

Міністерство освіти і науки України

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

(повне найменування вищого навчального закладу)
відділення телекомунікацій та електронних систем
(назва відділення)
циклова комісія телекомунікацій та радіотехніки
(повна назва циклової комісії)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи

фаховий молодший бакалавр

(освітньо-професійний ступінь)

на тему: **Розробка конструкції прилад для вимірювання напруги
високовольтних стабілітронів і світлодіодних модулів**

Виконав: студент (ка) IV курсу, групи ТР-402

Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітня програма: «Конструювання, виробництво та
технічне обслуговування радіотехнічних пристроїв».

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Курдибаха.І. П

(прізвище та ініціали)

Керівник
В.Ю

Задорожний. В.Ю

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Дунець.В.Л

(прізвище та ініціали)

**Відокремлений структурний підрозділ
«Тернопільський фаховий коледж
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»
Відділення телекомунікацій та електронних систем
Циклова комісія телекомунікацій та радіотехніки
Освітньо-кваліфікаційний рівень молодший спеціаліст
Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»
Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
Спеціалізація «Конструювання, виробництво та технічне обслуговування
радіотехнічних пристроїв».**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова циклової комісії
телекомунікацій та радіотехніки
_____ **Ольга ВАСИЛИШИН**
_____ “20” _____ квітня 2026 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

_____ **Курдибаха Ілля Павлович** _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Розробка конструкції прилад для вимірювання
напруги високовольтних стабілітронів і світлодіодних
модулів _____

Керівник кваліфікаційної роботи: **Задорожний Віктор Юліанович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

КР затверджені наказом закладу фахової передвищої освіти від 27.02.2026 року №4/9-133.

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи: 16.06.2026 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

_____ Напруга живлення 220В Частота мережі 50Гц Температура нормальної роботи 0..+30с

_____ Відносна вологість 85%

_____ Напруга на вимірювальних щупах плавно регулюється в межах 1-100В

_____ при фіксованому значенні вихідного струму 05; 1; 2; 3; 5, або 10mA

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Анотація

Вступ. Призначення і область застосування радіопристрою

Розділ 1 Загальна частина

1.1 Розробка технічного завдання

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

Розділ 2 Спеціальна частина

2.1 Розрахунково-конструкторська частина

- 2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покрить
- 2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції.
- 2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази
- 2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів
- 2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу
- 2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу (розрахунок площі радіатора при необхідності)
- 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. Вибір інструментів, пристосувань, оснастки
 - 2.2.3 Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів
 - 2.2.4 Кількісна оцінка технологічності друкованого вузла
 - 2.2.5 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 Інструктажі з охорони праці, їх поділ
 - 4.2 Системи засобів і заходів забезпечення електробезпеки
- Висновки
- Перелік посилань
- Додатки

Додаткові вказівки:

Виконання проекту (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	20.04	18.04
2	Збір і узагальнення інформації по проекту	13.05	11.05
3	Написання першого розділу	25.05	23.05
4	Розробка технічного та робочого проекту	29.05	27.05
5	Написання спеціального розділу	29.05	26.05
6	Розрахунок економічної частини	25.05	22.05
7	Написання розділу охорони праці	26.05	23.05
8	Виконання графічної частини	19.05	17.05
9	Оформлення проекту	08.06	05.06
10	Погодження нормоконтролю	12.06	09.06
11	Попередній захист проекту	16.06	13.06
12	Захист проекту		23.08

7. Дата видачі завдання 20 квітня 2026 р.

Студент

(підпис)

Курдибаха. І. П

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

Задорожний. В. Ю

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	7
ВСТУП. Призначення і область застосування радіопристрою.....	9
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.....	11
РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	14
2.1 Розрахунково-конструкторська частина.....	14
2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів	14
2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції.	16
2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази	17
2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів	26
2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу	29
2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу (розрахунок площі радіатора при необхідності).....	33
2.1.7 Розрахунок надійності проектного пристрою.....	34
2.1.8 Техніко-економічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності.....	36
2.2 Технологічна частина.....	38
2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу. Вибір типу технології.....	38
2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції.	41

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Курдибаха			Розробка конструкції прилад для вимірювання напруги високовольтних стабілітронів і світлодіодних модулів Поснювальна записка	Літ.	Арк.
Перевір.		Задорожний					Аркуші
Рецензент							5
Н. Контр.		Задорожний				ВСП ТФК ТНТУ ТР-402	
Затверд.						м. Тернопіль	

2.2.3 Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів	43
2.2.4 Кількісна оцінка технологічності друкованого вузла.....	46
2.2.5 Розробка і оформлення маршрутно-операційної технології складання і монтажу виробу.....	48
РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	50
3.1 Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень	50
3.2 Розрахунок собівартості продукції.....	52
3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень.....	56
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	60
4.1 Інструктажі з охорони праці, їх поділ.....	60
4.2 Системи засобів і заходів забезпечення електробезпеки.....	65
ВИСНОВКИ.....	71
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	72
ДОДАТКИ.....	

АНОТАЦІЯ

Курдибаха І.П. Розробка конструкції прилад для вимірювання напруги високовольтних стабілітронів і світлодіодних модулів: кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційний рівень молодший спеціаліст, за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2026.

Друкована плата виконана у односторонньому варіанті із застосуванням хімічної технології виготовлення. Її габаритні розміри становлять 65×65 мм, що забезпечує достатній простір для раціонального розміщення компонентів і прокладання провідників.

Усередині корпусу на нижній кришці розміщується друкована плата, яка кріпиться чотирма гвинтами, що гарантує її надійну фіксацію та стійкість до механічних впливів під час експлуатації і транспортування.

До нижньої кришки також закріплюється трансформатор за допомогою гвинтів і гайок, що забезпечує жорсткість конструкції та стабільність розміщення масивного елемента. На верхній кришці встановлюються органи керування та індикації, зокрема цифровий вольтметр, світлодіод через ізолюючу втулку, змінний резистор і перемикач, що забезпечує зручний доступ користувача до керування та контролю параметрів роботи пристрою.

У зоні з'єднання кришок розміщуються роз'єми, мережевий шнур і запобіжник у тримачі, при цьому використання втулок підвищує електробезпеку та механічну надійність. Габаритні розміри корпусу становлять 98×108×87 мм, що свідчить про компактність і раціональне використання внутрішнього об'єму.

Ключові слова: напруга, вимірювання, стабілітрони, світлодіодні модулі, прилад.

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ABSTRACT

Kurdybakha I.P. Design development of a device for measuring the voltage of high-voltage zener diodes and LED modules: qualification work for obtaining the educational and qualification level of a junior specialist, specialty 172 Telecommunications and Radio Engineering. Ternopil: VSP "TFK TNTU", 2026.

The printed circuit board is made in a single-sided version using chemical manufacturing technology. Its overall dimensions are 65×65 mm, which provides sufficient space for rational placement of components and laying of conductors.

Inside the case, a printed circuit board is placed on the bottom cover, which is fastened with four screws, which guarantees its reliable fixation and resistance to mechanical influences during operation and transportation.

A transformer is also attached to the bottom cover using screws and nuts, which ensures structural rigidity and stability of the massive element. Control and display elements are installed on the top cover, in particular a digital voltmeter, an LED through an insulating sleeve, a variable resistor and a switch, which provides convenient user access to control and monitor the device's operating parameters.

In the area where the covers are connected, connectors, a power cord and a fuse in a holder are located, while the use of sleeves increases electrical safety and mechanical reliability. The overall dimensions of the case are 98×108×87 mm, which indicates compactness and rational use of the internal volume.

Keywords: voltage, measurement, zener diodes, LED modules, device.

					26 KP 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

ВСТУП

Проектований виріб — прилад для вимірювання напруги високовольтних стабілітронів і світлодіодних модулів — призначений для лабораторних і налагоджувальних робіт у галузі радіоелектроніки.

Основним призначенням приладу є визначення електричних параметрів напівпровідникових елементів, зокрема напруги стабілізації високовольтних стабілітронів, робочої напруги світлодіодів, світлодіодних стрічок та модулів, а також напруги зворотного пробію р–п переходів діодів і транзисторів та напруги спрацьовування динисторів.

Прилад забезпечує плавне регулювання вимірювальної напруги в широкому діапазоні та можливість вибору стабільного вимірювального струму, що дозволяє проводити перевірку, відбір і порівняльний аналіз напівпровідникових компонентів без ризику їх пошкодження. Завдяки стабілізованому струму вимірювання результати мають високу повторюваність і достатню точність для практичного використання.

Область застосування виробу охоплює навчальні лабораторії закладів професійної та вищої освіти, радіоаматорські майстерні, ремонтні та сервісні центри електронної техніки, а також експериментальні та налагоджувальні роботи під час розроблення й обслуговування електронних пристроїв.

Прилад може використовуватися як допоміжний засіб під час контролю якості компонентів, їх сортування за параметрами та діагностики несправностей.

Конструкція приладу орієнтована на стаціонарне використання в приміщеннях із нормальними кліматичними умовами та передбачає дотримання вимог електробезпеки під час роботи з високою напругою [1]

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Розробка технічного завдання

1. Напруга живлення~220В;
2. Частота мережі..... 50Гц;
3. Температура нормальної роботи.....0+30°C;
4. Відносна вологість.....85%;
5. Напруга на вимірювальних щупах плавно регулюється в межах 1–100 В при фіксованому значенні вихідного струму..... 0,5; 1; 2; 3; 5 або 10 мА;
6. Світлова індикація: світлодіод вкл/викл та вольтметр показів напруги.

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

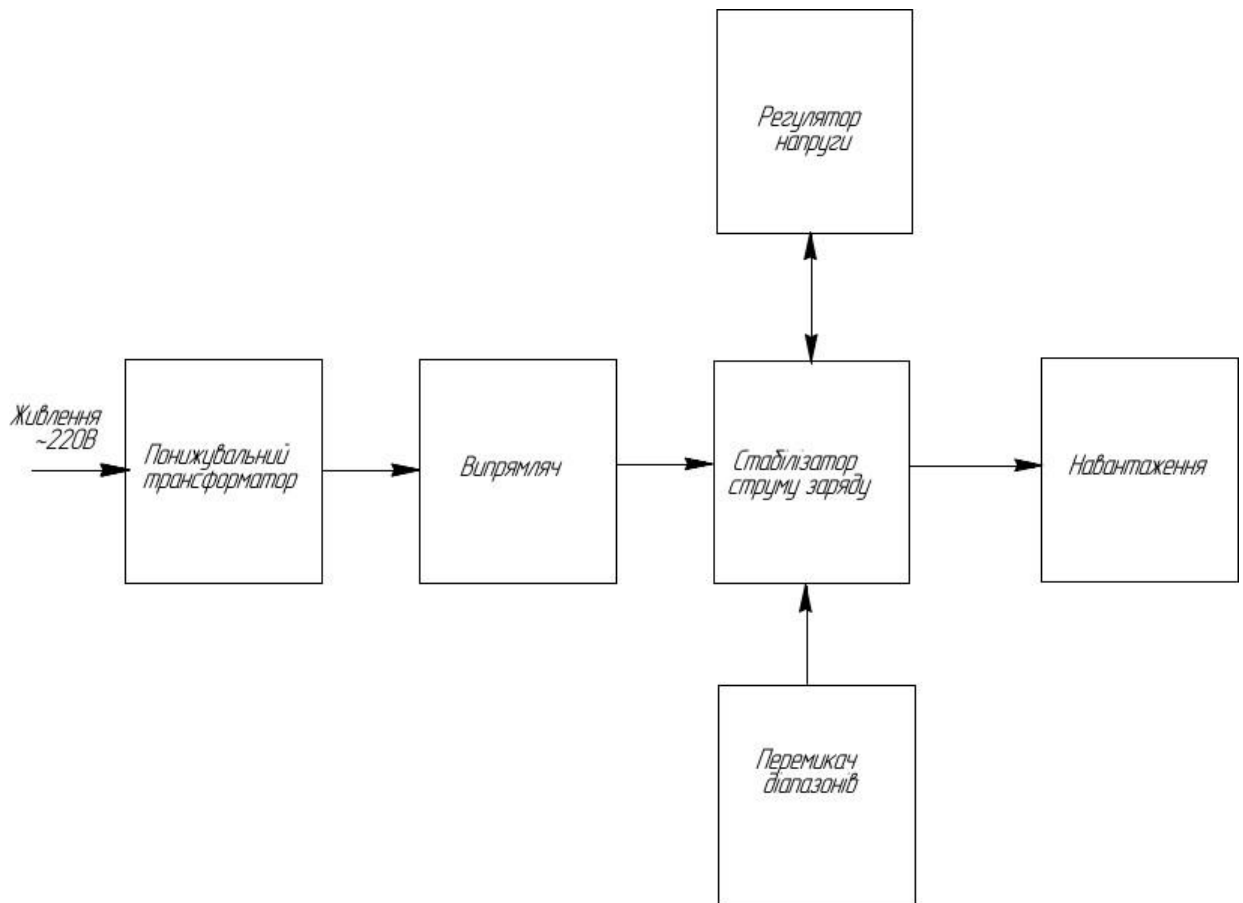


Рисунок 1.1- Схема електрична структурна

Основні функціональні блоки:

- Живлення ~ 220 В – мережеве джерело, що забезпечує роботу всіх вузлів.
- Понижувальний трансформатор – знижує напругу до рівня, придатного для подальшої обробки та безпечного використання.
- Випрямляч – перетворює змінну напругу на постійну, необхідну для живлення стабілізаторів та вимірювальних вузлів.
- Стабілізатор струму – формує стабільний тестовий струм, що дозволяє досліджувати вольт-амперні характеристики стабілітронів та світлодіодних модулів.
- Регулятор напруги – забезпечує плавне підвищення напруги до високовольтного діапазону, необхідного для перевірки стабілітронів.
- Перемикач діапазонів – дозволяє вибирати режим вимірювання: тестування стабілітронів або світлодіодних модулів.
- Вимірювальний вузол – включає високовольтний дільник напруги та цифровий вольтметр, що забезпечує точне визначення напруги пробом стабілітронів або робочої напруги світлодіодних модулів.
- Індикатор – відображає результати вимірювань у цифровій або аналоговій формі.
- Навантаження – використовується для перевірки роботи світлодіодних модулів під реальним струмовим навантаженням.

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

Розглянуто простий у виготовленні вимірювальний пристрій, призначений для використання в лабораторії радіоаматора. Прилад дає змогу здійснювати перевірку й відбір стабілітронів, світлодіодів, світлодіодних стрічок і модулів, а також визначати напругу зворотного пробом р–n переходів діодів і транзисторів та напругу спрацьовування динисторів.

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

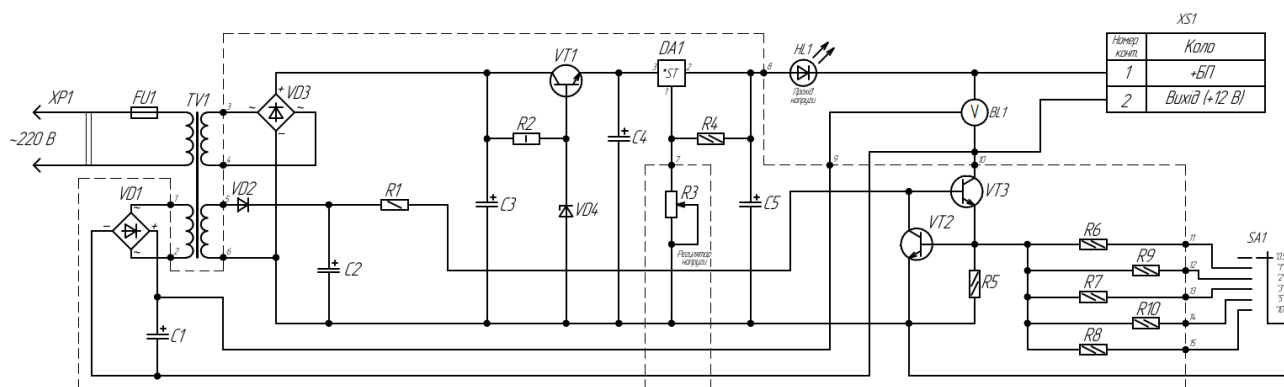


Рисунок 1.2- Схема електрична принципова

Напруга на вимірювальних щупах плавно регулюється в межах 1–100 В при фіксованому значенні вихідного струму 0,5; 1; 2; 3; 5 або 10 мА, який вибирається за допомогою перемикача.

Принципова схема приладу наведена на рис. 1. З вторинної обмотки трансформатора змінна напруга подається на діодний мостовий випрямляч VD3. Після випрямлення пульсації напруги зменшуються конденсатором C3, а далі напруга надходить на параметричний стабілізатор, виконаний на транзисторі VT1. Його функція полягає в обмеженні напруги до безпечного рівня, не вище 125 В, необхідного для коректної роботи інтегрального стабілізатора напруги на мікросхемі DA1 (TL783).

Регулювання вихідної напруги стабілізатора в діапазоні приблизно від 1 до 100 В здійснюється змінним резистором R3. Для контролю напруги на досліджуваному елементі використовується цифровий вольтметр, який не відображає значення, що перевищують 120 В.

Перевірюваний елемент під'єднують до клем XS1 та XS2, дотримуючись правильної полярності. Обмеження струму в колі забезпечує стабілізатор струму на транзисторах VT2 і VT3, який живиться від окремого випрямляча, зібраного на діоді VD2 та конденсаторі C2.

Потрібне значення струму I встановлюється перемикачем SA1 і визначається резисторами R5–R10, номінали яких підбирають за співвідношенням: $R = 0,205 / I$;

Живлення цифрового високовольтного вольтметра здійснюється від автономного джерела, гальванічно ізольованого від основного кола, оскільки його вимірювальні входи можуть перебувати під різними потенціалами відносно загального мінуса високовольтного джерела. Світлодіод HL1 використовується для індикації протікання струму в вимірювальному колі.

Пристрій працює з високою напругою, тому під час налаштування та експлуатації необхідно суворо дотримуватися вимог електробезпеки [1].

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунково-конструкторська частина

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

Компонування проектного виробу виконано з урахуванням вимог до компактності, надійності, зручності складання та подальшої експлуатації. Всі функціональні вузли розміщені всередині корпусу таким чином, щоб забезпечити раціональне використання внутрішнього об'єму, зменшення довжини монтажних з'єднань та зручний доступ до елементів керування і контролю.

Основним конструктивним елементом пристрою є друкована плата розміром 65×65 мм, на якій розташовані електронні компоненти. Плата встановлюється на нижній кришці корпусу та кріпиться чотирма гвинтами. Таке розташування забезпечує надійну фіксацію електронного вузла, спрощує монтаж та технічне обслуговування пристрою. Елементи на друкованій платі розміщені з урахуванням електричних зв'язків між ними, що дозволяє скоротити довжину струмопровідних доріжок і підвищити завадостійкість виробу.

Трансформатор живлення також встановлюється на нижній кришці корпусу окремо від друкованої плати. Таке компонувальне рішення обумовлене його значною масою та габаритами. Кріплення трансформатора за допомогою гвинтів і гайок забезпечує необхідну механічну міцність конструкції та виключає його переміщення під час транспортування й експлуатації.

На верхній кришці корпусу розташовані органи керування та індикації: цифровий вольтметр, світлодіодний індикатор, змінний резистор регулювання та перемикач. Таке розміщення забезпечує зручність користування пристроєм, дозволяє оператору легко контролювати робочі параметри та виконувати необхідні налаштування без розбирання корпусу.

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Роз'єми підключення навантаження, мережевий шнур живлення та плавкий запобіжник розміщені у зоні з'єднання верхньої та нижньої кришок корпусу. Це забезпечує зручність підключення зовнішніх ланцюгів та раціональне прокладання внутрішнього монтажу. Для захисту проводів від механічних пошкоджень використовуються ізолюючі втулки, які також підвищують електробезпеку виробу.

Для виготовлення друкованої плати обрано фольгований склотекстоліт, який характеризується високою механічною міцністю, достатньою теплостійкістю, хорошими діелектричними властивостями та стійкістю до впливу вологи. Застосування цього матеріалу забезпечує стабільність параметрів електронного вузла протягом усього терміну експлуатації.

Струмопровідні доріжки друкованої плати виготовлені з мідної фольги. Мідь має низький питомий електричний опір, добру технологічність і високу адгезію до основи плати, що забезпечує надійність електричних з'єднань. Для захисту провідників від окиснення та полегшення процесу пайки на поверхню контактних площадок наноситься захисне покриття у вигляді шару припою.

Корпус виробу виготовляється з ударостійкого пластика, який має достатню механічну міцність, невелику масу та високі електроізоляційні властивості. Використання пластикового корпусу дозволяє підвищити рівень електробезпеки, зменшити загальну вагу конструкції та спростити технологію виготовлення.

Для кріпильних елементів (гвинтів, гайок, шайб) використовується сталь із захисним цинковим покриттям. Таке покриття запобігає утворенню корозії, підвищує довговічність кріплень та забезпечує збереження механічної міцності протягом тривалого часу. Ізолюючі втулки та елементи електричної ізоляції виготовляються з полімерних матеріалів, які характеризуються високою електричною міцністю, стійкістю до нагрівання та механічних впливів. Їх використання виключає можливість пошкодження ізоляції провідників та підвищує загальну надійність пристрою.

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції

Друкована плата виготовляється з одностороннього фольгованого склотекстоліту, який широко застосовується завдяки своїм діелектричним і механічним властивостям; провідники виконані з міді, що забезпечує високу електропровідність, а основа зі склотекстоліту виконує ізолюючу та конструктивну функції. Габаритні розміри плати мінімальні 65мм*65мм.

Конструкція проектного виробу розроблена з урахуванням вимог технологічності, надійності та зручності складання й експлуатації. Основу конструкції становить корпус, який складається з верхньої та нижньої кришок коритоподібної форми, що з'єднуються між собою за допомогою гвинтів, забезпечуючи простоту монтажу та можливість багаторазового розбирання без пошкодження елементів.

У середині корпусу на нижній кришці розміщується друкована плата, яка кріпиться чотирма гвинтами, що гарантує її надійну фіксацію та стійкість до механічних впливів під час експлуатації і транспортування [15].

До нижньої кришки також закріплюється трансформатор за допомогою гвинтів і гайок, що забезпечує жорсткість конструкції та стабільність розміщення масивного елемента. На верхній кришці встановлюються органи керування та індикації, зокрема цифровий вольтметр, світлодіод через ізолюючу втулку, змінний резистор і перемикач, що забезпечує зручний доступ користувача до керування та контролю параметрів роботи пристрою.

У зоні з'єднання кришок розміщуються роз'єми, мережевий шнур і запобіжник у тримачі, при цьому використання втулок підвищує електробезпеку та механічну надійність. Габаритні розміри корпусу становлять 98×108×87 мм, що свідчить про компактність і раціональне використання внутрішнього об'єму.

Корпус виготовляється з пластмаси чорного кольору методом лиття під тиском, який є сучасним і економічно доцільним, оскільки забезпечує високу точність виготовлення, повторюваність виробів, зменшення трудомісткості та

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

належний зовнішній вигляд без додаткової обробки. Навісні елементи, такі як трансформатор і роз'єми, з'єднуються з друкованою платою за допомогою навісного монтажу, що спрощує складання та полегшує ремонт і заміну компонентів.

Конструкція корпусу забезпечує мінімальний рівень паразитних зв'язків між елементами завдяки раціональному їх розміщенню, а також високу механічну міцність і жорсткість, що захищає внутрішні компоненти від пошкоджень. Корпус запобігає проникненню пилу та частково вологи всередину, забезпечує зручний доступ до елементів для технічного обслуговування, ремонту та регулювання параметрів, а також дозволяє проводити контрольно-вимірювальні роботи без значного ускладнення конструкції [26].

Загалом конструкція оптимізована за масогабаритними показниками, що досягається раціональним компонуванням елементів і продуманим виконанням друкованого вузла, у результаті чого пристрій є компактним, надійним і зручним у використанні.

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Таблиця 2.1- Конденсатор ЕСАР-"Jamicon" [2]

Позиційне позначення	C1-C5
Назва компонента	Конденсатор ЕСАР-
Виробник	"Jamicon"
Критерії вибору	Напруга робоча, струм, розміри, тангенс кута втрат
Параметри та характеристики	
Параметри конструкції	Див.рис.2.1
Номінальна напруга	50В
Номінальна ємність	4,7....2200 мкФ
Допуск ємності	± 20%
Термін служби	2000 г
Робоча температура	-55 ... 105 ° С
Тангенс кута втрат,%	0,14

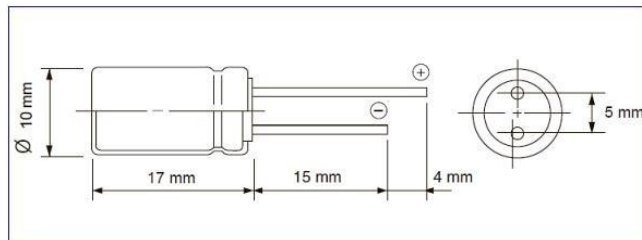


Рисунок 2.1- Габаритні розміри конденсатора типу ЕСАР

Таблиця 2.2- Резистор MFP [3]

Позиційне позначення	R1-R2, R4-10
Назва компонента	MFP
Виробник	Yageo
Критерії вибору	Потужність розсіювання, максимальна робоча напруга, діапазон опорів, габаритні розміри
Параметри конструкції	Див.рис.2.2
Параметри та характеристики	
номінальна потужність	0,125 Вт
діапазон номінальних опорів	$1 \dots 10 \cdot 10^6 \text{ Ом}$
допустиме відхилення опору	$\pm 10\%$
максимальна робоча напруга	200В
діапазон робочих температур	$-60 \dots +70^\circ\text{C}$

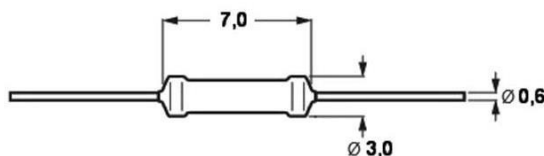
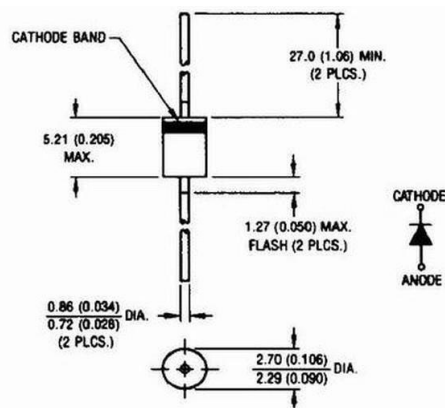


Рисунок 2.2- Габаритні розміри резисторів MFP "Yageo "

Таблиця 2.3 - Діод 1N4002 "DC Components" [4]

Позиційне позначення	VD2
Назва компонента	Діод 1N4002
Виробник	"DC Components"
Критерії вибору	напруга випрямлення, максимальний струм, робоча частота
Параметри конструкції	Див.рис.1.4
Параметри та характеристики	
матеріал	кремній
Максимальна постійна зворотна напруга, В	400
Максимальна імпульсна зворотна напруга, В	400
Максимальний прямий (випрямлений за напівперіод) струм, А	0.3
Максимально допустимий прямий імпульсний струм, А	15
Максимальна пряма напруга, В	1
Робоча температура, С	$-55 \dots 85$



Conform to JEDEC Outline DO-204AL (DO-41)

Dimensions in millimeters and inches

Рисунок 2.3 – Габаритні розміри діода 1N4002

Таблиця 2.4- Трансформатор В78386-Р1116-А [5]

Позиційне позначення	TV1
Назва компонента	Трансформатор В78386-Р1116-А
Виробник	Ерсос
Критерії вибору	Вихідна напруга, вихідний струм, габаритні розміри
Параметри конструкції	див. рисунок 2.4
Параметри та характеристики	
вихідна напруга	40В
вихідний струм	2А
електрична міцність первинної-вторинної ізоляції	4000В
електрична міцність вторинної-вторинної ізоляції	600В
напруга живлення	220В
допустимі відхилення вторинних напруг	±5%

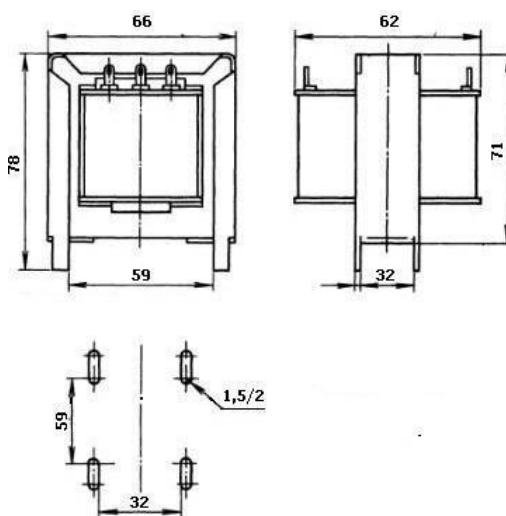


Рисунок 2.4 – Габаритні розміри трансформатора В78386-Р1116-А

Таблиця 2.5 - Світлодіод типу L-1503GT [6]

Позиційне позначення	HL1
Назва компонента	L-1503GT
Виробник	Kingbright
Критерії вибору	Розмір, колір свічення, струм та напруга живлення
Параметри та характеристики	
Колір свічення	червоний
Довжина хвилі	663нм
Колір лінзи	червоний
Максимальна пряма напруга	1,9 В
Максимальний імпульсний прямий струм	30мА
Робоча температура	-10...+70°C
Максимальна зворотня напруга	2В

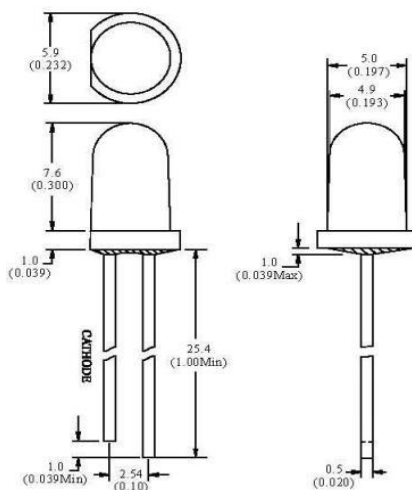


Рисунок 2.5 - Зовнішній вигляд світлодіода типу L-1503GT "Kingbright"

Таблиця 2.6 - Змінні резистори 16K1 [7]

Позиційне позначення	R3
Назва компонента	Змінні резистори 16K1
Виробник	Song Huei
Критерії вибору	Діапазон опорів, максимальний струм, лінійна характеристика
Параметри конструкції	див.рисунок 2.6
Параметри та характеристики	
номінальний опір	10кОм
відхилення опору від номінального значення	±20%
тип потенціометра	однооборотний
максимальна робоча напруга	150В
кут повороту	300±5°

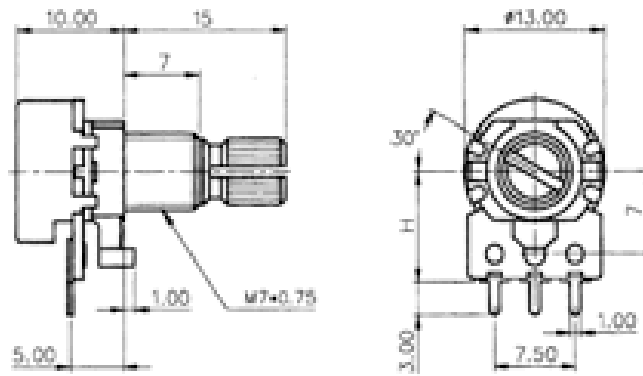


Рисунок 2.6 – Габаритні розміри змінного резистора 16K1

Таблиця 2.7 - Перемикач KBB70-2P3W "Jietong Switch" [8]

Позиційне позначення	SA1
Назва компонента	Перемикач KBB70-2P3W
Виробник	"Jietong Switch"
Критерії вибору	Максимальні струм та напруга, робоча напруга
Параметри конструкції	див.рисунок 2.7
Параметри та характеристики	
Тип перемикача	Движковий, вертикальний
Схема перемикання	ON-OFF-ON
Робоча температура	Від -25°C до +85°C
Термін служби	До 10 000 циклів перемикання
Номінальний струм та напруга:	3А при 250В змінного струму (VAC). 6А при 125В змінного струму (VAC)
Монтаж	Навісний або на панель

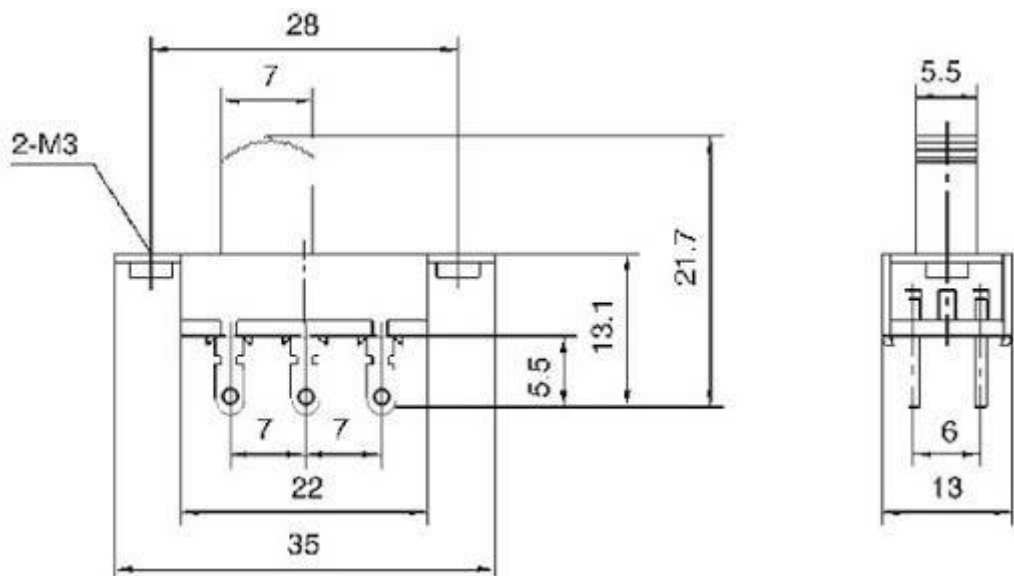


Рисунок 2.7 – Габаритні розміри перемикача KBB70-2P3W

Таблиця 2.8 - Запобіжник ZH214-015-0,25 А-250 [9]

Позиційне позначення	FU1
Назва компонента	Запобіжник ZH214-015-0,25 А-250 В
Виробник	"Zhenhui"
Критерії вибору	Розміри, напруга, струм, спрацювання
Параметри конструкції	див.рис.2.8
Параметри та характеристики	
Матеріал	кераміка
Номінальна напруга, В	240
Номінальний робочий струм, А	0,25
Контакти	циліндричні
Довжина корпусу, мм	30
Діаметр корпусу, мм	6.35
Робоча температура, С	-60 ... 100

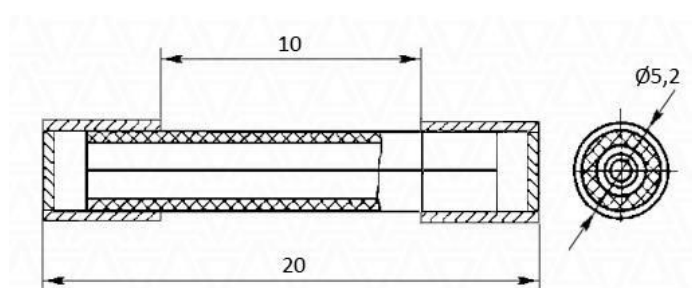


Рисунок 2.8 - Габаритні розміри запобіжника ZH214-015-0,25 А-250 В

Таблиця 2.9 – Діод DB101 "DC Components" [10]

Позиційне позначення	VD1
Назва компонента	Діод DB101
Виробник	"DC Components"
Критерії вибору	Зворотній струм, напруга, прямий струм
Параметри конструкції	див.рис.2.9
Параметри та характеристики	
Максимальна постійна зворотна напруга, в	1000
Максимальна імпульсна зворотна напруга, в	1200
Максимальний прямий (випрямлений за напівперіод) струм, А	1
Максимальний допустимий прямий імпульсний струм, А	30
Максимальний зворотний струм, мкА	10
Максимальна пряма напруга, В	1.1
Спосіб монтажу	в отвір
Робоча температура, С	-55 ... + 125
Корпус	db-1
Кількість фаз	1

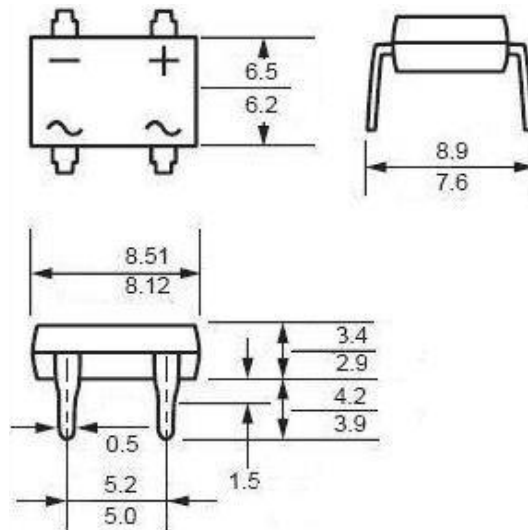


Рисунок 2.9 – Габаритні розміри діодного моста DB101

Таблиця 2.10 – Діод DB104 "DC Components" [11]

Позиційне позначення	VD1
Назва компонента	Діод DB104
Виробник	"DC Components"
Критерії вибору	Зворотній струм, напруга, прямий струм
Параметри конструкції	див.рис.2.10
Параметри та характеристики	
Максимальна постійна зворотна напруга	400 В
Максимальний середній прямий струм	1.0 А
Максимальний імпульсний прямий струм	30–50 А
Максимальна пряма напруга	1.1 В
Зворотний струм	не більше 5–10 мкА
Робоча температура	від -55°C до +150°C
Тип корпусу:	DB-1

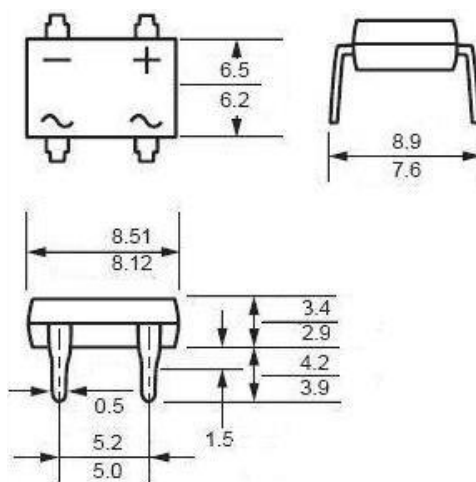


Рисунок 2.10 – Габаритні розміри діодного моста DB104

Таблиця 2.11– Цифровий вольтметр DSN-DVM-368 "UAICHI" [12]

Позиційне позначення	PV1
Назва компонента	Цифровий вольтметр DSN-DVM-368
Виробник	"UAICHI"
Критерії вибору	Зворотній струм, напруга, прямий струм
Параметри конструкції	див.рис.2.11
Параметри та характеристики	
Діапазон вимірювання	0.00 – 30.0 В DC
Напруга живлення	4.5 – 30.0 В DC
Точність вимірювання: $\pm 1\%$.	При напрузі < 10 В похибка становить ± 0.1 В. При напрузі ≥ 10 В похибка становить ± 0.3 В
Струм споживання	< 23 мА
Частота оновлення	приблизно 300 мс
Дисплей:)	трирозрядний LED, розмір символів 0.36" (~9 мм
Вхідний опір	> 100 кОм
Робоча температура	від -10°C до $+65^{\circ}\text{C}$



Рисунок 2.11 – Габаритні розміри цифрового вольтметра DSN-DVM-368

Таблиця 2.12 - Мікросхема TL783 "СКСЕ" [13]

Позиційне позначення	DA1
Назва компонента	Мікросхема TL783
Виробник	СКСЕ
Критерії вибору	Вхідна напруга, струм вхідний, вихіда напруга
Параметри та характеристики	
Діапазон вихідної напруги	від 1.25 В до 125 В
Максимальна різниця напруг (Вхід — Вихід)	до 125 В
Вихідний струм	до 700 мА
Опорна напруга	типово 1.27 В.
Точність стабілізації по напрузі (Line Regulation)	0.001% / В
точність стабілізації по струму (Load Regulation)	0.15%.
Тип корпусу:	TO-220

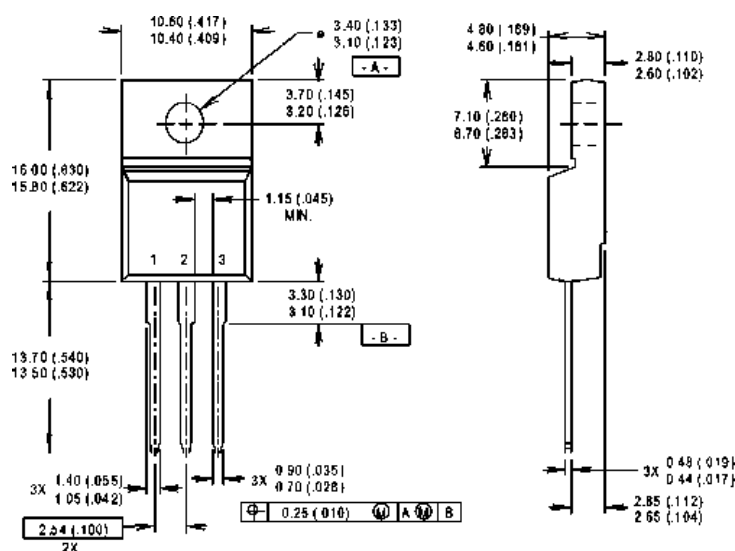


Рисунок 2.12 - Габаритні розміри мікросхеми TL783

Таблиця 2.13 - Транзистор BF259 "Fairchild" [14]

Позиційне позначення	VT1, VT3
Назва компонента	Транзистор BF259
Виробник	"Fairchild"
Критерії вибору	Структура, коефіцієнт підсилення, потужність
Параметри та характеристики	
Тип провідності: NPN	
Максимальна напруга колектор-база	300 В
Максимальна напруга колектор-емітер	250 В
Максимальна напруга емітер-база	5 В
Максимальний постійний струм колектора	100 мА
Статичний коефіцієнт передачі струму	мінімум 25
Ємність колектора	до 6 пФ

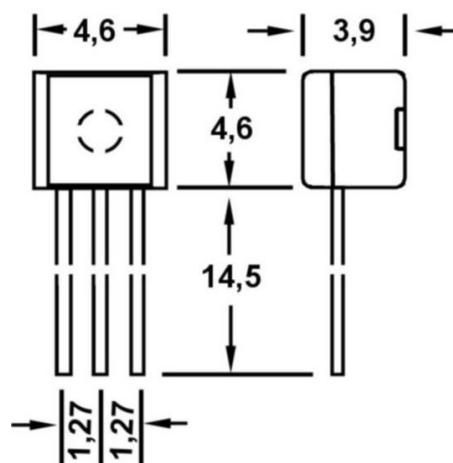


Рисунок 2.13 – Габаритні розміри транзистора BF259 "Fairchild"

2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

Для розрахунку стабілізаторів напруги на ІМС, як правило, необхідні наступні початкові дані: номінальне значення вихідної напруги $U_{\text{СТ ВИХ НОМ}}$; граничні значення вихідної напруги $U_{\text{СТ ВИХ min}}$, $U_{\text{СТ ВИХ max}}$; мінімальний і максимальний струми навантаження $I_{\text{Н min}}$, $I_{\text{Н max}}$; температурна нестабільність напруги вхідної α_U ; нестабільність вихідної напруги $K_{\text{НСТУ}}$ або коефіцієнт пульсацій вихідної напруги $K_{\text{П}}$; коефіцієнт стабілізації напруги $K_{\text{СТУ}}$; внутрішній опір стабілізатора $R_{\text{СТ ВИХ}}$; температурний коефіцієнт γ .

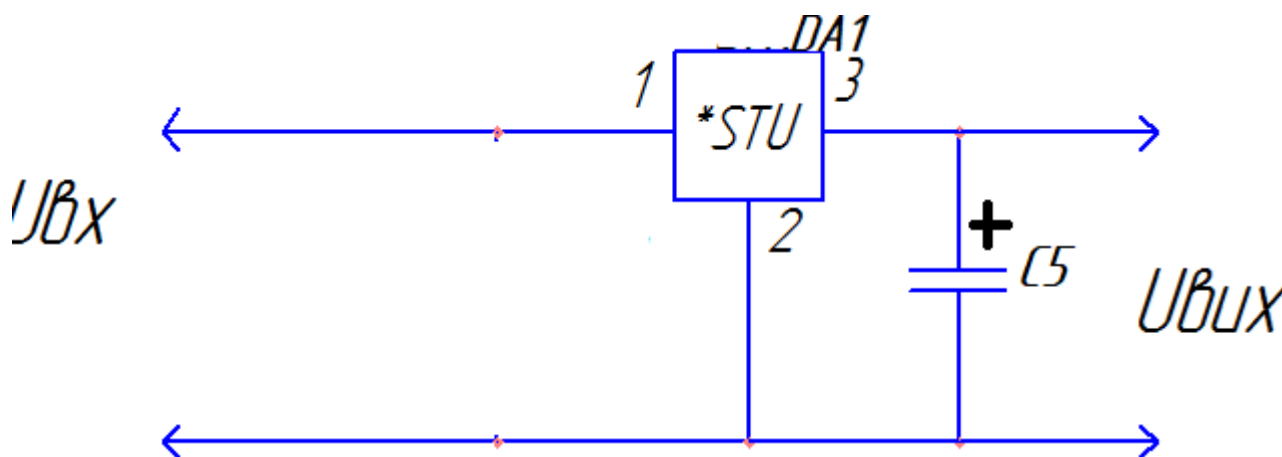


Рисунок 2.14– Електрична принципова схема стабілізатора і конденсатора

Вибір ІМС виконується за заданими $U_{ст\ вих}$, $I_{ст\ вих\ max}$, $K_{сту}$, γ , $R_{ст\ вих}$ із рисунка 2.15. Бажано віддавати перевагу тим ІМС, які працюють з меншою кількістю зовнішніх елементів. При цьому повинні виконуватися наступні умови

$$U_{IMC\ вих} \geq U_{ст\ вих}$$

$$I_{IMC\ вих\ max} \geq I_{H\ max}$$

$$K_{IMC\ сту} \geq K_{сту}$$

Тип ІМС	$U_{ст\ вх}$, В (min... max)	$U_{ст\ вих}$, В (min... max)	$K_{исту}$, % $\frac{B}{A}$ не більше за	$K_{исту}$, % $\frac{B}{A}$ не більше за	$K_{ст\ ст}$, дБ на 1кГц не більше за	α_U , % $^{\circ}C$ не більше за	$I_{ст\ вих}$, А (max)	$P_{ст\ роз}$, Вт без радіатора/з радіатором	$I_{ст\ сп}$, мА	$U_{ст\ вх}$, В не більше за
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
K142EHА	9...20	3...12	0,5	0,5	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH1Б	9...20	3...12	0,2	0,2	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH1В	9...20	3...12	0,8	2,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH1Г	9...20	3...12	0,8	1,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH2А	20...40	12...30	0,5	0,5	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH2Б	20...40	12...30	0,2	0,2	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH2В	20...40	12...30	0,8	2,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH2Г	20...40	12...30	0,8	1,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
KT42EH3	9...45	3...30	0,05	0,25	-	0,01	1	1,4/4	10	3
K142EH4	9...45	3...30	0,05	0,25	-	0,01	1	1,4/4	10	4
K142EH5А	7,5...15	4,9...5,1	0,05	1	70	0,02	3	1,2/10	10	2,5
K142EH5Б	8,5...15	5,88...6,12	0,05	1	70	0,02	3	1,2/10	10	2,5
K142EH5В	7,5...15	4,9...5,1	0,05	1	70	0,02	2	1,2/10	10	2,5
K142EH5Г	8,5...15	5,88...6,12	0,05	1	70	0,02	2	1,2/10	10	2,5
KP142EH5А	7,5...15	4,9...5,1	0,05	2	60	0,03	-	1,2/10	10	2,5
KP142EH5Б	8,5...15	5,88...6,12	0,05	2	60	0,03	3	1,2/10	10	2,5
KP142EH5В	7,5...15	4,82...5,18	0,05	2	60	0,03	2	1,2/10	10	2,5
KP142EH5Г	8,5...15	5,8...6,2	0,05	2	60	0,03	2	1,2/10	10	2,5
KP142EH6А	-...40	14,7...15,3	0,0015	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
KP142EH6Б	-...40	14,7...15,3	0,005	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
K142EH6В	-...40	14,7...15,3	0,0025	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
K142EH6Г	-...40	14,7...15,3	0,0075	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
142EH8А	11,5...35	8,73...9,27	0,05	0,67	40	0,02	1,5	-/9	10	2,5
142EH8Б	11,5...35	11,64...12,36	-	-	-	-	-	-	-	-

Рисунок 2.15 – Параметри стабілізаторів

Було обрано стабілізатор TL783CKCSE3, який має параметри такі як в КР142ЕН5А.

Незалежно від типу обраної ІМС визначаємо наступні параметри

$$U_{CT\ BX\ min} \equiv U_{CT\ BИX\ max} + U_{CT\ ПД} \quad (2.1)$$

$$U_{CT\ BX\ min} \equiv 5,1 + 2,5 = 7,6\ В$$

$$U_{CT\ BX} \equiv \frac{U_{CT\ BX\ min}}{1 - \alpha_-} \quad (2.2)$$

$$U_{CT\ BX} \equiv \frac{7,6}{1 - 0,03} = \frac{7,6}{0,997} = 7,62\ В$$

$$U_{CT\ BX\ max} \equiv U_{CT\ BX} (1 + \alpha_{(+)}) \quad (2.3)$$

$$U_{CT\ BX\ max} \equiv 7,62(1 + 0,03) = 7,62 + 1,03 = 8,65\ В$$

де $\alpha(+)$, $\alpha(-)$ – найбільше позитивне та негативне відносне змінювання вхідної напруги.

Можливі граничні значення ККД

$$\eta_{max} \equiv \frac{U_{CT\ BX\ max}}{U_{CT\ BX\ min}} \quad (2.4)$$

$$\eta_{max} \equiv \frac{8,65}{7,6} = 1,14$$

$$\eta_{min} \equiv \frac{U_{CT\ BX\ min}}{U_{CT\ BX\ max}} \quad (2.5)$$

$$\eta_{min} \equiv \frac{7,6}{8,65} = 0,89$$

Передбачається, що струм споживаний стабілізатором є малим

$$I_{CT\ BИX} \equiv I_{CT\ BX} \cdot$$

Визначення ємності конденсатора за формулою:

$$C_0 = \frac{H}{rK_{I0}} \quad (2.6)$$

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де

C_0 – ємність, мкФ;

Коефіцієнт пульсацій $K_{п0}=0,03$ %;

r – опір, Ом.

$$C_0 = \frac{3}{10 \cdot 0,03} = 10 (\text{мкФ})$$

Розраховуємо робочу напругу:

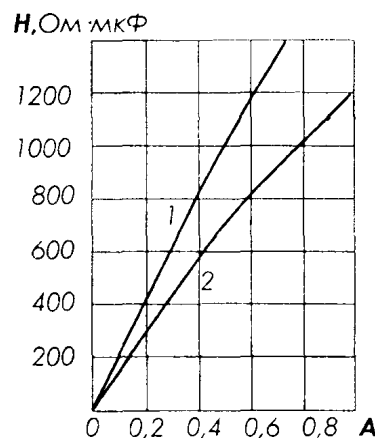


Рисунок 2.16 – Графік для визначення коефіцієнта Н:

$$U_{роб} = \sqrt{2} U_{2x} \quad (2.7)$$

$$U_{роб} = 1,4 \cdot 114 = 159,6 (В)$$

Вибираємо тип конденсатора з довідника за параметрами $C_{0 \text{ ном}}$ і $U_{роб}$.

Вибираємо електролітичний конденсатор типу ЕСАР-160В-10 мкФ $\pm 20\%$ "Ерсос" номінальною ємністю 10 мкФ та на робочу напругу 160 В.

2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу

Розрахунок друкованого монтажу складається з трьох етапів: розрахунок по змінному і постійному струму і конструктивно-технологічний. Розрахунок проводимо в такій послідовності:

Виходячи з технологічних можливостей виробництва вибрано хімічний метод виготовлення, 3 клас точності друкованої плати ОСТ 4.010.022-85.

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

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{i_{\text{доп}} * t} = \frac{0,1A}{20 \frac{A}{\text{мм}^2} * 0,035\text{м}} = 0,14\text{мм} \quad (2.8)$$

де $I_{\max}$ - допустима густина струму, який протікає в провідниках.

Визначається із аналізу принципової схеми, $I_{\max} = 0,1A$;

$i_{\text{доп}}$ – допустима густина струму, вибирається в залежності від методу виготовлення плати $j_{\text{доп}} = 20A/\text{мм}^2$, t – товщина провідника, $35\text{мкм}=0,035\text{м}$

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

$$b_{\min 2} = \frac{\rho * I_{\max} * l}{U_{\text{д}} * t} = \frac{0,050 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} * 0,1A * 0,4\text{м}}{0,3В * 0,035\text{м}} = 0,3\text{мм} \quad (2.9)$$

де $\rho = 0,050 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ – питомий об'ємний опір,

$L = 0,4\text{м}$ – довжина провідника,

$U_{\text{доп}} = 0,3$ – допустиме падіння напруги.

Визначаємо номінальне значення діаметрів монтажних отворів d :

$$d = d_E + |\Delta d_{\text{н.в.}}| + r \quad (2.10)$$

де d_E – максимальний діаметр виводу встановленого ЕРЕ (діаметр вивода ЕРЕ.)

$\Delta d_{\text{н.в.}}$ – нижнє граничне відхилення від номінального діаметру монтажного отвору (0,1 для всіх)

r – різниця між мінімальним діаметром отвору і максимальним діаметром вивода ЕРЕ, її вибирають в межах 0,1...0,4мм. Розрахункові значення d зводяться до нормалізованого ряду отворів: 0,9;1,1; 1,3; 1,5 мм.

$d_{E1}=0,8$ - для конденсаторів, резисторів, діодів, світлодіода, мікросхем.

$d_{E2}=1,0$ - для мікросхеми DA1, транзисторів VT3, VT1.

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d = d_{E1} + |\Delta d_{н.в.}| + r = 0,8 + |\pm 0,1| + 0,4 = 1,3 \text{ мм}$$

$$d = d_{E2} + |\Delta d_{н.в.}| + r = 1,0 + |\pm 0,1| + 0,4 = 1,5 \text{ мм}$$

Приймаємо такі стандартні діаметри отворів; 1,3; 1,5.

Розраховую діаметри контактних площадок:

$$D_{\min} = D_{1\min} + 1,5hf + 0,03 \quad (2.11)$$

де: hf – товщина фольги; $D_{1\min}$ – мінімальний ефективний діаметр площадки;

$$D_{1\min} = 2 \left(b_m + \frac{d_{\max}}{2} + \delta d + \delta p \right) \quad (2.12)$$

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

$$b_m = 0,06 \text{ мм.}$$

δd і δp – допуски на розташування отворів і контактних площадок;

$$\delta d = 0,08 \text{ мм, } \delta p = 0,2 \text{ мм.}$$

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

$$d_{\max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15) \quad (2.13)$$

де: Δd – допуск на отвір.

$$d_{\max 1} = 1,1 + 0,05 + 0,1 = 1,25 \text{ мм}$$

$$d_{\max 2} = 1,3 + 0,05 + 0,1 = 1,45 \text{ мм}$$

$$D_{1\min 1} = 2 \left(0,06 + \frac{1,25}{2} + 0,08 + 0,2 \right) = 1,93 \text{ мм}$$

$$D_{1\min 2} = 2 \left(0,06 + \frac{1,45}{2} + 0,08 + 0,2 \right) = 2,13 \text{ мм}$$

$$D_{\min 1} = 1,93 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 2,01 \text{ мм}$$

$$D_{\min 2} = 2,13 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 2,21 \text{ мм}$$

Максимальний діаметр контактної площадки:

$$D_{\max} = D_{\min} + (0,02 \dots 0,06) \quad (2.14)$$

$$D_{\max 1} = 2,01 + 0,02 = 2,03 \text{ мм}$$

$$D_{\max 2} = 2,21 + 0,02 = 2,23 \text{ мм}$$

Визначаю ширину провідників:

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Мінімальна:

$$b_{min}=b_{1min}+1.5h_{\Phi} \quad (2.15)$$

де $b_{1min}=0,18$ мм – мінімальна ефективна ширина провідника.

$$b_{min}=0,18+1,5 \cdot 0,035=0,23 \text{ мм};$$

максимальна

$$b_{max}=b_{min}+(0.02 \dots 0.06) \quad (2.16)$$

$$b_{max}=0,23+0.04=0,27 \text{ мм}$$

Визначаємо мінімальну відстань між елементами провідного матеріалу.

Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою:

$$S_{1min} = L_0 - \left[\left(\frac{D_{max}}{2} + \delta p \right) + \left(\frac{d_{max}}{2} + \delta d \right) \right] \quad (2.17)$$

$$S_{1min1} = 2,5 - \left[\left(\frac{2,03}{2} + 0,2 \right) + \left(\frac{1,25}{2} + 0,08 \right) \right] = 0,58 \text{ мм}$$

$$S_{1min2} = 2,5 - \left[\left(\frac{2,23}{2} + 0,2 \right) + \left(\frac{1,45}{2} + 0,08 \right) \right] = 0,38 \text{ мм}$$

де: L_0 – відстань між центрами відповідних елементів;

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

$$S_{2min} = L_0 - (d_{max} + 2\delta_p) \quad (2.18)$$

$$S_{2min1} = 2,5 - (1,25 + 2 \cdot 0,2) = 0,85 \text{ мм}$$

$$S_{2min2} = 2,5 - (1,45 + 2 \cdot 0,2) = 0,65 \text{ мм}$$

Мінімальна відстань між двома провідниками:

$$S_{3min} = L_0 - (d_{max} + 2\delta_d) \quad (2.19)$$

$$S_{3min1} = 2,5 - (1,25 + 2 \cdot 0,08) = 1,09 \text{ мм}$$

$$S_{3min2} = 2,5 - (1,45 + 2 \cdot 0,08) = 0,89 \text{ мм}$$

Під час електричного розрахунку було розраховано мінімальну відстань між двома контактними площадками, яка становить 0,65мм, мінімальну відстань між елементами провідного матеріалу, яка становить 0,38мм,

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мінімальну відстань між двома провідниками 0,89мм.

При розрахунку мінімальної ширини друкованого провідника, в результаті обрахунків ширина друкованого провідника дорівнює 0,2 мм.

Враховуючи вищесказане можна сказати що всі контактні площадки будуть мати розміри стандартної форми.

2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу

Оцінка теплових режимів роботи проектного виробу є важливим етапом конструкторської розробки, оскільки підвищення температури електронних компонентів може призвести до зміни їх параметрів, зниження надійності та скорочення терміну служби пристрою. Метою аналізу теплового режиму є визначення умов відведення тепла та перевірка можливості нормальної роботи виробу без застосування спеціальних засобів охолодження.

Основними джерелами тепловиділення у пристрої є мережевий трансформатор, випрямні діоди, стабілізатор напруги та інші елементи силового кола. Під час роботи частина електричної енергії перетворюється на теплову, що призводить до нагрівання окремих компонентів та внутрішнього об'єму корпусу.

Конструкція виробу передбачає встановлення трансформатора окремо від друкованої плати, що сприяє зменшенню передачі тепла до електронних компонентів. Крім того, найбільш тепловиділяючі елементи розташовані на достатній відстані від чутливих електронних компонентів, що забезпечує рівномірніший розподіл температури всередині корпусу.

Корпус виробу має габаритні розміри 98×108×87 мм, що створює достатній внутрішній об'єм для природної циркуляції повітря. Відведення тепла здійснюється шляхом природної конвекції та теплопровідності через друковану плату, кріпильні елементи та стінки корпусу. Використання пластикового корпусу забезпечує електробезпеку, хоча його теплопровідність є нижчою порівняно з металевими конструкціями. Водночас відносно невелика

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

потужність тепловиділення дозволяє підтримувати допустимий температурний режим без додаткового охолодження.

Для друкованої плати використовується склотекстоліт, який має достатню теплостійкість і здатний тривалий час працювати при температурах до 100–120 °С без погіршення механічних та електричних характеристик. Мідні провідники плати частково виконують функцію розподілу та відведення тепла від електронних компонентів.

Найбільший нагрів у процесі експлуатації спостерігається в зоні силового трансформатора та випрямляча. Температура цих елементів за нормальних умов експлуатації не повинна перевищувати допустимих значень, встановлених виробниками компонентів. Для більшості напівпровідникових приладів максимально допустима температура кристала становить близько 125 °С, однак у нормальному режимі роботи вона значно нижча.

Оскільки потужність пристрою є відносно невеликою, а всі елементи розміщені з урахуванням вимог теплового проектування, спеціальні радіатори великої площі та системи примусового охолодження не потрібні. Тепловий режим можна вважати нормальним, якщо температура всередині корпусу не перевищує температуру навколишнього середовища більш ніж на 15–25 °С.

Проведений аналіз конструкції показує, що проєктований виріб має сприятливий тепловий режим роботи. Рациональне розташування компонентів, достатній внутрішній об'єм корпусу та відносно невелике тепловиділення забезпечують ефективне природне охолодження. Це дозволяє гарантувати стабільність електричних параметрів, високу надійність і тривалий термін експлуатації пристрою без використання додаткових засобів тепловідведення.

2.1.7 Розрахунок надійності проєктованого пристрою

Надійність характеризується рядом розрахункових показників, найбільш важливими з яких є інтенсивність відмов, середнє напрацювання до відмови, імовірність безвідмовної роботи. Надійність – це властивість виробу

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

виконувати задані функції в певних умовах експлуатації при збереженні значень основних параметрів в заданих межах. Імовірність безвідмовної роботи вказує на те, яка частина виробів із заданої їх кількості буде працювати безвідмовно протягом заданого часу. Інтенсивністю відмов називають кількість відмов за одиницю часу, що приходить на один виріб, який продовжує працювати в даний момент часу. Середнє напрацювання до відмови знаходять при перевірці великої кількості виробів. Чим більше значення ТСР, тим краща надійність виробу. Розрахунок надійності проектного виробу проводимо за допомогою спеціальної програми NAD_Release [16]:

Таблиця 2.14 - Вихідні дані для розрахунку надійності

п/п	Назва групи елементів	К-сть шт.	$K_{\text{нопр}}$	$I_{\text{відм}} * 1e-06$	$K\text{-сть} * K_{\text{нав від}} * 1e-06$
1	Мікросхеми	1	1	0,03	0,03
2	Діоди	4	0,35	0,7	0,98
3	Конденсатори електrolітичні	5	0,4	2,4	4,8
4	Світлодіоди	1	1	4	4
5	Резистори постійні	9	0,42	0,8	3,024
6	Резистори змінні	1	0,1	3,2	0,32
7	Трансформатор	1	0,1	2,1	0,21
8	Друкована плата	1	1	0,1	0,1
9	Пайки	67	1	0,02	1,34
10	Запобіжник	1	1	0,5	0,5
11	Перемикач	1	1	0,5	0,5
12	Гніздо	2	1	0,05	0,1
13	Транзистори	3	0,35	4	4,2
14	Цифровий вольтметр	1	1	7,3	7,3

Коефіцієнти впливу:

Коефіцієнт механічних впливів: 1;

Коефіцієнт впливу вологості і температури: 1;

Коефіцієнт атомосферних впливів: 1;

Результати розрахунку:

Інтенсивність відмов: 2.7344e-005 1/год

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Середня наробка до відмови: 36571.1 год.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$:

$t = 10$ год. $P(t) = 0.999727$

$t = 100$ год. $P(t) = 0.997269$

$t = 1000$ год. $P(t) = 0.973026$

$t = 10000$ год. $P(t) = 0.760758$

$t = 100000$ год. $P(t) = 0.064933$

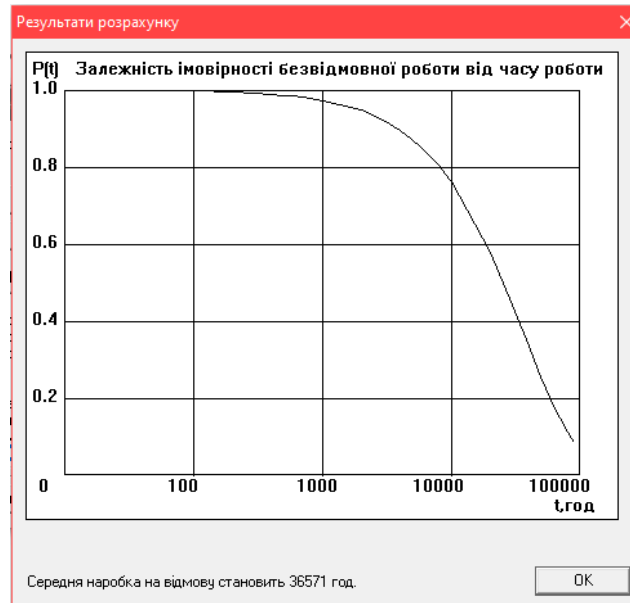


Рисунок 2.17 - Графік залежності ймовірності безвідмовної роботи від часу

Напрацювання на відмову становить 36571 год. Надійність виробу є досить високою, що супроводжується якісною роботою приладу довго та надійно.

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

Техніко-економічний аналіз проектного виробу проводиться з метою оцінки його конструктивних особливостей, технологічності, надійності, економічної доцільності виготовлення та конкурентоспроможності. Аналіз

показує, наскільки прийняті конструкторські рішення відповідають вимогам виробництва, експлуатації та економічної ефективності.

Конструкція виробу побудована на основі односторонньої друкованої плати розміром 65×65 мм, що дозволяє значно скоротити кількість монтажних з'єднань, підвищити надійність електричних контактів та спростити процес складання. Використання друкованого монтажу забезпечує високу повторюваність параметрів виробу при серійному виготовленні та знижує трудомісткість монтажних операцій порівняно з навісним монтажем.

Однією з важливих переваг конструкції є її компактність. Габаритні розміри корпусу становлять 98×108×87 мм, що забезпечує зручність транспортування, експлуатації та зберігання пристрою. Рациональне компонування внутрішніх вузлів дозволяє максимально ефективно використовувати внутрішній об'єм корпусу без погіршення умов охолодження та технічного обслуговування.

При розробці виробу використані широко розповсюджені та доступні комплектуючі елементи: резистори, конденсатори, діоди, стабілізатори напруги, трансформатор та стандартні кріпильні вироби. Застосування типових компонентів знижує собівартість виготовлення пристрою, спрощує його ремонт та забезпечує доступність запасних частин протягом тривалого часу.

Конструкція виробу характеризується високою технологічністю. Одностороння друкована плата виготовляється за відносно простою хімічною технологією, що не потребує складного обладнання та дорогих виробничих процесів. Відсутність багат шарових друкованих плат і складних механічних вузлів додатково знижує витрати на виготовлення та контроль якості.

З точки зору надійності конструкція має низку переваг. Жорстке кріплення друкованої плати та трансформатора забезпечує стійкість до механічних впливів і вібрацій. Використання запобіжника підвищує електробезпеку та захищає пристрій від аварійних режимів роботи.

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Застосування ізолюючих втулок у місцях проходження проводів через корпус запобігає пошкодженню ізоляції та виникненню коротких замикань.

Важливим економічним фактором є низькі витрати на експлуатацію виробу. Пристрій не потребує складного технічного обслуговування, а його ремонт може виконуватися шляхом заміни окремих стандартних компонентів без необхідності повної заміни вузлів. Це дозволяє зменшити експлуатаційні витрати та продовжити термін служби виробу.

Тепловий режим пристрою забезпечується природним охолодженням без використання вентиляторів або інших систем примусового відведення тепла. Відсутність додаткових охолоджувальних пристроїв зменшує матеріальні витрати, спрощує конструкцію та підвищує її надійність.

Економічна ефективність виробу також досягається завдяки використанню недорогих конструкційних матеріалів, зокрема склотекстоліту для друкованої плати, пластикового корпусу та стандартних сталевих кріпильних елементів із захисним покриттям. Такі матеріали забезпечують необхідні механічні та електричні характеристики при відносно невисокій вартості.

Даний пристрій відноситься до вимірювальних приладів. Його напруга живлення становить 220В, а струм споживання 0,8А. Тому потужність буде рівна:

$$P=I*U=0,8*220=2,4 \text{ (Вт)} \quad (2.20)$$

2.2 Технологічна частина

2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу

Складання та монтаж проектного виробу виконуються відповідно до вимог конструкторської документації з метою забезпечення надійності, безпеки та зручності експлуатації пристрою. Конструкція виробу передбачає

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використання друкованого монтажу, що дозволяє зменшити габарити пристрою, підвищити якість електричних з'єднань та спростити процес складання.

Основою електронного вузла є одностороння друкована плата, виготовлена із застосуванням хімічної технології. Габаритні розміри плати становлять 65×65 мм. На платі розміщуються всі електронні компоненти згідно зі схемою електричною принциповою та монтажним кресленням. Розташування елементів виконано таким чином, щоб забезпечити мінімальну довжину провідників, зменшити рівень електромагнітних завад та полегшити процес монтажу і подальшого технічного обслуговування.

Монтаж компонентів здійснюється методом пайки в отвори друкованої плати. Спочатку встановлюються малогабаритні елементи, такі як резистори, діоди та конденсатори невеликої висоти. Після цього монтуються більші компоненти, зокрема електролітичні конденсатори, напівпровідникові прилади, роз'єми та інші елементи конструкції. Особлива увага приділяється дотриманню полярності електролітичних конденсаторів і напівпровідникових компонентів, оскільки помилки під час монтажу можуть призвести до виходу пристрою з ладу.

Після завершення монтажу друкована плата встановлюється всередині корпусу на нижній кришці. Кріплення здійснюється за допомогою чотирьох гвинтів, що забезпечують надійну фіксацію плати та її стійкість до механічних навантажень, які можуть виникати під час транспортування або експлуатації виробу. Таке конструктивне рішення також забезпечує необхідний зазор між платою та металевими або пластиковими елементами корпусу.

На нижній кришці корпусу додатково встановлюється силовий трансформатор, який є одним із найважчих елементів конструкції. Його кріплення виконується за допомогою гвинтів і гайок, що гарантує високу механічну міцність та запобігає зміщенню трансформатора під час роботи

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пристрою. Надійне закріплення трансформатора також сприяє зменшенню вібрацій та механічних навантажень на електричні з'єднання.

На верхній кришці корпусу розміщуються елементи керування та індикації, які забезпечують взаємодію користувача з пристроєм. До них належать цифровий вольтметр для контролю вихідної напруги, світлодіодний індикатор режиму роботи, змінний резистор для регулювання параметрів пристрою та перемикач режимів роботи. Світлодіод встановлюється через ізолюючу втулку, що підвищує електробезпеку та покращує зовнішній вигляд виробу.

З'єднання окремих вузлів між собою здійснюється за допомогою монтажних проводів необхідного перерізу. Для підключення зовнішніх ланцюгів використовуються роз'єми, розташовані в зоні стикування верхньої та нижньої кришок корпусу. У цій же частині конструкції встановлюється мережевий шнур живлення та плавкий запобіжник у спеціальному тримачі. Для захисту проводів від механічних пошкоджень і запобігання пробоям ізоляції застосовуються ізолюючі втулки, які підвищують надійність та безпеку експлуатації виробу.

Після завершення механічного складання проводиться контроль якості монтажу, перевірка надійності всіх кріплень, правильності електричних з'єднань і якості пайки. Далі виконуються електричні випробування, під час яких контролюється працездатність пристрою, відповідність вихідних параметрів технічним вимогам та відсутність коротких замикань.

Корпус виробу має габаритні розміри 98×108×87 мм, що забезпечує компактне розміщення всіх вузлів та раціональне використання внутрішнього простору. Обрана конструкція дозволяє досягти високої надійності, зручності монтажу та простоти обслуговування пристрою протягом усього терміну його експлуатації.

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції. Вибір інструментів, пристосувань, оснастки.

Друкована плата у розробленому пристрої виконана односторонньою, що зумовлено прагненням забезпечити високу технологічність конструкції, зменшити витрати на виготовлення та спростити виробничий процес. Незважаючи на значну кількість електричних з'єднань, необхідна компактність досягнута завдяки раціональному розміщенню елементів і оптимізований топології провідних доріжок, що дозволяє ефективно використовувати площу плати без ускладнення її конструкції.

Використання односторонньої друкованої плати дає змогу відмовитися від металізації отворів, що істотно спрощує технологію виготовлення та знижує собівартість виробу. Усі електричні з'єднання реалізовані з одного боку плати, а у випадках, коли це необхідно, застосовуються монтажні перемички або додаткові провідники для організації перехідних з'єднань [27].

Для виготовлення плати обрано фольгований склотекстоліт типу СФ-1–35–1,5, який відповідає вимогам стандартів і забезпечує належну механічну міцність, стабільність геометричних параметрів, а також високі діелектричні характеристики. Товщина матеріалу підібрана таким чином, щоб забезпечити достатню жорсткість конструкції та зручність монтажу електрорадіоелементів.

Виготовлення друкованої плати здійснюється методом хімічного травлення, який є найбільш поширеним для односторонніх плат завдяки своїй простоті, доступності обладнання та економічній ефективності. Цей метод дозволяє отримати якісні провідні доріжки при мінімальних витратах ресурсів.

Компонування елементів на платі виконано з урахуванням мінімізації довжини провідників, що сприяє зменшенню паразитних параметрів і підвищенню надійності роботи пристрою. Такий підхід дозволяє забезпечити необхідні функціональні характеристики без ускладнення конструкції.

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, застосування односторонньої друкованої плати є технічно та економічно обґрунтованим рішенням, яке забезпечує простоту виготовлення, зниження вартості, достатню компактність і надійну роботу пристрою.

Технологічність конструкції виробу визначається як сукупність її властивостей, що забезпечують мінімальні витрати праці, матеріалів, часу та виробничих ресурсів на всіх етапах життєвого циклу виробу — від розробки до експлуатації та ремонту — за умови збереження необхідного рівня якості. Оцінка технологічності проводиться з метою оптимізації конструкції та зменшення витрат на її створення, виготовлення й обслуговування. Вона включає конструктивно-технологічний аналіз виробу з точки зору його пристосованості до умов виробництва.

Якісна оцінка технологічності передбачає обґрунтування вибору матеріалів, методів виготовлення, використовуваного обладнання та інструментів. При цьому аналізується обсяг робіт і визначається перелік основних технологічних операцій [15].

До основних етапів виготовлення друкованого вузла належать:

- підготовка (комплектація) радіoeлектронних компонентів;
- встановлення та механічне кріплення елементів, що може виконуватись вручну або із застосуванням напівавтоматизованого обладнання;
- пайка монтажних з'єднань, яка в даному випадку здійснюється методом хвильової пайки з використанням припою ПОС-61 і флюсу АТІ-120;
- контроль якості паяних з'єднань на механічну міцність із застосуванням спеціалізованих стендів;
- візуальний контроль правильності монтажу;
- перевірка електричної міцності з'єднань за допомогою відповідного обладнання.

У результаті виконання зазначених операцій формується готовий друкований вузол пристрою.

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Корпус виробу виготовляється з поліетилентерефталату (ПЕТФ-КМ), який характеризується достатньою міцністю, стійкістю до температурних впливів (від -50 до $+90$ °C) та прийнятною усадкою в межах 1,2–1,5 %. Технологічний процес виготовлення корпусу, що складається з двох кришок, включає кілька послідовних операцій.

Спочатку виготовляється прес-форма із застосуванням верстатів з числовим програмним керуванням. Далі здійснюється підготовка полімерної сировини та формування виробів методом лиття під тиском через спеціальні литникові канали. Після цього відбувається поступове охолодження виробів у формі.

На завершальному етапі виконуються механічні доробки, зокрема видалення литникових залишків, свердління отворів та інші необхідні операції. Заключним етапом є контроль якості, який проводиться шляхом суцільного (100%) візуального огляду готових деталей.

Таким чином, запропонована конструкція виробу характеризується високою технологічністю, оскільки передбачає використання доступних матеріалів, простих та економічно доцільних методів виготовлення, а також мінімізацію складності виробничих процесів при забезпеченні необхідної якості та надійності [32].

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

Друкована плата є основою конструкції проектного електронного пристрою та призначена для механічного кріплення радіоелектронних компонентів і забезпечення електричних з'єднань між ними. Для даного виробу застосовується одностороння друкована плата, виготовлена хімічним методом, який є одним із найбільш поширених способів виробництва друкованих плат завдяки своїй простоті, економічності та достатній точності.

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Одностороння друкована плата має струмопровідний рисунок лише з одного боку діелектричної основи. Така конструкція є оптимальною для пристроїв невисокої та середньої складності, оскільки забезпечує простоту виготовлення, низьку собівартість і високу надійність. Габаритні розміри плати становлять 65×65 мм, що дозволяє компактно розмістити всі необхідні електронні компоненти та забезпечити зручність монтажу.

Основним матеріалом для виготовлення друкованої плати обрано фольгований склотекстоліт марки FR-4. Цей матеріал складається зі склотканини, просоченої епоксидною смолою, та шару мідної фольги товщиною 35 мкм. Склотекстоліт характеризується високою механічною міцністю, хорошими діелектричними властивостями, вологостійкістю та теплостійкістю, що забезпечує стабільну роботу пристрою в різних умовах експлуатації.

Технологічний процес виготовлення друкованої плати хімічним методом включає декілька основних операцій.

На першому етапі здійснюється підготовка заготовки з фольгованого склотекстоліту необхідних розмірів. Поверхня мідної фольги очищується від забруднень, оксидів та жирових відкладень для забезпечення якісного формування провідного рисунка.

Наступним етапом є нанесення захисного шару на ті ділянки поверхні мідної фольги, які повинні залишитися після травлення. Для цього використовується фоторезист або спеціальний кислотостійкий лак. На поверхні формується топологія друкованого монтажу відповідно до креслення друкованої плати.

Після нанесення захисного рисунка виконується операція травлення. Заготовка занурюється в травильний розчин, який розчиняє незахищені ділянки мідної фольги. У результаті на поверхні плати залишається лише необхідний струмопровідний рисунок, що утворює електричні з'єднання між компонентами.

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після завершення травлення залишки захисного покриття видаляються спеціальними розчинниками. Далі проводиться ретельне промивання та сушіння плати. Для забезпечення можливості встановлення радіоелектронних компонентів виконують свердління монтажних і кріпильних отворів відповідно до конструкторської документації.

На наступному етапі здійснюється підготовка контактних площадок до пайки. З цією метою виконується лудіння провідників і контактних майданчиків шаром припою, що запобігає окисненню міді та покращує якість паяних з'єднань.

Для виготовлення друкованої плати використовуються такі основні матеріали:

- фольгований склотекстоліт FR-4 товщиною 1,5 мм;
- мідна фольга товщиною 35 мкм;
- припій ПОС-61 для лудіння та монтажу компонентів;
- каніфоль або флюс для покращення процесу пайки.

До допоміжних матеріалів належать:

- фоторезист або кислотостійкий лак для формування захисного рисунка;
- травильний розчин на основі хлорного заліза або персульфату амонію;
- розчинники для видалення захисного покриття;
- мийні засоби для очищення поверхні плати;
- свердла малих діаметрів для виконання монтажних отворів;
- ізопропіловий спирт для остаточного очищення поверхні після виготовлення.

Обрана технологія виготовлення друкованої плати забезпечує високу точність формування провідного рисунка, добру якість електричних з'єднань та низьку собівартість виробництва. Використання односторонньої друкованої плати та хімічного методу її виготовлення є економічно обґрунтованим рішенням для даного пристрою, оскільки дозволяє отримати надійну

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструкцію при мінімальних виробничих витратах. Це сприяє підвищенню технологічності виробу та спрощує процес його серійного виготовлення.

2.2.4 Кількісна оцінка технологічності друкованого вузла

При кількісній оцінці технологічності розраховується комплексний показник технологічності K , який враховує усереднене значення часткових показників з урахуванням коефіцієнтів, які характеризують їх значимість при розрахунку.

Коефіцієнт використання мікросхеми $K_{\text{вик.імс}}$ визначається за формулою:

$$K_{\text{вик.імс}} = \frac{H_{\text{імс}}}{H_{\text{імс}} + H_{\text{ЕРЕ}}} = \frac{1}{1 + 22} = 0,04 \quad (2.21)$$

Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу $K_{\text{А.М}}$ виробу визначається за формулою:

$$K_{\text{А.М}} = \frac{H_{\text{А.М}}}{H_{\text{М}}} = \frac{67}{67} = 1 \quad (2.22)$$

де $H_{\text{А.М}}$ – загальна кількість монтажних з'єднань, які здійснюються або можуть здійснюватись автоматизованим способом, тобто наявні механізми для виконання монтажних з'єднань.

$H_{\text{М}}$ – загальна кількість монтажних з'єднань.

Коефіцієнт амортизації і механізації підготовки ЕРЕ до монтажу $K_{\text{М.П.ЕРЕ}}$ визначається за формулою:

$$K_{\text{М.П.ЕРЕ}} = \frac{H_{\text{М.П.ЕРЕ}}}{H_{\text{ЕРЕ}}} = \frac{22}{22} = 1 \quad (2.23)$$

де $H_{\text{М.П.ЕРЕ}}$ кількість ЕРЕ, підготовка до яких до монтажу здійснюється або може здійснюватися механізованим або автоматизованим методом, тобто наявні механізми, обладнання чи оснастки для виконання цих операцій. До числа вказаних ЕРЕ входять і такі, що не потребують спеціальної підготовки до монтажу.

Коефіцієнт повторюваності електрорадіоелементів $K_{\text{ПОВТ.ЕРЕ}}$

визначається за формулою:

$$K_{\text{ПОВТ.ЕРЕ}} = 1 - \frac{H_{\text{Т.ЕРЕ}}}{H_{\text{ЕРЕ}}} = 1 - \frac{22}{22} = 0 \quad (2.24)$$

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

Коефіцієнт застосовності електрорадіоелементів $K_{\text{ЗАСТ.ЕРЕ}}$ визначається за формулою:

$$K_{\text{ЗАСТ.ЕРЕ}} = 1 - \frac{H_{\text{Т.ОР.ЕРЕ}}}{H_{\text{Т.ЕРЕ}}} = 1 - \frac{22}{22} = 0 \quad (2.25)$$

де $H_{\text{Т.ОР.ЕРЕ}}$ кількість типорозмірів оригінальних ЕРЕ у виробів

$H_{\text{Т.ЕРЕ}}$ – загальна кількість типорозмірів ЕРЕ у виробі

Коефіцієнт установочних розмірів електрорадіоелементів $K_{\text{ВСТ.Р}}$ визначається за формулою:

$$K_{\text{ВСТ.Р}} = 1 - \frac{H_{\text{ВСТ.Р}}}{H_{\text{ЕРЕ}}} = 1 - \frac{5}{22} = 0,8 \quad (2.26)$$

де $H_{\text{ВСТ.Р}}$ кількість видів встановлених розмірів ЕРЕ у виробі

Коефіцієнт прогресивності Формоутворення $K_{\text{Ф}}$ деталей визначається за формулою:

$$K_{\text{Ф}} = \frac{D_{\text{пр}}}{D} = \frac{1}{1} = 1 \quad (2.27)$$

де $D_{\text{пр}}$ – кількість деталей, заготовки або самі деталі отримані прогресивним методом формоутворення.

Комплексний показник технологічності K визначається за формулою

$$K = \frac{K_1\phi_1 + K_2\phi_2 + \dots + K_i\phi_i}{\phi_1 + \phi_2 + \dots + \phi_i} = \frac{0,04*1 + 1*1*0,75 + 0,1*0,5 + 0*0,310 + 0,8*0,187 + 1*0,110}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,310 + 0,187 + 0,110} = 0,53 \quad (2.28)$$

Оцінка рівня технологічності виробу визначається з відношення розрахованого комплексного показника K до комплексного нормативного показника K_n , який відображає реальний існуючий рівень технологічності на

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підприємствах по випуску РЕА. Для нашого виробу $K_n = 0,5$.

Відношення K/K_n повинно задовольняти умову:

$$\frac{K}{K_n} \geq 1 \quad (2.29)$$

Перевіряємо умову: $\frac{0,53}{0,5} = 1,06 \geq 1$.

З відношення бачимо що дана умова виконується, отже виріб вважається технологічним.

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

Маршрутно-операційна технологія складання включає в себе наступні кроки:

- установка друкованого вузла у нижню частину корпусу;
- кріплення друкованого вузла до нижньої частини корпусу за допомогою чотирьох гвинтів;
- кріплення трансформатора на нижню кришку за допомогою гвинтів та шайб;
- кріплення перемикача та гнізд, резисторів, вольтметра на верхню кришку;
- кріплення шнура живлення та запобіжника;
- фіксація кришок за допомогою гвинтів [24].

Маршрутно-операційна технологія складання друкованого вузла включає в себе наступні кроки:

- розконсервація друкованої плати;
- маркування заводського номера;
- захист контактних площадок, які не підлягають автоматизованій пайці, латексом;
- сушка;

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- формування виводів ЕРЕ;
- лудження виводів ЕРЕ;
- встановлення ЕРЕ;
- автоматизована пайка хвилею припою;
- рихтування;
- регулювання;
- лакування;
- технічний контроль [21].

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 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; приймається –1000грн/м² за місяць). При цьому вартість передавальних пристроїв включається в орендну плату будівель.

Вартість будівель розраховується за формулою:

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

$$V_{\text{буд}} = 1200 \times 125 = 150000 \text{ (грн.)}$$

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

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

$S_{\text{буд}}$ – площа будівлі, м² (приймається 125м²).

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

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

$$V_{\text{буд}\Sigma} = 150000 + 75000 = 225000 \text{ (грн.)}$$

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

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

При цьому вартість обладнання складає:

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

$$V_{\text{обл}} = 150000 \cdot 0,5 = 75000 \text{ (грн.)}$$

де K_o – коефіцієнт, що враховує вартість обладнання ($K_o=0,5$).

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

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:

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

$$V_{\text{інстр}} = 75000 \times 0,02 \times 1,1 = 1650 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$V_{\text{інв}} = 75000 \times 0,03 \times 1,1 = 2475 \text{ (грн.)}$$

4) Загальний обсяг виробничих інвестицій розраховується за формулою:

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

$$\Pi = 225000 + 1650 + 2475 = 229125 \text{ (грн.)}$$

5) Величина амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

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

$$A = \frac{3300 \times 25}{100} = 1031,25 \text{ (грн.)}$$

де $S_{\text{бал}}$ - балансова вартість основних фондів, грн. (для розрахунку приймають величину вартості основних фондів, що розрахована за формулами 3.4– 3.5 в тому випадку, коли будівлі орендують разом з обладнанням);

H_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

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Таблиця 3.1 - Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

№з/ п	Найменування основних фондів	Балансова вартість основних фондів, тис. грн.	Річна сума амортизаційних відрахувань, тис. грн.
	Інструменти та прилади	1650	412,5
	Виробничий та господарський інвентар	2475	618,75
	Всього:	3300	1031,25

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

Рекомендації щодо розрахунку статей калькуляції собівартості продукції.

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

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

$$B_M = \sum_{i=1}^m (H_{Mi} \times C_{Mi}) \times K_{Tp} \quad (3.8)$$

$$B_M = 589 \times 1,04 = 612,56 \text{ (грн.)}$$

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

Таблиця 3.2- Розрахунки

№ з/п	Назва матеріалу (покупного виробу)	Кількість	Ціна за одиницю	Загальна вартість
1	Плата друкована	1	75	75
2	Кришка нижня	1	70	70
3	Кришка верхня	1	70	70
4	Мікросхема	1	70	70
5	Конденсатори електролітичні	5	10	50
6	Цифровий вольтметр	1	55	55
7	Резистори постійні	8	0,5	4
8	Світлодіод	1	10	10
9	Запобіжник	1	20	20
10	Перемикач	1	10	10
11	Роз'єм	2	10	20
12	Діод	4	5	20
13	Транзистор	3	5	15
14	Трансформатор	1	100	100
				589

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 ($B_{o.z.pl.}$):

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

для розрахунку заробітної плати працівників визначають відрядну розцінку за кожну операцію (одиницю роботи чи продукції), виконану працівником, за формулою:

$$P_{\text{від}} = \frac{\sum_{i=1}^m T_{\text{шт},i}}{60} \times C_z, \quad (3.9)$$

$$P_{\text{від}} = \frac{32}{60} \times 220 = 117,33(\text{грн})$$

де $t_{\text{шт}, i}$ – час виконання однієї операції (одиниці роботи чи продукції);

C_z – годинна тарифна ставка відповідно до розряду виконуваних робіт (див. додаток А).

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	$T_{\text{шт}, \text{хв.}}$	Розряд	Годинна тарифна ставка, (Сг),грн/год
1	Пайка	14	V	220
2	Регулювання	10	V	220
3	Складання	8	V	220
	Всього	32		

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

$$V_{\text{дод.з.пл.}} = P_{\text{від}} \times 0.11 \quad (3.10)$$

$$V_{\text{дод.з.пл.}} = 117,33 \times 0,11 = 12,91 (\text{грн})$$

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

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

$$C_{\text{в.с.з.}} = \frac{22}{100} \times (117,33 + 12,91) = 28,65 \text{ (грн)}$$

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

6) Витрати на утримання та експлуатацію машин і механізмів є 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:

$$B_{\text{уео}} = \frac{\alpha_{\text{уео}}}{100} \times (P_{\text{від}} + B_{\text{дод.з.пл.}}) \quad (3.12)$$

$$B_{\text{уео}} = \frac{93}{100} \times (117,33 + 12,91) = 121,12 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{\text{уео}}$ - відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання (приймається 93%);

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:

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

$$B_{\text{зв}} = \frac{155}{100} \times (117,33 + 12,91) = 201,87 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{\text{зв}}$ - відсоток загальновиробничих витрат (приймають 155%).

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

$$S_{\text{вир}} = B_{\text{м}} + (P_{\text{від}} + B_{\text{дод.з.пл.}} + C_{\text{в.с.з.}}) + B_{\text{уео}} + B_{\text{зв}} \quad (3.14)$$

$$S_{\text{вир}} = 612,56 + (117,33 + 12,91 + 28,65) + 121,12 + 201,87 = 1094,44 \text{ (грн.)}$$

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

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	612,56
2	Основна заробітна плата виробничих робітників	117,33
3	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	12,91
4	Відрахування на соціальні заходи	28,65
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	121,12
6	Загальновиробничі витрати	201,87
Разом виробнича собівартість (сума 1-6), в тому числі:		1094,44
7	-змінні (сума 1-4) $B_{зм.од}$	771,45
8	-умовно-постійні (сума 5-6) $B_{уп.од}$	322,99

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

$$C_{од}_{пр} = S_{пов} \times \frac{100 + \alpha_{пр}}{100} \quad (3.15)$$

$$C_{од}_{пр} = 1094,44 \times \frac{100 + 26}{100} = 1378,99 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{пр}$ —відсоток запланованого прибутку (приймається 26%);

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:

$$P_p = (C_{од}_{пр} - S_{пов.}) \times N_p, \quad (3.16)$$

$$P_p = (1378,99 - 1094,44) \times 1000 = 284550 \text{ (грн),}$$

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

$\Pi_{одпр}$ - ціна одиниці продукції, грн.;

$S_{пов}$ - собівартість одиниці продукції, грн.;

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

2) Чистий прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою:

$$\text{ЧП} = \Pi_p - \Pi_p \times \frac{\Pi_{одпр}}{100}, \quad (3.17)$$

$$\text{ЧП} = 284550 - 284550 \times \frac{18}{100} = 233331 (\text{грн.})$$

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

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

3) Собівартість всього виробництва розраховується за формулою:

$$S_{повq} = S_{пов} \times N_p \quad (3.18)$$

$$S_{повq} = 1094,44 \times 1000 = 1094440 (\text{грн.})$$

4) Рентабельність продукції визначається за формулою:

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

$$R_{п} = \frac{233331}{1094440} \times 100\% = 21,32 \%$$

де $R_{п}$ - рентабельність продукції, %;

$S_{повq}$ - 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:

$$\text{ГП} = \text{ЧП}_t + A_t, \quad (3.20)$$

$$\text{ГП} = 233331 + 1031,25 = 234362,25 (\text{грн.}),$$

де ГП_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

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

за формулою:

$$\text{ЧТВ} = \text{ТВ} - \text{ПІ} \quad (3.21)$$

$$\text{ЧТВ} = 406744,4 - 229125 = 177619,4 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$\text{ТВ} = \frac{234362,25}{(1+0,1)^1} + \frac{234362,25}{(1+0,1)^2} = 406744,4 \text{ (грн.)}$$

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, ... ,n (приймається з розрахунку виконання умови ТВ>ПІ).

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:

$$\text{ІП} = \frac{\text{ТВ}}{\text{ПІ}} \quad (3.23)$$

$$\text{ІП} = \frac{406744,4}{229125} = 1,78$$

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

де ІІ- 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:

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

$$\text{Ток}_{\text{диск}} = \frac{229125}{203372,2} = 1,13\text{р}$$

де ГП_{диск} - середньорічна величина дисконтованих грошових потоків:

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

$$\text{ГП}_{\text{диск}} = \frac{406744,4}{2} = 203372,2 \quad (\text{грн.})$$

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.	1000
2	Собівартість виробу	грн./од.	1094,44
3	Ціна одиниці виробу	грн./од.	1378,99
4	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	грн.	229125
5	Чистий прибуток	грн.	233331
6	Рентабельність виробу	%	21,32
8	Чиста теперішня вартість проекту	грн.	177619,4
9	Індекс прибутковості	-	1,78
10	Дисконтований термін окупності інвестицій	років	1,13

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Інструктажі з охорони праці, їх поділ.

Види інструктажів

За характером і часом проведення інструктажі з питань охорони праці поділяються на вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий.

Вступний інструктаж проводиться:

- з усіма працівниками, яких приймають на постійну або тимчасову роботу, незалежно від освіти, стажу роботи та посади;
- з працівниками інших організацій, які прибули на підприємство і беруть безпосередню участь у виробничому процесі або виконують інші роботи для підприємства;
- з учнями та студентами, які прибули на підприємство для проходження виробничої практики;
- у разі екскурсії на підприємство;
- з усіма вихованцями, учнями, студентами та іншими особами, які навчаються в середніх, позашкільних, професійно-технічних, вищих закладах освіти при оформленні або зарахуванні до закладу освіти.

Первинний інструктаж; проводиться до початку роботи безпосередньо на робочому місці з працівником:

- новоприйнятим (постійно чи тимчасово) на підприємство;
- який переводиться з одного цеху виробництва до іншого;
- який буде виконувати нову для нього роботу;
- з відрядженим працівником, який бере безпосередню участь у виробничому процесі на підприємстві.

Проводиться з вихованцями, учнями та студентами середніх, позашкільних, професійно-технічних, вищих закладів освіти:

- на початку занять у кожному кабінеті, лабораторії, де навчальний процес пов'язаний з небезпечними або шкідливими хімічними, фізичними, біологічними факторами, у гуртках, перед уроками трудового навчання,

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фізкультури, перед спортивними змаганнями, вправами на спортивних снарядах, при проведенні заходів за межами території закладів освіти;

- перед виконанням кожного навчального завдання, пов'язаного з використанням різних механізмів, інструментів, матеріалів;

- на початку вивчення кожного нового предмета (розділу, теми) навчального плану (програми) — із загальних вимог безпеки, пов'язаних з тематикою і особливостями проведення цих занять.

Повторний інструктаж проводиться з працівниками на робочому місці б терміни, визначені відповідними чинними галузевими нормативними актами або керівником підприємства з урахуванням конкретних умов праці, але не рідше:

- на роботах з підвищеною небезпекою — 1 раз на три місяці;
- для решти робіт — 1 раз на шість місяців.

Позаплановий інструктаж проводиться: з працівниками на робочому місці або в кабінеті охорони праці:

- при введенні в дію нових або переглянутих нормативних актів про охорону праці, а також при внесенні змін та доповнень до них;

- при зміні технологічного процесу, заміні або модернізації устаткування, приладів та інструментів, вихідної сировини, матеріалів та інших факторів, що впливають на стан охорони праці;

- при порушеннях працівниками вимог нормативних актів про охорону праці, що можуть призвести або призвели до травм, аварій, пожеж;

- при виявленні особами, які здійснюють державний нагляд і контроль за охороною праці, незнання вимог безпеки стосовно робіт, що виконуються працівником;

- при перерві в роботі виконавця робіт більш ніж на 30 календарних днів;

- для робіт з підвищеною небезпекою, а для решти робіт — понад 60 днів;

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- з вихованцями, учнями, студентами — в кабінетах, лабораторіях, майстернях при порушеннях ними вимог нормативних актів про охорону праці, що можуть призвести або призвели до травм, аварій, пожеж .

Цільовий інструктаж проводиться з працівниками:

- при виконанні разових робіт, не передбачених трудовою угодою;
- при ліквідації аварії, стихійного лиха;
- при проведенні робіт, на які оформлюються наряд-допуск, розпорядження або інші документи.

Проводиться з вихованцями, учнями, студентами закладу освіти в разі організації масових заходів (екскурсії, походи, спортивні заходи).

Усі працівники, яких приймають на постійну чи тимчасову роботу і при подальшій роботі, повинні проходити на підприємстві навчання в формі інструктажів з питань охорони праці, подання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також з правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих. '—

Вступний інструктаж проводиться спеціалістом служби охорони праці, а в разі відсутності на підприємстві такої служби — іншим фахівцем, на якого наказом (розпорядженням) по підприємству покладено ці обов'язки і який в установленому Типовим положенням порядку пройшов навчання і перевірку знань з питань охорони праці.

Вступний інструктаж проводиться в кабінеті охорони праці або в приміщенні, що спеціально для цього обладнано, з використанням сучасних технічних засобів навчання, навчальних та наочних посібників за програмою, розробленою службою охорони праці з урахуванням особливостей виробництва. Програма та тривалість інструктажу затверджуються керівником підприємства. Орієнтовний перелік питань для складання програми вступного інструктажу визначений Типовим положенням.

Запис про проведення вступного інструктажу робиться в журналі реєстрації вступного інструктажу, який зберігається в службі охорони праці

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

або в працівника, що відповідає за проведення вступного інструктажу, а також у документі про прийняття працівника на роботу.

Первинний інструктаж проводиться індивідуально або з групою осіб одного фаху за діючими на підприємстві інструкціями з охорони праці відповідної до виконуваних робіт, а також з урахуванням вимог орієнтовного переліку питань первинного інструктажу (додаток 8 Типового положення).

Повторний інструктаж проводиться індивідуально з окремим працівником або з групою працівників, які виконують однотипні роботи, за обсягом і змістом переліку питань первинного інструктажу.

Позаплановий інструктаж проводиться індивідуально з окремим працівником або з групою працівників одного фаху. Обсяг і зміст позапланового інструктажу визначаються в кожному окремому випадку залежно від причин і обставин, що спричинили потребу його проведення.

Цільовий інструктаж проводиться індивідуально з окремим працівником або з групою працівників. Обсяг і зміст цільового інструктажу визначаються залежно від виду робіт, що виконуватимуться.

Первинний, повторний, позаплановий і цільовий інструктажі проводить безпосередній керівник робіт (начальник виробництва, цеху, дільниці, майстер) і завершуються вони перевіркою знань у вигляді усного опитування або за допомогою технічних засобів, а також перевіркою набутих навичок безпечних методів праці. Знання перевіряє особа, яка проводила інструктаж.

При незадовільних результатах перевірки знань, умінь і навичок щодо безпечного виконання робіт після первинного, повторного чи позапланового інструктажів для працівника протягом 10 днів додатково проводяться інструктаж і повторна перевірка знань. При незадовільних результатах і повторної перевірки знань питання щодо працевлаштування працівника вирішується згідно з чинним законодавством.

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При незадовільних результатах перевірки знань після цільового інструктажу допуск до виконання робіт не надається. Повторна перевірка знань при цьому не дозволяється.

Працівники, які суміщають професії (в тому числі працівники комплексних бригад), проходять інструктажі як з їх основних професій, так і з професій за сумісництвом.

Про проведення первинного, повторного, позапланового та цільового інструктажів та про допуск до роботи особою, якою проводився інструктаж, вноситься запис до журналу реєстрації інструктажів з питань охорони праці. При цьому обов'язкові підписи як того, кого інструктували, так і того, хто інструктував. Сторінки журналу реєстрації інструктажів повинні бути пронумеровані, журнали прошнуровані і скріплені печаткою.

У разі виконання робіт, що потребують оформлення наряду-допуску, цільовий інструктаж реєструється в цьому наряді-допуску, а в журналі реєстрації інструктажів — не обов'язково.

Перелік професій та посад працівників, які звільняються від первинного, повторного та позапланового інструктажів, затверджується керівником підприємства за погодженням з державним інспектором по нагляду за охороною праці. До цього переліку можуть бути зараховані працівники, участь у виробничому процесі яких не пов'язана з безпосереднім обслуговуванням обладнання, застосуванням приладів та інструментів, збереженням або пе пробкою сировини, матеріалів.

Вступний інструктаж проводиться на початку занять працівником служби охорони праці, а за відсутності такого — особою, на яку наказом керівника закладу освіти покладено ці обов'язки. Програма вступного Інструктажу розробляється службою охорони праці закладу освіти або призначеною особою і затверджується керівником закладу освіти. Орієнтовний перелік питань вступного інструктажу наведений у додатку 11 Типового положення. Запис про проведення вступного інструктажу робиться в

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

журналі реєстрації вступного інструктажу, який зберігається в службі охорони праці або в працівника, що відповідає за проведення вступного інструктажу.

Первинний інструктаж проводиться з групою вихованців позашкільних закладів освіти, учнів середніх та професійно-технічних закладів освіти чи студентів вищих закладів освіти. Тематика інструктажу та порядок його проведення визначаються відповідними положеннями Міністерства освіти України.

Позаплановий інструктаж проводиться при виявленні порушень вимог безпеки вихованцями, учнями, студентами під час навчально-виховного процесу, при зміні умов виконання навчальних завдань з професії, лабораторних робіт, інших видів занять, передбачених навчальними планами.

Цільовий інструктаж з питань охорони праці проводять з групою вихованців, учнів, студентів. Обсяг і зміст інструктажу визначаються залежно від виду масових заходів. Облік проведення цільових інструктажів здійснюється відповідно до чинних положень Міністерства освіти в журналах обліку теоретичного і виробничого навчання.

Первинний, позаплановий, цільовий інструктажі проводять відповідні вчителі, вихователі, керівники гуртків, інструктори, тренери, майстри виробничого навчання або завідувачі кабінетів (лабораторій) за відповідними інструкціями чи програмами.

4.2 Системи засобів і заходів забезпечення електробезпеки.

Щоб надійно й безпечно користуватись електроенергією, потрібно знати, якою є напруга у мережі, і на якій напрузі працює те чи інше електроустаткування.

Залежно від мети використання розрізняють такі види електричної напруги:

– до 42 В – використовується переважно для переносного і місцевого освітлення й роботи ручних електроприладів у небезпечних зонах (висока вологість, наявність металічних провідників тощо);

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 127 – 220 В – використовується для освітлення й роботи ручних електроприладів на виробництві та у побуті;
- 380 В – використовується при експлуатації промислових установок;
- понад 380 В – використовується для передачі електроенергії на відстань (лінії електропередач) і для живлення окремих електроустановок спеціального призначення.

Основне завдання електробезпеки – мінімізувати можливість негативного впливу електричного струму на людину. Досягти цієї мети можна за допомогою таких заходів і засобів:

- безпечною і надійною конструкцією електроустановок;
- організаційними та технічними заходами щодо безпечної експлуатації електроустановок та використання електричної енергії;
- технічними засобами захисту.

Конструкція електроустановки має відповідати вимогам технічних умов і стандартів. При цьому, залежно від засобів електробезпеки, усі електротехнічні вироби поділяються на 5 класів: 0, 0I, I, II, III.

Клас 0 – електрична установка має лише робочу ізоляцію як засіб захисту.

Клас 0I – крім робочої ізоляції на корпусі установки є пристрій для підключення його до заземлювача або нульового захисного провідника.

Клас I – установка має робочу ізоляцію і виконана таким чином, що підключити її до електричної мережі можна лише після під'єднання корпусу до заземлювача (нульового захисного провідника), а при від'єднанні від мережі – корпус відключається від заземлювача (нульового захисного провідника) в останню чергу.

Клас II – захист забезпечується подвійною ізоляцією.

Клас III – для живлення установки можливе використання лише малої напруги (до 42 В).

Організаційні та технічні заходи електробезпеки передбачають:

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- допуск до роботи на електроустановках осіб не молодше 18 років, які мають відповідне посвідчення, пройшли інструктаж і медичний огляд;
- призначення осіб, які відповідають за організацію та проведення робіт на електроустановках, електромережах;
- встановлення знаків безпеки та захисних огорож біля струмопровідних частин;
- огороження робочих місць та вивішування плакатів безпеки; виконання робіт за нарядом не менше ніж двома працівниками із застосуванням електрозахисних засобів,
- використання механізмів і пристосувань при проведенні робіт на струмопровідних частинах та поблизу них тощо.

Технічні засоби захисту – це пристрої, що слугують для захисту людини від ураження електричним струмом. До них належать:

- ізоляція струмовідних частин;
- недоступність для випадкового дотику до струмовідного устаткування;
- захисне заземлення;
- занулення;
- захисне відключення;
- захисне розділення електромережі;
- мала напруга;
- сигналізація про небезпеку дотику;
- електрозахисні засоби.

Стан ізоляції струмопровідних частин повинен відповідати “Правилам використання електроустановок”. Цими Правилами передбачене періодичне випробування ізоляції (2 рази на рік у приміщеннях зі складними умовами, підвищеною вологістю і 1 раз на рік у приміщеннях з нормальним середовищем). Ізоляція створює великій опір, який перешкоджає протіканню через неї струму. Опір ізоляції кожної установки або окремої ділянки

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електричної мережі має бути не меншим 0,5 МОм. Якщо опір ізоляції знижується на 50% від початкового, мережу або ізоляцію замінюють.

Більшість приладів широкого використання на виробництві та у побуті мають подвійну ізоляцію, яка складається з робочої й додаткової. Остання запобігає дії струму на людину у випадку пошкодження основної ізоляції. Знак подвійної ізоляції позначається на інструменті у вигляді символу, що зображує два квадрати різних розмірів, розміщених один в одному.

При роботі в приміщеннях без підвищеної небезпеки напруга електроприладів повинна бути не більше 220 В. При роботі в приміщеннях з підвищеною небезпекою і за межами приміщень напруга електроприладів повинна бути не більше 36 В. В особливих умовах дозволяється використовувати електроприлади напругою до 220 В, але при наявності захисного відключення або надійного заземлення корпусу з використанням захисних засобів (діелектричні рукавички, килимки, калоші). В даних умовах необхідно застосовувати електричні машини II і III класів.

Недоступність для випадкового дотику до струмопровідного устаткування досягається застосуванням стаціонарних огорожень і розташуванням неізольованих електропроводів на великій висоті (ЛЕП), або у недоступному місці. Для захисту від дотику до струмоведучих елементів комутаційних апаратів застосовують прилади закритої конструкції (пакетні вимикачі, рубильники).

Захисне заземлення – навмисне електричне з'єднання із землею металевих струмопровідних не струмоведучих частин, на яких може з'явитися напруга. Заземлення – це сукупність заземлювача і заземлювальних провідників. Заземлювачі можуть бути штучні (створені спеціально для заземлення електроустановок) і природні (металеві предмети, що знаходяться в землі і мають будівельне технологічне чи інше призначення). Для штучних заземлювачів застосовують вертикальні і горизонтальні електроди. Вертикальні – зі сталених прутів діаметром 10 – 12 мм, кутової сталі розміром

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

40 x 40 мм або сталених труб діаметром 30 – 50 мм, довжиною 2,5 – 3 м. Вертикальні електроди з'єднують сталеною штабою розміром 4 x 12 мм або круглим дротом діаметром не менше 6 мм. Опір заземлюючого пристрою не повинен перевищувати 4 – 10 Ом (перевіряється щорічно).

Захисне заземлення переважно застосовується в трифазних мережах напругою до 1000 В, з ізольованою нейтраллю, і більше як 1000 В – з будь-яким режимом нейтралі.

Основним параметром, що характеризує заземлюючий пристрій, є опір розтіканню струму, який залежить від опору землі. Наявність у ґрунті кислот і солей знижує опір розтікання, а при промерзанні і висиханні землі такий опір зростає.

Опір розтікання струму заземлювача визначають за спеціальною методикою.

Відповідно до “Правил улаштування електроустановок” (ПУЕ) захисне заземлення здійснюють:

- при напрузі змінного струму 380 В і вище та 440 В і вище для постійного струму у всіх електроустановках;

- при номінальних напругах змінного струму вище 42 В та 110 В постійного струму, що знаходяться в приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних, а також в електроустановках, які знаходяться на відкритій місцевості;

- при будь-якій напрузі змінного та постійного струму - у вибухонебезпечних установках.

Занулення – навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих частин, на яких може з'явитися напруга.

Нульовий захисний провідник з'єднує корпус установки з глухо заземленою нейтраллю. Таке з'єднання на випадок пробивання ізоляції на корпус призводить до короткого замикання між фазним та нульовим провідниками, а струм короткого замикання обумовить вимикання

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

пошкодженого обладнання (розплавлення плавких запобіжників або спрацювання автоматичних вимикачів).

Занулення застосовують у трифазних 4-х провідникових мережах напругою джерела живлення до 1000 В з глухо заземленою нейтраллю. Це мережі напругою 660/380; 380/220 і 220/127 В.

Відповідно до ПУЕ, занулення корпусів електроустаткування використовується в тих випадках, що й захисне заземлення. Слід відмітити, що одночасне заземлення та занулення корпусів електроустановок значно підвищує їх електробезпеку.

Застосування металоконструкцій будівель, трубопроводів і обладнання для утворення нульового робочого провідника заборонено.

Захисне відключення – це швидкодіючий захист, що забезпечує автоматичне вимикання електричної установки при виникненні в ній небезпеки ураження людей електричним струмом.

За конструкцією пристрої, що вимикають, можуть реагувати на напругу корпусу відносно землі (дифреле), на струм замикання на землю тощо. Час вимикання їх повинен бути не більше 0,2 с.

Захисне розділення мереж – це розділення електричної мережі на окремі електрично не з'єднані між собою ділянки за допомогою поділяючих трансформаторів. Воно спрямоване на підвищення захисної ролі ізоляції струмопровідних частин, що досягається або зменшенням ємкості мереж, або переходом від мереж з заземленою нейтраллю до мереж з ізольованою нейтраллю. Якщо єдину, сильно розгалужену мережу з великою ємкістю та малим опором ізоляції, поділити на низку невеликих мереж такої ж напруги, які мають незначну ємкість та великий опір ізоляції, то це різко покращує електробезпеку.

Мала напруга – це напруга до 42 В, яка не здатна викликати небезпечну електричну дію на людину за нормальних обставин. Використовується в переносних лампах, аварійному освітленні, ручному інструменті тощо.

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

ВИСНОВКИ

При виконанні даного проекту було здійснено розробку конструкції «Прилад для вимірювання напруги високовольтних стабілітронів і світлодіодних модулів». Проведено вибір елементної бази на основі сучасних і поширених радіоелементів.

При проектуванні друкованого вузла була використана система автоматичного проектування Altium Designer, за допомогою якої було здійснено встановлення елементів і трасування друкованих провідників на друкованій платі приладу. В результаті отримано односторонню друковану плату мінімальних розмірів 65×65мм з координатною сіткою 2,5мм. Також отримана плата має мінімальні паразитні зв'язки.

Найкращим методом для виготовлення друкованої плати виявився хімічний метод. Елементи розміщені на друкованому вузлі досить компактно. Корпус має такі розміри 138x98x87мм, що дає змогу легко розмістити його в будь-якому зручному місці.

Проведено розрахунок друкованого монтажу в результаті якого визначено ширину друкованих провідників, відстань між друкованими провідниками, між провідником і контактною площадкою, діаметри монтажних отворів.

В технологічній частині проекту була проведена кількісна і якісна оцінка технологічності. Розроблена конструкція даного пристрою являється технологічною і з деякими доробками може впроваджуватися у виробництво. Розроблена маршрутно-операційна технологія складання друкованого вузла і виробу.

Було виготовлено п'ять креслень для розробки пристрою: електрична стуркутрна схема, електрична принципова схема, друкована плата, друкований вузол, складальне креслення виробу. Для оформлення креслень була використана програма графічного моделювання КОМПАС-3D.

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Прилад для вимірювання напруги високовольтних стабілітронів і світлодіодних модулів [електронний ресурс] – Режим доступу <https://radiolub./page/zhurnal-radio-2005-8> (дата звернення 4.02.2026).

2. Конденсатор ЕСАР-"Jamicon" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.radiolibrary./reference/transformers-tn/tn20.html> (дата звернення 1.02.2026).

3. Резистор MFP [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <https://www.chipdip./product/elc10d101e> www.cityradio.narod.ua. (дата звернення 3.02.2026).

4. Діод 1N4002 "DC Components" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://ipart.com/download/3655a026-13e6-4b56-a0bb-8fd05df9b19d.pdf> www.radio-portal.ua. www.vprl.ua. (дата звернення 1.02.2026).

5. Трансформатор В78386-Р1116-А [електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.platan./shop/part/PBS-4.html>. (дата звернення 3.02.2026).

6. Світлодіод типу L-1503GT [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://www.rct./catalog/box-header-connector/pbs-4.html>. (дата звернення 4.02.2026).

7. Змінні резистори 16K1 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://studies.in.ua/bjd-zaporojec/1211-173-osnovn-tehnchn-ta-organzacy-n-zahodi-schodo-proflaktiki-virobnichogo-travmatizmu-ta-profesynoyi-zahvoryuvanost.html> (дата звернення 4.02.2026).

8. Перемикач KBB70-2P3W "Jietong Switch" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.chipdip./product/asw-09-102-red> (дата звернення 1.02.2026).

9. Запобіжник ZH214-015-0,25 А-250 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/leg-12_62137.html (дата звернення 1.02.2026).

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Діод DB101 "DC Components" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://eandc./catalog/detail.php?ID=3809>(дата звернення 1.02.2026).
11. Діод DB104 "DC Components" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://ippart.com/download/3655a026-13e6-4b56-a0bb-8fd05df9b19d.pdf> www.radio-portal.ua. www.vprl.ua. (дата звернення 1.02.2026).
12. Цифровий вольтметр DSN-DVM-368 "UAICHI" [електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.platan./shop/part/PBS-4.html>. (дата звернення 3.02.2026).
13. Мікросхема TL783 "CKCSE" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://www.rct./catalog/box-header-connector/pbs-4.html>. (дата звернення 4.02.2026).
14. Транзистор BF259 "Fairchild" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://studies.in.ua/bjd-zaporojec/1211-173-osnovn-tehnchn-ta-organzacy-n-zahodi-schodo-proflaktiki-virobnichogo-travmatizmu-ta-profesynoyi-zahvoryuvanost.html>(дата звернення 4.02.2026).
15. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Конструювання РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2018
16. Програма для розрахунку надійності РЕА [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguua.tk.te.ua/mod/resource/view.php?id=60057>(дата звернення 4.02.2026).
17. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання практичної роботи "Конструктивний розрахунок друкованого монтажу" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2018
18. Програма для розробки схем "Altium Designer" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguua.tk.te.ua/course/view.php?id=819>

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

19. Штогрин П.І. Навчальний посібник "Altium Designer 10 для початківців" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017
20. Штогрин П.І. Методичні вказівки "Розробка 3D-моделей радіоелементів" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017
21. Васишин О.З., Штогрин П.І. Методичні вказівки "Розробка 3D-моделей типових корпусів РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017
22. Програма для розробки корпусу "Kompas 3D" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguua.tk.te.ua/course/view.php?id=819>
23. Програма для розробки схем "Altium Designer" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguua.tk.te.ua/course/view.php?id=819>
24. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання комплексного курсового проекту для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2020
25. Васишин О.З. Методичні вказівки до виконання графічної частини комплексного курсового проекту для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2020
26. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Основи конструювання та технології виробництва РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2016
27. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Технологія виробництва РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017
28. 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.

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

29. 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.

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

31. Сайт спільноти розробників проектів на ARDUINO .URL: https://projecthub.arduino.cc/?_gl=1*4147w4*_ga*OTkyMzkzOTAwLjE3MTYwNTM3MjY.*_ga_NEXN8H46L5*MTcxNjkyMjQ4OS4yLjEuMTcxNjkyMjUzOS4wLjAuMTUxNjM0NjA3MQ.*_fplc*OUZZTmxzbGU4MkNZbiUyRkNCTHJmazAwbjdrNWNDZTc5QUV6OFRIb3A2ck5RNzhvOVY3JTJGYXhRcDNlWHAzWWxZWlJTVXkySndINXl4bUpNZCUyQkNiN29jajJqckF2c0tRMGlhdVU3SVhYRRTY4ZDdRb016bCUyRjBhZ1QwY0ZlM3hubEElM0QlM0Q(дата звернення 28.05.2024).

32. Магпо В. І., Рябчий В. Д., Гусев О. Ю. Вимірювання сигналів у радіотехніці: навч. посіб. Міністерство освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». Дніпро: НТУ «ДП», 2018. 191 с.

33. Пістун Є. П., Стасюк І. Д. Основи автоматики та автоматизації : навчальний посібник. Друге видання, змінене і доповнене. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. 332 с.

34. Васильківський І. С., Фединець В. О., Юсик Я. П. Виконавчі пристрої систем автоматизації: навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. 220 с.

35. Дипломне проектування URL: <https://eguru1.tk.te.ua/course/view.php?id=390>

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток А Друкована плата

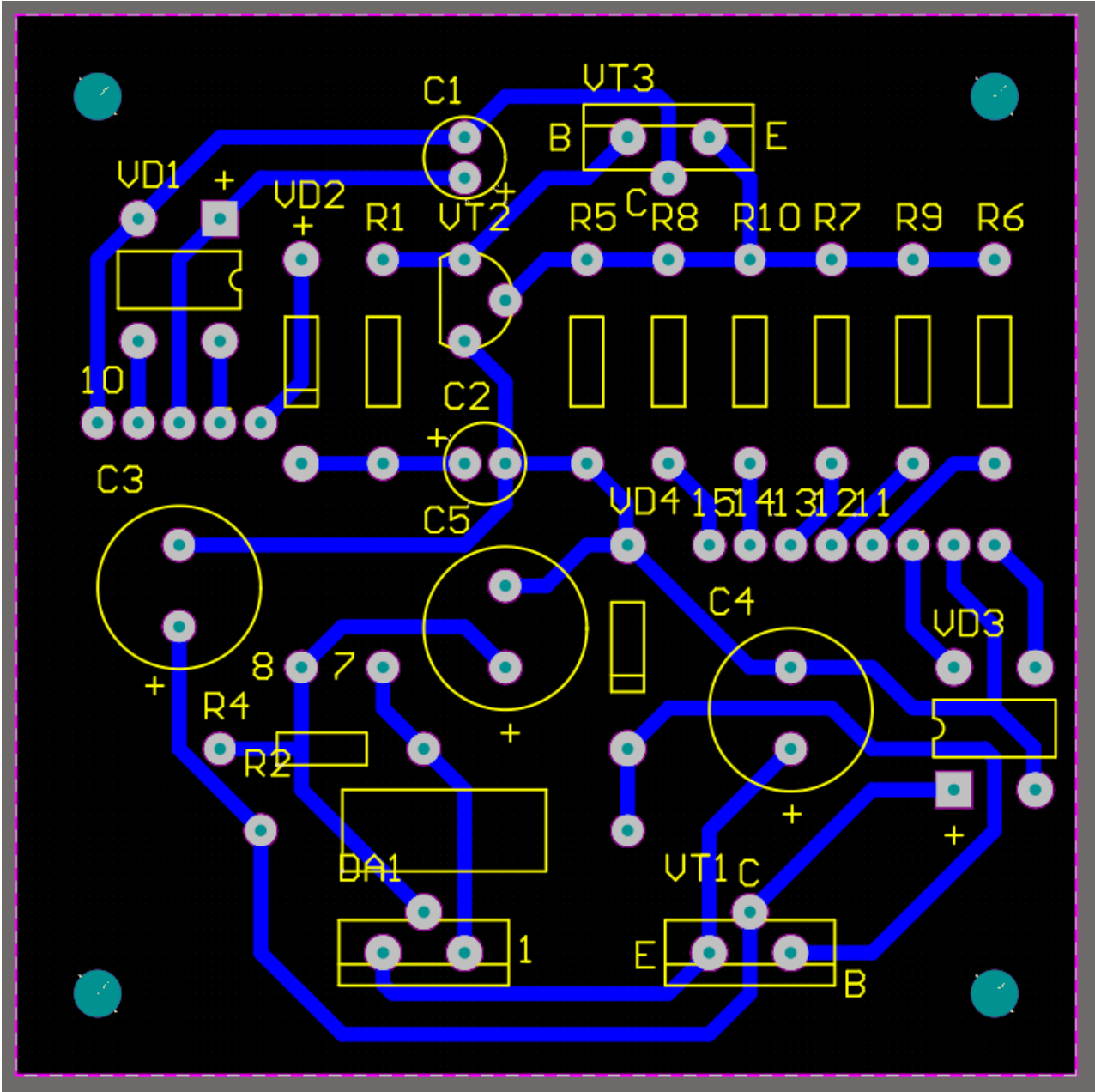


Рисунок А.1 – Друкована плата

Додаток Б 3D модель пристрою

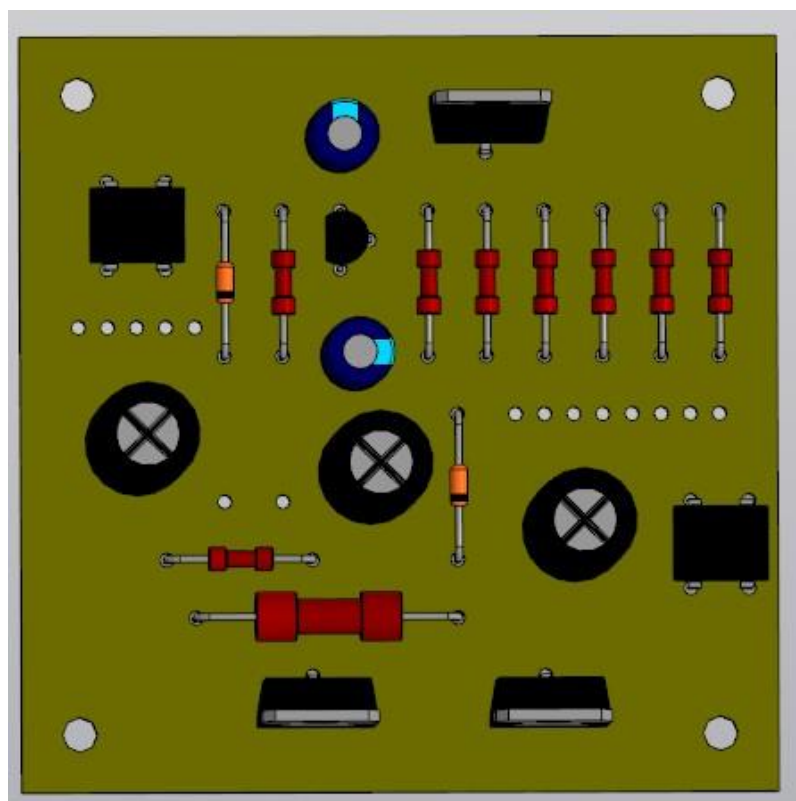


Рисунок Б.1 – 3D модель пристрою, вузол друкований

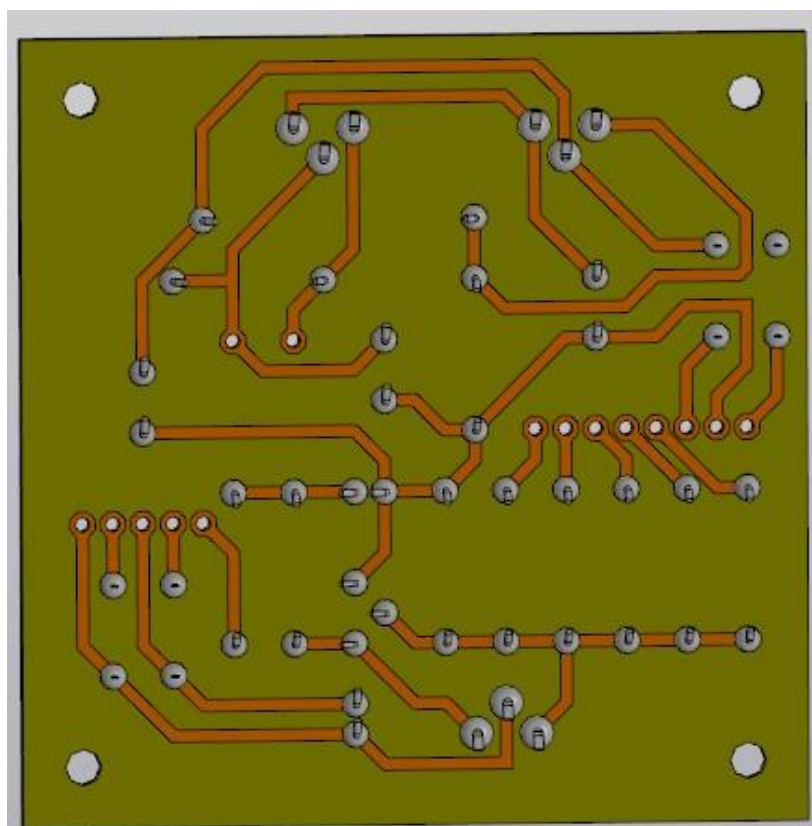


Рисунок Б.2 – 3D модель пристрою, вузол друкований знизу

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

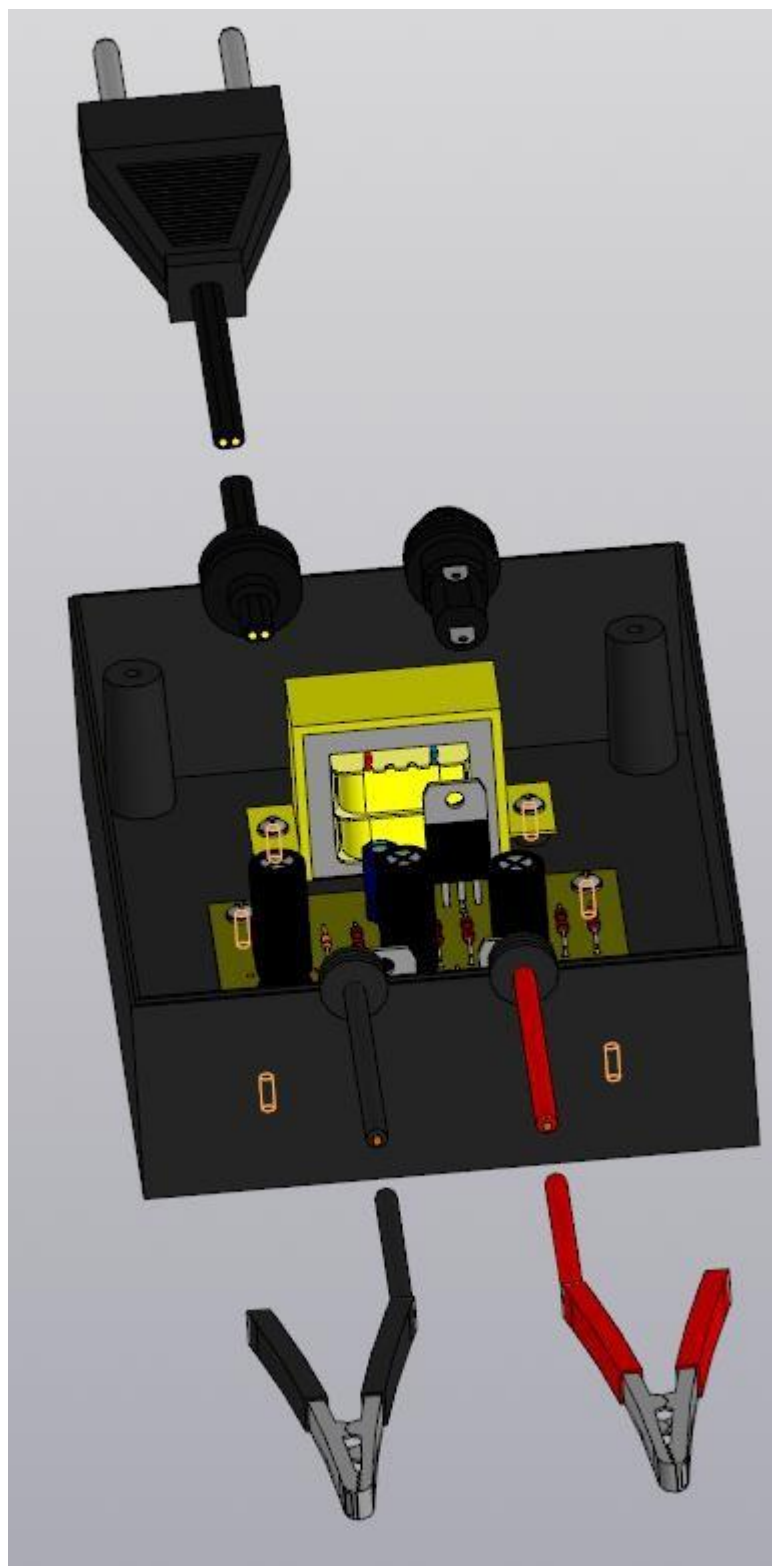


Рисунок Б.3– 3D модель пристрою, нижня кришка



Рисунок Б.4 – 3D модель пристрою, верхня кришка

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок Б.5 – 3D модель пристрою, верхня кришка знизу

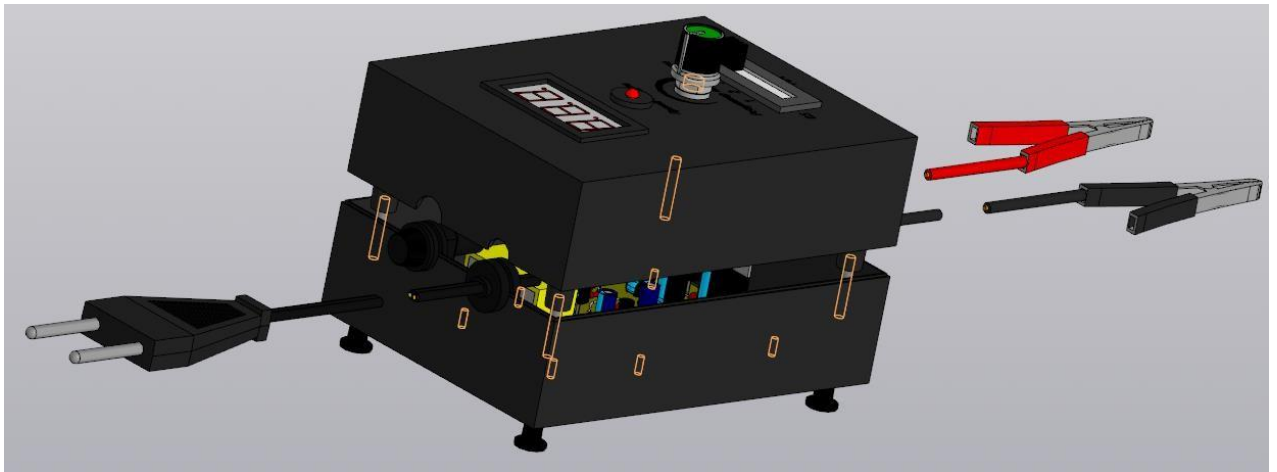


Рисунок Б.6 – 3D модель пристрою, загальний вигляд збоку

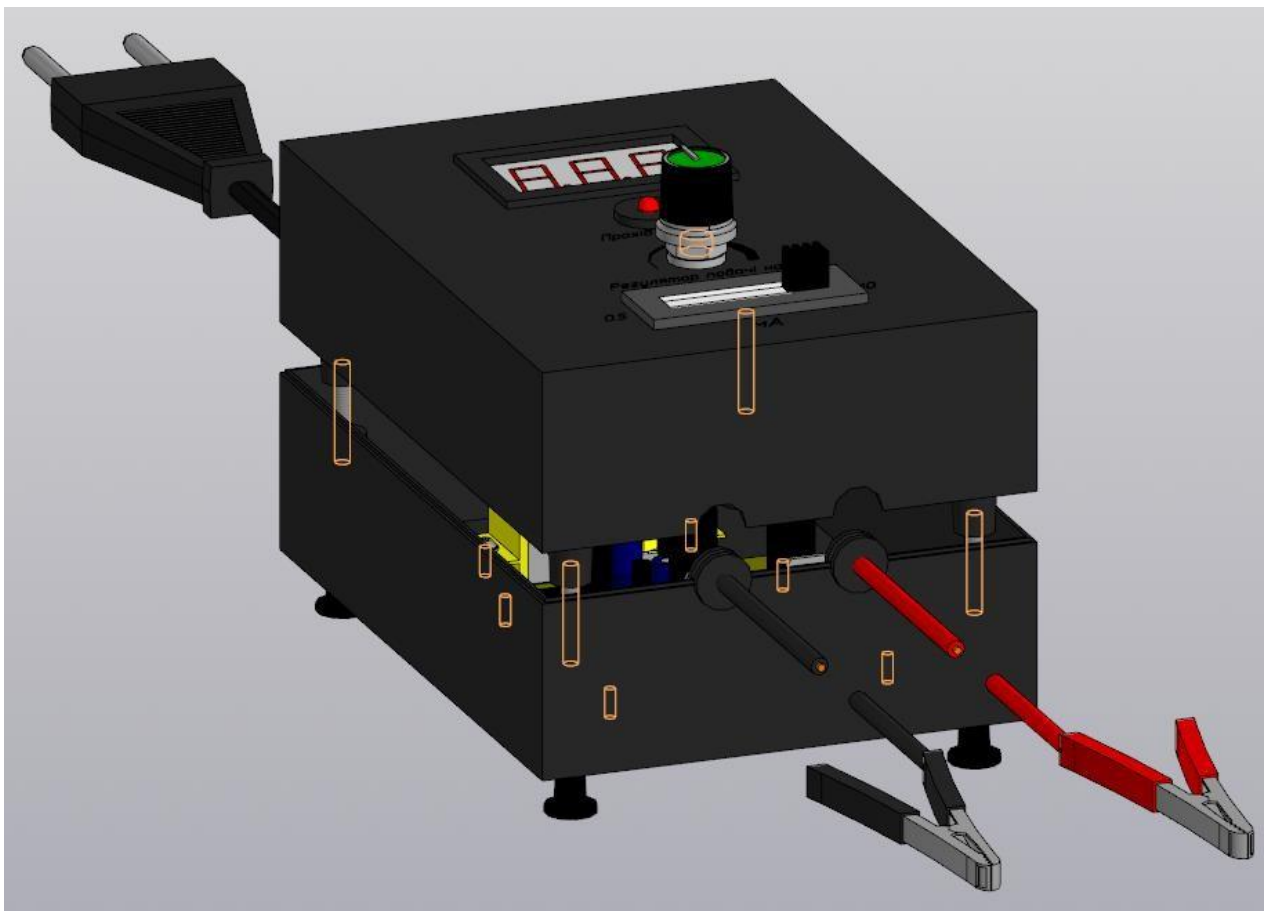


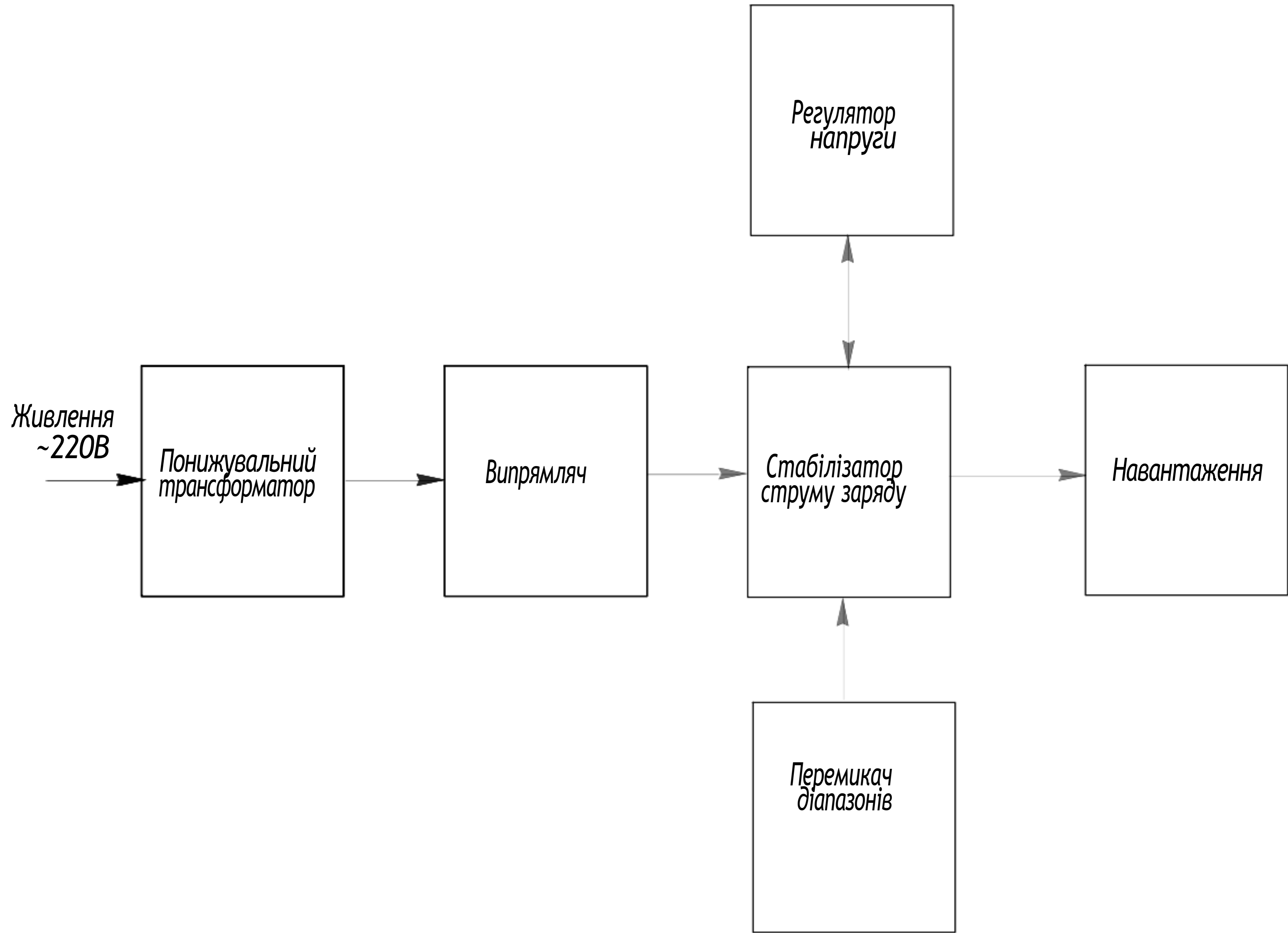
Рисунок Б.7 – 3D модель пристрою, загальний вигляд

					26 КР 172.402.018.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Додат. №	Перш. викорис.

Інв. № орг.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата

26 КР 172.402.018.001.000 Е1

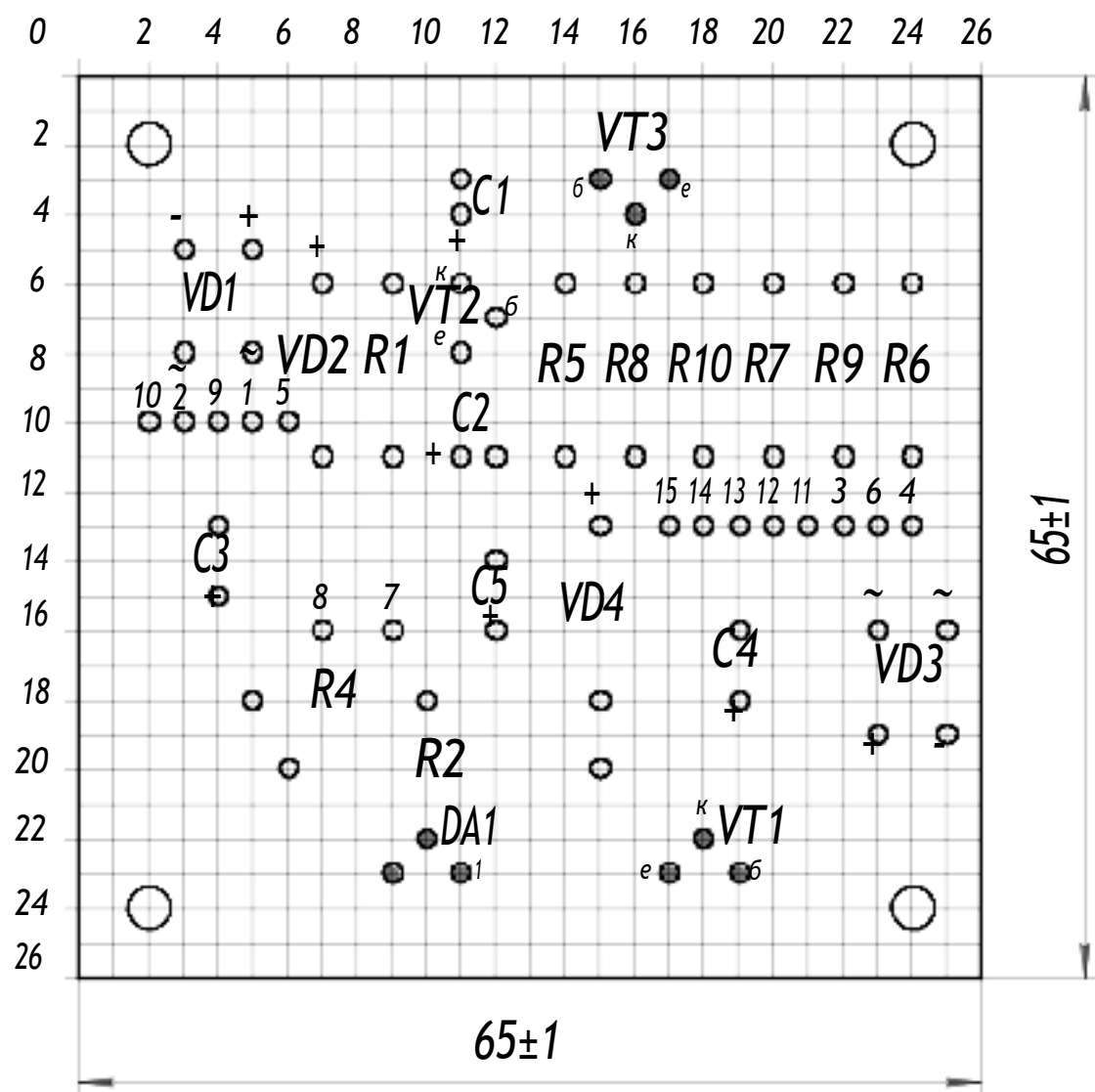
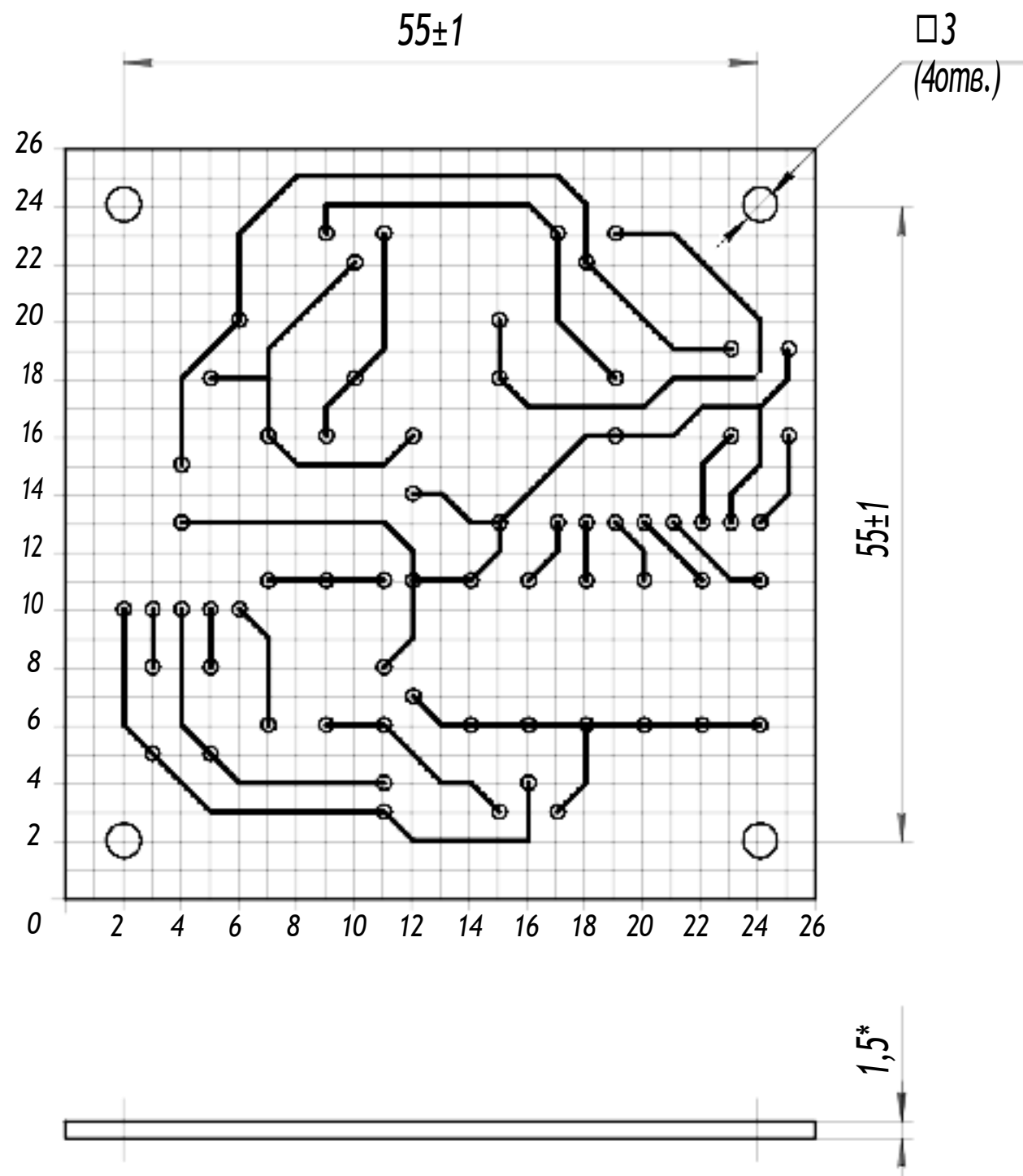


26 КР 172.402.018.001.000 Е1									
Прилад для вимірювання напруги високовольтних стабілітронів і світлодіодних модулів						Літ.	Маса	Масштаб	
Схема електрична структурна						· Н ·	-	-	
Зм. Арк. № докум. Підпис Дата						Аркуш		Аркушів	
Розроб. Курдибаха						1		1	
Перевір. Федечко						ВСП ТФК ТНТУ ТР-402		м. Тернопіль	
Т.контр.						Формат		А2	
Рецензент						Копював			
Н.контр. Задорожний									
Затверд.									

Перш. викорис.	Довід. №	Поз. познач.	Найменування			Кіл.	Примітка
		BL1	Цифровий вольтметр DSN-DVM-368 "RUICHI"			1	
		Конденсатори					
		C1	ЕСАР-25 В-100 мкФ ±20% "Jamicon"			1	
		C2	ЕСАР-25 В-220 мкФ ±20% "Jamicon"			1	
		C3	ЕСАР-250 В-10 мкФ ±20% "Jamicon"			1	
		C4, C5	ЕСАР-160 В-10 мкФ ±20% "Jamicon"			2	
		DA1	Мікросхема TL783CKCSE3 "TL783CKCSE3"			1	
		FU1	Запобіжник ZH214-015-0,25 А-250 В "Zhenhui"			1	
		HL1	Світлодіод L-1503GT "Kingbright"			1	
Піппіс і дата	Інв. № докл.	Резистори					
		R1	MFP-0,25-3,3 кОм ±10% "Yageo"			1	
		R2	MFP-1-15 кОм ±10% "Yageo"			1	
		R3	16K1-B50K-10 кОм "Song Huei"			1	
		R4	MFP-0,125-100 Ом ±10% "Yageo"			1	
		R5	MFP-0,125-390 Ом ±10% "Yageo"			1	
		R6	MFP-0,125-220 Ом ±10% "Yageo"			1	
		R7	MFP-0,125-68 Ом ±10% "Yageo"			1	
		R8	MFP-0,125-22 Ом ±10% "Yageo"			1	
		R9	MFP-0,125-110 Ом ±10% "Yageo"			1	
Інв. № ориг.	Зам. інв. №	R10	MFP-0,125-43 Ом ±10% "Yageo"			1	
		26 КР 172.402.018.001.000 ПЕЗ					
		Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
		Розроб.	Курдибаха				
		Перевір.	Задорожний				
		Н.контр.	Задорожний				
		Затверд.					
		Прилад для вимірювання напруги високовольтних стабілітронів і світлодіодних модулів					
		Перелік елементів					
		Літ.	Аркуш	Аркушів			
н	1	2					
ВСП ТФК ТР-402							
м. Тернопіль							

ІНВ. № ориг.	Підпис і дата	Зам. ІНВ. №	ІНВ. № дубл.	Підпис і дата

Арк.
2



Таблиця отворів

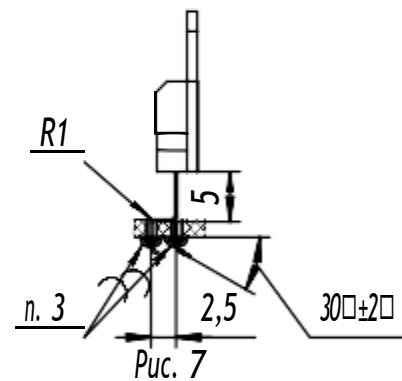
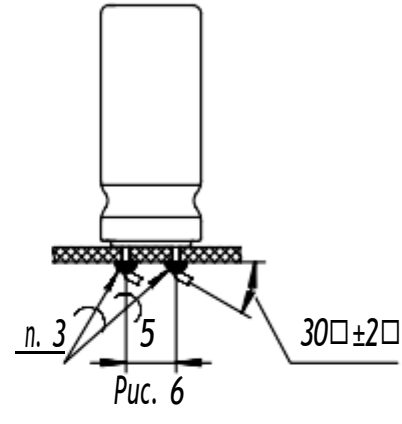
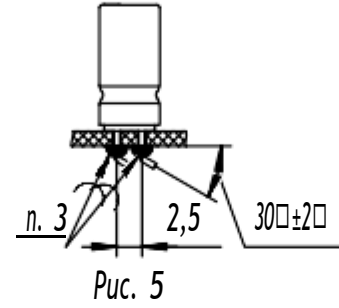
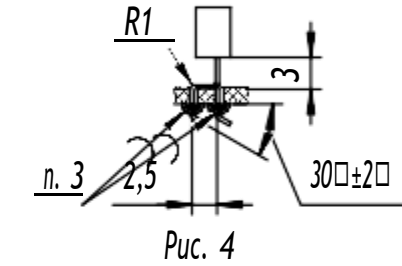
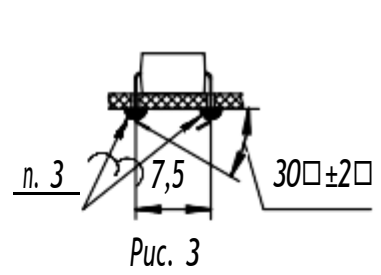
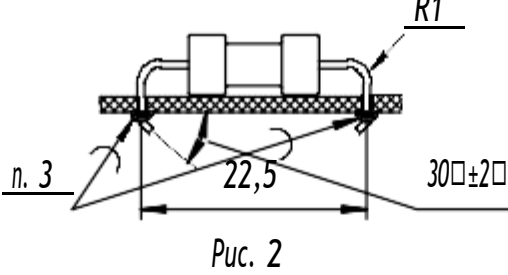
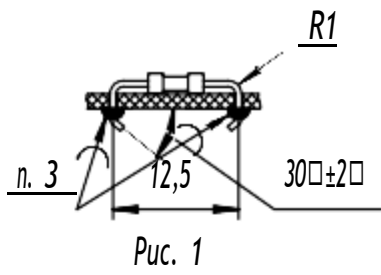
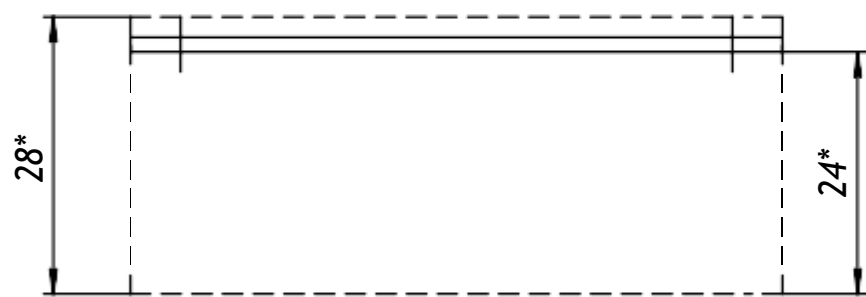
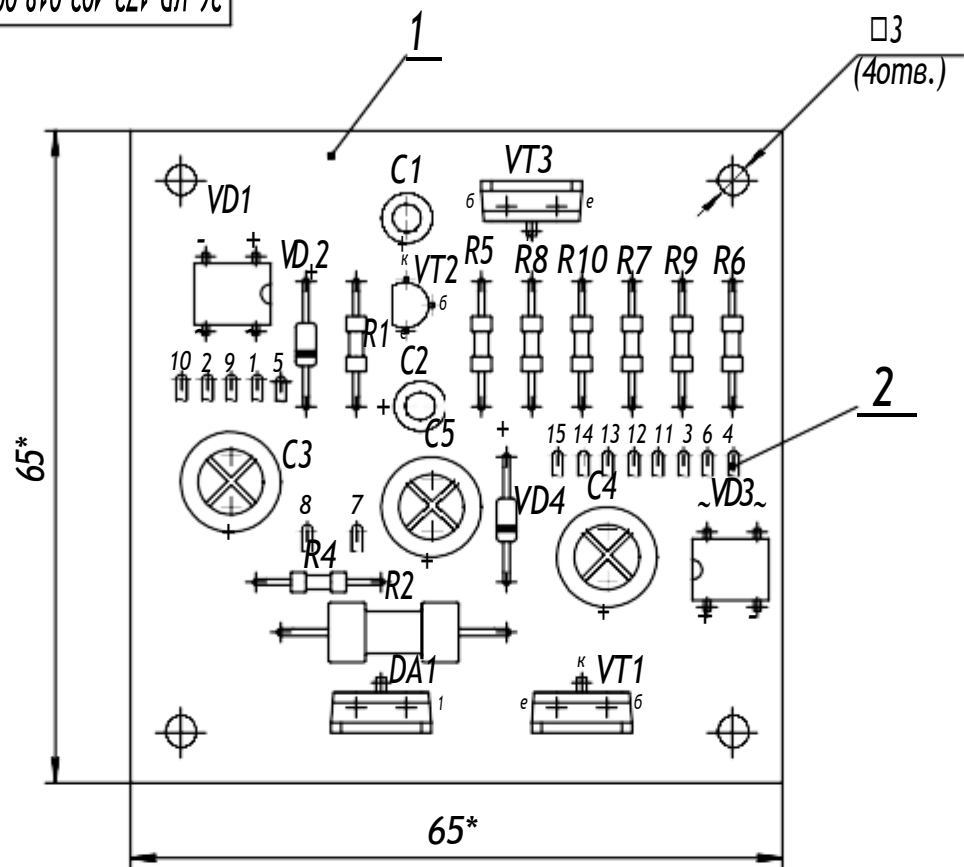
Умовне позначення отворів	Діаметри отворів	Наявність металізації в отворах	Діаметри монтажних площадок	Кількість отворів	Примітка
○	0,8	немає	2,0	58	
●	1,0	немає	2,2	9	

- Плата повинна відповідати ГОСТ 23752-79.
- *Розмір для довідок.
- Клас точності 4 по ГОСТ 23751-86.
- Крок координатної сітки 2,5 мм.
- Плату виготовити хімічним методом.
- Параметри отворів дивись в таблиці.
- Мінімальна ширина провідників не менше 1 мм.
- Мінімальна відстань між провідниками не менше 1 мм.
- Контактні площадки покрити сплавом Розе ТУ 6-09-4065-75, решту поверхні зі сторони провідного шару покрити компаундом на основі ЕД-22 ГОСТ 19587-76.
- Плату маркувати фарбою ТНПФ-01 біла ТУ 29-02-889-88 шрифтом 2,5 Пр 41 ГОСТ 26.020-80.
- Інші вимоги по ОСТ 4.ГО.005.051.

					26 КР 172.402.018.001.001						
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Плата друкована	Літ.	Маса	Масштаб			
Розроб.	Курдибаха					н	0,03	2:1			
Перевір.	Задорожний					Аркуш	Аркушів	1			
Т.контр.											
Н.контр.	Задорожний				СФ1-35-1,5КП	ВСП ТФК ТР-402					
Затверд.					ГОСТ 10316-78	м. Тернопіль					
					Копіював	Формат А2					

ІНВ. № ориг.	Підпис і дата	Зам. ІНВ. №	ІНВ. № дубл.	Підпис і дата

Арк.	
2	

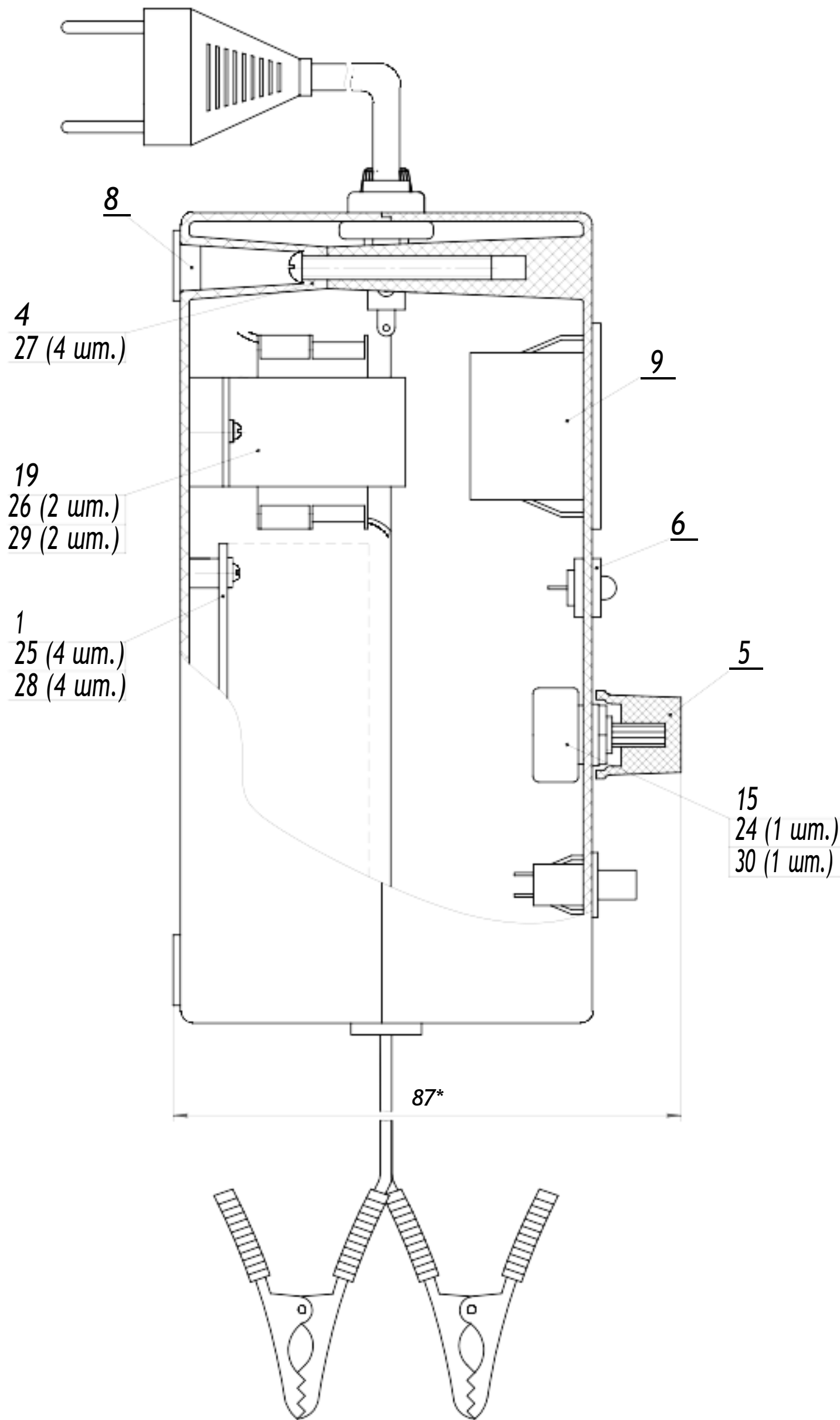
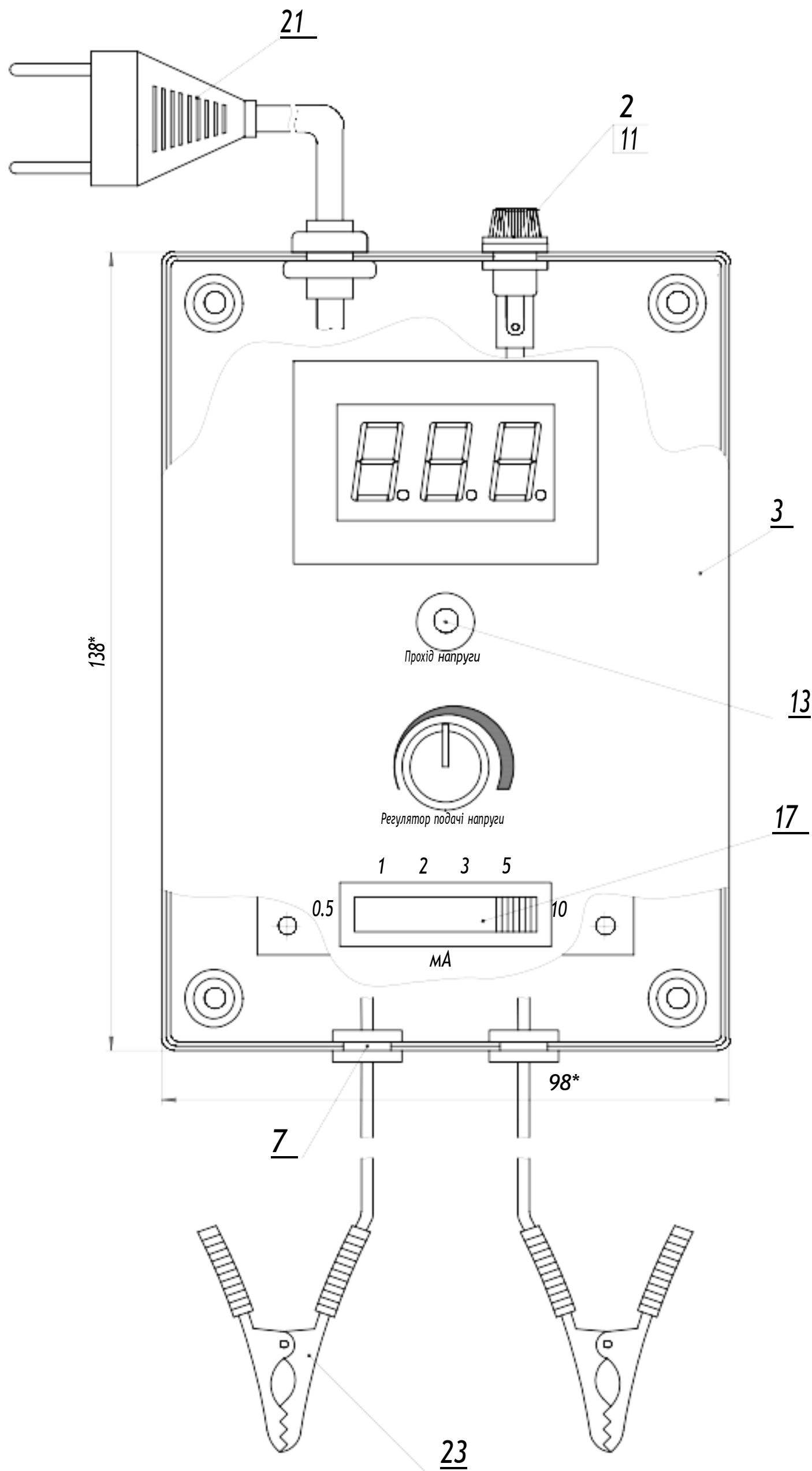


- *Розміри для довідок.
- Установку і формування елементів проводити з кроком координатної сітки 2,5 мм. Елементи формувати (установка і формування елементів на рисунках показані в масштабі 2:1): R1, R4...R10, VD2, VD4-на рис. 1; R2-на рис. 2; VD1, VD3-на рис. 3; VT2-на рис. 4; C1, C2-на рис. 5; C3...C5-на рис. 6; DA1, VT1, VT3-на рис. 7. Паяти припоєм ПОС61 ГОСТ 21931-76.
- Заводський номер, позначення елементів маркувати фарбою ЧМ, чорна, БМ, біла, ТУ029-02-859-78. Шрифт 2,5 по НО. 010. 007. Місія розміщення маркування показані умовно.
- Лакувати лаком АКА-113.
- Позначення елементів показано умовно.
- Друковані провідники умовно не показані.
- Інші вимоги по ОСТ4ГО.070.015.

26 КР 172.402.018.001.000 СК				Вузел друкований			
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Складальне креслення			
Розроб.	Курдибаха						
Перевір.	Задорожний			ВСП ТФК ТР-402			
Т.контр.							
Н.контр.	Задорожний			м. Тернопіль			
Затверд.							
Копіював				Формат А2			

ИВ. № орг.	Испол. дата	зам. ИВ. №	ИВ. № докл.	Испол. дата

[illegible]



1. * Розміри для довідок.
2. Електромонтаж здійснювати згідно з 26 КР 172.402.018.001.000 ЕЗ припоєм припоєм ПОС-40 ГОСТ 21931-76.
3. Інші технічні вимоги по ОСТ.4.ГО.070.015.

				26 КР 172.402.018.004.000 СК							
Эм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Прилад для вимірювання напруги високочастотних стабілізаторів і світлодіодних модулів Складальне креслення				Літ.	Маса	Масштаб	
Розроб.	Курдубаха								0,3	2:1	
Перевір.	Задорожний										
Т.контр.											
Н.контр.	Задорожний							ВСП ТФК ТР-402			
Затверд.								м. Тернопіль			

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Дубл																			
Замість																			
Підпис																			
																Аркуш 4			
												26 КР 172.402.018.01.000.СК		26 КР 172.402.018.01.00					
А	Цех	Діл	РМ.	ОПЕР.	Код, назва операці				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
Т01		Кусачки РТ 145532																	
02		Пінцет РТ265641																	
К 03	1	Плата друкована							26 КР 172.402.018.001.001							796	100	100	
04	4	Конденсатори			ЕСАР-160 В-10 мкФ ±20%				"Jamicon"							796	100	200	
05	5	Конденсатори			ЕСАР-250 В-10 мкФ ±20%				"Jamicon"							796	100	100	
06	6	Конденсатори			ЕСАР-25 В-100 мкФ ±20%				"Jamicon"							796	100	100	
07	7	Конденсатори			ЕСАР-25 В-200 мкФ ±20%				"Jamicon"							796	100	100	
08	9	Мікросхема			TL783				СКCSE3							796	100	100	
09	11	Резистори			MFP-0,125-220м 10%				"Yageo"							796	100	100	
10	12	Резистори			MFP-0,125-430м 10%				"Yageo"							796	100	100	
11	13	Резистори			MFP-0,125-680м 10%				"Yageo"							796	100	100	
12	14	Резистори			MFP-0,125-1000м 10%				"Yageo"							796	100	100	
13	15	Резистори			MFP-0,125-1100м 10%				"Yageo"							796	100	100	
14	16	Резистори			MFP-0,125-2200м 10%				"Yageo"							796	100	100	
15	17	Резистори			MFP-0,125-3900м 10%				"Yageo"							796	100	100	
16	18	Резистори			MFP-0,125-3,3кОм 10%				"Yageo"							796	100	100	
17	19	Резистори			MFP-1-15кОм 10%				"Yageo"							796	100	100	
18	21	Діоди			1N4002				"DC Components"							796	100	100	

[illegible]

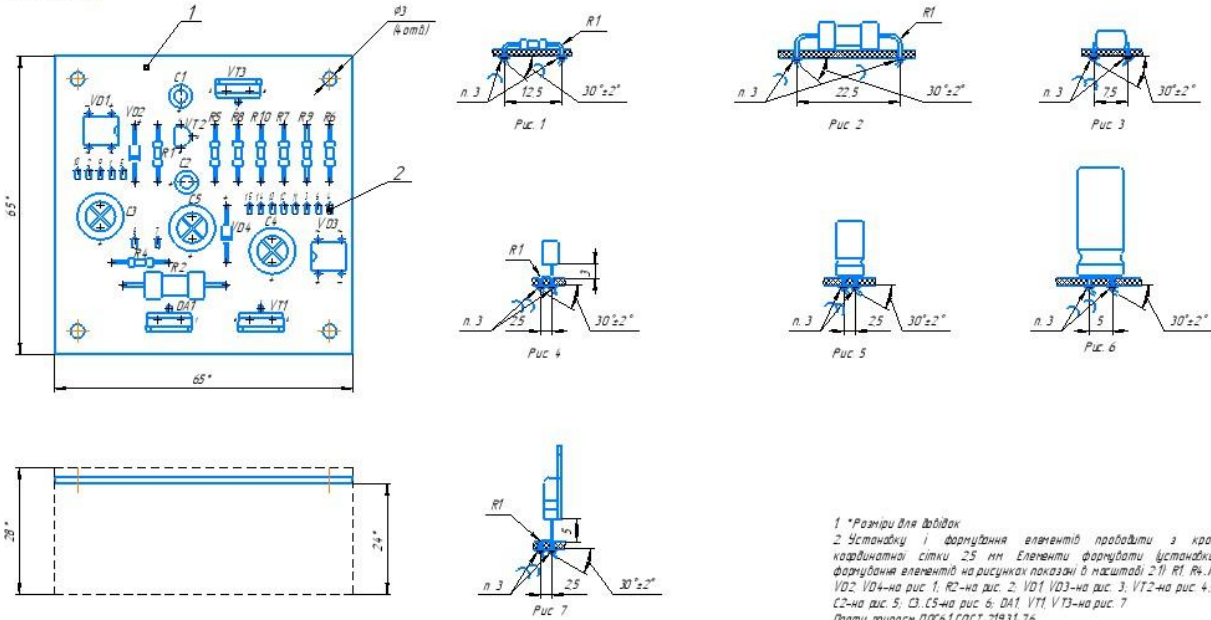
Дубл																															
Замість																															
Підпис																															
																				Аркуш 6											
																				26 КР 172.402.018.01.000.СК				26 КР 172.402.018.01.00							
А		Цех		Діл		РМ.		ОПЕР.		Код, назва операції						Позначення документу															
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							
01																															
02																															
A 03		402		018		050		402018050		Електромонтаж																				0,0016	
O04				1. Рихтувати елементи згідно ТТП 315826 (15шт)																											
05				2. Установити та запаяти перемички поз.1(15шт) на плату поз.1 згідно карти ескізів по ТТП 254681																											
06				Пайку проводити згідно ТТП 316530																											
T 07				Електропаяльник РД 105278																											
08				Пінцет РТ 235641																											
K 09		2		Перемичка						26 КР 172.402.018.001.002												796		100		1100					
M 10				Припой ПОС-61						ДСТУ 1429.14:2005														180		100		0,045			
11				Флюс ФКСп						ДСТУ 19113														120		100		0,05			
12				Спиртобензинова суміш СБС						ДСТУ 9.403-80														120		100		0,075			
13																															
14																															
A 15		402		018		55		402018055		Регулювання																				0,005	
B 16				Установка для регулювання РД 628413																											
O17				Регулювати згідно інструкції 26 КР 172.402.018.002 11																											
18																															

[illegible]

Дубл.								
Замість								
Підпис								

						Аркушів 8	Аркуш 8	
Розробив	Курдибаха				ВСП ТФК ТНТУ	26 КР 172.402.018.01.000.СК		26 КР 172.402.018.01.00
Перевірів	Задорожний							
Нормував					Вузол друкований			
Затвердив								
Н. контр.	Задорожний							

А	Цех	Діл	РМ	Опер	Код, назва операції	Позначення документу										
Б	Код, назва обладнання					СМ.	Прф	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	ВНТР



1 *Размери для фотодіаг
2 Установки і формувальні елементи проводів з кроком координатної сітки 2,5 мм. Елементи формувальні установки і формувальні елементи на рисунках показані в нахилі 21) R1, R4, R10, V02, V04-на рис. 1; R2-на рис. 2; V01, V03-на рис. 3; V12-на рис. 4; C1, C2-на рис. 5; C3, C5-на рис. 6; D01, V11, V13-на рис. 7. П'ять прикладів ГОСТ 21934-76.
3 Забодський номер позначення елементів накривати фарбою ЧМ, чорна, ВМ, біла Т5029-02-859-78.
Шрифт 2,5 по ГОСТ 100.007.
Міся розміщення маркування показані у вигляді
4. Лазувати лакот АК-113.
5 Позначення елементів показані у вигляді
6. Друковані провідники показані у вигляді
7. Інші вимоги по ГОСТ 100.015.

Техніко - економічні показники прилад для вимірювання напруги високовольтних стабілітронів і світлодіодних модулів

	Технічні показники			Економічні показники	
1	Напруга живлення вхідна	~220..240В	1	Річний обсяг виробництва	1000шт.
2	Частота мережі	50Гц	2	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	229125 грн
3	Габаритні розміри Маса	138*98 *87мм	3	Чистий прибуток	23331 грн
4		0,3кг	4	Повна собівартість на виріб	1094,44 грн
5	Температура роботи		5	Ціна одиниці виробу	1378,99 грн.
6	Відносна вологість	0....+30°С	6	Рентабельність виробу	21,32%
7	Фіксовані значення напруги	85 %	7	Термін окупності	1,13р
8		0,5, 1,2,3, 5, 10мА	8	Індекс прибудковості	1,78