

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Радіотехнічний факультет
Кафедра прикладної радіоелектроніки**

«До захисту допущено»

В. о. зав. кафедрою

_____ Михайло СТЕПАНОВ

«__» _____ 2022 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо - професійною програмою

«Радіозв'язок і оброблення сигналів»

за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

**на тему: «Універсальний переносний пристрій для електроживлення
РЕА мобільного використання»**

Виконав:
студент IV курсу, групи РА - 81

Качан Віталій Русланович



Керівник: ас. Нікітчук Артем Валерійович

Рецензент: доцент, к.т.н. Піддубний Володимир Олексійович



Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент



Київ — 2022 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет **радіотехнічний**

Кафедра **прикладної радіоелектроніки**

Рівень вищої освіти - **перший (бакалаврський)**

Спеціальність (спеціалізація) **172 «Телекомунікації та радіотехніка»**

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. зав. кафедри

_____ Михайло СТЕПАНОВ

«__» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Качану Віталію Руслановичу

1. **Тема проекту:** «Універсальний переносний пристрій для електроживлення РЕА мобільного використання»

керівник проекту Нікітчук Артем Валерійович,

затверджені наказом по університету від «01» червня 2022 р. № 822-С.

2. **Строк подання студентом проекту** «20» червня 2022 року.

3. **Вихідні дані до проекту:** нормальні умови експлуатації; мобільний та стаціонарний спосіб використання; ємність акумулятора, не менше – 10000 мА·год; виходи: *USB, USB Type – C*; вхід – *Europlug*; індикатор стану акумулятора; найбільша грань корпусу до 120 мм; захист акумулятора від мікро-циклів заряд/розряд при стаціонарному використанні пристрою.

4. **Зміст пояснювальної записки** (перелік завдань, які потрібно розробити) проаналізувати завдання; оглянути аналоги; розробити та обґрунтувати структурну та принципову схему; обрати елементну базу; розрахувати параметри схеми; спроектувати друкований вузол; визначити показники надійності; розробити конструкцію корпусу; підтвердити працездатність.

5. **Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу** (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) структурна схема;

схема електрична принципова; складальний кресленик друкованого вузла; плакат.

6. Консультанти розділів проекту*

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

7. Дата видачі завдання «02» травня 2022 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Огляд існуючих рішень	2.05.22 – 13.05.22	
2	Розробка та аналіз ТЗ	14.05.22 – 18.05.22	
3	Обґрунтування та вибір схемотехнічних рішень	19.05.22 – 30.05.22	
4	Вибір та обґрунтування елементної бази	31.05.22 – 2.06.22	
5	Проектування друкованої плати та корпусу	2.06.22 – 4.06.22	
6	Розрахунки, що підтверджують працездатність	4.06.22 – 7.06.22	
7	Оформлення документації	7.06.20 – 13.06.22	

Студент



Віталій КАЧАН

Керівник

Артем НІКІТЧУК

АНОТАЦІЯ

У дипломному проекті розробляється Універсальний переносний пристрій для електроживлення РЕА мобільного використання, який включає пояснювальну записку обсягом 49 сторінок, які включають: 45 рисунка, 5 таблиці, 41 посилань та 4 додатки.

Мета проекту — розробка пристрою, що зможе поєднати у собі звичний адаптер живлення який здатний працювати від мережі 220 В, з переносною мобільною батареєю.

Для досягнення цього було проведено аналіз найближчих аналогів даного приладу, було виявлено та проаналізовано їх переваги та недоліки, так само було зроблено аналіз технічного завдання. Також було розроблено структурну та електричну принципову схему, створено конструкцію та відповідні 3D-моделі та проведено розрахунки надійності приладу.

Ключові слова: Прилад, ДП, *TP4056*, *MT3608*.

ABSTRACT

In the diploma project the Universal portable device for power supply of REA of mobile use which includes the explanatory note in volume of 49 pages which include: 45 figures, 5 tables, 41 references and 4 appendices is developed.

The aim of the project is to develop a device that can combine a conventional power adapter that can operate from 220 V, with a portable mobile battery.

To achieve this, the analysis of the nearest analogues of this device was carried out, their advantages and disadvantages were identified and analyzed, as well as the analysis of the technical task. The structural and electrical schematic diagram was also developed, the design and corresponding 3D models were created and the reliability of the device was calculated.

Key words: Device, BF, TP4056, MT3608.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

на тему: «Універсальний переносний пристрій для електроживлення РЕА
мобільного використання»

Київ — 2022 року

ЗМІСТ

Перелік скорочень	4
ВСТУП.....	5
1 Огляд існуючих рішень. аналіз технічного завдання	7
1.1 Огляд та аналіз аналогів пристрою на ринку	7
1.2 Аналіз технічного завдання	9
2 Вибір та обґрунтування схемотехнічного рішення	11
2.1 Розробка структурної схеми	11
2.2 Розробка схеми електричної принципової	12
2.3 Вибір матеріалу ДП та припою.....	13
2.4 Вибір матеріалу корпусу	13
2.5 Вибір елементної бази	14
3 проектування конструкції пристрою	31
3.1 Визначення габаритів друкованої плати та її розмірів	31
3.2 Розрахунок ширини друкованих провідників	33
3.3 Розрахунок діаметрів монтажних отворів	34
3.4 Трасування друкованої плати	34
3.5 Проектування корпусу приладу	37
4 Аналіз працездатності приладу	40
4.1 Розрахунок надійності.....	40
4.2 Розрахунок віброміцності вузла	42
Висновки.....	44

					РА81.814111.001 ПЗ			
ЗМ.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Універсальний переносний пристрій для електроживлення РЕА мобільного використання	Лім.	Лист	Листів
Розробив	Качан В. Р.					1	49	
Перевірів	Нікітчук А. В.					РА-81, РТФ		
Н. Контр.								
Затвердив	Нікітчук А. В.							

Перелік джерел посилань.....	45
Додаток А. Технічне завдання.....	46
Додаток Б. Розрахунки.....	52
Додаток В. Збірка конструкторської документації	56
Додаток Е. Відомість дипломного проекту	60

					РА81.418111.001ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		3

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ДП – друкована плата

ЕП – електрична принципова

РЕА – Радіо електрона апаратура

ТЗ – технічне завдання

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
						4
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

У сучасному світі неможливо уявити себе без жодного гаджету під рукою, будь то телефон, планшет чи будь – яка інша апаратура. А зважаючи на сьогоднішні ритми життя то не завжди вистачає часу для заряджання їх, не кажучи про те що зарядка сама буде займати місце. Саме для вирішення цієї проблеми потрібний універсальний зарядний пристрій.

Зовнішній універсальний зарядний пристрій виглядає, як невелика коробочка, барило або навіть іграшка (дизайн може бути найрізноманітнішим). Усередині жорсткого корпусу з металу або пластику знаходиться мікросхема і один або кілька акумуляторів (чим їх більше, тим більший розмір та ємність універсального зарядного пристрою) [1]. Суть його роботи – накопичувати та зберігати в собі енергію до того моменту, як він може знадобитися.

А це може статися будь – якої миті, коли ваша мобільна техніка на межі вимикання. Зарядний пристрій призначений для заряджання смартфона будь – коли, в будь – якому місці, без прив'язки до електромережі. Вирушаючи у відрядження, або будь – яку поїздку, зовсім не зайвим буде взяти з собою зовнішній акумулятор, щоб не вдаватися до пошуку розетки в поїзді. Особливо це важливо, якщо в поїздку потрібно взяти з собою не тільки смартфон, але і ноутбук, навушники, смарт годинник або будь – який інший гаджет, який вимагає заряду [2].

Дуже часто, з проблемою розряджених батарей або з потребою частого заряду різної електроніки, стикаються фотографи під час виїзних зйомок. Ну і в цілому, якщо людина працює не в офісі, а на вулиці (будівництво, склад і т.д.), йому буде простіше зарядити смартфон за допомогою універсального зарядного пристрою, ніж шукати розетку і залишати смартфон біля неї.

Універсальний зарядний пристрій – це зовнішній акумулятор, який, як і внутрішній акумулятор, вимагає підзарядки. Більшість універсальних зарядних пристроїв заряджаються від звичайної розетки або іншої техніки (наприклад, ноутбуків) за допомогою *USB* – кабелю [3]. Деякі можуть

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		5

поповнювати запас енергії, вловлюючи сонячні промені, за принципом сонячних батарей.

Універсальний зарядний пристрій влаштований наступним чином: кілька елементів живлення спаяні з невеликою платою – контролером, до якої підключено роз'єм для зарядки гаджетів і самого акумулятора. Чим краща якість комплектуючих, тим надійніша конструкція зовнішнього зарядного пристрою.

Працює універсальний зарядний пристрій дуже просто. Спочатку зарядіть його від мережі через *USB* – кабель. Коли ваш смартфон, планшет, ноутбук або будь – який інший гаджет, який заряджається через *USB*, розрядився, ви підключаєте до нього свій універсальний зарядний пристрій. В цьому випадку він працює навпаки – віддає накопичену енергію пристрою. Під час заряджання ви можете продовжувати користуватися технікою, не зсуваючись з місця та не заплутуючись у проводах до розетки.

Поєднання адаптера живлення та переносного акумулятора у наш час зможе зекономити не тільки час заряджання телефону чи будь – якого іншого пристрою, але й значно покращить можливості і час їх використання без прив'язки до мережі.

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		6

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ. АНАЛІЗ ТЕХНІЧГОГО ЗАДАННЯ

Розробку технічного завдання варто розпочати з огляду аналогів універсальних портативних зарядних пристроїв.

1.1 Огляд та аналіз аналогів пристрою на ринку

Baseus Power Station GaN charger – Зарядний пристрій. Зовнішній вигляд *Baseus Power Station GaN charger* зображений на рис.1.1



Рисунок 1.1 — Зарядний пристрій *Baseus Power Station GaN charger* [4]

Особливості *Baseus Power Station GaN charger*:

- можливість заряджати відразу 2 пристрої;
- заряд від мережі 220 В;
- вбудований літєвий акумулятор на 10000 mAh;
- індикація заряду.

Недоліки *Baseus Power Station GaN charger*:

- недовге тримання заряду;
- ціна в 2000 грн.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.418111.001ПЗ

Лист

7

PROMATE TRIPLUG–PD18 – Зарядний пристрій. Зовнішній вигляд
PROMATE TRIPLUG – PD18 зображений на рис.1.2



Рисунок 1.2 — Зарядний пристрій *PROMATE TRIPLUG-PD18* [5]

Особливості *PROMATE TRIPLUG-PD18*:

- заряд від мережі 220 В;
- невеликі габарити;
- наявність порта зарядки *USB-A Quick Charge 3.0*;
- ціна 700 грн;
- висувна зарядна вилка *Europlug*.

Недоліки *PROMATE TRIPLUG–PD18*:

- мала ємність акумулятора 3400 mAh ;
- сильний нагрів при зарядці від 220 В.

У зв'язку з тим, що більшість універсальних портативних зарядних пристроїв схожі один на одного, досить розібрати ці два прилади.

Вивчаючи данні аналоги можна виділити дві основні проблеми даних пристроїв: не зручні для повсякденного використання корпуси та виводи роз'ємів під зарядку; велика не спів розмірність ціни до якості; Саме ці дві основні проблеми у подальшому будуть вибрані основними для покращення виробу

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		8

1.2 Аналіз технічного завдання

Універсальний переносний пристрій для електроживлення РЕА мобільного використання призначений для живлення мобільних пристроїв таких як телефон, планшет, смарт годинник тощо. Прилад повинен мати зручний та ергономічний корпус для зручного користування та транспортування. Використовувати прилад можна при нормальних умовах експлуатації У5 згідно з ГОСТ 15150-69 [6], який передбачає такі умови:

- робоча температура в межах від +35 °С до -5 °С;
- гранична температура в межах від +35 °С до -5 °С;
- середнє значення відносної вологості повітря – 75% при температурі +15 °С;
- граничне значення відносної вологості повітря – 98% при температурі +25 °С;
- робоче значення атмосферного тиску – 106 кПа;
- мінімально допустиме значення атмосферного тиску – 86 кПа.

Транспортування має проводитись як дуже легке згідно ГОСТ 23216-78 [7]. Перевезення відбувається без зайвих навантажень автомобільним транспортом – транспортними засобами з пневматичним демпфуванням по дорогах з асфальтним або бетонним покриттям (дороги 1 – і категорії по будівельним нормам та правилам затвердженими Укравтодором) на будь – яку відстань.

За ГОСТ 30773-2001 [8] утилізацією приладу займається сам виробник. При утилізації всі частини приладу можна розділити на дві групи: які ідуть на повну ліквідацію та на подальшу переробку.

Пристрій повинен мати гарантійний термін не менше року експлуатації, за показниками надійності повинен працювати безвідмовно не менше 1 години. Ремонт та технічне обслуговування здійснюється у виробника або у сертифікованих центрах обслуговування. Для забезпечення технічного обслуговування пристрою корпус слід зробити розбірним.

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		9

Відповідно до поставлених в ТЗ умов використання приладу, його корпус буде виготовлено з легкого якісного пластику (ABS) чорного або червонго кольору

Для забезпечення доступності приладу, слід обрати найсучасніші та найпоширеніші компоненти на даний момент. Для того, щоб прилад у майбутньому пішов у виробництво, він повинен бути легким у виготовленні та ремонту у разі поломки.

У цьому розділі було проаналізоване технічне завдання, яке дозволить приступити до створення пристрою, який буде мати перевагу перед аналогами.

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		10

2 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМОТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ

В цьому розділі розроблена структурна і електрична принципова схема та проведено вибір елементної бази.

2.1 Розробка структурної схеми

Одним з основних завдань цієї роботи є розробка структурної схеми. На (рис. 2.1) зображено структурна схема універсального портативного зарядного пристрою.

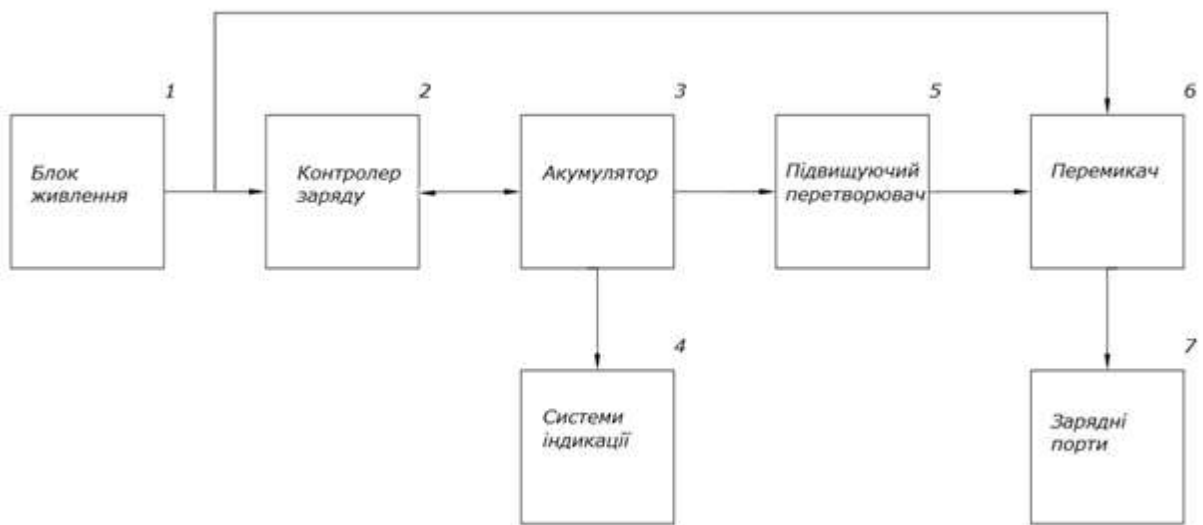


Рисунок 2.1 — Структурна схема

Структурна схема складається з:

1. Блока живлення для забезпечення схеми напруги у 5 В та сили струму у 2 А.
2. Контролера заряду призначений для захисту акумулятора від скачків напруги та запобігти його перезаряджанню.
3. Акумулятор який використовується для живлення приладу під час мобільного використання.
4. Системи індикації яка сигналізує про розрядженість акумулятору.
5. Підвищуючий перетворювач напруги який використовується для підвищення напруги до 5 В та сили струму 2А.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.418111.001ПЗ

Лист

11

6. Перемикач стану приладу з мобільного, при якому живлення приладу відбувається від акумулятору, до стаціонарного при якому живлення приладу відбувається від мережі .
7. Зарядні порти від яких відбувається живлення інших пристроїв.

2.2 Розробка схеми електричної принципової

Проаналізувавши наявні аналоги на ринку з усіма недоліками та переваги була запропонована та розроблена дана схема електрична принципова відповідно до структурної схеми та завданню.

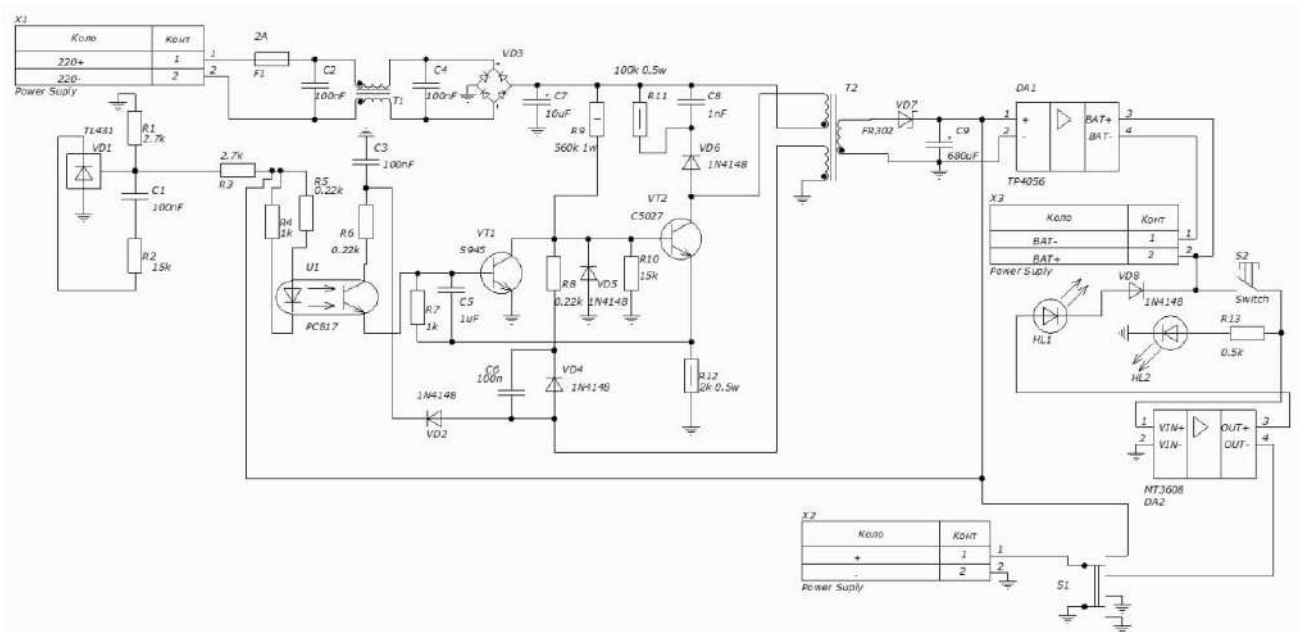


Рисунок 2.2 — Схема електрична принципова

Дану схему електричну принципову можна розділити на 5 основних блоків, а саме:

- блок живлення з запобіжником та фільтром перешкод що захищає всю схему від імпульсних перешкод мережі, даний блок допомагає для забезпечення схеми необхідною напругою у 5 В та сили струму у 2 А.
- контролер заряду акумуляторів на мікросхемі *TP4056* для безпечного заряду акумулятора для уникнення перезаряду акумулятора та захист його від стрибків напруги.
- система індикації на двох світлодіодах для індикації стану приладу, а саме: перший (*HL2*) показує чи підключений акумулятор до

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.418111.001ПЗ

Лист

12

перетворювача напруги, та інший (*HL1*) вмикається якщо акумулятор буде розряджений.

— акумуляторна батарея для тримання заряду коли девайс відімкнено від мережі.

— перетворювач напруги на мікросхемі *MT3608* для підвищення напруги та сили струму до 5 В та 2 А.

Дана схема має складається з дешевих та популярних деталей, які можуть бути легко замінені у разі виходу зі строю приладу. Також наявність таких дешевих елементів суттєво зменшує ціну всього виробу без втрати якості.

2.3 Вибір матеріалу ДП та припою

Друкована плата буде виготовлена із *FR4* – склотекстоліт виконано за ГОСТ 34246–89. Даний тип плат був вибраний за його доступність за ціною, простоту в експлуатації, та дуже високою діелектричною міцністю. Також до плюсів можна віднести його вологостійкість, термостійкість та легкість.

Плата буде встановлюватися на спеціальні стійки та закручується самонарізними гвинтами *ST2,9 x 6,5 – с – п*.

Припій *SAC 305 ISO 9453:2014* буде використаний для припою деталей.

2.4 Вибір матеріалу корпусу

В якості матеріалу корпусу обрано *ABS* – пластик чорного або червоного кольору, оскільки виріб експлуатуватиметься, як стаціонарно так і мобільно. Даний матеріал має гарну міцність, естетичність та є досить дешевим. *ABS TU 2246-016-057-05762341-2005* матеріал має наступні фізико-хімічні властивості:

- щільність: 1,02 – 1,08 г/см³;
- відносне подовження: 10 – 15%;
- міцність при згинанні: 50 – 87 МПа;
- міцність при стисненні: 46 – 80 МПа;
- міцність при розтягуванні: 35 – 50 МПа;
- усадка (при виготовленні виробів): 0,4 – 0,7%;

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
						13
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

- модуль пружності при розтягуванні при 23 °С: 1700 – 2930 МПа;
- твердість за Брінеллем: 90 – 150 МПа;
- ударна в'язкість по Шарлі (з надрізом): 10 – 30 кДж/м²;
- теплостійкість за Мартенсом: 86 – 96 °С;
- температура розм'якшення: 90 – 105 °С;
- вологопоглинання: 0,2 – 0,4%;
- максимальна температура тривалої експлуатації: 75 – 80 °С;
- діапазон технологічних температур: 200 – 260 °С;
- діелектрична проникність при 106 Гц: 2,4 – 5;
- тангенс кута діелектричних втрат при 106 Гц: $(3 - 7) \cdot 10^{-4}$;
- питомий об'ємний електричний опір: $5 \cdot 10^{13}$ Ом/м;
- електрична міцність: 12 – 15 МВ/м;
- температура самозаймання: 395 °С.

2.5 Вибір елементної бази

Проаналізувавши аналоги на ринку, та принципову схему універсальної мобільної батареї, вважаючи, що виробництво одиничне, вибір елементної бази здійснювався за такими критеріями:

- економічність;
- доступність;
- компактність.

Переглянувши багато варіантів вибір зупинився на найкращих за даними критеріями в даний момент.

Було вирішено використовувати літій-іонний полімерний акумулятор [9], також було прийняте рішення приєднати акумулятор до кришки корпусу за допомогою двосторонньої клейкої стрічки, вигляд акумулятору зображено на рис. 2.3. Його переваги:

- велика густина енергії на одиницю маси;
- слабо виражений ефект пам'яті;
- незначний перепад напруги в міру розряду;
- діапазон робочих температур від – 20 °С до +40 °С.

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
						14
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.3 — Акумулятор літій-полімерний (*Li-pol*)

Технічні характеристики:

- габарити 12×60×100 мм;
- напруга 3,7 В;
- максимальний струм заряду: 1С (10 А);
- максимальний струм розряду: 1С (10 А);
- ємність 10000 мА·год.

Для модуля заряду було вирішено використовувати мікросхему *TP4056* яка зображена на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 — Мікросхема *TP4056*

Контролер заряду та живлення *TP4056* [10] з фіксованою напругою та струмом заряду для лінійного заряду літій – іонних акумуляторних батарей. Може використовуватися як у *USB* зарядних пристроях, так і мережевих. Залежно від температури кристала регулює струм заряду. Фіксована напруга заряду 4,2 В. Струм заряду програмується резистором в обв'язці. Заряд припиняється, коли струм заряду дорівнює 1/10 запрограмованого.

Технічні характеристики:

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		15

- напруга живлення від 4 до 8 В;
- фіксована напруга заряду 4,2 В;
- максимальний вихідний струм (заряду): 1 А.

Для перетворювача напруги було вирішено використовувати мікросхему *MT3608* яка зображена на рисунку 2.5.

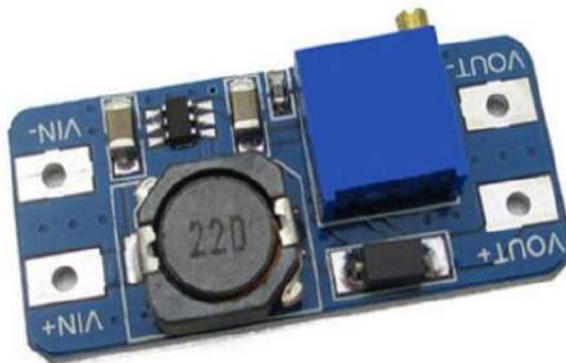


Рисунок 2.5 — Мікросхема *MT3608* [11]

Підвищуючий конвертер використовується для посилення вхідної напруги в ланцюзі, а також регулювання значення вихідної напруги. Конвертер можна використовувати в регульованому джерелі живлення, зарядних пристроях, лабораторних блоках живлення, драйверах для світлодіодів високої потужності.

MT3608 працює на частоті 1,2 МГц, що дозволяє використовувати невеликі конденсатори та котушки індуктивності. *MT3608* має функцію плавного запуску. *MT3608* використовує стабілізацію напруги із фіксованою частотою.

Технічні характеристики:

- вхідна напруга: 2 – 24 В;
- вихідна напруга: 5 – 28 В;
- максимальний вихідний струм: 2 А;
- частота ШІМ: 1,2 МГц;
- ККД: до 93%.

Конденсатор (*C1, C2, C3, C4, C6*) які зображено на рис. 2.6, від компанії *SAMSUNG* [12], володіє мініатюрними розмірами, що властиво *SMD* –

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
						16
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

конденсаторам, стійкою роботою у високочастотних ланцюгах, часто застосовується на материнських платах, в якості ефективного придушення імпульсних перешкод у блоках живлення та встановлюється на монтаж.

Характеристики:

- має *SMD* технологію монтування на плату;
- ємність 100 нФ;
- діапазон температур від - 20 °С до +70 °С.

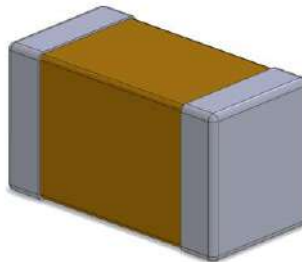


Рисунок 2.6 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Конденсатор (C5) які зображено на рис. 2.7, від компанії *TDK* [13].

Характеристики:

- Ємність 1 мкФ;
- Діапазон температур від - 55 °С до +125 °С;
- Максимальна напруга 250 В.



Рисунок 2.7 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Конденсатор (C7) алюмінієвий електролітичний який зображено на рис. 2.8, від компанії *Panasonic* [14].

Характеристики:

- ємність 10 мкФ;

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		17

- діапазон температур від - 40 °С до +105 °С;
- максимальна напруга 350 В.



Рисунок 2.8 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Конденсатор (C8) який зображено на рис. 2.9, від компанії *KEMET* [15].

Характеристики:

- ємність 1 нФ;
- діапазон температур від - 55 °С до +125 °С;
- максимальна напруга 100 В.

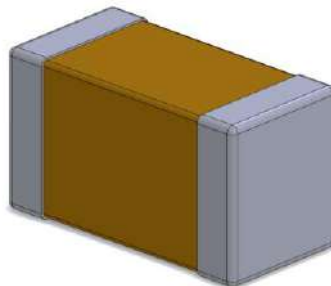


Рисунок 2.9 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Конденсатор (C9) алюмінієвий електролітичний який зображено на рис. 2.10, від компанії *KEMET* [16].

Характеристики:

- ємність 680 мкФ;
- діапазон температур від - 45 °С до +115 °С;
- максимальна напруга 120 В.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.418111.001ПЗ

Лист

18

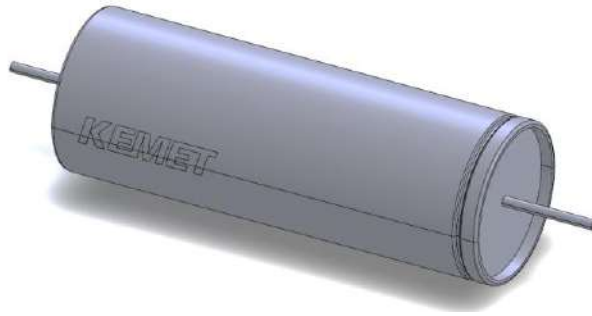


Рисунок 2.10 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Запобіжник (F1) – скляний циліндричний запобіжник для захисту електричного кола від короткого замикання який зображено на рис. 2.11, від компанії *Bussmann* [17].

Характеристики:

- номінальний ток 2 А;
- діапазон температур від - 45 °С до +115 °С;
- максимальна напруга 250 В.

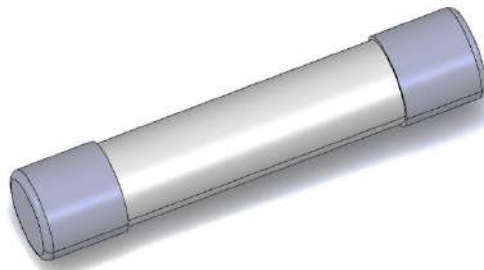


Рисунок 2.11 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Світлодіод (*HL1*, *HL2*) який зображено на рис. 2.12, від компанії *GUANGUE* [18], який було обрано для індикації стану акумулятора.

Характеристики:

- напруга 3,2 – 3,4 В;
- яскравість світіння 12 – 15 Cd;
- робочий струм 30 мА.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.418111.001ПЗ

Лист

19

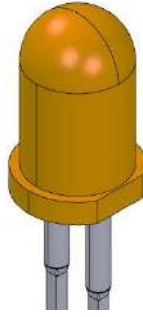


Рисунок 2.12 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Резистор (R_{10} , R_1) який зображено на рис. 2.13, від компанії *Panasonic* [19].

Характеристики:

- опір 15 кОм;
- допуск 5%;
- діапазон температур від $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+155\text{ }^{\circ}\text{C}$.

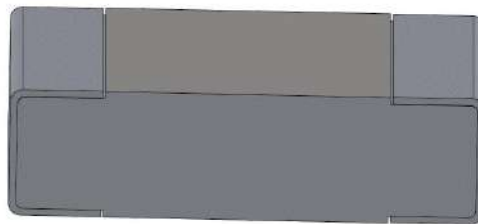


Рисунок 2.13 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Резистор (R_2 , R_3) який зображено на рис. 2.14, від компанії *Panasonic* [19].

Характеристики:

- опір 2,7 кОм;
- допуск 1%;
- діапазон температур від $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+155\text{ }^{\circ}\text{C}$.

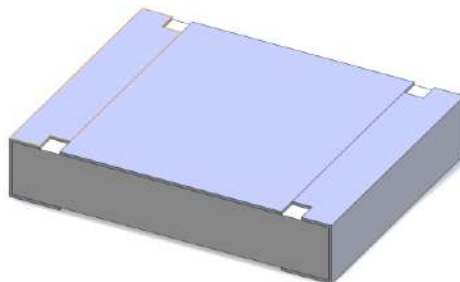


Рисунок 2.14 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		20

Резистор ($R7$, $R4$) який зображено на рис. 2.15, від компанії *Panasonic* [19].

Характеристики:

- опір 1 кОм;
- допуск 5%;
- діапазон температур від $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+155\text{ }^{\circ}\text{C}$.

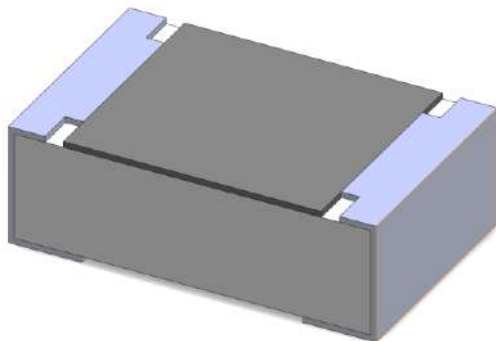


Рисунок 2.15 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Резистор ($R8$, $R6$, $R5$) який зображено на рис. 2.16, від компанії *Panasonic* [19].

Характеристики:

- опір 0,22 кОм;
- допуск 5%;
- діапазон температур від $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+155\text{ }^{\circ}\text{C}$.

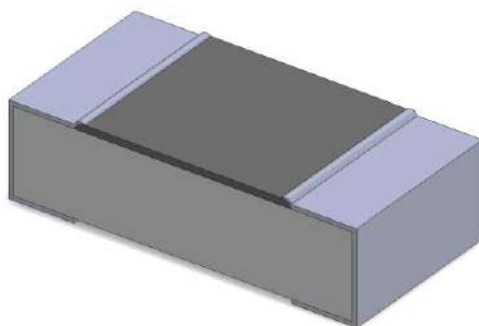


Рисунок 2.16 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Резистор ($R9$) який зображено на рис. 2.17, від компанії *Panasonic* [20].

Характеристики:

- опір 560 кОм;

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		21

- потужність, що розсіюється 1 Вт;
- допуск 5%;
- діапазон температур від - 55 °С до + 155 °С.

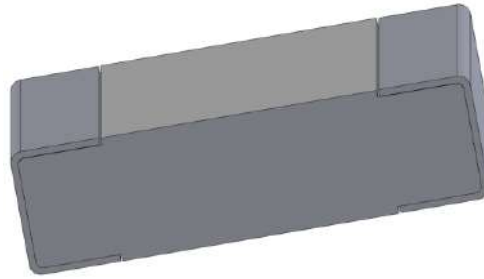


Рисунок 2.17 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Резистор (*R11*) який зображено на рис. 2.18, від компанії *Panasonic* [21].

Характеристики:

- опір 100 кОм;
- потужність, що розсіюється 0,5 Вт;
- допуск 0,5%;
- діапазон температур від - 55 °С до + 155 °С.

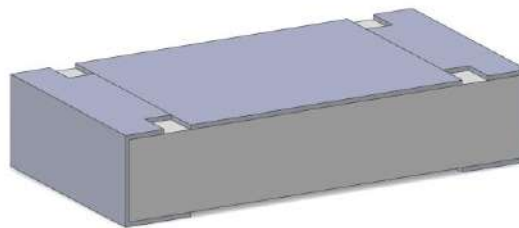


Рисунок 2.18 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Резистор (*R12*) який зображено на рис. 2.19, від компанії *Panasonic* [22].

Характеристики:

- опір 2 кОм;
- потужність, що розсіюється 0,5 Вт;
- допуск 0,5%;
- діапазон температур від - 55 °С до +155 °С.

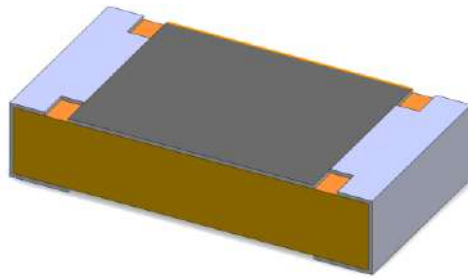


Рисунок 2.19 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Перемикач *EG1218 (S2)* який зображено на рис. 2.20, від компанії *E swich* [23].

Характеристики:

- габарити 11,6 × 5,6 × 4 мм;
- контактний опір: менше 20 мОм;
- опір ізоляції: 500 В постійного струму — 100 мОм;
- діелектрична міцність: 500 В змінного струму протягом 1 хвилини між будь-якою клемою та рамою;
- діапазон температур від - 35 °С до +85 °С.

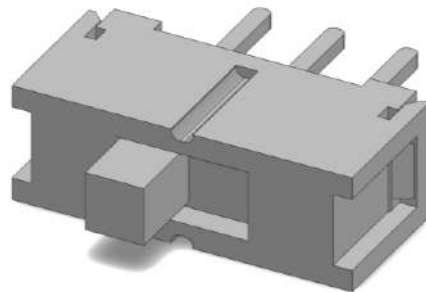


Рисунок 2.20 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Перемикач *TL2201EEZB TL2230 (S1)* який зображено на рис. 2.21, від компанії *E swich* [23].

Характеристики:

- габарити 7×7×12,5 мм;
- діапазон температур від - 35 °С до +85 °С.

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		23

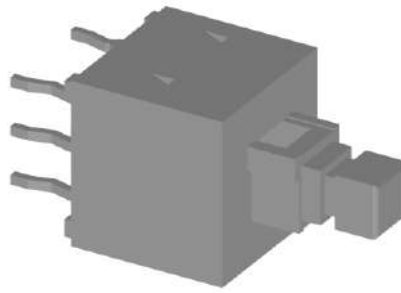


Рисунок 2.21 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Фільтр придушення перешкод ($T1$) було вирішено брати від компанії *MURATA* [25], даний трансформатор є знижуючим.

Характеристики:

- індуктивність 0,9-43 мГн;
- номінальний струм 0,3-2 А;
- номінальна напруга 250-300 В;
- температурний діапазон: -35 °С до +60 °С.

Трансформатор ($T2$) який зображено на рис. 2.22, від компанії *Signal* [26].

Характеристики:

- робоча частота: 20-500 кГц;
- потужність 15 - 20 Вт;
- робоча температура: від -40 °С до + 125 °С.

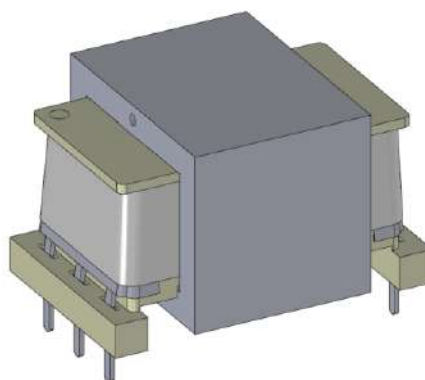


Рисунок 2.22 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Оптрон транзисторний *PC817* ($U1$) який зображено на рис. 2.23, від компанії *taivan semiconductor* [27].

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		24

Характеристики:

- максимальна напруга колектор – емітер 35 В
- максимальна потужність 150 мВт, що розсіюється на колекторі.
- максимальна частота, що пропускається: 80 кГц;
- діапазон температур від - 30 °С до +100 °С.

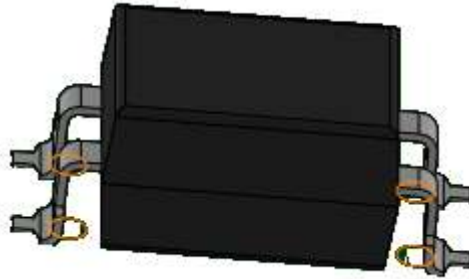


Рисунок 2.23 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Діод *TL431* (*VD1*) який зображено на рис. 2.24, від компанії *Texas Instrument* [28].

Характеристики:

- програмоване джерело опорної напруги від 2,5 В до 36 В, точність $\pm 1\%$;
- діапазон температур від - 40 °С до +85 °С.

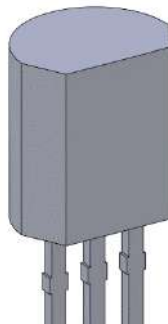


Рисунок 2.24 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Діод *1N4148* (*VD2*, *VD4*, *VD5*, *VD6*, *VD8*) який зображено на рис. 2.25, від компанії *Diotec* [29].

Характеристики:

- постійна зворотна напруга (*max*): 75 В;
- імпульсна зворотна напруга (*max*): 120 В;

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		25

- прями́й випря́млений стру́м (*max*): 0,2 А;
- допустимий прями́й імпульсний стру́м (*max*): 0,45 А;
- зворотний стру́м (*max*): 5 мкА;
- прями́а напру́га (*max*): 1,0 В;
- час зворотного відновлення (*max*): 0,004 мкс;
- діапазон температур від - 65 °С до +100 °С.

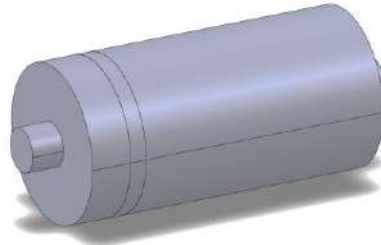


Рисунок 2.25 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Діодний міст *MB10F – 13 (VD3)* який зображено на рис. 2.26, від компанії *Diodes* [30].

Характеристики:

- імпульсний стру́м 300 А;
- зворотне напру́ження макс. 50 В;
- прями́й стру́м 15 А;
- діапазон температур від - 40 °С до +85 °С.

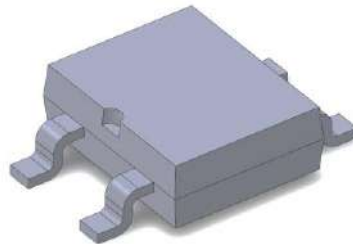


Рисунок 2.26 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Діод *FR302 (VD7)* який зображено на рис. 2.27, від компанії *Taiwan semiconductor* [31].

Характеристики:

- максимальна постійна зворотна напру́га 100 В;
- максимальна прями́а напру́га 1,3 В;

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		26

- максимальний зворотний струм 10 мкА при 100 В;
- діапазон температур від - 65 °С до +175 °С.



Рисунок 2.27 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Транзистор S945 (VT1) який зображено на рис. 2.28, від компанії *Stanson Technology* [32].

Характеристики:

- структура: *NPN*;
- напруга колектор – емітер $U_{к\epsilon\omicron}$ (*max*): 50 В;
- напруга колектор – база $U_{к\omicron\omicron}$ (*max*): 60 В;
- напруга емітер – база $U_{\epsilon\omicron\omicron}$ (*max*): 5 В;
- допустимий струм колектора I_k (*max*): 0,15 А;
- коефіцієнт посилення транзистора по струму h_{fe} : від 70 до 700;
- гранична частота коефіцієнта передачі струму $f_{г\pi}$: 150,0 МГц;
- потужність колектора P_k (*max*) : 0,40 Вт.;
- діапазон температур від - 50 °С до +150 °С.

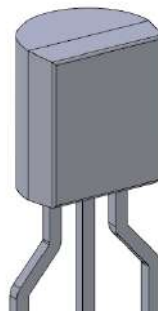


Рисунок 2.28 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Транзистор C5027 (VT2) який зображено на рис. 2.29, від компанії *Fairchild Semiconductor* [33].

Характеристики:

- структура: *NPN*;

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		27

- напруга колектор – емітер, не більше: 800 В;
- напруга колектор – база, трохи більше: 1100 В;
- напруга емітер – база, трохи більше: 7 В;
- струм колектора, не більше: 3 А;
- потужність колектора, що розсіюється, не більше: 50 Вт;
- коефіцієнт посилення транзистора струмом (h_{fe}): від 15 до 30;
- гранична частота коефіцієнта передачі струму: 15 МГц;
- діапазон температур від - 50 °С до +150 °С.

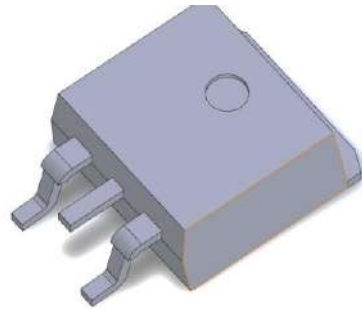


Рисунок 2.29 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Клемник (X1, X2) який зображено на рис. 2.30, від компанії *TE Conectivity* [34].

Характеристики:

- номінальна напруга 300 В;
- мінальний струм 30 А;
- 2 контакти.

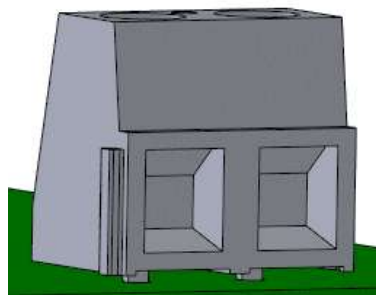


Рисунок 2.30 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Роз'єм *USB, USB Type C* (X3) який зображено на рис. 2.31, від компанії *KLC Electronic* [35].

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		28

Характеристики:

- роз'єм *USB*;
- роз'єм *USB Type – C*;
- номінальна напруга 5 В;
- номінальний струм 2 А.

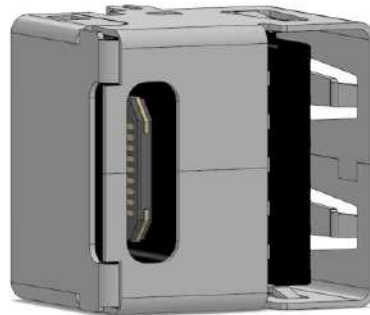


Рисунок 2.31 — 3D модель в середовищі *SolidWorks*

Серед інших компонентів що входять до пристрою:

Силовий кабель ШВВП 2 × 4 [36], для з'єднання конектору з мережею 220 В в середині корпусу, який зображено на рис. 2.32.

Характеристики:

- кількість жил – 2;
- номінальний переріз жил – 4 мм²;
- розрахункова маса (вага) кабелю – 119,6 кг/км;
- товщина ізоляції кабелю – 0,6 мм;
- товщина оболонки жил – 0,5 мм;
- допустиме струмове навантаження – до 25 А;
- опір жив постійному струму при +20 °С - від 4,95 Ом.

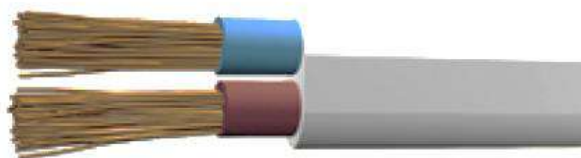


Рисунок 2.32 — Силовий кабель [36]

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.418111.001ПЗ

Лист

29

З'єднувальний кабель [37], для з'єднання конектору з акумулятором в середині корпусу, який зображено на рис. 2.33.

Характеристики:

- кількість жил – 2;
- номінальний переріз жил – 1,5 кв. мм²;
- допустиме струмове навантаження – до 10 А;
- діапазон температур від - 50 °С до +50 °С.



Рисунок 2.33 — З'єднувальний кабель [37]

Обтискач для дротів [38], для більш якісного контакту дротів до клемника, який зображено на рис. 2.34.

Характеристики:

- макс. струм (I_{max}) 24 А;
- розмір контакту/штекера: 4,8 x 0,8 мм;
- матеріал ізоляції: полівінілхлорид (ПВХ).



Рисунок 2.34 — Обтискач для дротів [38]

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.418111.001ПЗ

Лист

30

3 ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ

3.1 Визначення габаритів друкованої плати та її розмірів

Для визначення площі плати треба розрахувати мінімальну площу, що відповідає загальній площі всіх елементів кожної сторони, тобто елементів поверхневого монтажу та вивідних елементів окремо. Тож розрахуємо площу всіх елементів за формулою 3.1 [39].

$$S_{\Pi} = S_{\text{мг}} + 1,5 S_{\text{сг}} + 2 S_{\text{вг}} + S_{\text{кр}}, \quad (3.1)$$

де $S_{\text{мг}}$ – площа малогабаритних елементів;

$S_{\text{сг}}$ – площа середньогабаритних елементів;

$S_{\text{вг}}$ – площа великогабаритних елементів;

$S_{\text{кр}}$ – площа кріпильних елементів.

Для цих розрахунків беремо елементи з таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Площа компонентів

Компонент	Площа одного ел. (мм ²)	Кількість ел.	Площа усіх ел. (мм ²)
Конденсатор 100 nF	8,13	5	40,65
Конденсатор 1 uF	14,46	1	14,46
Конденсатор 10 uF	37,23	1	37,23
Конденсатор 1 nF	4,74	1	4,74
Конденсатор 680 uF	810,18	1	810,18
Мікросхема TP4056	410,97	1	410,97
Мікросхема MT3608	712,35	1	712,35
Запобіжник 2 А	2412,22	1	2412,22
Світлодіод URD/1618	40,94	2	81,88
Резистор 15 kOhm	4,35	2	8,7
Резистор 2,7 kOhm	12,61	2	25,22

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		31

Продовження таблиці 3.1

Компонент	Площа одного ел. (мм ²)	Кількість ел.	Площа усіх ел. (мм ²)
Резистор 1 кOhm	7,68	2	15,36
Резистор 0,22 кOhm	4,53	3	13,59
Резистор 560 кOhm	12,61	1	12,61
Резистор 100 кOhm	7,68	1	7,68
Резистор 2 кOhm	7,68	1	7,68
Перемикач <i>TL2201EEZB</i> <i>TL2230</i>	83,62	1	83,62
Кнопка <i>Switch FSM JSM</i>	74,13	1	74,13
Фільтр придушення перешкод <i>Murata</i>	464,31	1	464,31
Трансформатор <i>PC - 20 - 45</i>	930,86	1	930,86
Оптрон транзисторний <i>VOS617B — 37</i>	54,21	1	54,21
Діод <i>TL431</i>	26,34	1	26,34
Діод 1N4148	21,11	5	105,55
Діодний міст <i>GBPC15005W</i>	41	1	41
Діод <i>FR302</i>	171,88	1	171,88
Транзистор <i>S945</i>	29,2	1	29,2
Транзистор <i>C5027</i>	68,86	1	68,86
Клемник <i>C - 28283</i>	100,25	2	200,5
Роз'єм <i>USB, USB Type - C</i>	204,08	1	204,08
Кріпильні елементи	100	4	400

З табл. 3.1 отримуємо, що сума площі елементів — 7414,57 мм².

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		32

А з формули 3.1 отримуємо $S_{\pi} = 4377,70 + 1,5 \cdot 832,15 + 2 \cdot 204,8 + 400 = 9435,45 \text{ мм}^2$.

Значення мінімальної площі дорівнює $9435,45 \text{ мм}^2$. Оскільки обрано плату стандартної прямокутної форми, для запобігання перегріву за зручного конструювання корпусу пристрою у подальшому, враховуючи отвори для кріплення ДП та збільшення площі для кращого трасування, розміри плати та її площі будуть збільшені до $100 \text{ мм} \times 60 \text{ мм}$.

3.2 Розрахунок ширини друкованих провідників

У даному розділі було зроблено розрахунки ширини провідників для нашої схеми, розрахунки було проведено в програмі *Mathcad*.

Проаналізувавши схему, було виділено чотири класи: силова 1 типу та 2 типу, сигнальна 1 типу та 2 типу. Для силового ланцюга 1 типу максимальний струм буде 16 А при максимальній напрузі 220 В . Для силового ланцюга 2 типу максимальний струм буде 2 А при максимальній напрузі $3,7 \text{ В}$. Для сигнальних провідників 1 типу максимальний струм буде 1 А , а максимальна напруга – $3,7 \text{ В}$. Для сигнальних провідників 2 типу максимальний струм буде 2 А , а максимальна напруга буде 5 В .

Скриншот розрахунків наведений у додатку Б. Для зручності усі дані були занесені у таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 — Розміри друкованих провідників.

Тип лінії	Напруга, В	Струм, А	Ширина провідника, мм	
			у вузькому	у широкому
Силова 1 типу	220	16	2,85	2,85
Силова 2 типу	3,7	2	2,85	2,85
Сигнальна 1 тип	5	1	1,42	1,42
Сигнальна 2 тип	5	2	1,42	1,42

Згідно розрахунків у додатку Б, та їх результатам наведених у таблиці 3.2, ми знайшли необхідні значення ширини друкованих провідників.

Відповідно до ГОСТ 23751-86 для даного виробу, який виготовляється в домашніх умовах обрано третій клас точності друкованої плати.

3.3 Розрахунок діаметрів монтажних отворів

Для коректної роботи пристрою треба розрахувати діаметри отворів для вивідних елементів за формулою:

$$D_0 = D_v + 0,2, \quad (3.2)$$

де D_0 – розміри отворів для вивідних елементів;

D_v – розміри виводів.

Розрахуємо розміри контактних майданчиків для вивідних елементів за формулою:

$$D_k = D_0 + 0,6, \quad (3.3)$$

де D_k – розміри контактних майданчиків для вивідних елементів.

За умови $D_0 \geq 1,1$ розміри контактних майданчиків розрахуємо за формулою:

$$D_k = D_0 + \frac{2}{3}D_0, \quad (3.4)$$

Отримані значення наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Розміри для вивідних елементів

Назва елемента	D_v , мм	D_0 , мм	D_k , мм
TP4056	1	1,2	1,8
MT3608	1	1,2	1,8

3.4 Трасування друкованої плати

В програмі для створення друкованих плат *Altium Designer*, було створено 3D моделі згідно з принциповою схемою та проведене трасування. Відповідно до розрахунків площі у попередньому пункті – виберемо розміри плати, а саме 100мм x 60мм. Після чого було проведено доріжки зав'язків та трасування плати. Вигляд трасування у верхньому шарі показано на рис. 3.1, а трасування у нижньому шарі на рис. 3.2.

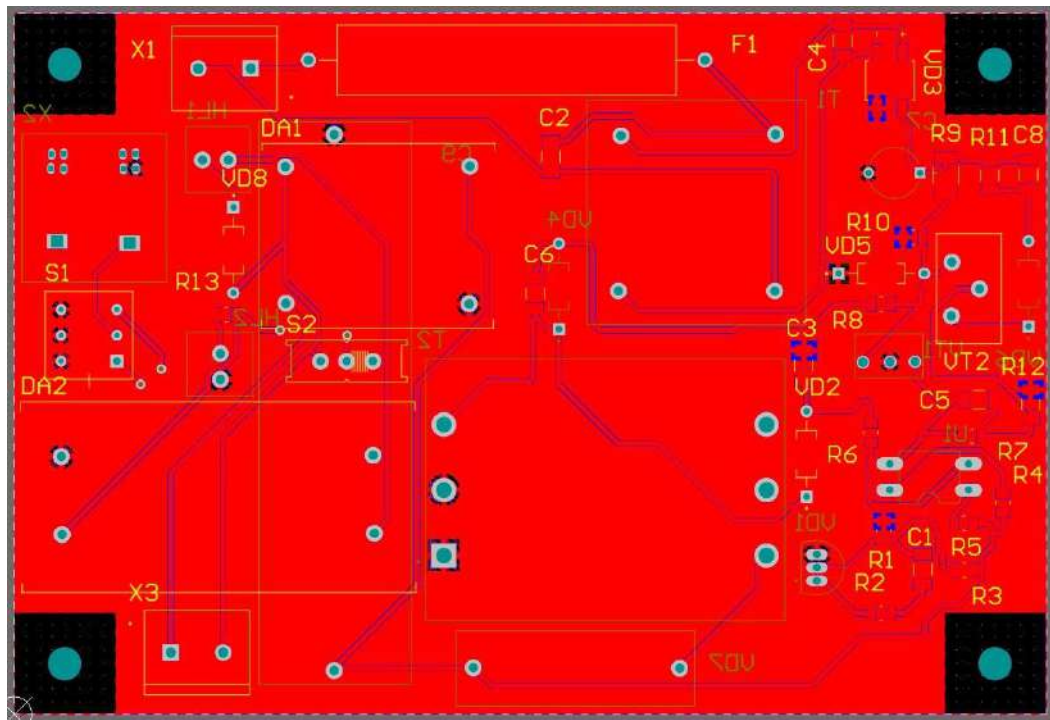


Рисунок 3.1 — Верхній шар трасування (*Top Layer*)

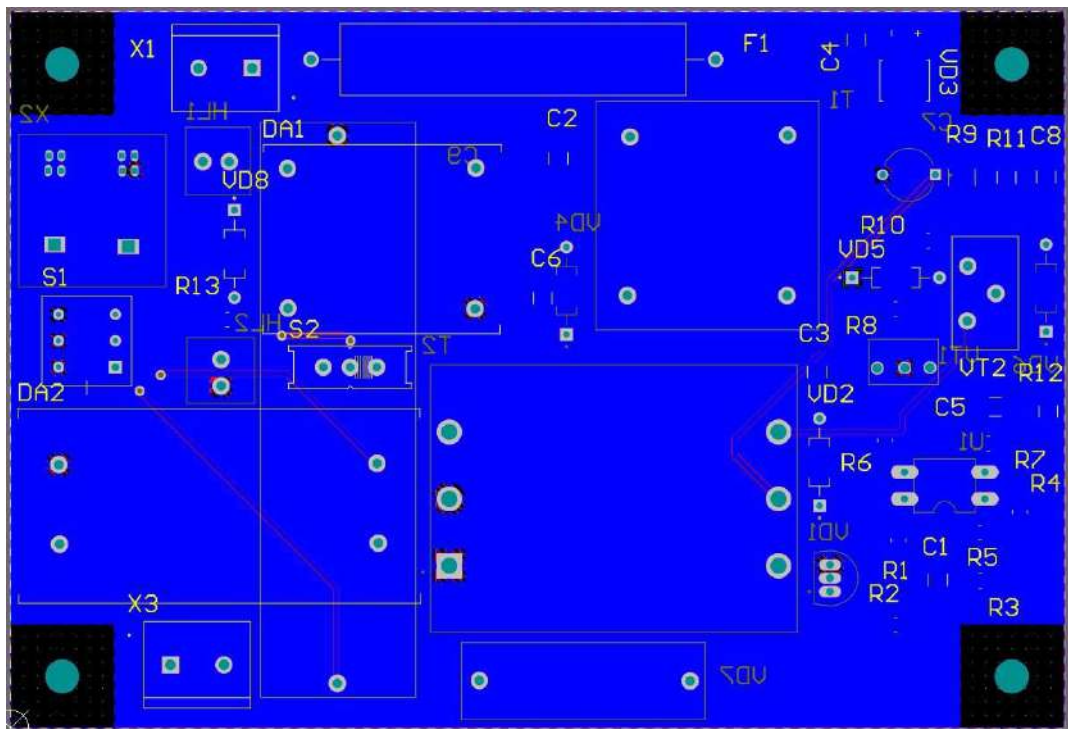


Рисунок 3.2 — Нижній шар трасування (*Bottom Layer*)

Після побудови плати ми приступили до перевірки її на помилки та можливі похибки які здатна виявити програма *Altium Designer*, задовільний результат після проходження тесту на помилки показано на рис. 3.3.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

Design Rule Verification Report

Date: 07.06.2022
Time: 0:00:08
Elapsed Time: 00:00:02
Filename: D:\altium\va.kachan\123.PcbDoc

Warnings: 0
Rule Violations: 0

Summary

Warnings	Count
Total	0

Рисунок 3.3 — Результат перевірки на наявність помилок
Після виконання всіх перевірок плати здобула остаточний вигляд як представлено на рисунках 3.3, 3.4 та 3.5.

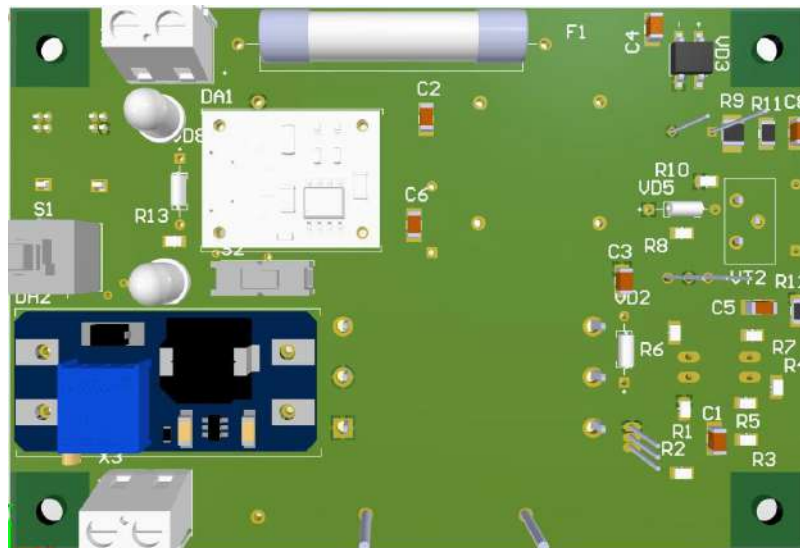


Рисунок 3.3 — Кінцевий вигляд плати зверху

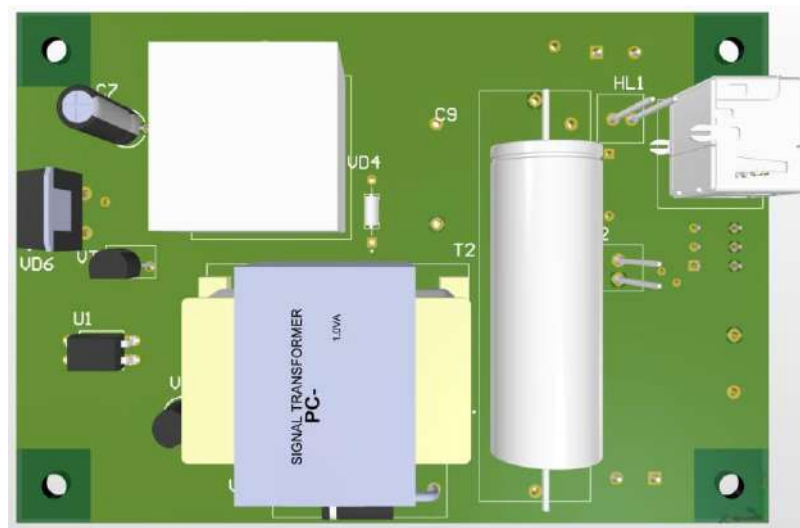


Рисунок 3.4 — Кінцевий вигляд плати знизу

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

У подальшому плата була експортована у *STEP* модель, для можливості побудови реалістичного корпусу в середовищі *SolidWorks*.

3.5 Проектування корпусу приладу

Корпус майбутнього універсального переносного пристрою для електроживлення РЕА мобільного використання має відповідати наступним вимогам:

- мобільний та стаціонарний спосіб використання;
- виходи: *USB*, *USB Type – C*;
- вхід – *Europlug*;
- індикатор стану акумулятора;
- найбільша грань корпусу до 120 мм,

Враховуючи усі вищенаведені вимоги, було створено корпус в програмі *SolidWorks*. На рис. 3.5 можна побачити корпус спереду.

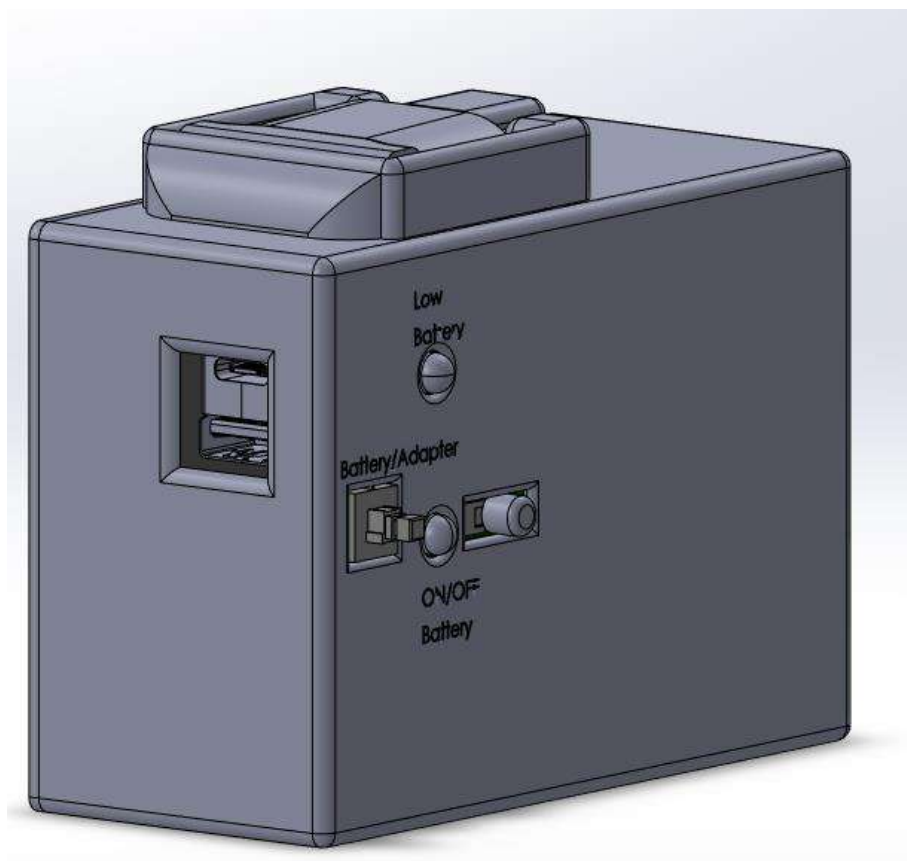


Рисунок 3.5 — Вигляд корпусу спереду та з опущеною вилкою зарядки

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.418111.001ПЗ

Лист

37

Для зручності використання кнопок та світлодіодів було нанесено певне гравіювання біля кожного компонента. Кнопки керування та світлодіодна індикація стану розрядженості акумулятора були винесені на передню сторону. Зарядні порти *USB* та *USB Type – C* були винесені на окрему сторону пристрою, щоб при подальшому користуванні пристроєм кабелі заряду не заважали користуванню кнопками. Зарядна вилка під стандарт *Europlug* було вирішено зробити її висувною, що покращує ергономічність та зовнішній вигляд пристрою. При опущеній виделці пристрій має розміри 105×83×46 мм, а при піднятій 105×120×46 мм. Вигляд пристрою з піднятою вилкою можна побачити на рис.3.6.

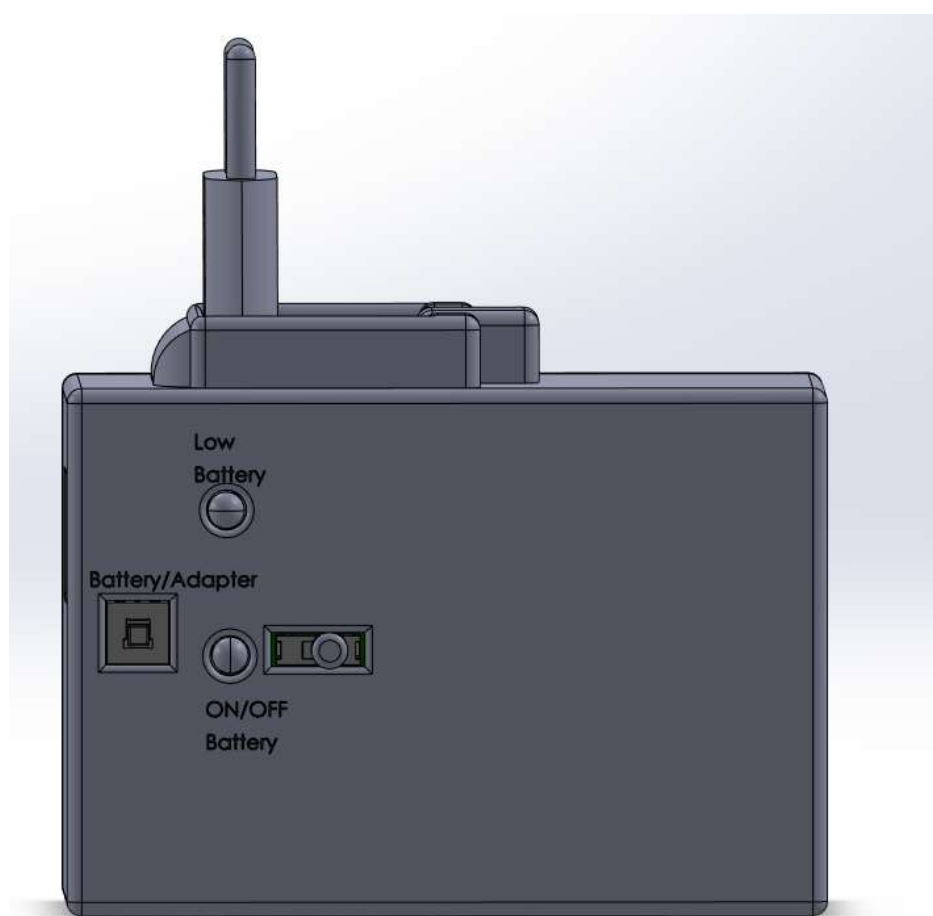


Рисунок 3.6 — Вигляд корпусу спереду та з піднятою вилкою зарядки

Так як пристрій позиціонується як дешевий, та легко придатний до ремонту було прийняте рішення приєднати акумулятор до кришки за допомогою двосторонньої клейкої стрічки та розробити кріплення кришки типу засувка яка зображена на рис.3.7.

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		38

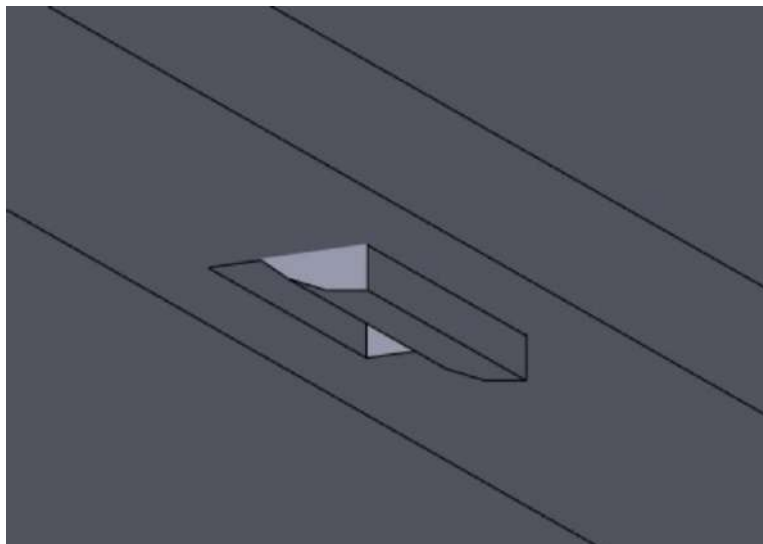


Рисунок 3.7 — Кріплення кришки до корпусу за допомогою засувки

Корпус буде зроблений з *ABS* пластику для можливості друку на *3D* принтері, для економії та виконання всіх умов працездатності.

Плата буде кріпитися до корпусу за допомогою само нарізних гвинтів.

На рис.3.8 зображено повністю розібраний корпус, та те як його збирати.

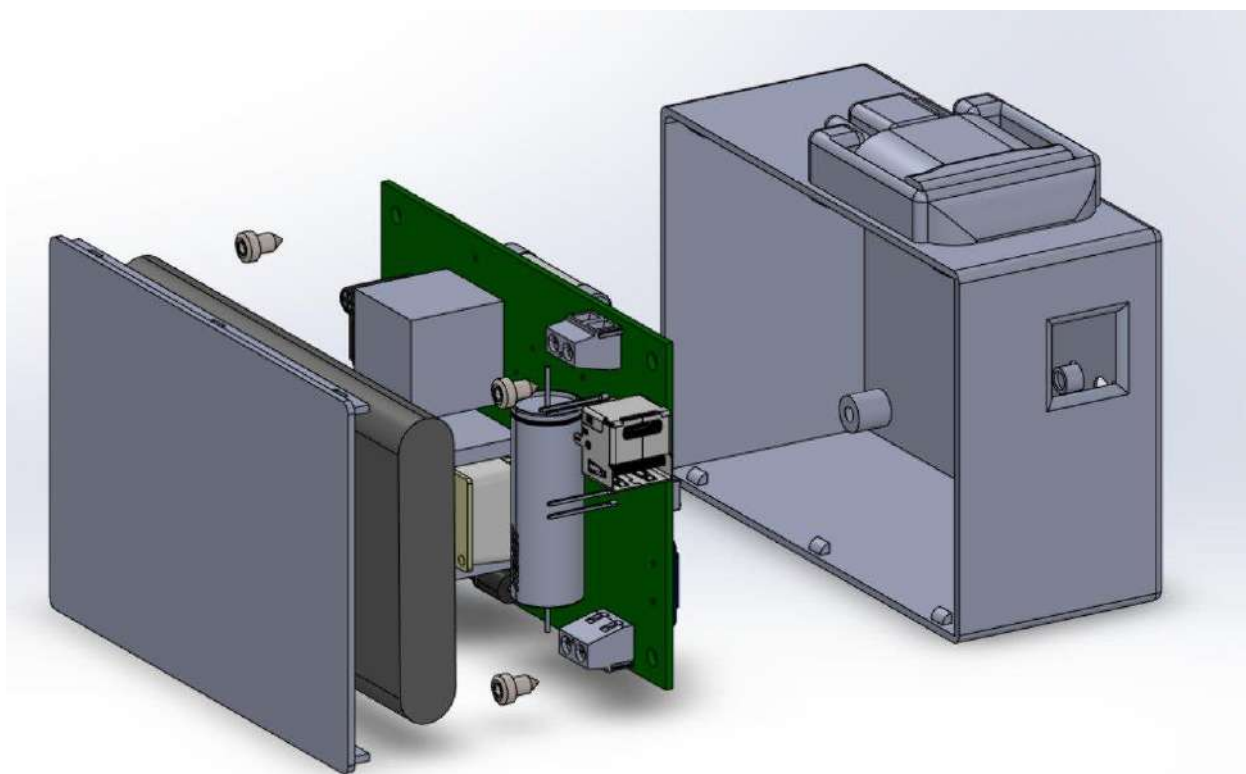


Рисунок 3.8 — Розібраний корпус

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.418111.001ПЗ

4 АНАЛІЗ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ПРИЛАДУ

Так як пристрій призначений для роботи як стаціонарно так і мобільно, необхідно переконатися в надійності приладу, а саме визначити термін експлуатації плати та її вібростійкість.

4.1 Розрахунок надійності

Розрахунок буде здійснено відповідно до ДСТУ–2862–94.

Для того, щоб розрахувати надійність пристрою необхідно знати такі параметри, як:

$\lambda_{зг}$ – загальний результат

A_e – коефіцієнт умови експлуатації

N – кількість елементів

λ – інтенсивність відмов

K_n – коефіцієнт навантаження

A_t – температурний коефіцієнт

Q – ймовірність відмови

P – ймовірність безвідмовної роботи

T – середній час напрацювання до відмови

Розрахунок надійності полягає в визначенні показників надійності приладу за відомими характеристиками надійності складових компонентів і умов експлуатації. Всі дані для розрахунку надійності були взяті з веб ресурсу [40] та [41], для зручності занесені в табл. 4.1, а самі розрахунки будуть відбуватися за формулою (4.1).

$$\lambda_{зг} = \lambda \cdot N \cdot K_n \cdot A_t \cdot A_e, \quad (4.1)$$

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
						40
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 — Дані для розрахунку надійності

Назва	N	λ	K_n	A_t	A_e	$\lambda_{зг}$
Конденсаторы	9	$3,3 \cdot 10^{-9}$	0,3	0,45	10	$4,01 \cdot 10^{-8}$
Запобіжник	1	$0,5 \cdot 10^{-6}$	0,25	1	10	$1,25 \cdot 10^{-6}$
Світлодіоди	2	$1 \cdot 10^{-6}$	0,4	1	9	$7,2 \cdot 10^{-6}$
Діоди	7	$1 \cdot 10^{-8}$	0,4	1	8	$22,4 \cdot 10^{-8}$
Діодний міст	1	$0,6 \cdot 10^{-9}$	0,25	0,7	9	$3,36 \cdot 10^{-8}$
Кнопки	1	$1,6 \cdot 10^{-6}$	0,3	0,7	10	$3,36 \cdot 10^{-6}$
Перемикач	1	$1,6 \cdot 10^{-6}$	0,3	0,7	10	$3,36 \cdot 10^{-6}$
Трансформатори	2	$0,15 \cdot 10^{-6}$	0,45	1,2	10	$1,62 \cdot 10^{-6}$
Оптрон транзисторний	1	$0,5 \cdot 10^{-6}$	0,2	0,6	8	$4,8 \cdot 10^{-7}$
Резисторы	12	$0,4 \cdot 10^{-9}$	0,3	0,9	9	$1,16 \cdot 10^{-8}$
Транзистори	2	$0,5 \cdot 10^{-7}$	0,25	0,9	9	$2,02 \cdot 10^{-7}$
Клемники	2	$0,0005 \cdot 10^{-6}$	0,3	0,5	9	$1,35 \cdot 10^{-9}$
Роз'єм <i>USB, USB</i> <i>Type C</i>	1	$0,05 \cdot 10^{-6}$	0,2	1,1	10	$1,1 \cdot 10^{-7}$
Мікросхеми	2	$2 \cdot 10^{-6}$	0,2	2	10	$2,4 \cdot 10^{-8}$
Плата	1	$2 \cdot 10^{-6}$	1	1	10	$1,22 \cdot 10^{-9}$

Після проведених розрахунків сума дорівнює $\lambda_{зг} = 1,385 \cdot 10^{-5}$

Середній час напрацювання на відмову знаходиться за формулою 4.2:

$$T = \frac{1}{\lambda_{зг}} = 72200 \text{ год}, \quad (4.2)$$

Після розрахунків середній час напрацювання на відмову склав 72200 годин, що дорівнює 8,2 роки а отже повністю відповідає вимогам ТЗ.

При розрахунку ймовірності безвідмовної роботи приладу, було взято до увагу роботу приладу протягом 1000 годин. Розрахунки будуть проводитись згідно експоненціального закону розподілу за формулою 4.3.

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$P = e^{-\lambda_{\Sigma} \cdot t} = 0,99, \quad (4.3)$$

де t – 1000 годин.

Ймовірність відмов в роботі приладу протягом року розраховується за формулою 4.4:

$$Q = 1 - P = 0,111. \quad (4.4)$$

На основі проведених розрахунків можна зробити висновок, що сумарна ймовірності безвідмовної роботи надає підстави стверджувати, що прилад є надійний та працездатний. А отже цілком відповідає вимогам ТЗ.

4.2 Розрахунок віброміцності вузла

Розрахунок віброміцності дуже важливий етап проектування присторю. Для того, щоб розрахувати віброміцність вузла необхідні такі параметри, як:

Довжина плати $a = 0,1$ м;

Ширина плати $b = 0,065$ м;

Товщина плати $h = 0,0016$ м;

Щільність плати $\rho = 2,05 \cdot 10^3$ кг/м³;

Модуль пружності $E = 3,02 \cdot 10^{10}$;

Коефіцієнт Пуассона $\xi = 0,22$;

Маса елементів що встановленні на платі $M = 0,030844$ кг.

Розрахунки маси елементів m_e на друкованій платі проведемо за формулою 4.4, де S – площа плати:

$$m_e = M/S = 4,745 \text{ кг/м}^2, \quad (4.4)$$

Розрахунки маси елементів на друкованій платі та саму плату проведемо за формулою 4.5:

$$m = \rho \cdot h + M = 8,025 \text{ кг/м}^2, \quad (4.5)$$

Циліндричну жорсткість знайдемо завдяки формулі 4.6:

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \xi)} = 10,883 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (4.6)$$

Визначимо значення функції $\varphi(B)$ для кріплення плати в чотирьох точках за формулою 4.7, де $B = a/b = 1,759$ – коефіцієнт, що залежить від співвідношення довжини та ширини плати.

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$\varphi(B) = \pi^2 \sqrt{\frac{1 + 1,62 \cdot \frac{b}{B} + \frac{1}{B^2}}{1 + 1,62 \cdot \frac{b}{B^3} + \frac{b}{B^6}}} = 11,72, \quad (4.7)$$

Розрахуємо значення резонансної частоти плати за формулою 4.8:

$$f_0 = \frac{\varphi(B)}{2 \cdot \pi \cdot a^2} \sqrt{\frac{D}{m}} \approx 216 \text{ Гц}. \quad (4.8)$$

Резонансна частота плати 216 Гц, що в 3 рази більше максимальної частоти впливу вібрації ($f = 70$ Гц). Виходячи з усіх проведених розрахунків безвідмовної роботи, приладу складає більше як 3008 днів. А варіант кріплення повністю збігається з умовами ТЗ.

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		43

ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі було розроблено універсальний переносний пристрій для електроживлення РЕА мобільного використання. Який можливо використовувати як стаціонарно так і мобільно.

В першому розділі проведено огляду аналогів на ринку і проаналізовано їх переваги та недоліки. Дві основні проблеми даних пристроїв: не зручні для повсякденного використання корпуси та виводи роз'ємів під зарядку; велика не спів розмірність ціни до якості. Також проведено аналіз ТЗ, за підсумком було визначено який прилад необхідно зробити.

В другому розділі розроблено структурну схему приладу, завдяки якій розроблено схему ЕП та обрано всю необхідну елементну базу. Також не меншим по важливості була розробка зручного корпусу приладу для зручного повсякденного користування. У результаті було ухвалено рішення використати вже готові модулі деяких компонентів та обрано матеріал корпусу *ABS*.

В третьому розділі розраховано площу плати, що склала 6000 мм², розраховані діаметри монтажних отворів та ширина доріжок *PCB*. Друкована плата була розроблена в середовищі *Altium Designer*. Виконано авто-трасування, виявлені помилки виправлено самостійно. В середовищі *SolidWorks* вдалося виготовити корпус з позначеними всіх елементів керування та індикації пристрою.

В четвертому розділі проаналізовано працездатність пристрою, розраховано показники надійності та вібростійкості. Середній час напрацювання до відмови склав 72200 годин. Резонансна частота плати склала 216 Гц. Результати розрахунків задовільняють умови ТЗ та підтверджують надійність пристрою.

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		44

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. *POWER BANK - ЩО ЦЕ І ЙОГО ПРИЗНАЧЕННЯ [Електронний ресурс] : інформація про ресурс, -* Режим доступу: <https://vest.in.ua/ua/interesnaya-informacuya/power-bank-cto-eto-i-ego-naznachenie> - Назва з екрану.
2. *Що таке PowerBank і навіщо він потрібний? [Електронний ресурс] : інформація про ресурс, -* Режим доступу: <https://cma.ua/cto-takoe-power-bank-y-zachem-on-nyshen> – Назва з екрану.
3. *Что такое Power bank и зачем он нужен [Електронний ресурс] : інформація про ресурс, -* Режим доступу: <https://fonari.in.ua/a295642-cto-takoe-power.html> – Назва з екрану.
4. *Baseus Power Station GaN charger [Електронний ресурс] : інформація про ресурс, -* Режим доступу: https://ktc.ua/goods/batareya_universalna_baseus_power_station_gan_2in1_qc_powerbank_charger_cu_10000mah_45w_black_ppnld_c01.html – Назва з екрану.
5. *PROMATE TRIPLUG-PD18 [Електронний ресурс] : інформація про ресурс, -* Режим доступу: <https://promate.com.ua/p1519167643-setevoe-zaryadnoe-ustrojstvo.html> – Назва з екрану.
6. *Электронный фонд ГОСТ 15150-69 // docs.cntd.ru [Електронний ресурс]. –* Режим доступу : <https://docs.cntd.ru/document/1200003320> – Назва з екрану.
7. *Электронный фонд ГОСТ 23216-78 // docs.cntd.ru [Електронний ресурс]. –* Режим доступу : <https://docs.cntd.ru/document/1200007148> – Назва з екрану.
8. *Электронный фонд ГОСТ 30773-2001 // docs.cntd.ru [Електронний ресурс]. –* Режим доступу : <https://docs.cntd.ru/document/1200028876> – Назва з екрану.
9. *Аккумулятор [Електронний ресурс] : інформація про ресурс, –* Режим доступу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/lpw1260110> — 3 —

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		45

[7v — 10000mah — lipo — 180m — 12x16x110mm 171695.html](#) – Назва з екрану.

10. TP4056 *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу: <http://beriled.biz/data/files/tp4056new.pdf> – назва з екрану.

11. MT3608 *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу:https://www.mini-tech.com.ua/download/datasheet/power_supply/MT3608.pdf – Назва з екрану.

12. Capacitor *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу:<https://www.snapeda.com/parts/CL31B104KBCNNNC/Samsung%20Electro-Mechanics/datasheet/> – Назва з екрану.

13. Capacitor *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу:<https://www.snapeda.com/parts/FA16X7R2A105KNU06/TDK/datasheet/> – Назва з екрану.

14. Capacitor *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу:<https://www.snapeda.com/parts/EEUEB1J1R0H/Panasonic/datasheet/> – Назва з екрану.

15. Capacitor *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу:<https://www.snapeda.com/parts/C0805X102K1GEC/KEMET/datasheet/> – Назва з екрану.

16. Capacitor *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу: https://www.mouser.ec/datasheet/2/212/KEM_A4011_PEG124-1104316.pdf – Назва з екрану.

17. Запобіжник *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу:<https://www.snapeda.com/parts/BK/AGC-2/Eaton%20-%20Electronics%20Division/datasheet/> – Назва з екрану.

18. Світлодіод *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу:https://voron.ua/uk/catalog/011955--svetodiod_5mm_krasnyu_matovuyu_urd1618_guangu – Назва з екрану.

19. Резистор *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу:<https://www.snapeda.com/parts/ERJ-U1DF1502U/Panasonic/view-part/?ref=search&t=ERJ%20%E2%80%94%20U1DF1502U> – Назва з екрану.

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		46

20. Резистор *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу: <https://www.snapeda.com/parts/ERJ1TNF5603U/Panasonic/datasheet/> – Назва з екрану.

21. Резистор *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу <https://www.snapeda.com/parts/ERJ-P14D1003U/Panasonic/datasheet/> – Назва з екрану.

22. Резистор *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу: <https://www.snapeda.com/parts/ERJ-14NF2001U/Panasonic/view-part/?ref=search&t=ERJ%20%2E2%80%94%2014NF2001U> – Назва з екрану.

23. Перемикач *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу: <https://www.snapeda.com/parts/EG1218/E-Switch/datasheet/> – Назва з екрану.

24. Перемикач *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу: <https://www.snapeda.com/parts/TL2201EEZB/E-Switch/datasheet/> – Назва з екрану.

25. Трансформатор *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу: <https://www.chipdip.ru/news/murata-pla-series-emi-suppression-filter> – Назва з екрану.

26. Трансформатор *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу: <https://www.snapeda.com/parts/PC-20-45/Signal%20Transformer/datasheet/> – Назва з екрану.

27. Оптрон транзисторний *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу: <https://www.snapeda.com/parts/PC817C/Taiwan%20Semiconductor%20Corporation/datasheet/> – Назва з екрану.

28. Діод *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу: <https://www.snapeda.com/parts/TL431CLP/Texas%20Instruments/datasheet/> – Назва з екрану.

29. Діод *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу:

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		47

<https://www.snapeda.com/parts/1N4148/Diotec%20Semiconductor/datasheet/> –

Назва з екрану.

30. Діодний міст *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу: <https://www.snapeda.com/parts/MB10F-13/Diodes%20Inc./datasheet/>–

Назва з екрану.

31. Діод *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу:

<https://www.snapeda.com/parts/FR302G/Taiwan%20Semiconductor/datasheet/> –

Назва з екрану.

32. Транзистор *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/82713/ETC/C945.html>

– Назва з екрану.

33. Транзистор *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу: <https://www.radiolibrary.ru/reference/transistor-imp/ksc5027-o.html> –

Назва з екрану.

34. Клемник *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу: <https://www.snapeda.com/parts/282845-2/TE%20Connectivity/view-part/?ref=search&t=282845%20%E2%80%94%202> – Назва з екрану.

– Назва з екрану.

35. Роз'єм USB, USB Type C *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу <https://grabcad.com/library/usb-type-a-type-c-port-klc-electronic-1> – Назва з екрану.

36. Силовий кабель *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу: http://220.kh.ua/shvvp_2x15_zzcm – Назва з екрану.

37. З'єднувальний кабель *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу: https://rozetka.com.ua/zzcm_706146_100/p226022737– Назва з екрану.

38. Обтискач для дротів *[Електронний ресурс] : інформація про ресурс*, – Режим доступу: <https://ekfgroup.com/catalog/products/razem-ploskij-rpim-5-5-6-0-5-100sht-ekf-proxima> – Назва з екрану.

39. Технологія виготовлення друкованих плат // ztu.edu.ua [Електронний ресурс]. – Режим доступу :

					РА81.418111.001ПЗ	Лист
						48
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/139930/mod_resource/content/1/Лекція%20САПР-11-1.pdf - Назва з екрану.

40. Інтенсивність відмов // ztu.edu.ua [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://areliability.com/intensivnost-otkazov-elementov-spravochnik/> - Назва з екрану.

41. Інтенсивність відмов // ztu.edu.ua [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.in-nov.ru/files/B2.pdf> - Назва з екрану.

					РА81.418111.001ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		49

ДОДАТОК А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

ПОГОДЖЕНО

ЗАТВЕРДЖЕНО

асист. Нікітчук А. В.

(керівник)

д.т.н., проф. Степанов М. М.

(В.о. зав. кафедри ПРЕ)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

«Універсальний переносний пристрій для електроживлення РЕА мобільного
використання»

Київ — 2022 року

A.1 НАЗВА І ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Назва переддипломного проекту «Універсальний переносний пристрій для електроживлення РЕА мобільного використання».

Підставою для виконання є завдання, видане кафедрою прикладної радіоелектроніки від «02» травня 2022 року.

A.2 МЕТА ВИКОНАННЯ КР І ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ

Метою курсового проекту є розробка конструкції універсального переносного пристрою для електроживлення РЕА мобільного використання

Продукт буде використаний у стаціонарному/переносному варіанті.

Пристрій працює від мережі 220 В і від акумуляторної батареї.

A.3 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

A.3.1 Призначення

Напруга живлення від мережі: 220 В;

Життєздатності та стійкості до зовнішніх впливів і чинників.

Кліматичні вимоги У5 згідно ГОСТ 15150–69.

Захист від механічних впливів Н7 згідно ГОСТ 16019–2001.

A.3.2 Надійності

Середній час безвідмовної роботи 20000 до 120000 годин.

Імовірність безвідмовної роботи протягом 1000 годин не менше 0,95.

Середній строк служби не менше 2,3 роки.

A.3.3 Конструкції

Прилад повинен мати форму прямокутного паралелепіпеда, і виходи: *USB, USB Type – C*.

Ємність акумулятора, не менше – 10000 мА·год.

Вхід – *Europlug*

Габаритні параметри: найбільша грань корпусу до 120 мм.

Встановити кнопку *ON/OFF* .

Індикатор стану акумулятора

Маса: не більше 0,5 кг.

А.3.4 Уніфікації і стандартизації

Використовувати уніфіковану та стандартизовану елементну та матеріальну базу.

А.3.5 Дизайну, ергономіки та технічної естетики

Прилад повинен зовнішньо бути схожим на квадратний паралелепіпед з заокругленими сторонами та мати вихід під *Europlug*. Колір корпусу чорний або червоний.

А.3.6 Експлуатації, зручності технічного обслуговування та ремонту

Технічний обслуговування проводити не потрібно.

А.3.7 Безпеки для життя, здоров'я і майна громадян та охорони довкілля

Керуватися положеннями стандартів про вимоги технічної безпеки, електробезпеки, пожежної безпеки.

Утилізація згідно вимог для промислових відходів за ГОСТ 30773–2001.

А.3.8 Транспортування і зберігання

Умови транспортування згідно ГОСТ 16019–2001.

Зберігання: за ГОСТ 15150–69.

А.3.9 Якості і технічного рівня

Відповідає світовому рівню.

А.4 ВИМОГИ ДО СИРОВИНИ, МАТЕРІАЛІВ І ПКВ

Вибір пластику (*ABS*) матеріалу для корпусу.

А.5 ВИМОГИ ДО КОНСЕРВАЦІЇ, ПАКУВАННЯ І МАРКУВАННЯ

Маркування: маркувати кнопку *ON/OFF*, маркувати входи: *USB, USB Type – C*

Пакування: апаратуру необхідно загорнути в бульбашко – повітряну плівку і помістити в картонну коробку.

Консервація: не передбачено.

А.6 ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Документація оформлюється згідно ДСТУ 3008:2005.

Конструкторська документація має містити у своєму складі:

Текстову документацію, тобто – ПЗ (пояснювальна записка), перелік елементів, специфікація на розроблені друковані вузли.

Графічну документацію. Загальний обсяг має становити мінімум 3 листа А1. Це – структурна схема пристрою, схема електрична принципова, креслення друкованих плат, складальне креслення друкованих вузлів, і плакат пристрою.

А.7 ОРІЄНТОВНИЙ ЗМІСТ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

— Титульний листопа

— Завдання на дипломний проект

— Зміст

— Вступ

1. Огляд існуючих рішень. Аналіз технічного завдання

2. Вибір та обґрунтування схемотехнічних рішень

3. Вибір та обґрунтування елементної бази

4. Проектування приладу

5. Розрахунки, що підтверджують працездатність

— Висновки

— Перелік посилань

— Додаток А Технічне завдання

— Додаток Б Перелік елементів

— Додаток В Специфікація на друкований вузол

А.8 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

Дипломний проект виконується в 7 етапів.

Таблиця А.1 – Етапи дипломного проекту

№	Назві етапу	Термін виконання	Форма звітності
1	Огляд існуючих рішень	2.05.22 – 13.05.22	Розділ 1
2	Розробка та аналіз ТЗ	14.05.22 – 18.05.22	Розділ 1
3	Вибір та обґрунтування схемотехнічних рішень	19.05.22 – 30.05.22	Розділ 2
4	Вибір та обґрунтування елементної бази	31.05.22 – 2.06.22	Розділ 3
5	Проектування приладу	2.06.22 – 4.06.22	Розділ 4
6	Розрахунки, що підтверджують працездатність	4.06.22 – 7.06.22	Розділ 4
7	Оформлення документації	7.06.20 – 13.06.22	Креслення і додатки

А.9 ПОРЯДОК ПРИЙМАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ І МАТЕРІАЛИ, ЯКІ ПОДАЮТЬСЯ ПІД ЧАС ЗАКІНЧЕННЯ ЕТАПІВ І ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ В ЦІЛОМУ

Матеріали, які являються проміжними, подаються в вигляді розділів дипломного проекту на перевірку в зазначені терміни. Після закінчення виконання дипломного проекту, цей проект представляється і захищається комісії.

Виконавець

_____ Віталій КАЧАН

Керівник

_____ Артем НІКІТЧУК

ДОДАТОК Б. РОЗРАХУНКИ

Розрахунок ширини друкованих провідників для всіх присутніх у схемі рівнів сигналу

Для сигнальних:

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у вузькому місці, мм:

Вибираємо за класом точності- $t_{minD_S} := 0.25\text{mm}$
 Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{no_S} := -0.05\text{mm}$

$$t1V_S := t_{minD_S} + |\Delta t_{no_S}| = 0.3\text{-mm}$$

ПРИМІТКА: Для завдань підвищеної складності - клас точності 3, для завдань звичайної складності - клас точності 2.

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у широкому місці, мм:

Вибираємо за класом точності (на один менше) $t_{minD_S} := 0.45\text{mm}$
 Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{no_S} := -0.1\text{mm}$

$$t1III_S := t_{minD_S} + |\Delta t_{no_S}| = 0.55\text{-mm}$$

ПРИМІТКА: Для завдань підвищеної складності - клас точності 2, для завдань звичайної складності - клас точності 1.

Мінімально допустиму ширину провідника t2 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%):

Питомий опір провідників (Ом*мм²/м)- $\rho := 0.0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
 Довжина провідника (м)- $l_S := 0.037\text{m}$
 Товщина фольги (мм)- $h_S := 35 \cdot 10^{-3} \text{mm}$
 Прикладена напруга (В)- $U_{жив_S} := 5\text{V}$
 Максимальний струм (А)- $I_{max_S} := 1\text{A}$

$$t2_S := \frac{l_S \cdot I_{max_S} \cdot \rho}{h_S \cdot U_{жив_S} \cdot 0.03} = 0.123\text{-mm}$$

ПРИМІТКА: Прикладена напруга і максимальний струм визначаються за схемою електричною принциповою та DataSheet на корпус. Довжина провідника обирається згідно довжини з'єднання в файлі pcb3.pcb.

Для сигнальних:

$t_{min_v} \geq \begin{cases} t1V_S & \text{у вузькому місці} \\ t2_S \\ t3_S \end{cases}$	$t_{min_w} \geq \begin{cases} t1III_S & \text{у широкому місці} \\ t2_S \\ t3_S \end{cases}$
---	---

$$t_{min_vP} := \max(t1V_S, t2_S, t3_S) = 1.429\text{-mm} \quad t_{min_wP} := \max(t1III_S, t2_S, t3_S) = 1.429\text{-mm}$$

Рисунок Б.1 — Розрахунок ширини сигнальних провідників

Для силових:

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у вузькому місці, мм:

Вибираємо за класом точності- $t_{minDp} := 0.25mm$

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{nop} := -0.05mm$

$$t1Vp := t_{minDp} + |\Delta t_{nop}| = 0.3 \cdot mm$$

ПРИМІТКА: Для завдань підвищеної складності - клас точності 3, для завдань звичайної складності - клас точності 2.

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у широкому місці, мм:

Вибираємо за класом точності- $t_{minDp} := 0.45mm$

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{nop} := -0.1mm$

$$t1IIIp := t_{minDp} + |\Delta t_{nop}| = 0.55 \cdot mm$$

ПРИМІТКА: Для завдань підвищеної складності - клас точності 2, для завдань звичайної складності - клас точності 1.

Мінімально допустиму ширину провідника t2 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%):

Питомий опір провідників (Ом*мм²/м)- $\rho := 0.0175 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$

Довжина провідника (м)- $l_p := 0.1m$

Товщина фольги (мм)- $h_p := 35 \cdot 10^{-3} mm$

Прикладена напруга (В)- $U_{живp} := 3.7 \cdot V$

Максимальний струм (А)- $I_{maxp} := 2A$

$$t2p := \frac{I_p \cdot I_{maxp} \cdot \rho}{h_p \cdot U_{живp} \cdot 0.03} = 0.901 \cdot mm$$

ПРИМІТКА: Прикладена напруга і максимальний струм визначаються за схемою електричною принциповою та DataSheet на корпус. Довжина провідника обирається згідно довжини з'єднання в файлі pcb3.pcb.

Для сигнальних:

$$t_{min_v} \geq \begin{cases} t1Vs & \text{у вузькому місці} \\ t2s \\ t3s \end{cases} + \begin{cases} t1III_s & \text{у широкому місці} \\ t2s \\ t3s \end{cases}$$

$$t_{min_vp} := \max(t1Vs, t2s, t3s) = 1.429 \cdot mm \quad t_{min_wp} := \max(t1III_s, t2s, t3s) = 1.429 \cdot mm$$

Рисунок Б.2 — Розрахунок ширини сигнальних провідників

Для силових:

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у вузькому місці, мм:

Вибираємо за класом точності- $t_{minDp} := 0.25mm$

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{noP} := -0.05mm$

$$t1Vp := t_{minDp} + |\Delta t_{noP}| = 0.3 \cdot mm$$

ПРИМІТКА: Для завдань підвищеної складності - клас точності 3, для завдань звичайної складності - клас точності 2.

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у широкому місці, мм:

Вибираємо за класом точності- $t_{minDp} := 0.45mm$

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{noP} := -0.1mm$

$$t1IIIp := t_{minDp} + |\Delta t_{noP}| = 0.55 \cdot mm$$

ПРИМІТКА: Для завдань підвищеної складності - клас точності 2, для завдань звичайної складності - клас точності 1.

Мінімально допустиму ширину провідника t2 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%):

Питомий опір провідників (Ом*мм²/м)- $\rho := 0.0175 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$

Довжина провідника (м)- $l_p := 0.1m$

Товщина фольги (мм)- $h_p := 35 \cdot 10^{-3} mm$

Прикладена напруга (В)- $U_{живp} := 220 \cdot V$

Максимальний струм (А)- $I_{maxp} := 16A$

$$t2p := \frac{l_p \cdot I_{maxp} \cdot \rho}{h_p \cdot U_{живp} \cdot 0.03} = 0.121 \cdot mm$$

+

ПРИМІТКА: Прикладена напруга і максимальний струм визначаються за схемою електричною принциповою та DataSheet на корпус. Довжина провідника обирається згідно довжини з'єднання в файлі pcb3.pcb.

Для силових:

$$t_{min_v} \geq \begin{cases} t1Vp & \text{у вузькому місці} \\ t2p \\ t3p \end{cases} \quad t_{min_w} \geq \begin{cases} t1IIIp & \text{у широкому місці} \\ t2p \\ t3p \end{cases}$$

$$t_{min_vS} := \max(t1Vp, t2p, t3p) = 2.857 \cdot mm \quad t_{min_wS} := \max(t1IIIp, t2p, t3p) = 2.857 \cdot mm$$

Рисунок Б.3 — Розрахунок ширини силових провідників

Для силових:

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у вузькому місці, мм:

Вибираємо за класом точності- $t_{minDp} := 0.25mm$

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{ноp} := -0.05mm$

$$t1Vp := t_{minDp} + |\Delta t_{ноp}| = 0.3 \cdot mm$$

ПРИМІТКА: Для завдань підвищеної складності - клас точності 3, для завдань звичайної складності - клас точності 2.

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у широкому місці, мм:

Вибираємо за класом точності- $t_{minDp} := 0.45mm$

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{ноp} := -0.1mm$

$$t1IIIp := t_{minDp} + |\Delta t_{ноp}| = 0.55 \cdot mm$$

ПРИМІТКА: Для завдань підвищеної складності - клас точності 2, для завдань звичайної складності - клас точності 1.

Мінімально допустиму ширину провідника t2 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%):

Питомий опір провідників (Ом*мм²/м)- $\rho := 0.0175 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$

Довжина провідника (м)- $l_p := 0.1m$

Товщина фольги (мм)- $h_p := 35 \cdot 10^{-3} mm$

Прикладена напруга (В)- $U_{живp} := 3.7 \cdot V$

Максимальний струм (А)- $I_{maxp} := 2A$

$$t2p := \frac{l_p \cdot I_{maxp} \cdot \rho}{h_p \cdot U_{живp} \cdot 0.03} = 0.901 \cdot mm$$

ПРИМІТКА: Прикладена напруга і максимальний струм визначаються за схемою електричною принциповою та DataSheet на корпус. Довжина провідника обирається згідно довжини з'єднання в файлі pcb3.pcb.

З розрахованих даних обираємо ширину провідників у вузькому та широкому місці, при цьому повинна виконуватись умова:

Для силових:

$$t_{min_v} \geq \begin{cases} t1Vp & \text{у вузькому місці} \\ t2p \\ t3p \end{cases} \quad t_{min_w} \geq \begin{cases} t1IIIp & \text{у широкому місці} \\ t2p \\ t3p \end{cases}$$

$$t_{min_vS} := \max(t1Vp, t2p, t3p) = 2.857 \cdot mm \quad t_{min_wS} := \max(t1IIIp, t2p, t3p) = 2.857 \cdot mm$$

Рисунок Б.4 — Розрахунок ширини силових провідників

ДОДАТОК В. ЗБІРКА КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A3			РА81.758755.001 СК	Складальний кресленник		
A3			РА81.436335.001 ЕЗ	Схема електрична принципова		
				<u>Деталі</u>		
		1	РА81.758755.001	Друкована плата	1	
				<u>Інші вироби</u>		
				Конденсатор 100 nF	5	C1, C2, C3, C4, C6
				Конденсатор 1 uF	1	C5
				Конденсатор 10 uF	1	C7
				Конденсатор 1 nF	1	C8
				Конденсатор 680 uF	1	C9
				Мікросхема TP4056	1	DA1
				Мікросхема MT3608	1	DA2
				Запобіжник 2A	1	F1
				Світлодіод UTC/1610	2	HL1, HL2
				Резистор 15kOhm	2	R1, R10
				Резистор 2,7kOhm	2	R2, R3
				Резистор 1kOhm	2	R4, R7
				РА81.418111.001 ПЕ		
		№ докум.	Підпис	Дата		
Розробив		Качан В.Р.,			Лім.	Арк.
Перезір.		Нікітчук А.В				1
Реценз.						2
Н. Контр						
Затверд.		Нікітчук А.В				
				Універсальний переносний пристрій для електроживлення РЕА мобільного використання Перелік елементів		

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A3			PA81.758755.001 СК	Складальний кресленник	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	PA81.758755.002 СК	Друкований вузол	1	
				<u>Деталі</u>		
		2	PA81.436335.001	Корпус	1	
		3	PA81.436335.002	Кришка	1	
				<u>Інші вироби</u>		
		4		Саморіз ISO 14585 - ST2.9 x 6.5 - C - N	4	
		5		Ковпачок на кнопку TSC - 40 - KangYang	1	

				PA81.418111.003		
		№ докум.	Підпис	Дата		
Розробив	Качан В.Р.				Літ.	Арк.
Перевір.	Нікітчук А.В					1
Реценз.						
Н.Контр						
Затверд.	Нікітчук А.В					
Універсальний переносний пристрій для електроживлення РЕА мобільного використання					1	1

ДОДАТОК Г. ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	РА81.418111.001 ПЗ	Пояснювальна записка	49	
3	A4	РА81.418111.001 ПЕ	Перелік елементів	2	
4	A4	РА81.418111.003	Універсальний переносний пристрій для електроживлення РЕА мобільного використання	1	
5	A3	РА81.418111.001 Е1	Структурна схема	1	
6	A3	РА81.418111.001 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
7	A3	РА81.418111.001 СК	Друкована плата	1	
8	A3	РА81.418111.002 СК	Корпус	1	

				ДП РА81.418111.001		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Розробн.	Качан В. Р.		16.06		1	1
Керівн.	Нікітчук А.В.		16.06		КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ПРЕ Гр. РА-81	
Консульт.						
Н/контр.						
Зав.каф.						