатор, але для роботи цього зарядного блоку він не є потрібен враховуючи потужності споживання.

2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

2.1.Методи очищення повітря в цеху виготовлення блоку заряду акумуляторних батарей

Штучна вентиляція

Штучна (механічна) вентиляція, на відміну від природної, дає можливість очищувати повітря перед його викидом в атмосферу, вловлювати шкідливі речовини безпосередньо біля місць їх утворення, обробляти припливне повітря (очищувати, підігрівати, зволожувати), більш цілеспрямовано подавати повітря в робочу зону. Окрім того, механічна вентиляція дає можливість організувати повітрозабір в найбільш чистій зоні території підприємства і навіть за її межами.

Загальнообмінна штучна вентиляція

Загальнообмінна вентиляція забезпечує створення необхідного мікроклімату та чистоти повітряного середовища у всьому об'ємі робочої зони приміщення. Вона застосовується для видалення надлишкового тепла при відсутності токсичних виділень, а також у випадках, коли характер технологічного процесу та особливості виробничого устаткування виключають можливість використання місцевої витяжної вентиляції.

Розрізняють чотири основні схеми організації повітрообміну при загальнообмінній вентиляції: зверху вниз, зверху вверх, знизу вверх, знизу вниз (рис. 2.1).

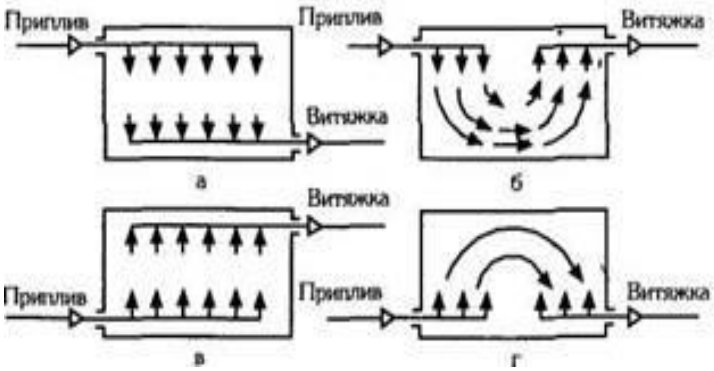

Рисунок 2.1 – Схема організації повітрообміну при загально обмінній вентиляції

Схеми зверху вниз (рис. 2.1а) та зверху вверх (рис. 2.1б) доцільно застосовувати у випадку, коли припливне повітря в холодний період року має температуру нижчу температури приміщення. Припливне повітря перш ніж досягти робочої зони нагрівається за рахунок повітря приміщення. Інші дві схеми (рис.2.1в та 2.1г) рекомендується використовувати тоді, коли припливне повітря в холодний період року підігрівається і його температура вища температури внутрішнього повітря.

Якщо у виробничих приміщеннях виділяються гази та пари з густиною, що перевищує густину повітря (наприклад, пари кислот, бензину, гасу), то Загальнообмінна вентиляція повинна забезпечити видалення 60% повітря з нижньої зони приміщення та 40% — з верхньої.

Якщо густина газів менша за густину повітря, то виділення забруднення повітря здійснюється у верхній зоні.

Припливна вентиляція. Схема припливної механічної вентиляція (рис.2.2) включає: повітрозабірний пристрій 1; фільтр для очищенні повітря 2; повітронагрівач (калорифер) 3; вентилятор 5; мереж, повітроводів 4 та припливні патрубки з насадками 6. Якщо нема необхідності підігрівати припливне повітря, то його пропускають безпосередньо у виробничі приміщення через обвідний канал 7.

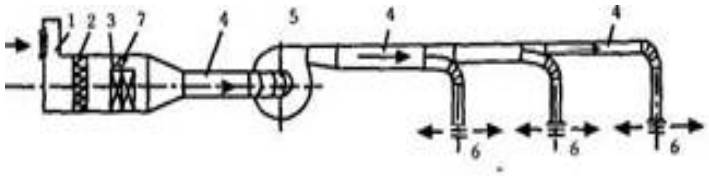

Рисунок 2.2 – Схема припливної вентиляції

Повітрозабірні пристрої необхідно розташовувати в місцях, І повітря не забруднене пилом та газами. Вони повинні знаходитись і нижче 2 м від рівня землі, а від викидних каналів витяжної вентиляї по вертикалі — нижче 6 м і по горизонталі — не ближче 25 м.

Припливне повітря подається в приміщення, як правило, розсіяна потоком для чого використовуються спеціальні насадки.

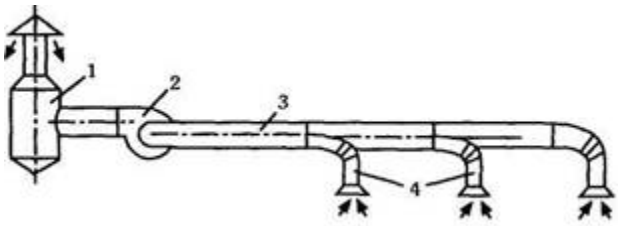

Рисунок 2.3 – Схема витяжної вентиляції

Витяжна та припливно-витяжна вентиляція. Витяжна вентиляція (рис. 2.3) складається із очисного пристрою 1, вентилятор 2, центрального 3 та відсмоктуючий повітроводів 4.

Повітря після очищення необхідно викидати на висоті не менше ніж 1 м над гребенем даху. Забороняється робити викидні отвори безпосередньо у вікнах.

В умовах промислового виробництва найбільш розповсюджена припливно-витяжна система вентиляції із загальним припливом в робочу зону та місцевою витяжкою шкідливих речовин безпосередньо з місць їх утворення.

У виробничих приміщеннях, де виділяється значна кількість шкідливих газів, парів, пилу витяжка повинна бути на 10% більшою ніж приплив, щоб

шкідливі речовини не витіснялись у суміжні приміщення з меншою шкідливістю.

В системі припливно-витяжної вентиляції можливе використання не лише зовнішнього повітря, але й повітря самих приміщень після його очищення. Таке повторне використання повітря приміщень називається рециркуляцією і здійснюється в холодний період року для економії тепла, витраченого на підігрівання припливного повітря. Однак можливість рециркуляції обумовлюється цілою низкою санітарно-гігієнічних та протипожежних вимог.

Місцева вентиляція

Місцева вентиляція може бути припливною і витяжною.

Місцева припливна вентиляція, при якій здійснюється концентроване подання припливного повітря заданих параметрів (температури, вологості, швидкості руху), виконується у вигляді повітряних душів, повітряних та повітряно-теплових завіс.

Повітряні душі використовуються для запобігання перегріванню робітників в гарячих цехах, а також для утворення так званих повітряних оазисів (ділянок виробничої зони, які різко відрізняються своїми фізико-хімічними характеристиками від решти приміщення).

Повітряні та повітряно-теплові завіси призначені для запобігання надходження в приміщення значних мас холодного зовнішнього повітря при необхідності частого відкривання дверей чи воріт. Повітряна завіса створюється струменем повітря, що подається із вузької довгої щілини, під деяким кутом назустріч потоку холодного повітря. Канал зі щілиною розміщують збоку чи зверху воріт (дверей).

Місцева витяжна вентиляція здійснюється за допомогою місцевих витяжних зонтів, всмоктуючих панелей, витяжних шаф, бортових відсмоктувачів (рисунок 2.4).

Конструкція місцевої витяжки повинна забезпечити максимальне вловлювання шкідливих виділень при мінімальній кількості вилученого повітря. Крім того, вона не повинна бути громадкою та заважати обслуговуючому персоналу працювати і наглядати за ТП.

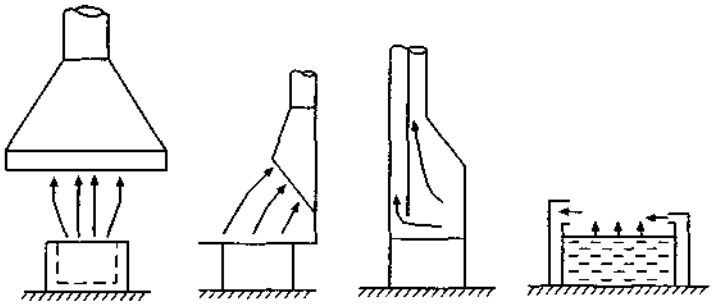

Рисунок 2.4 – Приклади місцевої витяжної вентиляції: а — витяжний зонт, б — всмоктувальна панель, в — витяжна шафа з комбінованою витяжкою, г — бортовий відсмоктувач з передувом

Основними чинниками при виборі типу місцевої витяжки є характеристики шкідливих виділень (температура, густина парів, токсичність), положення робітника при виконанні роботи, особливості технологічного процесу та устаткування.

У випадках, коли джерело виробничих шкідливостей можна помістити всередині простору, обмеженого стінками, місцеву витяжну вентиляцію влаштовують у вигляді витяжних шаф, кожухів, вітринних відсмоктувачів. Якщо за умовами технології або обслуговування джерело шкідливостей не можна ізолювати, тоді встановлюють витяжний зонт або всмоктувальну панель. При цьому потік повітря, що видаляється, не повинен проходити через зону дихання робітника.

Окремим випадком місцевої витяжної вентиляції є бортові відсмоктувачі, якими обладнують ванни (гальванічні, травильні) чи інші ємкості з токсичними рідинами, оскільки необхідність використати при їх завантаженні підіймально-транспортного обладнання унеможливлює

використання витяжних зонтів та всмоктувальних панелей. При ширині ванни 1 м і більше необхідно встановлювати бортовий відсмоктувач з передувом, у якого з одного боку ванни повітря відсмоктується, а з іншого — нагнітається. При цьому рухоме повітря ніби екранує поверхню випаровування токсичних рідких продуктів.

2.2 Вимоги до виробничого освітлення та його нормування в цеху виготовлення блоку заряду акумуляторних батарей

За функціональним призначенням штучне освітлення підрозділяється на такі типи: робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне.

Робоче освітлення створює необхідні умови для нормальної трудової діяльності людини.

Аварійне освітлення включають при виході з ладу робочого освітлення. Світильники аварійного освітлення живляться від автономного джерела й повинні забезпечувати освітленість не менше 5 % величини робочого освітлення, але не менше 2 лк на робочих поверхнях і не менше 1 лк на території підприємства. Аварійне освітлення передбачається на підприємствах, де зупинка технологічних процесів може призвести до людських жертв або значних економічних втрат.

Охоронне освітлення передбачається для території підприємств, а також включається в неробочий час для освітлення приміщень. З цією метою використовується частина світильників робочого або аварійного освітлення.

Евакуаційне освітлення призначене для евакуації людей і матеріальних цінностей під час виникнення небезпеки. Воно передбачається у виробничих приміщеннях з кількістю працюючих більше 50 чол., а також у приміщеннях цивільних і допоміжних будинків підприємств, якщо в них одночасно знаходиться більше 100 чоловік. Така система повинна забезпечувати

освітленість на полу основних переходів не менше, ніж 0,5 лк, а на відкритих територіях – не менше 0,2 лк.

За розміщенням джерел світла штучне освітлення підрозділяється на загальне, місцеве й комбіноване.

Рисунок 2.5 – Алгоритм визначення нормованої освітленості ($E_н$) при штучному освітленні

При загальному освітленні світильники розташовують у верхній зоні приміщення. Загальне освітлення, у свою чергу, підрозділяється на рівномірне, коли світильники розташовані на однаковій відстані один від одного у верхній частині приміщення, і локальне, коли щільність розміщення світильників неоднакова й відповідає розташуванню устаткування в приміщенні.

При місцевому освітленні світильники розміщують безпосередньо над робочою поверхнею. При недостатньому рівні загального освітлення, місцева освітленість робочого місця й навколишнього простору значно відрізняються,

що створює несприятливі умови праці й підвищує небезпеку травматизму. Тому на підприємствах використання тільки місцевого освітлення заборонено.

Поєднання системи місцевого й загального освітлення називається комбінованим освітленням.

Нормування штучної освітленості

Нормування штучної освітленості виконують в такий спосіб. Визначають точність виконуваної зорової роботи (за найменшим розміром об'єкта розрізнення); за цією характеристикою визначають розряд і під розряд зорових робіт з урахуванням характеристик тла й контрасту об'єкта розрізнення з тлом. Сукупність цих характеристик дозволяє визначити величину нормативної освітленості (Ен). Алгоритм визначення нормованої штучної освітленості наведений на рис. 2.5.

2.3 Заходи з особистої гігієни працюючих на дільниці в цеху виготовлення блоку заряду акумуляторних батарей

Особиста гігієна працівників

Особиста гігієна. Для профілактики отруєння хімічними речовинами важливе значення мають режим та склад харчування, дотримання правил особистої гігієни.

Токсичні речовини легше всмоктуються в кров при відсутності їжі в шлунку, тому перед роботою з ними важливий прийом їжі, в тому числі рідкої. До складу їжі повинні входити речовини з обволікаючі властивостями (крохмаль, желатин і т.д.), які перешкоджають всмоктуванню отрути.

Їжа, багата білками і вітамінами, підвищує опірність організму до отрут. При роботі з хлорорганічними речовинами корисні продукти, що містять тваринні білки (м'ясо, сир, риба), вітамін В 2, солі кальцію; з фосфорорганічними - сир, кисляк, цукор, овочі, фрукти, що містять вітамін С (шкідливі гострі страви, жири); з міддю і цинкоутримуючими препаратами,

яловичина, каша, овочі, фрукти, цукор, мед (шкідливі жири і молоко, а з фосфідом цинку - яйця).

Перед їжею необхідно вимити з милом руки і обличчя, прополоскати рот. Після роботи слід прийняти душ. Майданчики, приміщення для відпочинку і прийому їжі, а також продукти, вода повинні знаходитися не ближче 200 м від місць роботи з шкідливими речовинами.

Не дозволяється пити, палити, вживати їжу під час роботи з хімічними речовинами.

Мити і знімати засоби індивідуального захисту слід в певному порядку. Спочатку миють гумові рукавички, не знімаючи з рук, в 2 ... 5% розчині кальцинованої соди, потім промивають їх у воді, знімають чоботи, комбінезони, захисні окуляри, респіратор, знову промивають рукавички в знезаражувальним розчині і воді і знімають їх . Спецодяг очищають від пилу (струшуванням, вибиванням, за допомогою пилососа), сушать і провітрюють на відкритому повітрі 8 ... 12 ч. Через кожні 6 робочих змін її піддають знешкодженню.

Висновки

В роботі проведено проектування блоку заряду акумуляторних батарей. В основі роботи блоку лежить мікроконтролер, який контролює процес заряду та проводить світлову індикацію режимів.

На основі аналізу існуючих способів побудови зарядних блоків розроблено структурну схему блоку заряду акумуляторних батарей.

Розроблена схема дозволяє контролювати струм заряду, проводити тренування акумуляторних батарей та їхнє розряджання. Відповідні кола керуються мікроконтролером. Також забезпечено можливість вимірювання температури акумуляторів та на основі неї обмежувати струм заряду. Проведено розрахунки вузлів схеми та вибрано елементну базу.

Отримано креслення друкованої плати та друкованого вузла. Вибрано змішаний тип встановлення компонентів.

Список використаних джерел

1. Семенов Б.Ю. Силовая електроника для любителей и профессионалов.-М.:СОЛОН Р, 2001. - 321с.

2. Справочник по схемотехнике / В.П. Боровский, В. Й. Костенко, В.М. Михайленко, О.Н. Партала ; под ред. В.П. Боровского -К.: Техніка, 1987.-432с., ил.-Библиогр.: с.422-423.-(В пер.).

3. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства:Справ, радиолюбителя/ Р.М. Терещук, К.М. Терещук, С.А. Седов. - 4-е изд,, стер.-Киев: Наук. думка, 1988,-800с.: ил.-Библиогр.: с. 765-800.

4. П. Хоровиц, У. Хилл. Искусство схемотехники. 2.М: Мир, 1986. --590 с.

5. Технлогія і автоматизація виробництва радіоелектронної апаратури-М.: Радіо і зв'язок, 1989 - 263 с.: Іл.

6. Автоматизация и механизация сборки и монтажа узлов на печатных платах / Под ред. Журавского В.Г. - М.: Радио и связь, 1988. - 280 с.

7. Белинский В.Г., Гандюл В.П. и др. Практическое пособие по учебному конструированию РЭА; М.: В/ш, 1992

8. Яворський Б., Детлаф А. Справочник по физике. – М.: Наука, 19689. Турчин А.М. Электрические измерения. – М: Госэнергоатомиздат, 1961.

10. Воробьев И.Н., Проектирование радиоэлектронных устройств на операционных усилителях, М: В/ш, 1989.

ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедрою РТ
_____ к.т.н. Дунець В.Л.
“____”_____2021 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

На тему: «Блок заряду акумуляторних батарей»

Узгоджено:
Керівник кваліфікаційної роботи
Дедів І.Ю._____
“____”_____2021 р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”
Студент групи РАс-41
Гоменюк О.В. _____
“____”_____2021 р.

Тернопіль 2021

1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: “Блок заряду акумуляторних батарей”

1.2 Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету на затвердження дипломного проекту № 4/7-435 від 31.05.2021 р.).

2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Студент Гоменюк О.В. групи РАс-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою роботи є розробка блоку заряду акумуляторних батарей, що включає в себе:

– вибір апаратного забезпечення для даного пристрою;

– вибір елементної бази розроблювального пристрою;

– розрахунок і вибір компонентів для оптимальної роботи пристрою;

– розробку друкованої плати та друкованого вузла.

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

- можливість автоматичного контролю струму заряду акумуляторів;
- можливість автоматичного контролю напруги на акумуляторах;
- можливість автоматичного контролю ємності акумуляторів;
- режим заряд/розряд акумуляторних батарей;
- режим передзаряду;
- режим швидкого заряду;
- режим дозаряду;

- контроль температури акумуляторних батарей;
- індикація основних режимів на індикаторові;
- можливість одночасного заряду двох акумуляторних батарей ємністю до 3000 мА/год.

5 ВИМОГИ ДО ДОКУМЕНТАЦІЇ

5.1 Конструкторська документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

5.2. Комплект конструкторської документації повинен складатися з:

– Пояснювальна записка;
– Структурна схема пристрою;
– Функціональна схема пристрою;
– Принципова схема пристрою;
– Друкована плата;
– Друкований вузол.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Таблиця 6.1 - Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи

№ етапу	Назва етапу виконання	Термін виконання
1	Розробка та затвердження технічного завдання	22.02. 2021
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи	1.03. 2021
	Вибір власних схемо-технічних рішень	16.03.2021
3	Вибір елементної бази для розроблюваного пристрою;	29.03.2021
4	Розрахунок основних вузлів у схемі пристрою.	12.04.2021
5	Створення допоміжної документації	26.04.2021
6	Розроблення креслень	26.04.2021

7	Розділ охорони праці та безпеки життєдіяльності	10.05.2021
8	Нормоконтроль	24.05.2021
9	Попередній захист	31.05.2021
10	Захист	23.05.2021

7 ДОДАТКОВІ УМОВИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

7.1 Під час виконання кваліфікаційної роботи в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
	Конденсатори		
	К50-17 ОЖО.461.104 ТУ		
	К73-9 ОЖО.460.084 ТУ		
	К50-35 ОЖ0.464.096 ТУ		
	ECJ-GVB0J106M		
C1-C4,C6,C8	К73-9-630В-0,01мкФ±5%	6	
C5	К50-17-500В-47мкФ±20%	1	
C7,C11,C12	К50-35-16В-100мкФ±20%	3	
C9,C17-C19	ECJ-63В-0,1мкФ±5%	4	
C10	К50-35-16В-10мкФ±20%	1	
C13-C16	К73-9-63В-0,01мкФ±5%	4	
	Мікросхеми		
DA1	DS18B20	1	
DA2	TOP223Y	1	
DA3	LM2940-5	1	
DD1	Atmega8	1	
U1	NEC2501	1	
HG1	Індикатор KOOHI E30361LC8W	1	
	Резистори		
	С2-23 ОЖО.464.080 ТУ		
	RC2512FK		
R1	RC2512FK-0.125-560 Ом±5%	1	
R2,R6,R9,R14	RC2512FK-0.125-100 Ом±5%	4	
R3	С2-23-2-4,7 Ом±5%	1	
R4	RC2512FK-0.125-330 Ом±5%	1	
R5	RC2512FK-0.125-4.7 кОм±5%	1	
R7,R8	RC2512FK-0.125-1 кОм±5%	2	
R10,R11	RC2512FK-0.125-1 кОм±5%	2	
R12,R13	RC2512FK-0.125-1 кОм±5%	2	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ГОВ 2.222.001 ПЕ3			
Розроб.		Гоменюк О.В.			Блок заряду	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Дедів І.Ю.						
Н. Контр.		Марценюк А.С.			Перелік елементів	ФПТ, гр. РАс-41		
Затверд.		Дунець В.Л.						
Реценз.								

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
R15	С2-23-2-100 кОм±5%	1	
R16,R21, R26	RC2512FK-0.125-10 кОм±5%	3	
R17, R23,R24	RC2512FK-0.125-1 кОм±5%	3	
R18-R20	С2-23-0,125-150 Ом±5%	3	
R19,R22	RC2512FK-0.125-1,5 кОм±5%	2	
R25,R27,R29	RC2512FK-0.125-100 Ом±5%	3	
R28,R30	RC2512FK-0.125-470 Ом±5%	2	
R31	RC2512FK-0.125-1,2 кОм±5%	1	
R32,R33	RC2512FK-1-0,33 Ом±5%	2	
T1	Трансформатор КРМ.4.700.001	1	
L1	Дросель КРМ.4.700.001	1	
	Діоди		
VD1	W10M	1	
VD2,VD3, VD10-VD13	BZT52C4V3	6	
VD4	КД226Д ДР3.477.340 ТУ	1	
VD5-VD7	КД106А ДР3.680.422 ТУ	3	
VD8, VD9	КС133 ДР3.680.422 ТУ	2	
	Транзистори		
VT1,VT4	IRLL110	2	
VT2	КТ814	1	
VT3	КТ3107	1	
XS1-XS3	Роз’єми PLS	3	

Формат	Зона.	Поз.	Найменування	Найменування	Кіл.	Примітка
				Документація		
А1			ГОВ 2.222.001 СК	Складальне креслення		
А2			ГОВ 2.222.001 Е3	Схема електрична принципова		
А2			ГОВ 2.222.001 Е3	Схема структурна		
				Деталі		
		1	ГОВ 7.161.001 Е3	Плата друкована	1	
				Інші вироби		
		2		Прокладка	1	
		3		Прокладка	1	
				Конденсатори		
				К50-17 ОЖО.461.104 ТУ		
				К50-35 ОЖ0.464.096 ТУ		
				К73-9 ОЖО.460.084 ТУ		
				ECJ-GVB0J106M		
		4		К73-9-630В-0,01мкФ±5%	6	C1-C4,C6,C8
		5		К50-17-500В-47мкФ±20%	1	C5
		6		К50-35-16В-100мкФ±20%	3	C7,C11,C12
		7		ECJ-63В-0,1мкФ±5%	4	C9,C17-C19
		8		К50-35-16В-10мкФ±20%	1	C10
		9		К73-9-63В-0,01мкФ±5%	4	C13-C16
				Мікросхеми		
		10		DS18B20	1	DA1
		11		TOP223Y	1	DA2

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ГОВ 2.222.001			
Розроб.		Гоменюк О.В.			Блок заряду Друкований вузол	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Дедів І.Ю.						
Н. Контр.		Марценюк А.С.				ФПТ, гр. РАс-41		
Затверд.		Дунець В.Л.						
Рецензент								

Формат	Зона.	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
		12		LM2940-5	1	DA3
		13		Atmega8	1	DD1
		14		NEC2501	1	U1
		15		Індикатор KOOHI E30361LC8W	1	HG1
				Резистори		
				RC2512FK		
				С2-23 ОЖО.464.080 ТУ		
		16		RC2512FK-0.125-560 Ом±5%	1	R1
		17		RC2512FK-0.125-100 Ом±5%	4	R2,R6,R9,R14
		18		С2-23-2-4,7 Ом±5%	1	R3
		19		RC2512FK-0.125-330 Ом±5%	1	R4
		20		RC2512FK-0.125-4.7 кОм±5%	1	R5
		21		RC2512FK-0.125-1 кОм±5%	2	R7,R8
		22		RC2512FK-0.125-1 кОм±5%	2	R10,R11
		23		RC2512FK-0.125-1 кОм±5%	2	R12,R13
		24		С2-23-2-100 кОм±5%	1	R15
		25		RC2512FK-0.125-10 кОм±5%	3	R16,R21, R26
		26		RC2512FK-0.125-1 кОм±5%	3	R17, R23,R24
		27		С2-23-0,125-150 Ом±5%	3	R18-R20
		28		RC2512FK-0.125-1,5 кОм±5%	2	R19,R22
		29		RC2512FK-0.125-100 Ом±5%	3	R25,R27,R29
		30		RC2512FK-0.125-470 Ом±5%	2	R28,R30
		31		RC2512FK-0.125-1,2 кОм±5%	1	R31
		32		RC2512FK-1-0,33 Ом±5%	2	R32,R33
		33		Трансформатор ГОВ 4.700.001	1	T1
		34		Дросель ГОВ 4.700.001	1	L1
				Діоди		
		35		W10M	2	VD1
		36		BZT52C4V3	5	VD2,VD3, VD10-VD13

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ГОВ 2.222.001	Арк.

Формат	Зона.	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
		37		КД226Д ДР3.477.340 ТУ	1	VD4
		38		КД106А ДР3.680.422 ТУ	3	VD5-VD7
				КС133 ДР3.680.422 ТУ	2	VD8, VD9
				Транзистори		
		39		IRLL110	2	VT1,VT4
		40		КТ814	1	VT2
		41		КТ3107	1	VT3
		42		Роз’єми PLS	3	XS1-XS3

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ГОВ 2.222.001	Арк.