

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Відокремлений структурний підрозділ
«Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного
технічного університету імені Івана Пулюя»

Відділення телекомунікацій та електронних систем

(назва відділення)

Циклова комісія комп'ютерних наук

(повна назва циклової комісії)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
фахового молодшого бакалавра

на тему: Розробка конструкції зарядного пристрою на основі імпульсного
інвертора

Виконав: студент 4 курсу, групи ТР-403

спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

Баранніков В.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Федечко В.М

(прізвище та ініціали)

Рецензент Дозорський В.Г.

(прізвище та ініціали)

- 2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції
- 2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази
- 2.1.4 Опис конструкції друкованої плати
- 2.1.5 Розрахунок параметрів друкованого монтажу
- 2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу
- 2.1.7 Розрахунок надійності проектного виробу
- 2.1.8 Техніко-економічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності
- 2.2 Технологічна частина
 - 2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу. Вибір типу технології
 - 2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції
 - 2.2.3 Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів.
 - 2.2.4 Розробка і оформлення маршрутно-операційної технології складання і монтажу виробу
- Розділ 3 Економічна частина
 - 3.1 Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень
 - 3.2 Визначення собівартості спроектованого виробу
 - 3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень.
- РОЗДІЛ 4 Охорона праці
 - 4.1 Законодавчі акти з охорони праці
 - 4.2 Основні види вогнегасних речовин
- Висновки
- Перелік посилань

Додаткові вказівки:

Виконання кваліфікаційної роботи (з виготовленням макета, стенда, приладу і т.д.)

без виготовлення макета

- 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 - Аркуш №1 Схема електрична принципова
 - Аркуш №2 Схема електрична структурна або функціональна (при необхідності)
 - Аркуш №3 Креслення плати друкованої
 - Аркуш №4 Складальне креслення друкованого вузла
 - Аркуш №5 Складальне креслення виробу
 - Аркуш №6 Креслення деталі (елемент корпусу, радіатор, тримач, планка і т.д.) при необхідності
 - Аркуш №7 Таблиця ТЕП

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	Оксана КУЩАК		
Охорона праці	Генадій ГОРЯЧИК		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Отримання і аналіз технічного завдання	27.04	
2	Збір і узагальнення інформації для кваліфікаційної роботи	13.05	
3	Написання першого розділу кваліфікаційної роботи	25.05	
4	Розробка технічного та робочого проекту кваліфікаційної роботи	29.05	
5	Написання спеціального розділу	29.05	
6	Розрахунок економічної частини	25.05	
7	Написання розділу охорони праці	26.05	
8	Виконання графічної частини кваліфікаційної роботи	19.05	
9	Оформлення кваліфікаційної роботи	08.06	
10	Погодження нормоконтролю	12.06	
11	Попередній захист кваліфікаційної роботи	16.06	
12	Захист кваліфікаційної роботи	25.06	

7. Дата видачі завдання 27 квітня 2026 р.

Студент

(підпис)

Баранніков В.О

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Федечко В.М

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	6
ВСТУП. Призначення і область застосування радіопристрою	8
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	10
1.1 Розробка технічного завдання	10
1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу	10
1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз	13
РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	16
2.1 Розрахунково-конструкторська частина.....	16
2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів	16
2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції.....	18
2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази	21
2.1.4 Опис конструкції друкованої плати	32
2.1.5 Розрахунок параметрів друкованого монтажу.....	33
2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу.....	39
2.1.7 Розрахунок надійності проектного виробу	41
2.1.8 Техніко-економічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності.....	43
2.2 Технологічна частина.....	45
2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу. Вибір типу технології	45
2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції.....	46
2.2.3 Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів	48
2.2.4 Розробка і оформлення маршрутної технології складання і монтажу виробу	50

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>		
<i>Розроб.</i>	<i>Баранніков В.О.</i>				<i>Розробка конструкції зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора</i>	<i>Арк.</i>	<i>Арукшів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Федечко В.М.</i>					4	80
<i>Реценз.</i>						<i>СП "ТФК ТНТУ ім. І. Пулюя" ТР-403ск м. Тернопіль</i>	
<i>Н.контр.</i>	<i>Задорожний</i>						
<i>Затверд.</i>							

РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	51
3.1 Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень...	51
3.2 Визначення собівартості спроектованого виробу.....	53
3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень	60
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ	64
4.1 Законодавчі акти з охорони праці.	64
4.2 Основні види вогнегасних речовин.....	68
ВИСНОВКИ	74
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	76
ДОДАТКИ	80

		<i>Задорожний</i>			26 КР 172.403.002.000 ПЗ	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		5

АНОТАЦІЯ

[Баранніков В.О.] Розробка конструкції зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора: кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційний рівень молодший спеціаліст, за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2026.

У даній кваліфікаційній роботі розглянуто розробку конструкції зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора, призначеного для заряджання акумуляторних батарей постійним струмом. Основу пристрою становить двотактний напівмостовий імпульсний перетворювач під керуванням ШІМ-контролера TL494, який забезпечує перетворення мережевої напруги у стабілізовану вихідну напругу та зарядний струм. У схемі реалізовано вхідний захист і фільтрацію, випрямлення напруги, формування керуючих імпульсів, гальванічну розв'язку силової частини, контроль зарядного струму, обмеження вихідної напруги та блокування запуску при підключенні несправної або надмірно розрядженої акумуляторної батареї.

Конструктивно пристрій виконано у пластмасовому розбірному корпусі. Основою електронної частини є одностороння друкована плата зі склотекстоліту FR-4, на якій розміщено основні елементи схеми. Для спрощення виготовлення, монтажу, налагодження та ремонту в роботі прийнято вивідну елементну базу, а мікросхему керування використано в DIP-виконанні. Змінний резистор R2, що є основним органом керування, виведено на передню панель корпусу, а силові транзистори VT4 і VT5 встановлено на окремі радіатори. Обрана конструкція забезпечує достатню технологічність, ремонтпридатність, надійність та придатність пристрою до практичної реалізації.

Ключові слова: зарядний пристрій, імпульсний інвертор, акумуляторна батарея, ШІМ-контролер, друкована плата, конструкція.

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					6
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

ABSTRACT

[Batannikov V.O.] Development of the design of a battery charger based on a pulse inverter: qualification work for obtaining the educational and qualification level of Junior Specialist, specialty 172 Telecommunications and Radio Engineering. Ternopil: VSP “TFK TNTU”, 2026.

This qualification work considers the development of the design of a battery charger based on a pulse inverter intended for charging storage batteries with direct current. The device is based on a push-pull half-bridge switching converter controlled by the TL494 PWM controller, which converts AC mains voltage into stabilized output voltage and charging current. The circuit includes input protection and filtering, rectification, generation of control pulses, galvanic isolation of the power stage, charging current control, output voltage limitation, and start-up blocking when a faulty or excessively discharged battery is connected.

Structurally, the device is made in a plastic dismountable enclosure. The electronic part is based on a single-sided FR-4 printed circuit board with the main circuit components mounted on it. To simplify manufacturing, assembly, adjustment, and repair, through-hole components are used, and the control IC is selected in a DIP package. The variable resistor R2, which is the main control element, is placed on the front panel of the enclosure, while the power transistors VT4 and VT5 are mounted on separate heat sinks. The selected design provides sufficient manufacturability, maintainability, reliability, and suitability for practical implementation.

Keywords: battery charger, pulse inverter, storage battery, PWM controller, printed circuit board, design.

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

ВСТУП

У сучасних умовах акумуляторні батареї широко застосовуються в побутовій, транспортній, ремонтній та лабораторній техніці, тому питання їх правильного і безпечного заряджання має важливе практичне значення. Від характеристик зарядного пристрою значною мірою залежать ефективність процесу заряджання, строк служби акумулятора, стабільність його параметрів і безпечність подальшої експлуатації. Саме тому розробка сучасних зарядних пристроїв із керованими режимами роботи є актуальним завданням.

Одним із перспективних напрямів у цій галузі є використання імпульсного принципу перетворення енергії. Порівняно з традиційними трансформаторними рішеннями імпульсні зарядні пристрої дають змогу зменшити масогабаритні показники, підвищити коефіцієнт корисної дії та забезпечити більш стабільні вихідні параметри. Крім того, такі пристрої дозволяють реалізувати регулювання зарядного струму, обмеження вихідної напруги та додаткові захисні функції, що є важливим для надійної роботи з акумуляторними батареями.

У даній кваліфікаційній роботі розглядається розробка конструкції зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора. Проектований виріб призначений для заряджання акумуляторних батарей постійним струмом від мережі 220 В. В основі його роботи лежить двотактний напівмостовий імпульсний перетворювач під керуванням ШІМ-контролера, що забезпечує формування стабілізованої вихідної напруги та регульованого зарядного струму. У схемі передбачено контроль вихідної напруги, контроль зарядного струму, а також блокування запуску при підключенні несправної або надмірно розрядженої акумуляторної батареї.

Практична цінність розробки полягає в тому, що проєктований пристрій може використовуватися в побутових умовах, гаражах, майстернях, на станціях технічного обслуговування, у ремонтних дільницях і навчальних лабораторіях. Застосування сучасної елементної бази, використання вивідного монтажу та розробка конструкції в пластмасовому корпусі дають змогу

					26 КР 172.403.002.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

забезпечити достатню технологічність виготовлення, ремонтпридатність і надійність пристрою.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка конструкції зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора, який відповідає функціональному призначенню, є технологічним у виготовленні та придатним до практичної реалізації. Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно проаналізувати принцип роботи пристрою, обґрунтувати вибір елементної бази, розробити конструктивне виконання виробу, виконати основні розрахунки друкованого монтажу та надійності, а також оцінити технологічність його виготовлення.

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
						9
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Розробка технічного завдання

Основні технічні характеристики виробу

Напруга живлення.....	220В
Вихідна напруга.....	15В
Діапазон регулювання зарядного струму.....	0.5-25А
Робоча частота перетворення.....	60кГц
Органи керування.....	змінний резистор
Габарити.....	260x150.54 мм

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

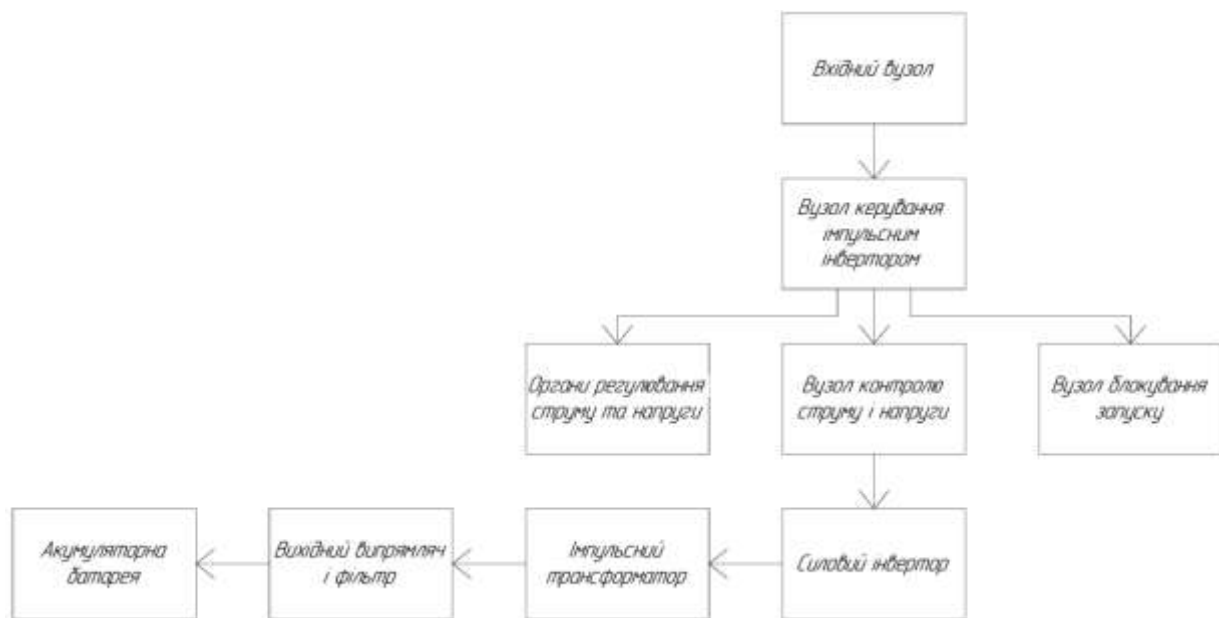


Рисунок 1.1- Схема електрична структурна

Структурна схема проектованого зарядного пристрою наведена на рисунку 1.1.

Структурна схема проектованого зарядного пристрою розроблена відповідно до його функціонального призначення та принципу дії. Вона відображає основні функціональні вузли виробу, послідовність перетворення енергії та взаємозв'язок між колами керування, силовою частиною і вихідним

колом заряджання. Такий підхід дозволяє наочно показати логіку роботи пристрою та обґрунтувати прийняті схемотехнічні рішення.

Проектований виріб працює за принципом імпульсного перетворення енергії, тому в основу структурної схеми покладено поділ на вхідний вузол, вузол керування імпульсним інвертором, силовий інвертор, імпульсний трансформатор, вихідний випрямляч і фільтр, а також допоміжні вузли контролю, регулювання і блокування запуску. Така структура є доцільною для зарядного пристрою, оскільки забезпечує перетворення мережевої напруги у стабілізовану постійну напругу для акумуляторної батареї з одночасним регулюванням зарядного струму та обмеженням вихідної напруги.

Роботу структурної схеми можна описати таким шляхом:

Вхідний вузол → Вузол керування імпульсним інвертором → Силовий інвертор → Імпульсний трансформатор → Вихідний випрямляч і фільтр → Акумуляторна батарея.

Одночасно з цим із вузлом керування взаємодіють:

- органи регулювання струму та напруги;
- вузол контролю струму і напруги;
- вузол блокування запуску.

Вхідний вузол призначений для підключення пристрою до мережі змінного струму, захисту від аварійних режимів, зменшення рівня високочастотних завад і підготовки живлення для подальшого перетворення. У його складі реалізовано запобіжний захист, мережеву фільтрацію, захист від імпульсних перенапруг, випрямлення і первинне згладжування напруги. Саме цей вузол формує постійну напругу живлення силової частини пристрою.

Вузол керування імпульсним інвертором є центральною частиною системи керування. У ньому формується послідовність керуючих імпульсів, визначається робоча частота перетворення та здійснюється зміна скважності імпульсів залежно від режиму роботи зарядного пристрою. Завдяки цьому забезпечується кероване регулювання енергії, яка передається у вихідне коло.

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					11
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Органи регулювання струму та напруги задають необхідні параметри роботи пристрою. Через них виконується встановлення режиму заряджання, зокрема рівня зарядного струму та граничної вихідної напруги. Їх взаємодія з вузлом керування дозволяє змінювати режим роботи без втручання в силову частину пристрою.

Вузол контролю струму і напруги формує сигнали зворотного зв'язку, що надходять до вузла керування. Контроль вихідної напруги потрібний для обмеження максимальної напруги на акумуляторі та запобігання його перезаряду, а контроль струму — для підтримання заданого зарядного струму і стабілізації процесу заряджання при зміні навантаження.

Вузол блокування запуску забезпечує захист пристрою від роботи в небезпечних режимах. Його призначення полягає в забороні формування керуючих імпульсів при підключенні несправної або надмірно розрядженої акумуляторної батареї. Це підвищує безпечність експлуатації та запобігає перевантаженню елементів силової частини.

Силовий інвертор перетворює постійну напругу, отриману після вхідного вузла, у високочастотну змінну напругу. Саме в цьому вузлі здійснюється основне енергетичне перетворення. Робота силового інвертора під керуванням ШІМ-сигналів забезпечує високий коефіцієнт корисної дії та дає змогу зменшити габарити трансформаторного вузла.

Імпульсний трансформатор виконує дві основні функції: передавання енергії у вихідне коло та гальванічну розв'язку між окремими частинами схеми. Завдяки роботі на підвищеній частоті він має менші масогабаритні показники порівняно з традиційним мережевим трансформатором, що є однією з головних переваг імпульсного принципу побудови пристрою.

Вихідний випрямляч і фільтр перетворює високочастотну змінну напругу з вторинної сторони трансформатора у постійну напругу, придатну для заряджання акумуляторної батареї. Крім випрямлення, цей вузол забезпечує згладжування пульсацій і формування стабільного вихідного кола зарядного пристрою.

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

Мережева напруга подається на вхідний роз'єм XP1 і проходить через запобіжники FU1 та FU2, які виконують функцію захисту при аварійних режимах. Для зменшення високочастотних завад і придушення імпульсних перешкод на вході використано мережевий фільтр, утворений елементами C1, C2, C5, L1, а варистор RU1 захищає схему від короткочасних перенапруг у мережі. Після цього змінна напруга випрямляється мостом VD1–VD4 та згладжується конденсаторами C8 і C9, формуючи постійну напругу живлення силової частини інвертора.

Формування керуючих імпульсів здійснює мікросхема DA1 TL494. Вона містить вбудоване джерело опорної напруги, генератор пилоподібної напруги та два підсилювачі помилки, завдяки чому в схемі реалізується одночасний контроль зарядного струму і вихідної напруги без додаткових спеціалізованих мікросхем. Частота генерації визначається елементами R9 і C6 та становить близько 60 кГц. Додаткові елементи C7 і C10 забезпечують фільтрацію і стабільність роботи кола живлення вузла керування.

Далі імпульси з виходів контролера через транзисторні каскади VT2 і VT3 підсилюються за струмом і подаються на трансформатор TV2, який забезпечує передачу керуючих сигналів до силових транзисторів VT4 і VT5. Саме транзистори VT4 та VT5 утворюють двотактний напівмостовий інвертор, що комутує постійну напругу у високочастотному режимі. Колекторні кола цих транзисторів захищаються швидкодіючими діодами VD14 і VD15, а елементи R21, R22, R23, R24, C14, C15, VD12, VD13 забезпечують правильне формування базових струмів, прискорене перемикання та зменшення комутаційних втрат. Для зниження амплітуди викидів напруги у силовій частині використано демпфувальні кола, зокрема R17.

У схемі також передбачено допоміжний вузол на елементах VT1, TV1, VD5, VD6, VD9, VD10, C10, C11, C12, C13, R12, R15, R16, який бере участь у формуванні та підтриманні необхідних допоміжних напруг для роботи пристрою. Імпульсні трансформатори забезпечують гальванічну розв'язку

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					14
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

окремих кіл, що підвищує безпечність експлуатації та узгоджується з вимогами до зарядних пристроїв, які живляться безпосередньо від мережі.

Вихідне коло зарядного пристрою містить випрямляч, фільтрацію та елементи контролю. Напруга, пропорційна вихідній напрузі батареї, подається на вхід підсилювача помилки контролера через резистивний подільник. Це дозволяє обмежувати максимальну вихідну напругу на рівні 15 В і тим самим запобігати перезаряду акумулятора наприкінці процесу заряджання. Контроль зарядного струму виконується за допомогою струмового датчика R25, напруга з якого надходить до кола зворотного зв'язку DA1. У результаті при зміні струму навантаження змінюється скважність керуючих імпульсів, а разом з нею — енергія, що передається у вихідне коло. Для підключення акумуляторної батареї використовується вихідний роз'єм XS1, а захист виходу забезпечує запобіжник FU3.

Важливою особливістю схеми є наявність вузла блокування запуску при надто малій напрузі на акумуляторі. Якщо до виходу підключено несправну або сильно розряджену батарею, формування імпульсів ШІМ-контролера забороняється, що виключає роботу пристрою у небезпечному режимі. Лише після підключення справної батареї зарядний пристрій переходить у нормальний режим і починає формувати зарядний струм. Таке рішення підвищує надійність, безпечність і експлуатаційну придатність виробу.

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
						15
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунково-конструкторська частина

2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів.

Проектований зарядний пристрій на основі імпульсного інвертора є виробом силової електроніки, у складі якого передбачено вхідний мережевий вузол, вузол керування на мікросхемі DA1, силовий перетворювач на транзисторах VT4, VT5, трансформатори TV1, TV2, вихідний випрямляч, вузол контролю струму та напруги, а також вхідний і вихідний роз'єми XP1 та XS1.

Друкований вузол буде реалізовано навісним монтажем. Всі елементи, окрім змінного резистора, будуть розміщені на друкованій платі. Змінний резистор буде розміщено на передній кришці корпусу, задля зручності використання. Таке рішення спрощує технологічний процес виготовлення, полегшує складання, контроль якості, налагодження та заміну несправних елементів.

Даний вибір є переносним настільним зарядним пристроєм у закритому корпусі. Таке виконання є доцільним, оскільки пристрій працює від мережі 230В, містить вузли з підвищеною напругою та силові елементи, що нагріваються під час роботи. Закритий корпус захищає користувача від випадкового дотику до струмоведучих частин, обмежує потрапляння пилу всередину виробу та надає конструкції завершеного вигляду. Крім того, він дозволяє зручно розмістити друковану плату, радіатори, трансформатори, запобіжники та зовнішні роз'єми.

Для корпусу доцільно використати ударостійку термостійку пластмасу, наприклад АБС-пластик або полікарбонат. Такий матеріал має достатню механічну міцність, добре піддається механічній обробці, забезпечує необхідні електроізоляційні властивості та дозволяє виготовити корпус із кришкою, основою та панелями без значного ускладнення конструкції. Перевагою пластмасового корпусу є також відсутність потреби в антикорозійному

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					16
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

захисті. Зовнішня поверхня корпусу повинна бути стійкою до незначних механічних впливів, а його форма має забезпечувати зручність користування і монтажу внутрішніх вузлів.

Друковану плату доцільно виготовити з склотекстоліту. Оскільки друкована плата виконує роль механічної основи для встановлення елементів та забезпечує основні електричні з'єднання. Вибір двосторонньої плати є технологічно доцільним, оскільки схема потребує надто щільного розміщення компонентів, а вивідні елементи зручно встановлювати саме в монтажні отвори плати.

Компонування елементів на друкованій платі необхідно виконувати за функціональним принципом. Вхідний мережевий вузол із роз'ємом XP1, запобіжниками FU1, FU2, варистором RU1, дроселем L1, конденсаторами вхідного фільтра та випрямлячем слід розміщувати в одній частині плати. Окремо від нього доцільно розташовувати вузол керування на мікросхемі DA1 з елементами обв'язки. Силу частину з транзисторами VT4, VT5, трансформаторами TV1, TV2 та випрямними елементами слід компонувати компактно, з мінімальною довжиною силових з'єднань. Вихідний вузол із запобіжником FU3, шунтом R25 та роз'ємом XS1 необхідно розміщувати ближче до вихідної частини корпусу. Таке компонування спрощує монтаж, зменшує вплив завад на вузол керування та покращує експлуатаційні властивості виробу.

Оскільки прийнято рішення використовувати вивідні елементи та навісний монтаж, усі елементи встановлюються в отвори друкованої плати та закріплюються пайкою. Для габаритних і важчих компонентів, таких як трансформатори, електролітичні конденсатори, запобіжники, роз'єми та силові транзистори, необхідно передбачити додаткове механічне кріплення. Це дозволяє зменшити навантаження на паяні з'єднання та підвищує надійність конструкції під час транспортування й експлуатації.

Особливу увагу слід приділити тепловому режиму силових елементів. Транзистори VT4 і VT5 працюють у комутаційному режимі та виділяють

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожній</i>					17
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

значну теплову потужність, тому їх необхідно встановлювати на окремі радіатори, розміщені всередині корпусу. Оскільки корпус пластмасовий, він не може брати участі у відведенні тепла, тому тепловий режим повністю повинен забезпечуватися радіаторами та вентиляційними отворами. У корпусі доцільно передбачити отвори для природної вентиляції у верхній і нижній частинах.

На передній панелі доцільно розмістити ручку регулювання резистора R2, який є основним органом керування режимом роботи пристрою. На задній або бічній панелі необхідно передбачити мережевий вхід XP1, вихідний роз'єм XS1 для підключення акумуляторної батареї, а також доступ до запобіжників FU1–FU3. Окремої світлової або звукової індикації в даній схемі не передбачено, тому зовнішнє оформлення виробу повинно бути простим і функціональним. На панелях необхідно нанести чіткі пояснювальні написи: мережевий вхід, вихід на акумулятор, полярність, призначення регулятора та номінали запобіжників.

З точки зору ремонту та налагодження конструкція повинна забезпечувати зручний доступ до друкованої плати, радіаторів, запобіжників та елементів регулювання. Пластмасовий корпус доцільно виконати розбірним, щоб після зняття верхньої кришки відкривався доступ до основних вузлів без повного демонтажу виробу.

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції

Проектований зарядний пристрій на основі імпульсного інвертора є виробом силової електроніки середньої складності, у складі якого передбачено вхідний мережевий вузол, вузол керування на мікросхемі DA1, силовий інвертор на транзисторах VT4 і VT5, трансформатори TV1 і TV2, вихідний випрямляч, коло контролю струму і напруги, а також вхідний і вихідний роз'єми XP1 та XS1. Конструкція виробу повинна забезпечувати надійне розміщення всіх елементів, електробезпеку, допустимий тепловий режим, зручність налагодження та можливість подальшого ремонту.

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
		<i>Задорожний</i>				18
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Для проектованого пристрою доцільно прийняти конструкцію у пластмасовому розбірному корпусі з розміщенням основних елементів на односторонній друкованій платі. Таке рішення є обґрунтованим, оскільки пристрій працює від мережі 220 В, містить силові елементи та вузли з підвищеною напругою, а отже потребує захисту користувача від випадкового дотику до струмоведучих частин. Пластмасовий корпус має достатні електроізоляційні властивості, невелику масу, не потребує антикорозійного покриття та є технологічним у виготовленні. Крім того, розбірне виконання корпусу полегшує доступ до внутрішніх вузлів під час контролю, налагодження і ремонту.

Основою електронної частини виробу доцільно прийняти односторонню друковану плату зі склотекстоліту FR-4 товщиною 1,5 мм. Така плата є достатньо жорсткою для встановлення вивідних елементів, електролітичних конденсаторів, дроселя, трансформаторів і силових напівпровідникових приладів. Вибір саме односторонньої плати пояснюється тим, що в проекті прийнято вивідний монтаж усіх основних елементів, тому складність трасування не є надмірною. Одностороння плата є простішою у виготовленні, дешевшою в контролі та зручнішою для ремонту, що робить її доцільною для даного виробу. Для виготовлення плати раціонально застосувати хімічний метод, який забезпечує необхідну точність провідного рисунка і відповідає прийнятому конструктивному виконанню.

Компонування елементів на друкованій платі необхідно виконувати за функціональним принципом. Вхідний мережевий вузол із роз'ємом XP1, запобіжниками FU1, FU2, варистором RU1, дроселем L1, елементами фільтра і випрямлячем доцільно розташовувати в одній частині плати. Окремо від нього слід розміщувати вузол керування на мікросхемі DA1 з елементами обв'язки. Силу частину з транзисторами VT4, VT5, трансформаторами TV1, TV2 та випрямними елементами потрібно компонувати компактно, з мінімальною довжиною силових з'єднань. Вихідний вузол із запобіжником FU3, шунтом R25 та роз'ємом XS1 доцільно розташовувати ближче до вихідної частини

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					19
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

корпусу. Такий підхід зменшує вплив завад на кола керування, спрощує монтаж і покращує експлуатаційні властивості виробу.

Оскільки в конструкції прийнято вивідні елементи, усі основні компоненти встановлюються в отвори друкованої плати та закріплюються пайкою. Для габаритних і механічно навантажених елементів, таких як трансформатори, запобіжники, роз'єми, силові транзистори та частина електrolітичних конденсаторів, необхідно передбачити додаткове механічне кріплення. Це дозволяє зменшити навантаження на паяні з'єднання, підвищити міцність конструкції та покращити її стійкість під час транспортування й експлуатації.

Особливу увагу при виборі конструкції необхідно приділити тепловому режиму силових елементів. Транзистори VT4 і VT5 працюють у комутаційному режимі та виділяють значну теплову потужність, тому їх доцільно встановлювати на окремі радіатори, розміщені всередині корпусу. Оскільки корпус виконаний з пластмаси, він практично не бере участі у відведенні тепла, тому нормальний тепловий режим повинен забезпечуватися радіаторами та природною вентиляцією. Для цього в корпусі доцільно передбачити вентиляційні отвори у верхній і нижній частинах.

Орган керування виробом — змінний резистор R2 — доцільно винести на передню панель корпусу, що забезпечує зручність регулювання режиму роботи. На бічній або задній панелі слід передбачити мережевий вхід XP1, вихідний роз'єм XS1 для підключення акумуляторної батареї та доступ до запобіжників FU1–FU3. Таке розташування зовнішніх елементів є зручним для користувача і відповідає функціональному призначенню виробу.

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					20
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Таблиця 2.1 – Постійні резистор 0.125 Вт [1]

Позиційне позначення	R1, R3- R25
Назва та тип компонента	Резистор 0.125Вт
Виробник	Воurns
Критерії виробу	Потужність розсіювання, лінійка номіналів
Параметри конструкції	див. рисунок 2.1
Параметри та характеристики	
Номінальний опір	Від 1МОм до 1МОм
Допуск опору	±5%
Номінальна потужність	0.125 Вт
Діапазон робочої температури	Від -65°C до +350°C

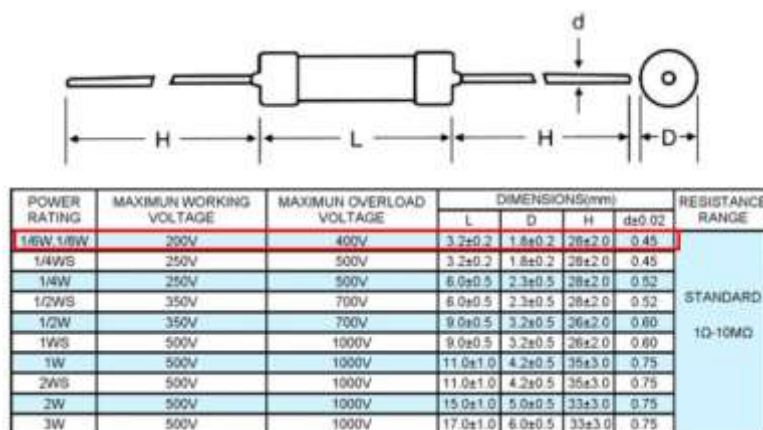


Рисунок 2.1 – Габаритні розміри постійних резисторів 0.125 Вт

Таблиця 2.2 – Змінний резистор [2]

Позиційне позначення	R2
Назва та тип компонента	Змінний резистор
Виробник	Воurns
Критерії виробу	Плавність регулювання, номінал, лінійна характеристика регулювання, потужність розсіювання
Параметри конструкції	див. рисунок 2.2
Параметри та характеристики	
Номінальний опір	10МОм
Допуск опору	±10%
Номінальна потужність	0.125 Вт
Діапазон робочої температури	Від -65°C до +350°C

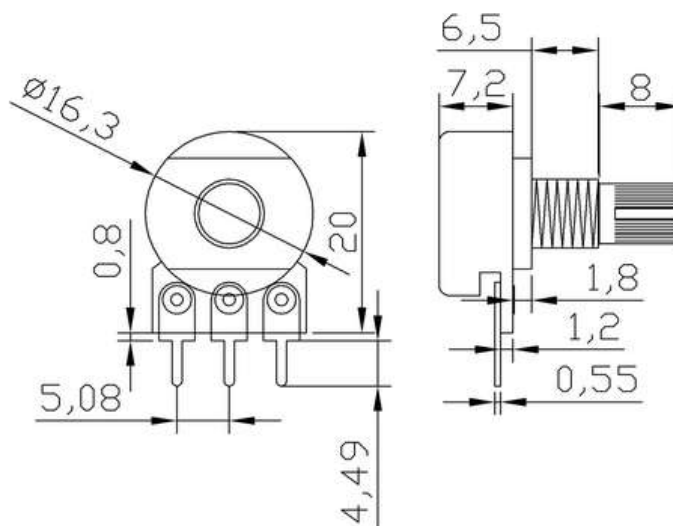
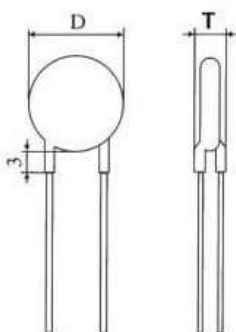


Рисунок 2.2 – Габаритні розміри змінного резистора

Таблиця 2.3 – Постійний керамічний конденсатор Kemet [3]

Позиційне позначення	C1-C8, C11, C12, C14, C15
Назва та тип компонента	Постійні керамічні конденсатори
Виробник	Kemet
Критерії виробу	Номінал, допустимий відхил, ємність, номінал напруги,
Параметри конструкції	DIP, див. рисунок 2.3
Параметри та характеристики	
Діапазон робочої температури	Від -100°C до +150°C
Номінальна напруга	50 В
Ємність	1нФ - 1мкф
Відхилення від номіналу	±10%



Y5P	
D макс., мм	T, мм
5.5	4

Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата

26 КР 172.403.002.000 ПЗ

Арк.

22

Рисунок 2.3 – Габаритні розміри постійного керамічного конденсатора
Kemet

Таблиця 2.4 – Електролітичний конденсатор [4]

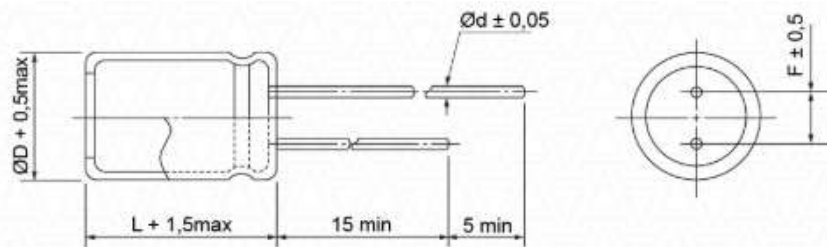
Позиційне позначення	C10
Назва та тип компонента	Електролітичний конденсатор
Виробник	JAMICON
Критерії виробу	Відповідність електричних параметрів режимам роботи схеми.
Параметри конструкції	див. рисунок 2.4
Параметри та характеристики	
Робоча температура	Від -40°C до +85°C
Номінальна напруга	25 В
Ємність	100 мкФ
Тангенс кута втрат	0.10 - 0.16



Рисунок 2.4 – Габаритні розміри електролітичного конденсатора JAMICON

Таблиця 2.5 – Електролітичний конденсатор [5]

Позиційне позначення	C13
Назва та тип компонента	Електролітичний конденсатор
Виробник	JAMICON
Критерії виробу	Відповідність електричних параметрів режимам роботи схеми.
Параметри конструкції	див. рисунок 2.5
Параметри та характеристики	
Робоча температура	Від -40°C до +85°C
Номінальна напруга	25 В
Ємність	2200 мкФ
Тангенс кута втрат	0.10 - 0.16



ØD, мм	5	6.3	8	10	12.5	16	18
Ød, мм	0.5	0.5	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8
F, мм	2.0	2.5	3.5	5.0	5.0	7.5	7.5

Рисунок 2.5 – Габаритні розміри електролітичного конденсатора JAMICON

Таблиця 2.6 – Електролітичний конденсатор [6]

Позиційне позначення	C8, C9
Назва та тип компонента	Електролітичний конденсатор
Виробник	JAMICON
Критерії виробу	Відповідність електричних параметрів режимам роботи схеми.
Параметри конструкції	див. рисунок 2.6
Параметри та характеристики	
Робоча температура	Від -40°C до +85°C
Номінальна напруга	200 В
Ємність	220 мкФ
Тангенс кута втрат	0.10 - 0.16



Рисунок 2.6 – Габаритні розміри електролітичного конденсатора JAMICON

Таблиця 2.7 – ШІМ-контролер TL494 [7]

Позиційне позначення	DA1
Назва та тип компонента	ШІМ-контролер TL494
Виробник	Texas Instruments
Критерії виробу	Вбудоване опорне джерело 5В, дозволяє працювати в режимі push-pull, має регулювання мертвого часу і вбудований генератор
Параметри конструкції	DIP-16, див. рисунок 2.7
Параметри та характеристики	
Тип	ШІМ-контролер
Кількість виводів	16
Напруга живлення	7...40 В
Гранична напруга живлення	до 41 В
Частота генератора	1...300 кГц
Режими виходу	однотактний / паралельний або push-pull
Робоча температура	-40...+85 °С

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

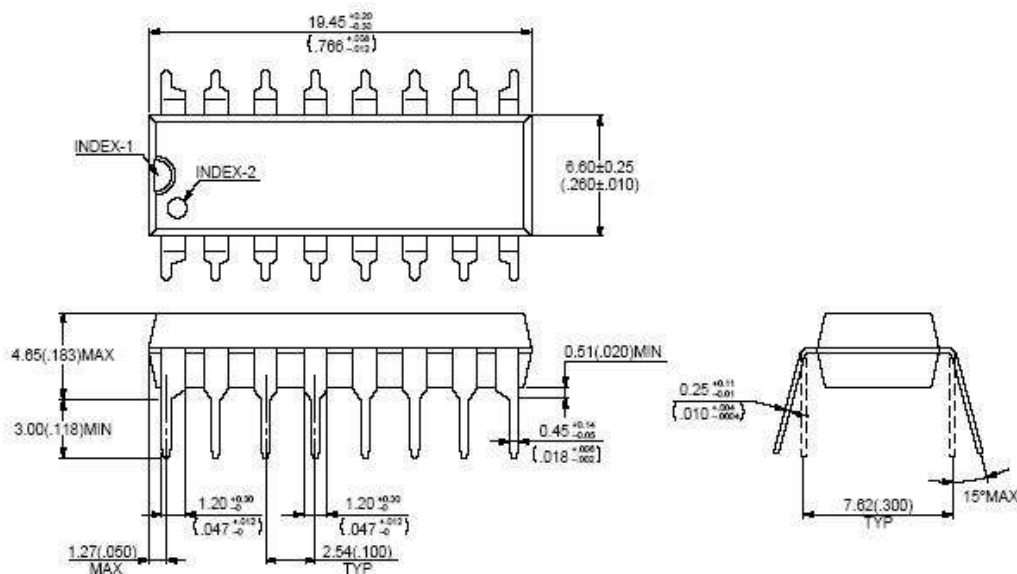


Рисунок 2.7 – Габаритні розміри ШІМ-контролера TL494

Таблиця 2.8 – Запобіжник [8]

Позиційне позначення	FU1- FU3
Назва та тип компонента	Запобіжник TALWEBER S506-250-R
Виробник	TALWEBER
Критерії виробу	Номінальна напруга, номінальний струм, конструктив
Параметри конструкції	див. рисунок 2.8
Параметри та характеристики	
Тип запобіжника	плавкий запобіжник, time-delay (уповільненої дії)
Номінальний струм	8-20А
Номінальна напруга	250В
Конструктив	Скляна трубка
Робочі температури	від -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$;
Стандарт	IEC 60127-1/2

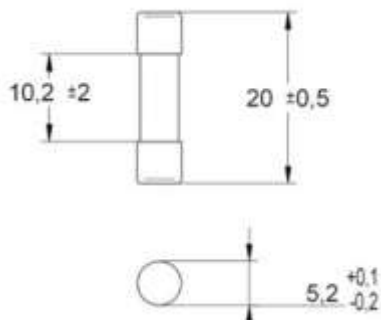


Рисунок 2.8 – Габаритні розміри запобіжника

Таблиця 2.9 – Індуктивність 7117-RC [9]

Позиційне позначення	L1
Назва та тип компонента	Індуктивність 7117-RC
Виробник	BOURNS
Критерії виробу	Зменшення кондуктианих завад, номінал струму, малий опір, широкий температурний діапазон
Параметри конструкції	див. рисунок 2.9
Параметри та характеристики	
Тип	Common Mode EMI Choke
Індуктивність	0,85 мГн (850 мкГн)
Допустимий постійний струм	5 А
Максимальний активний опір обмоток	0,035 Ом
Робочий температурний діапазон	$-55...+105^{\circ}\text{C}$

Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата

26 КР 172.403.002.000 ПЗ

Арк.

26

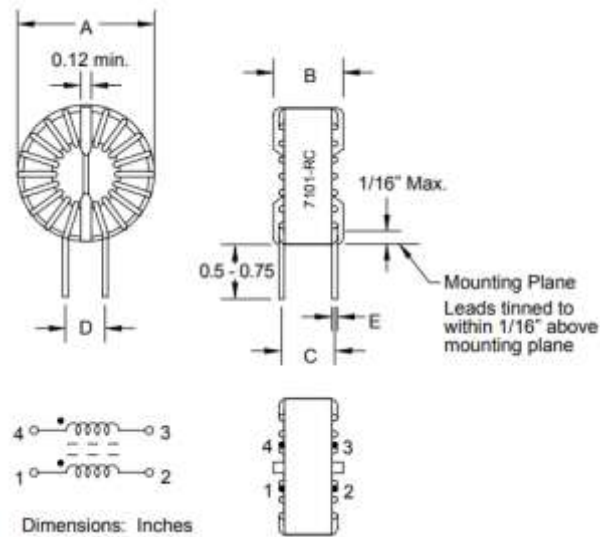


Рисунок 2.9 – Габаритні розміри індуктивності

Таблица 2.10 – Варистор [10]

Позиційне позначення	RU1
Назва та тип компонента	Варистор 4.3Ом
Виробник	YAGEO
Критерії виробу	Опір, діапазон зміни напруги
Параметри конструкції	див. рисунок 2.10
Параметри та характеристики	
Діапазон робочих напруг	18-820В
Опір	4.3 Ом
Діапазон робочої температури	Від -40°C до +105°C

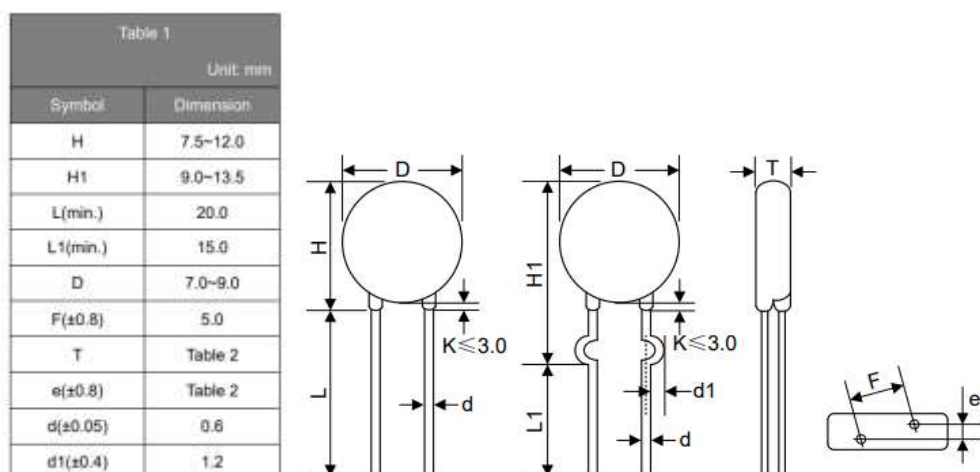


Рисунок 2.10 – Габаритні розміри варистора

2.11 – Трансформатор на сердечнику N87 [11]

Позиційне позначення	TV1, TV2
Назва та тип компонента	Трансформатор на сердечнику N87
Виробник	Epcos
Критерії виробу	Тип матеріалу, магнітна проникність, характеристики обмоток.
Параметри конструкції	див. рисунок 2.11
Параметри та характеристики	
Тип	імпульсний керуючий трансформатор
Частота роботи	60 кГц
Кількість обмоток	4
Вхідна напруга	230 В
Вихідна напруга	15В



Рисунок 2.11 – Габаритні розміри трансформатор на сердечнику N87

Таблиця 2.12 – Діод FR307 [12]

Позиційне позначення	VD1-VD4, VD6-VD8
Назва та тип компонента	Діод FR307
Виробник	Taiwan Semiconductor Company, Ltd
Критерії виробу	Швидкодія, захист від переполюсовки, випрямлення високочастотних сигналів, захист входів
Параметри конструкції	DO-201, див. рисунок 2.12
Параметри та характеристики	
Допустима напруга	1000В
Допустимий струм	3А
Імпульсний струм	125А
Діапазон робочої температури	Від -65°C до +150°C

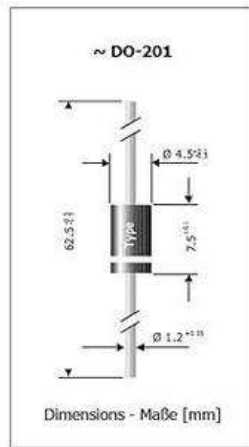


Рисунок 2.12 – Габаритні розміри діода 1N4148

Таблиця 2.13 – Стабілітрон N4739A [13]

Позиційне позначення	VD5, VD11-VD13
Назва та тип компонента	Стабілітрон N4739A
Виробник	Vishay
Критерії виробу	Швидкодія, захист від переполюсовки, випрямлення високочастотних сигналів, захист входів
Параметри конструкції	DO-41, див. рисунок 2.13
Параметри та характеристики	
Напруга тунельного пробою	9.1В
Потужність розсіювання	1.3Вт
Струм випробувань	28 мА
Діапазон робочої температури	Від -65°C до +175°C

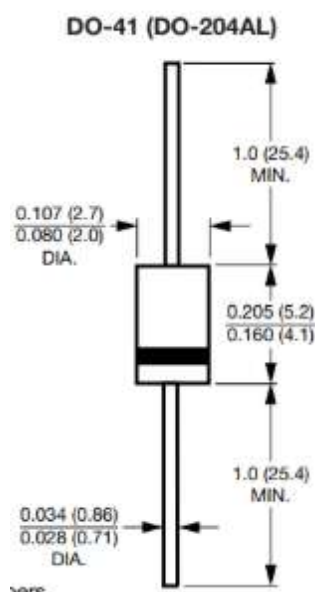


Рисунок 2.13 – Габаритні розміри стабілітрона N4739A

Таблиця 2.14 – Діод SF304 [14]

Позиційне позначення	VD9, VD10
Назва та тип компонента	Стабілітрон SF304
Виробник	Diodes Incorporated
Критерії виробу	Швидкодія, захист від переполюсовки, випрямлення високочастотних сигналів, захист входів
Параметри конструкції	DO-201, див. рисунок 2.14
Параметри та характеристики	
Максимальна зворотна напруга	200 В
Імпульсний струм	300 А
Прямим струмом	30 А
Діапазон робочої температури	Від -65°C до +175°C

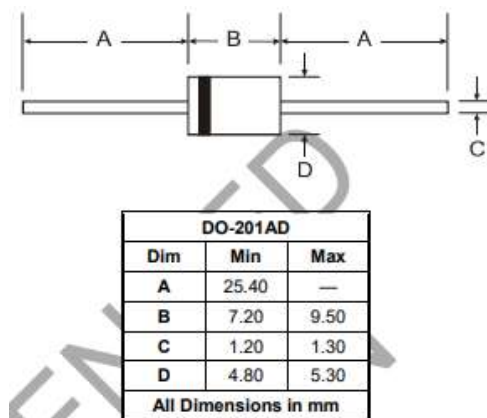


Рисунок 2.14 – Габаритні розміри діода SF304

Таблиця 2.15 – Діод FR207 [15]

Позиційне позначення	VD14, VD15
Назва та тип компонента	Діод FR207
Виробник	Taiwan Semiconductor Company, Ltd
Критерії виробу	Швидкодія, захист від переполюсовки, випрямлення високочастотних сигналів, захист входів, висока зворотна напруга
Параметри конструкції	DO-204, див. рисунок 2.15
Параметри та характеристики	
Максимальна зворотна напруга	1000 В
Імпульсний струм	60 А
Прямим струмом	3 А
Діапазон робочої температури	Від -55°C до +150°C

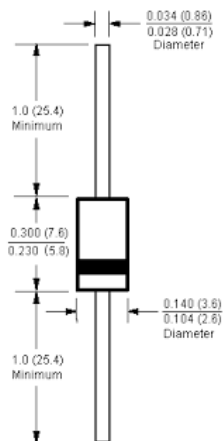


Рисунок 2.15 – Габаритні розміри діода FR207

Таблиця 2.16 – Транзистор BC317 [16]

Позиційне позначення	VT1-VT3
Назва та тип компонента	Транзистор BC317
Виробник	Unisonic Technologies
Критерії виробу	Коефіцієнт підсилення, достатню напругу колектор-емітер.
Параметри конструкції	ТО-92, див. рисунок 2.16
Параметри та характеристики	
Тип	NPN Darlington transistor
Максимальна напруга колектор-емітер	30 В
Максимальна напруга колектор-база	40 В
Максимальна напруга емітер-база	10 В
Максимальний струм колектора	1,2 А
Коефіцієнт підсилення	не менше 30 000
Робоча температура переходу	-55...+150 °С

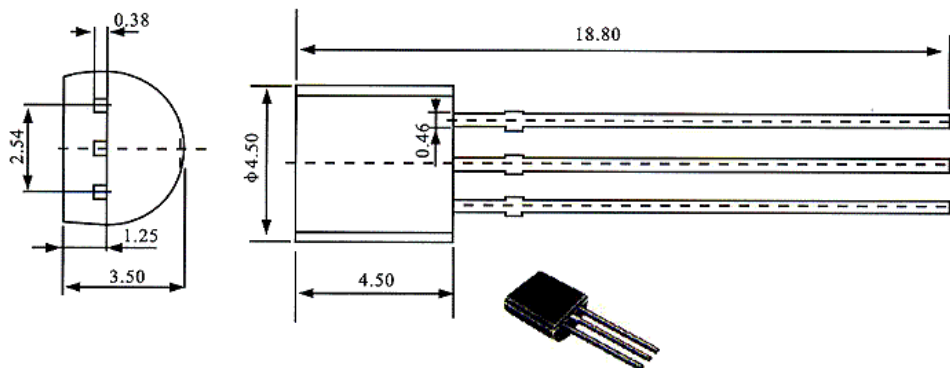


Рисунок 2.16 – Габаритні розміри транзистора BC317

Таблиця 2.17 – Транзистор 2SC3412 [17]

Позиційне позначення	VT4, VT5
Назва та тип компонента	Транзистор 2SC3412
Виробник	Inchange Semiconductor Company Limited
Критерії виробу	Коефіцієнт підсилення, достатню напругу колектор-емітер.
Параметри конструкції	ТО-66, див. рисунок 2.17
Параметри та характеристики	
Тип	NPN
Максимальна напруга колектор-емітер	500 В
Максимальна напруга колектор-база	1300 В
Максимальний струм колектора	8 А
Потужність розсіювання	50Вт
Робоча температура переходу	-55...+150 °С

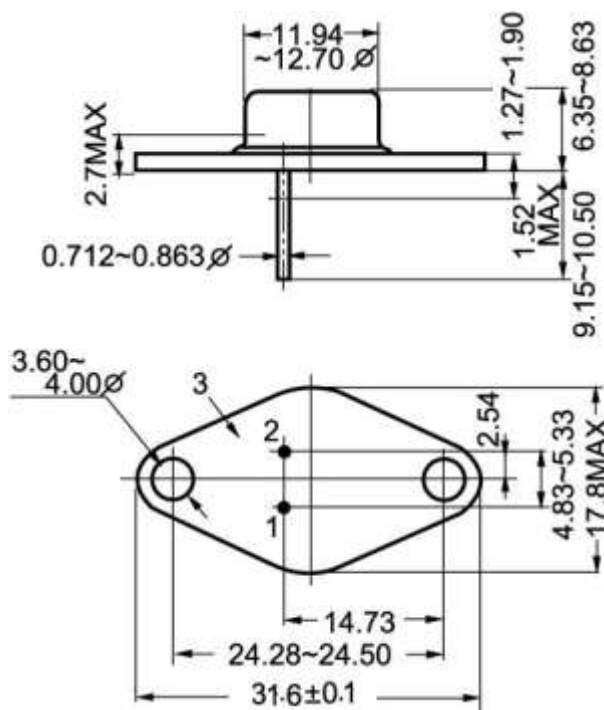


Рисунок 2.17 – Габаритні розміри транзистора 2SC3412

2.1.4 Опис конструкції друкованої плати

Друкована плата зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора має прямокутну форму та габаритні розміри 225×112,5 мм. Плата є двосторонньою за провідниковим рисунком, але монтаж елементів виконується з однієї сторони. Таке рішення дозволяє зручно розмістити всі

вивідні елементи, а другу сторону використати для трасування електричних з'єднань.

Елементна база плати виконана у вивідному виконанні. Для встановлення елементів використовуються монтажні отвори, розміщені відповідно до координатної сітки з кроком 2,5 мм. На платі передбачено отвори різних діаметрів: для малогабаритних радіоелементів, елементів із більшими виводами, а також для силових і габаритних компонентів. Окремо передбачені кріпильні отвори для встановлення друкованого вузла в корпус.

Компонування плати виконане з урахуванням поділу схеми на функціональні вузли. Вхідна частина, силовий інвертор, імпульсні трансформатори, вихідний вузол та кола керування розміщені так, щоб скоротити довжину силових провідників і зменшити вплив завад на керуючу частину. Вузол керування на мікросхемі DA1 розміщено окремо від силових елементів.

Визначальними елементами при компонуванні друкованої плати є трансформатори TV1 і TV2, дросель L1, електролітичні конденсатори, запобіжники та силові транзистори VT4 і VT5. Саме ці компоненти мають найбільші габарити та визначають основну структуру розміщення інших елементів на платі.

Пайка вивідних елементів виконується припоєм ПОС-61. Після монтажу проводиться очищення плати від залишків флюсу, візуальний контроль якості пайки та перевірка правильності встановлення полярних і напівпровідникових елементів. Друкована плата встановлюється в корпус горизонтально, що забезпечує зручність кріплення, підключення роз'ємів і доступ до основних елементів виробу.

2.1.5 Розрахунок параметрів друкованого монтажу

Розрахунок друкованого монтажу складається з трьох етапів:

- розрахунок по змінному
- розрахунок по постійному струму

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					33
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

- конструктивно-технологічний.

Розрахунок здійснюється в такій послідовності:

1. Виходячи з технологічних можливостей виробництва вибираю метод виготовлення і клас точності друкованої плати (ОСТ 4.010.022 – 85).

Вибираємо метод комбінований

2. Визначаю мінімальну ширину друкованого провідника , мм., по постійному струму для кіл живлення і заземлення:

$$b_{min1} = \frac{I_{max}}{i_{доп} \cdot t} = \frac{25A}{38 A/мм^2 \cdot 0.05мм} = 13,2 \quad (1.1)$$

де I_{max} – максимальний постійний струм, який протікає в провідниках визначається із аналізу принципової схеми;

$j_{доп}$ – допустима густина струму, вибирається в залежності від методу виготовлення плати з табл.1.21

t – товщина провідника, мм.

Таблиця 1.21 Допустима густина струму в залежності від методу виготовлення

Метод виготовлення	товщина фольги t , мкм	Допустима густина струму, $j_{доп}$, А / мм ²	Питомий опір, ρ , Ом мм ² / м
Комбінований позитивний	20	75	0,0175
	35	48	
	50	38	

1. Визначаю мінімальну ширину провідника, мм., виходячи з допустимого падіння напруги на ньому:

$$b_{min2\ 15V} = \frac{\rho \cdot I_{max} \cdot l}{t \cdot U_{доп}} = \frac{0,0175 \cdot 1 \cdot 0,675м}{0,05 \cdot 0,75В} \approx 0,4мм \quad (1.2)$$

де ρ – питомий об'ємний опір

l – довжина провідника, м. (периметри плати).

$U_{доп}$ – допустиме падіння напруги, визначається з аналізу принципової

					26 КР 172.403.002.000 ПЗ	Арк.
	Задорожний					34
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

схеми і не повинно перевищувати 5% від напруги живлення мікросхем і не більше запасу завадостійкості мікросхем.

2. Визначаємо номінальне значення діаметрів монтажних отворів d :

$$d = d_E + |\Delta d_{Н.В.}| + r$$

$$d_{\text{малогабаритні}} = (0,5 \dots 0,6) + |0,2| + 0,1 = 0,9 \text{ мм} \quad (1.3)$$

$$d_{\text{середні}} = 0,8 + |0,2| + 0,1 = 1,1 \text{ мм} \quad (1.4)$$

$$d_{\text{силові}} = 0,7 + |0,15| + 0,25 = 1,3 \text{ мм} \quad (1.5)$$

де, d_E – максимальний діаметр виводу встановлюваного ЕРЕ

$\Delta d_{Н.В.}$ – нижнє граничне відхилення від номінального діаметру монтажного отвору.

r – різниця між мінімальним діаметром отвору і максимальним діаметром вивода ЕРЕ, її вибирають в межах 0,1...0,4мм.

Для малогабаритних елементів (резистори, керамічні конденсатори, мікросхему DA1 TL494 (DIP-16), елементи у корпусах TO-92 і DO-41) – 0,9мм

Для середньогабаритних елементів (діоди у корпусах DO-201, DO-204 та електролітичні конденсатори) – 1,1мм

Для силові елементів (транзистори VT4, VT5 у корпусі TO-66, запобіжники FU1–FU3, трансформатори TV1, TV2, дросель L1, силові приєднувальні точки) – 1,3 мм

Розраховані значення d зводять до нормалізованого ряду отворів: 0,7; 0,9; 1,1; 1,3; 1,5мм.

При цьому слід враховувати, що мінімальний діаметр металізованого отвору:

де, $H_{сі}$ – номінальна товщина i -шару;

$H_{прі}$ – номінальна товщина матеріалу прокладки зі склотканини;

n – число шарів;

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					35
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

h_n – товщина гальванічно-осаджених металів.

3. Розраховуємо діаметр контактних площадок. Мінімальний діаметр контактних площадок для ОДП і внутрішніх шарів БДП, виготовлених методом:

$$D_{\min} = D_{1\min} + 1.5h_{\phi} + 0.03$$

де h_{ϕ} – товщина фольги;

$D_{1\min}$ – мінімальний ефективний діаметр площадки

$$D_{1\min} = 2 \left(b_M + \frac{d_{\max}}{2} + \delta d + \delta p \right)$$

$$D_{1\min \text{ мал}} = 2 \left(0.4 + \frac{1.1}{2} + 0.05 + 0.05 \right) = 2.1 \text{ мм} \quad (1.9)$$

$$D_{1\min \text{ сер}} = 2 \left(0.4 + \frac{1.3}{2} + 0.05 + 0.05 \right) = 2.3 \text{ мм} \quad (1.10)$$

$$D_{1\min \text{ сил}} = 2 \left(0.4 + \frac{1.5}{2} + 0.05 + 0.05 \right) = 2.5 \text{ мм} \quad (1.11)$$

де: b_M – відстань від краю просвердленого отвору до краю контактної площадки ;

δd і δp – допуски на розташування отворів і контактних площадок(див табл. 1.51);

d_{\max} – максимальний діаметр просвердленого отвору, мм:

$$d_{\max} = d + \Delta d + (0.1 \dots 0.15)$$

$$d_{\max \text{ мал}} = 0,9 + 0.1 + 0.1 = 1.1 \quad (1.6)$$

$$d_{\max \text{ сер}} = 1,1 + 0.1 + 0.1 = 1.3 \quad (1.7)$$

$$d_{\max \text{ сил}} = 1,3 + 0.1 + 0.1 = 1.5 \quad (1.8)$$

де: Δd – допуск на отвір (див табл. 1.22).

Мінімальний діаметр, мм, контактних площадок для ДДП і зовнішніх шарів БДП, які виготовляються комбінованим позитивним методом:

$$D_{\min} = D_{1\min} + 1.5h_{\phi} + 0.03$$

Для ДДП і зовнішніх шарів БДП, виготовлених комбінованим позитивним методом: при фотохімічному способі отримання малюнка:

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					36
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

$$D_{min} = D_{1min} + 0.05$$

$$D_{min \text{ мал}} = 2.1 + 0.05 = 2.15 \text{ мм} \quad (1.12)$$

$$D_{min \text{ сер}} = 2.3 + 0.05 = 2.35 \text{ мм} \quad (1.13)$$

$$D_{min \text{ сил}} = 2.5 + 0.05 = 2.55 \text{ мм} \quad (1.14)$$

Максимальний діаметр контактної площадки:

$$D_{max} = D_{min} + (0.02 \dots 0.06)$$

$$D_{max \text{ мал}} = 2.15 + 0.03 = 2.18 \text{ мм} \quad (1.15)$$

$$D_{max \text{ сер}} = 2.35 + 0.03 = 2.38 \text{ мм} \quad (1.16)$$

$$D_{max \text{ сил}} = 2.55 + 0.03 = 2.58 \text{ мм} \quad (1.17)$$

Приймаємо нормалізовані значення:

$$D_{max \text{ мал}} = 2.2 \text{ мм}$$

$$D_{max \text{ сер}} = 2.4 \text{ мм}$$

$$D_{max \text{ сил}} = 2.6 \text{ мм}$$

4. Визначаю ширину провідників. Мінімальна ширина провідників для ОДП і внутрішніх шарів БДП, які виготовлені хімічним методом :

$$b_{min} = b_{1min} + 1.5h_{\phi}$$

де: b_{1min} – мінімальна ефективна ширина провідника, мм.

$b_{1min} = 0,18$ мм для плат 1-, 2- і 3-го класу точності,

$b_{1min} = 0,15$ мм для плат 4-го класу точності.

Мінімальна ширина провідників, мм, для ДДП і зовнішніх шарів БДП, виготовлених комбінованим позитивним методом :

$$b_{min} = b_{1min} + 1.5h_{\phi} + 0.03$$

$$b_{min} = 0.18 + 1.5 \cdot 0.05 + 0.03 = 0.285 \text{ мм} \quad (1.18)$$

Але ми вже раніше для керуючої частини розраховували по допустимому падінню напруги – 0.4 мм. Тому оберемо більше з двох значень, а саме 0.4 мм.

Максимальна ширина провідників:

$$b_{max} = b_{min} + (0.02 \dots 0.07)$$

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					37
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

$$b_{max} = 0.4 + 0.07 = 0.47 \text{ мм} \quad (1.19)$$

5. Визначаю мінімальну відстань між елементами провідного малюнку.

$$s_{1min} = L_0 - \left[\left(\frac{D_{max}}{2} + \delta p \right) + \left(\frac{d_{max}}{2} + \delta l \right) \right]$$

де L_0 – відстань між центрами відповідних елементів;

δl – допуск на розташування провідників (див табл. 1.22).

$$s_{1 \text{ min мал}} = 2,5 - \left[\left(\frac{2.2}{2} + 0.05 \right) + \left(\frac{1.1}{2} + 0.1 \right) \right]$$

$$s_{1min} = 0,7 \text{ мм} \quad (1.20)$$

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

$$s_{1min} = L_0 - (D_{max} + 2\delta p)$$

$$s_{3min} = L_0 - (D_{max} + 2\delta l)$$

$$s_{2min} = 2,5 - (2.2 + 0.05) = 0,25 \text{ мм} \quad (1.20)$$

Мінімальна відстань між двома провідниками:

$$s_{3min} = 2,5 - (2.2 + 0.1) = 0.2 \text{ мм} \quad (1.21)$$

В результаті проведення конструктивного розрахунку друкованого монтажу були отримані такі дані:

1. Мінімальна ширина друкованого провідника по постійному струму для кіл живлення і заземлення..... $b_{min1} = 13.25 \text{ мм}$

2. Мінімальна ширина провідника виходячи з допустимого падіння напруги, мм..... $b_{min2} = 0.4 \text{ мм}$

3. Відповідно до ряду номінальних значень вибрано діаметр монтажних отворів для шлейфа – 1,1мм,

4. Мінімальний діаметр контактних площадок для діаметру монтажних отворів 0.9мм, 1.1мм, 1.3мм: $D_{min \text{ мал}} = 2,15 \text{ мм}$, $D_{min \text{ сер}} = 2,15 \text{ мм}$, $D_{min \text{ сил}} = 2,15 \text{ мм}$

5. Максимальний діаметр контактних площадок для діаметру монтажних отворів 0,9 мм..... $D_{max \text{ мал}} = 2,2 \text{ мм}$

6. Максимальний діаметр контактних площадок для діаметру монтажних отворів 1,1 мм..... $D_{max \text{ сер}} = 2,4 \text{ мм}$

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Здоровий</i>					38
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

7. Максимальний діаметр контактних площадок для діаметру монтажних отворів 1,3 мм..... $D_{\max \text{ сил}} = 2,6 \text{ мм}$
6. Мінімальна ширина провідників..... $b_{\min} = 0,4 \text{ мм}$
7. Максимальна ширина провідників..... $b_{\max} = 0,47 \text{ мм}$
8. Мінімальна відстань між елементами провідного малюнку..... $S_{1\min} = 0.7 \text{ мм}$
9. Мінімальна відстань між двома контактними площадками..... $S_{2\min} = 0.25 \text{ мм}$
10. Мінімальна відстань між двома провідниками..... $S_{3\min} = 0.2 \text{ мм}$

2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу

У процесі роботи проектованого зарядного пристрою основне теплове навантаження створюється елементами силової частини, оскільки саме в них відбувається комутація та передавання основної енергії у вихідне коло. Найбільше тепловиділення характерне для силових транзисторів VT4 і VT5, які працюють у складі двотактного напівмостового інвертора. Додатковими джерелами нагрівання є випрямні діоди, елементи вихідного кола, а також імпульсні трансформатори, через які проходять значні струми у робочому режимі.

Під час комутації силових транзисторів теплота виділяється як унаслідок протікання струму через відкритий перехід, так і під час перемикання між станами провідності та закриття. Через це температура силових напівпровідникових елементів може істотно підвищуватися, особливо при роботі на значний зарядний струм. Перегрів таких елементів призводить до погіршення електричних параметрів, зниження надійності та скорочення строку служби виробу, тому забезпечення допустимого теплового режиму є однією з важливих умов працездатності зарядного пристрою.

Для забезпечення нормального теплового режиму в конструкції передбачено встановлення силових транзисторів VT4 і VT5 на окремі радіатори. Таке рішення дає змогу ефективно відводити тепло від корпусів напівпровідникових приладів до навколишнього середовища та зменшує температуру їх кристалів під час тривалої роботи. Окреме встановлення транзисторів на радіатори також покращує рівномірність тепловідведення і спрощує компонування силової частини всередині виробу.

Оскільки корпус проектного пристрою виконано з пластмаси, він практично не бере участі у відведенні тепла. Саме тому тепловий режим силових елементів повинен забезпечуватися насамперед радіаторами та природною вентиляцією. Для цього в корпусі доцільно передбачити вентиляційні отвори у верхній і нижній частинах, що створює умови для природної конвекції повітря. Таке виконання дозволяє відводити нагріте повітря із зони розташування силових елементів і зменшує ймовірність локального перегріву.

Додатково покращенню теплового режиму сприяє раціональне компонування елементів на друкованій платі. Силові транзистори, випрямні діоди, трансформатори та інші елементи з підвищеним тепловиділенням необхідно розташовувати так, щоб між ними зберігалися достатні проміжки для циркуляції повітря, а довжина силових з'єднань залишалася мінімальною. Це зменшує не лише теплове навантаження на окремі вузли, а й додаткові втрати потужності в провідниках і контактних з'єднаннях.

За прийнятого конструктивного виконання можна зробити висновок, що тепловий режим проектного виробу є допустимим за умови нормальної експлуатації, правильно підібраних радіаторів для транзисторів VT4 і VT5 та наявності природної вентиляції всередині корпусу. Прийняті конструктивні рішення забезпечують відведення основної теплової потужності від силових елементів, зменшують ризик їх перегріву та сприяють підвищенню надійності зарядного пристрою в цілому.

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

2.1.7 Розрахунок надійності проектного виробу

В цьому пункті здійснюється розрахунок надійності проектного зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора по раптовим експлуатаційним відмовам з використанням комп'ютерної програми NAD_Release. В якості вхідних даних використовуються показники надійності окремих радіоелементів.

Таблиця 1.19 – Вхідні дані для розрахунку надійності

№ з/п	Назва групи радіоелементів	К-сть, шт.	Кпопр	Івідм * 10–6 /год	К-сть * Кпопр * Івідм * 10–6
1	Резистори постійні 0.125 - 0.5 Вт	24	0,42	0,8	8.064
2	Резистори недротяні змінні	1	0,42	5	2,1
3	Конденсатори керамічні	12	0,1	1,4	1,68
4	Конденсатори електролітичні	4	0,4	2,4	3,54
5	Напівпровідникові інтегральні мікросхеми	1	0,03	0,03	0,03
6	Запобіжник	3	1	0,5	1,5
7	Варистор	1	1	5	5
8	Трансформатори живлення	2	0,1	3	0,6
9	Діоди випрямляючі великої потужності	11	0,35	6	23,1
10	Діоди випрямляючі малої потужності	4	0,35	0,7	0,98
11	Транзистори НЧ кремнієві	3	0,35	4	4,2
12	Транзистори ВЧ кремнієві	2	0,35	1,7	1,19
13	Котушки індуктивності	1	0,1	0,5	0,05
14	Роз'єм (на один контакт)	5	1	0,05	0,25
15	Друкована плата	1	1	0,1	0,1
16	Пайки	170	1	0,02	3,4

Таблиця 1.20 – Коефіцієнти впливу

№ з/п	Назва коефіцієнту	Значення
1	Коефіцієнт механічних впливів:	1
2	Коефіцієнт впливу вологості і температури:	1,07
3	Коефіцієнт атомосферних впливів:	1

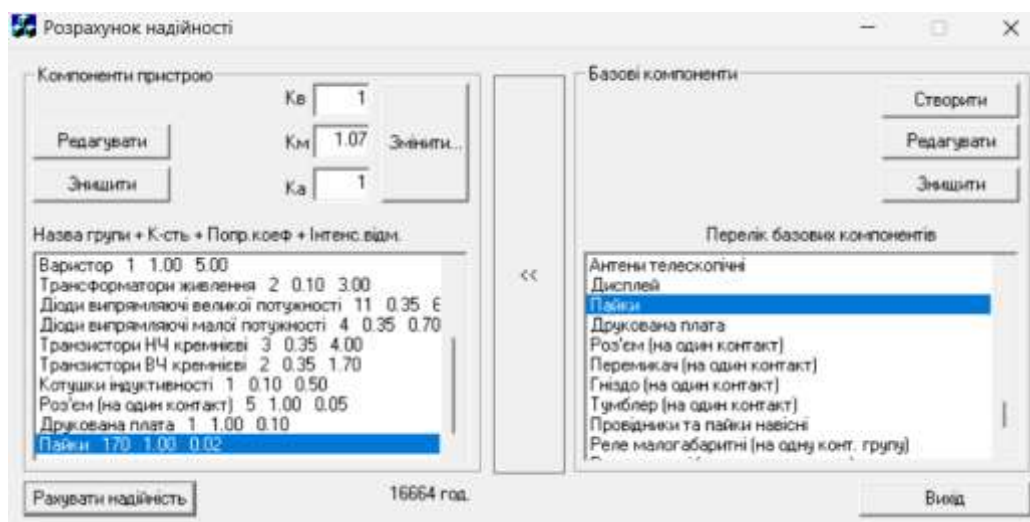


Рисунок 1.20 – Головне вікно програми для розрахунку надійності

В результаті розрахунку отриманий графік залежності імовірності безвідмовної роботи зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора від часу роботи, представлений на рисунку 1.21, при цьому отримано значення середнього напрацювання до відмови 16 664 год.

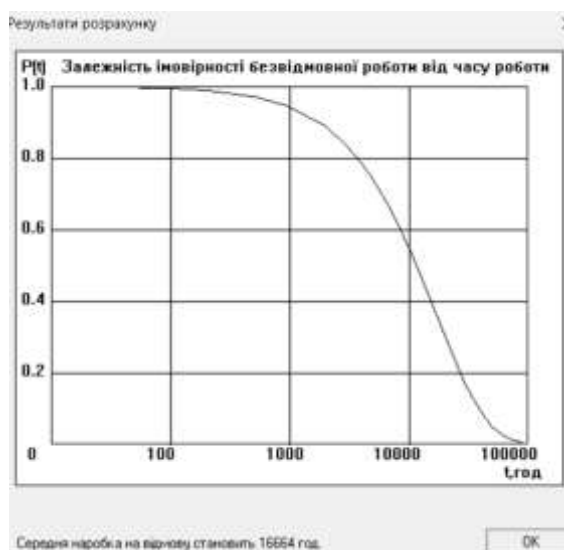


Рисунок 1.21 – Вікно програми з результатами розрахунку

Результати розрахунку:

Інтенсивність відмов: 6.00099×10^{-5} 1/год

Середня наробка до відмови: 16663.9 год.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$:

$t = 10$ год. $P(t) = 0.999400$

$t = 100$ год. $P(t) = 0.994017$

$t = 1000$ год. $P(t) = 0.941755$

$t = 10000$ год. $P(t) = 0.548757$

$t = 100000$ год. $P(t) = 0.002476$

Отримане значення середньої наробки на відмову 16 664 год є прийнятним для зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора і підтверджує його достатню експлуатаційну надійність.

2.1.8 Техніко-економічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності

Проектована конструкція зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора є технічно та економічно доцільною для практичної реалізації. З технічної точки зору виріб побудований за сучасним імпульсним принципом перетворення енергії, що дозволяє зменшити масогабаритні показники, підвищити коефіцієнт корисної дії та забезпечити стабільність процесу заряджання. У схемі передбачено регулювання зарядного струму, обмеження вихідної напруги та вузол блокування запуску при підключенні несправної або надмірно розрядженої акумуляторної батареї, що підвищує надійність і безпечність роботи виробу.

З економічної точки зору прийнята конструкція також є раціональною. Використання пластмасового розбірного корпусу, односторонньої друкованої плати та вивідної елементної бази спрощує виготовлення, монтаж, контроль, налагодження і ремонт. Для складання виробу не потрібні дорогі

					26 КР 172.403.002.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

конструкційні матеріали або складні технологічні операції. Основні витрати припадають на електронні компоненти, виготовлення друкованої плати, радіатори та трансформатори, однак завдяки використанню стандартних і доступних елементів собівартість конструкції залишається прийнятною.

Додатковою перевагою є зручність обслуговування виробу. Вивідний монтаж спрощує заміну елементів у разі пошкодження, а розбірний корпус забезпечує доступ до друкованого вузла, радіаторів, запобіжників і органа регулювання. Це знижує витрати на ремонт і підвищує експлуатаційну придатність пристрою.

Для техніко-економічної оцінки визначимо споживану потужність виробу в максимальному режимі роботи. За технічними характеристиками максимальна вихідна напруга становить 15 В, а максимальний зарядний струм — 25 А.

Корисна вихідна потужність:

$$P_{\text{вих}} = 15 \cdot 25 = 375 \text{ Вт.}$$

Оскільки проєктований пристрій є імпульсним зарядним пристроєм, для орієнтовної оцінки приймаємо коефіцієнт корисної дії: 0,85.

Тоді споживана потужність від мережі становить:

$$P_{\text{сп}} = \frac{375}{0,85} = 441,2 \text{ Вт.}$$

Отже, у максимальному режимі роботи споживана потужність проєктованого зарядного пристрою становить приблизно 0,44кВт.

За потреби можна також оцінити струм, який споживається від мережі 220 В:

$$I_{\text{сп}} = \frac{441,2}{220} = 2 \text{ А.}$$

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					44
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

2.1 Технологічна частина

2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектованого виробу. Вибір типу технології

Проектований зарядний пристрій на основі імпульсного інвертора повинен бути достатньо компактним, зручним у використанні, безпечним в експлуатації та забезпечувати необхідні електричні параметри. Для виконання цих умов конструкцію виробу прийнято у вигляді одного основного друкованого вузла, встановленого в пластмасовому корпусі.

Основою друкованого вузла є одностороння друкована плата зі склотекстоліту FR-4 товщиною 1,5 мм. Вибір цього матеріалу обґрунтований його достатньою механічною міцністю, добрими діелектричними властивостями, термостійкістю та доступністю. Така плата придатна для встановлення вивідних елементів, трансформаторів, електролітичних конденсаторів, дроселя та силових напівпровідникових приладів.

Елементна база виробу прийнята у вивідному виконанні. Даний вибір обґрунтований простотою монтажу, зручністю налагодження, можливістю заміни елементів під час ремонту та меншою складністю технологічного процесу. Всі основні елементи встановлюються на друкованій платі, а змінний резистор R2, який є органом регулювання, вноситься на панель корпусу для зручності користування.

Компонування елементів виконане за функціональним принципом. У верхній частині плати розташовані силові елементи, трансформатори та вхідні кола, у центральній частині — елементи силового перетворення, а в нижній — вузол керування на мікросхемі DA1 та кола зворотного зв'язку. Таке розміщення дає змогу скоротити довжину силових з'єднань, зменшити вплив завад на вузол керування та спростити монтаж.

Для виготовлення друкованої плати використовується хімічний метод. Даний метод є доцільним для односторонньої плати з прийнятим класом точності, забезпечує необхідну якість провідного рисунка і є технологічно

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					45
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

виправданим для даної конструкції. Контактні площадки плати покриваються припоєм, що покращує паяність і підвищує надійність монтажних з'єднань.

Для виготовлення корпусу використовується ударостійка електроізоляційна пластмаса. Вибір цього матеріалу обґрунтований малою масою, достатньою міцністю, простотою обробки та високими електроізоляційними властивостями. Пластмасовий корпус не потребує антикорозійного покриття і забезпечує безпечну експлуатацію виробу.

Оскільки у виробі наявна силова частина та елементи, що працюють при підвищених напругах, для захисту друкованого вузла доцільно застосувати лакове покриття типу АКА-113. Таке покриття зменшує вплив вологи, пилу та випадкових зовнішніх чинників на роботу пристрою і підвищує надійність його експлуатації.

Визначальними елементами при компонованні даного виробу є трансформатори, силові транзистори, електролітичні конденсатори та дросель, оскільки саме вони мають найбільші габарити, впливають на розміщення інших елементів і визначають загальні розміри друкованого вузла.

2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції.

Конструкція зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора повинна забезпечувати зручність експлуатації, електробезпеку, надійне розміщення всіх елементів та нормальний тепловий режим силових вузлів. Для виконання цих умов прийнято конструкцію у пластмасовому розбірному корпусі з одним основним друкованим вузлом.

Пластмаса є доцільним матеріалом для виготовлення корпусу, оскільки має малу масу, достатню механічну міцність, добрі електроізоляційні властивості та не потребує антикорозійного покриття. Корпус повинен захищати користувача від випадкового дотику до струмоведучих частин, а внутрішні елементи — від пилу, механічних пошкоджень і зовнішніх впливів. Розбірне виконання корпусу спрощує доступ до друкованої плати,

					26 КР 172.403.002.000 ПЗ	Арк.
	<i>Задорожний</i>					46
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

запобіжників, радіаторів і регулювального елемента під час ремонту або налагодження.

Основою конструкції є друкований вузол, виконаний на односторонній друкованій платі зі склотекстоліту товщиною 1,5 мм. На платі розміщуються мікросхема DA1, трансформатори TV1 і TV2, транзистори VT1–VT5, запобіжники FU1–FU3, дросель L1, роз'єми XP1 і XS1, а також пасивні та напівпровідникові елементи. Застосування вивідної елементної бази спрощує монтаж, контроль, налагодження і заміну елементів у разі ремонту.

Компонування плати виконане з урахуванням функціонального призначення вузлів. Вхідний мережевий вузол, силовий інвертор, імпульсні трансформатори, вихідний випрямляч та вузол керування розміщуються так, щоб зменшити довжину силових з'єднань і знизити вплив завад на кола керування. Визначальними елементами при компонуванні є трансформатори, дросель, електролітичні конденсатори та силові транзистори, оскільки вони мають найбільші габарити та впливають на загальні розміри друкованого вузла.

Змінний резистор R2, який використовується для регулювання режиму роботи зарядного пристрою, доцільно винести на передню панель корпусу. Таке розміщення забезпечує зручність користування пристроєм під час експлуатації. Вхідний роз'єм XP1 і вихідний роз'єм XS1 необхідно розмістити на стінці корпусу так, щоб забезпечити зручне підключення мережевого живлення та акумуляторної батареї. Запобіжники FU1–FU3 бажано розташувати з можливістю доступу для їх заміни.

Оскільки в пристрої є силові транзистори VT4 і VT5, які під час роботи виділяють тепло, у конструкції необхідно передбачити їх встановлення на радіатори. Радіатори доцільно розмістити всередині корпусу з урахуванням вільного руху повітря. Для покращення теплового режиму в корпусі потрібно передбачити вентиляційні отвори, що забезпечують природне охолодження силових елементів.

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Здоровий</i>					47
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

Порядок складання зарядного пристрою включає такі основні операції:

- встановлення та паяння елементів на друковану плату;
- очищення плати від залишків флюсу і візуальний контроль монтажу;
- встановлення силових транзисторів VT4 і VT5 на радіатори;
- закріплення друкованого вузла в корпусі;
- встановлення змінного резистора R2, роз'ємів XP1 і XS1 та запобіжників;
- з'єднання частин корпусу і проведення електричного контролю виробу.

Процес складання конструкції є відносно простим, оскільки більшість елементів установлюється на одну друковану плату, а корпус має розбірне виконання. Прийнята конструкція забезпечує технологічність виготовлення, зручність експлуатації, ремонтпридатність і достатню надійність проектного зарядного пристрою.

2.2.3 Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів

Для виготовлення друкованої плати зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора доцільно застосувати комбінований метод. Вибір даного методу пояснюється тим, що друкована плата містить як керуючі, так і силові кола, значну кількість монтажних отворів, контактних площадок та вивідних елементів. Комбінований метод дає змогу отримати якісний провідний рисунок, забезпечити надійність монтажних з'єднань і виконати плату з необхідною точністю.

Основним матеріалом для виготовлення друкованої плати є фольгований склотекстоліт товщиною 1,5 мм. Такий матеріал має достатню механічну міцність, добрі електроізоляційні властивості, термостійкість і придатність до паяння. Вибрана товщина плати забезпечує необхідну жорсткість для

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
						48
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

встановлення трансформаторів TV1 і TV2, дроселя L1, електролітичних конденсаторів, запобіжників, роз'ємів та інших вивідних елементів.

Провідниковий рисунок плати формується з урахуванням особливостей роботи зарядного пристрою. Силові ділянки, через які проходять значні струми, виконуються провідниками збільшеної ширини. Кола керування, що працюють з меншими струмами, розміщуються окремо від силової частини, що зменшує вплив завад і підвищує стабільність роботи пристрою. Таке компонування сприяє надійній роботі друкованого вузла та полегшує контроль правильності монтажу.

Технологічний процес виготовлення друкованої плати включає розкрій заготовки з фольгованого склотекстоліту, підготовку та очищення поверхні фольги, нанесення захисного шару, формування рисунка провідників, травлення незахищених ділянок міді, промивання і сушіння плати. Після цього виконують свердління монтажних отворів відповідно до креслення, контроль розмірів, перевірку якості провідного рисунка та відсутності коротких замикань між провідниками.

Після формування провідникового рисунка контактні площадки покриваються припоєм. Це покращує паяність, зменшує окиснення мідної поверхні та підвищує надійність паяних з'єднань. На плату також наноситься маркування позиційних позначень елементів, що спрощує встановлення радіоелементів, контроль монтажу та подальше обслуговування виробу.

До допоміжних матеріалів, які використовуються під час виготовлення друкованої плати, належать травильний розчин, матеріали для очищення поверхні фольги, захисний шар для формування рисунка провідників, припій, флюс, лакове покриття та фарба для маркування. Після завершення монтажу друкований вузол доцільно покривати захисним лаком, що зменшує вплив вологи, пилу та випадкових забруднень на роботу зарядного пристрою.

Використання комбінованого методу виготовлення плати є обґрунтованим, оскільки він забезпечує достатню якість друкованого монтажу, надійність контактних з'єднань та технологічність виготовлення

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					49
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

виробу. Такий спосіб дозволяє поєднати простоту виробництва з необхідною точністю виконання друкованої плати для зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора.

2.2.4 Розробка і оформлення маршрутно-операційної технології складання і монтажу виробу

Маршрутно-операційні карти складання наведені в додатках.

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					50
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень

Для реалізації проектних рішень необхідно визначити обсяг інвестицій для їх здійснення. Обсяг інвестицій складається з вартості основних фондів за групами та витрат, пов'язаних з їх придбанням і вводом в експлуатацію.

1) Вартість будівель визначається, виходячи із орендної плати за них (приймається середня величина оренди виробничих приміщень в даному регіоні на час написання дипломного проекту; рекомендовано – 1200-2500грн/м² за рік). При цьому вартість передавальних пристроїв включається в орендну плату будівель.

Вартість будівель розраховується за формулою:

$$V_{\text{буд}} = C_{\text{буд}} \cdot S_{\text{буд}}, \quad (3.1)$$

де $V_{\text{буд}}$ – вартість будівлі, грн.;

$C_{\text{буд}}$ – орендна плата за 1м² будівлі, грн./м² ;

$S_{\text{буд}}$ – площа будівлі, м² (приймається 100-150 м²).

$$V_{\text{буд}} = 2000 \cdot 110 = 220\,000 \text{ (грн)}$$

Будівлі орендуються разом із обладнанням, тому їх вартість слід збільшити на 40-60%, тобто:

$$V_{\text{буд}\Sigma} = V_{\text{буд}} + V_{\text{обл}}, \quad (3.2)$$

де $V_{\text{буд}\Sigma}$ - вартість оренди будівель включно з вартістю обладнання;

$V_{\text{обл}}$ – вартість обладнання.

При цьому вартість обладнання складає:

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

$$V_{\text{обл}} = V_{\text{буд}} \cdot K_0, \quad (3.3)$$

$$V_{\text{обл}} = 220\,000 \cdot 0,5 = 110\,000 \text{ (грн)}$$

де K_0 – коефіцієнт, що враховує вартість обладнання ($K_0 = 0,4 - 0,6$).

$$V_{\text{буд}\Sigma} = 220\,000 + 110\,000 = 330\,000 \text{ (грн)}$$

2) Вартість інструментів та приладів ($V_{\text{інстр}}$) складає 2% від вартості обладнання. При цьому витрати на їх доставку приймають в розмірі 10% від їх вартості. Таким чином, вартість інструментів та приладів розраховується за формулою:

$$V_{\text{інстр}} = V_{\text{обл}} \cdot 0,02 \cdot 1,1 \quad (3.4)$$

$$V_{\text{інстр}} = 110\,000 \cdot 0,02 \cdot 1,1 = 2420 \text{ (грн)}$$

3) Вартість виробничого та господарського інвентарю ($V_{\text{інв}}$) складає 3% від вартості обладнання. При цьому витрати на його доставку приймають в розмірі 10% від його вартості. Таким чином, вартість інвентарю розраховується за формулою:

$$V_{\text{інв}} = V_{\text{обл}} \cdot 0,03 \cdot 1,1 \quad (3.5)$$

$$V_{\text{інв}} = 110\,000 \cdot 0,03 \cdot 1,1 = 3630 \text{ (грн)}$$

4) Загальний обсяг виробничих інвестицій розраховується за формулою:

$$\text{ПІ} = V_{\text{буд}\Sigma} + V_{\text{інстр}} + V_{\text{інв}} \quad (3.6)$$

$$\text{ПІ} = 330\,000 + 2420 + 3630 = 336\,050 \text{ (грн)}$$

5) Величина амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

$$A = \frac{S_{\text{бал}} \cdot H_a}{100} \quad (3.7)$$

$$A = \frac{2420 \cdot 25\%}{100} = 605 \text{ (грн)}$$

$$A = \frac{3630 \cdot 25\%}{100} = 907,50 \text{ (грн)}$$

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>З'являється</i>					52
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

де $S_{\text{бал}}$ – балансова вартість основних фондів, грн. (для розрахунку приймають величину вартості основних фондів, що розрахована за формулами 4–5 в тому випадку, коли будівлі орендують разом з обладнанням);

N_a – норма амортизації, % (величина норми амортизації встановлюється у відсотках до вартості кожної з груп основних фондів і становить: для будівель – 5%, обладнання – 20%, інструментів та приладів – 25%, інвентарю – 25%).

Результати розрахунку річної суми амортизаційних відрахувань слід звести в табл. 3.1

Таблиця 3.1 – Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

№ з/п	Найменування основних фондів	Балансова вартість основних фондів, тис. грн.	Річна сума амортизаційних відрахувань, тис. грн.
1	Інструменти та прилади	2420	0,605
2	Виробничий та господарський інвентар	3630	0,908
	Всього:	6050	1,513

3.2 Розрахунок собівартості продукції

Собівартість продукції як економічна категорія є грошовим виразом витрат на її виробництво та реалізацію. При розрахунку собівартості всі витрати групуються за калькуляційними статтями. При цьому перелік статей калькуляції повинен відповідати переліку, прийнятому на конкретному підприємстві.

В загальному вигляді калькуляція собівартості продукції включає такі статті витрат:

1. Сировина і матеріали.
2. Енергія технологічна.
3. Заробітна плата виробничих робітників (основна і додаткова).
4. Відрахування на соціальні заходи.
5. Утримання та експлуатація машин і механізмів.
6. Загальновиробничі витрати. Виробнича собівартість

7. Адміністративні витрати.

8. Витрати на збут.

9. Інші операційні витрати.

Повна собівартість

1) Витрати матеріалів (покупних виробів) на одиницю продукції визначають за формулою:

$$B_m = \sum_{i=1}^m (H_{mi} \cdot C_{mi}) \cdot K_{тр} \quad (3.8)$$

$$B_m = 566,01 \cdot 1,04 = 588,65 \text{ (грн)}$$

де m – кількість видів матеріалів, які використовують для виробництва одиниці продукції;

H_{mi} – норма витрат i -го виду матеріалу (покупних виробів) на виробництво одиниці продукції, натур. од.;

C_{mi} – ціна придбання i -го виду матеріалу (покупних виробів), грн. од.;

$K_{тр}$ – коефіцієнт, що враховує транспортні витрати на доставку матеріалів до підприємства (для розрахунку приймається в розмірі 4 % від вартості матеріалів: $K_{тр} = 1.04$). Розрахунки слід звести в табл. 3.2

Таблиця 3.2 – Витрати матеріалів (покупних виробів) на одиницю продукції

№ з/п	Назва матеріалу / покупного виробу	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
1	2	3	4	5
1	Плата друкована	1	13,00	13,00
2	Верхня кришка	1	50,00	50,00
3	Нижня кришка	1	50,00	50,00
4	Конденсатори керамічні 3,3 нФ, 1 кВ	3	2,00	6,00
5	Конденсатори керамічні 10 нФ, 50 В	2	0,63	1,26
6	Конденсатор керамічний 1,5 нФ, 50 В	1	0,63	0,63

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		54

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
7	Конденсатор керамічний 1 мкФ, 250 В	1	3,00	3,00
8	Конденсатор керамічний 2 нФ, 50 В	1	0,63	0,63
9	Конденсатори керамічні 1 мкФ, 50 В	3	0,63	1,89
10	Конденсатори електролітичні 220 мкФ, 200 В	2	30,00	60,00
11	Конденсатор електролітичний 100 мкФ, 25 В	1	1,50	1,50
12	Конденсатор електролітичний 2200 мкФ, 25 В	1	7,00	7,00
13	Мікросхема TL494	1	12,00	12,00
14	Запобіжники 5×20 8А 250В	2	3,00	6,00
15	Запобіжник 5×20 20А 250В	1	3,50	3,50
16	Індуктивність 7117-RC / аналог	1	35,00	35,00
17	Резистори постійні 0,125 Вт, різні номинали	24	0,40	9,60
18	Змінний резистор РТТ 10 МОм	1	15,00	15,00
19	Варистор FNR-7K271	1	4,00	4,00
20	Трансформатори N87 32×16×8 / ETD44 аналог	2	54,00	108,00
21	Діоди FR307	7	3,00	21,00
22	Стабілітрони 1N4739A	4	2,50	10,00
23	Діоди SF304	2	6,00	12,00
24	Діоди FR205	2	3,00	6,00
25	Транзистори BC317 / аналог BC517	3	3,00	9,00
26	Транзистори 2SC3412 / силовий аналог	2	25,00	50,00
27	Вилка 16А 220В EL-BI	1	45,00	45,00
28	Роз'єм ЗКС-28 Vitol	1	25,00	25,00
	Всього без транспортних витрат			566,01

Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата

26 КР 172.403.002.000 ПЗ

Арк.

55

2) Вартість технологічної енергії враховується при розрахунку витрат на утримання та експлуатацію машин і механізмів згідно статистичних даних базового підприємства (див. п.6).

3) Витрати на основну заробітну плату виробничих працівників ($B_{0.3.пл.}$): для розрахунку заробітної плати працівників визначають відрядну розцінку за кожну операцію (одиницю роботи чи продукції), виконану працівником, за формулою:

$$P_{від} = \sum_{i=1}^m T_{шт_i} \cdot C_r \quad (3.9)$$

де $T_{шт_i}$ – час виконання однієї операції (одиниці роботи чи продукції), год;

m – кількість виконуваних операцій;

C_r – годинна тарифна ставка відповідно до розряду виконуваних робіт, грн.

Розрахунок витрат на основну заробітну плату основних робітників слід звести в табл.3.3

Таблиця 3.3 – Розрахунок основної заробітної плати

№ з/п	Назва операції	t, год	Розряд	Годинна тарифна ставка, грн/год	Відрядна розцінка, грн
1	2	3	4	5	6
1	Комплектування	0,005	III	150	0,75
2	Розконсервація	0,005	III	150	0,75
3	Маркування	0,005	III	150	0,75
4	Захист	0,034	III	150	5,10
5	Сушка	0,005	III	150	0,75
6	Нанесення припайної пасти	0,045	IV	180	8,10
7	Лудження	0,027	V	220	5,94
8	Встановлення ЕРЕ	0,070	IV	180	12,60
9	Автоматизована пайка	0,005	IV	180	0,90

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6
10	Електромонтаж	0,012	V	220	2,64
11	Лакування	0,005	III	150	0,75
12	Регулювання	0,005	IV	180	0,90
13	Технічний контроль	0,005	IV	180	0,90
14	Комплектування	0,005	III	150	0,75
15	Слюсарно-складальна	0,018	IV	180	3,24
16	Монтаж	0,054	IV	180	9,72
17	Слюсарно-складальна	0,015	III	150	2,25
18	Технічний контроль	0,005	IV	180	0,90
Всього					57,69

4) Витрати на додаткову заробітну плату працівників (В_{дод.з.пл.}): приймаються в розмірі 11% від основної заробітної плати виробничих працівників і розраховують за формулою:

$$V_{\text{дод.з.пл.}} = P_{\text{від}} \cdot 0,11 \quad (3.10)$$

$$V_{\text{дод.з.пл.}} = 57,69 \cdot 0,11 = 6,35 \text{ (грн)}$$

5) Сума відрахувань на соціальні заходи (С_{в.с.з.}) визначається за встановленими законодавством нормами у відсотках від витрат на основну й додаткову заробітну плату:

$$C_{\text{в.с.з.}} = \frac{\alpha}{100} \cdot (P_{\text{від}} + V_{\text{дод.з.пл.}}) \quad (3.11)$$

$$C_{\text{в.с.з.}} = \frac{22}{100} \cdot (57,69 + 6,35) = 14,09 \text{ (грн)}$$

де α – відсоток відрахувань на соціальні заходи (приймають 22%);

6) Витрати на утримання та експлуатацію машин і механізмів є

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

комплексними, оскільки охоплюють витрати, що безпосередньо необхідні для експлуатації обладнання; амортизаційні відрахування на відтворення машин і механізмів, тощо. Оскільки такі витрати неможливо обчислити безпосередньо на одиницю продукції, їх розподіляють за вибраною базою розподілу. Найчастіше за таку базу беруть заробітну плату виробничих працівників.

Витрати на утримання та експлуатацію машин і механізмів розраховуються за формулою:

$$V_{yeo} = \frac{\alpha_{yeo}}{100} \cdot (P_{від} + V_{дод.з.пл.}) \quad (3.12)$$

$$V_{yeo} = \frac{75}{100} \cdot (57,69 + 6,35) = 48,03 \text{ (грн)}$$

де α_{yeo} – відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання (приймається 50 – 100%);

7) Витрати за статтею “Загальновиробничі витрати” також комплексні. Загальновиробничі витрати охоплюють витрати на управління, виробниче та господарське обслуговування в межах виробництва, а також витрати на заробітну плату з відрахуванням на соціальні заходи управлінських працівників, спеціалістів, обслуговуючого персоналу, охорону праці, тощо. Вказані витрати розраховують за формулою:

$$V_{зв} = \frac{\alpha_{зв}}{100} \cdot (P_{від} + V_{дод.з.пл.}) \quad (3.13)$$

$$V_{зв} = \frac{130}{100} \cdot (57,69 + 6,35) = 83,25 \text{ (грн)}$$

де $\alpha_{зв}$ – відсоток загальновиробничих витрат (приймають 60 – 200%).

7) Разом виробнича собівартість ($S_{вир}$) визначається як сума витрат за пунктами 1-6.

$$S_{вир} = V_M + (P_{від} + V_{дод.з.пл.} + C_{в.с.з.}) + V_{yeo} + V_{зв} \quad (3.14)$$

$$S_{вир} = 588,65 + 57,69 + 6,35 + 14,09 + 48,03 + 83,25 = 798,06 \text{ (грн)}$$

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>З'їжджаний</i>					58
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

На підставі розрахованих вище даних складають калькуляцію собівартості одиниці продукції (однієї деталі) та запланованого випуску. Калькуляція собівартості представлена в табл. 3.4

Таблиця 3.4 – Калькуляція собівартості

№ з/п	Найменування статей витрат	Величина витрат, грн.
1	2	3
1	Витрати матеріалів	588,65
2	Основна заробітна плата виробничих робітників	57,69
3	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	6,35
4	Відрахування на соціальні заходи	14,09
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	48,03
6	Загальновиробничі витрати	83,25
Разом виробнича собівартість (сума 1-6), в тому числі:		798,06
7	– змінні (сума 1-4) Взм.од	666,78
8	– умовно-постійні (сума 5-6) Вуп.од	131,28

8) Ціна одиниці продукції (одного виробу) розраховується за формулою:

$$Ц_{одпр} = S_{пов} \cdot \frac{100 + \alpha_{пр}}{100} \quad (3.15)$$

$$Ц_{одпр} = 798,06 \cdot \frac{100 + 23}{100} = 981,61 \text{ (грн)}$$

де $\alpha_{пр}$ – відсоток запланованого прибутку (рекомендовано 20 – 40%);

3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень

Розрахунок економічної ефективності інвестиційного проекту проводиться за наступними критеріями:

1) Річний прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою:

$$\Pi_p = (\text{Цод}_{\text{пр.}} - S_{\text{пов}}) \cdot N_p \quad (3.16)$$

$$\Pi_p = (981,61 - 798,06) \cdot 1\,150 = 211\,082,50 \text{ (грн)}$$

де Π_p – річний прибуток від реалізації проекту, грн.;

$\text{Цод}_{\text{пр.}}$ – ціна одиниці продукції, грн.;

$S_{\text{пов}}$ – собівартість одиниці продукції, грн.;

N_p – річна виробнича програма (план виробництва), од.

2) Чистий прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою:

$$\text{ЧП} = \Pi_p - \Pi_p \cdot \frac{\Pi_{\text{п}}}{100} \quad (3.17)$$

$$\text{ЧП} = 211\,082,50 - 211\,082,50 \cdot \frac{18}{100} = 173\,087,65 \text{ (грн)}$$

де ЧП – чистий прибуток від реалізації проекту, грн.;

$\Pi_{\text{п}}$ – ставка податку на прибуток, % (приймається відповідно до чинного законодавства – 18%).

3) Собівартість всього виробництва розраховується за формулою:

$$S_{\text{повв}} = S_{\text{пов}} \cdot N_p \quad (3.18)$$

$$S_{\text{повв}} = 798,06 \cdot 1\,150 = 917\,769 \text{ (грн)}$$

4) Рентабельність продукції визначається за формулою:

$$R_{\text{п}} = \frac{\text{ЧП}}{S_{\text{повв}}} \cdot 100\% \quad (3.19)$$

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					60
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

$$P_{\pi} = \frac{173\,087,65}{917\,769} \cdot 100\% = 18,86\%$$

де P_{π} – рентабельність продукції, %;

$S_{\text{повв}}$ – собівартість всього виробництва, грн.

Повернення інвестованого капіталу оцінюється на основі показника грошового потоку від інвестицій.

5) Сума чистих грошових надходжень від інвестицій розраховується за формулою:

$$ГП = ЧП_t + A_t \quad (3.20)$$

$$ГП = 173\,087,65 + 1\,512,50 = 174\,600,15(\text{грн})$$

де $ЧП_t$ – сума чистих грошових надходжень у t-му році, грн.;

A_t – величина амортизаційних відрахувань у t-му році, грн.

6) Загальний абсолютний ефект від реалізації інвестицій характеризує чиста теперішня (дисконтована) вартість проекту, яка розраховується за формулою:

$$ЧТВ = ТВ - ПІ \quad (3.21)$$

$$ЧТВ = 434\,204,73 - 336\,050 = 98\,154,73(\text{грн})$$

де $ЧТВ$ – чиста теперішня вартість проекту, грн.;

$ТВ$ – теперішня вартість майбутніх грошових потоків від інвестиційного проекту, грн.

Теперішню вартість майбутніх грошових потоків від інвестиційного проекту обчислюють за формулою:

$$ТВ = \sum_{i=1}^n \frac{ГП_t}{(1+r)^t} \quad (3.22)$$

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Здоровий</i>					61
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

$$ТВ = \sum_{i=1}^3 \frac{174\,600,15}{(1 + 0,1)^3} = 434\,204,73(\text{грн})$$

де $ГП_t$ – грошовий потік, який очікується у t -му році від реалізації проекту, грн.;

$\frac{1}{(1+r)^t}$ – коефіцієнт коригування майбутніх сум грошових потоків (дисконтний множник);

r – норматив приведення різночасових витрат (ставка дисконту) у вигляді десяткового дробу ($r = 0,1-0,2$);

n – кількість років інвестування, $t = 1,2,\dots,n$ (приймається з розрахунку виконання умови $ТВ > П$).

Якщо чиста теперішня вартість перевищує нуль, проект має бути схвалений як прибутковий, якщо ж вона має від'ємну величину або дорівнює нулю, то проект слід відхилити, оскільки його реалізація призведе до збитків або не принесе підприємству додаткового доходу на вкладений капітал.

Іншою характеристикою інвестиційного проекту є індекс прибутковості інвестицій, який порівнює теперішню вартість майбутніх грошових потоків з початковими інвестиціями:

$$ІП = \frac{ТВ}{П} \quad (3.23)$$

$$ІП = \frac{434\,204,73}{336\,050} = 1,29$$

де $ІП$ – індекс прибутковості інвестицій.

Проект, який має індекс прибутковості більший за одиницю, схвалюється як прибутковий, а якщо цей індекс менший за одиницю – відхиляється.

Дисконтований термін окупності інвестицій ($Ток_{диск}$) характеризує кількість років, за які будуть відшкодовані початкові інвестиції та розраховується за формулою:

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					62
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

$$\text{Ток}_{\text{диск}} = \frac{\text{П}}{\text{ГП}_{\text{диск}}} \quad (3.24)$$

$$\text{Ток}_{\text{диск}} = \frac{336\,050}{144\,734,91} = 2,32\text{р}$$

де $\text{ГП}_{\text{диск}}$ – середньорічна величина дисконтованих грошових потоків:

$$\text{ГП}_{\text{диск}} = \frac{\text{ТВ}}{t} \quad (3.25)$$

$$\text{ГП}_{\text{диск}} = \frac{434\,204,73}{3} = 144\,734,91 \left(\frac{\text{грн}}{\text{р}}\right)$$

де t – кількість років інвестування.

Підсумки вищенаведених розрахунків доцільно звести в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Показники оцінки економічної ефективності використання елементів виробничо-ресурсного потенціалу

№ з/п	Найменування показника	Одиниця виміру	Величина показника
1	Річний обсяг виробництва виробу:	од.	1150
2	Собівартість виробу	грн./од.	798,06
3	Ціна одиниці виробу	грн./од.	981,61
4	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	грн.	336 050
5	Чистий прибуток	грн.	173 087,65
6	Рентабельність виробу	%	18,86
7	Чиста теперішня вартість проекту	грн.	98 154,73
8	Індекс прибутковості	-	1,29
9	Дисконтований термін окупності інвестицій	років	2,32

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Законодавчі акти з охорони праці.

Охорона праці в Україні є важливою частиною державної політики у сфері трудових відносин, виробничої безпеки та соціального захисту працівників. Її головне завдання полягає в тому, щоб забезпечити такі умови праці, за яких людина може виконувати свої професійні обов'язки без загрози для життя, здоров'я та працездатності. Це стосується як великих промислових підприємств, так і невеликих майстерень, лабораторій, навчальних закладів, ремонтних дільниць та інших місць, де працівник контактує з обладнанням, інструментом, електричними пристроями або шкідливими виробничими факторами.

У широкому розумінні охорона праці охоплює не тільки правила безпечного виконання робіт. До неї належать правові, організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, соціально-економічні та лікувально-профілактичні заходи. Тобто охорона праці включає законодавчі вимоги, навчання працівників, контроль за станом робочих місць, забезпечення засобами індивідуального захисту, проведення інструктажів, медичні огляди, розслідування нещасних випадків і розроблення заходів для недопущення повторення небезпечних ситуацій.

Правовою основою охорони праці в Україні є система законодавчих і нормативно-правових актів. Вони встановлюють права й обов'язки працівників та роботодавців, порядок організації безпечної праці, вимоги до виробничого середовища, правила навчання, порядок розслідування нещасних випадків і відповідальність за порушення вимог безпеки. Основою цієї системи є Конституція України, Кодекс законів про працю України, Закон України "Про охорону праці", Закон України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування", Кодекс цивільного захисту України, а також численні правила, положення, інструкції та державні норми.

Одним із головних нормативних актів є Закон України "Про охорону праці". Він визначає основні положення щодо реалізації права працівників на

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Здоровий</i>					64
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

безпечні та здорові умови праці. У цьому законі встановлено, що роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці умови праці відповідно до нормативних актів, забезпечити безпечну експлуатацію обладнання, організувати навчання, інструктажі, контроль і фінансування заходів з охорони праці [34]. Тобто відповідальність за організацію безпечних умов праці не може перекладатися лише на працівника.

Працівник також має свої обов'язки у сфері охорони праці. Він повинен знати та виконувати вимоги нормативно-правових актів, користуватися засобами індивідуального та колективного захисту, дбати про особисту безпеку і безпеку людей, які перебувають поруч, а також проходити навчання та медичні огляди у випадках, передбачених законодавством. Якщо працівник бачить небезпечну ситуацію, несправне обладнання або загрозу аварії, він повинен повідомити про це керівника робіт.

Кодекс законів про працю України також має важливе значення для охорони праці. Він регулює трудові відносини, встановлює гарантії працівникам, визначає особливості робочого часу, відпочинку, трудової дисципліни, умов праці та відповідальності сторін трудових відносин [35]. У питаннях охорони праці цей документ пов'язаний із забезпеченням нормальних і безпечних умов для виконання роботи. Наприклад, роботодавець не має права вимагати від працівника виконання роботи в умовах, які становлять небезпеку для життя або здоров'я.

Важливе місце в системі охорони праці займають нормативно-правові акти з охорони праці, які скорочено називають НПАОП. Це правила, положення, інструкції, норми та інші документи, обов'язкові для виконання на підприємствах, в установах і організаціях. Вони можуть бути загальними або галузевими. Загальні вимоги стосуються багатьох видів діяльності, наприклад навчання з охорони праці, електробезпеки, пожежної безпеки, забезпечення працівників засобами захисту. Галузеві документи встановлюють вимоги для конкретних видів робіт або виробництв.

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Окремим документом є Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. Воно визначає порядок організації навчання, інструктажів і перевірки знань працівників [36]. Це положення важливе тому, що навіть справне обладнання не гарантує безпеку, якщо працівник не знає правил роботи з ним. Перед початком роботи працівник повинен пройти відповідний інструктаж, ознайомитися з небезпечними факторами робочого місця та знати порядок дій у разі аварійної ситуації.

Інструктажі з охорони праці поділяють на вступний, первинний, повторний, позаплановий і цільовий. Вступний інструктаж проводять із працівниками, які приймаються на роботу або прибувають на підприємство. Первинний інструктаж проводиться безпосередньо на робочому місці перед початком виконання робіт. Повторний інструктаж потрібний для періодичного оновлення знань. Позаплановий проводять у разі змін у технологічному процесі, обладнанні, нормативних актах або після порушення вимог безпеки. Цільовий інструктаж проводять перед виконанням разових або небезпечних робіт.

Для технічних спеціальностей особливо важливими є вимоги електробезпеки, пожежної безпеки, безпечної експлуатації інструменту, обладнання та вимірювальної апаратури. Під час роботи з електронними пристроями небезпеку можуть створювати мережеве живлення, високий струм, нагрівання елементів, коротке замикання, пошкодження ізоляції, необережне використання паяльного інструменту та неправильна організація робочого місця. Тому охорона праці має враховувати не тільки загальні вимоги, а й реальні умови виконання конкретної роботи.

Охорона праці в Україні також пов'язана із соціальним страхуванням працівників. Закон України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування" передбачає соціальні гарантії у разі тимчасової втрати працездатності, нещасного випадку на виробництві або професійного захворювання [37]. Це означає, що працівник має не тільки право на безпечні

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
						66
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

умови праці, а й на захист у разі, якщо шкода здоров'ю все ж була завдана в процесі трудової діяльності.

Якщо на підприємстві стався нещасний випадок, професійне захворювання або аварія, вони повинні бути розслідувані та взяті на облік відповідно до встановленого порядку. Порядок розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві визначає процедуру встановлення причин події, оформлення матеріалів розслідування, визначення пов'язаності випадку з виробництвом і розроблення заходів для запобігання подібним ситуаціям у майбутньому [38].

На підприємстві система охорони праці повинна працювати постійно, а не лише під час перевірок. Для цього призначаються відповідальні особи, розробляються інструкції, проводяться навчання, огляди обладнання, контроль робочих місць, перевірка засобів захисту, аналіз причин травматизму та планування профілактичних заходів. Важливо, щоб охорона праці не сприймалась формально. Якщо інструкції існують лише "для паперів", а працівники фактично порушують вимоги безпеки, ризик травмування залишається високим.

До основних напрямів роботи з охорони праці належать: створення безпечних умов праці; оцінювання небезпечних і шкідливих факторів; навчання працівників; забезпечення засобами захисту; контроль технічного стану обладнання; дотримання режиму праці та відпочинку; організація пожежної безпеки; проведення медичних оглядів; розслідування нещасних випадків; розроблення заходів щодо усунення виявлених недоліків.

Значну роль відіграє профілактика. Набагато ефективніше попередити небезпечну ситуацію, ніж потім ліквідувати її наслідки. Наприклад, своєчасна перевірка ізоляції проводів, наявність запобіжників, справний стан розеток, правильне маркування органів керування та наявність вогнегасника на робочому місці можуть запобігти аварії або травмі. Саме тому законодавство з охорони праці вимагає системної організації безпеки, а не випадкового реагування на проблеми.

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Важливою складовою охорони праці є відповідальність. За порушення вимог охорони праці можуть наставати дисциплінарна, адміністративна, матеріальна або кримінальна відповідальність. Вид відповідальності залежить від характеру порушення та його наслідків. Якщо порушення призвело до травмування працівника, аварії або загибелі людини, відповідальність може бути значно суворішою. Тому виконання вимог охорони праці є не лише формальною вимогою, а й реальною умовою безпечної роботи.

Отже, охорона праці в Україні є системою правових, організаційних, технічних і профілактичних заходів, спрямованих на захист життя і здоров'я працівників. Її законодавчу основу становлять Конституція України, Кодекс законів про працю України, Закон України "Про охорону праці", закони про соціальне страхування, нормативно-правові акти з охорони праці, правила пожежної безпеки, санітарні норми та інші документи. Ефективність охорони праці залежить не тільки від наявності законів, а й від їх реального виконання на робочому місці.

4.2 Основні види вогнегасних речовин

Пожежна безпека є важливою складовою охорони праці, оскільки пожежа може спричинити травмування людей, пошкодження обладнання, знищення матеріальних цінностей і зупинку виробничого процесу. На робочих місцях, де використовуються електричні пристрої, паяльне обладнання, блоки живлення, акумуляторні батареї, легкозаймисті матеріали або нагрівальні елементи, питання пожежної безпеки має особливе значення.

Для гасіння пожеж застосовують різні вогнегасні речовини. Вогнегасна речовина - це речовина або суміш речовин, яка при подачі в зону горіння зменшує або припиняє процес горіння. Вибір вогнегасної речовини залежить від виду горючого матеріалу, класу пожежі, умов приміщення, наявності електрообладнання під напругою, можливості пошкодження майна, небезпеки для людей і особливостей технологічного процесу.

					26 КР 172.403.002.000 ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Горіння відбувається за наявності трьох основних умов: горючої речовини, окисника, найчастіше кисню повітря, і джерела запалювання. Щоб припинити горіння, потрібно усунути хоча б одну з цих умов або порушити хімічну реакцію горіння. Тому вогнегасні речовини можуть діяти по-різному: охолоджувати зону горіння, ізолювати горючу речовину від кисню, розбавляти горюче середовище негорючими газами або гальмувати хімічну реакцію полум'я.

До основних видів вогнегасних речовин належать вода, водяна пара, піни, вогнегасні порошки, вуглекислий газ, інертні гази, аерозольні суміші, галогеновмісні вогнегасні речовини, пісок та інші сипкі матеріали. Кожен із цих засобів має свої переваги, обмеження і сферу застосування. Неправильний вибір вогнегасної речовини може бути небезпечним. Наприклад, воду не можна застосовувати для гасіння електрообладнання під напругою, а вуглекислотні засоби потрібно використовувати обережно в малих або погано провітрюваних приміщеннях.

Найпоширенішою вогнегасною речовиною є вода. Її основна дія полягає в охолодженні зони горіння та горючого матеріалу. Вода має велику теплоємність, тому добре відводить тепло і знижує температуру речовини нижче рівня, за якого підтримується горіння. Вона ефективна при гасінні твердих горючих матеріалів, наприклад деревини, паперу, тканин, деяких пластмас та інших матеріалів, які горять із утворенням тліючих осередків.

Водночас вода має суттєві обмеження. Її не можна застосовувати для гасіння електроустановок, що перебувають під напругою, оскільки вода проводить електричний струм і може створити небезпеку ураження людини. Також воду не використовують для гасіння речовин, які реагують з нею з виділенням тепла або горючих газів. Крім того, вода може пошкодити електронне обладнання, документи, прилади та матеріали, чутливі до вологи.

Водяна пара також може використовуватися як вогнегасна речовина. Її дія полягає переважно в зменшенні концентрації кисню в зоні горіння. Водяна пара витісняє повітря і таким чином ускладнює підтримання полум'я. Такий

					26 КР 172.403.002.000 ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

спосіб частіше застосовують у закритих або технологічних об'ємах, де є можливість подати пару у потрібну зону. Для звичайних робочих місць цей спосіб використовується рідше, але принцип його дії важливо розуміти.

Піни є ще одним поширеним видом вогнегасних речовин. Вони утворюються з водного розчину піноутворювача та повітря або іншого газу. Основна дія піни полягає в ізоляції поверхні горючої речовини від кисню повітря та частковому охолодженні. Піна покриває поверхню шаром, який перешкоджає надходженню кисню і зменшує випаровування горючої рідини.

Піни особливо ефективні під час гасіння легкозаймистих і горючих рідин, наприклад бензину, гасу, мастил та інших нафтопродуктів. У таких випадках вода без піноутворювача може бути малоефективною, оскільки багато горючих рідин не змішуються з водою і можуть продовжувати горіти на її поверхні. Піна ж створює захисний шар і зменшує виділення парів.

Однак піну не можна застосовувати для гасіння електрообладнання під напругою, якщо вона має водну основу і проводить електричний струм. Також її не застосовують для речовин, які небезпечно реагують з водою. У приміщеннях з електронною апаратурою піна може пошкодити обладнання, тому для таких умов частіше обирають порошкові або газові засоби гасіння.

Вогнегасні порошки є універсальними та широко використовуються у переносних вогнегасниках. Вони складаються з дрібнодисперсних мінеральних солей із добавками, які покращують сипкість і запобігають злежуванню. Порошок подається у зону горіння і діє кількома способами: частково ізолює поверхню, збиває полум'я, гальмує хімічну реакцію горіння і перешкоджає доступу кисню.

Порошкові вогнегасні речовини можуть застосовуватися для гасіння твердих речовин, горючих рідин, газів, а також електрообладнання під напругою, якщо це дозволено характеристиками конкретного вогнегасника. Саме тому порошкові вогнегасники часто використовують у майстернях, гаражах, лабораторіях, на транспорті та виробничих дільницях. Вони мають високу ефективність і порівняно прості в експлуатації.

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Здоровий</i>					70
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Недоліком порошкових засобів є те, що після їх використання залишається велика кількість порошку, який забруднює обладнання, поверхні та приміщення. Для електронної апаратури це може бути проблемою, оскільки порошок може проникати в корпуси, роз'єми, вентилятори та важкодоступні місця. Крім того, порошок не завжди ефективно охолоджує матеріал, тому після гасіння може зберігатися ризик повторного займання.

Вуглекислий газ є газовою вогнегасною речовиною. Його дія полягає у витісненні кисню із зони горіння та частковому охолодженні. Під час виходу з вогнегасника вуглекислий газ різко розширюється і охолоджується, утворюючи холодний газовий потік. Вуглекислотні вогнегасники часто застосовують для гасіння електрообладнання, приладів, щитів керування, лабораторного обладнання та невеликих осередків пожежі.

Перевагою вуглекислого газу є те, що після застосування він не залишає твердих залишків і не забруднює обладнання так, як порошок або піна. Це важливо для приміщень з електронною апаратурою, вимірювальними приладами та електротехнічними виробами. Однак вуглекислий газ має і недоліки. У малих приміщеннях його висока концентрація може бути небезпечною для людей через витіснення кисню. Також струмінь вуглекислоти має низьку температуру, тому необережний контакт із розтрубом або струменем може спричинити холодове ураження шкіри.

Інертні гази, наприклад азот, аргон або газові суміші, використовуються переважно у стаціонарних системах пожежогасіння. Їх дія полягає у зниженні концентрації кисню до рівня, за якого горіння не підтримується. Такі речовини можуть застосовуватися у приміщеннях з цінним обладнанням, серверних, архівах, електротехнічних приміщеннях або там, де небажано використовувати воду чи порошок. Їх перевагою є відсутність залишків після гасіння, але застосування потребує спеціальної системи та контролю безпеки людей.

Галогеновмісні вогнегасні речовини діють переважно шляхом хімічного гальмування реакції горіння. Вони ефективні для об'ємного гасіння і можуть

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					71
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

використовуватися там, де потрібно швидко ліквідувати пожежу без пошкодження обладнання водою або порошком. Проте такі речовини мають обмеження, пов'язані з токсичністю продуктів розкладу, екологічними вимогами та правилами безпечного використання. Тому їх застосування повинно відповідати чинним нормам і технічній документації.

Аерозольні вогнегасні речовини утворюють дрібнодисперсний потік частинок і газів, який впливає на полум'я та гальмує реакцію горіння. Вони можуть застосовуватися у невеликих об'ємах, електротехнічних шафах, транспортних засобах або спеціальних установках. Перевагою таких речовин є компактність засобів гасіння, але їх використання потребує врахування об'єму приміщення, наявності людей і особливостей обладнання.

До найпростіших засобів гасіння належать пісок, земля, негорючі покривала та інші матеріали, які можуть ізолювати осередок горіння від кисню. Пісок можна використовувати для засипання невеликих осередків займання, розлитих горючих рідин або матеріалів, які потрібно ізолювати від повітря. Протипожежне покривало застосовують для накривання невеликого осередку пожежі або предмета, що горить. Такі засоби є простими, але вони не замінюють вогнегасники та не підходять для всіх видів пожеж.

Вибір вогнегасної речовини залежить від класу пожежі. Для твердих горючих матеріалів часто застосовують воду, піну або порошок. Для горючих рідин використовують піну, порошок або вуглекислий газ. Для газів найчастіше застосовують порошкові засоби та перекриття подачі газу. Для електрообладнання під напругою переважно використовують порошкові або вуглекислотні вогнегасники, якщо вони призначені для такого застосування. Після зняття напруги вибір засобу може бути ширшим, але все одно потрібно враховувати можливе пошкодження обладнання.

Правила пожежної безпеки в Україні встановлюють загальні вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки об'єктів, утримання територій, приміщень, евакуаційних шляхів, електрообладнання та засобів протипожежного захисту [39]. Окремо існують правила експлуатації та типові норми належності

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					72
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

вогнегасників, які визначають порядок їх застосування, розміщення, обліку, огляду та технічного обслуговування [40].

Для робочих місць технічного профілю важливо не лише мати вогнегасник, а й правильно підібрати його тип. Якщо в приміщенні є електрообладнання, паяльні станції, блоки живлення, акумулятори або вимірювальні прилади, бажано передбачати такі засоби гасіння, які можна застосовувати без додаткової небезпеки для людини. Також працівники повинні знати, де розміщений вогнегасник, як ним користуватися та які речовини не можна гасити конкретним типом вогнегасника.

Отже, основними вогнегасними речовинами є вода, водяна пара, піна, вогнегасні порошки, вуглекислий газ, інертні гази, галогеновмісні речовини, аерозольні суміші, пісок і протипожежні покривала. Кожна речовина має своє призначення і свої обмеження. Для правильного вибору потрібно враховувати вид горючого матеріалу, наявність електрообладнання під напругою, умови приміщення, можливу шкоду для людей та обладнання. Найважливішим є не тільки наявність засобів пожежогасіння, а й уміння правильно та безпечно їх застосовувати.

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
						73
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

При виконанні кваліфікаційної роботи на тему «Розробка конструкції зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора» було здійснено розробку конструкції виробу, призначеного для заряджання акумуляторних батарей постійним струмом із можливістю регулювання зарядного струму та обмеження вихідної напруги. У роботі опрацьовано призначення та область застосування пристрою, його основні технічні характеристики, структурну схему та принцип роботи за електричною принциповою схемою.

Проектований зарядний пристрій побудований на основі двотактного напівмостового імпульсного перетворювача під керуванням ШІМ-контролера. У схемі передбачено вхідний захист, фільтрацію мережевої напруги, випрямлення, силовий інвертор, імпульсні трансформатори, вихідний випрямляч, кола контролю струму і напруги, а також вузол блокування запуску при підключенні несправної або надмірно розрядженої акумуляторної батареї. Таке схемне рішення забезпечує стабільність процесу заряджання, підвищує безпечність та експлуатаційну надійність виробу.

У процесі виконання роботи проведено вибір сучасної елементної бази. Для реалізації пристрою використано доступні компоненти у вивідному виконанні, що спрощує монтаж, налагодження та ремонт. Основні елементи розміщено на друкованому вузлі, а орган регулювання винесено на панель корпусу для зручності користування.

При проектуванні друкованого вузла було виконано компоновання елементів і трасування друкованих провідників. У результаті отримано друковану плату прямокутної форми з габаритами 225×112,5 мм. Плата має двосторонню розводку провідників та односторонній монтаж елементів. Для встановлення вивідних компонентів використано координатну сітку з кроком 2,5 мм, що забезпечує зручність розміщення елементів і технологічність монтажу.

Для виготовлення друкованої плати обрано комбінований метод, який забезпечує достатню якість провідного рисунка, надійність монтажних

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					74
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

з'єднань і придатність плати до встановлення як керуючих, так і силових елементів. Визначальними елементами при компонованні друкованого вузла є трансформатори, дросель, електролітичні конденсатори, запобіжники та силові транзистори, оскільки саме вони мають найбільші габарити та впливають на конструкцію плати.

У конструкторській частині обґрунтовано вибір конструкції виробу. Для зарядного пристрою прийнято пластмасовий розбірний корпус, який забезпечує електробезпеку, малу масу, зручність складання та доступ до основних вузлів під час ремонту. Для силових транзисторів передбачено встановлення на радіатори, що дає змогу забезпечити допустимий тепловий режим роботи виробу.

У розрахунковій частині виконано розрахунок друкованого монтажу, у результаті якого визначено ширину друкованих провідників, діаметри монтажних отворів, діаметри контактних площадок та мінімальні відстані між елементами провідного рисунка. Також проведено розрахунок надійності, оцінку теплових режимів роботи виробу та розрахунок споживаної потужності.

У технологічній частині роботи виконано якісну оцінку технологічності конструкції, описано складання і монтаж виробу, технологію виготовлення друкованої плати, вибір основних і допоміжних матеріалів, а також особливості монтажу друкованого вузла. Прийняті конструктивно-технологічні рішення забезпечують можливість виготовлення, контролю, налагодження та подальшого обслуговування зарядного пристрою.

У результаті виконання кваліфікаційної роботи розроблено конструкцію зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора, яка відповідає функціональному призначенню, є технологічною у виготовленні, зручною в експлуатації та придатною до практичної реалізації. Розроблена графічна документація включає електричну принципову схему, електричну структурну схему, друковану плату, друкований вузол і складальне креслення виробу.

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					75
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Постійні резистор 0.125 Вт [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.micros.com.pl/en/resistors/> (дата звернення: 11.03.2026)
2. Змінний резистор [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://arduino.ua/ua/p1411446299-rezistor-peremennyj-b10k.html?srsId=AfmBOorwXYcYomYNZ8Wzrn06o34nBOU0uRBRVV8WCd1FKSWdXigE0V8u> (дата звернення: 11.03.2026)
3. Керамічний конденсатор Kemet [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.digikey.in/htmldatasheets/production/3082849/0/0/1/ceramic-capacitors-datasheet.html> (дата звернення: 11.03.2026)
4. Електролітичний конденсатор JAMICON [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://radioformat.in.ua/ua/p1876441247-kondensator-100mkf-25v.html> (дата звернення: 11.03.2026)
5. Електролітичний конденсатор JAMICON [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.sat4u.com.ua/2200mkf-25v-105s-kondensator-13x20-mm> (дата звернення: 11.03.2026)
6. Електролітичний конденсатор JAMICON [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://radiobox.in.ua/ua/p2268657519-kondensator-elektroliticheskij-220.html?srsId=AfmBOoo4S7PILuwTePQMG40sMbOdadnvCgyfP8WsfFTR9ahJIIkvrndW> (дата звернення: 11.03.2026)
7. ШІМ-контролер TL494 [електронний ресурс] – Режим доступу: https://arduino.ua/prod6026-tl494-pwm-control-circuits-dip-16?srsId=AfmBOoqc0XMfc-DnkUlpbP5w_MYtR87zKHRjIzC4HkOWwD33L9wRKbQJ (дата звернення: 11.03.2026)
8. Запобіжник [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://radiodetali.com.ua/ua/product/predohranitely-025-a-steklo-5x20-58300> (дата звернення: 11.03.2026)

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					76
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

9. Індуктивність 7117-RC [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.bourns.com/docs/Product-Datasheets/7100_series.pdf (дата звернення: 11.03.2026)
10. Варистор [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.farnell.com/datasheets/2793523.pdf> (дата звернення: 11.03.2026)
11. Трансформатор [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.kosmodrom.com.ua/prodlist.php?name=%D2%F0%E0%ED%F1%F4%EE%F0%EC%E0%F2%EE%F0&page=1> (дата звернення: 11.03.2026)
12. Діод FR307 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://kosmodrom.ua/diod/fr307.html> (дата звернення: 11.03.2026)
13. Стабілітрон N4739A [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://kosmodrom.ua/stabilitron-2/1n4739a.html> (дата звернення: 11.03.2026)
14. Діод SF304 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.diodes.com/datasheet/download/SF30FG+%28Not+Recommended%29.pdf> (дата звернення: 11.03.2026)
15. Діод FR207 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/703022/TSC/FR207.html> (дата звернення: 11.03.2026)
16. Транзистор BC317 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.kosmodrom.com.ua/el.php?name=BC517> (дата звернення: 11.03.2026)
17. Транзистор 2SC3412 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/439124/ISC/2SC3412.html> (дата звернення: 11.03.2026)
18. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Конструювання РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2018
19. Програма для розрахунку надійності РЕА [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/mod/resource/view.php?id=60057> (дата звернення 4.02.2026).

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					77
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

20. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання практичної роботи "Конструктивний розрахунок друкованого монтажу" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2018

21. Програма для розробки схем "Altium Designer" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/course/view.php?id=819>

22. Штогрин П.І. Навчальний посібник "Altium Designer 10 для початківців" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017

23. Штогрин П.І. Методичні вказівки "Розробка 3D-моделей радіоелементів" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017

24. Васишин О.З., Штогрин П.І. Методичні вказівки "Розробка 3D моделей типових корпусів РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017

25. Програма для розробки корпусу "Kompas 3D" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/course/view.php?id=819>

26. Програма для розробки схем "Altium Designer" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/course/view.php?id=819>

27. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання комплексного курсового проекту для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2020

28. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання графічної частини комплексного курсового проекту для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2020

29. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Основи конструювання та технології виробництва РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2016

30. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Технологія виробництва РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Задорожний</i>					78
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

31. Гуржій А. М. Основи автоматики та робототехніки: Навчальний посібник / А. М. Гуржій, А. Т. Нельга, В. М. Співак, О. С. Ітякін:—Дніпро: «Гарант СВ», 2021.- 243с.

32. Ємельянов В.В. Конспект лекцій з дисципліни “Системи мобільного зв’язку”, частина 2 – “Радіопередавальні та радіоприймальні пристрої” для студентів усіх форм навчання спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка. – Харків, Харківський національний університет радіоелектроніки, 2018. – 74 с.

33. Денисюк В.О.,Цирульник С.М. Мікропроцесорні системи управління: навч. посіб. Вінн. нац. аграр. ун-т. Вінниця: ТВОРИ, 2021. 204 с.

34. Закон України “Про охорону праці” від 14.10.1992 № 2694-ХІІ.

35. Кодекс законів про працю України від 10.12.1971 № 322-VIII.

36. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.

37.Закон України “Про загальнообов’язкове державне соціальне страхування” від 23.09.1999 № 1105-XIV.

38. Постанова Кабінету Міністрів України № 337 від 17.04.2019 “Про затвердження Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві”.

39. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні, затверджені наказом МВС України від 30.12.2014 № 1417.

40. Правила експлуатації та типові норми належності вогнегасників, затверджені наказом МВС України від 15.01.2018 № 25.

					<i>26 КР 172.403.002.000 ПЗ</i>	Арк.
	<i>Здоровий</i>					79
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Додаток Б 3D модель пристрою

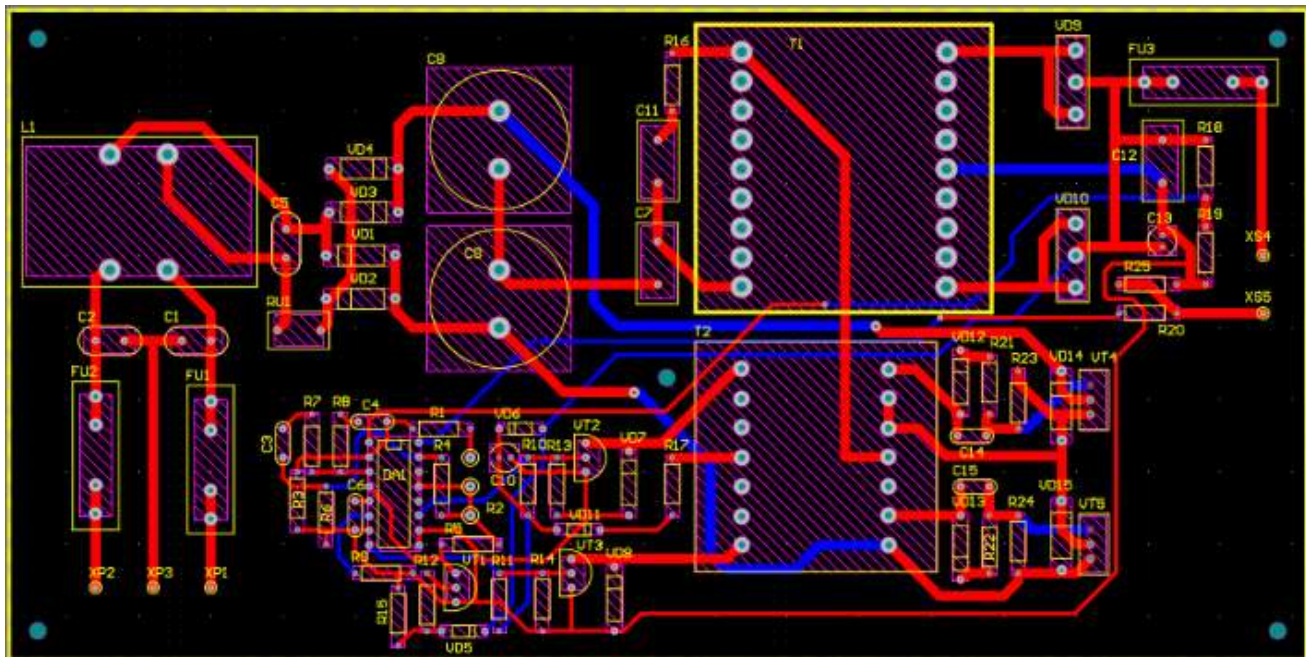


Рисунок А.1 – Друкована плата

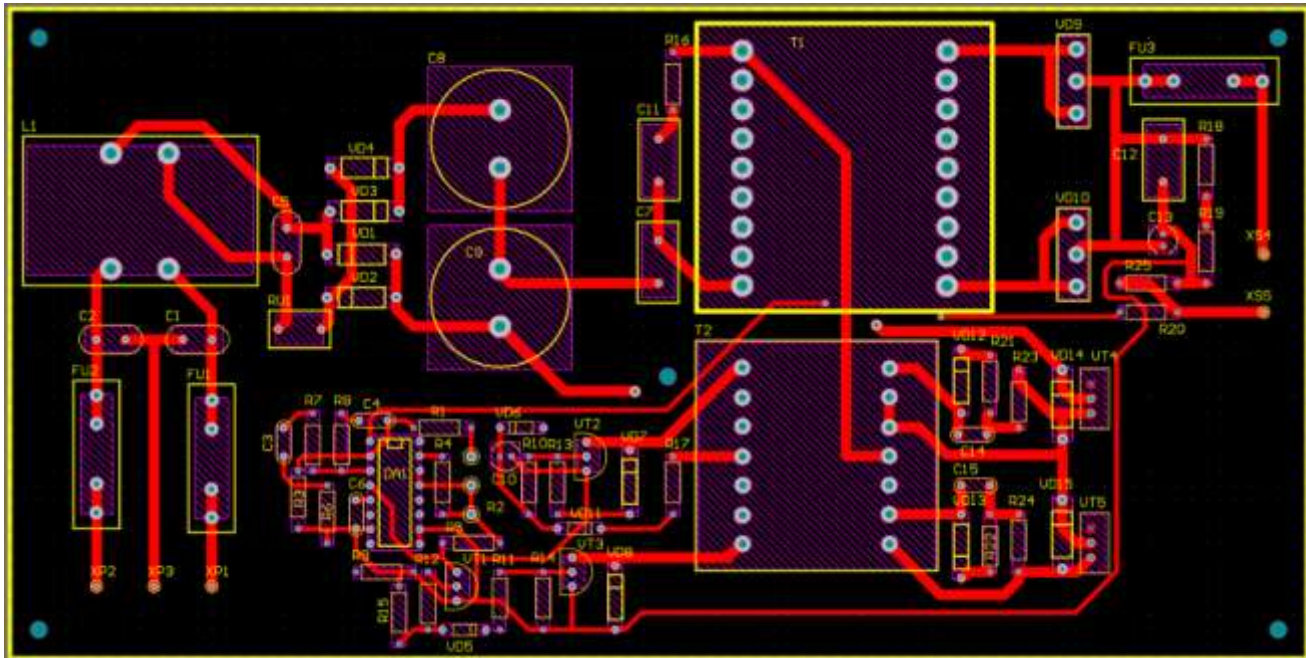


Рисунок А.2 – Друкована плата, шар Тор

					<p style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">26 КР 172.403.002.000 ПЗ</p>	<p>Арк.</p>
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

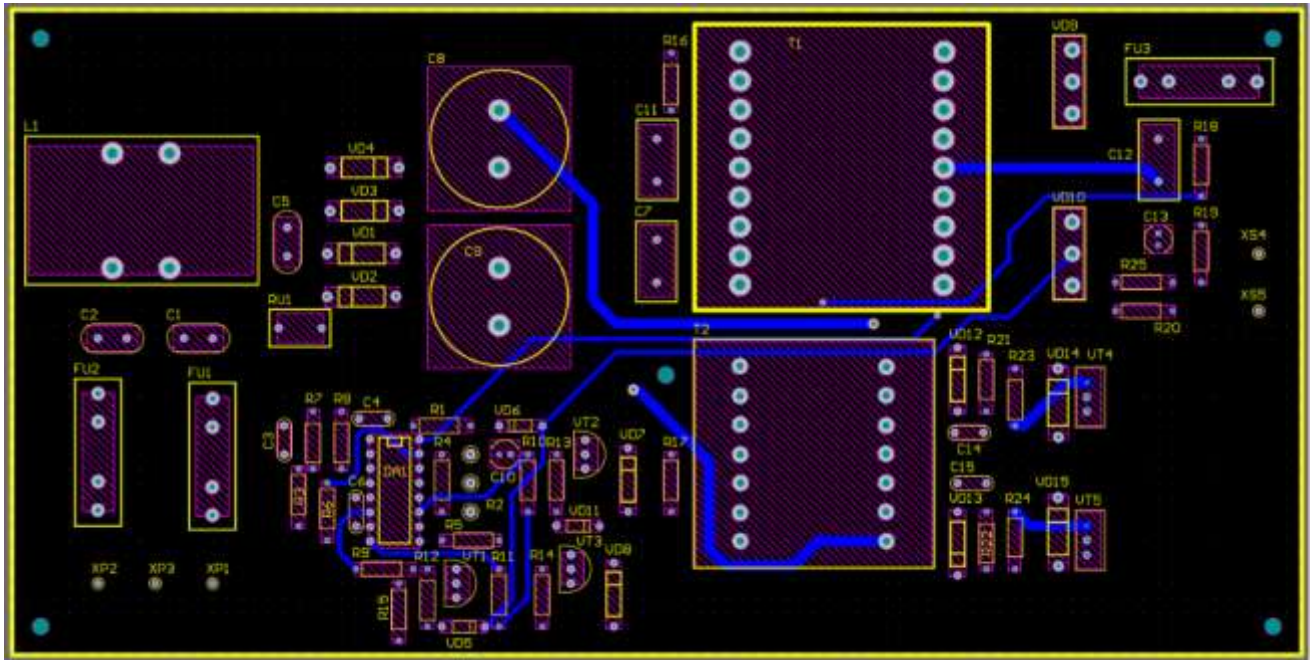


Рисунок Б.3– Друкована плата, шар Bottom

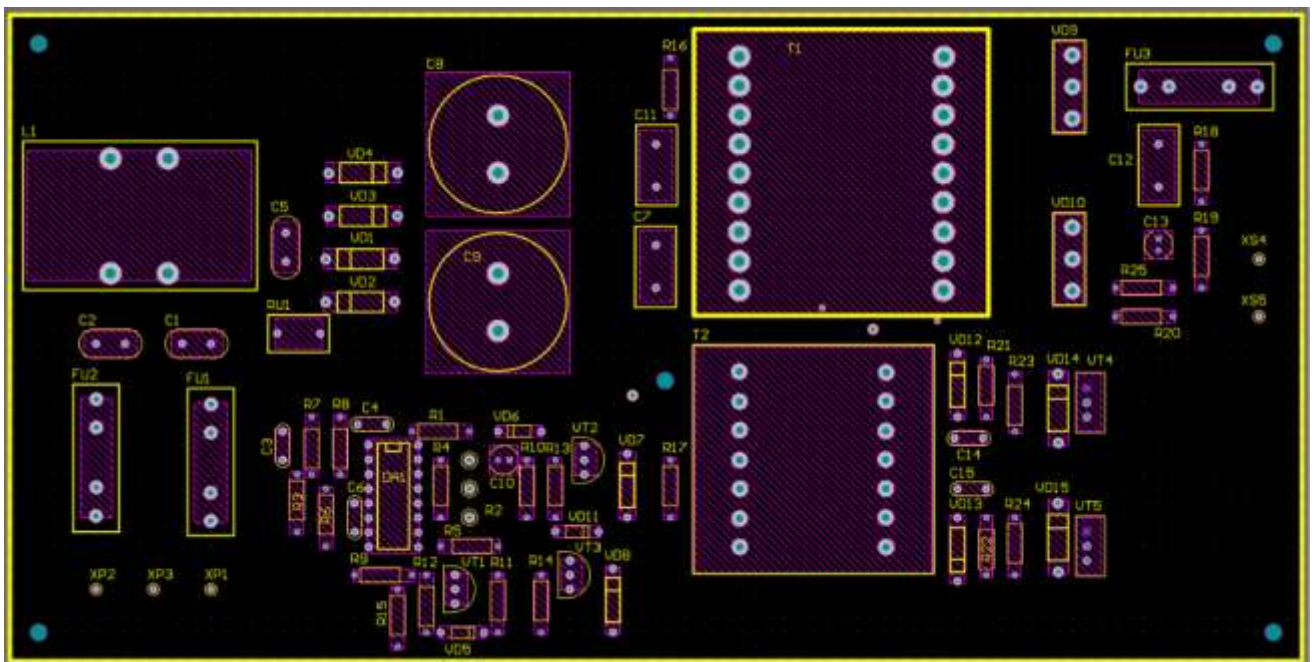


Рисунок Б.4– Друкована плата, шар Overlay

					26 КР 172.403.002.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

Додаток Б 3D модель пристрою

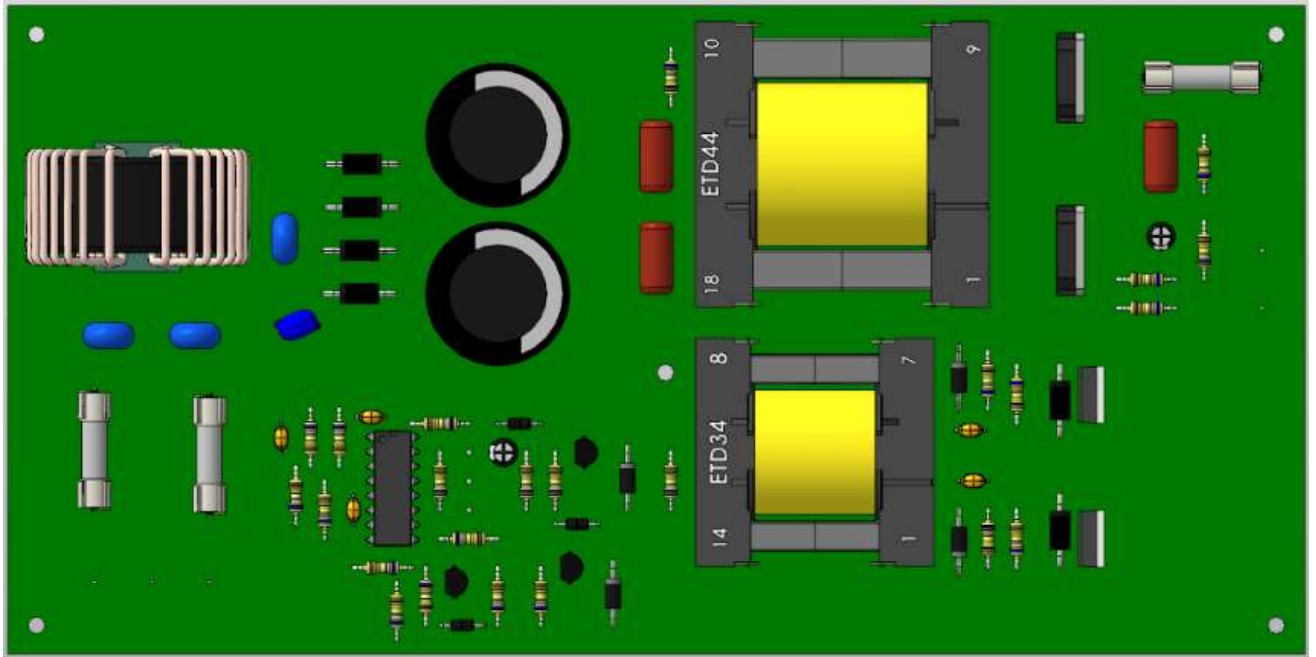


Рисунок Б.1 – Додаток Б 3D модель пристрою, вузол друкований

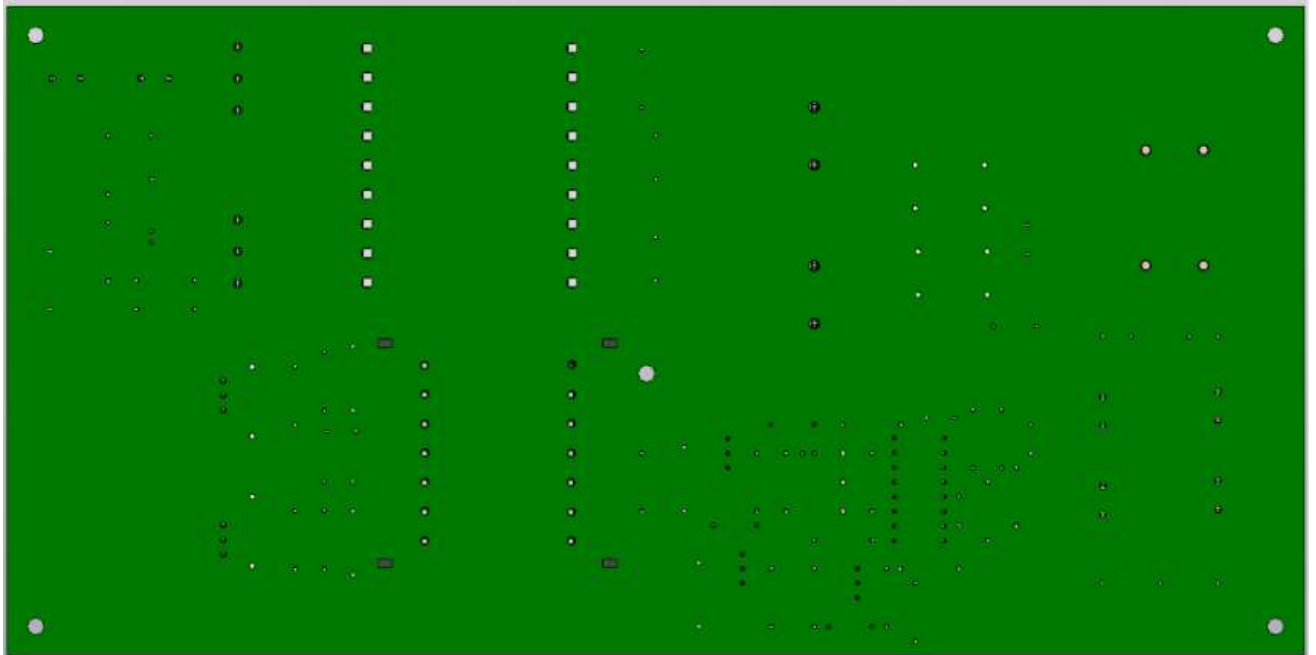


Рисунок Б.2 – Додаток Б 3D модель пристрою, вузол друкований, вид знизу

					26 КР 172.403.002.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

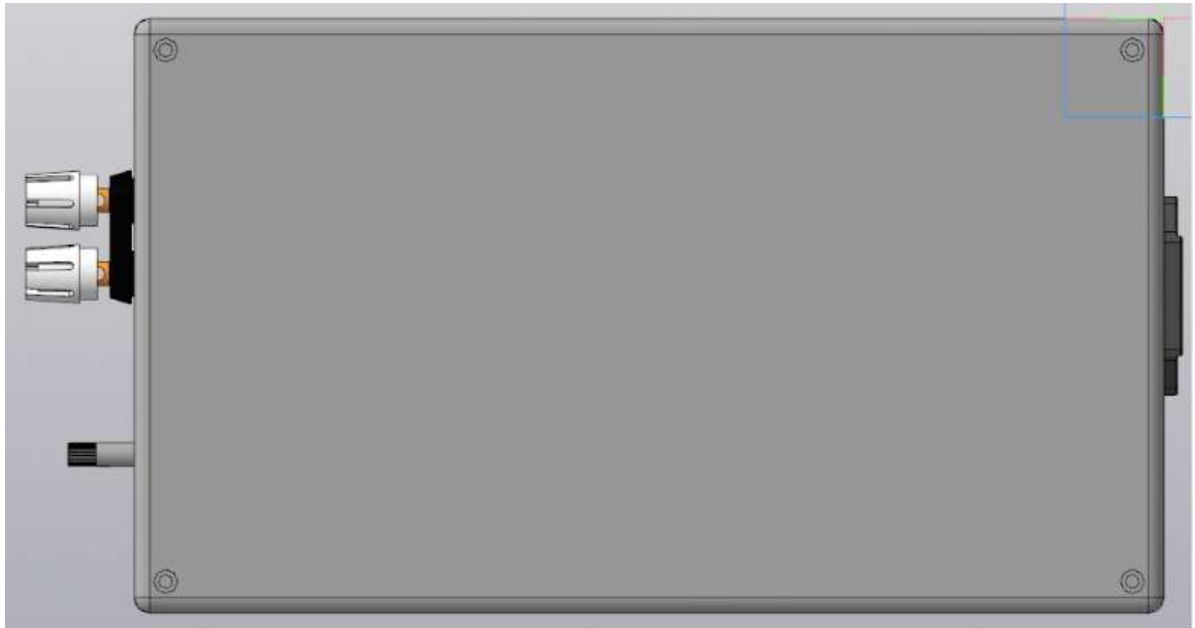


Рисунок Б.3– 3D модель пристрою в корпусі, вид зверху

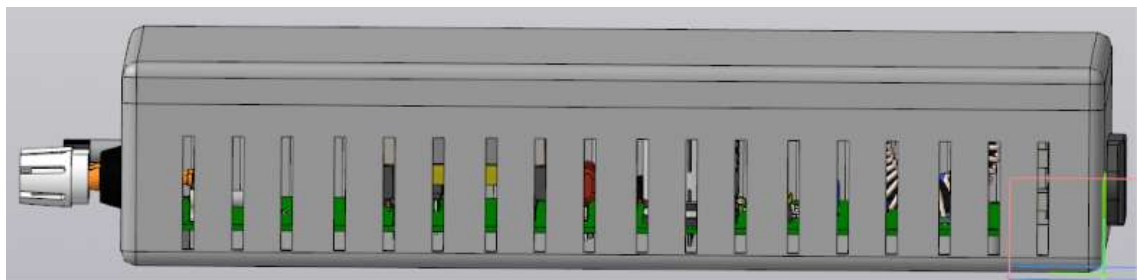


Рисунок Б.4– 3D модель пристрою в корпусі, вид збоку

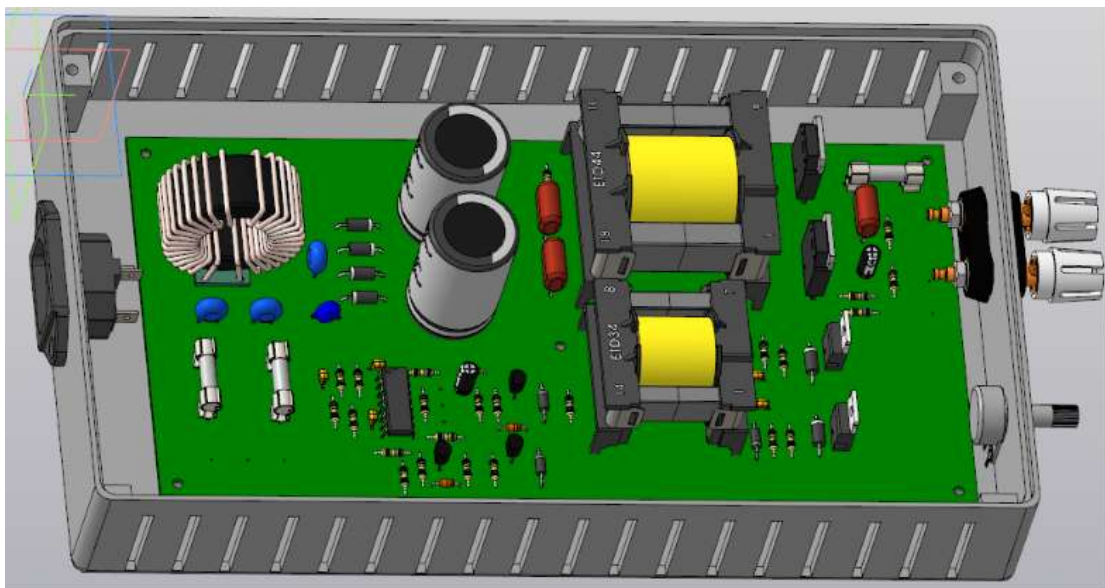


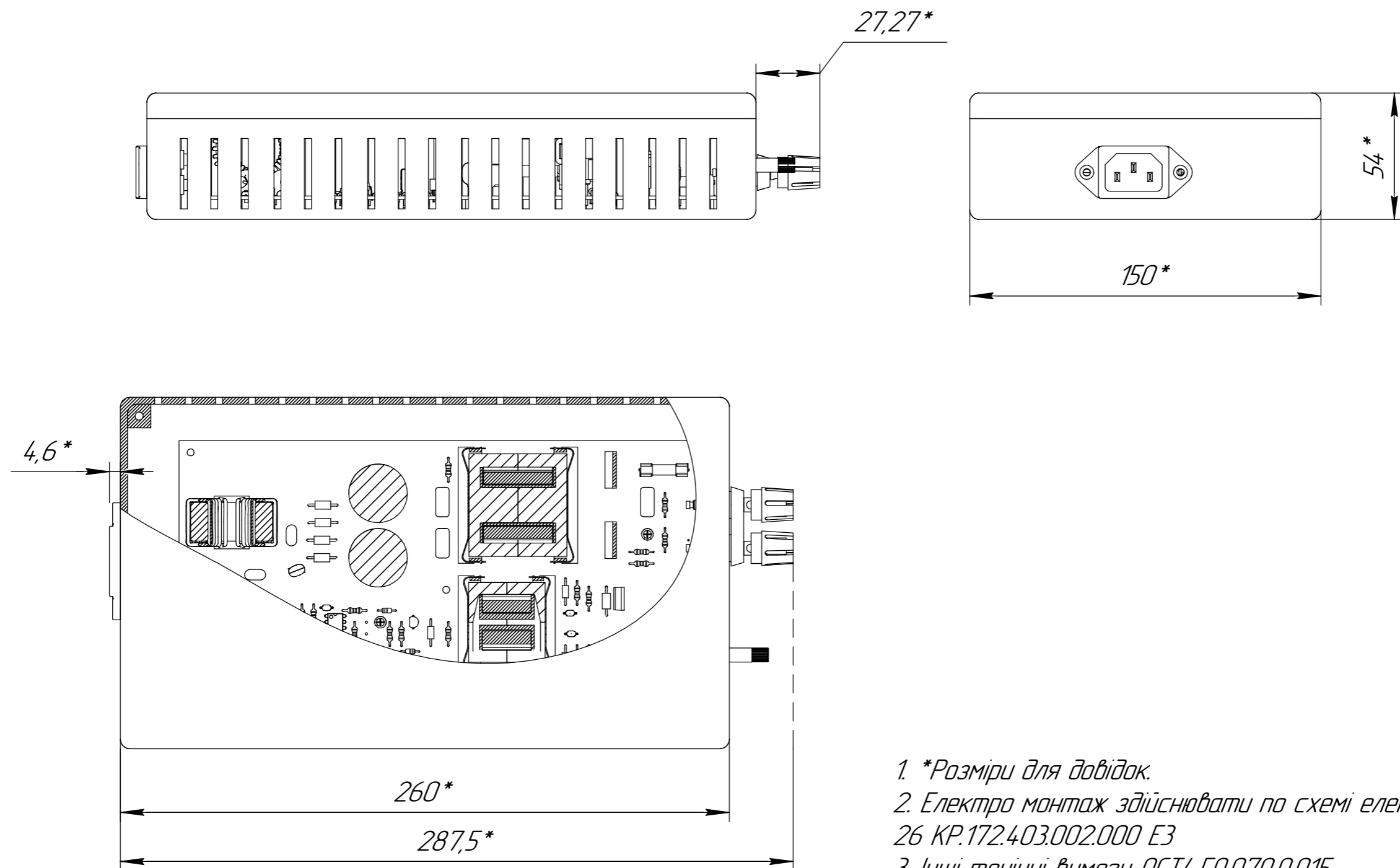
Рисунок Б.5– 3D модель пристрою в корпусі, без верхньої кришки

Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата

26 КР 172.403.002.000 ПЗ

Арк.

26 КР.172.403.002.004.000 СК



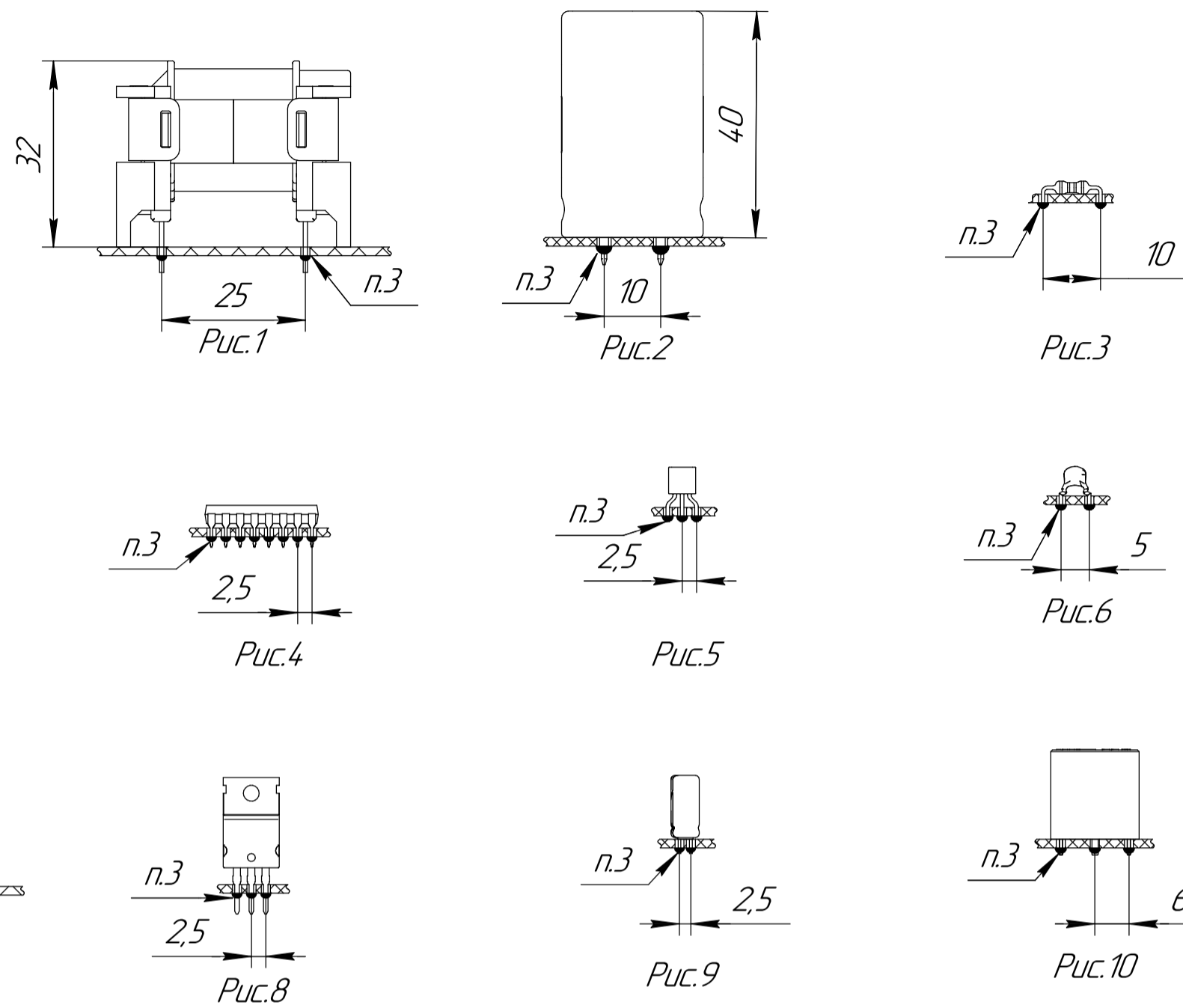
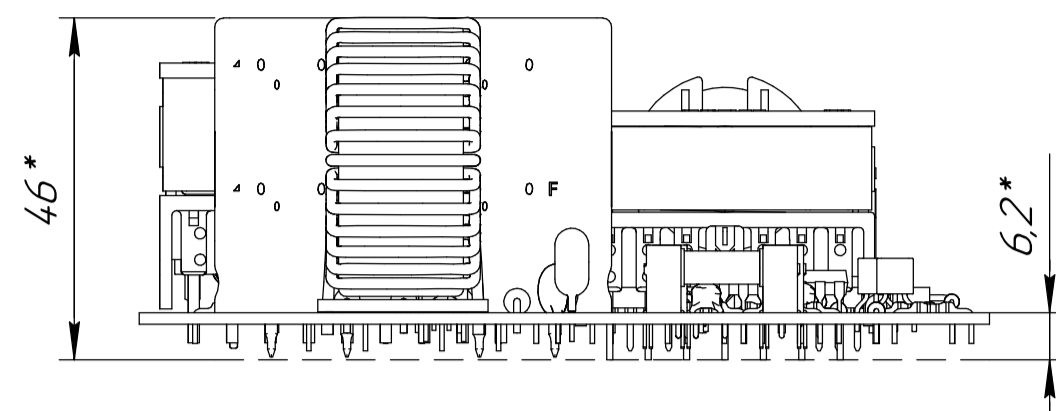
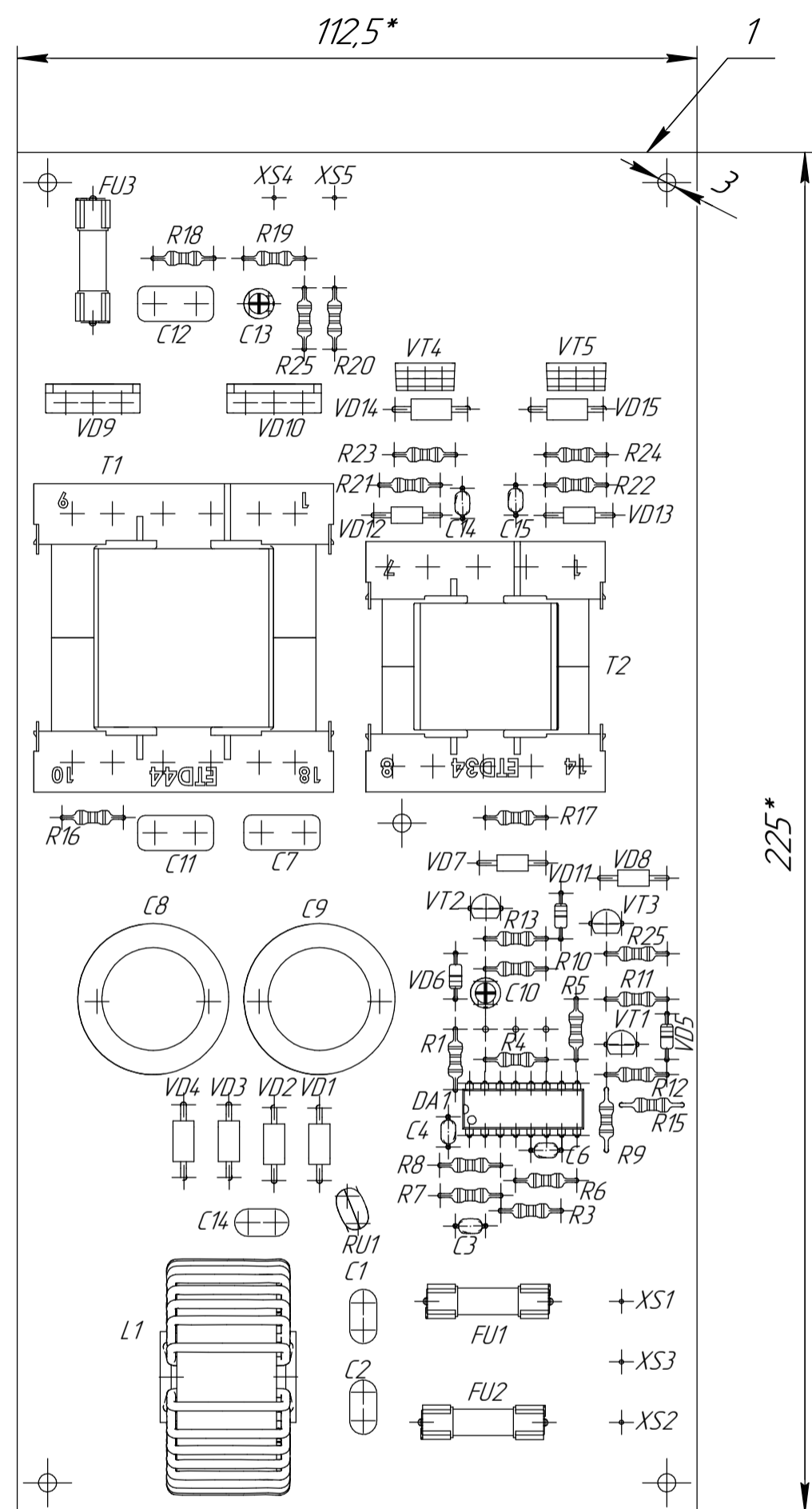
1. *Розміри для довідок.
2. Електро монтаж здійснювати по схемі електричній принципівії 26 КР.172.403.002.000 ЕЗ
3. Інші тенічні вимоги ОСТ4.ГО.070.0.015.

				26 КР.172.403.002.004.000 СК			
Змн. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка конструкції зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора	Літ.	Вага	Масштаб
	Баранніков			Креслення корпусу		4,11	1:2
	Федечко				Арк	Аркушів	1
	Задорожний			ВСП "ТФК ТНТУ ім. І. Пулюя" ТР-403ск м. Тернопіль			
				Формат А3			

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітка
<u>Конденсатори</u>			
C1,C2	ССК-1кV-3.3nF ±10% "SR Passives"	2	
C3,C4	MLCC-SMD/SMT 50V 10nF COG1206 ±10% "KEMET"	2	
C5	ССК-1кV-3.3nF ±10% "SR Passives"	1	
C6	MLCC-SMD/SMT 50V 1.5nF COG1206 ±10% "KEMET"	1	
C7	MLCC-SMD/SMT 250V 1uF COG1206 ±10% "KEMET"	1	
C8,C9	ECAP-200B-220uF ±20% "Nichicon"	2	
C10	ECAP-25B-100uF ±20% "Nichicon"	1	
C11	MLCC-SMD/SMT 50V 2nF COG1206 ±10% "KEMET"	1	
C12	MLCC-SMD/SMT 50V 1uF COG1206 ±10% "KEMET"	1	
C13	ECAP-25B-2200uF ±20% "Nichicon"	1	
C14,C15	MLCC-SMD/SMT 50V 1uF COG1206 ±10% "KEMET"	2	
<u>Мікросхеми</u>			
DA1	TL494 "Texas instruments"	1	
<u>Запобіжники</u>			
FU1,FU2	5x20 8A 250B "ITALWEBER"	2	
FU3	5x20 20A 250B "ITALWEBER"	1	
<u>Індуктивність</u>			
L1	7117-RC "BOURNS"	1	
<u>Резистори</u>			
R1	RES-1205-8.2kOm ±5% "Bourns"	1	
R2	PTT 10 MOm ±10% "Bourns"	1	
R3,R4	RES-1205-2kOm ±5% "Bourns"	2	

26 КР 172.403.002.000 ПЕ

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Баранніков				Розробка конструкції зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора Перелік елементів	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Федечко						1	3
Реценз.						ВСП "ТФК ТНТУ" ім. І. Пулюя ТР-403ск м. Тернопіль		
Н. Контр.	Задорожний							
Затверд.								



1. *Разміри для довідок.
2. Установку і фармування елементів провадити з кроком координатної сітки 2,5мм. Елементи встановлювати у відповідності до даташитів
3. Паяти припоєм ПОС61 ГОСТ21931-76.
4. Заводський номер позначення елементів маркування фарбою ЧМ, чорна, БМ, діла ТУ029-02-859-78. Шрифт 2,5 по НО.010.007.
- Місце розміщення маркувань показані умовно.
5. Лакувати лаком АКА-113.
6. Позначення елементів показані умовно.
7. Друковані провідники умовно не показані
8. Інші вимоги по ГОСТ4ГО.070.015

Первинне застосування

Довідковий №

Підп. і дата

Інв. № дубл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ар.

26 КР.172.403.002.000 СК

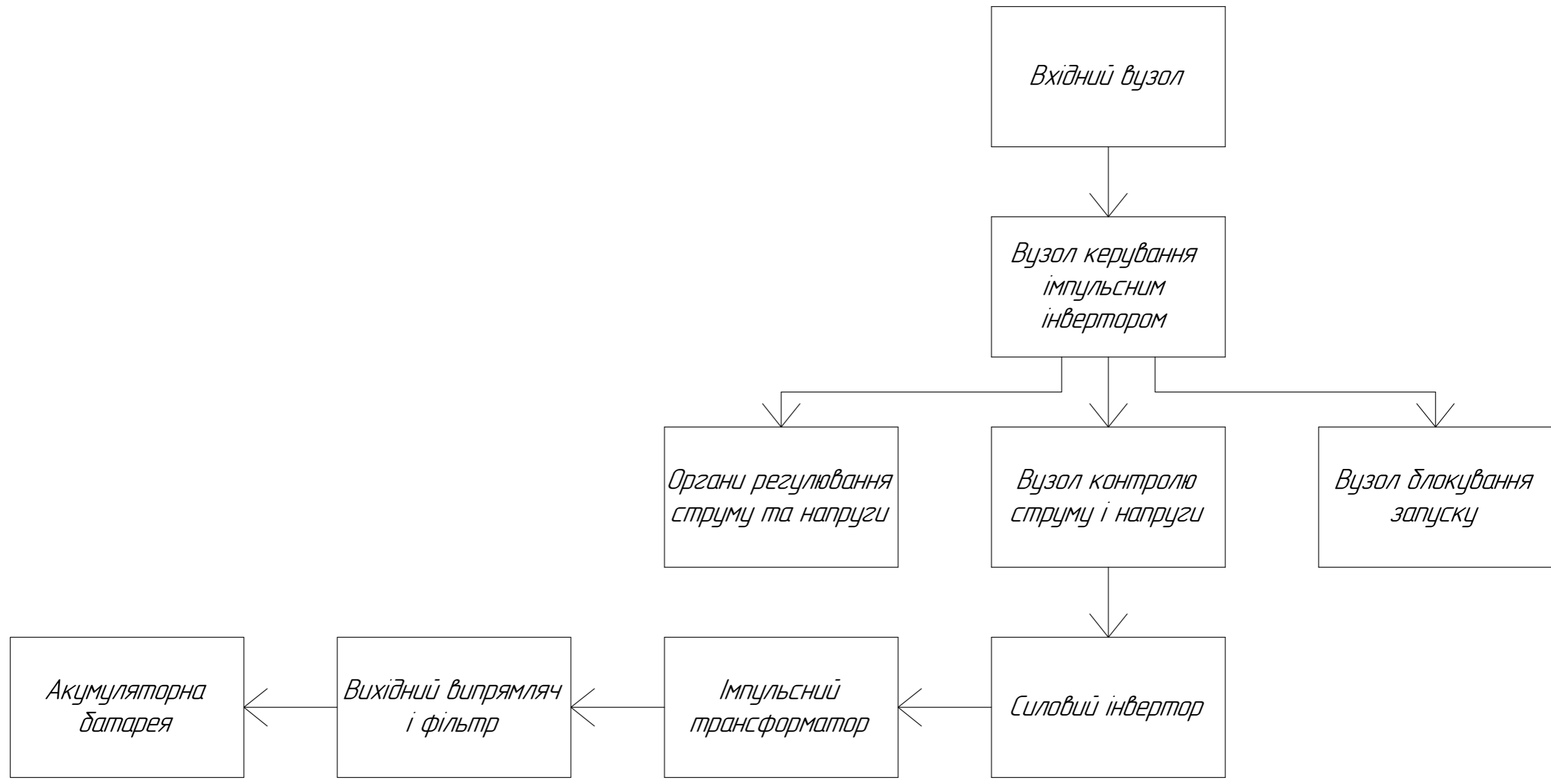
Змн. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка конструкції зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора Складальне креслення	Лит.	Вага	Масштаб
Розроб.	Баранніков					0,16	1:1
Перевір.	Федечко				Арк	Аркцифів	1
Реценз.					ВСП "ТФК ТНТУ		
Нжонтр.	Задарожний				ім. І. Пулюя" ТР-403ск		
Затверд.					м. Тернопіль		
					Формат А2		
					Копіював		

Форм.	поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
			<u>Документація</u>		
A3		26 КР 172.403.002.000 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
A4		26 КР 172.403.002.000 ПЕ	Перелік елементів	3	
A3		26 КР 172.403.002.000 СК	Вузол друкований	1	
			<u>Деталі</u>		
A3	1	26 КР 172.403.002.000	Плата друкована		
			<u>Інші вироби</u>		
			<u>Конденсатори</u>		
	5		ССК-1.5nF ±10% "Kemet"	1	С6
	6		ССК-2nF ±10% "Kemet"	1	С11
	7		ССК-1кV-3.3nF ±10% "Kemet"	3	С1,С2,С5
	8		ССК-10nF ±10% "Kemet"	2	С3,С4
	9		ССК-1µF ±10% "Kemet"	4	С7,С12
					С14,С15
	10		ЕСАР-25В-100µF ±20% "JAMICON"	1	С10
	11		ЕСАР-25В-2200µF ±20% "JAMICON"	1	С13
	12		ЕСАР-200В-220µF ±20% "JAMICON"	2	С8,С9
			<u>Мікросхеми</u>		
	13		TL494 "Texas instruments"	1	DA1
			<u>Запобіжники</u>		
	14		5x20 8А 250В "ITALWEBER"	2	FU1,FU2
	15		5x20 20А 250В "ITALWEBER"	1	FU3
26 КР 172.403.002.003					
Змн.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.	Баранніков				
Перевір.	Федечко				
Реценз.					
Н.контр.	Задорожний				
Затверд.					
Вузол друкований				Літ.	Арк.
					1
					3
ВСП "ТФК ТНТУ" ім. І. Пулюя ТР-402 м. Тернопіль					

Форм.	поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
			<u>Документація</u>		
A3		26 КР 172.403.002.000 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
A4		26 КР 172.403.002.000 ПЕ	Перелік елементів	3	
A2		26 КР 172.403.002.000 СК	Вузол друкований	1	
			<u>Деталі</u>		
		26 КР 172.403.002.002	Кришка верхня	1	
		26 КР 172.403.002.003	Кришка нижня	1	
		26 КР 172.403.002.004	РТТ 10 МОм ±10% "Волгнс"	1	R2
		26 КР 172.403.002.005	Ручка "KLR"	1	
			<u>Роз'єми</u>		
			С14 16А 220В "EL-BI"	1	XP1
			ЗКС-28 "Vitol"	1	XP2

26 КР 172.403.002.000				
Змн.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Баранніков			
Перевір.	Федечко			
Реценз.				
Н.контр.	Задорожний			
Затверд.				
Зарядний пристрій			на основі імпульсного інвертора	
		Літ.	Арк.	Аркушів
				1
ВСП "ТФК ТНТУ" ім. І. Пулюя ТР-403ск м. Тернопіль				

Первинне застосування	26 КР 172.403.002.000 Е1
Додатковий №	
Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № ар.	



					26 КР 172.403.002.000 Е1			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка конструкції зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора Структурна схема	Літ.	Вага	Масштаб
Розроб.	Баранніков							
Перевір.	Федечко							
Реценз.						Арк	Аркушів	1
Н.контр.	Задорожний					ВСП "ТФК ТНТУ ім. І. Пулюя" група ТР-403ск м. Тернопіль		
Затверд.								
					Копіював		Формат А3	

Первинне застосування

Додатковий №

Підп. і дата

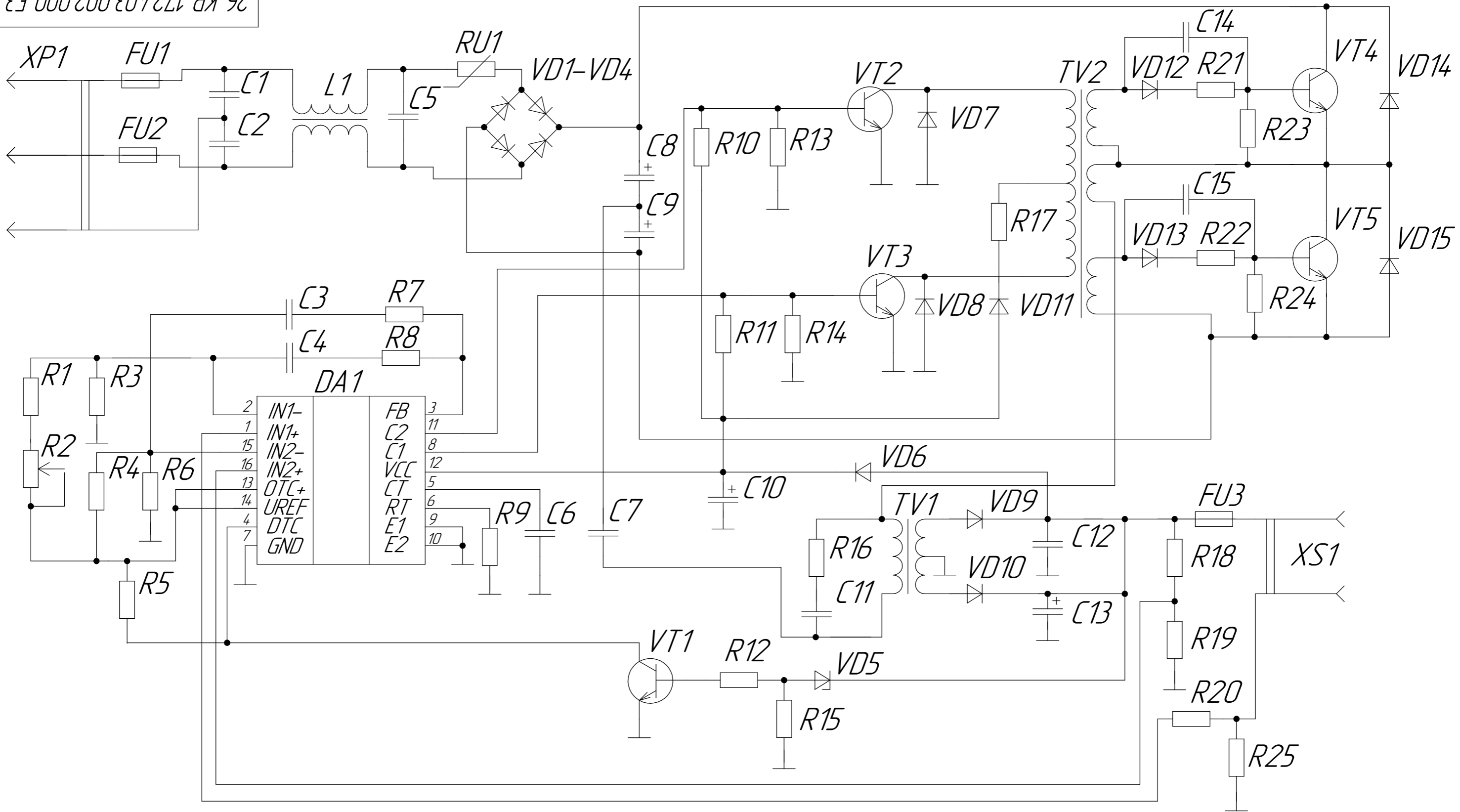
Інв. № дубл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ар.

26 КР 172.403.002.000 Е3



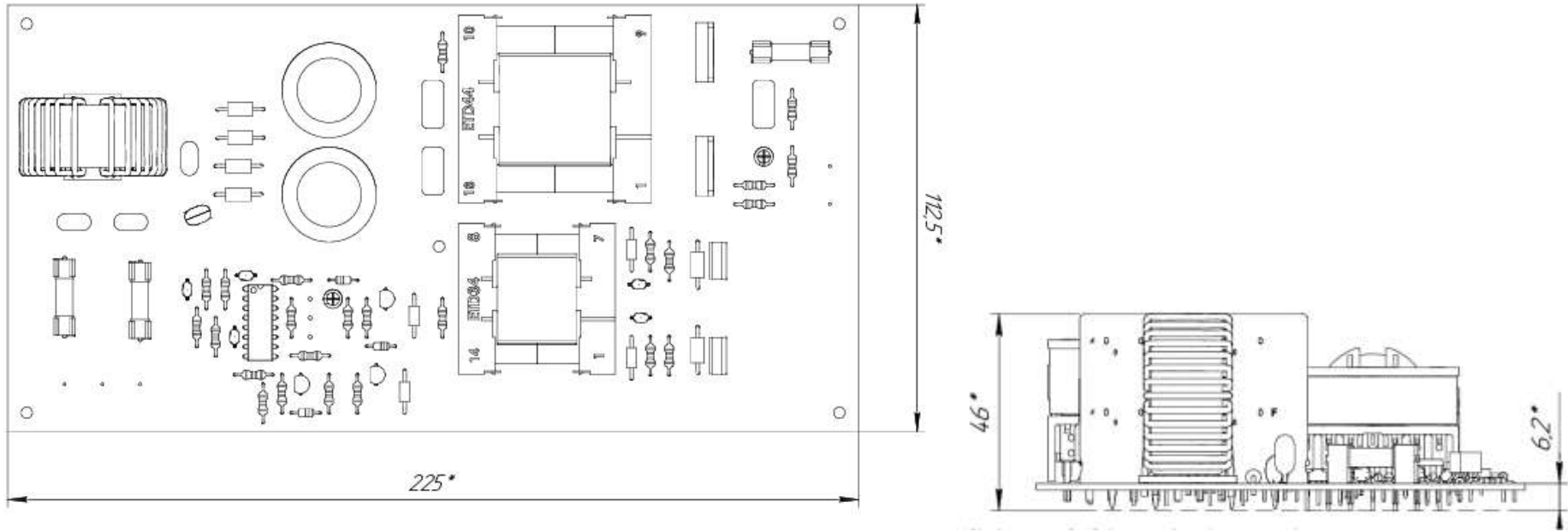
				26 КР 172.403.002.000 Е3			
Змн. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка конструкції зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора Схема електрична принципова	Літ.	Вага	Масштаб
Розроб.	Баранніков						
Перевір.	Федечко						
Реценз.							
Н.контр.	Задорожний				Арк	Архів	1
Затверд.					ВСП "ТФК ТНТУ ім. І. Пулюя" група ТР-403ск м. Тернопіль		
				Копіював	Формат А3		

Дубл.									
Замість									
Підпис									

							Аркушів 8	Аркуш 8
--	--	--	--	--	--	--	-----------	---------

Розробив	Баранніков				ВСП «ТФК ТНТУ»	26 КР 172.403.002.000 СК	26 КР 172.403.002.000
Перевірів	Федечко						
Нормував							
Затвердив	Задорожний						
Н. контр.					Вузол друкований		H

А	Цех	Діл	РМ	Опер	Код, назва операції	Позначення документа									
						СМ.	Проф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ
Б	Код, назва обладнання														
К-М	Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу				Позначення, код				СПП	ОВ	ОН	КВ	ВНТР		



Дубл.													
Замість													
Підпис													

										Аркушів 4		Аркуш 1	
Розробив	Баранніков					ВСП «ТФК ТНТУ»		26 КР 172.403.002.000 СК				26 КР 172.403.002.000	
Перевірив	Федечко												
Нормував													
Затвердив	Задорожний												
Н. контр.													

А	Цех	Діл	РМ	Опер	Код, назва операції	Позначення документа											
						СМ.	Проф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ	Т ШТ	
Б					Код, назва обладнання	Позначення, код						СПП	ОВ	ОН	КВ	ВНТР	
К-М					Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу												
01																	
02					Охорона навколишнього середовища згідно інструкції МВЯ790831												
03																	
А04	403		002	005	403.002.005 Комплектування												0,005
005					Комплектування проводити згідно ТТО 746648												
06																	
А07	403		002	010	403.002.010 Слюсарно-складальна												0,018
Б08					Електроверт РД 437424												
009					Складання проводити по ТТП 563540												
10					1. Кріпити друкований вузол поз.1 до нижньої кришки поз. 2 гвинтами (4шт.) згідно карти ескізів												
11					2. Кріпити роз'єм XS1 та XP1 згідно карти ескізів												
К12	1				Вузол друкований	26 КР 172.403.002.000 СК						796	100	100			
13					Кришка верхня	26 КР 172.403.002.002						796	100	100			
14					Кришка нижня	26 КР 172.403.002.003						796	100	100			

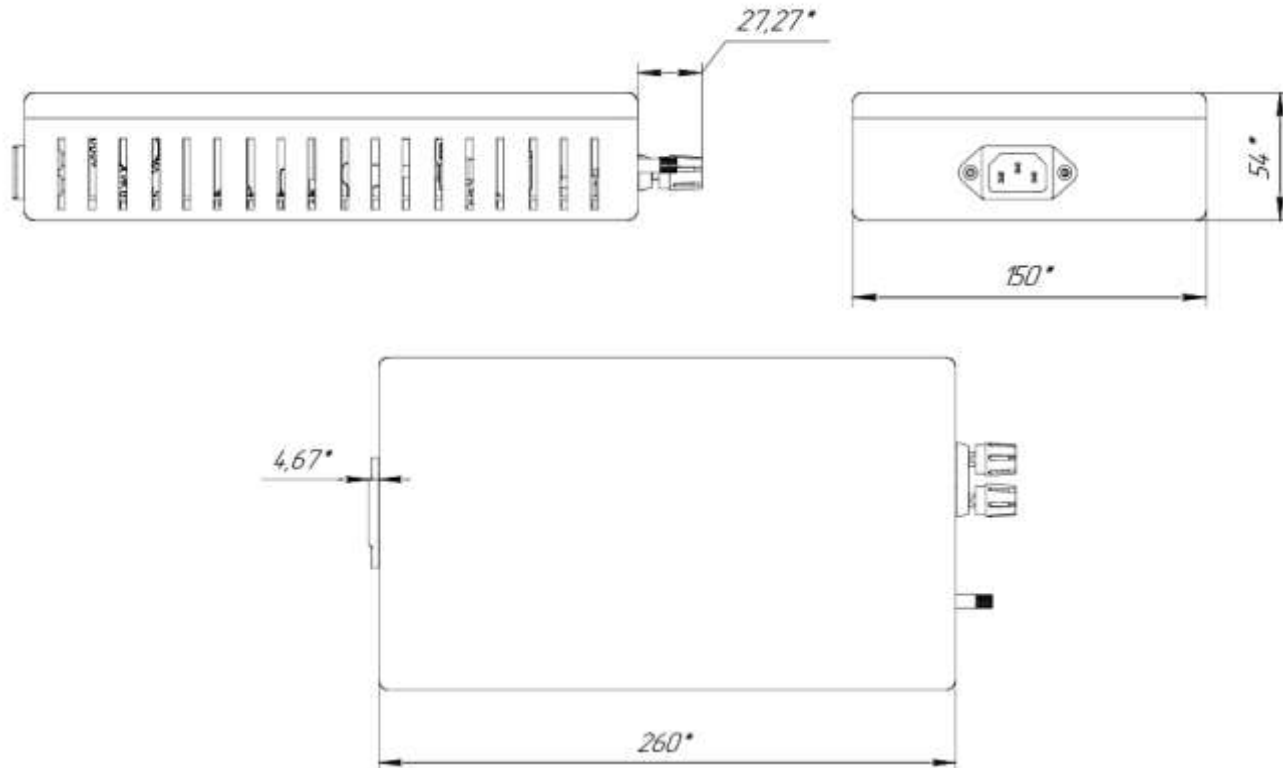
©ChIP																		
Дубл																		
Замість																		
Підпис																		
												Аркуш 2						
												26 КР 172.403.002.000 СК						
												26 КР 172.403.002.000						
А	Цех	Діл	РМ.	ОПЕР.	Код, назва операції				Позначення документа									
Б	Код, назва обладнання				СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ	Т ШТ			
к-м	Назва деталі, скл одиниці або матеріалу				Позначення. код					СПП	ОВ	ОН	КВ	Н витр				
001					Гвинт Г2,5-6г 14				ГОСТ 1184-80						796	100	400	
02																		
03																		
A04	403		002	015	403.002.015 Монтаж													0,058
005	Електричні з'єднання проводити згідно 2026.ККР.403.002.001 ЕЗ																	
06	1. П'яти дроти поз.3 (18шт.) до роз'ємів																	
T07	Пінцет РТ353647																	
K08	1. Перемикач поз.4 до друкованого вузла поз.1																	
M09	Припой ПОС-61																	
10	Флюс ФКСП																	
11	Спиртобензиснова суміш																	
12																		
13																		
A14	403		002	020	403.002.020 Слюсарно-складальна													0.015
B15	Електроверт РД437424																	
016	1. Кріпити ножки амортизуючи поз.5(4шт.) до нижньої кришки поз. Згідно карти ескізів																	
17	2. Кріпити верхню кришку поз. до нижньої кришки поз. згідно карти ескізів																	
T18	Пінцет РТ354057																	

©ChIP																				
Дубл																				
Замість																				
Підпис																				
																				Аркуш 3
										26 КР 172.403.002.000 СК					26 КР 172.403.002.000					
А	Цех	Діл	РМ.	ОПЕР.	Код, назва операції					Позначення документу										
Б	Код, назва обладнання					СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ	Т ШТ				
к-м	Назва деталі, скл одиниці або матеріалу					Позначення. код					СПП	ОВ	ОН	КВ	Н витр					
001					Викрутка РТ354057															
К02	1				Вузол друкований									796	100	100				
03					Кришка верхня									796	100	100				
04					Кришка нижня									796	100	100				
05					Амортизатори									796	100	400				
06																				
07																				
А08	403		002	025	403.002.025 Технічний контроль															0,015
09					Технологічний пульт РД455040															
10					Перевірити ел. Параметри та зовн вигляд згідно інструкції 26 КР 172.403.002.000 11															
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				

Дубл.									
Замість									
Підпис									

							Аркушів 4	Аркуш 4			
Розробив	Баранніков				ВСП «ТФК ТНТУ»	26 КР 172.403.002.000 СК					
Перевірив	Федечко								26 КР 172.403.002.000		
Нормував					Вузол друкований				H		
Затвердив	Задорожний										
Н. контр.											

А	Цех	Діл	РМ	Опер	Код, назва операції	Позначення документа								
						СМ.	Проф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ
Б	Код, назва обладнання					Позначення, код				СПП	ОВ	ОН	КВ	ВНТР
К-М	Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу					Позначення, код				СПП	ОВ	ОН	КВ	ВНТР



Авторська довідка

(кваліфікаційної роботи фахового молодшого бакалавра)

Назва кваліфікаційної роботи фахового молодшого бакалавра: Розробка конструкції зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора

назви записувати нижнім регістром (як у реченні)

Назва (англ.): Design of a charger design based on a pulse inverter

переклад англійською

Освітньо-професійний ступінь: фаховий молодший бакалавр

Шифр та назва спеціальності: 172 Електронні комунікації та радіотехніка

напр.: 172 Телекомунікації та радіотехніка

Екзаменаційна комісія: Екзаменаційна комісія №1

напр.: Екзаменаційна комісія №1

Установа захисту: ВСП «Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

напр.: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Дата захисту: 25.06.2026

Місто: Тернопіль

Сторінки:

Кількість сторінок роботи: 80

УДК: 0.0.4

Автор роботи

Прізвище, ім'я, по батькові (укр.): Баранніков Віталій Олександрович

розкривати ініціали

Прізвище, ім'я (англ.): Barannikov Vitaliy

використовувати паспортну транслітерацію (КМУ 2010)

Місце навчання (установа, факультет, місто, країна): ВСП «Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

Керівник

Прізвище, ім'я, по батькові (укр.): Федечко Віталій Мар'янович

повністю

Прізвище, ім'я (англ.): Fedechko Vitaliy

використовувати паспортну транслітерацію (КМУ 2010)

Місце праці (установа, підрозділ, місто, країна): ВСП «Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

Вчене звання, науковий ступінь, посада: викладач вищої категорії

Рецензент

Прізвище, ім'я, по батькові (укр.): Дозорський Василь Григорович

повністю

Прізвище, ім'я (англ.): Dozorskyi Vasyl

використовувати паспортну транслітерацію (КМУ 2010)

Місце праці (установа, підрозділ, місто, країна): Тернопільський національний технічний

університет імені Івана Пулюя, Кафедра біотехнічних систем, Тернопіль, Україна.....

Вчене звання, науковий ступінь, посада: Доцент кафедри біотехнічних систем, кандидат
технічних наук, доцент кафедри.....

Бібліографічний опис (приклад):

Баранніков В.О.: Розробка конструкції зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора: кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-професійного ступеня фаховий молодший бакалавр за спеціальністю «172 – Телекомунікації та радіотехніка». Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2026. 80 с.

Ключові слова

українською: до 10 слів

зарядний пристрій, імпульсний інвертор, акумуляторна батарея, ШІМ-контролер, друкована плата, конструкція.

англійською: до 10 слів

battery charger, pulse inverter, storage battery, PWM controller, printed circuit board, design.

Анотація

українською: 200-300 слів

У даній кваліфікаційній роботі розглянуто розробку конструкції зарядного пристрою на основі імпульсного інвертора, призначеного для заряджання акумуляторних батарей постійним струмом. Основу пристрою становить двотактний напівмостовий імпульсний перетворювач під керуванням ШІМ-контролера TL494, який забезпечує перетворення мережевої напруги у стабілізовану вихідну напругу та зарядний струм. У схемі реалізовано вхідний захист і фільтрацію, випрямлення напруги, формування керуючих імпульсів, гальванічну розв'язку силовій частини, контроль зарядного струму, обмеження вихідної напруги та блокування запуску при підключенні несправної або надмірно розрядженої акумуляторної батареї.

Конструктивно пристрій виконано у пластмасовому розбірному корпусі. Основою електронної частини є одностороння друкована плата зі склотекстоліту FR-4, на якій розміщено основні елементи схеми. Для спрощення виготовлення, монтажу, налагодження та ремонту в роботі прийнято вивідну елементну базу, а мікросхему керування використано в DIP-виконанні. Змінний резистор R2, що є основним органом керування, виведено на передню панель корпусу, а силові транзистори VT4 і VT5 встановлено на окремі радіатори. Обрана конструкція забезпечує достатню технологічність, ремонтпридатність, надійність та придатність пристрою до практичної реалізації.

англійською: 200-300 слів

This qualification work considers the development of the design of a battery charger based on a pulse inverter intended for charging storage batteries with direct current. The device is based on a push-pull half-bridge switching converter controlled by the TL494 PWM controller, which converts AC mains voltage into stabilized output voltage and charging current. The circuit includes input protection and filtering, rectification, generation of control pulses, galvanic isolation of the power stage, charging current control, output voltage limitation, and start-up blocking when a faulty or excessively discharged battery is connected.

Structurally, the device is made in a plastic dismountable enclosure. The electronic part is based on a single-sided FR-4 printed circuit board with the main circuit components mounted on it. To simplify manufacturing, assembly, adjustment, and repair, through-hole components are used, and the control IC is selected in a DIP package. The variable resistor R2, which is the main control element, is placed on the front panel of the enclosure, while the power transistors VT4 and VT5 are mounted on separate heat sinks. The selected design provides sufficient manufacturability, maintainability, reliability, and suitability for practical implementation.

Зміст: *(Без зайвих пробілів і крапок)*

Анотація 6

Вступ. Призначення і область застосування радіопристрою 8

Розділ 1 загальна частина 10

1.1 Розробка технічного завдання 10

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу 10

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз 13

Розділ 2 спеціальна частина 16

2.1 розрахунково-конструкторська частина 16

2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів 16

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції 18

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази 21

2.1.4 Опис конструкції друкованої плати 32

2.1.5 Розрахунок параметрів друкованого монтажу 33

2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу 39

2.1.7 Розрахунок надійності проектного виробу 41

2.1.8 Техніко-економічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності 43

2.2 Технологічна частина 45

2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу. Вибір типу технології 45

2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції 46

2.2.3 Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів. 48

2.2.4 Розробка і оформлення маршрутної технології складання і монтажу виробу 50

Розділ 3 Економічна частина 51

3.1 Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень 51

3.2 Визначення собівартості спроектованого виробу 53

3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень 60

РОЗДІЛ 4 Охорона праці 64

4.1 Законодавчі акти з охорони праці 64

4.2 Основні види вогнегасних речовин 68

Висновки 74

Перелік посилань 76

Додатки 80

Список літератури:

1. Васишин О. З. Методичні вказівки по виконанню комплексного курсового проекту для студентів спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка. – Тернопіль: Технічний коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 2020. 16с.
2. Васишин О. З. Методичні вказівки по виконанню графічної частини комплексного курсового проекту для студентів спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка. – Тернопіль: Технічний коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 2020. -27с.
3. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Конструювання РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2018.
4. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Основи конструювання та технології виробництва РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2016.
5. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Технологія виробництва РЕА" для

- спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017.
6. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання практичної роботи "Конструктивний розрахунок друкованого монтажу" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2018.
7. Васишин О.З. Методичні вказівки для розробки маршрутної технології складання та монтажу вузлів РЕА для спеціальності 5.05090101 "Конструювання, виробництво та технічне обслуговування радіотехнічних пристроїв". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2014.
8. Васишин О.З. Конспект лекцій "Поверхневий монтаж" для спеціальності 5.05090101 "Конструювання, виробництво та технічне обслуговування радіотехнічних пристроїв". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2013.
9. Штогрин П.І. Навчальний посібник «Altium Designer 10 для початківців» для спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка». –Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017.
10. Васишин О.З., Штогрин П.І. Методичні вказівки «Розробка 3D – моделей типових корпусів РЕА» для спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка». – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017.
11. Штогрин П.І. Методичні вказівки "Розробка 3D-моделей радіоелементів" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка" Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017. 56 с....