

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ,
ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТА РАДІОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ**

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри

Роман ОДАРЧЕНКО
“ ” _____ 2022 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР

Тема: «Смарт-розетка на основі мікроконтролера ESP-12F»

Виконавець: _____ Віталій ВОЛКОВ
(підпис)

Керівник: _____ Віталій КУРУШКІН
(підпис)

Нормоконтролер: _____ Денис БАХТІЯРОВ
(підпис)

Київ 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра телекомунікаційних та радіоелектронних систем

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Телекомунікаційні системи та мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Роман ОДАРЧЕНКО

“ ” 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Волкова Віталія Вадимовича

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема дипломної роботи (проекту): «Смарт-розетка на основі мікроконтролера ESP-12F» затверджена наказом ректора від «25» квітня 2022 р. № 433/ст
2. Термін виконання роботи: з 23.05.2022 р. по 17.06.2022 р.
3. Вихідні дані до роботи: Мікроконтролера ESP-12F
4. Зміст пояснювальної записки: Розрахунок та розробка смарт-розетки, розрахунки надійності та економічні розрахунки, розрахунки елементної бази та собівартості товару
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: слайди презентації в програмному пакеті Microsoft Power Point, електронні схеми у AutoCAD, схематична схема економічного розрахунку та схема плати у програмі Layout

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Розробити деталізований зміст розділів дипломної (кваліфікаційної) роботи	23.05.2022- 25.05.2022	Виконано
2.	Вступ	25.05.2022	Виконано
3.	Аналіз технічного завдання	26.05.2022- 29.05.2022	Виконано
4.	Конструкторська частина	30.05.2022- 02.06.2022	Виконано
5.	Технологічна частина	03.06.2022- 08.06.2022	Виконано
6.	Економічна частина	03.06.2022- 08.06.2022	Виконано
7.	Усунення недоліків та захист дипломної роботи	09.06.2022- 17.06.2022	Виконано

7. Дата видачі завдання: "20" травня 2022 р.

Керівник дипломної роботи

(підпис керівника)

Завдання прийняв до виконання

(підпис випускника)

Віталій КУРУШКІН

(П.І.Б.)

Віталій ВОЛКОВ

(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Дипломна (кваліфікаційна) робота «Смарт-розетка на основі мікроконтролера ESP-12F» містить 118 сторінок, 5 рисунків, 20 таблиць, 13 використаних джерел, 4 додатки.

РЕА, БАГАТОШАРОВА ДРУКОВАНА ПЛАТА , ЕЛЕКТРОРАДІОЕЛЕМЕНТИ,
НЕГАТИВНИЙ ЗВОРТНІЙ ЗВ'ЯЗОК, ДРУКОВАНА ПЛАТА

Об'єкт дослідження – розетка.

Предмет дослідження – смарт розетка.

Мета дипломної (кваліфікаційної) роботи –розумна смарт розетка на основі мікроконтролера ESP-12F.

Метод дослідження – спеціальний.

Матеріали дипломної роботи рекомендується використовувати при побудові и конструюванні смарт розетки.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	8
АНОТАЦІЯ	9
ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ	12
1.1. Розробка технічного завдання	12
1.1.1. Назва приладу та область використання	12
1.1.2. Мета та призначення розробки	12
1.2. Розробка і опис схеми	22
1.3. Опис роботи схеми електричної принципової	22
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	25
2.1. Вибір та обґрунтування конструкції виробу	25
2.2. Обґрунтування вибору елементної бази	26
2.3. Електричні розрахунки	35
2.4. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів	38
2.5. Проектування друкованої плати	39
2.6. Остаточний розрахунок надійності	56
2.7. Компоновка приладу	71
2.7.1. Зовнішня компоновка приладу	72
2.8. Розрахунок теплового режиму	73
2.8.1. Завдання	73
2.8.2. Вихідні дані	74
2.9. Техніко-економічний аналіз конструкції	79
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	87
3.1. Вибір типу виробництва	87
3.2. Вибір типу технології	87
3.3. Вибір основних та допоміжних матеріалів	88
3.4. Вибір інструментів, пристосувань, оснастки	89

3.5. Розрахунок технологічності конструкції	90
3.6. Опис технології виготовлення друкованої плати	96
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	98
4.1. Економічна частина	98
4.1.1. Розрахунок повної собівартості виробу	98
4.1.2. Розрахунок прямих витрат	98
ВИСНОВКИ	106
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	107
ДОДАТОК А. СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА	108
ДОДАТОК Б. ПЕРЕЛІК ЕЛЕМЕНТІВ	109
ДОДАТОК В. ДРУКОВАНА ПЛАТА	112
ДОДАТОК Г. СКЛАДАЛЬНЕ КРЕСЛЕННЯ ПРИСТРОЮ	115

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БДП – багатошарова друкована плата

ВЧ – висока частота

ДДП – двостороння друкована плата

ДП – друкована плата

ЕРЕ – електрорадіоелементи

МП – мала потужність

НЗЗ – негативний зворотній зв'язок

НЧ – низька потужність

ОДП – одностороння друкована плата

ОП – операційний підсилювач

ПЗ – пояснювальна записка

РЕА – радіоелектроапаратура

РЧ – радіочастота

ТЗ – технічне завдання

ТП – технологічний процес

ТУ – технічні умови

АНОТАЦІЯ

Розумна розетка - це пристрій, що забезпечує можливість віддаленого управління живленням побутових електроприладів (електричний чайник, праска, кавоварка, освітлення і т.д.).

Управління здійснюється через Wi-Fi, за допомогою смартфона або через комп'ютер, що дозволяє управляти підключеним пристроєм з в будь-якій точці світу за умови, що керуючий пристрій має доступ до Інтернету.

На сьогоднішній день існує досить багато зразків WiFi-розеток, але більшість з них не мають функції відстеження кількості споживаної побутовим приладом потужності, що дозволяє контролювати і економити витрати на електроенергію.

У дипломному проекті представлена розумна розетка з функцією контролю кількості споживаної потужності і вимірювання мережевої напруги. Він побудований на базі мікроконтролера ESP-12F.

Принцип роботи полягає в наступному: Мікроконтролер взаємодіє з процесором через Інтернет, управляє навантаженням за допомогою електромагнітного реле і вимірює напругу і струм за допомогою вбудованого аналого-цифрового перетворювача.

Пристрій розташований в компактному білому корпусі, який включається безпосередньо в настінну розетку, а навантаження підключається до

вбудованого блоку віддушина. Це рішення не буде сильно виділятися на тлі інших повсякденних завдань і не займе багато місця.

ВСТУП

Розумна розетка - це пристрій, що забезпечує можливість віддаленого управління живленням побутових електроприладів (електричний чайник, праска, кавоварка, освітлення і т.д.).

Управління здійснюється через Wi-Fi, за допомогою смартфона або через комп'ютер, що дозволяє управляти підключеним пристроєм з в будь-якій точці світу за умови, що керуючий пристрій має доступ до Інтернету.

На сьогоднішній день існує досить багато зразків WiFi-розеток, але більшість з них не мають функції відстеження кількості споживаної побутовим приладом потужності, що дозволяє контролювати і економити витрати на електроенергію.

У дипломному проекті представлена розумна розетка з функцією контролю кількості споживаної потужності і вимірювання мережевої напруги. Він побудований на базі мікроконтролера ESP-12F.

Принцип роботи полягає в наступному: Мікроконтролер взаємодіє з процесором через Інтернет, управляє навантаженням за допомогою електромагнітного реле і вимірює напругу і струм за допомогою вбудованого аналого-цифрового перетворювача.

Пристрій розташований в компактному білому корпусі, який включається безпосередньо в настінну розетку, а навантаження підключається до

вбудованого блоку віддушина. Це рішення не буде сильно виділятися на тлі інших повсякденних завдань і не займе багато місця

Мета і завдання дослідження. Створити розумну смарт-розетку

Для досягнення поставленої мети вирішуються такі наукові завдання.

1. Розглянути програмні, апаратні та програмно-апаратні засоби побудови схем.
2. Розглянути методи побудови.
3. Розглянути рішення для побудови смарт-розетки на основі мікроконтролера ESP-12F.

Об'єктом дослідження – процес створення смарт-розетки.

Предметом дослідження – Смарт розетка на базі мікроконтролера ESP-12F.

Методи досліджень. Методи математичного моделювання, статистичного аналізу, моделювання плати, розрахунки.

Апробація отриманих результатів. Основні положення роботи доповідалися та обговорювалися на таких конференціях:

Науково-практична конференція «Проблеми експлуатації та захисту інформаційно-комунікаційних систем», м. Київ, 2022 р.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1. Розробка технічного завдання

На основі технічних вимог до виробу, які визначають її призначення, область застосування, основні показники (потужність, чутливість, частотний діапазон і т.д.), виконання конструкції РЕА, умови експлуатації, тип виробництва та ін., складається технічне завдання (ТЗ), що відноситься до проектної конструкторської документації.

ТЗ є вихідним документом для розробки РЕА та технічної документації на них. ТЗ входить окремою частиною у договір на проектування, який укладається між розробником та замовником. І ТЗ, і договір підписується обома сторонами (замовником і розробником).

1.1.1. Назва приладу та область використання

Смарт-розетка призначена для віддаленого керування підключеним до неї навантаженням за допомогою інтернет з'єднання. Використовується у побутових умовах.

1.1.2. Мета та призначення розробки

Метою розробки є:

Закріплення теоретичних знань і практичних навичок з розробки та розрахунків РЕА, набутих при вивченні комплексу спеціальних дисциплін формування умінь, навичок, використання набутих знань для вирішення конкретних задач;

Систематизація і комплексне використання знань і умінь з спеціальних предметів;

Методична підготовка до виконання дипломного проектування.

Технічні вимоги

Радіотехнічні характеристики функціонального призначення:

- напруга живлення – 220В;
- споживаний струм – 10мА;
- максимальний комутований струм – 8А;
- діапазон вимірюваних напруг – 0 - 250В;
- діапазон вимірюваних струмів – 0 - 5А;
- радіус дії Wi-Fi – 50м;

Класифікаційна характеристика об'єкту розміщення:

клас використання – наземна РЕА;

група використання – стаціонарна;

підгрупа використання – побутова.

Склад РЕА та вимоги до конструкції виробу:

а) виріб, який проектується, складатиметься з одного блоку

б) наземна РЕА некритична до маси та габаритів;

в) встановлення в корпусі без закріплення його зовні;

г) напруга живлення – 220В;

д) вимоги до рівня мініатюризації:

1) коефіцієнт щільності

$$K_{щ} = N_e + N_g / V, \quad (1.1)$$

де N_e - кількість елементів в еквівалентних схемах мікросхем;

N_g - кількість елементів у виробі;

V - габаритний об'єм виробу.

Орієнтовно $K_{щ} = 2,5$;

2) коефіцієнт заповнення

$$K_{зп} = V_{\sum ЕЛ} / V, \quad (1.2)$$

де $V_{\sum EL}$ - сумарний об'єм корпусів всіх РЕЕ.

Орієнтовно вибирається $K_{3П} = 0,6$;

3) коефіцієнт збірності

$$K_{3Б} = N_{СП} / N_{СЧ} , \quad (1.3)$$

де $N_{СП}$ - кількість складових частин, які входять в окремі блоки чи вузли, тобто в специфіковані одиниці;

$N_{СЧ}$ - загальна кількість складових частин виробу (елементів і деталей).

Орієнтовно вибирається $K_{3Б} = 0,1$.

Вимоги стійкості РЕА до механічних та кліматичних впливів.

Встановлено дев'ять основних кліматичних виконань РЕА. РЕА, що проектується згідно з завданням на КП, має виконання 2 - для районів з помірним кліматом із середньомісячними екстремумами температури від -45°C до $+45^{\circ}\text{C}$.

Встановлені крім того укрупнені та додаткові категорії розміщення - 2

Згідно з визначеним видом кліматичного виконання та категорією розміщення 4.2 (згідно РЕА має такі загальні нормативні кліматичні впливи:

- 1) дія температури від 1°C до 35°C ;
- 2) дія відносної вологості 98% при 25°C .

Крім загальних необхідно визначити уточненні вимоги до кліматичних та механічних впливів.

Наземну побутову РЕА в залежності від умов експлуатації і категорії розміщення розділяють на наступні групи:

апаратура, що працює в нежитлових приміщеннях;

апаратура, що працює в житлових приміщеннях;

автомобільні приймачі, вбудовані в кузов;

носима(переносна)апаратура, що працює на відкритому повітрі;

апаратура, що працює на відкритому повітрі, в умовах руху.

Для даного приладу підходить 1 група.

За цією групою визначаються уточнені дані кліматичних та механічних впливів:

вібростійкість:

- діапазон частот, Гц, не регламентується;
- амплітуда віброприскорення, не регламентується;
- відсутність резонансу конструкції:
- діапазон частот, 10-30 Гц;
- амплітуда вібропереміщення, 0,5 - 0,8;
- в) ударна стійкість:
- довжина ударного імпульсу, мс, не регламентується;
- пікове прискорення, не регламентується;
- кількість ударів за хвилину, не регламентується;
- загальна кількість ударів, не регламентується;
- міцність при транспортуванні (в упакованому вигляді):
- довжина ударного імпульсу, 5 - 10 мс;
- пікове прискорення, g: 5,10,25;
- кількість ударів за хвилину 40 - 80;
- кількість ударів, не менше 13000;
- теплостійкість:
- робоча температура, 25;
- максимальна допустима температура, 70°C;
- холодостійкість:
- робоча температура, -10°C;
- максимальна допустима температура, -45°C;
- герметичність при опусканні у воду, м, не регламентується;
- захист від впливу дощу з інтенсивністю, мм/хв., не регламентується.

Вимоги до надійності РЕА.

За умовами експлуатації прилад віднесено до наземної побутової радіоелектронної апаратури.

Основними показниками надійності є:

- середнє напрацювання на відмову РЕА $T_{cp} = 5500$ год;
- мінімальне значення часу відновлення працездатного стану $T_B = 3$ год;
- мінімальне значення коефіцієнту готовності $K_T = 0,99$;
- коефіцієнт, який враховує вплив механічних факторів $K_1 = 1,07$;
- коефіцієнт, який враховує вплив кліматичних факторів $K_2 = 1,00$;
- коефіцієнт, який враховує роботу даної системи при зниженому атмосферному тиску $K_3 = 1,00$.

Більш високі показники надійності для побутової РЕА не слід встановлювати, оскільки:

- 1) це подовжить термін фізичного зносу і він може перевищити термін морального зносу;
- 2) більш надійна апаратура вимагає більших затрат коштів та часу.

Вимоги до ергономіки та технічної естетики.

До недавнього часу розглядалися питання конструювання радіоелектронної апаратури з точки зору відповідності її функціональному призначенню, техніко-економічним факторам, відповідності психофізичним особливостям людини-оператора і т.д.

До теперішньої апаратури пред'являють ще й вимоги естетичного вдосконалення. Ця вимога означає, що повинна здійснюватися гармонія між людиною, апаратурою і зовнішнім середовищем, що весь цей комплекс повинен визивати у людини відчуття красивого. Естетичне вдосконалення речей, що знаходяться поруч людини, виховує у неї художній смак, підвищує загальну культуру, створює найбільш благополучні фактори для роботи і підвищує продуктивність праці.

На психофізичний стан організму людини надзвичайно сильно впливає колір, що має оточуюча апаратура, тим паче для людей, що постійно знаходяться поруч неї. Відтінки чорних, темно-сірих і брудно-зелених тонів визивають враження тяжкості, втомливо діють на людину-оператора. Перевагу краще віддавати апаратурі, що має кольори жовто-зеленого спектру, так як вони найбільш сприятливо впливають на психофізичний стан людини. При таких кольорах знижується тиск на очі, зменшується втома та загострюється слух.

Ергономічні вимоги для розробки даного приладу:

- 1) антропологічні: виріб повинен відповідати силовим, швидкісним та рецепторним (зір, чутливість, дотик) можливостям користувача;
- 2) психофізіологічні: виріб повинен відповідати можливостям споживача до сприйняття, зберігання, переробки інформації і забезпечувати адекватну його дію;
- 3) гігієнічні показники: експлуатація виробу має забезпечити або передбачити не вище (не нижче) граничного рівня температуру, вологість, тиск, освітлення, шум, вібрації, перенавантаження, випромінювання, напруженість поля, стан повітряної суміші.

Вимоги технологічності та уніфікації.

Під технологічністю виробу розуміють сукупність якостей конструкції, що визначають її пристосованість до раціональної витрати трудових і матеріальних ресурсів при підготуванні виробництва і випуску в заданому обсязі, а також при технічному обслуговуванні і ремонті в процесі експлуатації.

Відповідно розрізняють виробничу та експлуатаційну технологічність:

- а) показники технологічності, які характеризують особливості виробу і його складових частин:

- 1) коефіцієнт складності збирання конструкції:

$$K_{C3} = C_{ЛЗ} / (C_{ЛЗ} + C_{ГЗ} + C_{НР}), \quad (1.4)$$

де $C_{лз}$ - кількість легкороз'ємних з'єднань (засувки, байонетні з'єднання, фіксатори);

$C_{ГЗ}$ - кількість гвинтових з'єднань;

$C_{нр}$ - кількість нероз'ємних з'єднань.

Орієнтовно обирається $K_{сз}=0,5$;

2) коефіцієнт використання мікросхем та мікрозбірок:

$$K_{ВИК} = (N_{ic} + N_{мсб}) / (N_{IC} + N_{мсб} + N_{ЕРЕ}), \quad (1.5)$$

де N_{ic} - кількість мікросхем;

$N_{мсб}$ - кількість мікро збірок;

$N_{ЕРЕ}$ - кількість радіоелементів.

Орієнтовно обирається $K_{вук} = 0,1$;

б) показники технологічності, які характеризують технологію виготовлення:

1) коефіцієнт використання друкованого монтажу

$$K_{д} = P_{кп} / P_{заг}, \quad (1.6)$$

де $P_{кп}$ - кількість контактних площадок на платі, пайка яких здійснюється груповим методом;

$P_{заг}$ - загальна кількість пайок.

Орієнтовно обирається $K_{д} = 0,7$;

в) показники уніфікації:

1) коефіцієнт застосування:

$$K_{з} = 1 - (N_{ТПО} / N_{ТП}), \quad (1.7)$$

де $N_{ТП}$ - загальна кількість типорозмірів складових частин;

$N_{ТПО}$ - кількість типорозмірів оригінальних складових частин.

Оригінальні - це ті вироби, що згідно стандартів та інших нормативних вимог розроблені тільки для даного приладу.

Орієнтовно обирається $K_3 = 0,7$;

2) коефіцієнт повторюваності:

$$K_{ПВ} = 1 - (N_{ТП} / N_{СЧ}), \quad (1.8)$$

Орієнтовно обирається $K_{ПВ} = 0,6$;

3) коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = N_{СЧУ} / N_{СЧ}, \quad (1.9)$$

де $N_{СЧУ}$ - кількість уніфікованих складових частин виробу.

Орієнтовно обирається $K_y = 0,6$;

4) коефіцієнт стандартизації:

$$K_{СТ} = N_{СЧ.СТ} / N_{СЧ}, \quad (1.10)$$

де $N_{СЧ.СТ}$ - кількість стандартизованих складових частин.

Орієнтовно обирається $K_{СТ} = 0,5$.

Вимоги безпеки РЕА.

Безпека РЕА - властивість апаратури забезпечувати відсутність небезпеки при виконанні заданих функцій в певних умовах в проміжку необхідного часу.

Якщо проектуємий пристрій відноситься до побутової РЕА, то це передбачає експлуатацію як підготовленим, так і непідготовленим користувачем. Пристрій повинен бути простим в експлуатації і абсолютно безпечним при дотриманні цих правил

експлуатації, він повинен бути сконструйований і виготовлений так, щоб в умовах експлуатації для користувача не виникала небезпека, навіть при недбалому поводженні з приладом. При цьому має бути забезпечений захист від ураження струмом, дії високих температур, випромінювання, роботи рухомих механічних вузлів тощо. Умови роботи завжди вважають нормальними, якщо дещо інше необумовлене спеціально, навіть при найнесприятливішому збігу умов експлуатації: напруги і частоти живлення, перешкод для вентиляції, довільному положенні органів керування і регулювання, можливості відключення заземлення тощо. Випробування приладу при виготовленні передбачають в умовах несправності: імітують різні КЗ, відключення заземлення, деяких елементів навантаження, послаблення механічних кріплень, відключення примусового охолодження тощо.

На приладі слід наносити необхідну інформацію:

- вид живлення;
- номінальна напруга;
- споживана потужність;
- позначення контактних пристроїв (особливо клема заземлення контакту під небезпечною напругою, клеми навантажень);
- номінальна вхідна напруга, опір, потужність та інші.

Попередження небезпеки ураження струмом включає низку заходів техніки безпеки.

Доступні частини приладу не повинні знаходитись під небезпечною напругою. Доступність частин випробовують спеціальним випробувальним „пальцем”. Напругу вважають небезпечною, якщо між поверхнею і полюсом живлення через резистор 50кОм проходить змінний струм понад 0,7 мА або постійний понад 2 мА.

Ізоляція деталей, яка знаходиться під небезпечною напругою не може бути виготовлена з гігроскопічних матеріалів.

Конструкція приладу має виключати можливість ураження струмом в процесі регулювання.

Конструкція має виключати можливість ураження струмом з боку доступних деталей і тих деталей, які стають доступними після зняття кришки і включенні живлення.

Захист від ураження електричним струмом повинен забезпечуватись і в умовах несправності – при цьому допустиме значення небезпечного струму збільшується в два рази.

До шкідливих факторів відносять температуру й рухливість повітря, що виходить за норми, підвищені рівні шуму й вібрації, підвищений рівень іонізуючих випромінювань, недостатню освітленість робочої зони, підвищену яскравість і пульсацію світлового потоку, прямий та відбитий блиск. Прикладами кількісних показників безпеки можуть служити: ймовірність безпечної роботи протягом певного часу, час спрацьовування захисних пристроїв, опір ізоляції струму, що ведуть до частин, з якими можливе зіткнення людини, електрична міцність високовольтних ланцюгів та ін. Якісні показники безпеки: наявність пристроїв, що блокують, засоби попереджувальної сигналізації, застосування поглиначів СВЧ потужності, екранування й видалення робочого місця від джерела випромінювання, засоби індивідуального захисту.

На приладі необхідно наносити необхідну інформацію: вид живлення, номінальна напруга живлення, частота живлення, частота мережі, споживана потужність, позначення контактних пристроїв.

В даному випадку внутрішня і зовнішня компоновка приладу повинна забезпечувати захист людини в умовах нормальної експлуатації, технічного обслуговування, зберігання і транспортування від дії небезпечної напруги в нормальному режимі роботи так і аварійному. Із-за відсутності електромагнітних випромінювачів, радіоелементів з великою потужністю розсіювання тепла, відсутності руху повітря в середині приладу, низьких рівнях шуму й вібрації прилад не здійснює шкідливої дії факторів на організм людини, тому він є безпечним за всіма вимогами .

1.2. Розробка і опис схеми

Схема електрична структурна показана на рисунку 1.1

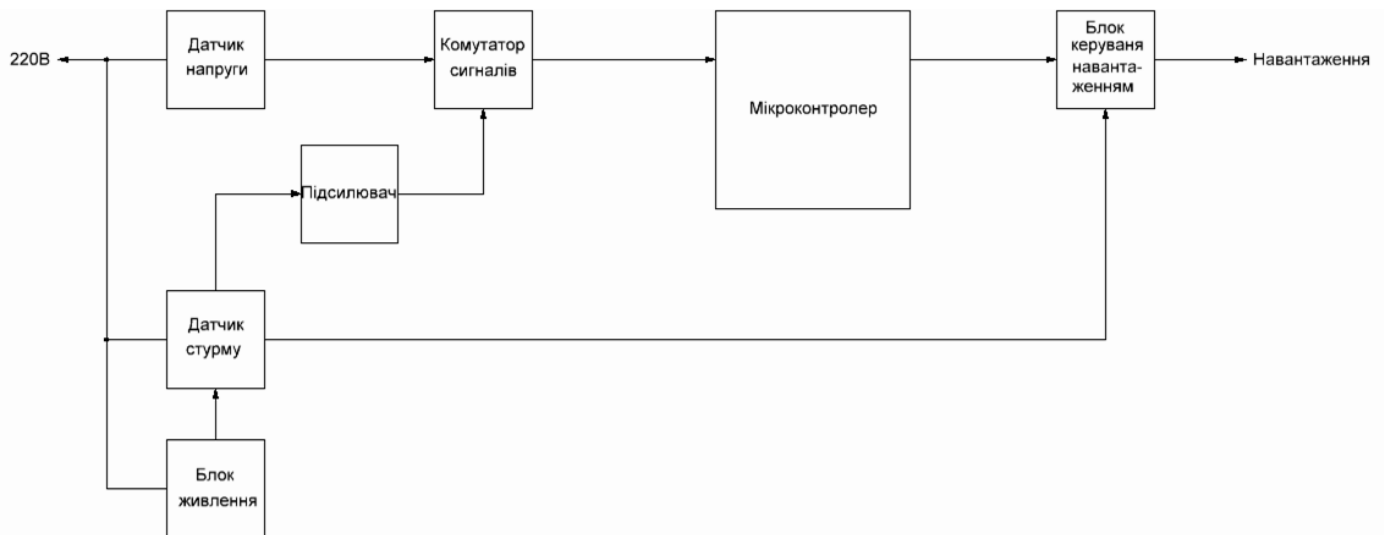


Рис. 1.1. Структурна схема пристрою

Пристрій складається з наступних вузлів:

1. блок живлення застосовується для подачі стабілізовано напруги 5В на схему;
2. датчик напруги та датчик струму використовуються для вимірювання відповідних параметрів і передачі їх до мікроконтролера;
3. підсилювач використовується для підсилення сигналу з датчика струму;
4. мікроконтролер використовується для обробки інформації з датчиків струму та напруги, керуванням реле та для виконання зв'язку з мережею інтернет;
5. блок керування навантаженням використовується для управління навантаженням, яке підключено до пристрою.

1.3. Опис роботи схеми електричної принципової

Схема електрична принципова пристрою приведена на кресленні додаток А.

Пристрій побудований на базі радіо-модуля та мікроконтролера за сумісництвом ESP-12F. Він забезпечує обробку сигналів з датчиків струму та напруги, керування

навантаженням за допомогою реле та підтримує зв'язок з інтернетом використовуючи Wi-Fi з'єднання.

Датчик струму побудовано на мікросхемі ACS712-5.0, яка проводить зчитування рівня струму за допомогою ефекту Холла, що надає можливість без втрат і виділення тепла проводити вимірювання і забезпечує повну гальванічну розв'язку від мережі 220В. Сигнал на виході мікросхеми має вигляд аналогового зі зміщенням 2,5В. Оскільки цей датчик має низьку чутливість (близько 185мВ/А) було прийнято рішення встановити додатково операційний підсилювач, зібраний за схемою інвертуючого підсилювача з коефіцієнтом підсилення $\sim 2,7$ рази. В результаті таке рішення забезпечує чутливість 500мВ/А що є достатнім для нормального детектування АЦП мікроконтролера змін струму споживання з кроком ~ 50 мА.

Датчик напруги побудовано на трансформаторі струму ZMPT101В з коефіцієнтом передачі 1, який також забезпечує повну гальванічну розв'язку від мережі 220В. Величина вхідного струму трансформатора задається резистором R1. На виході за допомогою паралельно встановленого резистора R2 забезпечується необхідний рівень сигналу (амплітуда 500мВ). Але цей сигнал є змінним, тож для можливості проведення його вимірювання мікроконтролером виконується зміщення до рівня 2.5В за допомогою резисторів R3 та R4. Конденсатор C2 встановлений паралельно і котука індуктивності L1 забезпечують фільтрацію ВЧ перешкод, які існують в мережі.

Оскільки ESP-12F має тільки один канал АЦП, а вимірювати необхідно дві величини, біло прийнято рішення про переключення між цими каналам. Для цього було використано комутатор сигналів SN74LVC1G3157DBVR.

На виході встановлено фільтр ВЧ перешкод (L2C9) та резистивний подільник напруги у 5 разів, оскільки максимальна вимірювана величина напруги АЦП-м мікроконтролера складає 1В, а сигнал з датчиків має амплітуду 5В.

Живлення забезпечує мініатюрний імпульсний блок живлення HLK-PM01 який забезпечує 5В 0,6А. Для живлення мікроконтролера використано лінійний стабілізатор напруги AMS1117-3.3 на 3,3В 1А.

Конденсатори C3, C4, C6, C7 необхідні для фільтрації перешкод на лінії живлення.

Резистори R11, R12, R13, R14, R15 необхідні для встановлення конфігурації мікроконтролера.

Світлодіод HL1 використовується для індикації подачі живлення на схему, HL2 – для індикації включення навантаження.

Транзистор VT1 необхідний для керування обмоткою реле за допомогою мікроконтролера. Реле має два канали перемикачів, що забезпечує повне відключення навантаження від мережі 220В.

Кнопка SB3 необхідна для «ручного» підключення чи виключення навантаження.

РОЗДІЛ 2

КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1. Вибір та обґрунтування конструкції виробу

Під конструкцією радіоелектронної апаратури (РЕА) розуміється сукупність елементів і деталей з різними фізичними властивостями і формами, які перебувають у визначеному просторовому, механічному та електромагнітному взаємозв'язку, який визначається електричними схемами та конструкторською документацією і забезпечує виконання апаратурою певних функцій в умовах впливу на неї різних чинників: експлуатаційних, виробничих, людських.

Конструювання і технологія виробництва є частинами складного процесу розробки РЕА і не можуть виконуватися окремо, без урахування взаємозв'язків між собою та з іншими етапами розробки, і визначають в кінцевому підсумку загальні споживчі властивості виробів.

Конструкція повинна забезпечувати виконання заданих функцій з необхідною ефективністю та надійністю протягом встановленого часу в заданих умовах експлуатації, транспортування чи зберігання і бути технологічною при виготовленні в заданих умовах виробництва.

Конструювання РЕА як один з видів інженерної діяльності, є процесом визначення, розробки та відображення в конструкторській, технологічній і програмній документації:

- форми, розмірів і складу виробу;
- деталей і вузлів, що входять до нього;
- використовуваних матеріалів і комплектуючих виробів;
- взаємного розташування частин і зв'язку між ними;
- вказівок на технологію виготовлення;

Проектування починають з аналізу розроблених схем та вимог технічного завдання. Як і при розробці схем доцільно також спочатку проаналізувати конструкції аналогів, щоб запозичити в них випробувані рішення. Це дає змогу проектувальнику сформулювати для себе

найзагальніше уявлення про можливу будову конструкції, тобто окреслити концепцію: основні моменти конструкції. В процесі конструювання радіо-електроапаратури ця концепція буде аналізуватися, деталізуватись, можливо змінюватись.

Описуючи концепцію побудови конструкції пристрою, що проектується в дипломному проекті необхідно висвітлити такі основні моменти:

- корпус приладу матиме складну геометричну форму;
- орган керування (кнопка включення-виключення навантаження) знаходиться на передній панелі приладу;
- корпус приладу виконуватиметься білого кольору, пояснювальні написи - чорним;
- корпус виготовлятиметься з пластику;
- корпус литий;
- метод проектування – моносхемний;
- монтаж виконуватиметься на друкованій платі;
- кількість плат в приладі – одна, двостороння;
- плата в середині корпусу розміщуватиметься горизонтально;
- спосіб механічного закріплення плати – гвинтами через отвори;
- електричне приєднання плат відбуватиметься провідниками через колодки та напряму до монтажних отворів шляхом пайки;
- прилад складатиметься з одного блоку;
- спосіб охолодження природний;
- живлення приладу здійснюватиметься від 220В;
- заземлення приладу не відбуватиметься .

2.2. Обґрунтування вибору елементної бази

Елементна база виконана за схемою електричною принциповою повинна забезпечувати задані параметри пристрою. Тому для проектуємого пристрою елементна база вибирається з таких міркувань:

- елементна база повинна забезпечити необхідні електричні параметри пристрою із заданою точністю;
- елементна база визначає надійність пристрою і заданий час його роботи;
- елементна база визначає габарити і вагу виробу;
- елементна база повинна надійно працювати в заданих кліматичних умовах;

Обґрунтування вибору блока живлення HLK-PM01.

Блок живлення виконаний у малогабаритному, герметичному пластиковому корпусі із штирковими контактами для монтажу на друковану плату. Блок виконаний за імпульсною технологією. Містить вбудований захист від короткого замикання.

Модуль може використовуватися як блок живлення для електроніки, яка споживає невеликий струм, в тому числі різних вбудованих датчиків з робочою напругою 5В, модулів системи "розумний будинок" і т.д.

Параметри:

- діапазон вхідних напруг: 100-240 В;
- вихідна напруга: 5 В;
- споживаний струм: 0,1 А;
- вихідний струм: 0,6 А;
- діапазон робочих температур: -20°C..+60°C;
- габарити: 34x20x15 мм;
- маса: 20 г.

Обґрунтування вибору діоду DL4148.

Кремнієвий діод у мініатюрному скляному корпусі для поверхневого монтажу SOD-80.

Параметри:

- максимальна пряма напруга: 1 В;
- максимальна зворотня напруга: 100 В;
- максимальна імпульсна зворотня напруга: 120 В;
- максимальний випрямлений струм: 0,15 А;

- час відновлення: 4 нс;
- діапазон робочих температур: -65°C..+150°C;
- габарити: 3,5x1,45x1,45 мм;
- маса: 0,05 г.

Обґрунтування вибору запобіжника BSMD-S5.0A 5A.

Швидкодіючий плавкий запобіжник в мініатюрному SMD корпусі.

Параметри:

- номінальний струм: 5 А;
- робоча напруга: 250 В;
- пряме падіння напруги: 0,12 В;
- опір: 0,016 Ом;
- діапазон робочих температур: -55°C..+125°C;
- габарити: 6,1x2,6x2,6 мм;
- маса: 0,2 г.

Обґрунтування вибору кнопки TS3401 KLS.

Мініатюрна тактова кнопка, однопозиційна поверхневого монтажу призначена для використання у пристроях з високою щільністю компоновки.

Параметри:

- номінальна напруга комутації: 12 В;
- номінальний струм комутації: 0,05 А;
- опір контактів: 0,1 Ом;
- діапазон робочих температур: -30°C..+80°C;
- габарити: 2,5x3,3x4,5 мм;
- маса: 0,5 г.

Обґрунтування вибору конденсаторів.

Конденсатор CL10В – багатошаровий керамічний конденсатор у мініатюрному корпусі для поверхневого монтажу 0603.

Параметри:

- номінальна напруга: 50 В;
- діапазон ємності: 2 пФ – 4,7 мкФ;
- максимальне допустиме відхилення ємності: $\pm 10\%$;
- діапазон робочих температур: $-55^{\circ}\text{C}..+125^{\circ}\text{C}$;
- габарити: 1x0,5x0,5 мм;
- маса: 0,1 г;

Конденсатор 93D10 – танталовий конденсатор для поверхневого монтажу.

Параметри:

- номінальна напруга: 10 В;
- номінальна ємність: 100мкФ;
- максимально допустиме відхилення ємності: $\pm 10\%$;
- діапазон робочих температур: $-55^{\circ}\text{C}..+125^{\circ}\text{C}$;
- габарити: 7,3x4,3x2,9 мм;
- маса: 1,2 г;

Конденсатори ЕСАР-105С – електролітичний конденсатор високої ємності з алюмінієвими обкладками для поверхневого монтажу.

Параметри:

- номінальна напруга: 6,3 В;
- номінальна ємність: 330мкФ;
- максимально допустиме відхилення ємності: $\pm 20\%$;
- діапазон робочих температур: $-40^{\circ}\text{C}..+105^{\circ}\text{C}$;
- габарити: 6,3x7 мм;
- маса: 4 г;

Обґрунтування вибору котушок індуктивності.

Котушка індуктивності SDR0503 – мініатюрна котушка виконана мідним дротом $\emptyset 0,05\text{мм}$ на феритовому осерді для поверхневого монтажу використовується для фільтрації ВЧ та СЧ перешкод у колах постійного та змінного струму.

Параметри:

- номінальна індуктивність: 10 мГн;
- струм насичення: 0,04 А;
- максимальний опір постійному струму: 100 Ом;
- максимально допустиме відхилення ємності: $\pm 10\%$;
- діапазон робочих температур: $-40^{\circ}\text{C}..+125^{\circ}\text{C}$;
- габарити: 5x4,8x3 мм;
- маса: 5 г;

Котушка індуктивності – мініатюрна котушка виконана мідним дротом $\varnothing 0,03$ мм на феритовому осерді для поверхневого монтажу використовується для фільтрації ВЧ перешкод у колах малого струму.

Параметри:

- номінальна індуктивність: 22 мкГн;
- струм насичення: 0,25 А;
- максимальний опір постійному струму: 1,2 Ом;
- максимально допустиме відхилення ємності: $\pm 10\%$;
- діапазон робочих температур: $-20^{\circ}\text{C}..+85^{\circ}\text{C}$;
- габарити: 3,2x2,5x2 мм;
- маса: 2 г;

Обґрунтування вибору мікросхем.

Мікросхема LMC7101BIM5 – це супер-мініатюрний мікропотужний операційний підсилювач з характеристикою “Rail-to-Rail” для підсилення сигналів у пристроях де необхідна висока щільність і компактність EPE. Корпус мікросхеми – SOT23-5 для поверхневого монтажу.

Параметри:

- діапазон напруг живлення: 2,7-15,5 В;
- кількість каналів: 1;
- струм споживання: 0,85 мА;
- коефіцієнт підсилення по напрузі: 110 дБ;

- діапазон робочих температур: $-40^{\circ}\text{C}..+85^{\circ}\text{C}$;
- габарити: 2,9x1,6x1,2 мм;
- маса: 1 г;

Мікросхема SN74LVC1G3157DBVR – це супер-мініатюрний електронний комутатор аналогових сигналів для поверхневого монтажу. Призначений для комутації слабких сигналів у компактних пристроях. Корпус мікросхеми – SOT23-6 для поверхневого монтажу.

Параметри:

- кількість вхідних каналів: 2;
- кількість вихідних каналів: 1;
- діапазон напруг живлення: 4,5 – 6 В;
- струм споживання: 10 мкА;
- діапазон напруг комутації: 0 – 6 В;
- діапазон робочих температур: $-65^{\circ}\text{C}..+150^{\circ}\text{C}$;
- габарити: 2,9x1,6x1,2 мм;
- маса: 1 г;

Мікросхема ACS712-5.0 – це мініатюрний датчик постійного чи змінного струму використовується у системах автоматики, лічильниках та ін. пристроях де необхідно вимірювати даний параметр. Принцип дії датчика засновано на ефекті Холла, що дозволяє в якості шунта використовувати провідник із дуже низьким опором, оскільки датчик реагує на магнітне поле, яке створює провідник, а не на падіння напруги на шунті. На виході датчика сигнал має вигляд тому, що проходив через вимірювальний шунт і зміщений відносно мінусового полюсу живлення на 2,5В. Корпус мікросхеми – SOIC8 для поверхневого монтажу.

Параметри:

- напруга живлення: 5 В;
- струм споживання: 10 мА;
- діапазон вимірюваного струму: 0 – 5 А;
- чутливість: 185 мВ / 1 А;
- діапазон робочих температур: $-40^{\circ}\text{C}..+85^{\circ}\text{C}$;

- габарити: 4,9x1,9x1,8 мм;
- маса: 3 г;

Мікросхема AMS1117-3.3 – це мініатюрний лінійний стабілізатор з фіксованим рівнем і малим падінням напруги. Дуже поширений через свої параметри і низьку ціну. Використовується в багатьох пристроях, де необхідний стабілізований рівень напруги і малі габарити. Корпус мікросхеми – SOT-223 для поверхневого монтажу.

Параметри:

- діапазон вхідних напруг: 4,9 – 15 В;
- вихідний струм: 1,1 А;
- вихідна напруга: 3,3 В;
- діапазон робочих температур: -40°C..+125°C;
- габарити: 3,5x6,5x1,8 мм;
- маса: 3 г;

Мікросхема ESP-12F – це модуль побудований на мікроконтролері ESP8266 з інтегрованим Wi-Fi радіо-трактом для зв'язку з мережею Інтернет. Вбудована flash-пам'ять дозволяє зберігати на ній код програми, яку мікроконтролер буде виконувати одразу після подачі живлення. Модуль облаштований захистом від електромагнітних завад – металевим екраном.

Параметри:

- напруга живлення: 3,3 В;
- максимальний споживаний струм: 400 мА;
- діапазон робочих частот: 2400 МГц – 2483,5 МГц;
- потужність випромінювання: +24 дБм;
- об'єм вбудованої flash-пам'яті: 4 МБ;
- діапазон робочих температур: -40°C..+125°C;
- габарити: 16x24x3 мм;
- маса: 6 г;

Обґрунтування вибору резисторів.

Резистори RC1608J – це супер-мініатюрні резистори поверхневого монтажу, виконані за товсто-плівковою технологією. Завдяки своїм малим габаритам мають широке застосування у різноманітних компактних пристроях. Корпус резистора – 0603.

Параметри:

- максимальна допустима напруга – 50 В;
- діапазон опорів: 1 Ом – 10 МОм;
- потужність: 0,1 Вт;
- максимальне відхилення опору: $\pm 5\%$;
- діапазон робочих температур: $-55^{\circ}\text{C}..+155^{\circ}\text{C}$;
- габарити: 1,6x0,8x0,45 мм;
- маса: 2 мг;

Резистори RC3216J - це мініатюрні резистори поверхневого монтажу, виконані за товсто-плівковою технологією. Завдяки чудовому співвідношенні потужності і габаритів мають широке застосування у різноманітних пристроях. Корпус резистора – 1206.

Параметри:

- максимальна допустима напруга – 250 В;
- діапазон опорів: 1 Ом – 10 МОм;
- потужність: 0,25 Вт;
- максимальне відхилення опору: $\pm 5\%$;
- діапазон робочих температур: $-55^{\circ}\text{C}..+155^{\circ}\text{C}$;
- габарити: 3,2x1,6x0,55 мм;
- маса: 10 мг;

Обґрунтування вибору реле HF115-F.

HF115-F – електромагнітне реле призначене для комутації двох контактних груп, кожна з яких має два стани переключення. Без подачі напруги на електромагнітну котушку – перемикач знаходиться у замкненому стані з одним з виводів.

Параметри:

- максимальна напруга комутації: 250 В;
- максимальний струм комутації: 8 А;
- напруга електромагнітної котушки: 5 В;
- струм споживання електромагнітної котушки: 10 мА;
- час перемикання: 8 мс;
- діапазон робочих температур: -40°C..+85°C;
- габарити: 29x12,7x15,7 мм;
- маса: 15 г;

Обґрунтування вибору роз'єму DG127-5.08-02P.

Роз'єм DG127-5.08-02P має вигляд гвинтового клемника з 2 контактами. Це дозволяє швидко від'єднувати чи замінювати підключені дроти. Монтаж на плату виконується через монтажні отвори пайкою, без додаткового кріплення.

Параметри:

- максимальна напруга: 300 В;
- максимальний струм: 12 А;
- максимальний переріз затискаємого провідника: 1,5 мм²;
- діапазон робочих температур: -40°C..+105°C;
- габарити: 10,2x8,1x10 мм;
- маса: 8 г;

Обґрунтування вибору транзистора BC547.

BC547 – це кремнієвий біполярний транзистор n-p-n структури. Виконаний у мініатюрному SOT-23 корпусі для поверхневого монтажу. Завдяки своїм параметрам та ціни отримав широке застосування у сучасній техніці.

Параметри:

- максимальна напруга КЕ: 45 В;
- максимальна напруга КБ: 50 В;
- максимальна напруга ЕБ: 6 В;
- максимальний струм колектора: 0,1 А;

- максимальна розсіювана потужність колектора: 0,5 Вт;
- коефіцієнт підсилення за струмом: 150 – 800;
- гранична частота коефіцієнта передачі струму: 150 МГц;
- діапазон робочих температур: $-65^{\circ}\text{C}..+150^{\circ}\text{C}$;
- габарити: 2,9x1,6x1,2 мм;
- маса: 1 г;

Обґрунтування вибору трансформатора ZMPT101B.

ZMPT101B – це мініатюрний трансформатор струму у пластиковому корпусі.

Призначений для вимірювання напруги у мережі змінного струму.

Параметри:

- коефіцієнт трансформації: 1;
- максимальна вхідна напруга: 250 В;
- максимальний вхідний струм: 2 мА;
- діапазон частот: 50 – 60 Гц;
- діапазон робочих температур: $-40^{\circ}\text{C}..+130^{\circ}\text{C}$;
- габарити: 19,5x19x17 мм;
- маса: 13 г. [5]

2.3. Електричні розрахунки

1 Завдання.

1. розрахувати параметри транзисторного ключа , який задовольняє вимоги схеми;
2. обрати транзистор, що задовольняє розраховані значення;
3. привести обґрунтування вибору.

2.3.2 Вихідні дані:

- 1) напруга $U_{KE} = 5 \text{ В}$;
- 2) напруга $U_{BK} = 3,3 \text{ В}$;
- 4) опір навантаження (обмотки реле) $R_H = 100 \text{ Ом}$;

5) температура навколишнього середовища $t = 25^{\circ}\text{C}$.

Розрахунок буде проводитися для схеми, приведеної на рис.2.1:

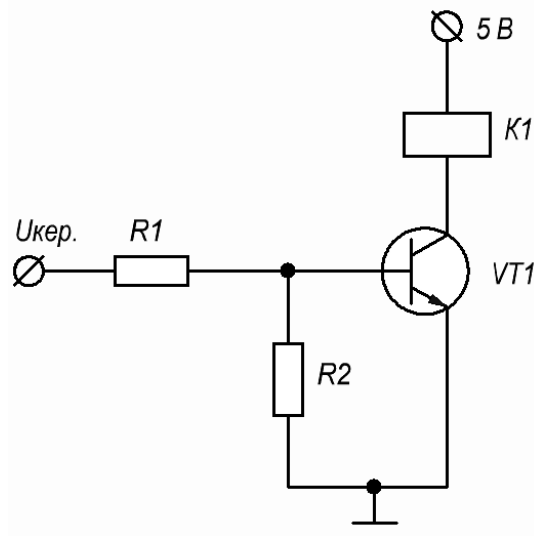


Рис. 2.1. Схема транзисторного ключа

Розрахунок струму колектора I_K :

$$I_K = \frac{U_{KE}}{R_H} \quad (2.1)$$

$$I_K = \frac{5}{100} = 50 \text{ [мА]}$$

За цими параметрами, обираємо транзистор BC547A з такими характеристиками:

- структура: n-p-n;
- максимальна напруга колектор–емітор: 45 В;
- максимальна напруга колектор–база: 50 В;
- максимальна напруга емітер–база: 6 В;
- максимальний струм колектора: 0,1 А;
- максимальна розсіювана потужність: 0,5 Вт;
- коефіцієнт підсилення по струму: 110 – 220;

На графіку (рис.2.2) залежності $U_{\text{БЕнас.}} = f(I_{\text{К}})$ визначаємо напругу насичення Бази:

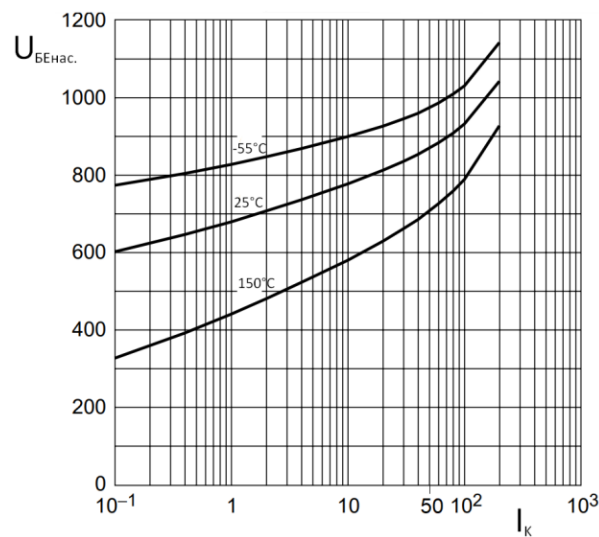


Рис. 2.2. Графік залежності

Для $I_{\text{К}} = 50 \text{ мА}$ $U_{\text{БЕнас.}} = 850 \text{ мВ}$.

Розраховуємо необхідний струм Бази ($I_{\text{Б}}$), для цього коефіцієнт підсилення приймаємо за $\beta = 165$:

$$I_{\text{Б}} = \frac{I_{\text{К}}}{\beta} \quad (2.2)$$

$$I_{\text{Б}} = \frac{50}{165} = 0,3 \text{ [мА]}$$

Для надійного закриття переходу К–Е необхідно використати резистор (R_2), який буде шунтувати Базу на мінусовий контакт живлення. R_2 обирається значенням у 10 кОм.

Розраховуємо опір резистора R_1 :

$$R_1 = \frac{U_{\text{КЕ}} - U_{\text{БЕнас.}}}{I_{\text{Б}} - \frac{U_{\text{БЕнас.}}}{R_2}} \quad (2.3)$$

$$R_1 = \frac{5 - 0,85}{0,3 \cdot 10^{-3} - \frac{0,85}{10000}} = 13,83 \cdot 10^3 \text{ [Ом]}$$

Обираємо найближче значення для R1 з ряду E24 – 13 кОм.

Висновки: під час електричного розрахунку було розраховано основні параметри схеми, обрано транзистор, який відповідає визначеним параметрам і визначено опір резисторів R1 та R2.

2.4. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів

Визначальними характеристиками конструкційних матеріалів є їх механічні властивості, що і вирізняє їх від інших технічних матеріалів. До основних критеріїв оцінки якості конструкційних матеріалів належать параметри опору до зовнішніх навантажень:

- міцність;
- ударна в'язкість;
- витривалість;
- довговічність.

У ролі матеріалів конструкції корпусу зазвичай використовують метали і пластмаси. У порівнянні з пластмасами метали мають такі переваги: висока стійкість до механічних навантажень, стійкість до зміни температури навколишнього середовища. Але мають і недоліки: велика вартість, збільшення ваги приладу, піддаються корозії при впливі кліматичних факторів.

В якості матеріалу корпусу було обрано ABS-пластик - ударостійкий матеріал, що відноситься до інженерних пластиків. Має більш високу стійкість до ударних навантажень в порівнянні з полістиролом загального призначення, ударостійким полістиролом і іншими полімерами стиролу. Перевершує їх по механічній міцності і жорсткості. Зносостійкий. Витримує короткочасний нагрів до 90 – 100°C. Максимальна температура тривалої експлуатації: 75 – 80°C. ABS-пластик придатний для нанесення гальванічного покриття, для вакуумної металізації, а також для пайки контактів. Добре

зварюється. Рекомендується для точного лиття. Має високу розмірну стабільність. Дає блискучу поверхню. Є спеціальні марки з підвищеним і зниженим блиском. Стійкий до лугів, мастил, розчинів неорганічних солей і кислот, вуглеводнів, жирів, бензину. Розчиняється в ацетоні, ефірі, бензолі, етилхлориді, етиленхлориді, аніліні, анізолі. Не стійкий до ультрафіолетового випромінювання. Характеризується обмеженою стійкістю проти атмосферних впливів і зниженими електроізоляційними властивостями в порівнянні з полістиролом загального призначення і ударостійким полістиролом.

Найбільш оптимальним для монтажного з'єднання є монтажний дріт 22AWG Alpha Wire. Його основні характеристики: багатожильний монтажний дріт у силіконовій ізоляції. Застосовуються для внутрішньо- і міжблочного монтажу різної радіоелектронної апаратури і приладів на номінальну напругу до 600 В змінного струму частоти до 10000 Гц і до 1400В постійного струму, номінальний переріз жили 0,102; 0,162; 0,205; 0,258; 0,326; 0,518; 0,823; 1,04; 1,31; 2,08 мм² і ін., робоча температура від -60°C до +250°C.

Для виготовлення друкованої плати використовують склотекстоліт фольгований односторонній з товщиною мідного фольгованого покриття 35мкм, товщина листа 1,5 мм СФ - 2 – 35 – 1,5, цей шаруватий діелектрик має добрі діелектричні показники, добре піддається обробці, широко застосовується в професійній РЕА .

Корпус виробу не потребує додаткових лакофарбових захисних покриттів.

Написи на передній панелі виконують емаллю ЕП-73, чорним кольором. Сполука: суспензія пігментів у розчинах алкідно-епоксидної смоли Е-30 і колоксиліну в органічних розчинниках з добавкою пластифікаторів.

2.5. Проектування друкованої плати

Передбачає вирішення трьох основних задач:

- а) компоновка плат;
- б) розрахунок параметрів друкованого монтажу;
- в) розробка та оформлення конструкторських документів.

Вибір методу виготовлення плати.

Методи виготовлення друкованих плат поділяються на три основні групи:

- субтрактивні;
- напівадитивні;
- адитивні.

Субтрактивні методи. Засновані на травленні фольгованого діелектрика. Найширше застосування мають хімічний негативний та комбінований позитивний методи. Первинною заготовкою їх є фольгований діелектрик з товщиною фольги (h_f) переважно 35 або 50 мкм.

Фоторезистом захищають від травлення друковані доріжки, а в місцях, де їх не повинно бути, фольгу стравлюють; наносять захисну лакову маску з вікнами для контактних майданчиків. Для односторонніх чи двосторонніх друкованих плат, внутрішніх шарів багат шарових, гнучких друкованих шлейфів. Має точну геометрію провідників, високу продуктивність, високу адгезію, але низьку щільність монтажу і низьку надійність пайок, тому не придатний для жорстких умов експлуатації. Для запобігання відшарування контактних майданчиків при цьому методі всі ЕРЕ ставлять впритул до плати. Це інколи вимагає ізоляційних прокладок, призводить до скупчення пилу та вологи під корпусами ЕРЕ. Цей метод добре освоєний на виробництві.

Недоліками субтрактивних методів є неможливість отримати провідники вужче 150мкм, а також великі відходи міді при травленні.

Для виготовлення друкованої плати даного пристрою вибирається комбінований позитивний метод.

При використанні цього методу у підготовленій заготовці (зазвичай очищений фольгований склотекстоліт) просвердлюють за допомогою високоточного обладнання отвори. Далі проводять металізацію у отворах, шляхом активування поверхні хімічними речовинами з подальшим мідненням. Наступним етапом є створення малюнку провідників. Для цього наносять фоторезистивну плівку на всю площу заготовки, засвічують через шаблон з малюнком і промивають у розчинні, внаслідок чого, у незасвічених місцях, фоторезистивна плівка видаляється, і при травленні – мідь на цих ділянках буде видалена. Після цього, на плату наноситься захисна маска і позначення.

Вибір матеріалу основи плати та провідникового шару.

Як матеріал основи застосовують діелектрики або покриті діелектриком метали. Діелектрики підрозділяють на шаруваті і не шаруваті.

Шаруваті бувають фольговані та нефольговані. У якості основи у шаруватих пластиках використовується електроізоляційний папір або склотканина. Їх просочують фенольною або феноло-епоксидною смолою. Фольгування діелектриків з однієї чи з двох сторін здійснюється пресуванням при температурі 160... 180°C та тиску 5... 15 МПа. Ці діелектрики випускаються промисловістю з покриттям з тонкої мідної (рідше нікелевої або алюмінієвої) електролітичної фольги, яка для поліпшення зчеплення з діелектричною основою з однієї сторони оксидована або покрита шаром хрому (1... 3 мкм). Товщину фольги стандартизовано і вона має значення 5, 18, 35, 50, 70, 105 мкм.

Найчастіше застосовують гетинакс і текстоліт. Гетинакс дешевий, добре підлягає обробці, але діелектричні та інші властивості невисокі. Підходить для застосування в невідповідальній РЕА, коли механічні навантаження невисокі, а також відсутні високі температури і робоча частота не висока. Склотекстоліт має високу механічну міцність, термостійкість, низькі втрати, високий поверхневий опір, але в декілька разів дорожче гетинаксу.

Нешаруваті матеріали виготовляють із полімерів з наповнювачами. Перевагою є дуже мале виділення газів при сильному нагріванні.

Метали мають добрий тепловідвід, високу міцність, низьку вартість, ТКЛР узгоджений з корпусами ЕРЕ.

Для друкованої плати обирається двосторонній мідний фольгований склотекстоліт СФ-2-35-1.

Вибір класу точності плати та щільності друкованого монтажу.

Для проектування ДП пристрою було обрано третій клас точності.

Плати третього класу точності є найбільш поширеними оскільки, з одного боку, забезпечують досить високу щільність трасування і монтажу, а з іншого - для їх виробництва необхідно рядове, хоча і спеціалізоване, обладнання.

За щільністю розміщення провідникового рисунку обирається третій клас щільності.

Таблиця. 2.1

Основні розміри параметрів друкованого монтажу

Параметри	Розмір, мм
1 Ширина провідників, t ,мм	0,75
2 Прогалина між провідниками, S ,мм	0,75
3 Відношення діаметру отвору d_0 до товщини плати, H_n , тобто $j = d_0 / H_n$	0,40
4 Гарантійний поясок, b ,мм	0,30

Попередній вибір виду ДП.

Для виготовлення даного виробу обирається двостороння ДП.

ДДП: дають можливість забезпечити підвищену точність рисунку;

Елементи можуть розташовуватись з обох сторін, що забезпечує високу щільність монтажу.;

Вибір варіанту електричного приєднання друкованої плати та варіанту її закріплення в приладі.

В приладі електричне приєднання ДП здійснюється монтажним дротом 22AWG, який є найпростішим з'єднанням, характерним для простої і невідповідальної РЕА при нормальних умовах експлуатації. Монтажні дроти підпаюються до контактних майданчиків.

Аналіз електричної принципової схеми.

В процесі аналізу схеми електричної принципової виявлено:

- а) в приладі присутні електричні кола, по яких проходить значний струм (більше 2,5А);
- б) контрольні точки відсутні;

в) в схемі відсутні ЕРЕ, які виділяють значну кількість тепла і потребують додаткових засобів охолодження.

Вибір варіантів встановлення ЕРЕ на платі.

Для забезпечення максимальної технологічності складальних операцій, що особливо важливо при значних об'ємах випуску РЕА, рекомендується вибирати варіанти встановлення ЕРЕ на ДП та формовки їх виводів з рекомендованих ОСТ45.010.030–92 (при автоматизованій технології складання друкованого вузла) – та ОСТ4.091.124–79 та ОСТ4.070.010–78.

Варіанти встановлення ЕРЕ приведені в таблиці 2.2.

Реконфігурація схеми електричної принципової.

Реконфігурація (перебудова) електричної принципової схеми є робочим інструментом конструктора. До складу конструкторської документації вона не входить і тому вимоги стандартів на неї не поширюються (тобто вона проводиться і результат оформлюється за правилами, які встановлює сам для себе конструктор). Реконфігурація є проміжним документом між схемою ЕЗ та друкованою платою і допомагає конструктору найбільш оптимально і швидко розробити малюнок комутації друкованого монтажу.

В результаті реконфігурації схеми встановлюється, що пристрій можна змонтувати на одній двосторонній ДП.

Розрахунок необхідної площі плати і вибір її розмірів.

Спочатку розраховується необхідна площа S_m для розміщення ЕРЕ, для цього знаходиться сума встановлювальних площ всіх ЕРЕ згідно з вибраними варіантами їх встановлення.

Знайшовши таким чином необхідну площу плати, визначаються розміри її сторін. При цьому враховуються допустимі розміри плати, виходячи з вибраного класу точності та щільності, допустимих габаритів приладу, максимального співвідношення

сторін, умов експлуатації та виду і кількості плат. Доцільно вибрати розміри сторін плати із стандартного ряду розмірів (ОСТ 4.010.020–83).

Визначивши встановлювану площу кожного ЕРЕ, визначається необхідна площа для їх встановлення

$$S_M = 4S_{MG} + 3S_{CG}, \quad (2.4)$$

де S_{MG} – площа малогабаритних ЕРЕ;

S_{CG} – площа середньогабаритних ЕРЕ;

$$S_{MG} = 5,6+27,7+30,72+8+9,92+9,92+5,12+9,92 = 106,9[\text{мм}^2];$$

$$S_{CG} = 686,8+15,5+31,4+43,56+18+30,6+46,9+288+368,3+25,8+331,5 = 1886,36[\text{мм}^2];$$

$$S_M = 4 \cdot 106,9 + 3 \cdot 1886,36 = 427,6 + 5659,1 = 6086,7 [\text{мм}^2].$$

Для смарт-розетки обирається двостороння ДП з розмірами 51x65 мм.

Розрахунок параметрів друкованого монтажу.

Завдання.

Розрахувати:

- 1) діаметри монтажних отворів d_o ;
- 2) діаметри контактних майданчиків D ;
- 3) ширину друкованих провідників t ;
- 4) відстань між сусідніми елементами друкованого монтажу s ;
- 5) найменшу відстань L для прокладання на ній трас p (якщо не вказано додатково – то 3–х) провідників.

Вихідні дані:

- 1) клас точності друкованої плати–3;
- 2) клас щільності друкованого монтажу–3;
- 3) встановлювальні розміри ЕРЕ;
- 4) вимоги діючих стандартів.

Розрахунок.

Діаметри монтажних та перехідних отворів вибираються з ряду рекомендованих ОСТ 4. 070.010-78, які приведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Рекомендовані діаметри отворів

Діаметр, мм		Діаметр контактного майданчика	Мінімальна відстань між центрами отворів
виводу EPE	отвору	мм	мм
до 0,5	0,9	2,5	3,5
0,6;0,7	1,1	3,0	3,5
0,8;0,9	1,3	3,0	3,75
1,0;1,1	1,5	3,0	3,75
1,2;1,3;1,4	1,8	3,0	3,75

Таблиця 2.3

Рекомендовані розміри контактних майданчиків для SMD EPE

Позиційне позначення	Тип корпусу SMD EPE	Ширина контактного майданчика, мм	Довжина контактного майданчика, мм	Відстань між центрами, мм	Кількість контактних майданчиків в
C1, C2, C4, C5, C6, C8, C9, R2-R6, R8, R9, R11-R18, R20, R22	0603	1	0,5	1,2	2

VD1	SOD-80	1,4	1,8	3,4	2
F1	BSMD-S5	3	2	5,8	2
SB1, SB2	TVAF11	0,7	0,9	4	4
C3	93D10	2,7	1,8	7	2
C7	ECAPSM D	0,7	1,1	3	2
L2	SDR0503	3	5	2,3	2
L1	LQH32C N	1,5	2,7	3	2
DA3	SOT23-5	0,6	1,2	0,95	5
DA4	SOT23-6	0,6	1,2	0,95	6
DA1	SOIC-8	0,4	1,2	1,27	8
DA2	SOT223	0,9	1,5	2,3	3
DD1	ESP-12	0,6	1,5	1,27	16
R1	1206	0,6	1,7	3	2
VT1	SOT23	0,6	1,2	1,9	3

Для кожного отвору перевіряється виконання умови

$$d_0 \geq j \cdot H_n, \quad (2.5)$$

де j – відношення мінімального діаметру отвору до H_n ;

H_n – товщина плати.

$$1,3 > 0,4 \cdot 1,5 = 0,6$$

2 Діаметри контактних майданчиків доцільно обирати з ряду рекомендованих ОСТ4.070.010-78. Для кожного контактного майданчика перевіряється виконання умови:

$$D \geq D_{\min}, \quad (2.6)$$

де D_{\min} - найменший номінальний діаметр контактного майданчика.

$$D_{\min} = (d_0 + \Delta d_{\text{в.о.}}) + 2b + \Delta t_{\text{в.о.}} + 2\Delta t_{\text{м.р.}} + (T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_{\text{н.о.}}^2)^{1/2}, \quad (2.7)$$

де $\Delta d_{в.о}$ – верхнє граничне відхилення діаметру отвору;

b – гарантійний поясок, мм;

$\Delta t_{в.о}$ – верхнє граничне відхилення діаметру контактного майданчика;

$\Delta t_{м.р}$ – значення підтравлення діелектрику в отворі $\Delta t_{м.р} = 0$;

T_d – значення позиційного допуску розташування осей отворів у діаметральному вираженні;

T_D – значення позиційного допуску розташування центрів контактних майданчиків у діаметральному вираженні;

$\Delta t_{н.о}$ – нижнє граничне відхилення діаметру контактного майданчика та ширини друкованого провідника.

$$D_{\min 2} = (1,3 + 0,15) + 2 \cdot 0,2 + 0,15 + 2 \cdot 0 + (0,2^2 + 0,35^2 + (-0,15)^2)^{1/2} = 2,43 \text{ [мм]};$$

Діаметри контактних майданчиків вибираються $D2 = 2,5$ мм.

Конструктивно–технологічний розрахунок ширини t_1 друкованих провідників.

Номінальне значення ширини провідника у вузькому місці

$$t_{1у.м.} = t_{м.д.} + |\Delta t_{н.о}|, \quad (2.8)$$

де $t_{м.д.}$ – мінімальна допустима ширина провідника у вузькому місці (0,15 мм для 3-го класу точності).

$$t_{1у.м.} = 0,15 + 0,15 = 0,3 \text{ [мм]}.$$

У вільному місці $t_{м.д.}$ береться на клас нижче.

$$t_{1с.м.} = t_{м.д.} + |\Delta t_{н.о}|, \quad (2.9)$$

$t_{м.д.}$ – мінімальна допустима ширина провідника у вільному місці.

$$t_{1с.м.} = 0,25 + 0,15 = 0,4 \text{ [мм]}.$$

4 Розрахунок мінімальної ширини провідників t_2 за електричними режимами по постійному струму. Ширину провідників розраховують, враховуючи два фактори:

допустиму щільність струму в провіднику та допустиме падіння напруги на провіднику. Для побутової РЕА щільність струму в провіднику не повинна перевищувати $30A/мм^2$.

Для іншої РЕА та для зовнішніх шарів БДП– $20A/мм^2$, для внутрішніх шарів БДП– $15A/мм^2$. Допустимим падінням напруги вважається 1–3% від прикладеної.

$$t_2 \geq \frac{L \cdot I_{\max} \cdot \rho}{(0.01 - 0.03)h_{\phi} \cdot U}, \quad (2.10)$$

де h_{ϕ} – товщина фольги, мм;

U – прикладена напруга, В;

L – довжина провідника, м;

I_{\max} – допустимий струм у провіднику;

ρ – питомий опір провідників.

$$t_2 = \frac{0,013 \cdot 0,6 \cdot 0,0175}{0,02 \cdot 0,035 \cdot 5} = \frac{0,0001365}{0,0035} = 0,039 \text{ [мм]}.$$

5 Обирається ширина провідника $t = 0,5\text{мм}$, при цьому виконується умова

$$t \geq \begin{cases} t_1 = 0,3\text{мм} \\ t_2 = 0,0039\text{мм} \end{cases}$$

6. Перевірка форми та параметрів провідників за змінним струмом.

Мета перевірки – визначити паразитні параметри провідників та співставити їх з допустимими. Паразитними параметрами провідників, які призводять до паразитних взаємозв'язків, є:

а) опір провідників;

б) індуктивність;

в) ємність пари провідників;

г) взаємна індуктивність пари провідників.

Паразитна ємність пари провідників:

$$C = C_{noz} \cdot l_1; \quad (2.11)$$

де C_{noz} - погонна ємність пФ/см;

l_1 - довжина паралельності, см.

$$C_{noz} = k_n \cdot \varepsilon'; \quad (2.12)$$

де k_n - коефіцієнт пропорційності;

ε' - діелектрична проникність середовища.

$$\varepsilon' = \frac{\varepsilon_e + \varepsilon_n}{2}; \quad (2.13)$$

де ε_e - діелектрична проникність повітря;

ε_n - діелектрична проникність, матеріалу ДП.

$$\varepsilon' = \frac{1 + 8}{2} = 4,5;$$

$$C_{noz} = 0,13 \cdot 4,5 = 0,585 [n\Phi/cm].$$

$$C = 0,585 \cdot 1 = 0,585 [n\Phi].$$

Паразитна взаємодія між провідниками неекранованої плати

$$M = 2l_2 \left[\ln \frac{2 \cdot l_2}{s_1 + 0.5(t_1 + t_2)} \right]; \quad (2.14)$$

де l_2 - довжина паралельності, см.

$$M = 2 \cdot 1,5 \left[\ln \frac{2 \cdot 1,5}{0,15 + 0,5(0,1 + 0,1)} \right] = 7,45 [\text{мкГн}].$$

Індуктивність провідника

$$L = L_{\text{пог}} \cdot l, \quad (2.15)$$

де $L_{\text{пог}}$ - погонна індуктивність;

l - довжина провідника, см.

$$L = 0,013 \cdot 2 = 0,026 [\text{мГн}].$$

7. Розрахунок зазорів S між елементами друкованого монтажу.

Номінальна мінімальна відстань між сусідніми елементами друкованого монтажу

$$S_M = S_{\text{м.д.}} + \Delta t_{\text{в.о}}, \quad (2.16)$$

де $S_{\text{м.д.}}$ - мінімально допустима відстань між сусідніми друкованими об'єктами.

$$S_M = 0,25 + 0,15 = 0,4 [\text{мм}].$$

8. Розрахунок мінімальної відстані L у вузькому місці для прокладки

на ньому трас n провідників

$$l = \frac{D_1 + D_2}{2} + nt + S_M(n + 1) + T_l, \quad (2.17)$$

де D_1, D_2 - діаметри контактних майданчиків;

n - кількість провідників.

$$l = \frac{2,5 + 2,5}{2} + 3 \cdot 1 + 0,4 \cdot (3 + 1) + 0,2 = 7,3 [\text{мм}]$$

Дані розрахунків ДП

Діаметр монтажних отворів , мм	1,3
Діаметр контактних майданчиків , мм	2,5
Ширина друкованих провідників , мм	0,5
Відстань між сусідніми елементами, мм	0,4
Мінімальна відстань у вузькому, місці для проведення трас $n=3$, мм	7,3

Найважливішими критеріями при розміщенні ЕРЕ та трасуванні є:

- а) рівномірність розміщення ЕРЕ та провідників на платі;
- б) розміщення теплонавантажених ЕРЕ на периферії;
- в) мінімальна сумарна довжина провідників;
- г) мінімальна довжина найдовшого провідника;
- д) мінімум перетинів провідників;
- е) мінімальна довжина паралельності провідників (для високочастотних пристроїв).

Якість компоновки друкованої плати можна перевірити за допомогою коефіцієнта заповнення

$$K_3 = \frac{S_N}{S_{II}}, \quad (2.18)$$

де S_N - сумарна встановлювана площа всіх ЕРЕ;

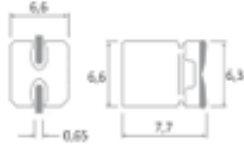

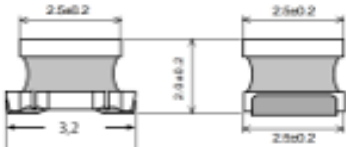
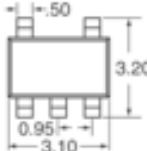
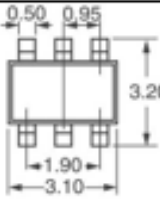
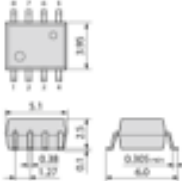

S_{II} - площа друкованої плати.

$$K_3 = \frac{6086}{6630} = 0,92.$$

Трасування з'єднань.

Метою цієї роботи є визначень трас з'єднання між собою контактних майданчиків згідно зі схемою ЭЗ. Для трасування з'єднань проєктованих друкованих плат обирається прямий спосіб трасування. Найпростіший спосіб трасування – коли траси прокладаються по найпростіших шляхах, які зв'язують точки, що підлягають комутації. При цьому спочатку прокладають найбільш критичні до довжини друкованого провідника електричні кола, а потім не критичні, що дозволяє отримати мінімальну довжину критичних електричних кіл. При прокладці кожної нової траси раніше виконані траси та контактні майданчики монтажних отворів стають перешкодами, які все більше перешкоджають прокладанню наступної траси. Траси будуть проведені спільно з раніше виконаними та огинаючи їх.

Ескізи ЕРЕ на друковану плату

Тип ЕРЕ	Позначення на ЭЗ	Ескізи ЕРЕ	Встановлювальна площа ЕРЕ, мм ²	Номер варіанту установки і формовки
ЕСАР-105С	С7		43,56 СГ	010
SDR0503	L2		18 СГ	010
LQH32CN220	L1		8 МГ	010
LMC7101B	DA3		9,92 МГ	010
SN74LVC1G3 15DBVR	DA4		9,92 МГ	010
ACS712-5.0	DA1		30,6 СГ	010
AMS1117-3	DA2		46,9 СГ	010

2.6. Остаточний розрахунок надійності

Надійність є якісною властивістю РЕА. Її не можливо виміряти фізичними методами, її можна лише передбачити. Надійністю називають властивість виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників в заданих межах, що відповідають заданим режимам та умовам використання, технічного обслуговування, зберігання і транспортування. Порушення хоча б однієї з цих умов використання призводить до порушення працездатності виробу, тобто відмови.

Завдання:

- виконати остаточний розрахунок надійності пристрою для мінімальних і максимальних величин інтенсивності відмов ЕРЕ та часу відновлення їх працездатного стану;
- для розрахунку надійності визначити умови експлуатації і вид РЕА, обґрунтувати і визначити всі допущення і математичні співвідношення, які будуть прийняті при розрахунках;
- визначити показники надійності відповідно до вивченої методики проведення остаточного розрахунку надійності.
- провести аналіз отриманих показників надійності і при необхідності привести оптимальні шляхи її підвищення на етапі проектування.

Вихідні дані:

- схема електрична принципова смарт-розетки (приведена на схемі Додаток А.
- температура ЕРЕ оцінюється шляхом аналізу роботи схеми ЕЗ без проведення теплових розрахунків;
- режими електричних навантажень ЕРЕ вибираються рекомендованими без проведення повного електричного розрахунку схеми пристрою;
- при визначенні характеристик відмов вважається, що період припрацювання вже пройшов, а період старіння і спрацювання ще не настав;

- при відсутності в довідникових даних величин k_i та α_1 для деяких ЕРЕ вони рівні 0,5; при відсутності значення T_g – рівні 0,2...1,0 год.

Теоретичні обґрунтування і розрахунки.

1 Визначення мінімального напрацювання на відмову $T_{p.min}$.

За умовами експлуатації та категорією розміщення даних пристрій відноситься до 1 групи наземної побутової РЕА (апаратура, що експлуатується в опалюваних наземних і підземних приміщеннях). Норма надійності такої РЕА становить $T_{p.max} = 5500 год$, звідси $T_{0,99 p.min} = 55 год$.

2 Визначення виду системи за надійністю.

Виходячи з призначення, смарт-розетка за періодичністю обслуговування належить до обслуговуваних пристроїв, а за характером виконуваних функцій – до відновлюваних. Відновлювана система у разі відмови і полагодження продовжує виконувати перервану функцію.

3 Визначення виду відмов.

Відмова – це подія, яка полягає в частковій чи повній втраті працездатності пристрою.

Обґрунтування шляху визначення показників надійності.

Для визначення показників надійності є два шляхи – експериментальний та теоретичний. Оскільки експлуатаційні відмови, а від так – і час безвідмовної роботи є подіями випадковими, то для визначення показників надійності тим чи іншим шляхом користуються математичним апаратом теорії ймовірності.

Показники надійності змінюються з плином часу і визначаються для різних етапів експлуатації виробу по – різному. Оскільки вже визначили, що відмови чисто експлуатаційного характеру, то розрахунки ведуться саме для таких і тільки таких відмов.

Обґрунтування часу настання відмов.

Відмови на ділянці нормальної експлуатації зумовлені в основному випадковими факторами: прихованими внутрішніми дефектами, що не були виявлені у період припрацювання та технологічним контролем. Вважаються малоїмовірними, а тому не враховуються відхилення режимів роботи, збіг концентрацій зовнішніх навантажень та внутрішніх напружень і наявність помилок оператора під час роботи. З урахуванням цього приймається, що на ділянці нормальної експлуатації інтенсивність відмов ЕРЕ є величина постійна.

Значення інтенсивностей відмов λ_{0i} ЕРЕ для нормальних умов наведені у довідникових даних. Щоб знайти інтенсивність відмов всього пристрою, необхідно знати закон розподілу відмов цих ЕРЕ та системи (смарт-розетки). Оскільки за статистикою раптовим експлуатаційним відмовам в РЕА найбільш притаманний експоненційний закон розподілу, отже

$$P(t) = \exp(-\Lambda t), \quad (2.19)$$

де $P(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи виробу на відрізку часу t .

Однак припущення, що на робочій ділянці виникають тільки раптові експлуатаційні відмови є не зовсім точне: виключається можливість виникнення відмов спрацювання і старіння.

Таке можливе тільки при достатньо жорсткому профілактичному технічному обслуговуванні, або на відрізку часу $t \ll T_p$, або якщо процеси спрацювання і старіння досить повільні. Для смарт-розетки (побутова РЕА) вважається, що процеси спрацювання і старіння досить повільні.

Визначення способу включення ЕРЕ.

У вихідних даних встановлено, що відмова одного ЕРЕ призводить до відмови всього пристрою. Таке включення ЕРЕ за надійністю називають основним (послідовним). Воно має місце, коли схема пристрою позбавлена функціональної

надлишковості. Дійсно, даний пристрій не відноситься до надто складних технічних систем, тому для нього не характерна функціональна надлишковість. Крім того, при розрахунку надійності смарт-розетки не враховуються надійності тих складових частин, відмова яких не призводить до відмови приладу (наприклад незначне пошкодження корпусу, резинових ніжок тощо). Отже, вважається включення ЕРЕ основним.

Пояснення до використаної методики.

Остаточний розрахунок надійності проводиться на стадії технічного проектування, коли остаточно і повністю розроблена схема і конструкція приладу. Тому розраховується вплив на надійність смарт-розетки всіх зовнішніх та внутрішніх чинників (теплові навантаження, електричні режими, механічні навантаження, кліматичні тощо).

Інтенсивність відмов всієї смарт-розетки визначається за формулою

$$\Lambda = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \sum \lambda_i, \quad (2.20)$$

де K_1 - коефіцієнт, який враховує вплив механічних чинників;

K_2 - коефіцієнт, який враховує вплив кліматичних чинників;

K_3 - коефіцієнт, який враховує роботу даної системи при зниженому атмосферному тиску.

Інтенсивність відмов i – го елемента у реальних умовах експлуатації

$$\lambda_i = a_{1i} \cdot a_{2i} \cdot \dots \cdot a_{ni} \cdot \lambda_{0i}, \quad (2.21)$$

де λ_{0i} - інтенсивність відмов i -го елемента в нормальних умовах експлуатації;

$a_{1i} \dots a_{ni}$ - поправочні коефіцієнти, які враховують вплив на надійність i -го елемента різних факторів (температури елемента, електричного навантаження, радіації, вологи тощо).

Для категорії РЕА, що розраховується, найбільш характерними факторами є температура ЕРЕ та її електричне навантаження. Тому враховується вплив тільки цих двох факторів, вважаючи, що решта факторів – в межах норми. Тому формула для λ_i приймає вигляд

$$\lambda_i = a_{1i} \cdot \lambda_{0i}; \quad (2.22)$$

$$a_{1i} = f(k_{ni}; t_i^0), \quad (2.23)$$

де t_i - температура і-го елемента;

k_{ni} - коефіцієнт електричного навантаження.

Оскільки вихідні дані не передбачають повного електричного та теплового розрахунку надійності, то температура ЕРЕ вибирається на підставі аналізу роботи ЕРЕ смарт-розетки, а коефіцієнти електричних навантажень вибираються рекомендованими, при яких оптимально будуть поєднані надійність ЕРЕ з іншими їх характеристиками.

Розрахунок інтенсивності відмов смарт-розетки за реальних умов експлуатації.

Всі елементи пристрою діляться на групи однотипних; у межах однієї групи j інтенсивності відмов елементів і середній час відновлення працездатного стану однакові для всіх ЕРЕ. Дані заносяться в таблицю 2.5.

Інтенсивність відмов пристрою без урахування категорії РЕА (умов експлуатації об'єкта встановлення).

$$\Lambda'_{\min} = \sum_{j=1}^m \lambda_{j\min}; \quad (2.24)$$

$$\Lambda'_{\min} = 1,248 \cdot 10^{-6} \left[\frac{1}{\text{год}} \right].$$

$$\Lambda'_{\max} = \sum_{j=1}^m \lambda_{j \max} ; \quad (2.25)$$

$$\Lambda'_{\max} = 16,916 \cdot 10^{-6} \left[\frac{1}{\text{год}} \right].$$

Значення поправочних коефіцієнтів для стаціонарної РЕА, вологості 60...70%, температури (20...40)°С, нормального атмосферного тиску:

$$K_1=1,03; \quad K_2=1,00; \quad K_3=1,00.$$

З їх урахуванням за формулою

$$\Lambda_{\min} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \Lambda'_{\min} ; \quad (2.26)$$

$$\Lambda_{\min} = 1,03 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,248 = 1,285 \cdot 10^{-6} \left[\frac{1}{\text{год}} \right]$$

$$\Lambda_{\max} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \Lambda'_{\max} ; \quad (2.27)$$

$$\Lambda_{\max} = 1,03 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 16,916 = 17,423 \cdot 10^{-6} \left[\frac{1}{\text{год}} \right].$$

Розрахунки інших показників надійності.

Середнє напрацювання до відмови.

Це математичне очікування середнього часу безвідмовної роботи

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda} ; \quad (2.28)$$

$$T_{cp.\min} = \frac{1}{17,423 \cdot 10^{-6}} = 57395[\text{год}].$$

$$T_{cp.max} = \frac{1}{1,285 \cdot 10^{-6}} = 778210[\text{год}].$$

Ймовірність безвідмовної роботи.

Це ймовірність того, що на протязі часу t відмова не наступить.

$$P_{max}(t) = \exp(-\lambda_{min} t); \quad (2.29)$$

$$P_{min}(t) = \exp(-\lambda_{max} t); \quad (2.30)$$

$P_{max}(10) = 0,999987;$	$P_{min}(10) = 0,9998257;$
$P_{max}(100) = 0,9998715;$	$P_{min}(100) = 0,9982592;$
$P_{max}(1000) = 0,9987158;$	$P_{min}(1000) = 0,982727;$
$P_{max}(3000) = 0,9961524;$	$P_{min}(3000) = 0,9490735;$
$P_{max}(7000) = 0,9910453;$	$P_{min}(7000) = 0,8851828;$
$P_{max}(10000) = 0,9872322;$	$P_{min}(10000) = 0,8401036;$
$P_{max}(30000) = 0,9621835;$	$P_{min}(30000) = 0,5929234;$
$P_{max}(50000) = 0,9377705.$	$P_{min}(50000) = 0,4184700.$

Після підстановки в формули відповідних значень і обчислень дані заносяться у таблицю 2.6 .

Таблиця.2.6

Залежність $P(t)$

(t)	t год							
	10	100	1000	3000	7000	10000	30000	50000
$P_{max}(t)$	0,99998	0,999871	0,998715	0,9961524	0,9910453	0,9872322	0,9621835	0,93777
$P_{min}(t)$	0,9998	0,998259	0,982727	0,9490735	0,8851828	0,8401036	0,5929234	0,41847

Графік залежності $P(lgt)$ зображено на рис. 2.3.

3 γ - відсоткове напрацювання до відмови – це час, на протязі якого ймовірність безвідмовної роботи буде не нижчою наперед заданого рівня гарантійної ймовірності $\gamma = 0,99$.

$$T_{0,99\min} \approx T_{cp.\min} (1 - \gamma); \quad (2.31)$$

$$T_{0,99\min} \approx 57395 \cdot (1 - 0,99) = 573,95[\text{год}] \approx 573\text{год}.$$

$$T_{0,99\max} \approx T_{cp.\max} (1 - \gamma); \quad (2.32)$$

$$T_{0,99\max} \approx 778210 \cdot (1 - 0,99) = 7782,1[\text{год}] \approx 7782\text{год}.$$

Таблиця.2.7

Вихідні дані для розрахунку T_{vj}

$\lambda_{\min} \cdot T_{\text{вmin}}$	$\lambda_{\min} \cdot T_{\text{вmax}}$	$\lambda_{\max} \cdot T_{\text{вmin}}$	$\lambda_{\max} \cdot T_{\text{вmax}}$
0,36	1,68	0,504	2,352
0,0051	0,0255	0,255	1,275
0,009	0,045	0,024	0,12
0,004	0,022	0,032	0,176
0,6272	2,6656	10,976	46,648
0,00078	0,003315	0,234	0,9945
0,00078	0,003315	0,234	0,9945
0,015	0,063	0,3	1,26
0,015	0,063	0,3	1,26
0,02025	0,04725	0,4725	1,1025
0,02025	0,04725	0,4725	1,1025
0,02025	0,04725	0,4725	1,1025
0,02025	0,04725	0,4725	1,1025

0,0315	0,0735	0,735	1,715
0,181944	0,788424	18,1944	78,8424
0,000504	0,002184	0,0504	0,2184
0,0028	0,012	0,07	0,3
0,0024	0,0132	0,048	0,264
0,0315	0,1575	0,063	0,315
0,027	0,126	0,648	3,024
0,01	0,05	0,01	0,05
0,39762	1,9881	79,524	397,62
0,00001	0,00005	0,00012	0,0006
$\Sigma =$ 1,803138	$\Sigma =$ 7,970688	$\Sigma =$ 114,0919	$\Sigma =$ 541,8394

Середній час відновлення працездатного стану – це математичне очікування середнього часу відновлення працездатного стану системи.

$$T_{B1} = \frac{\sum_{j=1}^m (\lambda_{j \min} T_{Bj \min})}{\sum_{j=1}^m \lambda_{j \min}} ; \quad (2.33)$$

$$T_{B1} = \frac{1,80313 \cdot 10^{-6}}{1,248 \cdot 10^{-6}} = 1,44482[\text{год}].$$

$$T_{B2} = \frac{\sum_{j=1}^m (\lambda_{j \min} T_{Bj \max})}{\sum_{j=1}^m \lambda_{j \min}} ; \quad (2.34)$$

$$T_{B2} = \frac{7,97068 \cdot 10^{-6}}{1,248 \cdot 10^{-6}} = 6,3867[\text{год}].$$

$$T_{B3} = \frac{\sum_{j=1}^m (\lambda_{j \max} T_{Bj \min})}{\sum_{j=1}^m \lambda_{j \max}}; \quad (2.35)$$

$$T_{B3} = \frac{114,092 \cdot 10^{-6}}{16,916 \cdot 10^{-6}} = 6,7446[\text{год}].$$

$$T_{B4} = \frac{\sum_{j=1}^m (\lambda_{j \max} T_{Bj \max})}{\sum_{j=1}^m \lambda_{j \max}}; \quad (2.36)$$

$$T_{B4} = \frac{541,839 \cdot 10^{-6}}{16,916 \cdot 10^{-6}} = 32,03[\text{год}].$$

Значення T_B лежить в межах від 1,445 до 32,03 год.

5. Коефіцієнт готовності – це ймовірність того, що смарт-розетка виявиться працездатною в будь який момент часу, крім запланованих періодів, коли застосування виробу за призначенням не передбачається. Визначаються два значення цього показника:

$$K_{z.\min} = \frac{T_{cp \min}}{(T_{cp \min} + T_{B \max})}; \quad (2.37)$$

$$K_{z.\min} = \frac{57395}{(57395 + 32,03)} = 0,99944.$$

$$K_{z.\max} = \frac{T_{cp\max}}{(T_{cp\max} + T_{B\min})}; \quad (2.38)$$

$$K_{z.\max} = \frac{778210}{(778210 + 1,445)} = 0,9999981 .$$

Висновки.

Обрана елементна база приладу, принцип і метод компоновки і побудови конструкції забезпечили вимоги до рівня надійності [6].

$$T_{0,99\min} = 573\text{год} > T_{0,99\min} = 55\text{год} .$$

Таблиця .2.8

Дані розрахунку інтенсивності відмов (на наступній сторінці)

Номер групи j, назва і тип ЕРЕ	Позначення на схемі ЭЗ	Кількість в групі Nj, шт	Інтенсивність відмов для нормальних умов, λ_{0i} , 10^{-6} 1/год		Середній час відновленн я ЕРЕ, Tвi, год		T , ° C	кн	ai	Інтенсивніс ть відмов групи в реальних умовах, $\lambda_j=Nj a_i \lambda_{0i}$, 10^{-6} , 1/год		Середній час відновлення групи Tвj=Nj Tвi, год	
			min	max	min	max				min	max	min	max
1 Блок живлення HLK-PM01	A1	1	0,5	0,7	0,6	2,8	40	0,7	1,2	0,6	0,84	0,6	2,8
2 Діод DL4148	VD1	1	0,02	1,0	0,3	1,5	20	0,7	0,85	0,017	0,85	0,3	1,5
3 Запобіжник BSMD-S5.0A	F1	1	0,3	0,8	0,3	1,5	20	0,5	0,10	0,03	0,08	0,3	1,5
4 Кнопка TS3401	SB1, SB2	2	0,05	0,4	0,2	1,1	20	0,5	0,10	0,01	0,08	0,4	2,2
5 Конденсатори	C1, C2, C4	7	0,04	0,7	0,4	1,7	2	0,7	0,8	0,224	3,92	2,8	11,9

Продовження таблиці 2.8

6	Конденсатор 93D10	C3	1	0,003	0,9	0,4	1,7	2 0	0,7	0,65	0,0019 5	0,585	0,4	1,7
7	Конденсатор ECAP-105C	C7	1	0,003	0,9	0,4	1,7	2 0	0,7	0,65	0,001 95	0,585	0,4	1,7
8	Котушка індукт. LQH32CN	L1	1	0,05	1,0	0,5	2,1	2 0	0,8	0,60	0,03	0,6	0,5	2,1
9	Котушка індукт. SDR0503	L2	1	0,05	1,0	0,5	2,1	2 0	0,8	0,60	0,03	0,6	0,5	2,1
10	IMC LMC7101BIM5	DA3	1	0,03	0,7	1,5	3,5	2 0	0,5	0,45	0,013 5	0,315	1,5	3,5
11	IMC SN74LVC1G315DB VR	DA4	1	0,03	0,7	1,5	3,5	2 0	0,5	0,45	0,013 5	0,315	1,5	3,5
12	IMC ACS712-	DA1	1	0,03	0,7	1,5	3,5	2	0,5	0,45	0,013	0,315	1,5	3,5

Продовження таблиці 2.8

5.0							0			5			
13 IMC AMS1117-3.3	DA2	1	0,03	0,7	1,5	3,5	20	0,5	0,45	0,0135	0,315	1,5	3,5
14 IMC ESP-12F	DD1	1	0,03	0,7	1,5	3,5	40	0,5	0,70	0,021	0,49	1,5	3,5
15 Резистори RC1608J	R2-R6, R8-R20, R22	19	0,004	0,4	0,3	1,3	20	0,5	0,42	0,03192	3,192	5,7	24,7
16 Резистори RC3216J	R1	1	0,004	0,4	0,3	1,3	20	0,5	0,42	0,00168	0,168	0,3	1,3
17 Реле HF115-F	K1	1	0,04	1,0	0,7	3	20	0,5	0,10	0,004	0,1	0,7	3
18 Роз'єм DG127-5.08-02P	XS1, XS2	2	0,03	0,6	0,2	1,1	20	0,5	0,10	0,006	0,12	0,4	2,2
19 Транзистор BC547	VT1	1	0,3	0,6	0,3	1,5	20	0,5	0,35	0,105	0,21	0,3	1,5
20 Трансформатор	T1	3	0,05	1,2	0,6	2,8	2	0,5	0,10	0,015	0,36	1,8	8,4

Закінчення таблиці 2.8

ZMPT101B							0							
27 Плата друкована	-	1	0,1	0,1	0,2	1,0	20	0,5	0,50	0,05	0,05	0,2	1	
28 Пайки з'єднувальні	-	141	0,0002	0,04	0,2	1,0	20	0,5	0,50	0,0141	2,82	28,2	141	
29 Провід з'єднувальний	-	0,1	0,01	0,12	0,2	1,00	20	0,5	0,50	0,0005	0,006	0,02	0,1	
										1,248	16,916	51,32	228,2	

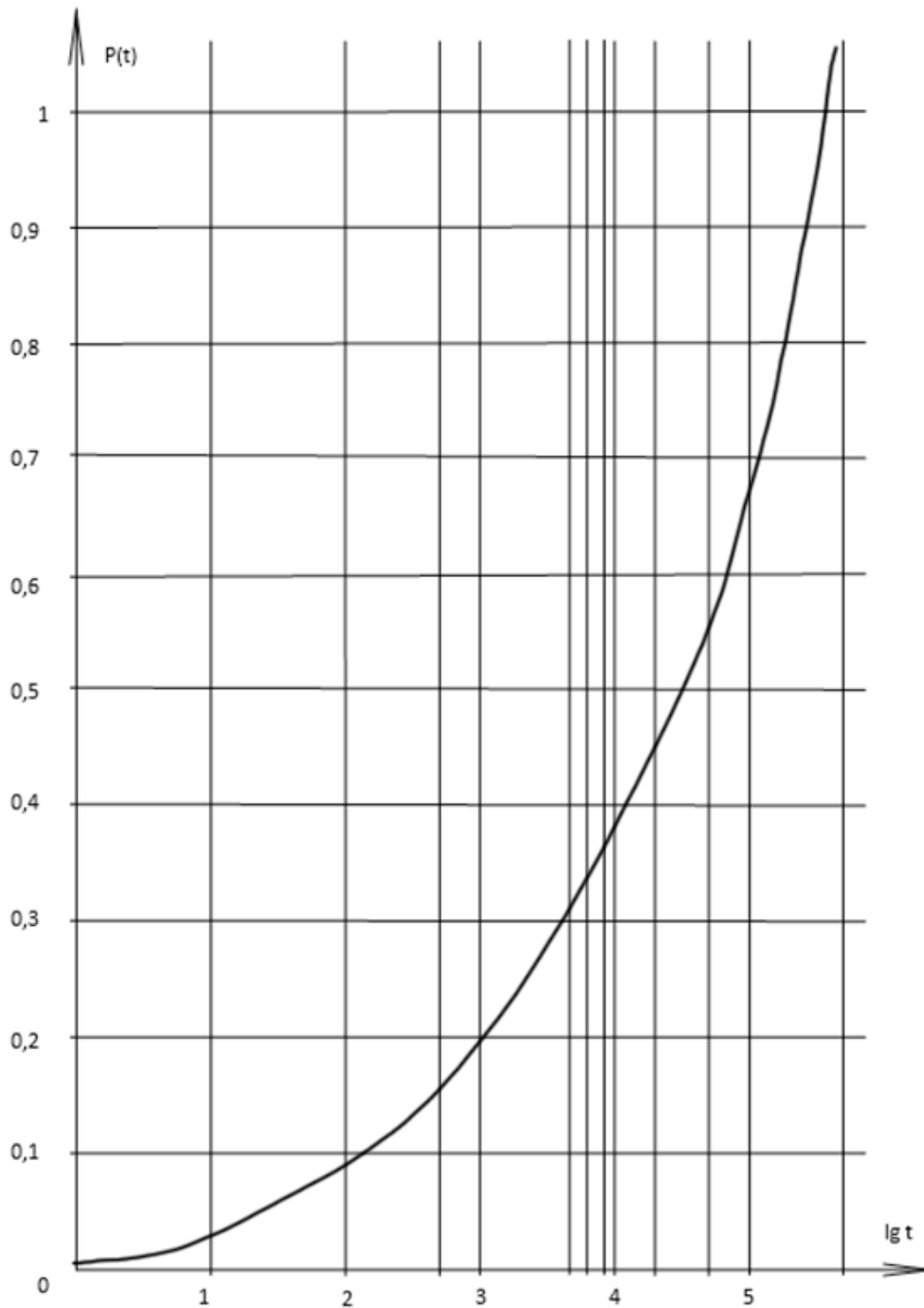


Рис 2.3. Залежність ймовірності безвідмовної роботи від логарифму часу

2.7. Компоновка приладу

Компоновка починається з розміщення органів керування на верхній панелі пристрою. Органи керування, якими при експлуатації користуються рідко, зазвичай не мають ручок – їх розміщують всередині пристрою.

Паралельно з розміщенням керуємих вузлів та органів керування можна компоувати малогабаритні ЕРЕ схеми.

При виборі взаємного розташування окремих каскадів необхідно враховувати можливість появи паразитних зворотніх зв'язків між ними, що може порушити їх нормальну роботу.

Для захисту провідників від наводок їх розмішують в екрані з мідних луджених дротів у вигляді обмотки. При використанні таких провідників на високих частотах слід мати на увазі, що вони мають значну ємність (до 200 пФ/м проводу).

Деталей які сильно нагріваються немає в приладі.

При компоувці вузлів необхідно шукати таке взаємне розташування деталей, при якому одночасно в найбільшій мірі будуть виконуватись дві умови: мінімальні зворотні зв'язки і найбільш повне використання об'єму блока. Найкращий коефіцієнт заповнення блока отримується тоді, коли всі крупногабаритні деталі мають однакову висоту та кратні інші розміри.

Необхідно слідувати до таких розташувань елементів конструкції, при яких забезпечується технологічність збирання та монтажу.

Оскільки прилад споживає малу потужність, то виділення тепла буде незначне, тому в застосуванні методів охолодження немає потреби.

В середині пристрою знаходиться одна друкована плата розміром 51x65 мм. Плата кріпиться до нижньої частини корпусу за допомогою гвинтів.

2.7.1. Зовнішня компоувка приладу

Якість зовнішнього оформлення залежить від того, наскільки вдало засобами дизайну забезпечується єдність форми. Виріб або його елементи можуть бути статичні, динамічні, мати різні декоративні елементи, кольорові рішення.

Основи художнього конструювання:

- форма проста і виразна. Окремі частини підкреслюють головне призначення;

- у зовнішній обробці відсутні невиправдані виступи, випадкові деталі – все те, що порушує цілісність форми: петлі, замки, транспортувальні деталі. Елементи кріплення знаходяться в середині приладу;
- форма приладу симетрична, підкреслює естетичність, симетричність природних форм служить стимулом таких пошуків в техніці, в той же час це не є обов'язковим;
- при фарбовуванні побутової апаратури зазвичай використовують світлі тони.

Прилад спроектовано у вигляді складного паралелепіпеда зі закругленнями та виступами. На лицьовій панелі знаходяться два світлодіодні індикатора: зелений повідомляє про включення або виключення навантаження і червоний вказує на роботу самого пристрою. Також там знаходиться тактова кнопка для включення або виключення навантаження у «ручному» режимі. Навантаження під'єднується шляхом стандартної «євро»-вилки до вмонтованої у корпус прилада «євро»-розетки.

2.8. Розрахунок теплового режиму

Розрахунок теплового режиму смарт-розетки проводиться по методиці оцінки теплових режимів блоку з герметичним (ущільненим) корпусом в умовах природної повітряної конвекції коефіцієнтним методом з урахуванням узагальнених результатів експериментальних досліджень теплових конструкцій РЕА.

2.8.1. Завдання

Виконати оцінку:

- середнього перегріву v_k ущільненого корпусу над температурою t_c навколишнього середовища;
- середнього перегріву v_z зони над температурою t_c навколишнього середовища;
- середнього перегріву v_n повітря в середині РЕА над температурою t_c навколишнього середовища;

- перегріву $V_{ел}$ поверхні одного теплонавантаженого ЕРЕ над температурою t_c навколишнього середовища;
- перегріву $V_{ел}$ поверхні одного теплонавантаженого ЕРЕ над температурою t_c навколишнього середовища;
- перегріву $V_{ел.с}$ оточуючого елемент середовища над температурою t_c навколишнього середовища;
- середньоповерхневої температури t_k корпусу;
- середньоповерхневої температури t_z зони;
- середньої температури t_n повітря всередині РЕА;
- температури нагріву $t_{ел}$ теплонавантаженого ЕРЕ;
- температури нагріву $t_{ел.с}$ оточуючого теплонавантаженого елемент середовища.

2.8.2. Вихідні дані

- довжина корпусу $L1 = 0,124$ м;
- ширина корпусу $L2 = 0,057$ м;
- висота корпусу $h = 0,04$ м;
- сума об'ємів деталей, розміщених всередині РЕА, $V_d = 0,000038$ м³;
- виділена РЕА тепла потужність $P = 3$ Вт;
- тепла потужність, розсіювана елементом VT1 $P_{ел} = 0,1$ Вт;
- площа поверхні елемента VT1 $S_{ел} = 0,0000164$ м²;
- температура навколишнього середовища $t_c = 20$ °С;
- атмосферний тиск зовні РЕА $H1 = 1,02 \cdot 10^5$ Па;
- атмосферний тиск всередині РЕА $H2 = 1,02 \cdot 10^5$ Па.

Розрахунки.

Розрахунок температури корпусу.

1 Поверхня корпусу РЕА

$$S_k = 2(L_1 \cdot L_2 + L_1 \cdot h + L_2 \cdot h); \quad (2.39)$$

$$S_{\kappa} = 2(0,124 \cdot 0,057 + 0,124 \cdot 0,04 + 0,057 \cdot 0,04) = 0,0287 [m^2].$$

2. Питома потужність розсіювання РЕА

$$P_{\kappa.num} = \frac{P}{S_{\kappa}} \quad (2.40)$$

$$P_{\kappa.num} = \frac{3}{0,0287} = 104,53 \left[\frac{Вт}{m^2} \right].$$

3. Перегрів корпусу для нормальних кліматичних умов відносно навколишнього середовища

$$v_{\kappa H} = 0,1472 \cdot P_{\kappa.num} - 0,2962 \cdot 10^{-3} \cdot P_{\kappa.num}^2 + 0,3127 \cdot 10^{-6} \cdot P_{\kappa.num}^3; \quad (2.40)$$

$$v_{\kappa H} = 0,1472 \cdot 104,53 - 0,2962 \cdot 10^{-3} \cdot 104,53^2 + 0,3127 \cdot 10^{-6} \cdot 104,53^3 = 12,5 [^{\circ}C]$$

4 Коефіцієнт, який враховує зміну тиску навколишнього середовища відносно нормального (формула справедлива для $700 \leq H \leq 1,02 \cdot 10^5$ Па)

$$k_{H1} = 0,82 + \frac{1}{0,925 + 4,6 \cdot 10^{-5} \cdot H1}; \quad (2.41)$$

$$k_{H1} = 0,82 + \frac{1}{0,925 + 4,6 \cdot 10^{-5} \cdot 1,02 \cdot 10^5} = 0,998.$$

5 Реальний нагрів корпусу відносно навколишнього середовища (формула справедлива для $0 \leq P_{\kappa.num} \leq 400 Вт / m^2$)

$$v_{\kappa} = k_{H1} \cdot v_{\kappa H}; \quad (2.42)$$

$$v_{\kappa} = 0,998 \cdot 12,5 = 12,47 [^{\circ}C].$$

6 Температура корпусу

$$t_k = v_k + t_c ; \quad (2.43)$$

$$t_k = 13,49 + 20 = 33,49 [^{\circ}C] .$$

2.8.3.2 Розрахунок температури умовної нагрітої зони.

1. Коефіцієнт заповнення об'єму корпусу РЕА

$$k_3 = \frac{V_0}{L_1 \cdot L_2 \cdot h} ; \quad (2.44)$$

$$k_3 = \frac{0,000038}{0,124 \cdot 0,057 \cdot 0,04} = 0,134$$

2. Площа поверхні умовної нагрітої зони

$$S_3 = 2 \cdot [L_1 \cdot L_2 + (L_1 + L_2) \cdot h \cdot k_3] ; \quad (2.45)$$

$$S_3 = 2 \cdot [0,124 \cdot 0,057 + (0,124 + 0,057) \cdot 0,04 \cdot 0,134] = 0,002 [m^2] .$$

3. Питома потужність розсіювання нагрітої зони

$$P_{з.пум} = \frac{P}{S_3} ; \quad (2.46)$$

$$P_{з.пум} = \frac{3}{0,002} = 150 \left[\frac{Вт}{m^2} \right] .$$

4. Перегрів нагрітої зони при нормальному тиску всередині РЕА

$$v_{3.H} = 0,1390 \cdot P_{3.num} - 0,1223 \cdot 10^{-3} \cdot P_{3.num}^2 + 0,0698 \cdot 10^{-6} \cdot P_{3.num}^3; \quad (2.47)$$

$$v_{3.H} = 0,1390 \cdot 150 - 0,1223 \cdot 10^{-3} \cdot 150^2 + 0,0698 \cdot 10^{-6} \cdot 150^3 = 24,13 [^{\circ}C].$$

5. Коефіцієнт, який враховує зміну тиску в середині РЕА відносно нормального (формула справедлива для $700 \leq H \leq 1,02 \cdot 10^5$ Па)

$$k_{H2} = 0,80 + \frac{1}{1,025 + 3,8 \cdot 10^{-5} \cdot H_2}; \quad (2.48)$$

$$k_{H2} = 0,80 + \frac{1}{1,025 + 3,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1,02 \cdot 10^5} = 1.$$

6 Перегрів нагрітої зони при внутрішньому тиску, відмінному від нормального (формула справедлива для $0 \leq P_{к.нут} \leq 600 \text{Вм} / \text{м}^2$)

$$v_3 = v_{\kappa} + (v_{3.H} - v_{\kappa}) \cdot k_{H2}; \quad (2.49)$$

$$v_3 = 13,49 + (24,13 - 13,49) \cdot 1 = 24,13 [^{\circ}C].$$

7 Температура нагрітої зони

$$t_3 = v_3 + t_c; \quad (2.50)$$

$$t_3 = 24,13 + 20 = 44,13 [^{\circ}C].$$

Розрахунок середньої температури повітря всередині РЕА.

1. Перегрів повітря всередині РЕА

$$v_n = 0,5 \cdot (v_3 + v_{\kappa}); \quad (2.51)$$

$$v_n = 0,5 \cdot (24,13 + 13,49) = 18,81 [^{\circ}C].$$

2 Середня температура повітря всередині РЕА

$$t_n = v_n + t_c; \quad (2.52)$$

$$t_n = 18,81 + 20 = 38,81 [^{\circ}C].$$

Розрахунок температури поверхні радіоелемента .

1. Питома потужність розсіювання елемента VT1

$$P_{ел.пит} = \frac{P_{ел}}{S_{ел}}; \quad (2.53)$$

$$P_{ел.пит} = \frac{0,1}{0,0000164} = 6097 \left[\frac{Вт}{м^2} \right].$$

2. Перегрів поверхні елемента VT1

$$v_{ел} = v_з \cdot \left(0,75 + 0,25 \cdot \frac{P_{ел.пит}}{P_{з.пит}} \right); \quad (2.54)$$

$$v_{ел} = 24,13 \cdot \left(0,75 + 0,25 \cdot \frac{6097}{1500} \right) = 42,6 [^{\circ}C].$$

3. Температура поверхні теплонавантаженого елемента VT1

$$t_{ел} = v_{ел} + t_c; \quad (2.55)$$

$$t_{ел} = 42,6 + 20 = 62,6 [^{\circ}C].$$

Розрахунок температури оточуючого елемент VT1 середовища.

1. Перегрів оточуючого елемент середовища

$$v_{ел.с} = v_n \cdot \left(0,75 + 0,25 \cdot \frac{P_{ел.ном}}{P_{з.ном}} \right); \quad (2.56)$$

$$v_{ел.с} = 18,81 \cdot \left(0,75 + 0,25 \cdot \frac{6097}{1500} \right) = 33,22 [^{\circ}C].$$

2. Температура оточуючого елемент VT1 середовища

$$t_{ел.с} = v_{ел.с} + t_c; \quad (2.57)$$

$$t_{ел.с} = 33,22 + 20 = 53,22 [^{\circ}C].$$

Висновки.

Розраховані середні температури нагріву корпусу, повітря в середині корпусу, нагрітої зони, поверхні теплонавантаженого елемента VT1 і оточуючого цей елемент середовища знаходяться в межах допустимих значень, тому немає необхідності змінювати вибрані способи охолодження .

2.9. Техніко-економічний аналіз конструкції

Для оцінки рівня технологічності існує велика кількість показників, які певним чином характеризують виріб. Виробнича технологічність має дві групи таких показників – конструкторські і технологічні, а також окремо виділені внаслідок особливої важливості такі показники технологічності ,як уніфікація і стандартизація.

Розрахувати групу показників технологічності, які характеризують конструктивні особливості виробу і його складових частин.

Вихідні дані:

- загальна кількість деталей-17;

- загальна кількість типорозмірів деталей без урахування кріпильних-5;
- кількість типорозмірів оригінальних деталей-0;
- кількість оригінальних деталей-0;
- кількість ЕРЕ -45;
- кількість типорозмірів ЕРЕ-19;
- кількість типорозмірів оригінальних ЕРЕ-0;
- кількість вузлів-1;
- кількість типорозмірів вузлів-1;
- кількість типорозмірів оригінальних вузлів-1;
- кількість типів деталей -10;
- кількість ІМС-5;
- кількість типів корпусів ІМС -5;
- кількість друкованих плат -1;
- кількість типорозмірів друкованих плат-3;
- кількість макросортаментів матеріалів-2;
- кількість встановлюваних розмірів-19;
- кількість багатошарових друкованих плат-0;
- кількість типорозмірів вузлів, що вимагають регулювання-0;
- кількість вузлів з допуском квалітету 10 і вище-0;
- кількість уніфікованих деталей-5;
- кількість стандартизованих деталей-0;
- кількість легкороз'ємних з'єднань-0;
- кількість гвинтових з'єднань-15;
- кількість нероз'ємних з'єднань-4;
- кількість контрольованих параметрів-0;
- кількість контрольних точок-0.

Розрахунки.

1. Коефіцієнт застосовності деталей

$$K_{зд} = 1 - (D_{тр. ор} / D_{тр. заг}) , \quad (2.58)$$

де $D_{тр. ор}$ – кількість типорозмірів оригінальних деталей;

$D_{тр. заг}$ – загальна кількість типорозмірів деталей без урахування кріпильних.

$$K_{зд} = 1 - (0 / 5) = 1 .$$

2 Коефіцієнт застосування ЕРЕ

$$K_{з ЕРЕ} = 1 - (H_{тр. ор. ЕРЕ} / H_{тр. ЕРЕ}) , \quad (2.59)$$

де $H_{тр. ор. ЕРЕ}$ – кількість типорозмірів оригінальних ЕРЕ;

$H_{тр. ЕРЕ}$ – загальна кількість типорозмірів ЕРЕ.

$$K_{з ЕРЕ} = 1 - (0 / 19) = 1 .$$

3 Коефіцієнт застосування вузлів

$$K_{зв} = 1 - (E_{тр. ов} / E_{тр. в}) , \quad (2.60)$$

де $E_{тр. ов}$ – кількість типорозмірів оригінальних вузлів;

$E_{тр. в}$ – загальна кількість типорозмірів вузлів.

$$K_{зв} = 1 - (1 / 1) = 0 .$$

4. Коефіцієнт повторюваності деталей і вузлів

$$K_{пов. дв} = 1 - (D_T - E_T) / (D + E) , \quad (2.61)$$

де D_T і E_T – кількість типів деталей і вузлів у виробі;

D і E – загальна кількість деталей і вузлів у виробі.

$$K_{пов. дв} = 1 - (10 - 1) / (19 + 1) = 0,55 .$$

5. Коефіцієнт повторюваності ЕРЕ

$$K_{\text{пов. ЕРЕ}} = 1 - (N_{\text{тр. ЕРЕ}} / N_{\text{ЕРЕ}}), \quad (2.62)$$

де $N_{\text{ЕРЕ}}$ – загальна кількість ЕРЕ у виробі.

$$K_{\text{пов. ЕРЕ}} = 1 - (19 / 45) = 0,578.$$

6. Коефіцієнт повторюваності ІС і мікробірок

$$K_{\text{пов. ІС}} = 1 - (N_{\text{тр. ІС}} / N_{\text{ІС}}), \quad (2.63)$$

де $N_{\text{тр. ІС}}$ – кількість типорозмірів корпусів ІС і мікробірок ;

$N_{\text{ІС}}$ – загальна кількість ІС і мікробірок.

$$K_{\text{пов. ІС}} = 1 - (5/5)=0.$$

7. Коефіцієнт повторюваності ДП

$$K_{\text{с. ДП}} = 1 - (N_{\text{тр. ДП}} / N_{\text{ДП}}), \quad (2.64)$$

де $N_{\text{тр. ДП}}$ – кількість типорозмірів ДП;

$N_{\text{ДП}}$ – загальна кількість ДП.

$$K_{\text{пов. ДП}} = 1 - (1 / 1) = 0.$$

8. Коефіцієнт повторюваності матеріалів

$$K_{\text{пов. м.}} = 1 - (N_{\text{мм}} / D_{\text{тр. ор}}), \quad (2.65)$$

де $N_{\text{мм}}$ – кількість макросортаментів матеріалів.

$$K_{\text{пов. м.}} = 1 - (2/ 0) = 1.$$

9. Коефіцієнт використання ІС і мікробірок

$$K_{\text{вик.ІС}} = N_{\text{ІС}} / (N_{\text{ІС}} + N_{\text{ЕРЕ}}), \quad (2.66)$$

$$K_{\text{вик.ІС}} = 5 / (5+45) = 0,1.$$

10 Коефіцієнт встановлюваних розмірів

$$K_{\text{вр}} = 1 - (N_{\text{вр}} / N_{\text{ЕРЕ}}), \quad (2.67)$$

де $N_{\text{вр}}$ – кількість встановлюваних розмірів.

$$K_{\text{вр}} = 1 - (19 / 45) = 0,57.$$

11. Коефіцієнт складності ДП

$$K_{\text{с.ДП}} = 1 - N_{\text{БДП}} / N_{\text{ДП}}, \quad (2.68)$$

де $N_{\text{БДП}}$ – кількість багатошарових ДП.

$$K_{\text{с.ДП}} = 1 - 0 / 1 = 1.$$

12. Коефіцієнт освоєності деталей

$$K_{\text{осв}} = 1 - (D_{\text{ор}} / D), \quad (2.69)$$

де D – загальна кількість деталей.

$$K_{\text{осв}} = 1 - (0 / 17) = 1.$$

13. Коефіцієнт складності збірки

$$K_{\text{с.зб}} = 1 - E_{\text{тр.сп}} / E_{\text{тр}}, \quad (2.70)$$

де $E_{тр.сп}$ - кількість типорозмірів вузлів, що вимагають регулювання чи підгонки в складі виробу з використанням спеціальних пристроїв або спеціальної обробки з розбиранням і повторним збиранням.

$$K_{с.зб} = 1 - 0 / 1 = 1.$$

14. Коефіцієнт збірності

$$K_{зб} = E / (E + Д), \quad (2.71)$$

де $Д$ і $Е$ – загальна кількість деталей і вузлів у виробі.

$$K_{зб} = 1 / (17 + 1) = 0,056.$$

15. Коефіцієнт точності обробки

$$K_{т.об} = 1 - (Д_{тч} / Д), \quad (2.72)$$

де $Д_{тч}$ – кількість деталей з допуском квалітету 10 і вище.

$$K_{т.об} = 1 - (0 / 17) = 1.$$

16. Коефіцієнт складності збирання конструкції

$$K_{ск зб} = Z_{лз} / (Z_{лз} + Z_{гз} + Z_{нз}), \quad (2.73)$$

де $Z_{лз}$ – кількість легкороз'ємних з'єднань;

$Z_{гз}$ – кількість гвинтових з'єднань;

$Z_{нз}$ – кількість нероз'ємних з'єднань.

$$K_{ск зб} = 0 / (0 + 15 + 4) = 0.$$

17 Коефіцієнт контролеропридатності

$$K_{кп} = (N_{кп} + N_{кт} - 1) / (N_{кп} + N_{кт}), \quad (2.74)$$

де $N_{\text{кп}}$ – кількість контрольованих параметрів(0);

$N_{\text{кт}}$ – кількість контрольованих точок(0).

18. Коефіцієнт уніфікації

$$K_y = N_{\text{сч.у}} / N_{\text{сч}}, \quad (2.75)$$

де $N_{\text{сч.у}}$ – кількість уніфікованих складових частин;

$N_{\text{сч}}$ – загальна кількість складових частин.

$$K_y = 5 / 17 = 0,29.$$

19. Коефіцієнт стандартизації

$$K_{\text{ст}} = N_{\text{ст ск}} / N_{\text{ск}}, \quad (2.76)$$

де $N_{\text{ст ск}}$ – кількість стандартизованих складових частин;

$N_{\text{ск}}$ – загальна кількість складових частин.

$$K_{\text{ст}} = 0 / 17 = 0.$$

Висновок.

Конструкторські показники технологічності пристрою, що проектується знаходяться в межах, рекомендованих в ТЗ, що свідчить про його технологічність .

Розрахунок потужності , що споживається

Розрахунок потужності споживання.

В приладі споживана загальна потужність дорівнює сумі споживаних потужностей всіх джерел живлення.

Загальну потужність пристрою можна розрахувати за формулою:

$$P = U_{\text{жив.}} \cdot I_{\text{спож.}} \quad (2.77)$$

де $U_{\text{жив.}}$ – напруга живлення;

$I_{\text{спож.}}$ – струм споживання.

$$P_{\text{тр}} = 5 \cdot 0,4 = 2 \text{ [Вт]};$$

Отже, загальна потужність приладу дорівнює 2 Вт.

Заходи по енергозбереженню.

Загальна споживана потужність приладу є не високою. Знизити споживану потужність можна застосувавши мікросхеми з малим енергоспоживанням або перевірити електричними розрахунками можливість застосування транзисторів середньої потужності замість високопотужних.

В схемі немає дуже потужних елементів, що виділяють значну кількість теплової енергії в навколишнє середовище. Тому не потрібно вносити в пристрій додаткових систем охолодження, що впливають на його габарити і ціну та змінювати конструктивні особливості деталей і вузлів.

РОЗДІЛ 3

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Вибір типу виробництва

Є три основні типи виробництва: одиничне, серійне і масове.

Серійне виробництво має обмежену номенклатуру продукції, послуг, робіт, виготовлення або ремонт основних виробів періодично повторюються певними партіями. На робочих місцях серійного виробництва виконується обмежена кількість ремонтних операцій. Застосовується універсальне та спеціалізоване устаткування. Кваліфікація робітників нижча, ніж в одиничному типі виробництва. Розрізняють дрібносерійне і великосерійне виробництво в залежності від величини партії.

Тип виробництва – це класифікаційна категорія виробництва, що враховується його властивість як широта номенклатури, регулярність, стабільність і обсяг випуску продукції, надання послуг виконання робіт.

В даному випадку обсяг випуску по технічному завданню N=5100шт, тому обирається тип виробництва дрібносерійне .

3.2. Вибір типу технології

Для дрібносерійного виробництва доцільно використовувати маршрутний техпроцес.

Маршрутний техпроцес - це техпроцес, який виконується по документації, в якій зміст операцій викладається без відзначення переходів та режимів обробки. У маршрутному техпроцесі використовується загальний опис операцій.

Такий вид описання операцій без визначення переходів застосовується для одиничного, дрібносерійного - дослідного типів виробництва в умовах частої зміни виробів та постійного їх випуску. Виготовлення та ремонт виробів та їх складових

частин у цьому випадку здійснюється із застосуванням засобів універсального призначення. Вибір технологічної оснастки виконує робітник із високою кваліфікацією.

За видом організації техпроцеси поділяються на:

- одиничні - застосовуються для виготовлення виробів однієї назви, типорозміру та виконання, незалежно від типу виробництва;
- типові - застосовуються для виготовлення виробів з спільними конструктивними і технологічними ознаками і характеризуються єдністю змісту та послідовністю більшості операцій і переходів;
- групові - застосовуються для виготовлення виробів з різними конструктивними і технологічними ознаками, але спільними техпроцесами.

Отже, техпроцес монтажу друкованого вузла проектуемого пристрою доцільно розробити маршрутно-операційний .

3.3. Вибір основних та допоміжних матеріалів

При виготовленні друкованої плати застосовуються ряд матеріалів, які можна розділити на дві групи - основні та допоміжні.

До основних відноситься матеріал друкованої плати, а до допоміжних-припій, флюс, спирто-бензинова суміш. Для виготовлення основи ДП застосовуються склотекстоліт.

Склотекстоліт - шаруватий пресований матеріал, що складається з кількох шарів склотканини, просоченої фенольно-епоксидними смолами. Склотекстоліт має підвищену вологостійкість, та кращі електричні та механічні параметри в порівнянні з гетинаксом, але гірше піддається механічній обробці і дорожчий за гетинакс у кілька разів. Виходячи з того, що прилад належить до побутової апаратури, де якість важливіша за ціну, вибираємо для друкованої плати склотекстоліт фольгований двосторонній СФ-2-35-1,5.

В даному пристрої використовується друкований монтаж.

Враховуючи те, що в спроектованому пристрої застосовуються напівпровідникові ЕРЕ та ЕРЕ поверхневого монтажу, використовуємо припій Synel SN60Pb40 та паяльну пасту Synel-9B63C37.

Для запобігання окислення застосовують флюси, які розчиняють оксиди, очищують поверхню та запобігають окисленню при температурі пайки. Для монтажу розробленого пристрою застосовуємо флюс Kalafonia Synel, який містить 95-97% каніфолі і активований за допомогою адипінової кислоти.

Для виготовлення плати застосовуємо такі матеріали:

основні склотекстоліт фольгований двосторонній СФ-2-35 1,5.

допоміжні – припій Synel SN60Pb40, паяльна паста Synel-9B63C37, флюс Kalafonia Synel, спирто-бензинова суміш.

Для конструкції корпусу використовують ABS пластик.

Пластмаси мають свої переваги: низька вартість, не підлягає корозії, отримання деталей складної форми, малі втрати на ВЧ. Для монтажних з'єднань найбільш оптимальним є монтажний провід 22AWG.

3.4. Вибір інструментів, пристосувань, оснастки

Для виконання даного техпроцесу складання і монтажу ДП застосовується наступне обладнання та інструменти:

- тара для комплекту деталей, необхідних для складання та монтажу одного друкованого вузла (повинна мати не менше 45 відсіків) 5764–4311;
- антистатичний браслет Pro'skit 608-611В;
- пінцет для утримування ЕРЕ і деталей в процесі збирання та монтажу Pro'skit 1PK-125Т;
- тепловідвід для відведення тепла від виводів ЕРЕ в процесі пайки 7125–1418;
- кусачки МТС NO-5;
- тепловідвід 7814-4379;
- лазерний маркувальник Laserit LM-37;

- принтер для нанесення паяльної пасти SPG-1702 Panasonic;
- установка для монтажу SMD EPE Luna EXP7711-MDC;
- конвекційна піч для оплавки припою Heller Mark-III;
- трафарет для нанесення паяльної пасти StencilMark-JLPCSB;
- паяльна станція АССТА-301 (Україна);
- стенд для проведення електричних іспитів CheckBuku EY-12
- ножиці ТУ 64-1-78;
- лінійка 150 мм;
- плоскогубці з тонкими губками 7814–0851;
- кусачки бокові ;
- викрутки невеликих розмірів 0678–4524 .

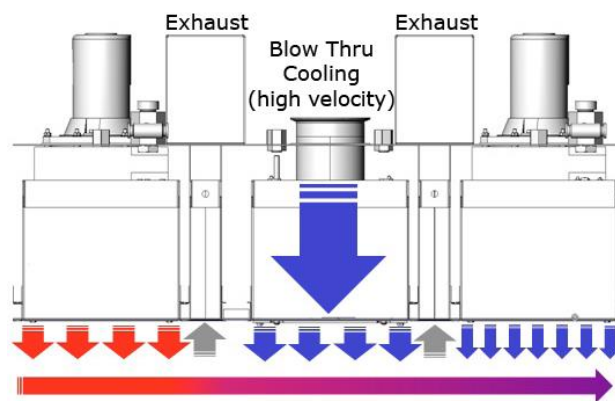


Рис. 3.1. Піч для оплавки припою Heller Mark-III.

3.5. Розрахунок технологічності конструкції

Випрацювання конструкції виробу на технологічність спрямовано на зростання продуктивності праці, зниження рівня витрат та скорочення часу на проектування, технологічну підготовку виробництва, виготовлення, технічне обслуговування та ремонт виробів при забезпеченні необхідної якості виробу.

Кожному відносному частковому показникові технологічності РЕА відповідає його ваговий коефіцієнт, який знаходиться за виразом:

$$\alpha = \frac{t}{2^{i-1}}; \quad (3.1)$$

де i – порядковий номер показника в ранжирувальній послідовності.

Всі блоки РЕА умовно поділені на 4 класи:

1. радіотехнічні;
2. електронні;
3. електромеханічні та механічні;
4. з'єднувальні, комутаційні та розподільні.

Цей виріб відноситься до першого класу блоків РЕА так як містить радіотехнічні компоненти, не містить в конструкції комутаційних блоків з електромеханічними складовими і т.д.

3.5.1. Завдання

Виконати кількісну оцінку виробничої технологічності приладу, призначеного для дрібно серійного виробництва.

Розрахувати відносні часткові показники технологічності приладу, що відноситься до першого класу блоків РЕА:

- коефіцієнт автоматизації і механізації підготовки ЕРЕ до монтажу $K_{м.п.ЕРЕ}$;
- коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу виробів $K_{а.м}$;
- коефіцієнт складності збірки $K_{с.зб.}$;
- коефіцієнт автоматизації і механізації операцій контролю налагодження електричних параметрів $K_{м.к.н.}$;
- коефіцієнт прогресивного формоутворення деталей $K_{ф}$;
- коефіцієнт повторюваності ЕРЕ $K_{нов.ЕРЕ}$;
- коефіцієнт точності збірки $K_{тч.}$.

Вихідні дані.

Коефіцієнти ваги вище перерахованих показників технологічності згідно їх ранжируваної послідовності:

- $\varphi_1 = 1,000$;
- $\varphi_2 = 1,000$;
- $\varphi_3 = 0,750$;
- $\varphi_4 = 0,500$;
- $\varphi_5 = 0,310$;
- $\varphi_6 = 0,187$;
- $\varphi_7 = 0,110$.

Розроблена конструкція приладу.

Розрахунки .

1 Коефіцієнт автоматизації і механізації підготовки ЕРЕ до монтажу

$$K_{\text{м.п.ЕРЕ}} = \frac{H_{\text{м.п.ЕРЕ}}}{H_{\text{ЕРЕ}}} , \quad (3.2)$$

де $H_{\text{м.п.ЕРЕ}}$ – кількість ЕРЕ в штуках ;

$H_{\text{ЕРЕ}}$ – кількість ЕРЕ у схемі

$$K_{\text{м.п.ЕРЕ}} = \frac{45}{45} = 1 .$$

2 Коефіцієнт автоматизації та механізації монтажу виробу

$$K_{\text{а.м}} = \frac{H_{\text{а.м.}}}{H_{\text{м}}} , \quad (3.3)$$

де $H_{\text{а.м}}$ – кількість монтажних з'єднань, які можуть здійснюватись механізованим або автоматизованим способом;

H_m – загальна кількість монтажних з'єднань.

$$K_{a.m} = \frac{120}{140} = 0,85.$$

В зв'язку з дрібносерійним виробництвом, монтаж першої партії виконується вручну без автоматичних засобів.

3 Коефіцієнт складності збірки

$$K_{c.zb.} = 1 - \frac{E_{mp.cn.}}{E_{mp}}, \quad (3.4)$$

де $E_{mp.cn.}$ – кількість типорозмірів вузлів, що вимагають регулювання чи підгонки у складі виробу з використанням спеціальних пристроїв;

$E_{mp.}$ – загальна кількість типорозмірів вузлів.

$$K_{c.zb.} = 1 - \frac{0}{1} = 1.$$

4 Коефіцієнт автоматизації і механізації контролю і налагодження електричних параметрів

$$K_{m.k.n.} = \frac{H_{m.k.n.}}{H_{k.m.}}, \quad (3.5)$$

де $H_{m.k.n.}$ – кількість операцій контролю та настройки, які можна здійснювати механізованим або автоматизованим методом ;

$H_{k.m.}$ – загальна кількість операцій контролю та настройки.

$$K_{m.k.n.} = \frac{1}{1} = 1.$$

5 Коефіцієнт прогресивного формоутворення деталей

$$K_{\phi} = \frac{D_{n.p.}}{D}, \quad (3.6)$$

де $D_{n.p.}$ – кількість деталей в штуках;

D – загальна кількість деталей .

$$K_{\phi} = \frac{17}{17} = 1.$$

6 Коефіцієнт повторюваності ЕРЕ

$$K_{нов.ЕРЕ} = 1 - \frac{H_{mp.ЕРЕ}}{H_{ЕРЕ}}, \quad (3.7)$$

де $H_{mp.ЕРЕ}$ – кількість типорозмірів ЕРЕ у схемі;

$H_{ЕРЕ}$ – загальна кількість ЕРЕ у виробі.

$$K_{нов.ЕРЕ} = 1 - \frac{19}{45} = 0,57.$$

7 Коефіцієнт точності обробки

$$K_{mч.} = 1 - \frac{D_{mч.}}{D}, \quad (3.8)$$

де $D_{mч.}$ – кількість деталей в штуках, що мають розміри з відносно жорсткими допусками, виконаними в квалітетах 10 і менше;

D – загальна кількість деталей .

$$K_{mч.} = 1 - \frac{0}{17} = 1.$$

8 Визначення числового значення комплексного показника технологічності приладу

$$K = \frac{K_1 \cdot \varphi_1 + K_2 \cdot \varphi_2 + \dots + K_n \cdot \varphi_n}{\varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n}, \quad (3.9)$$

де $K_1, K_2 \dots K_n$ – певний показник технологічності;

$\varphi_1, \varphi_2 \dots \varphi_n$ – коефіцієнт значимості показника технологічності;

n – загальна кількість відносних часткових показників.

$$K = \frac{1 \cdot 1 + 0,95 \cdot 1 + 1 \cdot 0,75 + 1 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,31 + 0,86 \cdot 0,188 + 1 \cdot 0,12}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,35 + 0,187 + 0,11} = 0,97$$

9 Визначення числового значення базового комплексного показника технологічності

$$K_{\bar{\sigma}} = K_a \cdot K_{скл} \cdot K_{мп} \cdot K_{ов} \cdot K_{он} \cdot K_{ер}, \quad (3.10)$$

де K_a – комплексний показник технологічності для виробу – аналога;

$K_{скл}$ – коефіцієнт складності (технічної досконалості) нового виробу в порівнянні з виробом – аналогом;

$K_{мп}$ – коефіцієнт, що враховує зміну технологічного рівня основного виробництва заводу – виробника нового виробу по відношенню до заводу – виробника виробу – аналога;

$K_{ов}$ та $K_{он}$ – коефіцієнти, що враховують застосування рівня організації виробництва і праці заводу – виробника нового виробу по відношенню до заводу – виробника виробу – аналога ;

$K_{ер}$ – коефіцієнт, що враховує зміну типу виробництва (відношення коефіцієнта серійного нового виробу по відношенню до того чи іншого коефіцієнта виробу – аналогу).

У зв'язку з відсутністю вихідних даних приймати : $K_a = K = 0,98$; $K_{скл} = 0,97$;

$$K_{мп} = 1; K_{ов} = 1; K_{он} = 1; K_{ер} = 1.$$

$$K_{\bar{\sigma}} = 0,98 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,95 .$$

10 Визначення показника рівня технологічності конструкції

$$Y = \frac{K}{K_0} \geq 1, \quad (3.11)$$

3.6. Опис технології виготовлення друкованої плати

Для проектування смарт-розетки застосовується комбінований позитивний метод виготовлення ДП. Цей метод базується на травленні двостороннього фольгованого діелектрика (склотекстоліт).

Спочатку виконується свердління монтажних та перехідних отворів друкованої плати. Потім виконується очистка плати, та підготовка її до хімічного міднення отворів: плату очищають в миючому розчині механічними абразивами. Після очистки виконується активація поверхні. Активація поверхні – це підготовка до осадження міді на внутрішню поверхню отворів для створення перехідних отворів між слоями плати. Для того щоб мідь осіла, непідготовлену поверхню обробляють спеціальним активатором на основі паладія. Паладій легко осаджується на будь-яку поверхню, і в подальшому служить центрами кристалізації для міді. Після проходження етапів хімічного міднення, в отворах виникає тонкий (менше мікрона) шар міді. Після цього проводять остаточний процес гальванічної металізації, під час якого шар міді буде збільшено до 3-25 мікрон.

Виготовляються фотошаблони з дзеркальним позитивним зображенням провідникового рисунку ДП. Фотошаблони виготовляють шляхом друкування на плівці високочіткого негативного зображення малюнку провідників. Матеріалом фотошаблону є прозора контрастна фототехнічна плівка. Зображення повинне бути контрастним – оптична щільність прозорих зон – 0,19 од., непрозорих зон – 2,5 од. Потім фотошаблони сумішують по реперним знакам і склеюють по одному з технологічних полів.

На фольгований діелектрик наноситься фоторезист, на який потім контактним методом експонується через фотошаблон зображення доріжок та контактних майданчиків. Після проявлення та остаточного зміцнення фоторезисту він залишається у твердому стані на тих ділянках плати, де повинні бути контактні майданчики та

з'єднуючі доріжки. На незахищених ділянках під час проявлення та задублювання фоторезист розчиняється та змивається і ці ділянки плати оголюються, залишаючи відкриту фольгу, а на місцях майбутніх з'єднань залишається шар твердого, нерозчинного фоторезисту, який захищає майбутні провідники та контактні майданчики від стравлювання. На наступному етапі плати занурюють у ванни з травильним розчином (хлорне залізо, персульфат амонію чи хлорна мідь), де фольга стравлюється з незахищених фоторезистом місць і таким чином створюється необхідний малюнок на платі, після чого залишки фоторезисту видаляються за допомогою спеціальних розчинників. Цей метод виготовлення використовується для двосторонніх плат професійної та побутової РЕА і забезпечує високу продуктивність, щільність, достатню точність, добру адгезію провідників та добре засвоєний на виробництві, що сприяє його використанню при невеликій щільності монтажу для простої апаратури .

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1. Економічна частина

4.1.1. Розрахунок повної собівартості виробу.

Собівартість – це вираження у грошовій формі витрат, які пов'язані з виробництвом і реалізацією продукції. Типовим положенням з планування, обліку і калькулювання собівартості продукції передбачено два види собівартості:

Виробнича собівартість – це вираження у грошовому виразі витрат, які пов'язані з виробництвом продукції.

Повна собівартість – це виражені у грошовому виразі витрати, які пов'язані з виробництвом та збутом виробленої продукції.

За способом перенесення вартості на продукцію, витрати поділяються на прямі і непрямі.

На основі розрахунків прямих та непрямих витрат на одиницю послуги (виробу) складається калькуляція одиниці послуги (виробу) за відповідними статтями.

4.1.2. Розрахунок прямих витрат

До прямих витрат належать витрати, які пов'язані з виробництвом окремих видів продукції, що можуть бути безпосередньо включені до їх собівартості.

До прямих витрат належать витрати на:

- 1) матеріали (комплектуючі вироби);
- 2) допоміжні матеріали;
- 3) паливо та енергію на технологічні цілі;
- 4) основну заробітну плату;
- 5) додаткову заробітну плату;
- 6) нарахування сум єдиного соціального внеску.

Стаття 1 Матеріали (комплектуючі вироби).

До матеріалів (комплектуючих виробів) відносять покупні комплектуючі вироби (плата, корпус тощо), що потребують монтажу або додаткової обробки на даному підприємстві.

Вартість матеріалів (комплектуючих виробів) складається з їх закупівельної ціни та витрат, пов'язаних з їх доставкою на підприємство.

$$V_{\text{компл}} = Ц \cdot K; \quad (4.1)$$

Транспортно-заготівельні витрати приймаються в розмірі 10 % від вартості матеріалів.

Розраховані результати заносяться в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1

Відомість витрат допоміжних матеріалів

Найменування матеріалу	Одиниця виміру	Ціна за одиницю виміру, грн.	Норма витрат	Вартість Вдоп.м., грн	Трансп. витрати, ТЗВ, грн.	Вартість Вд.м., грн.
Провід 22AWG	метри	25	0,15	3,75	0,375	4,125
Паяльна паста Cynel-9B63C37	грами	5,6	3	16,8	1,68	18,48
Припій Cynel SN60Pb40	грами	1,31	2	2,62	0,262	2,882
Флюс Kalafonia Cynel	грами	0,75	9	6,75	0,675	7,425
Разом	х	х	х	29,9	2,99	3
				2		2,91

Транспортно-заготівельні витрати приймаються в розмірі 10 % від вартості допоміжних матеріалів

$$ТЗВ = Вдоп.м. \cdot 10 / 100; \quad (4.2)$$

$$\text{Вд.м} = \text{Вдоп.м.} + \text{ТЗВ}; \quad (4.3)$$

$$\text{Вд. м} = 29,92 + 2,99 = 32,91 \text{ [грн]}.$$

Загальна сума за статтею становить 32,91 грн.

Розрахунок непрямих витрат.

До непрямих належать витрати, пов'язані з виробництвом декількох видів продукції, які включаються до собівартості продукції за допомогою спеціальних методів.

До непрямих витрат відносяться:

- 1) загальновиробничі витрати;
- 2) адміністративні витрати;
- 3) витрати на збут;
- 4) інші витрати операційної діяльності.

До складу загальновиробничих витрат включаються:

- 1) витрати на управління виробництвом (оплата праці апарату управління цехами, дільницями, тощо; відрахування на соціальні заходи та медичне страхування апарату управління цехами, дільницями; витрати на оплату службових відряджень персоналу цехів, дільниць тощо);
- 2) амортизація основних засобів загальновиробничого (цехового, дільничного, лінійного) призначення;
- 3) амортизація нематеріальних активів загальновиробничого (цехового, дільничного, лінійного) призначення;
- 4) витрати на утримання, експлуатацію та ремонт, страхування, операційну оренду основних засобів, інших необоротних активів загально - виробничого призначення;
- 5) витрати на вдосконалення технології та організації виробництва (оплата праці та відрахування на соціальні заходи працівників, зайнятих вдосконаленням технології та організації виробництва, поліпшення якості продукції, підвищення її надійності, довговічності і інших експлуатаційних характеристик у виробничому процесі; витрати

матеріалів купівельних комплектуючих виробів і напівфабрикатів, оплата послуг сторонніх організацій тощо);

6) витрати на опалення, освітлення, водопостачання, водовідведення та інше утримання виробничих приміщень;

7) витрати на обслуговування виробничого процесу (оплата праці загальновиробничому персоналу; відрахування на соціальні заходи, медичне страхування робітників та апарату управління виробництвом; витрати на здійснення виробничого контролю за виробничими процесами та якістю продукції, робіт, послуг);

8) витрати на охорону праці, техніку безпеки і охорону навколишнього середовища;

9) інші витрати (витрати від браку, оплата простоїв тощо).

Загальновиробничі витрати визначаються в відсотках від суми основної і додаткової заробітної плати основних робітників за формулою (4.4).

$$ЗВВ = (ЗП_{\text{осн}} + ЗП_{\text{дод}}) \cdot \delta / 100, \quad (4.4)$$

де δ – відсоток загальновиробничих витрат, (30-40%)

$$ЗВВ = (78,62 + 11,79) \cdot 35 / 100 = 31,64 \text{ [грн]}.$$

Розрахунок виробничої собівартості одиниці виробу.

Сума всіх виробничих витрат підприємства складає виробничу собівартість, яка розраховується за формулою (4.5).

$$ВС = ПВ + ЗВВ; \quad (4.5)$$

$$ВС = 718,127 + 31,64 = 749,77 \text{ [грн]}.$$

Розрахунок відпускної ціни.

Ціна – грошовий вираз вартості товару. За структурою ціноутворення розрізняють:

- 1) оптову ціну підприємства;
- 2) відпускну ціну підприємства;
- 3) роздрібну ціну.

Оптова ціна підприємства (ОЦ) складається з повної собівартості (ПС) та планових накопичень (Пр) і використовуються для оцінки вартості товарної продукції підприємства.

$$\text{ОЦ} = \text{ПС} + \text{Пр}; \quad (4.6)$$

$$\text{ОЦ} = 797,72 + 103,7 = 901,42 \text{ [грн]}.$$

Відпускну ціна (ВЦ) – ціна, яка встановлюється для відпуску продукції замовнику. Вона складається з оптової ціни (ОЦ) та податку на додану вартість (ПДВ).

“Згідно статті 185.1 Податкового Кодексу України об'єктом оподаткування є операції платників податку з:

а) постачання товарів, місце постачання яких розташоване на митній території України, відповідно до статті 186 цього Кодексу, у тому числі операції з передачі права власності на об'єкти застави позичальнику (кредитору), на товари, що передаються на умовах товарного кредиту;

б) постачання послуг, місце постачання яких розташоване на митній території України, відповідно до статті 186 цього Кодексу.”[1]

ПДВ – є частиною новоствореної вартості і сплачується до Державного бюджету на кожному етапі виробництва товарів, виконання робіт, надання послуг. Ставка ПДВ дорівнює 20 % від оптової ціни (ОЦ).

$$\text{ПДВ} = \text{ОЦ} \cdot 20 / 100; \quad (4.7)$$

$$\text{ПДВ} = 901,42 \cdot 20 / 100 = 180,28 \text{ [грн]}.$$

Отже, відпускна ціна послуги (виробу) розраховується за формулою (4.8)

$$ВЦ = ОЦ + ПДВ; \quad (4.8)$$

$$ВЦ = 901,42 + 180,28 = 1081,7 \text{ [грн]}.$$

Розрахунок рентабельності.

Рентабельність – відносний показник ефективності роботи підприємства і обчислюється як відношення прибутку до витрат.

$$P = \frac{\text{Пр}}{\text{ПС}} \cdot 100 \%, \quad (4.9)$$

де Пр – розмір прибутку,

ПС – повна собівартість певного виробу.

$$P = 103,7 / 797,72 \cdot 100\% = 13 \.%.$$

“Згідно із статтею 134 Податкового Кодексу України об'єктом оподаткування є прибуток із джерелом походження з України та за її межами, який визначається шляхом зменшення суми доходів звітного періоду, визначених згідно зі статтями 135 - 137 цього Кодексу, на собівартість реалізованих товарів, виконаних робіт, наданих послуг та суму інших витрат звітного податкового періоду, визначених згідно зі статтями 138 - 143 цього Кодексу, з урахуванням правил, встановлених статтею 152 цього Кодексу.

Після чергових змін в Податковому кодексі в пункті 136.1 ст. 136 саме ставка 18% є базовою.

Ставка податку на прибуток на 2022 рік становить 18 %.”.

$$\text{ПП} = \text{Пр} \cdot 18 / 100, \quad (4.10)$$

$$\text{ПП} = 103,7 \cdot 18 / 100 = 18,66 \text{ [грн]}.$$

Отже, з кожної послуги підприємство сплатить 18,66 гривень податку на прибуток.

Шляхи зниження собівартості:

а) підвищення технічного рівня виробництва:

- 1) застосування прогресивних технологій, нових видів матеріалів;
- 2) модернізація, технічне переозброєння виробничих фондів;
- 3) покращення технологічних характеристик виробів.

б) покращення організації виробництва та умов праці:

- 1) удосконалення управління виробництвом;
- 2) покращення організації праці та обслуговування робочого місця;
- 3) ліквідація зайвих витрат робочого часу.

Складання калькуляції до проекту відпускної ціни.

Калькуляція – це обчислення собівартості одиниці продукції, виконання робіт та послуг за встановленою номенклатурою витрат.

Дані попередніх розрахунків заносяться в таблицю 4.7.

Таблиця 4.2

Калькуляція проекту відпускної ціни виробу (послуги)

Найменування статей калькуляції	Сума за проектом, грн.	Питома вага статті, %
Матеріали (комплектуючі вироби) з ТЗВ	574,91	-
Допоміжні матеріали з ТЗВ	32,91	-
1. Сума прямих матеріальних витрат	607,83	56,2
Основна ЗП виробничих робітників	78,62	-
Додаткова заробітна плата	11,79	-
Нарахування сум єдиного соціального внеску	19,89	-
2. Сума прямих витрат на оплату праці	110,3	10,2
Загальновиробничі витрати	31,64	-
Виробнича собівартість	749,77	-

Закінчення таблиці 4.2

Адміністративні витрати	22,6	-
Витрати на збут	13,56	-
Інші витрати операційної діяльності	11,79	-
3. Сума непрямих витрат	79,59	7,35
Повна собівартість послуги (виробу)	797,72	-
4. Прибуток	103,7	9,58
Оптова ціна послуги (виробу)	901,42	-
5. ПДВ	180,28	16,67
Відпускна ціна послуги (виробу)	1081,7	100,00

Висновки.

Витрати виробництва знаходять своє вираження в показниках виробничої та повної собівартості. Для визначення витрат на одиницю виробу (послуги) розраховують статті калькуляції.

Розмір витрат залежить від цін на матеріали та комплектуючі, технології їх використання, рівня оплати праці.

Під час розрахунків в дипломній роботі було обчислено такі основні техніко-економічні показники виробництва: трудомісткі затрати на одиницю послуги становлять – 2,002 години; виробнича собівартість послуги – 749,77 грн; повна собівартість – 797,72 грн; плановий прибуток з одиниці послуги – 103,7 грн; оптова ціна послуги – 901,42 грн; відпускна ціна послуги – 1081,7 грн; рентабельність одиниці послуги – 13%.

Діаграму відпускної ціни одиниці виробу смарт-розетки зображено на кресленні в додатку.

ВИСНОВКИ

У даній дипломній роботі розроблено смарт-розетку. Призначена для віддаленого керування підключеним навантаженням із функцією відстеження кількості споживаної потужності.

Прилад виготовляється з доступної і недорогої елементної бази. У конструкції пристрою застосовано малогабаритні SMD EPE, що надає виробу ряд переваг у вигляді високої щільності монтажу, технологічності і як наслідок високої продуктивності праці при виробництві цього пристрою. Виконується на платі з двостороннього фольгованого склотекстоліту. При розрахунку надійності було визначено, що обрана елементна база пристрою, принцип, метод компоновки і побудови конструкції забезпечують вимоги до рівня надійності. Корпус виконаний з пластмаси, має габаритні розміри 128x70x54мм.

При виконанні електричних розрахунків було розраховано транзисторний ключ.

Матеріали і елементна база підібрані так, що собівартість приладу невелика.

При виконанні розрахунку теплових режимів було визначено, що повітря в середині корпусу, нагріта зона, поверхня теплонавантаженого елемента і оточуюче цей елемент середовище знаходяться в межах допустимих значень.

Техніко – економічний аналіз показав, що конструкція має задовільний рівень технологічності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Белінський В.Т. Практичний посібник із навчального конструювання РЕА - М.: "Вища школа", 1992.
2. Гандзюк М.П. Основи охорони праці. Підручник для студентів ВНЗ. – К.: Каравела, 2004;
3. Варламов Р. Г. Довідник конструктора РЕА. Загальні принципи конструювання .
4. Фрумкін Г.Д. Розрахунок та конструювання радіоелектронної апаратури.
5. Задерейко О.В., Панов Л.І., Циганов О.В. Конструювання і технологія радіоелектронної апаратури: Навч. посіб. - О.: Наука і техніка, 2007
6. Коваленко М.М. Проектування друкованої плати. Навчально методичний посібник для студентів РТ спеціальностей. - К.: “КРМТ”, 1998;
7. <https://library.kre.dp.ua/Books/NMM/Основи конструювання і технологія виробництва РЕА Антонішина М.А/Основи конструювання і технологія виробництва РЕА Конспект лекцій.pdf>;
8. Бойчик І.М Економіка підприємства: підручник. / І.М.Бойчик. – К.:
9. Кондор -Видавництво, 2016;
10. Стандарти ЕСКД, ЕСТД, ЕСТПВ;ДСТУ. 15150–69 Категорії, умови експлуатації, зберігання та транспортування в частині впливу кліматичних факторів зовнішнього середовища;
11. <https://library.kre.dp.ua/Books/NMM/Основи конструювання і технологія виробництва РЕА Антонішина М.А/Основи конструювання і технологія виробництва РЕА Конспект лекцій.pdf>;
12. <https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp8266ex/resources>;
13. https://wiki.ai-thinker.com/_media/esp8266/a014ps01.pdf;

ДОДАТОК А СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА

Виконана на форматі А3 (при необхідності А2) з дотриманням вимог ЕСКД.

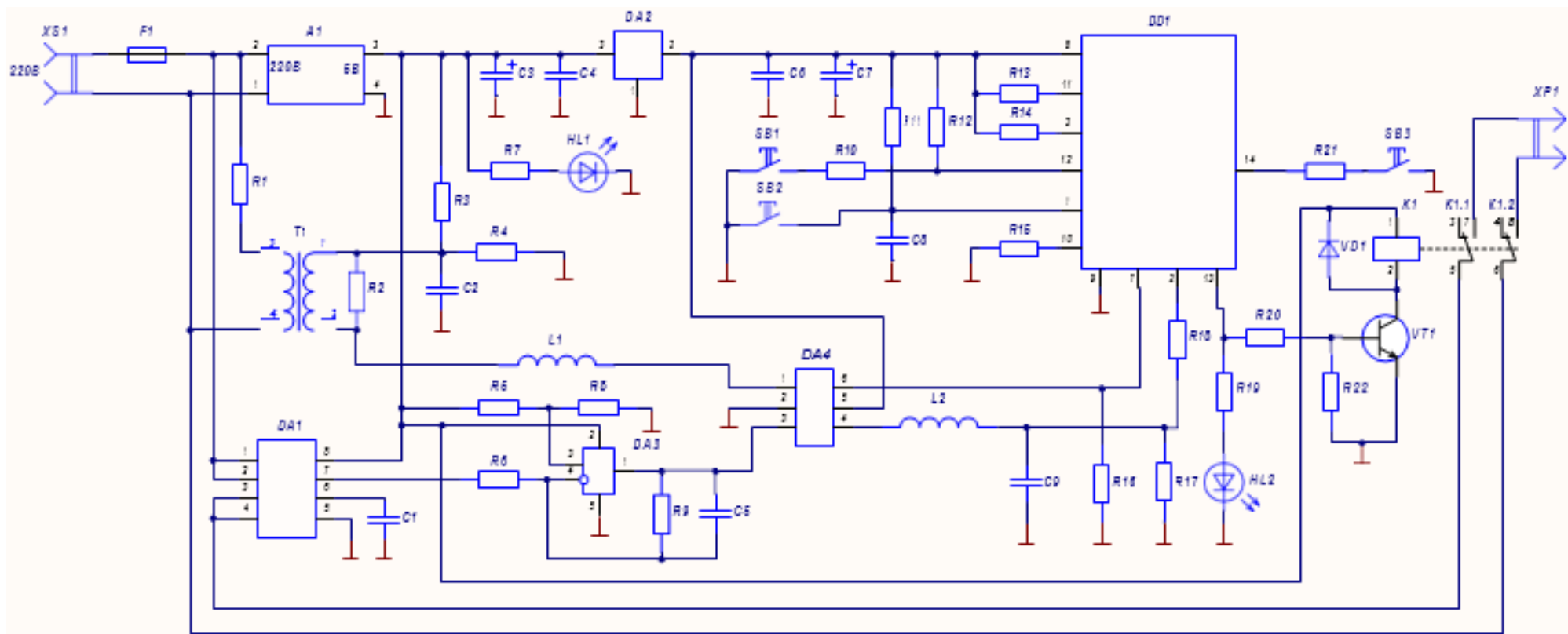


Рис. А.1.

ДОДАТОК Б
ПЕРЕЛІК ЕЛЕМЕНТІВ

Таблиця Б.1

<i>Поз. познач.</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>
	Конденсатори CL10B Samsung		
C1	CL10B103 10 μ F \pm 10% \times 50V	1	
C2	CL10B474 470 μ F \pm 10% \times 50V	1	
C4	CL10B105 1 μ F \pm 10% \times 50V	1	
C5	CL10B103 10 μ F \pm 10% \times 50V	1	
C6	CL10B105 1 μ F \pm 10% \times 50V	1	
C8	CL10B101 100pF \pm 10% \times 50V	1	
C9	CL10B474 470 μ F \pm 10% \times 50V	1	
C3	Конденсатор 293D10 100 μ F \pm 10% \times 10V Vishay	1	
C7	Конденсатор ECAP-105C 330 μ F \pm 20% \times 6,3V Yageo	1	
	Мікросхеми		
DA1	ACS712-5.0 Allegro	1	
DA2	AMS1117-3.0 AMS	1	
DA3	LMC7101BIM5 Texas Instruments	1	
DA4	SN74LVC1G3157DBVR Texas Instruments	1	
DD1	ESP-12F AI-Thinker	1	
F1	Запобіжник BSMD-S5.0A 5A Bel Fuse	1	
G1	Блок живлення HLK-PM01 Hi-Link	1	

<i>Поз. познач.</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>
	Світлодіоди		
HL1	KP-3316EC KGB	1	
HL2	RP-3217GC KGB	1	
K1	Реле HF115-F DVE	1	
	Котушки індуктивності		
L1	SDR0503-103JL 10мГн Bourns	1	
L2	LQH32CN220K23L 220мкГн Murata	1	
R1	Резистор RC3216J304 300кОм $\pm 5\%$ 0,25Вт		
	Samsung	1	
	Резистори RC1608J Samsung		
R2	RC1608J471 470Ом $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
R3,R4	RC1608J102 1кОм $\pm 5\%$ 0,1Вт	2	
R5	RC1608J104 100кОм $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
R6	RC1608J102 1кОм $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
R7	RC1608J471 470Ом $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
R8	RC1608J104 100кОм $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
R9	RC1608J272 2,7кОм $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
R10	RC1608J471 470Ом $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
R11-R16	RC1608J103 10кОм $\pm 10\%$ 0,1Вт	6	
R17	RC1608J822 8,2кОм $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
R18	RC1608J333 33кОм $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
R19	RC1608J471 470Ом $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
R20	RC1608J102 1кОм $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	

<i>Поз. познач.</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>
R21	RC1608J471 470 Ω $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
R22	RC1608J103 10к Ω $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
	Кнопки		
SB1,SB2	TS3401 KLS	2	
SB3	KFC-A06-7 Daier	1	
T1	Трансформатор ZMPT101B Nanjing Zeming	1	
VD1	Діод DL4148 MCC	1	
VT1	Транзистор BC547 NXP	1	
XS1,XS2	Роз'єм DG127-5.08-02P Degson	2	

ДОДАТОК В ДРУКОВАНА ПЛАТА

Креслення друкованої плати з необхідними розмірами та легендою. Формат А3.

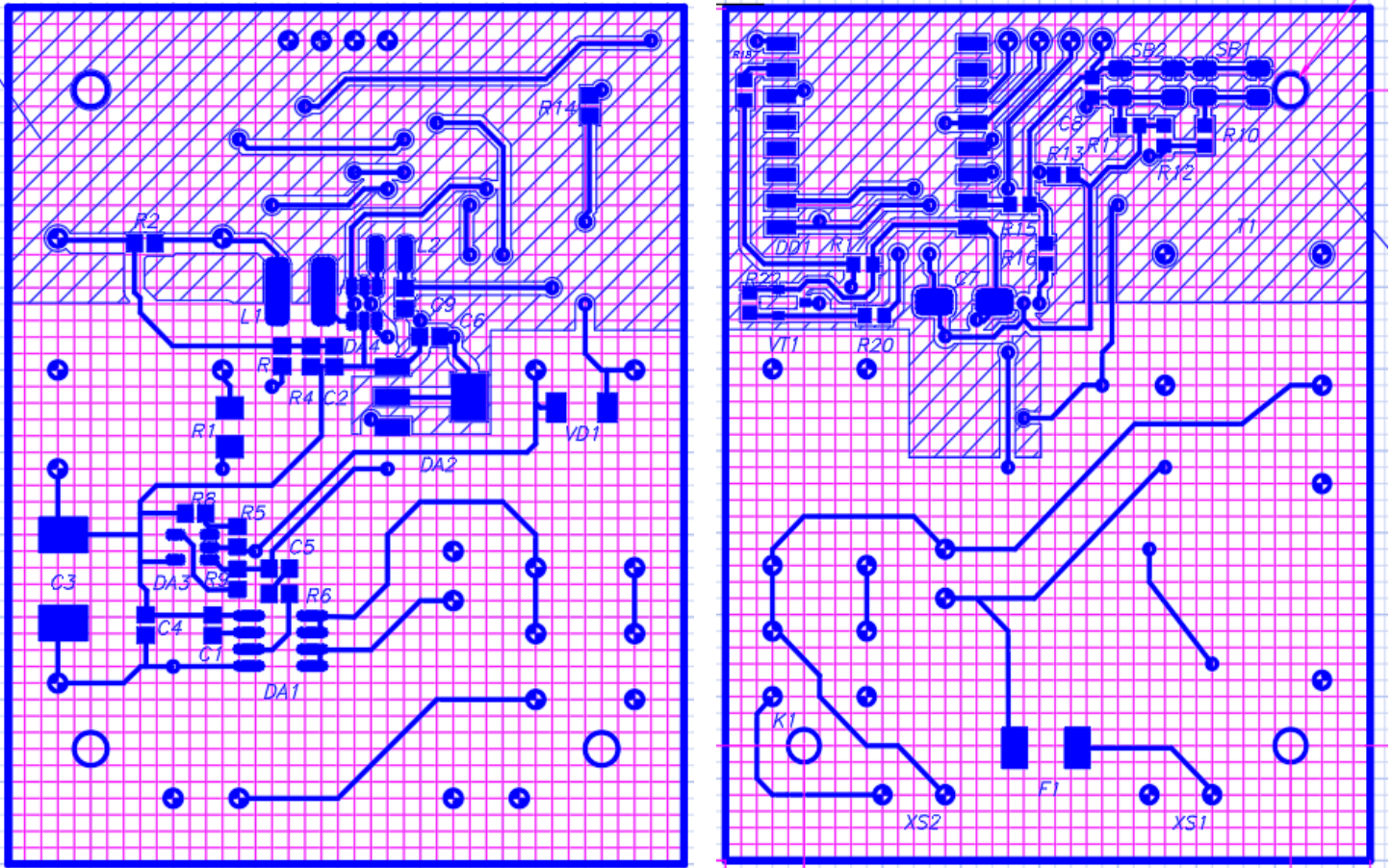


Рис. В.1.

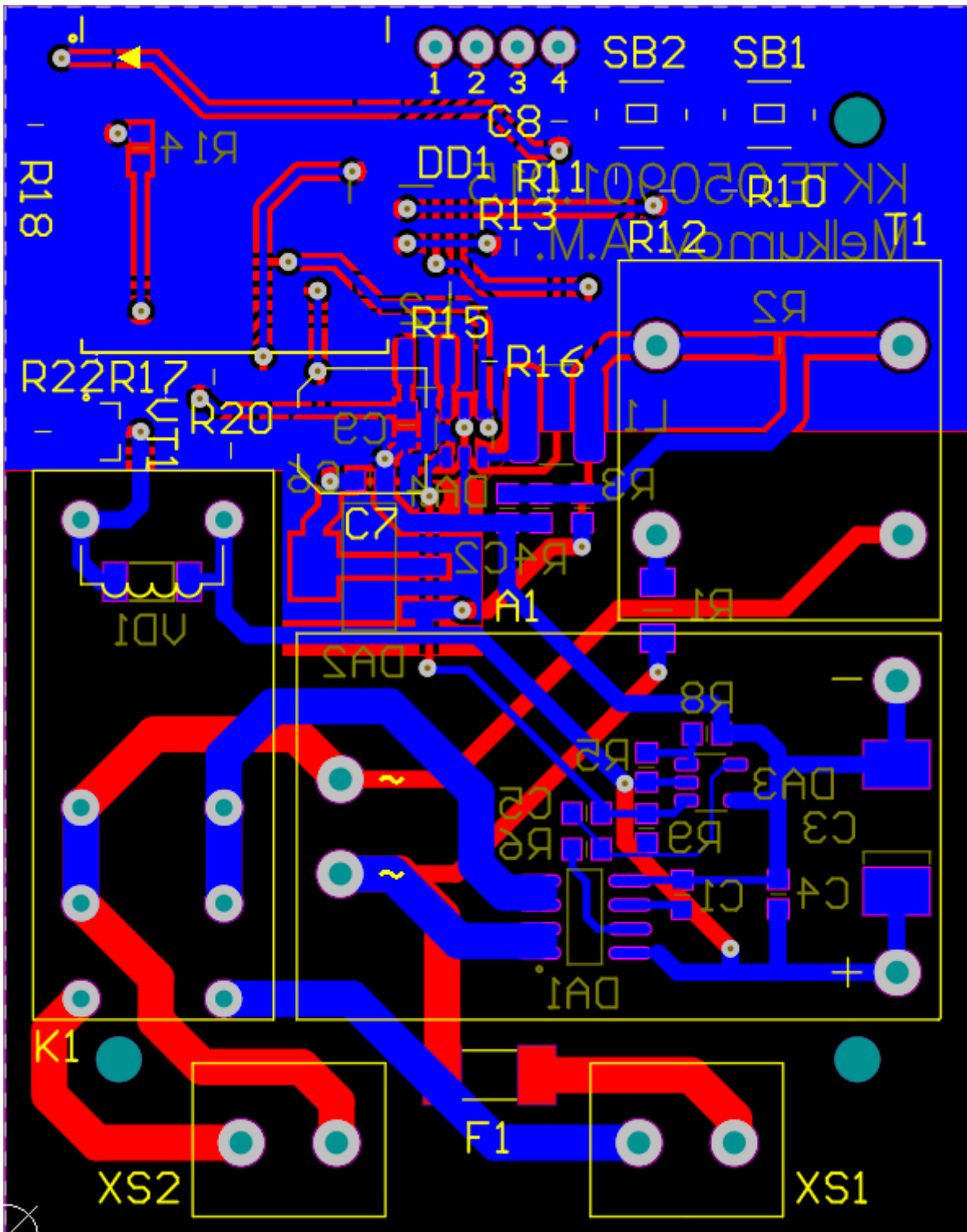


Рис. В.2.

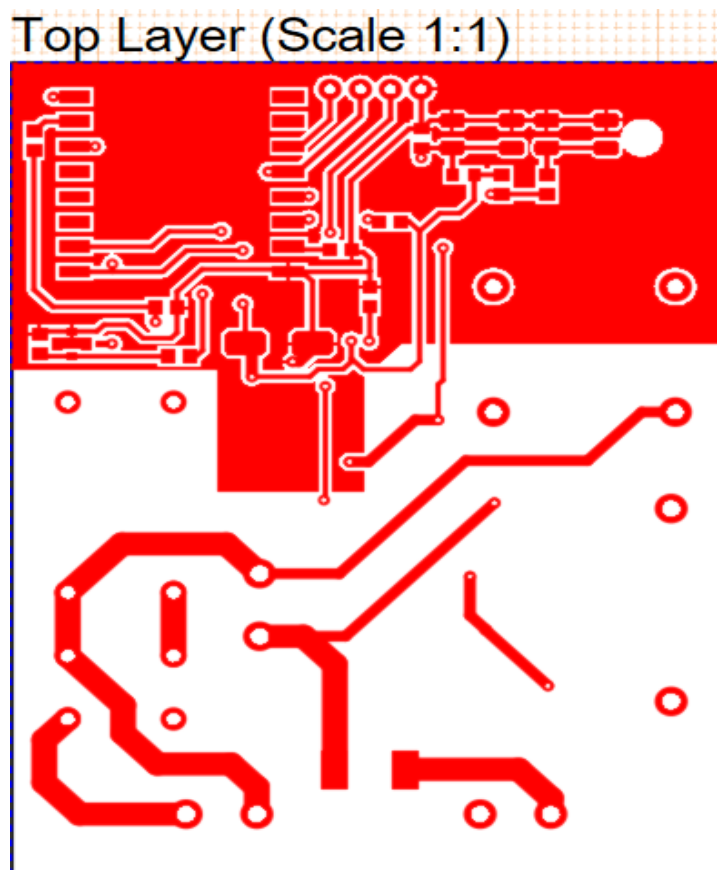


Рис. В.3.

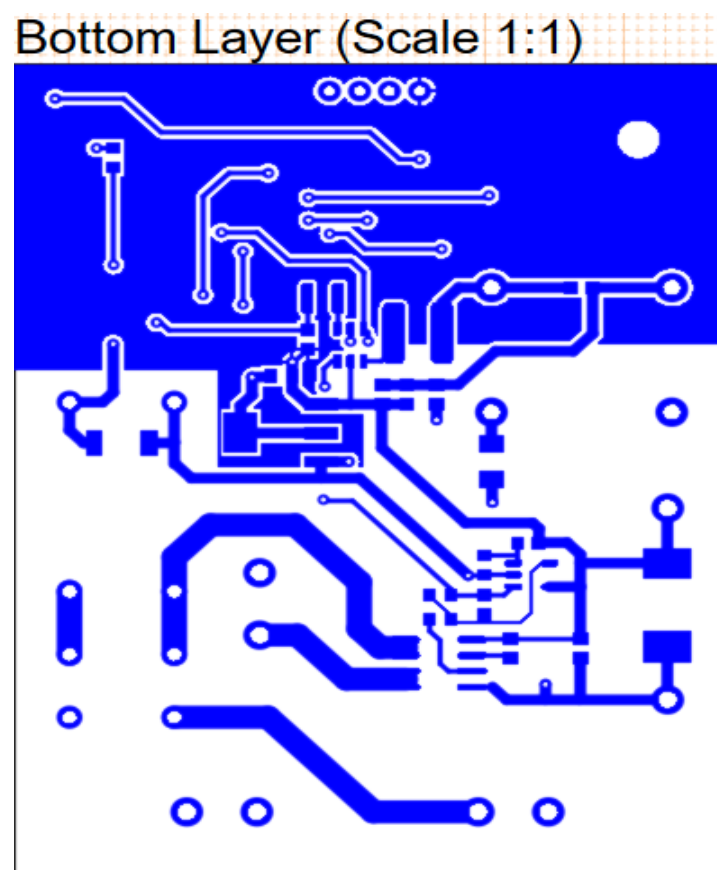


Рис. В.4.

ДОДАТОК Г СКЛАДАЛЬНЕ КРЕСЛЕННЯ ПРИСТРОЮ

Формат А3 або А2 з моделі в AutoCAD. Сама модель здається в електронному вигляді.

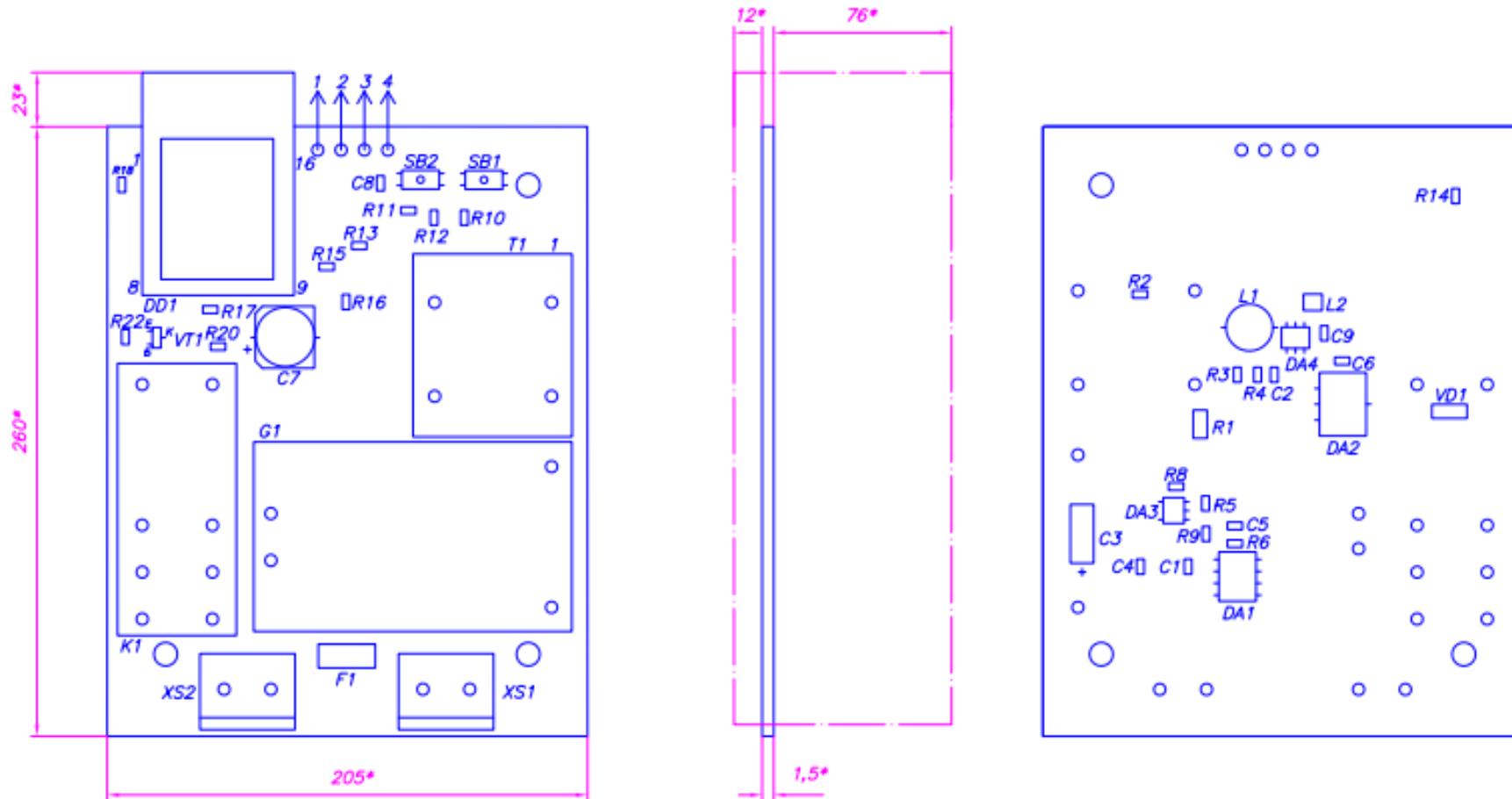


Рис. Г.1.

Таблиця Г.1

<i>Формат</i>	<i>Зона</i>	<i>Позиція</i>	<i>Позначення</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кільк.</i>	<i>Примітки</i>
				<u>Документація</u>		
A1			ККТЕ.090101.014 СБ	Смарт-розетка		
				Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
A1		1	ККТЕ.090101.014 -1	Смарт-розетка		
				Плата друкована	1	
				<u>Інші вироби</u>		
		2		Блок живлення HLK-PM01		
				Hi-Link	1	G1
		3		Діод DL4148 MCC	1	VD1
		4		Запобіжник BSMD-S5.0A 5A		
				Bel Fuse	1	F1
		5		Кнопка TS3401 KLS	2	SB1, SB2
				Конденсатори CL10B		
				Samsung		

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
	Світлодіоди		
HL1	KP-3316EC KGB	1	
HL2	RP-3217GC KGB	1	
K1	Реле HF115-F DVE	1	
	Котушки індуктивності		
L1	SDR0503-103JL 10мГн Bourms	1	
L2	LQH32CN220K23L 220мкГн Murata	1	
R1	Резистор RC3216J304 300кОм $\pm 5\%$ 0,25Вт		
	Samsung	1	
	Резистори RC1608J Samsung		
R2	RC1608J471 470кОм $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
R3,R4	RC1608J102 1кОм $\pm 5\%$ 0,1Вт	2	
R5	RC1608J104 100кОм $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
R6	RC1608J102 1кОм $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
R7	RC1608J471 470кОм $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
R8	RC1608J104 100кОм $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
R9	RC1608J272 2,7кОм $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
R10	RC1608J471 470кОм $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
R11-R16	RC1608J103 10кОм $\pm 10\%$ 0,1Вт	6	
R17	RC1608J822 8,2кОм $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
R18	RC1608J333 33кОм $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
R19	RC1608J471 470кОм $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
R20	RC1608J102 1кОм $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	

<i>Поз. познач.</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>
R21	RC1608J471 470 Ω $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
R22	RC1608J103 10к Ω $\pm 5\%$ 0,1Вт	1	
	Кнопки		
SB1,SB2	TS3401 KLS	2	
SB3	KFC-A06-7 Daier	1	
T1	Трансформатор ZMPT101B Nanjing Zeming	1	
VD1	Діод DL4148 MCC	1	
VT1	Транзистор BC547 NXP	1	
XS1,XS2	Рос'єм DG127-5.08-02P Degson	2	