

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:	<u>Розробка конструкції однофазного частотного перетворювача на</u>
	<u>Arduino</u>

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)

Студент Семків А.П.
(прізвище та ініціали)

Керівник Приймак В.А.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Паляниця Ю.Б.
(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**

- _____ Семків Андрій Петрович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема кваліфікаційної роботи _____ Розробка конструкції Однофазного частотного перетворювача на Arduino _____
керівник кваліфікаційної роботи _____ Приймак Віктор Адамович _____,
(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:
- _____
- _____
- _____
- _____
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 спроектного виробу.
 - 3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень.
- Розділ 4 Охорона праці
 - 4.1 Функції служби охорони праці підприємства
 - 4.2 Чинники, що впливають на тяжкість ураження людини електричним струмом (електричного характеру)
- 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	20.04
2	Збір і узагальнення інформації по проекту	13.05	13.05
3	Написання першого розділу	25.05	25.05
4	Розробка технічного та робочого проекту	29.05	29.05
5	Написання спеціального розділу	29.05	29.05
6	Розрахунок економічної частини	25.05	25.05
7	Написання розділу охорони праці	26.05	26.05
8	Виконання графічної частини	19.05	19.05
9	Оформлення проекту	08.06	08.06
10	Погодження нормоконтролю	12.06	12.06
11	Попередній захист проекту	16.06	16.06
12	Захист проекту		24.06

7. Дата видачі завдання 20 квітня 2026 р.

Студент

(підпис)

Семків А.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

Приймак В.А.

ЗМІСТ

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 покриттів

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 пристрою.....

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.

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Семків			Розробка конструкції однофазного частотного перетворювача на Arduino Пояснювальна записка	Лім.	Арк.
Перевір.		Приймак					
Рецензент						ВСП ТФК ТНТУ ТР-402 м. Тернопіль	
Н. Контр.		Задорожний					
Затверд.							

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	Розрахунок собівартості продукції.....
3.3	Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень.....
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	
4.1	Фінансування охорони праці на підприємстві.....
4.2	Поділ приміщень за вибухонебезпечною та пожежною небезпекою.....
ВИСНОВКИ.....	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	
ДОДАТКИ.....	

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

Семків А.П. Розробка конструкції однофазного частотного перетворювача на Arduino: кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційний рівень молодший спеціаліст, за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2026.

Друкована плата двостороння, виготовлена комбінованим методом. Елементи на платі розташовані дуже компактно, і тому розміри плати мінімальні 130*115 мм. Всі основні елементи розміщені на одній стороні плати, на іншій стороні плати немає елементів. Транзистори VT1-VT4 закріплені на радіаторі, для кращого відведення тепла.

Корпус однофазного частотного перетворювача на Arduino складається з двох коритоподібних кришок, які скручуються до купи чотирма гвинтами. До нижньої кришки кріпляться друкована плата. На верхню кришку кріпиться перемикач SA1 та резистор R4 також роз'єм XS1. У місці з'єднання двох кришок кріпиться шнур мережевий приладу та запобіжник і тримач запобіжника. Габаритні розміри корпусу приладу 105*148*78мм.

Друкована плата і корпус між собою з'єднуються за допомогою навісного монтажу. Такі навісні елементи, як резистор, перемикач, роз'єм, та запобіжник з'єднуються між собою та друкованими платами за допомогою навісного монтажу.

Підібрана елементна база дозволяє реалізувати закладені в пристрій функції, є недорогою та доступною.

Ключові слова: однофазний, частотний, перетворювач, Arduino.

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Semkiv A.P. Development of the design of a single-phase frequency converter on Arduino: qualification work for obtaining the educational and qualification level of a junior specialist, in the specialty 172 Telecommunications and Radio Engineering. Ternopil: VSP "TFK TNTU", 2026.

The printed circuit board is double-sided, made by a combined method. The elements on the board are located very compactly, and therefore the dimensions of the board are minimal 130*115 mm. All the main elements are placed on one side of the board, there are no elements on the other side of the board. Transistors VT1-VT4 are mounted on a radiator for better heat dissipation.

The case of a single-phase frequency converter on Arduino consists of two trough-shaped covers, which are screwed together with four screws. The printed circuit board is attached to the lower cover. The switch SA1 and the resistor R4 are also attached to the upper cover. The device's power cord, fuse, and fuse holder are attached to the junction of the two covers. The overall dimensions of the device case are 105*148*78mm.

The printed circuit board and the case are connected to each other using a hinged mounting. Such hinged elements as a resistor, switch, connector, and fuse are connected to each other and to the printed circuit boards using a hinged mounting.

The selected element base allows you to implement the functions built into the device, is inexpensive and accessible.

Keywords: single-phase, frequency, converter, Arduino.

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Проектований пристрій являє собою однофазний частотний перетворювач, побудований на базі мікроконтролера Arduino, і призначений для перетворення постійної напруги в змінну напругу з регульованою частотою та формою сигналу, наближеною до синусоїдальної.

Основне призначення виробу полягає у формуванні керованого змінного сигналу для живлення різних електротехнічних пристроїв, а також у забезпеченні можливості регулювання швидкості та режимів роботи електричних навантажень. Завдяки використанню широтно-імпульсної модуляції та мікроконтролерного керування, пристрій дозволяє гнучко змінювати параметри вихідного сигналу програмним способом.

Однофазний частотний перетворювач може застосовуватися у різних галузях електроніки та електротехніки, зокрема:

- Керування електродвигунами. Використовується для регулювання швидкості обертання однофазних асинхронних або колекторних двигунів шляхом зміни частоти живлення.

- Автономні енергетичні системи

Може застосовуватися у складі інверторів для перетворення енергії від акумуляторів або сонячних батарей у змінну напругу.

- Побутова електроніка

Використовується для живлення малопотужних побутових пристроїв, які потребують змінної напруги з регульованими параметрами.

- Навчальні та лабораторні стенди

Завдяки простоті реалізації та використанню Arduino, пристрій є зручним для вивчення принципів роботи інверторів, ШІМ-модуляції та силовій електроніки.

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Експериментальні та дослідницькі проекти

Може використовуватися як платформа для розробки та тестування нових алгоритмів керування, методів модуляції та схемотехнічних рішень. [1].

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Розробка технічного завдання

Технічні характеристики приладу:

1. Напруга живлення приладу.....~220...240В;
2. Температура працездатної роботи.....-15.....+40°C;
3. Відносна вологість 80%;
4. Струм споживання 0,2А;
5. ККД пристрою: залежить від режиму роботи та навантаження (орієнтовно 80–90%);
6. Частота ШІМ:..... близько 8 кГц;
7. Тип керування: цифрове, на базі Arduino (Nano).

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

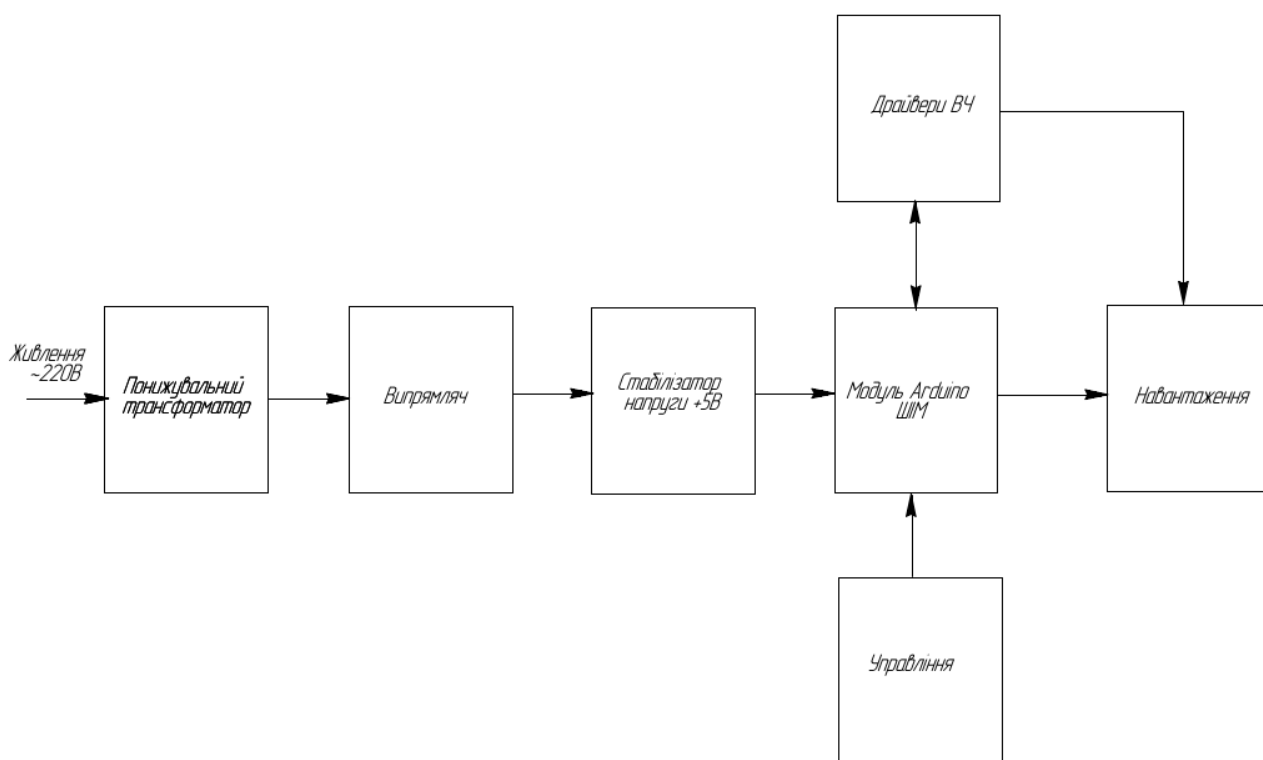


Рисунок 1.1-Схема електрична структурна

- Живлення $\sim 220\text{ В}$ - вхідна мережа змінного струму, яка є джерелом енергії для системи.

- Понижувальний трансформатор - знижує напругу до безпечного рівня для живлення електронних вузлів.

- Випрямляч - перетворює змінну напругу у постійну, необхідну для стабілізатора та мікроконтролера.

- Стабілізатор напруги $+5\text{ В}$ - формує стабільне живлення для цифрових модулів Arduino та драйверів.

- Модуль Arduino - виконує функції керування: генерує сигнали ШІМ (широтно-імпульсної модуляції), задає частоту та форму вихідної напруги.

- Драйвери високої частоти - підсилюють сигнали ШІМ від Arduino та формують керуючі імпульси для силових ключів (MOSFET або IGBT).

- Силові ключі - виконують комутацію напруги, створюючи високочастотний сигнал, який після фільтрації перетворюється у змінну напругу потрібної частоти.

- LC-фільтр - згладжує імпульсну форму сигналу, перетворюючи його у синусоїдальну напругу.

-Навантаження - підключений електродвигун або інший однофазний споживач, який отримує стабілізовану змінну напругу з регульованою частотою.

Блок управління – кнопки користувача для зміни параметрів.

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

Даний пристрій являє собою однофазний частотний перетворювач, побудований на базі мікроконтролерної плати Arduino (Nano), яка виконує функцію формування керуючих сигналів для силових частини. Основне призначення перетворювача — перетворення постійної напруги у змінну з регульованою частотою та формою, наближеною до синусоїдальної.

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

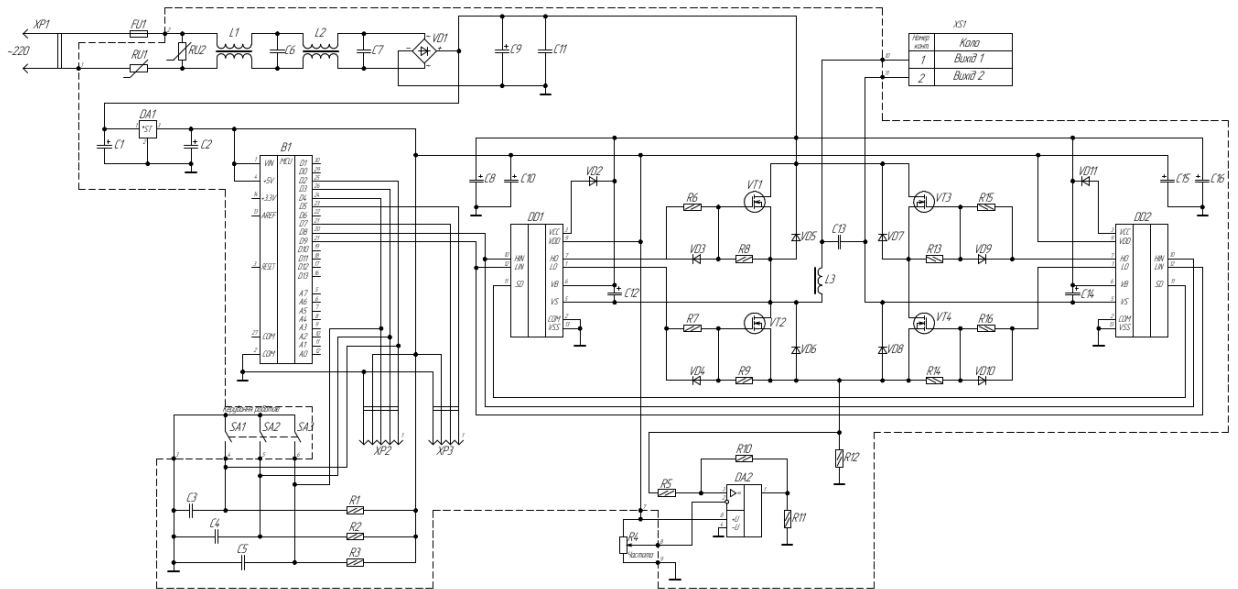


Рисунок 1.2- Схема електрична принципова

Пристрій умовно складається з кількох основних вузлів:

- Керуючий модуль (Arduino Nano)
- Драйвери силових ключів (IR2110)
- Силовий інвертор (повний міст на MOSFET транзисторах FQA9N90C)
- Фільтр вихідної напруги (LC-фільтр)
- Система захисту по струму (на TL072CP)
- Блок живлення логіки та драйверів (на MC7805BTG та зовнішньому джерелі)

Мікроконтролер Arduino Nano генерує два широтно-імпульсні сигнали (ШІМ), які відповідають за формування позитивної та негативної напівхвиль вихідної напруги.

ШІМ-сигнали формуються на виводах 9 і 10 з частотою приблизно 8 кГц. Для наближення форми сигналу до синусоїди використовується табличний метод: у пам'яті контролера зберігається масив зі 100 значень, які відповідають миттєвим значенням синусоїди.

Кожне значення масиву визначає шпаруватість ШІМ (від 0 до 2000), що дозволяє отримати апроксимацію синусоїдального сигналу. При цьому

використовується уніполярна модуляція, коли позитивна і негативна напівхвилі формуються по чергово.

ШІМ-сигнали з Arduino подаються на драйвери IR2110, які забезпечують керування силовими MOSFET-транзисторами верхнього та нижнього плеча моста.

Силова частина реалізована за схемою повного мосту на чотирьох транзисторах FQA9N90C. Така конфігурація дозволяє змінювати полярність напруги на навантаженні, формуючи змінний струм.

Діоди (UF4007, SF38) виконують функцію швидкого зворотного відновлення та захисту від перенапруг, а діодний міст D3SBA60-7000 використовується для випрямлення вхідної напруги.

На виході інвертора встановлений LC-фільтр, що складається з дроселів (B82721, EC24-100K) та конденсаторів (Epcos, Murata).

Цей фільтр згладжує імпульсний сигнал після ШІМ-модуляції, перетворюючи його у більш плавну, близьку до синусоїдальної форму.

Для захисту пристрою від перевантаження використовується схема контролю струму. Вона побудована на операційному підсилювачі TL072CP, який працює як компаратор.

Сигнал з датчика струму порівнюється з опорним рівнем, який задається змінним резистором. При перевищенні заданого порогу відбувається спрацювання захисту — керуючі сигнали можуть блокуватися або обмежуватися.

Живлення драйверів та силової частини здійснюється від зовнішнього джерела напруги (близько 12–15 В).

Для живлення логічної частини (Arduino та допоміжних елементів) використовується стабілізатор напруги MC7805BTG, який формує стабільні 5 В [1].

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
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 компактності, зручності монтажу, ефективного тепловідведення та електробезпеки. Загальна компоновка базується на блочно-модульному принципі, при якому силова частина, органи керування та елементи захисту розміщені конструктивно розділено, але електрично взаємопов'язані.

Основним конструктивним елементом є друкована плата, на якій розміщено більшість радіоелементів. Силові компоненти (транзистори VT1–VT4) винесені окремо та встановлені на радіаторі, що дозволяє ефективно відводити тепло та знижує теплове навантаження на друковану плату. Таке рішення підвищує надійність роботи пристрою та збільшує термін служби напівпровідникових елементів.

Органи керування та індикації (перемикач SA1, регулювальний резистор R4, роз'єм XS1) винесені на лицьову частину корпусу. Це забезпечує зручність експлуатації та доступ користувача до основних функцій пристрою без необхідності розбирання корпусу. Мережевий ввід та елементи захисту (запобіжник із тримачем) розташовані в зоні введення живлення, що відповідає вимогам електробезпеки та зменшує довжину силових з'єднань.

Корпус виробу виконаний у вигляді двох коритоподібних половин, що забезпечує простоту складання та можливість доступу до внутрішніх елементів під час обслуговування. Кріплення здійснюється гвинтовим з'єднанням, що гарантує достатню механічну міцність та надійність конструкції.

Для виготовлення друкованої плати використано склотекстоліт (типу FR-4 або аналог), який характеризується високою механічною міцністю, стійкістю до нагрівання та стабільними електроізоляційними властивостями. Даний

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріал є стандартним у виробництві електронної апаратури та забезпечує надійну роботу пристрою в умовах змінних температур і навантажень.

Друковані провідники виконані з міді, що має високу електропровідність і технологічність при травленні. Для захисту від окиснення та підвищення надійності контактних майданчиків використовується лудіння або захисне покриття (наприклад, олов'яно-свинцеве або безсвинцеве HASL, а також можливе застосування захисної паяльної маски).

Корпус виробу виготовляється з ударостійкого пластика (наприклад, ABS-пластик або полікарбонат). Вибір даного матеріалу обумовлений його достатньою механічною міцністю, невеликою масою, електроізоляційними властивостями та технологічністю обробки. Крім того, пластик забезпечує безпеку експлуатації, оскільки виключає можливість ураження електричним струмом при дотику до корпусу.

Радіатор для силових транзисторів виконується з алюмінієвого сплаву, який має високу теплопровідність, малу масу та стійкість до корозії. Для підвищення ефективності тепловідведення поверхня радіатора може мати анодоване покриття, що додатково покращує теплові характеристики та захищає від окиснення.

Металеві елементи кріплення (гвинти, шайби) виготовляються зі сталі з антикорозійним покриттям (цинковим або нікельованим), що забезпечує довговічність і стійкість до впливу навколишнього середовища.

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції

Корпус однофазного частотного перетворювача на Arduino складається з двох коритоподібних кришок, які скручуються до купи чотирма гвинтами. До нижньої кришки кріпляться друкована плата. На верхню кришку кріпиться перемикач SA1 та резистор R4 також роз'єм XS1. У місці з'єднання двох кришок кріпиться шнур мережевий приладу та запобіжник і тримач запобіжника. Габаритні розміри корпусу приладу 105*148*78мм.

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Друкована плата і корпус між собою з'єднуються за допомогою навісного монтажу. Такі навісні елементи, як резистор, перемикач, роз'єм, та запобіжник з'єднуються між собою та друкованими платами за допомогою навісного монтажу.

В якості конструктивного матеріалу для виготовлення друкованої плати використовується фольгований двосторонній склотекстоліт. З допомогою нього в подальшому виконанні технологічного процесу виготовляється друкована плата з друкованими провідниками, контактними площадками і отворами. В якості провідного матеріалу використовується широкозастосовуваний матеріал – мідь. В якості ізолюючого—склотекстоліт.

Корпус задовільняє слідуючі вимоги:

- Конструкція корпусу забезпечує мінімальні паразитні зв'язки між елементами схеми. Таке зменшення рівня паразитних зв'язків досягається раціональним взаємним розміщенням радіокомпонентів. Конструкція корпусу забезпечує заданий тепловий режим усіх елементів апаратури. Тобто це залежить від технічних умов на пристрій і від розкиду робочих температур виробу в цілому [17].

- Корпус має жорстку міцну конструкцію і захищає усі розміщені в ньому елементи від механічних впливів як в процесі експлуатації так і в процесі транспортування виробів.

- Корпус забезпечує легкий доступ до розміщених в ньому складових для заміни, огляду і ремонту.

- Конструкція забезпечує мінімальні розміри і масу. Це забезпечується і передбачається при виготовленні друкованого вузла.

- Корпус захищає виріб від проникнення пилуки і вологи в середину корпусу.

- Конструкція корпусу даного пристрою забезпечує доступ до елементів регулювання параметрів пристрою, а також здійснення контрольно—вимірювальних робіт [28].

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Електролітичний конденсатор (ЕСАР) обрано для кваліфікаційної роботи, оскільки він забезпечує максимальну ємність за мінімальної вартості та габаритів, що є критично важливим для ефективного згладжування низькочастотних пульсацій у джерелах живлення.

Таблиця 2.1- Конденсатор ЕСАР [2]

Позиційне позначення	C1, C2, C8, C9, C10, C12, C14-C16
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	35В
Номінальна ємність	4,7...2200 мкФ
Допуск ємності	± 20%
Термін служби	2000 г
Робоча температура	-55 ... 105 ° С
Тангенс кута втрат,%	0,14

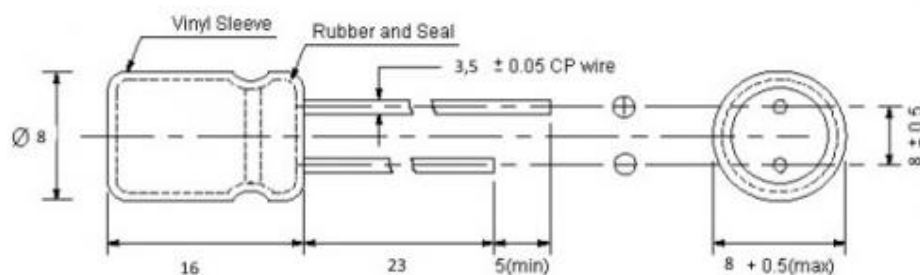


Рисунок 2.1- Габаритні розміри конденсатора типу ЕСАР

Резистор MFP 0,125 — це металоплівковий вивідний резистор потужністю 0,125 Вт, який обрано завдяки його високій точності, низькому рівню шумів та температурній стабільності при компактних габаритах.

Таблиця 2.2- Резистор MFP [3]

Позиційне позначення	R1...R3, R5....R16
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...10·10 ⁶ Ом
допустиме відхилення опору	±10%
максимальна робоча напруга	200В
діапазон робочих температур	-60.....+70°C

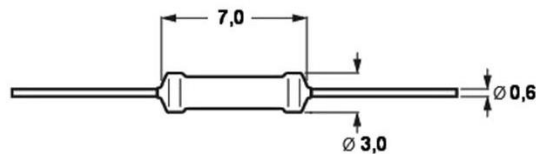


Рисунок 2.2- Габаритні розміри резисторів MFP " Yageo "

Конденсатор NP0 (COG) — це термостабільний керамічний конденсатор, ємність якого абсолютно не змінюється при зміні температури. Він використовується у височастотних та точних аналогових схемах завдяки нульовому температурному коефіцієнту, мінімальним втратам і високій точності.

Таблиця 2.3- Конденсатор NPO [4]

Позиційне позначення	C3-C5
Назва компонента	Конденсатор NPO
Виробник	"Murata"
Критерії вибору	Номінал ємності, напруга пробою, робоча напруга
Параметри та характеристики	
робоча напруга	50В
відхилення ємності від номінального значення	±10%
інтервал робочих температур	-40°C...+100°C
температурний коефіцієнт ємності	+3,3%;
відносна вологість	до 98%
діапазон тиску	6,6-2942гПа
діапазони ємностей	5нФ – 0,1мкФ

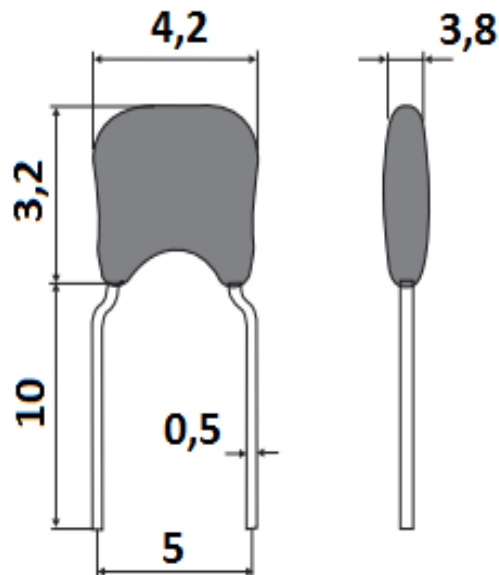


Рисунок 2.3- Габаритні розміри конденсатора NPO

Діод UF4007 — це надшвидкий (Ultra-Fast) кремнієвий діод у вивідному корпусі DO-41, розрахований на максимальну зворотну напругу 1000 В і струм 1 А.

Таблиця 2.4 - Діод UF4007 "Mic" [5]

Позиційне позначення	VD2...V4, VD9-VD11	
Назва компонента	Діод UF4007 "Mic"	
Виробник	"Diotec"	
Критерії вибору	напруга випрямлення, максимальний струм, робоча частота	
Параметри та характеристики		
матеріал	кремній	
корпус	DO-35	
максимальна постійна зворотна напруга	75В	
максимальна імпульсна зворотна напруга	120В	
максимальний час зворотного відновлення	0,004мкс	
діапазон робочих температур	-65...+150°C	
максимально допустимий прямий імпульсний струм	0,45А	
максимальний зворотній струм	5 мкА	

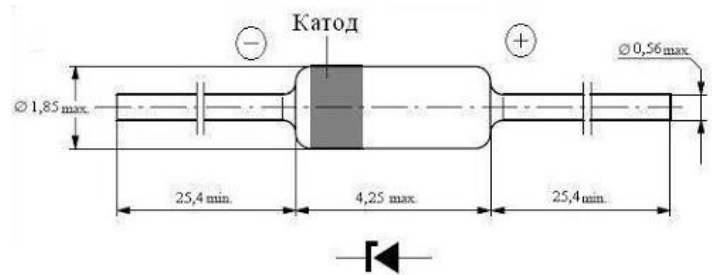


Рисунок 2.4 – Габаритні розміри діода UF4007

Конденсатор B32529C1102J000 (плівковий, серії MKT від EPCOS/TDK) обрано для кваліфікаційної роботи, оскільки він забезпечує високу точність ($\pm 5\%$), відмінну температурну стабільність ємності та низькі втрати в сигнальних колах.

Таблиця 2.5 - Конденсатор B32529C1102J000 [6]

Позиційне позначення	C6, C7, C11, C13
Назва компонента	Конденсатор B32529C1102J000
Виробник	"Epcos"
Критерії вибору	Номінал ємності, напруга пробою, робоча напруга
Параметри конструкції	Див.рис.2.5
Параметри та характеристики	
Робоча напруга змінна, В	63
Робоча напруга постійна, В	100
Номінальна ємність пФ	1000
Допуск номінальної ємності, %	5
Робоча температура, С	-55 ... 100
Відстань між висновками F, мм	5
Висота корпусу H, мм	6.5
Товщина корпусу T, мм	2.5
Довжина корпусу L, мм	7.2

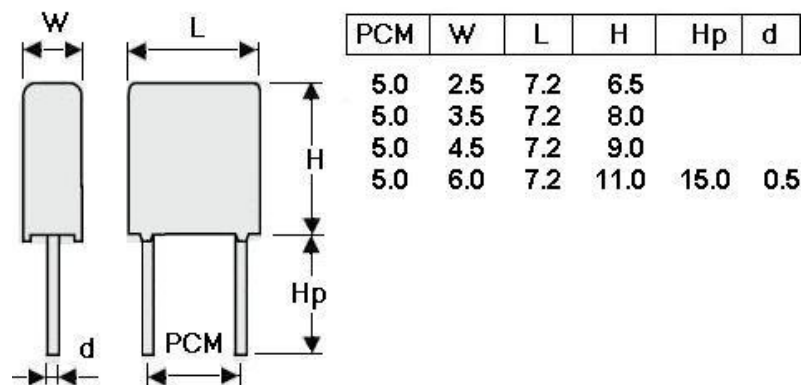
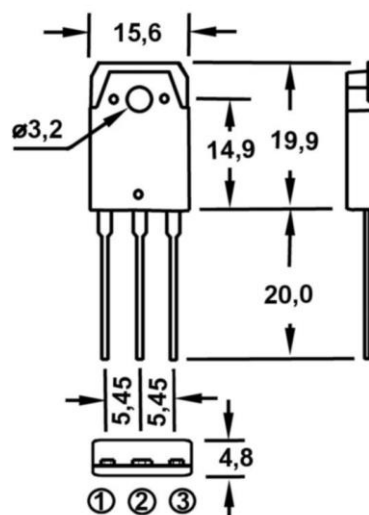


Рисунок 2.5- Габаритні розміри конденсатора B32529C1102J000

Транзистор FQA9N90C (виробництва ON Semiconductor) — це потужний високовольтний N-канальний MOSFET із робочою напругою 900 В і струмом до 9 А. Високий запас по напрузі (900 В): Дозволяє надійно працювати в первинних колах імпульсних джерел живлення або перетворювачів, захищаючи схему від високовольтних викидів та індуктивних сплесків.

Таблиця 2.6 - Транзистор FQA9N90C "ON Semiconductor" [7]

Позиційне позначення	VT1... VT4
Назва компонента	Транзистор FQA9N90C
Виробник	"ON Semiconductor"
Критерії вибору	Структура, коефіцієнт підсилення, потужність,
Параметри та характеристики	
Тип	N-канальний
Корпус	ТО-3Р
Максимальна напруга стік-витік	900 В
Максимальна потужність розсіювання (Pd)	280 Вт
Максимальна напруга затвор-витік (Vgs)	±30 В
Максимальна температура переходу (Tj)	150 °С
Час наростання (tr)	~120 нс



ТО-3Р

Рисунок 2.6 – Габаритні розміри транзистора FQA9N90C "ON Semiconductor"

Діод SF38 (виробництва LGE) — це надшвидкий (Super-Fast) кремнієвий діод на 600 В і 3 А. Його обрано для кваліфікаційної роботи з таких причин: Надшвидке перемикавання: Має мінімальний час зворотного відновлення, що дозволяє йому ефективно працювати без перегріву у високочастотних імпульсних блоках живлення та інверторах.

Таблиця 2.7 - Діод SF38 "LGE" [8]

Позиційне позначення	VD5-VD8
Назва компонента	Діод SF38
Виробник	"LGE"
Критерії вибору	напруга випрямлення, максимальний струм, робоча частота
Параметри та характеристики	
Потужність розсіювання, Вт	0.5
Мінімальна напруга стабілізації, В	44
Номінальна напруга стабілізації, В	47
Максимальна напруга стабілізації, В	50
Статичний опір $R_{ст.}$, Ом	110
Температурний коефіцієнт напруги стабілізації $\alpha_{U_{ст.}}$, % / °C	0.12
Максимальний струм стабілізації $I_{СТ.МАКС.}$, МА	8.5
Робоча температура, °C	-55 ... 150
Спосіб монтажу	в отвір
Корпус	do35
Вага, г	0.2



Рисунок 2.7 – Габаритні розміри діода SF38

Запобіжник RB300-30-5A-250V (виробництва ECE) — це малогабаритний плавкий запобіжник циліндричного типу, розрахований на струм 5 А і напругу 250 В.

Таблиця 2.8 - Запобіжник RB300-30-5A-250B "ECE" [9]

Позиційне позначення	FU1
Назва компонента	Запобіжник RB300-30-5A-250B
Виробник	"ECE"
Критерії вибору	Розміри, напруга, струм, спрацювання
Параметри та характеристики	
Матеріал	кераміка
Номінальна напруга, В	240
Номінальний робочий струм, А	5А
Контакти	циліндричні
Довжина корпусу, мм	30
Діаметр корпусу, мм	6.35
Робоча температура, С	-60 ... 100

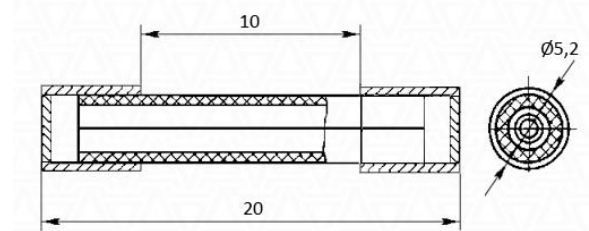


Рисунок 2.8 - Габаритні розміри запобіжника RB300-30-5A-250B

Резистор 16K1-B50K — це поворотний однооборотний потенціометр (змінний резистор) у металевому корпусі діаметром 16 мм, який має лінійну залежність (тип В) і максимальний опір 50 кОм. Керування параметрами: Ідеально підходить для ручного регулювання вихідної напруги чи струму

Таблиця 2.9 - Резистор 16K1-B50K [10]

Позиційне позначення	R4
Назва компонента	Резистор 16K1-B50K
Виробник	"Bourns"
Критерії вибору	Лінійність, опір, розміри
Параметри конструкції	Див.рис.2.9
Параметри та характеристики	
номінальний опір	10кОм
відхилення опору від номінального значення	±20%;
тип потенціометра	однооборотний
максимальна робоча напруга	150В
кут повороту	300±5°

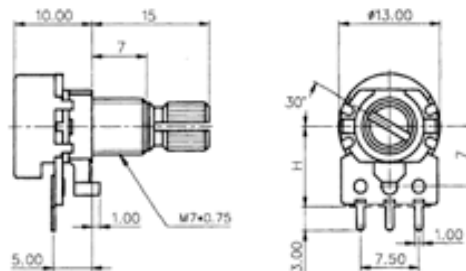


Рисунок 2.9 – Габаритні розміри змінного резистора 16K1-B50K

Перемикач KN3(C)-202AP-A2 (від Jietong Switch) — це надійний двополюсний тумблер (DPDT, 6 контактів) на два положення (ON-ON), який обрано для кваліфікаційної роботи завдяки здатності комутувати високі струми (до 10 А) та одночасно керувати двома незалежними колами пристрою при монтажі на передню панель.

Таблиця 2.10 – Перемикач KN3(C)-202AP-A2 "Jietong Switch" [11]

Позиційне позначення	SA1
Назва компонента	Перемикач KN3(C)-202AP-A2
Виробник	"Jietong Switch"
Критерії вибору	Напруга вхідна, струм, розмір
Параметри та характеристики	
Номінальність	6А, 250В/10А, 125В
Контактний опір	$\leq 50 \text{ мОм}$
Опір ізоляції	$\geq 100 \text{ мОм}$
Діелектрична інтенсивність	$\geq 1500 \text{ В/1мін}$
Діелектрична міцність	1500 В АС
температура роботи	від -25 °С до +85 °С

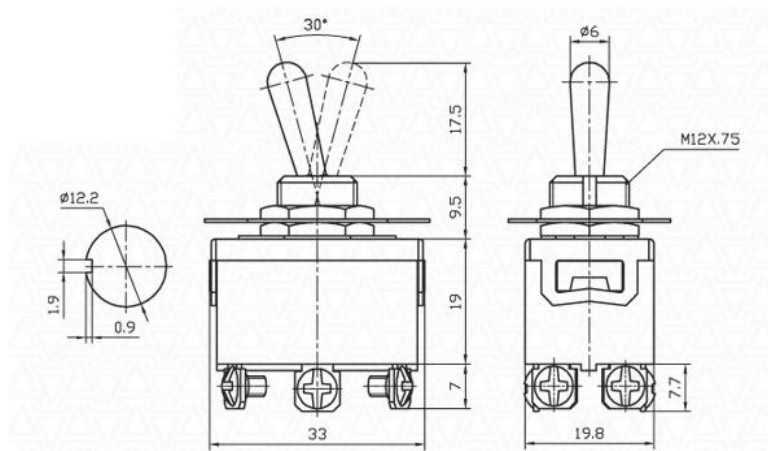


Рисунок 2.10 - Габаритні розміри перемикача KN3(C)-202AP-A2

Мікросхема TL072CP (від Texas Instruments) — це малошумний здвоєний операційний підсилювач із польовими транзисторами на вході (JFET), який обрано для кваліфікаційної роботи завдяки високому вхідному опору, високій швидкості наростання сигналу та мінімальним викривленням, що ідеально підходить для якісної обробки сигналів в аналогових колах.

Таблиця 2.11 - Мікросхема TL072CP "Texas Instruments" [12]

Позиційне позначення	DA2
Назва компонента	Мікросхема TL072CP
Виробник	"Texas Instruments"
Критерії вибору	Вхідна напруга, вихідна напруга, струм вхідний
Параметри та характеристики	
Напруга живлення	двоп.: ± 5 В до ± 18 В однополярне: 10...36 В
Споживаний струм	~ 1.4 мА на канал
Корпус	DIP-8
Смуга пропускання (GBW)	≈ 3 МГц
Тип	операційний підсилювач
Напруга зміщення (offset)	~ 3 мВ

8-pin plastic DIP
(DIP-8P-M01)

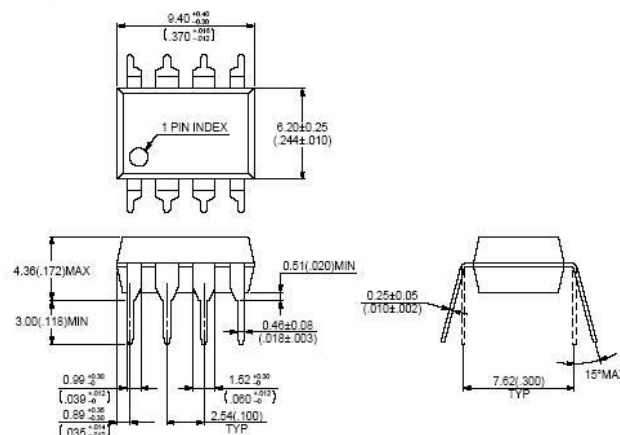


Рисунок 2.11 – Габаритні розміри мікросхема TL072CP

Діодний міст D3SBA60-7000 (від Shindengen) — це компактна збірка на 600 В і 4 А, яку обрано для кваліфікаційної роботи задля надійного та ефективного випрямлення змінного струму в постійний з можливістю зручного кріплення на радіатор для охолодження.

					26 KP 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.12 - Діод D3SBA60-7000 "Shindengen" [13]

Позиційне позначення	VD1
Назва компонента	Діод D3SBA60-7000 "Shindengen"
Виробник	"LGE"
Критерії вибору	напруга випрямлення, максимальний струм, робоча частота
Параметри та характеристики	
Кількість	1
Максимальна зворотна напруга (VRM)	600 В
Середній прямий струм (IF)	4 А
Пряме падіння напруги (VF)	~1.05 В при 2 А
Зворотний струм витоку (IR)	≤10 μA
Робоча температура переходу (Tj)	-40...+150 °C
Габарити	25 × 4.6 × 15 мм



Рисунок 2.12 - Зовнішній вигляд діодного моста D3SBA60-7000 "Shindengen"

Терморезистор JNR13S2R5M — це силовий NTC-термістор з базовим опором 2.5 Ом та максимальним струмом 5 А, який обрано для захисту пристрою від пускових струмів (Inrush Current), оскільки в момент увімкнення він обмежує різкий стрибок струму, а після прогрівання знижує свій опір до мінімуму, забезпечуючи високий ККД схеми.

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.13 - Терморезистор JNR13S2R5M-2.5 Ом-5А [14]

Позиційне позначення	RU1, RU2
Назва компонента	Терморезистор JNR13S2R5M-2.5 Ом-5А
Виробник	"LGE"
Критерії вибору	напруга випрямлення, максимальний струм, робоча частота
Параметри та характеристики	
Номінальний опір при 25 °С	2.5 Ω
Допустимий струм (I _{max})	5 А
Допустиме відхилення опору	±20 %
Робоча температура	−40...+200 °С
Часова стала	~15–20 с
Потужність розсіювання	~3.2 Вт



Рисунок 2.13 - Зовнішній вигляд терморезистора JNR13S2R5M

Мікросхема MC7805BTG (від ON Semiconductor) — це лінійний інтегральний стабілізатор напруги в надійному корпусі TO-220, який обрано для кваліфікаційної роботи завдяки здатності забезпечувати фіксовану вихідну напругу +5 В при струмі до 1.5 А, гарантуючи стабільне та захищене від перевантажень живлення мікроконтролерів і логічних кіл пристрою.

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.14 - Мікросхема MC7805BTG [15]

Позиційне позначення	DA2
Назва компонента	Мікросхема MC7805BTG
Виробник	"Texas Instruments"
Критерії вибору	Вхідна напруга, вихідна напруга, струм вхідний
Параметри та характеристики	
Вихідна напруга	5 В (фіксована)
Вхідна напруга (V_{in})	7–25 В (рекомендовано), макс. 35 В
Вихідний струм (I_{out})	до 1 А
Падіння напруги	~2 В при номінальному струмі
Корпус	TO-220
Температурний діапазон	–40...+125 °C
Стабілізація навантаження	0.3 %

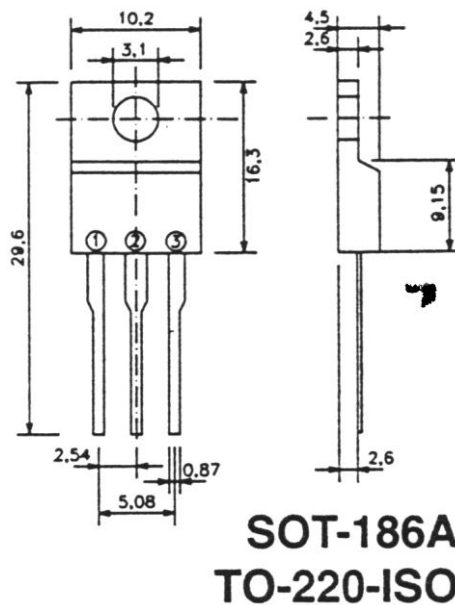


Рисунок 2.14 – Габаритні розміри мікросхема MC7805BTG

Мікросхема IR2110PBF (від Infineon) — це високошвидкісний високовольтний драйвер керування затворами МОН-транзисторів (MOSFET) та БТІЗ (IGBT), який обрано для кваліфікаційної роботи, оскільки він дозволяє незалежно й ефективно керувати транзисторами як у верхньому (High-Side), так і в нижньому (Low-Side) плечах силових напівмостових чи мостових схем.

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.15 - Мікросхема IR2110PBF "Infineon" [16]

Позиційне позначення	DD1-DD2
Назва компонента	Мікросхема IR2110PBF
Виробник	"Infineon"
Критерії вибору	Вхідна напруга, вихідна напруга, струм вхідний
Параметри та характеристики	
Корпус	DIP-14
Напруга живлення (V_{CC})	10–20 В
Вихідний струм (пік)	2А
Затримка перемикання	~120 нс
Температурний діапазон	–40...+125 °С
Тип	Двоканальний драйвер

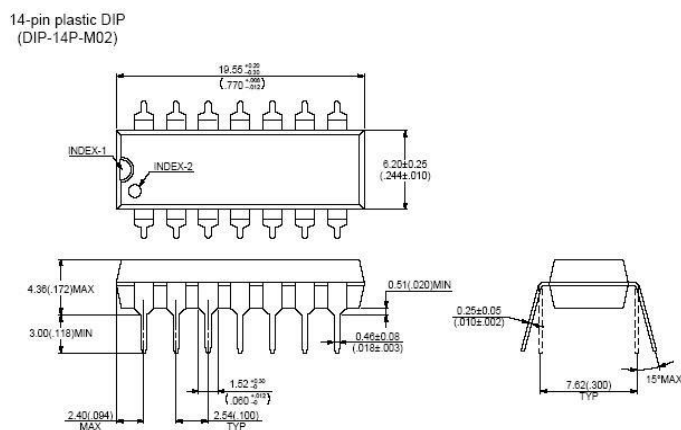


Рисунок 2.15 – Габаритні розміри мікросхема IR2110PBF "Infineon"

2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

Для розрахунку стабілізаторів напруги на ІМС, як правило, необхідні наступні початкові дані: номінальне значення вихідної напруги $U_{ст\ вих\ ном}$; граничні значення вихідної напруги $U_{ст\ вих\ min}$, $U_{ст\ вих\ max}$; мінімальний і максимальний струми навантаження $I_{н\ min}$, $I_{н\ max}$; температурна нестабільність напруги вхідної α_U ; нестабільність вихідної напруги $K_{нстU}$ або коефіцієнт пульсацій вихідної напруги K_p ; коефіцієнт стабілізації напруги $K_{стU}$; внутрішній опір стабілізатора $R_{ст\ вих}$; температурний коефіцієнт γ .

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

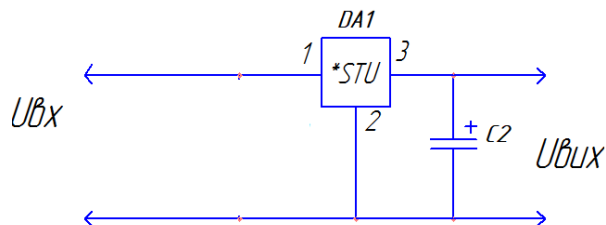


Рисунок 2.16 – Електрична принципова схема стабілізатора і конденсатора

Вибір ІМС виконується за заданими $U_{CT\ BIX}$, $I_{CT\ BIX\ max}$, K_{CTU} , γ , $R_{CT\ BIX}$ із рисунку 2.17. Бажано віддавати перевагу тим ІМС, які працюють з меншою кількістю зовнішніх елементів. При цьому повинні виконуватися наступні умови

$$U_{IMC\ BIX} \geq U_{CT\ BIX}$$

$$I_{IMC\ BIX\ max} \geq I_{H\ max}$$

$$K_{IMC\ CTU} \geq K_{CTU}$$

Таблиця 2.15 - Параметри стабілізаторів

Тип ІМС	$U_{CT\ BIX}$, В (min...max)	$U_{CT\ BIX}$, В (min...max)	K_{CTU} , % В не більше за	K_{CTU} , % А не більше за	$K_{CT\ CT}$, дБ на 1кГц не більше за	α_U , % °C не більше за	$I_{CT\ BIX}$, А (max)	$P_{CT\ P03}$, Вт без радіатора/з радіатором	$I_{CT\ CB}$, мА	$U_{CT\ BIX}$, В не більше за
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
K142EH1A	9...20	3...12	0,5	0,5	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH1B	9...20	3...12	0,2	0,2	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH1B	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
K142EH2A	20...40	12...30	0,5	0,5	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH2B	20...40	12...30	0,2	0,2	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH2B	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
K142EH5A	7,5...15	4,9...5,1	0,05	1	70	0,02	3	1,2/10	10	2,5
K142EH5B	8,5...15	5,88...6,12	0,05	1	70	0,02	3	1,2/10	10	2,5
K142EH5B	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
KP142EH5A	7,5...15	4,9...5,1	0,05	2	60	0,03	-	1,2/10	10	2,5
KP142EH5B	8,5...15	5,88...6,12	0,05	2	60	0,03	3	1,2/10	10	2,5
KP142EH5B	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
KP142EH6A	~...40	14,7...15,3	0,0015	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
KP142EH6B	~...40	14,7...15,3	0,005	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
K142EH6B	~...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
142EH8A	11,5...35	8,73...9,27	0,05	0,67	40	0,02	1,5	-/9	10	2,5
142EH8B	11,5...35	11,64...12,36	-	-	-	-	-	-	-	-

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 KP 172.402.025.000.000 ПЗ

Арк.

Було обрано стабілізатор MC7805BTG "ST Microelectronics", який має параметри такі як в КР142ЕН5А.

Незалежно від типу обраної ІМС визначаємо наступні параметри

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

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

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

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

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

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

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

$$I_{CT\ BIX} \equiv I_{CT\ BX}$$

Визначення ємності конденсатора за формулою:

$$C_0 = \frac{H}{rK_{I\ 0}} \quad (2.6)$$

де C_0 – ємність, мкФ;

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт пульсацій $K_{п0}=0,03 \%$;

r – опір, Ом.

$$C_0 = \frac{0,3}{1 \cdot 0,03} = 100(\text{мкФ})$$

Розраховуємо робочу напругу:

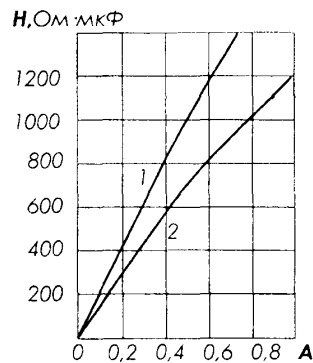


Рисунок 2.17 – Графік для визначення коефіцієнта Н:

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

$$U_{роб} = 1,4 \cdot 25 = 35(\text{В})$$

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

Вибираємо електролітичний конденсатор типу ЕСАР 35 В номінальною ємністю 100мкФ та на робочу напругу 35 В.

2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу

Виходячи з технологічних можливостей виробництва вибрано комбінований метод виготовлення, 4 клас точності друкованої плати ОСТ 4.010.022-85 [19].

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

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{i_{\text{дон}} * t} = \frac{0,2 \text{ А}}{48 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2} * 0,035 \text{ м}} = 0,3 \text{ мм} \quad (2.8)$$

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

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначається із аналізу принципової схеми, $I_{max}=0,2A$;

Ідоп – допустима густина струму, вибирається в залежності від методу виготовлення плати з табл.,

$$j_{доп} = 48A/мм^2, t – товщина провідника, 35мкм=0,035м$$

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

$$b_{min2} = \frac{\rho * I_{max} * l}{U_{д} * t} = \frac{0,0175 \frac{Ом.мм^2}{м} * 0,2A * 0,5м}{0,9В * 0,035м} = 0,3мм \quad (2.9)$$

де: $\rho = 0,0175 Ом*мм^2/м$ – питомий об'ємний опір,

$L = 0,5м$ – довжина провідника,

$U_{доп} = 2В$ – допустиме падіння напруги.

Визначаємо номінальне значення діаметрів монтажних отворів d:

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

де: d_E – максимальний діаметр виводу встановленого ЕРЕ (діаметр вивода ЕРЕ.) $\Delta d_{н.в.}$ – 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: 1,1; 1,3; 1,5 мм.

$d_{E1} = 0,8$ -для мікросхем, конденсаторів, резисторів, діодів, транзисторів? Vsrhjc[tv;

$d_{E2}=1,0$ - для модуля В1, транзисторів VT1-VT4, дроселів L1-L2, конденсатора С7, С9, С11, діодного моста VD1, мікросхеми DA1.

$$d = d_{E1} + |\Delta d_{н.в.}| + r = 0,8 + |\pm 0,1| + 0,2 = 1,1 мм$$

$$d = d_{E2} + |\Delta d_{н.в.}| + r = 1,0 + |\pm 0,1| + 0,2 = 1,3 мм$$

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

Розраховуємо діаметр контактних площадок.

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

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

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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;

$$\delta d = 0,25 \text{ мм, } \delta p = 0,4 \text{ мм.}$$

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

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

де: Δd - допуск на отвір.

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

$$d_{\max 2} = 1,3 + 0,1 + 0,1 = 1,5 \text{ мм}$$

$$D_{1\min 1} = 2 \left(0,06 + \frac{1,3}{2} + 0,25 + 0,4 \right) = 2,72 \text{ мм}$$

$$D_{1\min 2} = 2 \left(0,06 + \frac{1,5}{2} + 0,25 + 0,4 \right) = 2,92 \text{ мм}$$

$$D_{\min 1} = 2,92 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 2,8 \text{ мм}$$

$$D_{\min 2} = 2,92 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 3 \text{ мм}$$

Максимальний діаметр контактної площадки:

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

$$D_{\max 1} = 2,82 + 0,02 = 2,82 \text{ мм}$$

$$D_{\max 2} = 3 + 0,02 = 3,02 \text{ мм}$$

Визначаємо ширину провідників. Мінімальна ширина провідників для ДДП і зовнішніх шарів БДП, які виготовлені комбінованим методом:

$$b_{\min} = b_{1\min} + 1.5h\phi + 0,03 \quad (2.15)$$

де $b_{1\min}$ - мінімальна ефективна ширина провідника, мм. $b_{1\min} = 0,15$ мм для плат 4- го класу точності.

$$b_{\min} = 0,15 + 1.5 \cdot 0,035 + 0,03 = 0,23 \text{ мм}$$

Визначаємо мінімальну відстань між елементами провідного матеріалу.

Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою:

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{1min} = L_0 - \left[\left(\frac{D_{max}}{2} + \delta p \right) + \left(\frac{d_{max}}{2} + \delta 1 \right) \right] \quad (2.16)$$

$$S_{1min1} = 2,5 - \left[\left(\frac{2,82}{2} + 0,4 \right) + \left(\frac{1,3}{2} + 0,05 \right) \right] = -0,01 \text{ мм}$$

$$S_{1min2} = 2,5 - \left[\left(\frac{3,02}{2} + 0,4 \right) + \left(\frac{1,5}{2} + 0,05 \right) \right] = -0,21 \text{ мм}$$

де: L_0 – відстань між центрами відповідних елементів;

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

$$S_{2min} = L_0 - (D_{max} + 2\delta_p) \quad (2.17)$$

$$S_{2min1} = 2,5 - (2,82 + 2 \cdot 0,4) = -1,12 \text{ мм}$$

$$S_{2min2} = 2,5 - (3,02 + 2 \cdot 0,4) = -1,32 \text{ мм}$$

Мінімальна відстань між двома провідниками:

$$S_{3min} = L_0 - (D_{max} + 2\delta_1) \quad (2.18)$$

$$S_{3min1} = 2,5 - (2,82 + 2 \cdot 0,05) = -0,42 \text{ мм}$$

$$S_{3min2} = 2,5 - (3,02 + 2 \cdot 0,05) = -0,62 \text{ мм}$$

У зв'язку із тим, що в розрахунку виходять від'ємні значення, то необхідно контактні площадки робити овальними для резисторів, конденсаторів електrolітичних і керамічних, мікросхем, діодів, транзисторів, мікросхем.

2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу

Тепловий режим роботи проектованого виробу є одним із ключових факторів, що визначає його надійність, стабільність та довговічність. Під час роботи пристрою основне тепловиділення створюють силові напівпровідникові елементи, зокрема транзистори VT1–VT4, які працюють у режимі комутації та під навантаженням.

У процесі роботи втрати потужності в транзисторах перетворюються у тепло, що призводить до підвищення їх температури. При відсутності

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ефективного тепловідведення це може спричинити перегрів елементів, зміну їх електричних параметрів або навіть вихід з ладу. Тому для забезпечення нормального теплового режиму передбачено встановлення транзисторів на алюмінієвий радіатор.

Алюмінієвий радіатор забезпечує ефективне розсіювання тепла в навколишнє середовище завдяки високій теплопровідності матеріалу та збільшеній площі поверхні. Кріплення транзисторів до радіатора здійснюється з використанням теплопровідної пасти або ізоляційних прокладок (за необхідності електричної ізоляції), що зменшує тепловий опір між корпусом транзистора та радіатором.

Окрім силових елементів, незначне тепловиділення також мають резистори та стабілізуючі елементи схеми, однак їх вплив на загальний тепловий баланс є мінімальним і не потребує додаткових заходів охолодження.

Друкована плата виготовлена з склотекстоліту, який має достатню термостійкість і зберігає свої електроізоляційні властивості при підвищених температурах. Це дозволяє експлуатувати пристрій у широкому діапазоні температур без деградації матеріалу основи.

Корпус виробу виконаний з термостійкого пластику, який забезпечує стабільність геометричних розмірів при нагріванні та не деформується в умовах нормальної експлуатації. Конструкція корпусу також сприяє природній вентиляції внутрішнього простору, що додатково покращує тепловідвід.

Загальний тепловий режим роботи виробу можна вважати допустимим за умови правильної роботи системи охолодження та дотримання номінальних режимів навантаження. Встановлений радіатор забезпечує підтримання температури силових елементів у межах допустимих значень, визначених технічною документацією на транзистори.

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, конструктивні рішення, прийняті при проектуванні виробу, забезпечують ефективне відведення тепла та стабільну роботу пристрою в робочому температурному діапазоні.

2.1.7 Розрахунок надійності проектного пристрою

Надійність – це властивість виробу 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. Розрахунок надійності проектного виробу проводимо за допомогою спеціальної програми NAD_Release [18]:

Таблиця 2.16 - Вихідні дані для розрахунку надійності

п/п	Назва групи елементів	К-сть шт.	К _{нопр}	I _{відм} *1e-06	К-сть*К _{нав} від*1e-06
1	Мікросхеми	3	1	0,03	0,09
2	Діоди	11	0,35	0,7	2,695
3	Конденсатори електролітичні	9	0,4	2,4	8,64
4	Конденсатори керамічні	7	0,1	1,4	0,98
5	Резистори постійні	15	0,42	0,8	5,04
6	Резистори змінні	1	0,42	5	2,1
7	Терморезистор	2	1	0,5	1
8	Друкована плата	1	1	0,1	0,1
9	Пайки	202	1	0,02	4,04
10	Запобіжник	1	1	0,5	0,5
11	Перемикач	1	1	0,5	0,5
12	Роз'єм	3	1	0,05	0,15
13	Транзистори	4	0,35	4	5,6
14	Дроселі	3	0,1	1	0,3
15	Модуль	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: $3.9035e-005$ 1/год

Середня наробка до відмови: 25618.0 год.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$:

$t = 10$ год. $P(t) = 0.999610$

$t = 100$ год. $P(t) = 0.996104$

$t = 1000$ год. $P(t) = 0.961717$

$t = 10000$ год. $P(t) = 0.676820$

$t = 100000$ год. $P(t) = 0.020171$

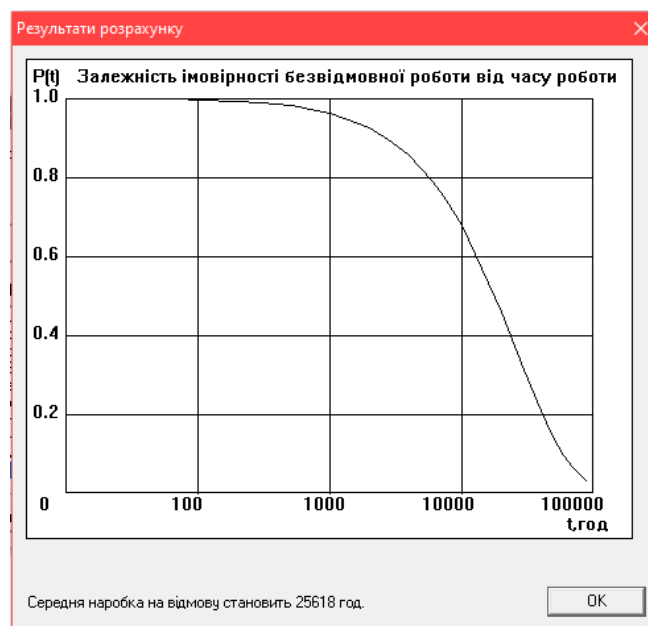


Рисунок 2.18 - Графік залежності ймовірності безвідмовної роботи від часу

Напрацювання на відмову становить 25618 год. Надійність виробу є досить високою, що супроводжується якісною роботою приладу довго та надійно.

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Техніко-економічний аналіз конструкції проектного виробу виконується з метою оцінки доцільності прийнятих конструктивних рішень, матеріальних витрат на виготовлення, а також ефективності експлуатації пристрою. Основними критеріями оцінки є собівартість виготовлення, технологічність конструкції, надійність, ремонтпридатність та енергоефективність.

Конструкція виробу побудована на основі друкованої плати, що дозволяє значно зменшити обсяг ручного монтажу та скоротити час складання. Використання друкованого монтажу підвищує повторюваність параметрів виробу та зменшує ймовірність помилок при виготовленні, що позитивно впливає на зниження виробничих витрат.

Застосування навісного монтажу лише для частини елементів (перемикач, резистор, роз'єм, запобіжник) є обґрунтованим з точки зору зменшення складності друкованої плати та спрощення конструкції корпусу. Це дозволяє оптимізувати розміщення елементів і зменшити площу плати, що безпосередньо впливає на зниження вартості її виготовлення.

Вибір стандартних та широко доступних електронних компонентів (резистори, транзистори, мікроконтролерна платформа Arduino, стандартні роз'єми) забезпечує низьку собівартість комплектуючих та спрощує процес постачання елементної бази. Крім того, використання уніфікованих деталей знижує витрати на ремонт і заміну елементів у процесі експлуатації.

Корпус виробу виготовляється з недорогого термопластику методом лиття або 3D-друку, що є економічно доцільним при малосерійному або індивідуальному виробництві. Такий матеріал забезпечує достатню механічну міцність при низькій вартості та не потребує додаткової механічної обробки.

Застосування алюмінієвого радіатора для силових елементів є економічно обґрунтованим, оскільки дозволяє уникнути використання

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

активних систем охолодження (вентиляторів), що зменшує загальну вартість виробу, підвищує його надійність і знижує енергоспоживання.

З точки зору технологічності, конструкція виробу є зручною для складання та обслуговування. Модульний принцип побудови дозволяє легко замінювати окремі вузли без необхідності демонтажу всього пристрою, що знижує витрати на ремонт та технічне обслуговування.

У результаті проведеного аналізу можна зробити висновок, що запропонована конструкція є економічно доцільною, технологічно простою у виготовленні та експлуатації, а також забезпечує оптимальне співвідношення між вартістю виробу та його функціональними можливостями.

Даний пристрій відноситься до вимірювальних приладів. Його напруга живлення становить 220В, а струм споживання 0,2А. Тому потужність буде рівна:

$$P=I*U=0,2*220=44(\text{Вт}) \quad (2.19)$$

2.2 Технологічна частина

2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу

Конструкція проектного виробу базується на друкованій платі, яка виконана як двостороння та виготовлена комбінованим методом. Даний спосіб виготовлення забезпечує високу щільність монтажу провідників і надійність електричних з'єднань. Завдяки раціональному розміщенню елементів досягнуто зменшення габаритів плати до 130×115 мм, що позитивно впливає на компактність усього пристрою.

Розміщення радіоелементів виконано з одного боку друкованої плати, що спрощує процес монтажу, зменшує ризик помилок при складанні та полегшує подальше обслуговування виробу. Зворотна сторона плати не містить навісних елементів і використовується виключно для друкованих провідників.

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливу увагу приділено тепловому режиму роботи силових елементів. Транзистори VT1–VT4 встановлюються на радіатор, що забезпечує ефективне відведення тепла під час роботи пристрою під навантаженням. Це дозволяє підвищити надійність та стабільність роботи схеми, а також запобігає перегріву напівпровідникових елементів.

Конструктивно корпус однофазного частотного перетворювача, реалізованого на базі мікроконтролера Arduino, складається з двох коритоподібних половин (верхньої та нижньої), які з'єднуються між собою за допомогою чотирьох гвинтів. Така конструкція забезпечує простоту складання, зручність доступу до внутрішніх елементів та достатню механічну міцність.

До нижньої частини корпусу жорстко закріплюється друкована плата за допомогою монтажних елементів (гвинтів, дистанційних втулок або опор), що забезпечує її стабільне положення та виключає механічні вібрації під час експлуатації пристрою.

На верхній частині корпусу встановлюються органи керування та зовнішні інтерфейси: перемикач SA1, підстроювальний або регулювальний резистор R4, а також роз'єм XS1 для підключення зовнішніх з'єднань або сигналів керування. Таке розміщення елементів забезпечує зручність експлуатації та доступ користувача до основних функцій пристрою без необхідності відкривання корпусу.

У місці з'єднання двох половин корпусу передбачено введення мережевого шнура живлення пристрою. Додатково в цьому ж вузлі встановлюється плавкий запобіжник із тримачем, що забезпечує захист пристрою від перевантажень і коротких замикань.

Електричне з'єднання між друкованою платою та елементами, розташованими на корпусі, здійснюється за допомогою навісного монтажу. Для цього використовуються монтажні провідники, які забезпечують надійний електричний контакт між платою та такими компонентами, як перемикач, резистор, роз'єм і запобіжник.

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загалом конструкція виробу забезпечує компактність, технологічність складання, зручність монтажу та подальшого обслуговування, а також відповідає вимогам надійності та безпеки при експлуатації електронного пристрою.

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

Технологічність конструкції проектного виробу оцінюється з точки зору зручності виготовлення, складання, монтажу та подальшого обслуговування. Запропонована конструкція характеризується достатньо високим рівнем технологічності, оскільки побудована на основі друкованого монтажу та використання уніфікованих електронних компонентів.

Основна частина елементів розміщується на друкованій платі, що дозволяє автоматизувати або значно спростити процес монтажу. Це зменшує кількість ручних операцій, підвищує повторюваність виробів та знижує ймовірність помилок при складанні. Навісний монтаж використовується лише для частини компонентів, які конструктивно винесені на корпус (перемикач, резистор, роз'єм, запобіжник), що є доцільним з точки зору зручності експлуатації та обслуговування.

Конструкція корпусу виконана з двох простих деталей коритоподібної форми, що значно спрощує процес виготовлення. Відсутність складних геометричних елементів дозволяє використовувати як лиття під тиском, так і 3D-друк, а також мінімізує витрати на механічну обробку.

Загалом конструкція є ремонтпридатною, оскільки забезпечує доступ до основних вузлів без повного демонтажу виробу. Кріплення елементів виконано стандартними різьбовими з'єднаннями, що полегшує складання та розбирання пристрою.

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час складання та монтажу виробу використовується стандартний набір слюсарно-монтажного та електромонтажного інструменту.

Для механічного складання корпусу застосовуються:

- викрутки (хрестові та плоскі) для гвинтових з'єднань;
- шестигранні ключі (за потреби для кріплення радіатора або елементів корпусу);
- пінцет для роботи з дрібними деталями.

Для монтажу електронних компонентів використовуються:

- паяльна станція з регулюванням температури;
- припій та флюс для виконання пайки;
- демонтажна помпа або оплітка для випаювання елементів;
- кусачки та бокорізи для обрізання виводів елементів;
- обтискний інструмент для підготовки та фіксації провідників у роз'ємах.

Для забезпечення точності складання можуть застосовуватися:

- монтажні платформи або тримачі друкованих плат;
- антистатичні килимки та браслети для захисту елементів від електростатичного розряду;
- вимірювальні прилади (мультиметр) для контролю електричних параметрів після складання.

Як допоміжна оснастка використовуються дистанційні втулки та кріпильні елементи для фіксації друкованої плати всередині корпусу, а також теплопровідна паста для покращення теплового контакту силових транзисторів із радіатором.

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

Для виготовлення розроблюваного виробу застосовується двостороння друкована плата, що дозволяє забезпечити високу щільність компонування

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

радіоелементів та раціональне трасування електричних з'єднань. Використання двошарової структури плати дає можливість суттєво зменшити габарити виробу, покращити електричні характеристики схемних з'єднань та знизити рівень паразитних параметрів.

Виготовлення друкованої плати здійснюється за комбінованою технологією, яка поєднує механічну, фотолітографічну та хіміко-технологічну обробку матеріалів. Такий підхід забезпечує високу точність формування провідникового рисунка та стабільну якість готових виробів.

На першому етапі технологічного процесу використовується основа з фольгованого діелектрика, з якої формується заготовка майбутньої друкованої плати. Як правило, застосовується склотекстоліт, на поверхню якого нанесено мідну фольгу. Далі на підготовлену основу наноситься шар фоточутливого матеріалу (фоторезисту), який забезпечує формування захисного рисунка провідників.

Після нанесення фоторезисту виконується процес експонування за допомогою фотошаблону, на якому задано топологію друкованих провідників. Під дією ультрафіолетового випромінювання відбувається зміна структури фоточутливого шару в освітлених ділянках. Наступним кроком є проявлення, під час якого видаляються незасвічені (або засвічені — залежно від типу резисту) ділянки, в результаті чого формується захисна маска, що повторює конфігурацію майбутніх провідників.

Подальшим етапом є хімічне травлення, під час якого з поверхні плати видаляються незахищені ділянки мідного шару. У результаті цього процесу формується остаточний рисунок друкованих провідників відповідно до електричної схеми пристрою. Після завершення травлення залишки фоторезисту видаляються, а плата проходить очищення.

Для двосторонніх друкованих плат додатково виконується операція металізації отворів, яка забезпечує електричне з'єднання між верхнім і нижнім шарами провідників. Перед цим отвори свердляться відповідно до

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструкторської документації, після чого проходять очищення та підготовку до металізації, що гарантує надійне формування струмопровідного шару всередині отворів.

Завершальний етап виготовлення включає нанесення захисної паяльної маски. Вона запобігає окисненню мідних провідників, зменшує ризик випадкових коротких замикань під час монтажу та підвищує загальну надійність плати. Додатково виконується маркування елементів монтажу, що спрощує процес складання, налагодження та подальшого обслуговування виробу.

Для підвищення якості пайки та довговічності контактних з'єднань здійснюється фінішна обробка контактних майданчиків, яка може включати лудіння або нанесення захисних металевих покриттів.

Основою друкованої плати є склотекстоліт типу FR-4, який характеризується високою механічною міцністю, стабільними діелектричними властивостями, низьким водопоглинанням та стійкістю до підвищених температур. Завдяки цим властивостям матеріал забезпечує надійну роботу виробу в умовах тривалої експлуатації.

Провідникові доріжки виконуються з електролітичної міді, яка має високу електропровідність, технологічність обробки та хорошу адгезію до основи. Це забезпечує мінімальні втрати в електричних колах та високу стабільність параметрів схеми.

Як допоміжні матеріали використовуються фоточутливі резисти для формування топології провідників, хімічні реагенти для процесу травлення міді, а також матеріали для нанесення паяльної маски та захисного покриття контактних майданчиків. Як фінішні покриття можуть застосовуватись олов'яні, нікелеві або золотовмісні шари, що підвищують корозійну стійкість та якість пайки.

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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:

$$K_{\text{вик.імс}} = \frac{H_{\text{імс}}}{H_{\text{імс}} + H_{\text{ЕРЕ}}} = \frac{4}{4 + 57} = 0,1 \quad (2.20)$$

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

$$K_{\text{А.М}} = \frac{H_{\text{А.М}}}{H_{\text{М}}} = \frac{202}{202} = 1 \quad (2.21)$$

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:

$$K_{\text{М.П.ЕРЕ}} = \frac{H_{\text{М.П.ЕРЕ}}}{H_{\text{ЕРЕ}}} = \frac{57}{57} = 1 \quad (2.22)$$

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.

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт повторюваності електрорадіоелементів $K_{\text{ПОВТ.ЕРЕ}}$ визначається за формулою:

$$K_{\text{ПОВТ.ЕРЕ}} = 1 - \frac{H_{\text{Т.ЕРЕ}}}{H_{\text{ЕРЕ}}} = 1 - \frac{38}{57} = 0,33 \quad (2.23)$$

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

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

$$K_{\text{ЗАСТ.ЕРЕ}} = 1 - \frac{H_{\text{Т.ОР.ЕРЕ}}}{H_{\text{Т.ЕРЕ}}} = 1 - \frac{9}{57} = 0,84 \quad (2.24)$$

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

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

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

$$K_{\text{ВСТ.Р}} = 1 - \frac{H_{\text{ВСТ.Р}}}{H_{\text{ЕРЕ}}} = 1 - \frac{57}{57} = 0 \quad (2.25)$$

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

Коефіцієнт прогресивності Формоутворення K_{ϕ} деталей визначається за формулою:

$$K_{\phi} = \frac{D_{\text{пр}}}{D} = \frac{1}{1} = 1 \quad (2.26)$$

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

Комплексний показник технологічності K визначається за формулою

$$K = \frac{K1\phi1 + K2\phi2 + \dots + Ki\phi i}{\phi1 + \phi2 + \dots + \phi i}$$

$$K = \frac{0,1*1 + 1*1 + 1*0,75 + 0,33*0,5 + 0,84*0,310 + 0*0,187 + 1*0,110}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,310 + 0,187 + 0,110} = 0,61 \quad (2.27)$$

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оцінка рівня технологічності виробу визначається з відношення розрахованого комплексного показника K до комплексного нормативного показника K_n , який відображає реальний існуючий рівень технологічності на підприємствах по випуску РЕА. Для нашого виробу $K_n = 0,5$.

Відношення K/K_n повинно задовольняти умову:

$$\frac{K}{K_n} \geq 1 \quad (2.28)$$

Перевіряємо умову: $\frac{0,61}{0,5} = 1,22 \geq 1$.

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 термометра включає в себе наступні кроки:

- установка друкованого вузла у нижню частину корпусу;
- кріплення друкованого вузла до нижньої частини корпусу за допомогою чотирьох гвинтів;
- кріплення перемикача та гнізда, резистора на верхню кришку та вентилятора;
- кріплення шнура живлення та запобіжника;
- фіксація кришок за допомогою гвинтів.

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;

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Сушка;
- Формування виводів ЕРЕ;
- Лудження виводів ЕРЕ;
- Встановлення ЕРЕ;
- Автоматизована пайка хвилею припою;
- Рихтування;
- Регулювання;
- Лакування;
- Технічний контроль.

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
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:

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

$$V_{\text{буд}} = 2000 \times 100 = 200000 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

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

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

$$V_{\text{буд}\Sigma} = 200000 + 100000 = 300000 \text{ (грн.)}$$

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

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

При цьому вартість обладнання складає:

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

$$V_{\text{обл}} = 200000 \cdot 0,5 = 100000 \text{ (грн.)}$$

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

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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:

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

$$V_{\text{інстр}} = 100000 \times 0,02 \times 1,1 = 2200 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$V_{\text{інв}} = 100000 \times 0,03 \times 1,1 = 3300 \text{ (грн.)}$$

4) Загальний обсяг виробничих інвестицій розраховується за формулою:

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

$$\text{ПІ} = 3000000 + 2200 + 3300 = 305500 \text{ (грн.)}$$

5) Величина амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

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

$$A = \frac{5500 \times 25}{100} = 1375 \text{ (грн.)}$$

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 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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	2200	550
	Виробничий та господарський інвентар	3300	825
	Всього:	5500	1375

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 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$$B_M = 754 \times 1,04 = 784,16 \text{ (грн.)}$$

де т — кількість видів матеріалів, які використовують для виробництва одиниці продукції;

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

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

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

Таблиця 3.2- Розрахунки

№ з/п	Назва матеріалу (покупного виробу)	Кількість	Ціна за одиницю	Загальна вартість
1	Плата друкована	1	75	75
2	Кришка нижня	1	75	75
3	Кришка верхня	1	75	75
4	Мікросхема	1	30	120
5	Конденсатори електролітичні	9	10	90
6	Конденсатори постійні	7	1	7
7	Резистори постійні	14	0,5	7
8	Запобіжник	1	20	20
9	Дросель	3	5	15
10	Діоди	11	2	22
11	Роз'єм	2	30	60
12	Модуль Arduino	1	150	150
13	Транзистори	4	20	8
14	Перемикач	3	10	30
				754

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 ($B_{о.з.пл.}$):

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$$P_{\text{від}} = \frac{33}{60} \times 220 = 121 (\text{грн})$$

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

$C_{\text{г}}$ – 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, $(C_{\text{г}}), \text{грн/год}$
1	Пайка	15	V	220
2	Регулювання	10	V	220
3	Складання	8	V	220
	Всього	33		

4) Витрати на додаткову заробітну плату працівників ($B_{\text{дод.з.пл.}}$):

приймаються в розмірі 11% від основної заробітної плати виробничих працівників і розраховують за формулою:

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

$$B_{\text{дод.з.пл.}} = 121 \times 0.11 = 13,31 (\text{грн})$$

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:

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

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{\text{в.с.з.}} = \frac{22}{100} \times (121 + 13,31) = 25,55 \text{ (грн)}$$

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:

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

$$V_{\text{уео}} = \frac{91}{100} \times (121 + 13,31) = 122,22 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{\text{уео}}$ - відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання (приймається 91%);

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:

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

$$B_{\text{зв}} = \frac{171}{100} \times (121 + 13,31) = 229,67 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{\text{зв}}$ - відсоток загальновиробничих витрат (приймають 171%).

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

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

$$S_{\text{вир}} = 784,16 + (121 + 13,31 + 25,55) + 122,22 + 229,67 = 1295,9 \text{ (грн.)}$$

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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	784,16
2	Основна заробітна плата виробничих робітників	121,00
3	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	13,31
4	Відрахування на соціальні заходи	25,55
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	122,22
6	Загальновиробничі витрати	229,67
Разом виробнича собівартість (сума 1-6), в тому числі:		1295,91
7	-змінні (сума 1-4) $B_{зм.од}$	944,02
8	-умовно-постійні (сума 5-6) $B_{уп.од}$	351,89

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

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

$$Ц_{одпр} = 1295,91 \times \frac{100 + 28}{100} = 1658,76 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{пр}$ —відсоток запланованого прибутку (приймається 28%);

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:

$$П_r = (Ц_{одпр} - S_{пов.}) \times N_r, \quad (3.16)$$

$$П_r = (1658,76 - 1295,91) \times 900 = 326565 \text{ (грн),}$$

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Π_r - 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:

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

$$\text{ЧП} = 326565 - 326565 \times \frac{18}{100} = 267783,3 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$S_{повq} = 1295,91 \times 900 = 1166319 \text{ (грн.)}$$

4) Рентабельність продукції визначається за формулою:

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

$$R_{п} = \frac{267783,3}{1166319} \times 100\% = 22,96 \%$$

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:

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

$$\Gamma\Pi = 267783,3 + 1375 = 269158,3 \text{ (грн.)},$$

де $\Gamma\Pi_t$ - сума чистих грошових надходжень у t-му році, грн.;

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

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

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$\text{ЧТВ} = 244689,36 - 305500 = 60810,64 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$\text{ТВ} = \frac{269158,3}{(1 + 0,1)^1} = 244689,36 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$\text{ІП} = \frac{244689,36}{305500} = 0.8$$

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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($T_{ок_{диск}}$) характеризує кількість років, за які будуть відшкодовані початкові інвестиції та розраховується за формулою:

$$T_{ок_{диск}} = \frac{П}{ГП_{диск}} \quad (3.24)$$
$$T_{ок_{диск}} = \frac{305500}{244689,36} = 1,25р$$

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

$$ГП_{диск} = \frac{ТВ}{t}, \quad (3.25)$$
$$ГП_{диск} = \frac{244689,36}{1} = 244689,36 \quad (\text{грн.})$$

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.	900
2	Собівартість виробу	грн./од.	1295,91
3	Ціна одиниці виробу	грн./од.	1658,76
4	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	грн.	305500
5	Чистий прибуток	грн.	267783,3
6	Рентабельність виробу	%	22,96
8	Чиста теперішня вартість проекту	грн.	60810,64
9	Індекс прибутковості	-	0,8
10	Дисконтований термін окупності інвестицій	років	1,25

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Фінансування охорони праці на підприємстві.

Фінансування охорони праці на підприємстві є однією з ключових умов забезпечення безпечних і здорових умов праці. Без належного матеріального забезпечення неможливо реалізувати жодні заходи, спрямовані на попередження виробничого травматизму та професійних захворювань. У сучасних умовах господарювання питання фінансування охорони праці набуває особливого значення, оскільки безпосередньо впливає не лише на безпеку працівників, а й на ефективність діяльності підприємства в цілому.

Перш за все, слід зазначити, що фінансування охорони праці регламентується законодавством України. Основним нормативним актом у цій сфері є Закон України «Про охорону праці», який визначає, що роботодавець зобов'язаний забезпечувати фінансування заходів з охорони праці в обсягах, необхідних для створення безпечних і нешкідливих умов праці. Витрати на охорону праці не можуть розглядатися як другорядні або необов'язкові — вони є обов'язковою складовою витрат підприємства.

Фінансування охорони праці здійснюється, як правило, за рахунок власних коштів підприємства. Це означає, що всі витрати, пов'язані із забезпеченням безпечних умов праці, покладаються на роботодавця. У бюджеті підприємства ці витрати плануються окремим розділом і повинні враховувати всі необхідні заходи, включаючи закупівлю засобів захисту, проведення навчання, медичних оглядів, модернізацію обладнання тощо.

Одним із основних принципів фінансування охорони праці є його плановість. На підприємстві щорічно розробляється план заходів з охорони праці, який включає перелік робіт, терміни їх виконання та необхідні фінансові ресурси. Такий підхід дозволяє системно підходити до вирішення питань безпеки праці та уникати стихійного або недостатнього фінансування.

					26 КР 172 402 025 000 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливою складовою є також нормативне визначення мінімального рівня витрат на охорону праці. Згідно із законодавством, підприємства зобов'язані витрачати на ці цілі не менше певного відсотка від фонду оплати праці за попередній рік. Це забезпечує мінімальний гарантований рівень фінансування незалежно від фінансового стану підприємства.

Основні напрями використання коштів на охорону праці охоплюють широкий спектр заходів. Насамперед це придбання засобів індивідуального та колективного захисту. До них належать спецодяг, спецвзуття, захисні каски, окуляри, рукавиці, респіратори, а також огороження, вентиляційні системи та інші технічні засоби безпеки.

Другим важливим напрямом є навчання та інструктаж працівників. Фінансування включає витрати на проведення навчальних курсів, підвищення кваліфікації, перевірку знань з охорони праці, а також розробку навчальних матеріалів. Це дозволяє підвищити рівень обізнаності працівників щодо безпечних методів роботи.

Значні кошти спрямовуються на проведення медичних оглядів. Попередні та періодичні медичні огляди є обов'язковими для працівників, які зайняті на роботах із шкідливими або небезпечними умовами праці. Це дозволяє своєчасно виявляти захворювання та запобігати їх розвитку.

Ще одним напрямом фінансування є поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці. Сюди входять витрати на вентиляцію, освітлення, опалення, водопостачання, облаштування санітарно-побутових приміщень (душові, гардеробні, кімнати відпочинку).

Окрему категорію становлять витрати на модернізацію та заміну обладнання. Використання застарілої техніки часто є причиною нещасних випадків, тому інвестування в нове обладнання є важливою складовою профілактики травматизму.

Фінансування також включає витрати на розслідування та облік нещасних випадків, розробку заходів щодо їх попередження, а також

					26 КР 172 402 025 000 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

компенсації постраждалим працівникам. У разі настання нещасного випадку підприємство несе матеріальну відповідальність, що ще раз підкреслює важливість профілактичних витрат.

Особливе місце займає економічне стимулювання охорони праці. Підприємства можуть запроваджувати системи преміювання працівників за дотримання вимог безпеки, відсутність травматизму, активну участь у заходах з охорони праці. Це сприяє формуванню культури безпеки на виробництві.

Важливим аспектом є також контроль за використанням коштів. Витрати на охорону праці повинні використовуватися за цільовим призначенням. Контроль здійснюється як внутрішніми службами підприємства, так і державними органами нагляду. Неефективне або нецільове використання коштів може призвести до адміністративної або навіть кримінальної відповідальності.

Необхідно відзначити, що фінансування охорони праці має не лише витратний, але й економічно вигідний характер. Інвестиції у безпеку праці дозволяють зменшити витрати на лікування працівників, виплату компенсацій, простої виробництва, а також підвищити продуктивність праці. Таким чином, витрати на охорону праці слід розглядати як інвестиції у стабільний розвиток підприємства.

У сучасних умовах дедалі більшого значення набуває впровадження систем управління охороною праці, які передбачають комплексний підхід до фінансування. Це включає аналіз ризиків, планування заходів, оцінку ефективності витрат і постійне вдосконалення системи безпеки.

Підсумовуючи, можна зазначити, що фінансування охорони праці є обов'язковою і невід'ємною частиною діяльності будь-якого підприємства. Воно забезпечує реалізацію заходів, спрямованих на збереження життя і здоров'я працівників, та сприяє підвищенню ефективності виробництва. Рациональне та достатнє фінансування є запорукою створення безпечного

					26 КР 172 402 025 000 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробничого середовища та дотримання законодавчих вимог у сфері охорони праці.

4.2 Поділ приміщень за вибухонебезпечною та пожежною небезпекою.

При проектуванні і будівництві виробничих будівель і споруд необхідно враховувати категорію приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Визначення категорії приміщення проводиться з урахуванням показників пожежевибухонебезпечності речовин та матеріалів, що там знаходяться, та їх кількості. Відповідно до “Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою” приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою поділяються на п’ять категорій А, Б, В, Г, Д.

Категорія А – вибухопожеженебезпечна. Горючі гази, легкозаймисті рідини (ЛЗР) з температурою спалаху не більше 28°C в такій кількості, що можуть утворюватися вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, при спалахуванні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху $P > 5$ кПа. Речовини та матеріали, здатні вибухати та горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним в такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху $P > 5$ кПа.

До приміщень категорії А належать склади балонів з горючими газами, склади ЛЗР, склади карбіду кальцію, малярні цехи, де використовуються нітрофарби, лаки та нітроемалі.

Категорія Б – вибухопожеженебезпечна. Горючий пил або волокна, ЛЗР з температурою спалаху більше 28 °C та горючі рідини в такій кількості, що можуть утворюватися вибухонебезпечні пилоповітряні або пароповітряні суміші, при спалахуванні котрих розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху $P > 5$ кПа.

					26 КР 172 402 025 000 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До категорії Б належать кисневі станції, малярні цехи, де використовують оліфу та олійні лаки, склади гасу, нафти, мазуту тощо.

Категорія В – пожежонебезпечна. Горючі та важкогорючі рідини, тверді горючі та важкогорючі речовини і матеріали (у тому числі пил і волокна), здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним лише горіти за умови що приміщення, в яких вони знаходяться, не відносяться до категорій А і Б.

До категорії В належать паливно-мастильні склади, деревообробні цехи, склади вугілля, приміщення обчислювальних центрів, цехи складання печатних плат.

Категорія Г. Негорючі речовини та матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор, полум'я; горючі гази, рідини, тверді речовини, які спалюють або утилізують як паливо.

До категорії Г належать кузні, котельні, ливарні, зварювальні і термічні цехи.

Категорія Д. Негорючі речовини та матеріали в холодному стані.

До категорії Д належать механічні майстерні, цехи холодної обробки металу, повітродувні станції, склади металу.

Класифікація вибухо- та пожежонебезпечних зон відповідно до ПБЕ.

Головним заходом запобігання пожеж і вибухів від електрообладнання є правильний вибір і експлуатація обладнання у вибухо- і пожежонебезпечних приміщеннях.

Класифікація пожежонебезпечних та вибухонебезпечних зон визначається НПАОП 40.1-1.32-01 “Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок”.

Характеристика пожежеж та вибухонебезпеки може бути загальною для усього приміщення або різною в окремих його частинах. Це також стосується надвірних установок і ділянок територій. Приміщення, або їх окремі зони

					26 КР 172 402 025 000 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поділяються на пожежонебезпечні та вибухонебезпечні. Залежно від класу зони здійснюється вибір виконання електроустановок таким чином, щоб під час їх експлуатації виключити можливість виникнення вибуху або пожежі від теплового прояву електроструму.

Пожежонебезпечна зона – простір у приміщенні або за його межами, у якому постійно або періодично знаходяться (зберігаються, використовуються або виділяються під час технологічного процесу) горючі речовини як при нормальному технологічному процесі, так і при його порушенні в такій кількості, яка вимагає спеціальних заходів у конструкції електрообладнання під час його монтажу та експлуатації.

Пожежонебезпечна зона класу П-I – простір у приміщенні, у якому знаходиться горюча рідина, яка має температуру спалаху більше +61°C.

Пожежонебезпечна зона класу П-II – простір у приміщенні, у якому можуть накопичуватися і виділятися горючий пил або волокна.

Пожежонебезпечна зона класу П-IIa – простір у приміщенні, у якому знаходяться тверді горючі речовини та матеріали.

Пожежонебезпечна зона класу П-III – простір поза приміщенням, в якому знаходяться горюча рідина, яка має температуру спалахування понад +61°C або тверді горючі речовини.

Газо- пароповітряні вибухонебезпечні середовища утворюють вибухонебезпечні зони класів 0, 1, 2, а пилоповітряні – вибухонебезпечні зони класів 20, 21, 22.

Вибухонебезпечна зона класу 0 – простір, у якому вибухонебезпечне середовище присутнє постійно або протягом тривалого часу. Вибухонебезпечні зони класу 0 можуть мати місце переважно в межах корпусів технологічного обладнання і, у меншій мірі, в робочому просторі (вугільна, хімічна, нафтопереробна промисловість).

Вибухонебезпечна зона класу 1 – простір, у якому вибухонебезпечне середовище може утворитися під час нормальної роботи (нормальна робота –

					26 КР 172 402 025 000 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ситуація, коли установка працює відповідно до своїх розрахункових параметрів).

Вибухонебезпечна зона класу 2 – простір, у якому вибухонебезпечне середовище за нормальних умов експлуатації відсутнє, а якщо воно виникає, то рідко і триває недовго. У цих випадках можливі аварії катастрофічних розмірів (розрив трубопроводів високого тиску або резервуарів значної місткості) не повинні розглядатися під час проектування електроустановок.

Вибухонебезпечна зона класу 20 – простір, у якому під час нормальної експлуатації вибухонебезпечний пил у вигляді хмари присутній постійно або часто в кількості, достатній для утворення небезпечної концентрації суміші з повітрям, і (або) простір, де можуть утворюватися пилові шари непередбаченої або надмірної товщини. Звичайно це має місце всередині обладнання, де пил може формувати вибухонебезпечні суміші часто і на тривалий термін.

Вибухонебезпечна зона класу 21 – простір, у якому під час нормальної експлуатації ймовірна поява пилу у вигляді хмари в кількості, достатній для утворення суміші з повітрям вибухонебезпечної концентрації. Ця зона може включати простір поблизу місця порошкового заповнення або осідання і простір, де під час нормальної експлуатації ймовірна поява пилових шарів, які можуть утворювати небезпечну концентрацію вибухонебезпечної пилоповітряної суміші.

Вибухонебезпечна зона класу 22 – простір, у якому вибухонебезпечний пил у завислому стані може з'являтися не часто й існувати недовго або в якому шари вибухонебезпечного пилу можуть існувати й утворювати вибухонебезпечні суміші в разі аварії. Ця зона може включати простір поблизу обладнання, що утримує пил, який може вивільнятися шляхом витоку і формувати пилові утворення.

					26 КР 172 402 025 000 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

При виконанні даного проекту було здійснено розробку конструкції «Однофазний частотний перетворювач на Arduino». 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 двосторонню друковану плату мінімальних розмірів 130×115мм з координатною сіткою 2,5мм. Також отримана плата має мінімальні паразитні зв'язки.

Найкращим методом для виготовлення друкованої плати виявився комбінований метод. Елементи розміщені на друкованому вузлі досить компактно. Корпус має такі розміри 148x105x78, 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 структурна схема, електрична принципова схема, друкована плата, друкований вузол, складальне креслення виробу. Для оформлення креслень була використана програма графічного моделювання КОМПАС-3D.

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Однофазний частотний перетворювач на Arduino [електронний ресурс] – Режим доступу <https://radiolub./page/zhurnal-radio-2005-8> (дата звернення 4.02.2026).
2. Конденсатор ЕСАР [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.. (дата звернення 3.02.2026).
4. Конденсатор NPO [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://ipart.com/download/3655a026-13e6-4b56-a0bb-8fd05df9b19d.pdf> www.radio-portal..www.vprl.. (дата звернення 1.02.2026).
5. Діод UF4007 "Mic" [електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.platan./shop/part/PBS-4.html>. (дата звернення 3.02.2026).
6. Конденсатор B32529C1102J000 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://www.rct./catalog/box-header-connector/pbs-4.html>. (дата звернення 4.02.2026).
7. Транзистор FQA9N90C "ON Semiconductor" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://studies.in.ua/bjd-zaporojec/1211-173-osnovn-tehnchn-ta-organizacyn-zahodi-schodo-proflaktiki-virobnichogo-travmatizmu-ta-profesynoyi-zahvoryuvanost.html>(дата звернення 4.02.2026).
8. Діод SF38 "LGE" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.chipdip./product/asw-09-102-red>(дата звернення 1.02.2026).
9. Запобіжник RB300-30-5A-250В "ECE" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/leg-12_62137.html(дата звернення 1.02.2026).
10. Резистор 16K1-B50K [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://eandc./catalog/detail.php?ID=3809>(дата звернення 1.02.2026).

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Перемикач KN3(C)-202AP-A2 "Jietong Switch" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://ipart.com/download/3655a026-13e6-4b56-a0bb-8fd05df9b19d.pdf> www.radio-portal..www.vprl.. (дата звернення 1.02.2026).

12. Мікросхема TL072CP "Texas Instruments" [електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.platan./shop/part/PBS-4.html>. (дата звернення 3.02.2026).

13. Діод D3SBA60-7000 "Shindengen" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://www.rct./catalog/box-header-connector/pbs-4.html>. (дата звернення 4.02.2026).

14. Терморезистор JNR13S2R5M-2.5 Ом-5А [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://studies.in.ua/bjd-zaporojec/1211-173-osnovn-tehnchn-ta-organizacyn-zahodi-schodo-proflaktiki-virobnichogo-travmatizmu-ta-profesynoyi-zahvoryuvanost.html>(дата звернення 4.02.2026).

15. Мікросхема MC7805BTG [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.chipdip./product/asw-09-102-red>(дата звернення 1.02.2026).

16. Мікросхема IR2110PBF "Infineon" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/leg-12_62137.html(дата звернення 1.02.2026).

17. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Конструювання РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2018

18. Програма для розрахунку надійності РЕА [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/mod/resource/view.php?id=60057>(дата звернення 4.02.2026).

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

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

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

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

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

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

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток А Друкована плата

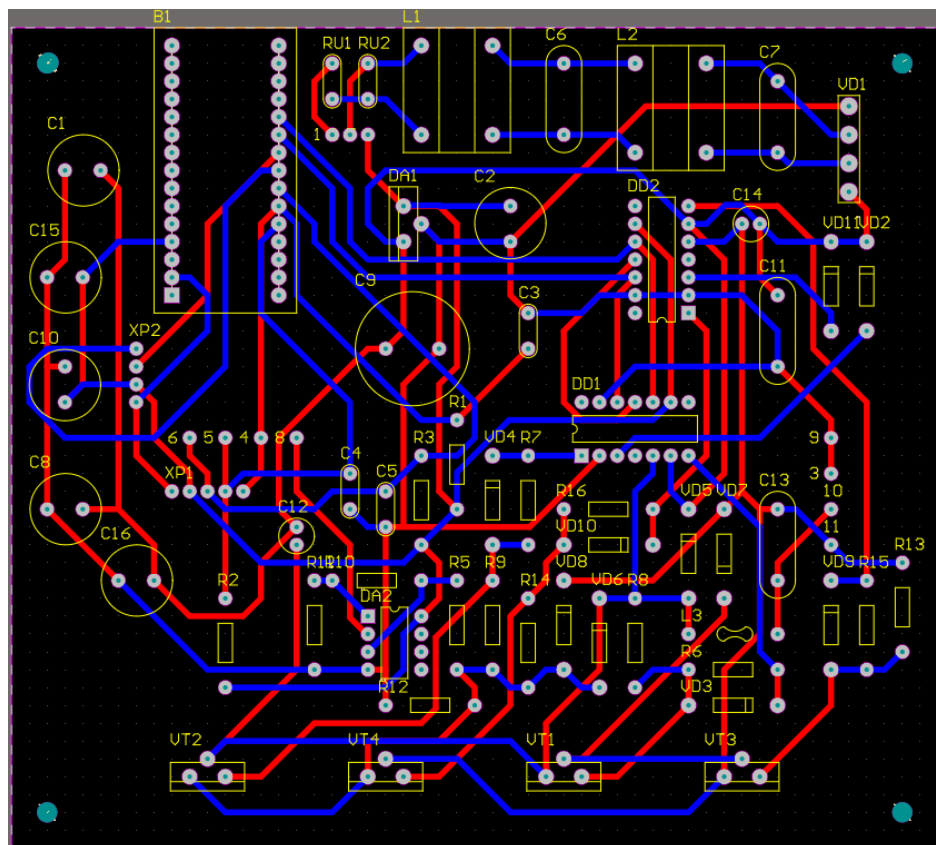


Рисунок А.1 – Друкована плата

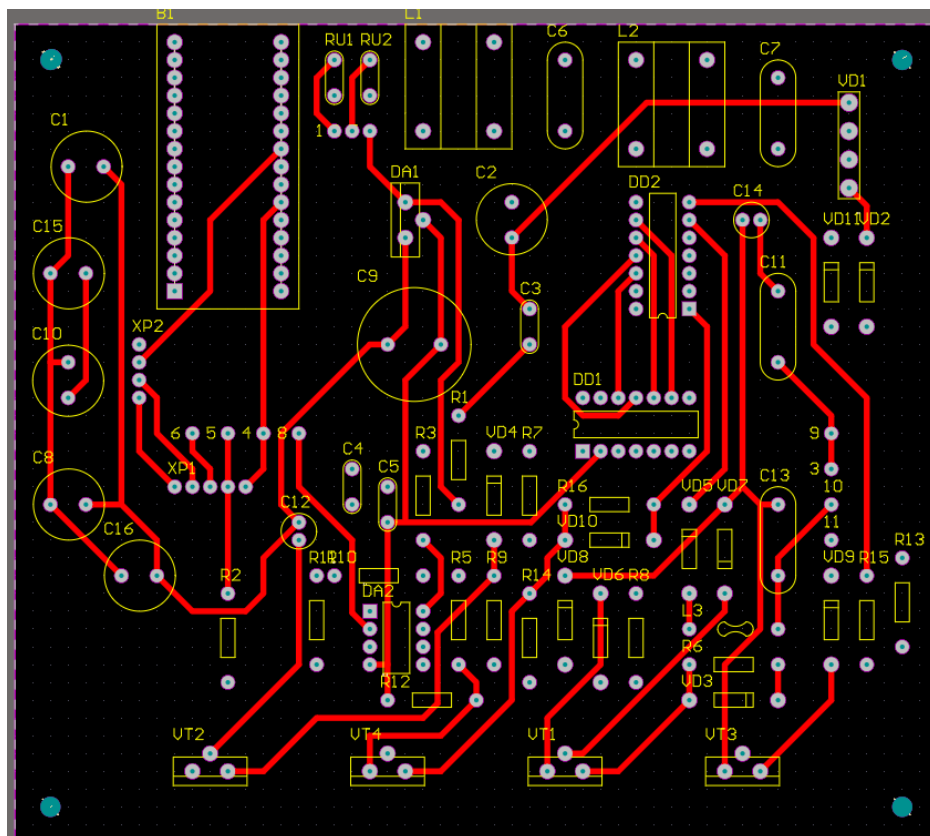


Рисунок А.2 – Друкована плата, шар Топ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ

Арк.

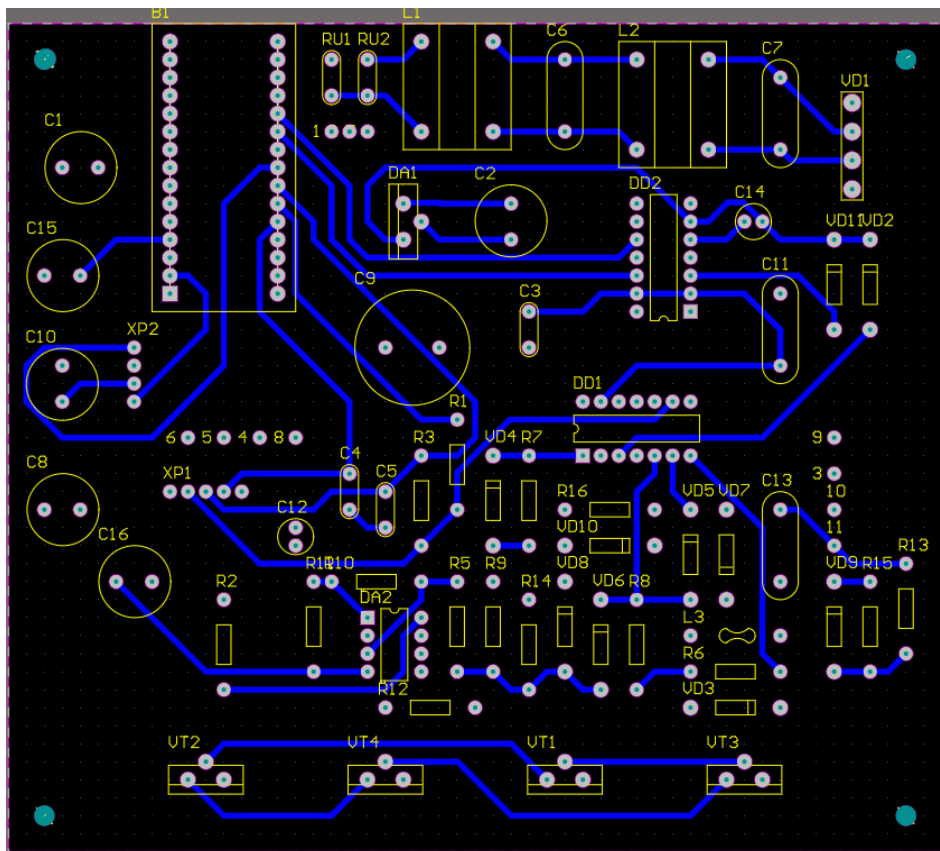


Рисунок А.3 – Друкована плата, шар Botton

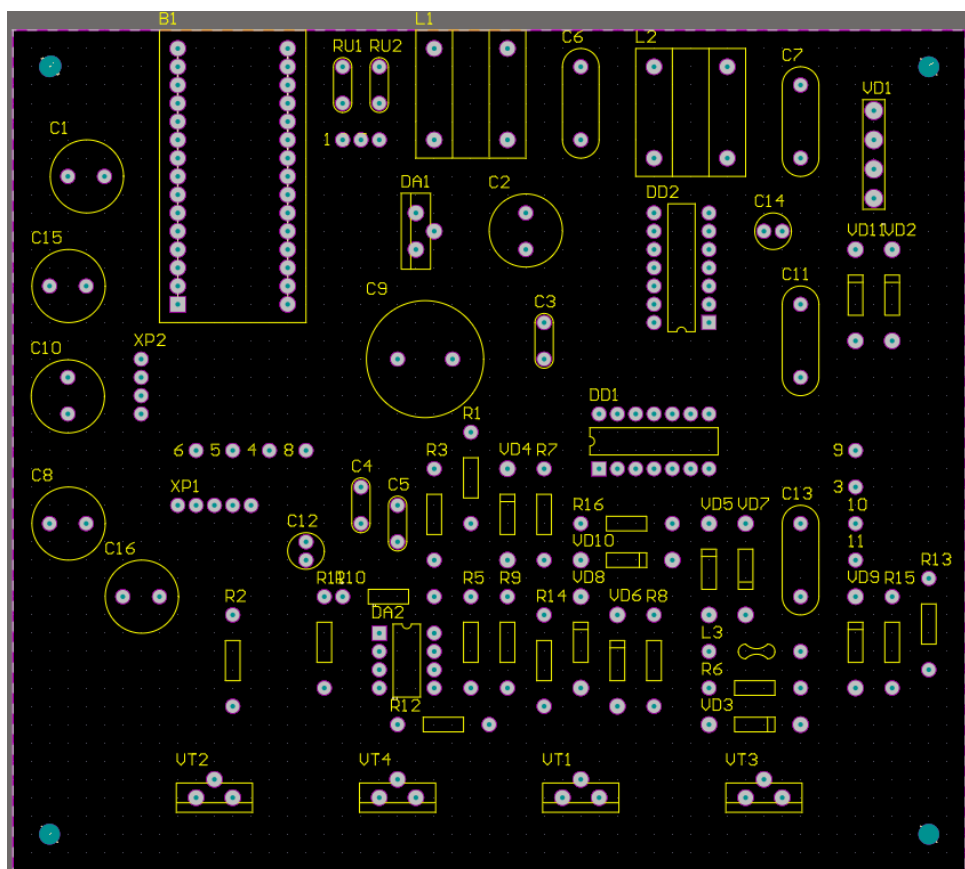


Рисунок А.4 – Друкована плата, шар Overlay

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ

Арк.

Додаток Б 3D модель пристрою

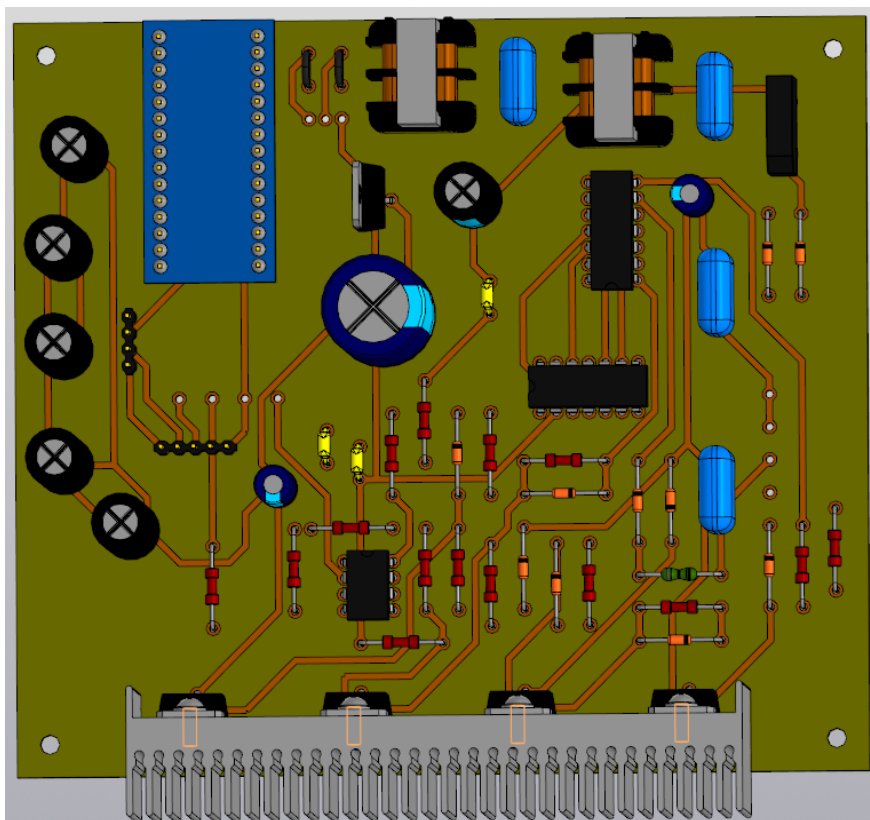


Рисунок Б.1 – 3D модель пристрою, вузол друкований

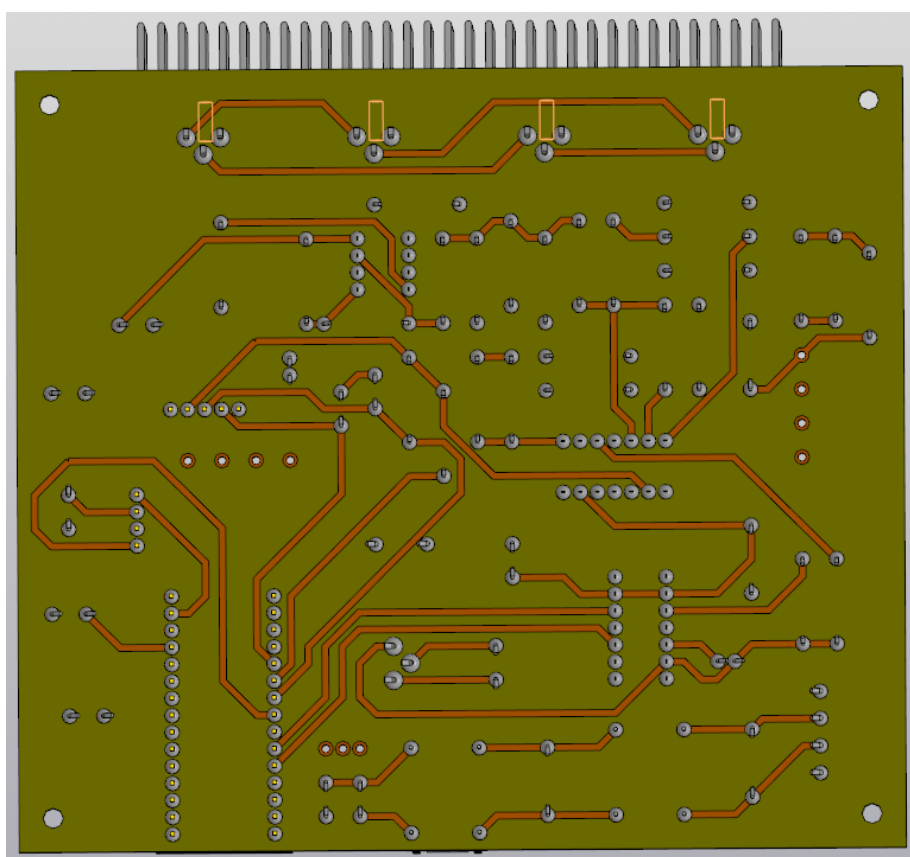


Рисунок Б.2 – 3D модель пристрою, вузол друкований знизу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ

Арк.

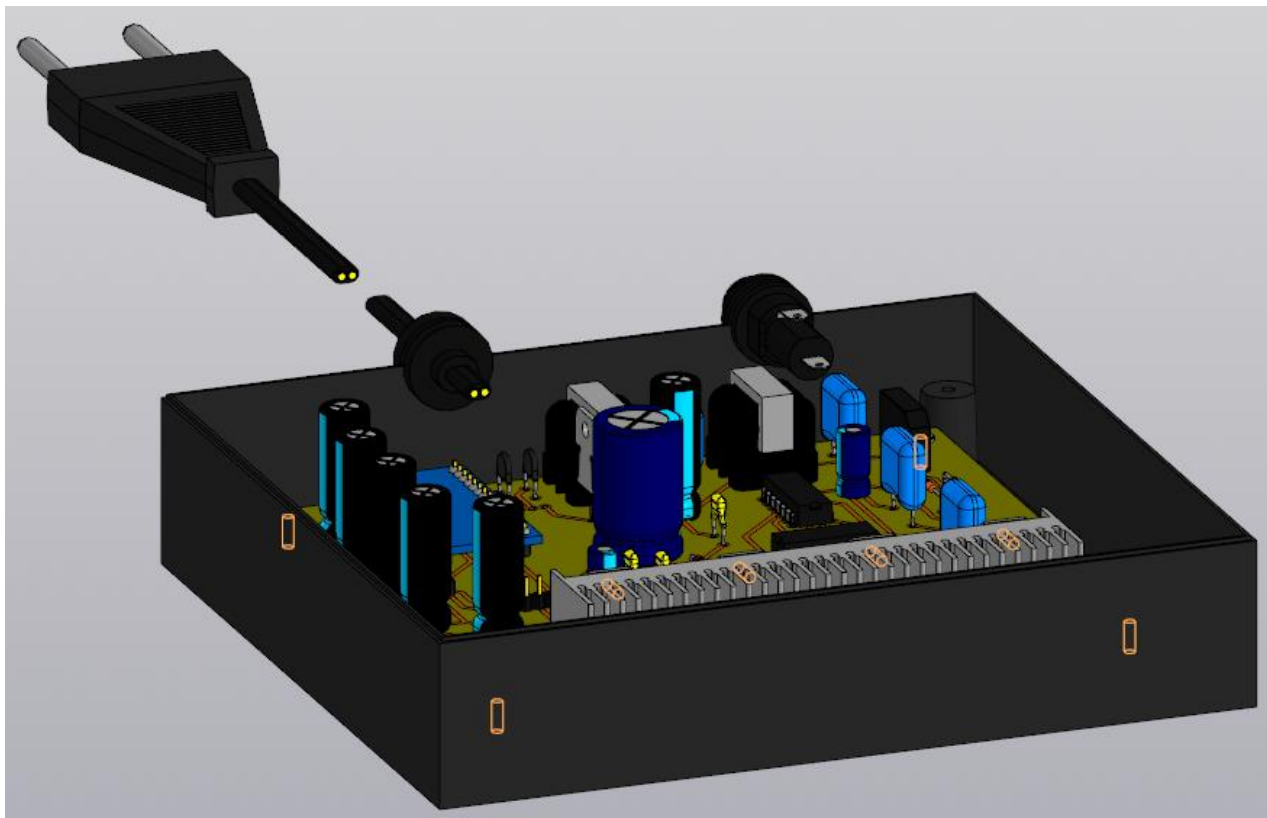


Рисунок Б.3– 3D модель пристрою, нижня кришка

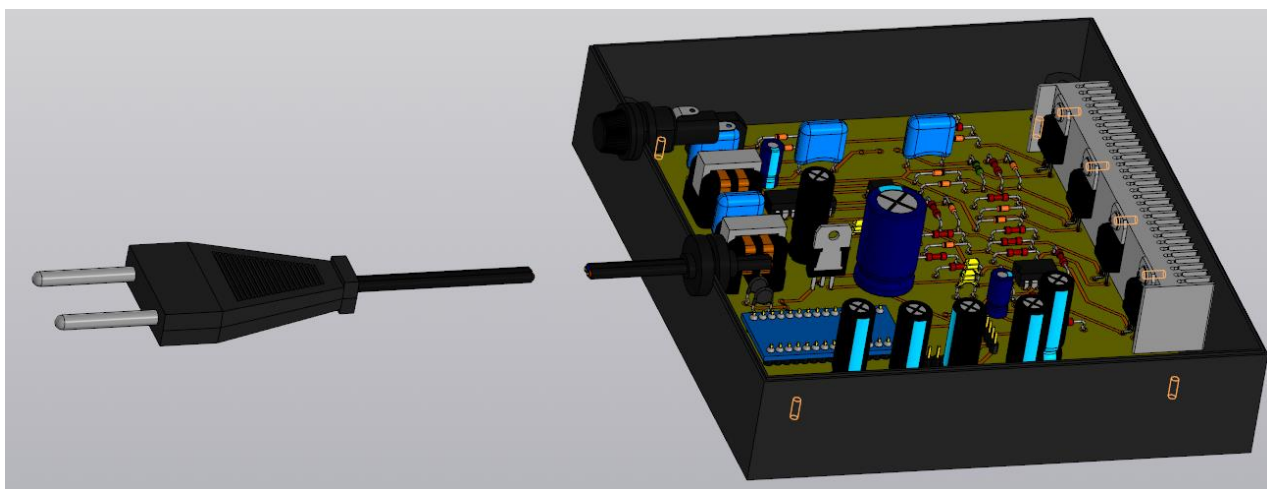


Рисунок Б.4 – 3D модель пристрою, нижня кришка збоку

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

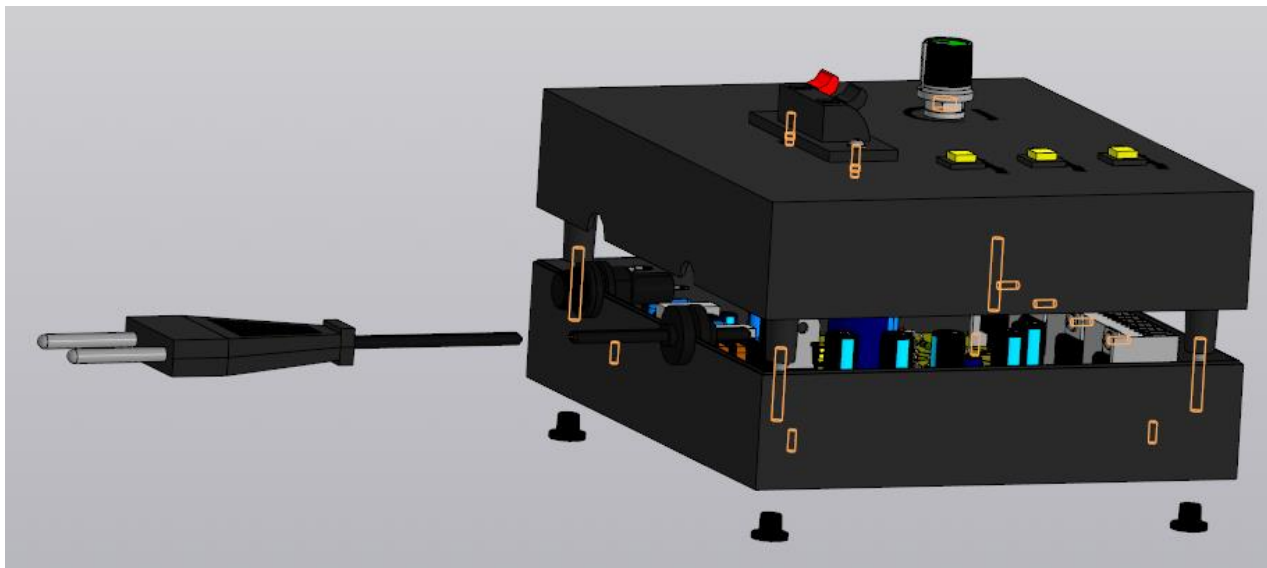


Рисунок Б.5 – 3D модель пристрою, загальний вигляд збоку

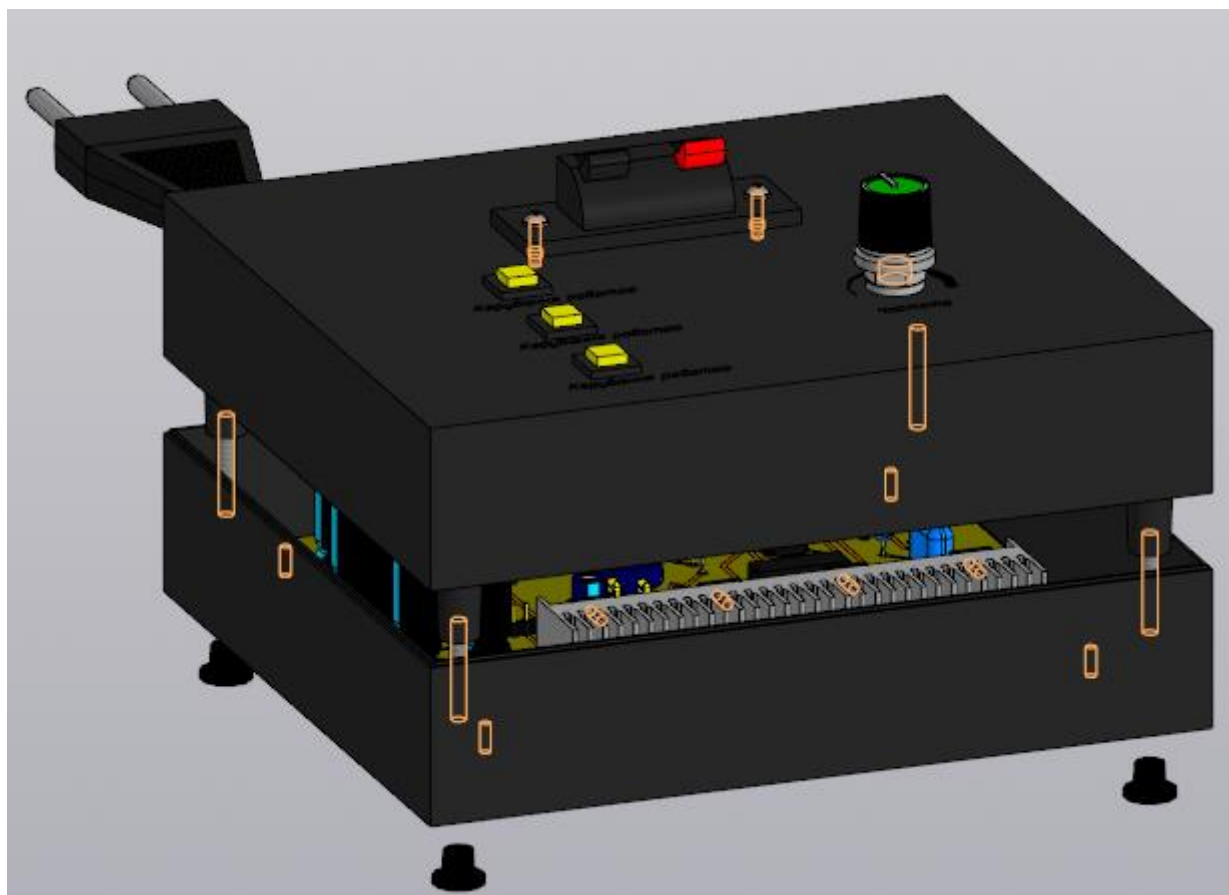


Рисунок Б.6 – 3D модель пристрою, загальний вигляд

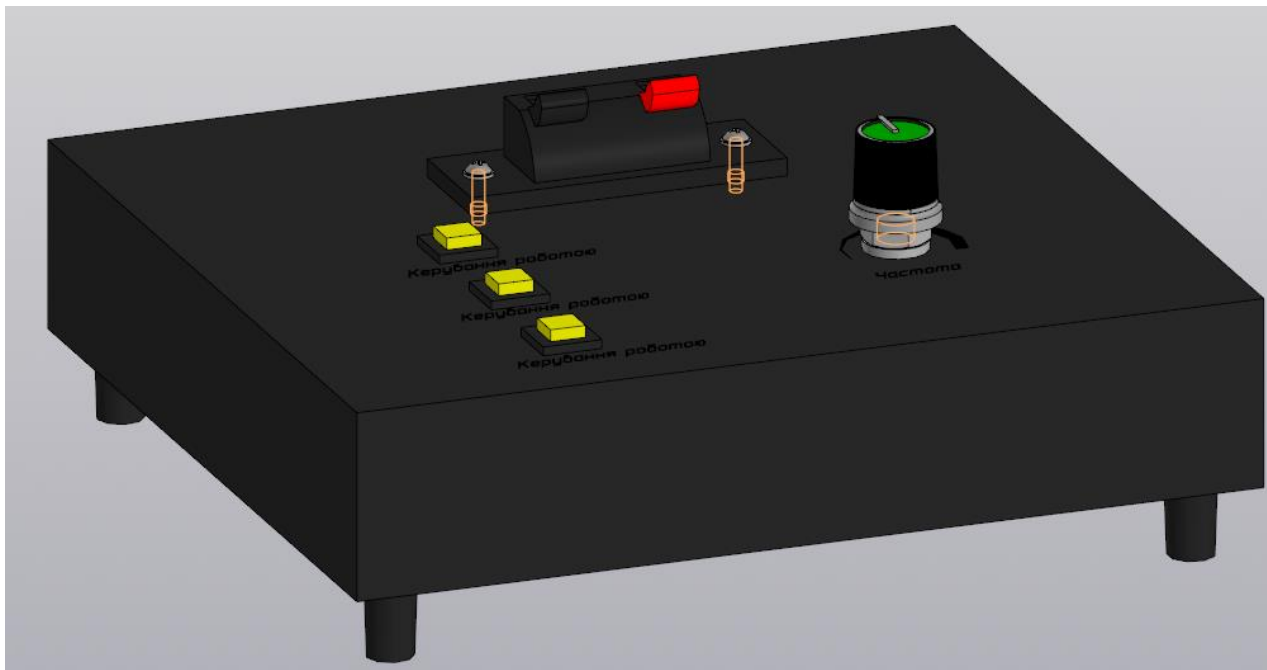


Рисунок Б.7- 3D модель пристрою, верхня кришка

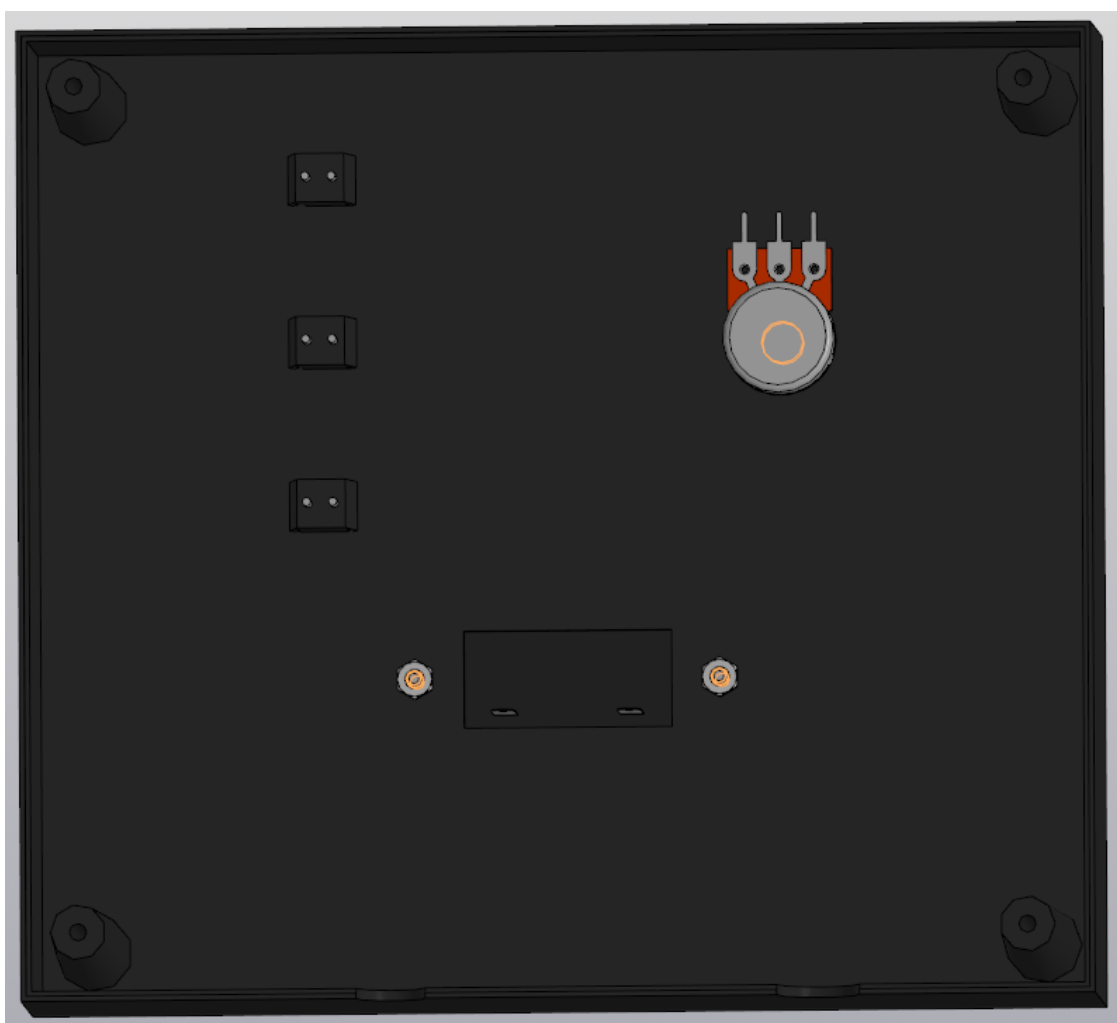


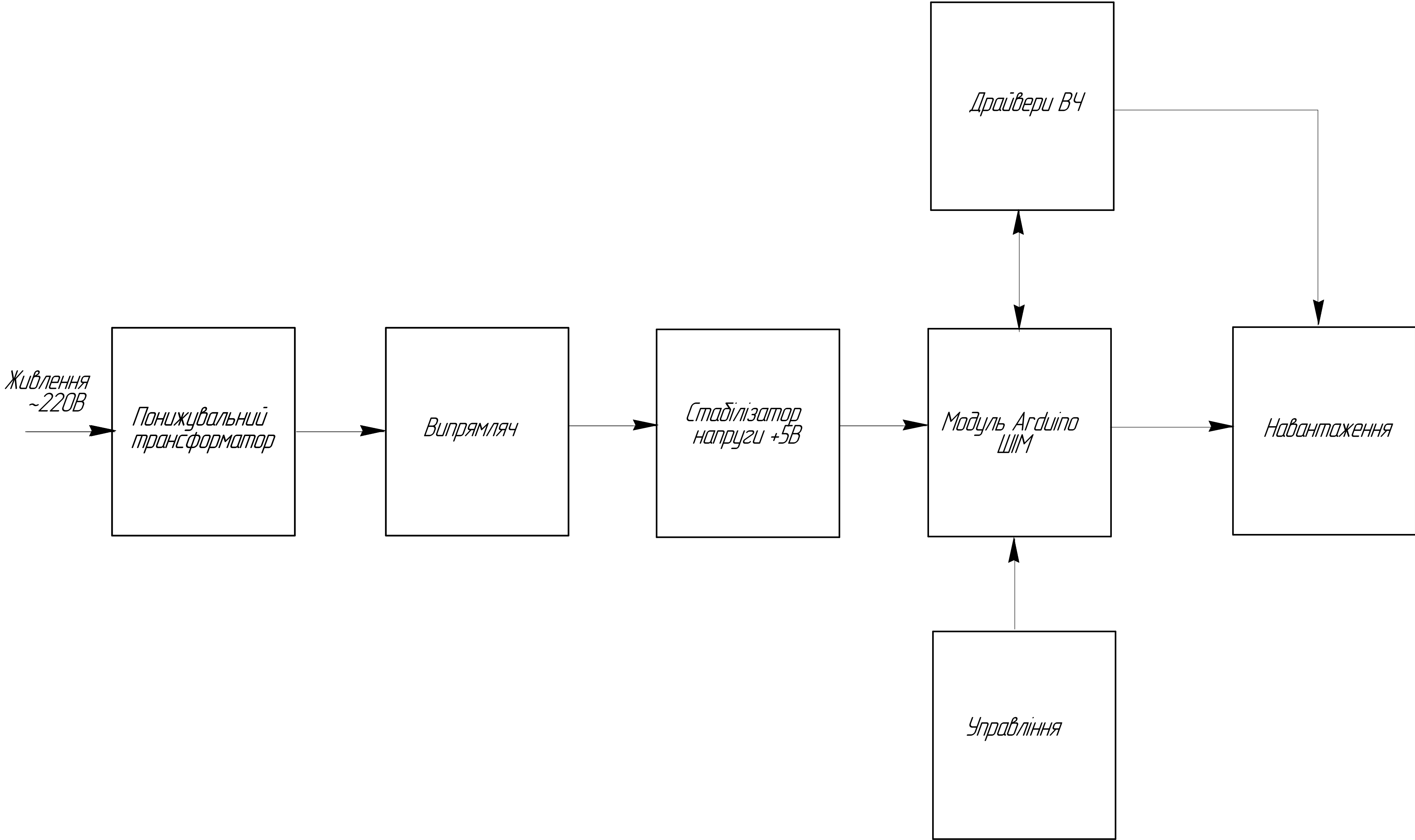
Рисунок Б.8 - 3D модель пристрою, верхня кришка

					26 КР 172.402.025.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перш. викорис.	
Додат. №	

Підпис і дата	
Інв. № відп.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № ориг.	

26 КР 172.402.025.001.000 Е1



					26 КР 172.402.025.001.000 Е1				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Однофазний частотний перетворювач на Arduino		Лит.	Маса	Масштаб
Розроб.	Семків						- Н -	-	-
Перевір.	Приймак				Схема електрична структурна				
І.контр.							Аркш	Аркшів	1
Рецензент					ВСП ТФК ТНТУ ТР-402 м. Тернопіль				
Н.контр.	Задорожний								
Затверд.									

Копіював

Формат А2

Перш. викорис.		Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка						
		B1	Модуль Arduino Nano "ChipStudio"	1							
			Конденсатори								
		C1	ECAP-50 B-100 мкФ ±20% "Jamicon"	1							
		C2	ECAP-35 B-100 мкФ ±20% "Jamicon"	1							
		C3...C5	NPO-0,47 нФ ±5% "Murata"	3							
		C6, C7	B32529C1102J000-400 B-22 мкФ ±10% "Epcos"	2							
		C8	ECAP-35 B-100 мкФ ±20% "Jamicon"	1							
		C9	ECAP-450 B-330 мкФ ±20% "Jamicon"	1							
		C10	ECAP-35 B-100 мкФ ±20% "Jamicon"	1							
		C11	B32529C1102J000-600 B-1 мкФ ±10% "Epcos"	1							
		C12	ECAP-35 B-10 мкФ ±20% "Jamicon"	1							
		C13	B32529C1102J000-280 B-0,47 мкФ ±10% "Epcos"	1							
		C14	ECAP-35 B-10 мкФ ±20% "Jamicon"	1							
		C15, C16	ECAP-35 B-100 мкФ ±20% "Jamicon"	2							
			Мікросхеми								
		DA1	MC7805BTG "MC7805BTG"	1							
		DA2	TL072CP "Texas Instruments"	1							
		DD1, DD2	IR2110PBF "Infineon"	2							
		FU1	Запобіжник RB300-30-5 A-250B "ECE"	1							
			Дроселі								
		L1, L2	B82721 "EPCOS"	2							
		L3	EC24-100K-2,78 мкГн 10% "SCE"	1							
		26 КР 172.402.025.001.000 ПЕЗ									
		Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Однофазний частотний перетворювач на Arduino			Літ.	Аркцш	Аркцшів
		Розроб.	Семків			Перетворювач на Arduino			н	1	3
		Перевір.	Приймак			Перелік елементів			ВСП ТФК ТР-402		
		Н.контр.	Задорожний						м. Тернопіль		
		Затверд.									
Інв. № ориг.											

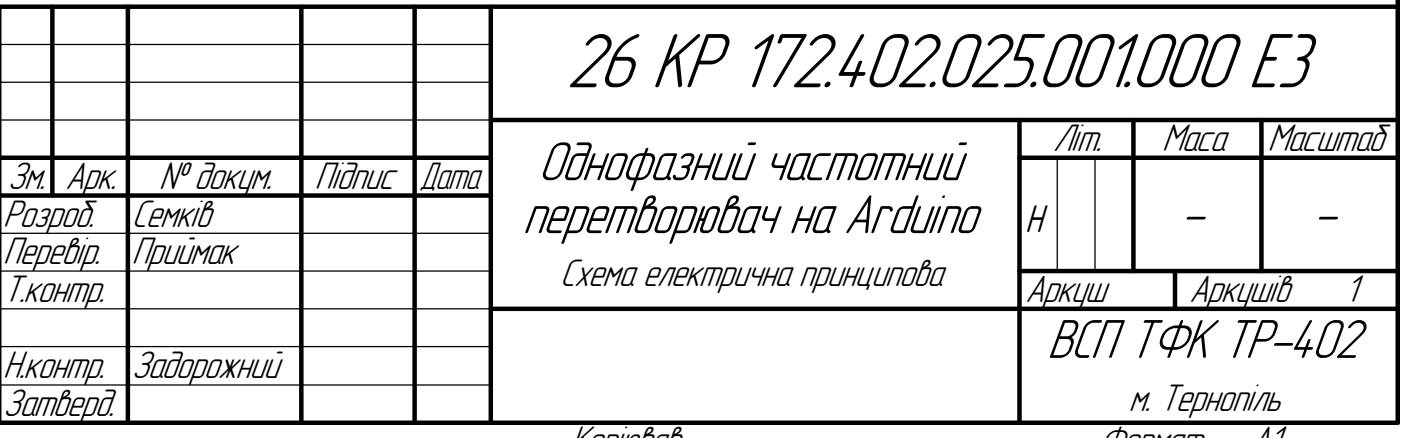
Поз. познач.		Найменування	Кіл.	Примітка
		Резистори		
R1...R3	MFP-0,125-2,2 кОм ±10%	"Yageo"	3	
R4	16K1-B50K-10 кОм	"Song Huei"	1	
R5	MFP-0,125-1 кОм ±10%	"Yageo"	1	
R6, R7	MFP-0,125-10 Ом ±10%	"Yageo"	2	
R8, R9	MFP-0,125-4,7 кОм ±10%	"Yageo"	2	
R10	MFP-0,125-46 кОм ±10%	"Yageo"	1	
R11	MFP-0,125-330 Ом ±10%	"Yageo"	1	
R12	MFP-0,125-10 Ом ±10%	"Yageo"	1	
R13, R14	MFP-0,125-4,7 кОм ±10%	"Yageo"	1	
R15, R16	MFP-0,125-10 Ом ±10%	"Yageo"	1	
RU1, RU2	Терморезистор JNR13S2R5M-2.5 Ом-5A		2	
SA1...SA3	Перемикач PBS-12A "Jietong Switch"		3	
		Діоди		
VD1	D3SBA60-7000 "Shindengen"		1	
VD2...VD4	UF4007 "Mic"		3	
VD5...VD8	SF38 "LGE"		4	
VD9...VD11	UF4007 "Mic"		3	
VT1...VT4	Транзистор FQA9N90C "ON Semiconductor"		4	
		Роз'єми		
XP1	LT-322 H05VV-F 3*0.75 "Lian Dung"		1	
XP2	1-1123723-5		1	
XP3	1-1123723-4		1	

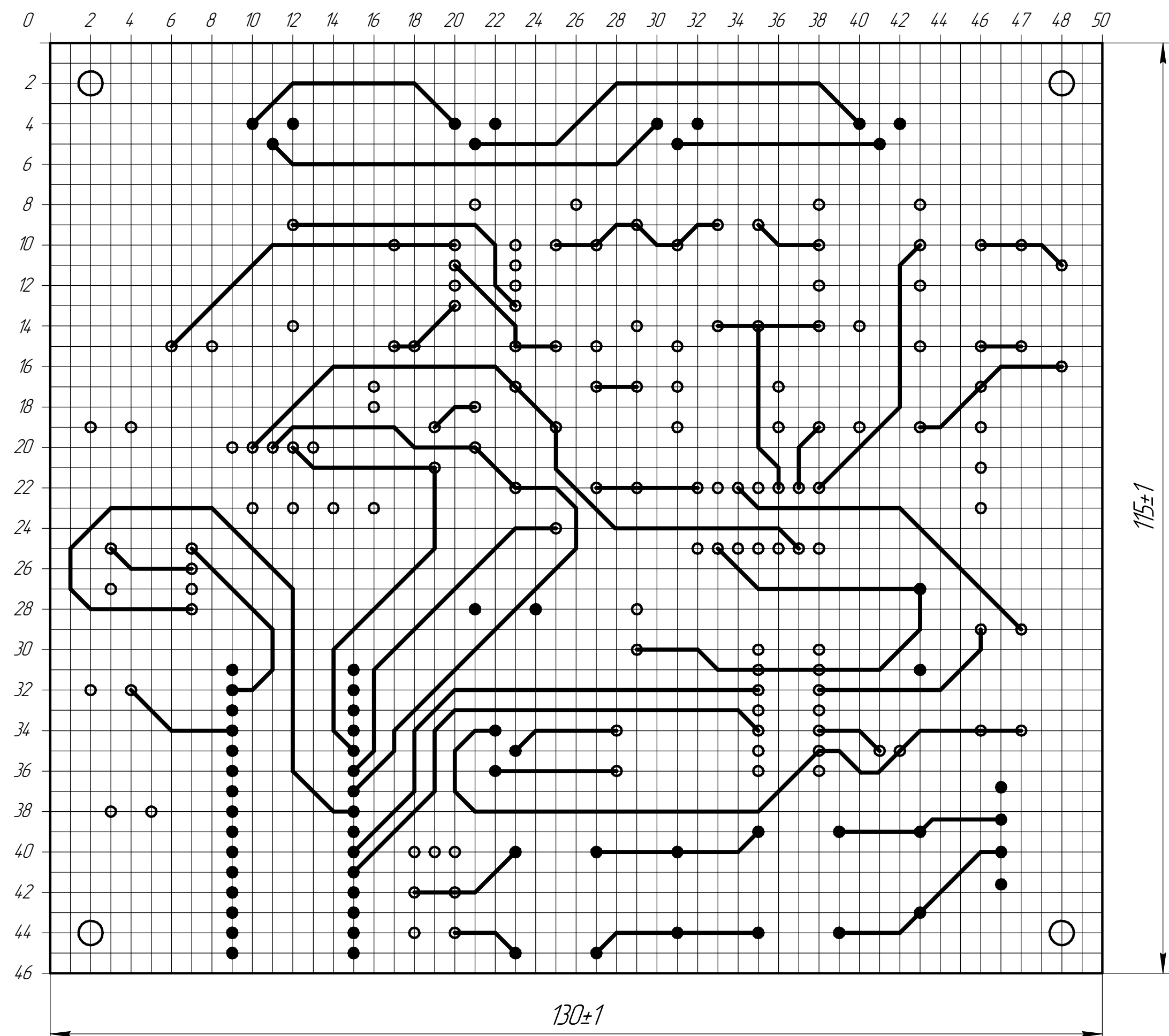
Інв. № орг.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № дцкл.	Підпис і дата	26 КР 172.402.025.001.000 ПЕЗ					Арк.
					Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2

Інв. № друк.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № дучол.	Підпис і дата

Копіював

Формат А4

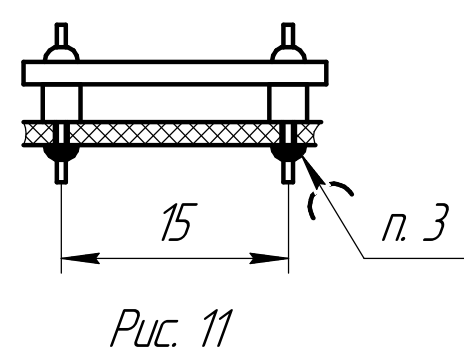
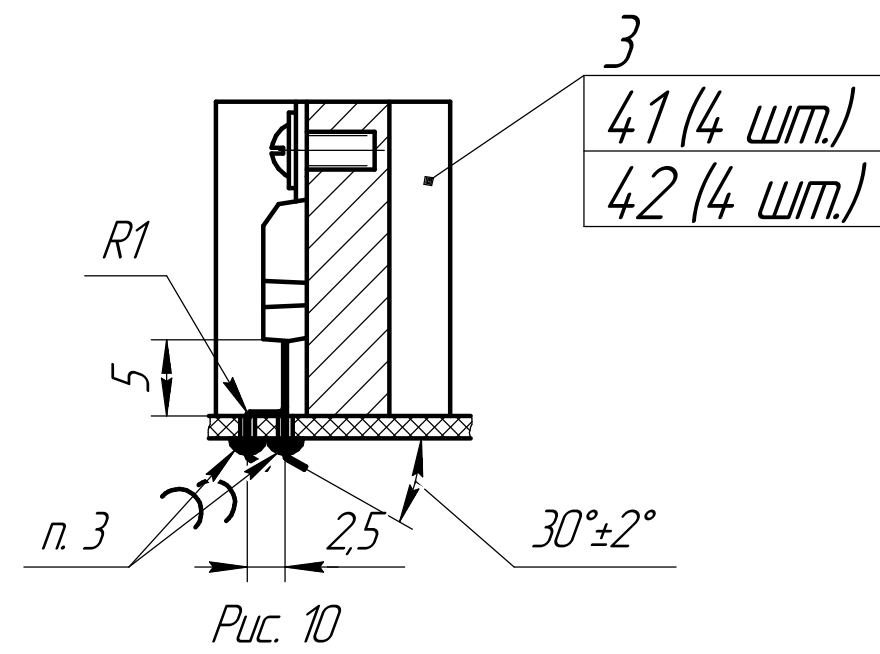
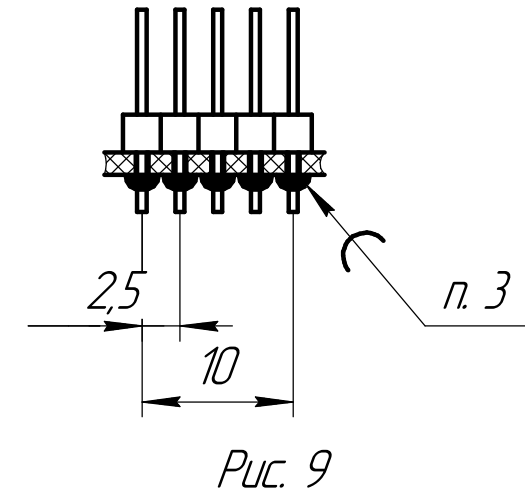
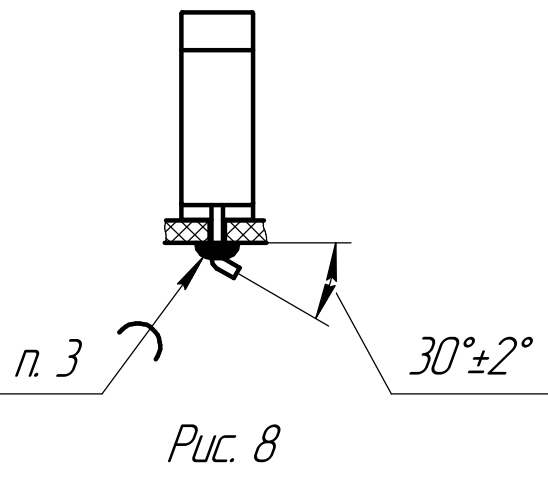
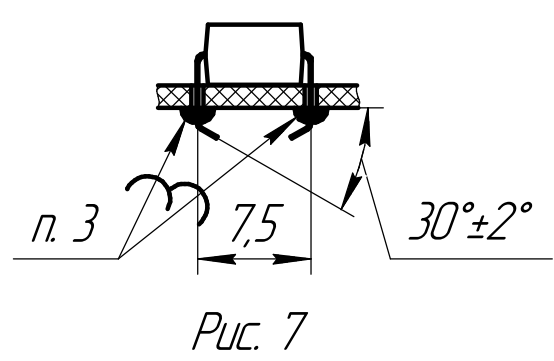
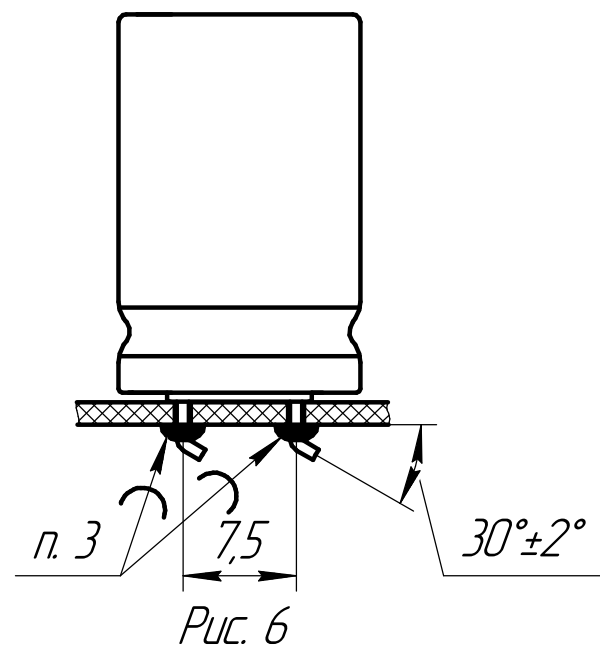
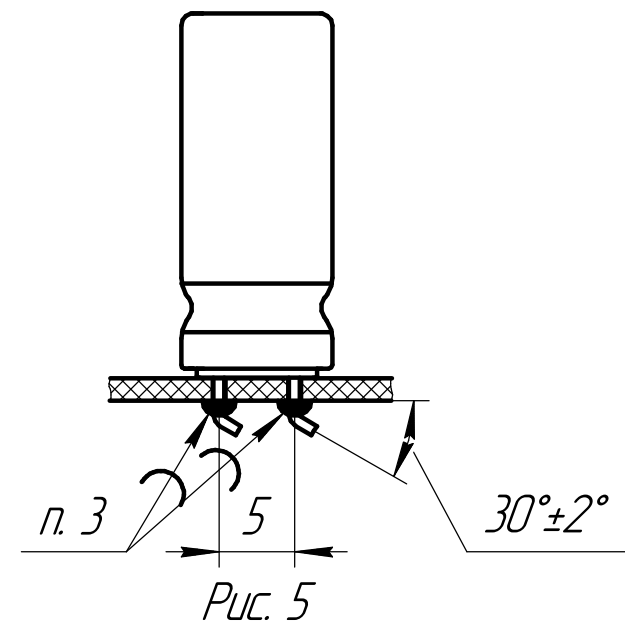
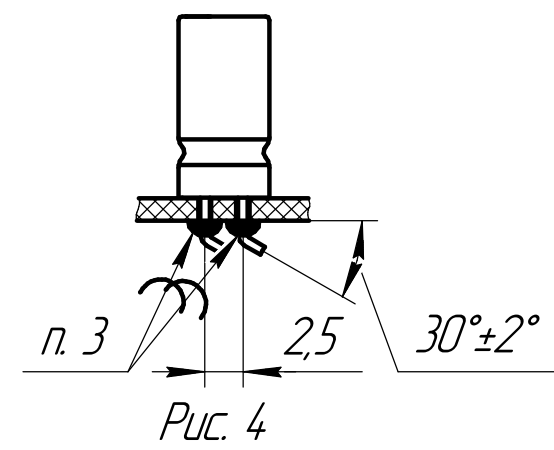
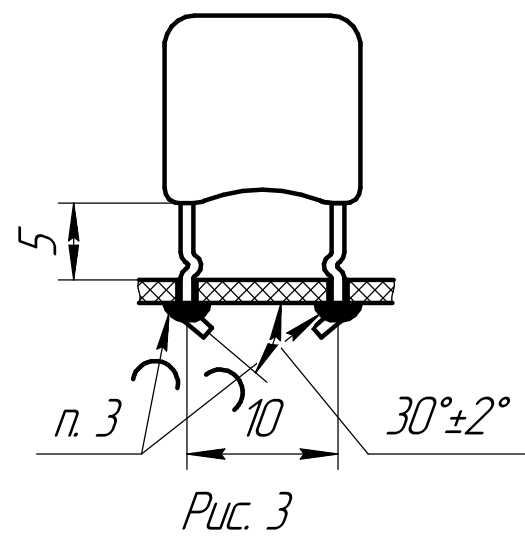
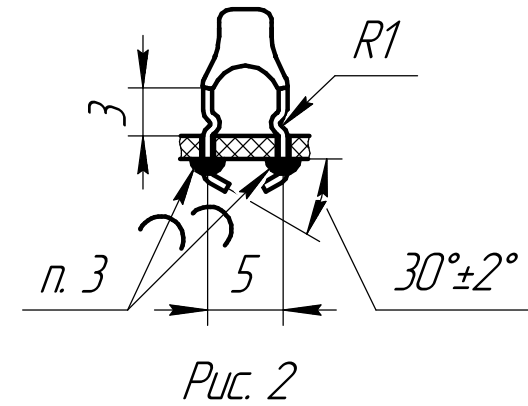
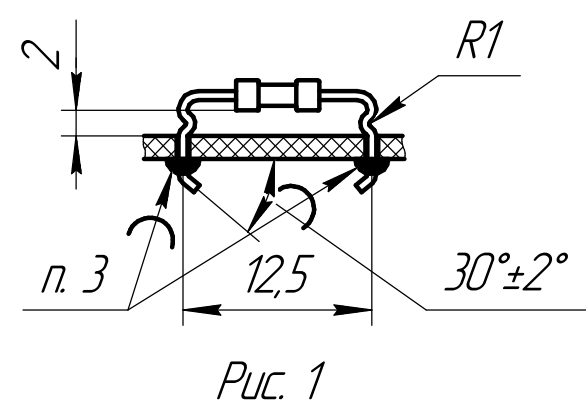
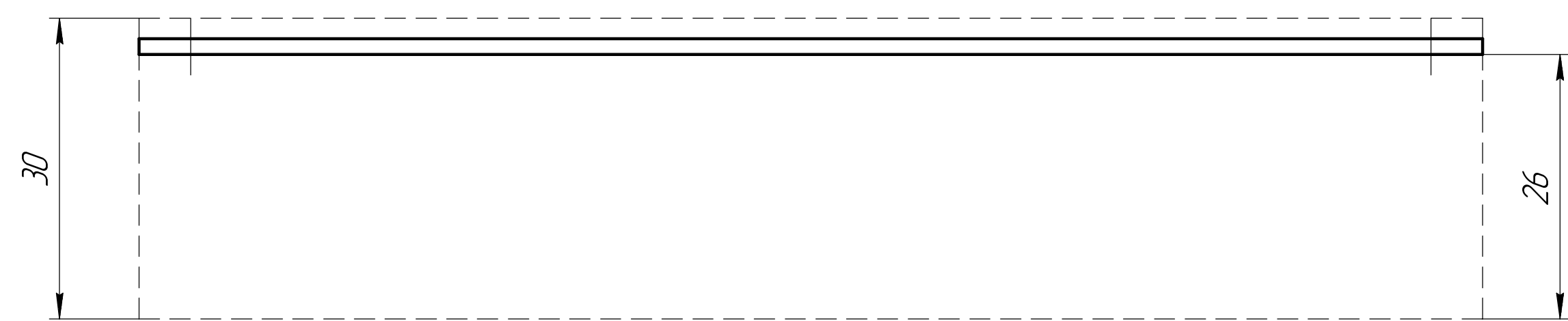
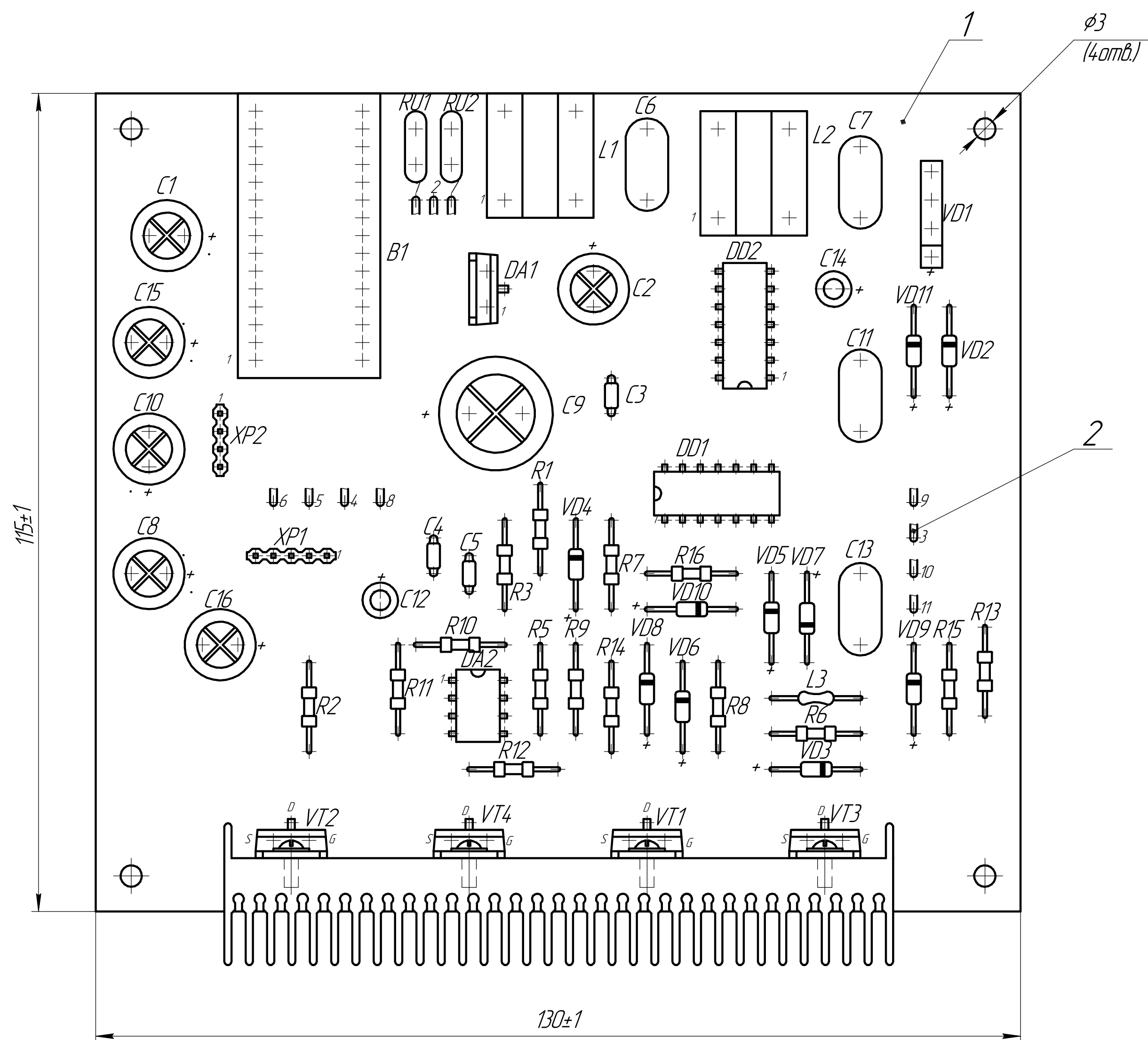




1. Плата повинна відповідати ГОСТ 23752-79.
2. *Розмір для довідок.
3. Клас точності 4 по ГОСТ 23751-86.
4. Крок координатної сітки 2,5 мм.
5. Плату виготовити каміньовим методом.
6. Параметри отворів дивись в таблиці.
7. Мінімальна ширина провідників не менше 1 мм.
8. Мінімальна відстань між провідниками не менше 1 мм.
9. Контактні площадки покрити складом "Розе" ТУ 6-09-4065-75, решту поверхні зі сторони провідного шару покрити компаундом на основі ЕД-22 ГОСТ 19587-76.
10. Плату маркувати фарбою ТН17Ф-01 біла ТУ 29-02-889-88 шрифтом 2,5 Пр 41 ГОСТ 26.020-80.
11. Інші вимоги по ОСТ 4.ГО.005.051.

						26 КР 172.402.025.001.001					
Зм	Арк	№ док-м	Підпис	Дата	Плата друкована	Лист		Маса	Масштаб		
Розроб		Семко				Н		0,03	21		
Перевір		Примак				Арк-шіт			1		
Контр						Арк-шіт			1		
Нконтр	Задорожній				ЄФ2-35-15КП ГОСТ 10316-78	ВСП ГФК ТР-402					
Затверд					Копія	м. Тернопіль Формат А1					

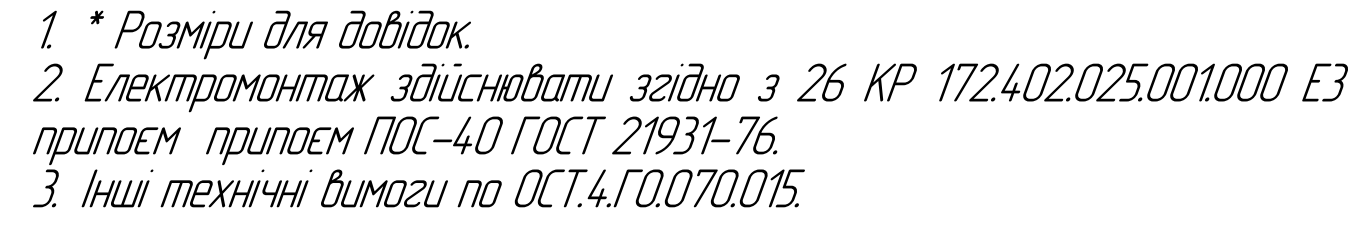
Перш. викорис.	Довід. №	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.		
						Документація				
		A4			26 КР 172.402.025.000.000 ПЕЗ	Перелік елементів				
		A1			26 КР 172.402.025.000.000 ЕЗ	Схема електрична принципова				
		A1			26 КР 172.402.025.001.000 СК	Вузол друкований				
						Деталі				
Підпис і дата	Інв. № добул.	Зам. інв. №	Підпис і дата	A1	1	26 КР 172.402.025.001.001	Плата друкована	1		
				БК	2	26 КР 172.402.025.001.002	Перемичка	11		
				БК	3	26 КР 172.402.025.001.003	Радіатор	1		
								Інші вироби		
					4		Модуль Arduino Nano "ChipStudio"	1	B1	
								Конденсатори		
				Інв. № ориг.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Підпис і дата		6	
	7		B32529С1102J000-280 В-0,47 мкФ ±10% "Epcos"					1	С13	
	8		B32529С1102J000-600 В-1 мкФ ±10% "Epcos"					1	С1	
	9		ЕСАР-35 В-10 мкФ ±20% "Jamicon"					2	С12, С14	
	10		B32529С1102J000-400 В-22 мкФ ±10% "Epcos"					2	С6, С7	
	11		ЕСАР-35 В-100 мкФ ±20% "Jamicon"					5	С2,С8,С10,	
									С15, С16	
	12		ЕСАР-50 В-100 мкФ ±20% "Jamicon"					1	С1	
	13		ЕСАР-450 В-330 мкФ ±20% "Jamicon"					1	С9	
					26 КР 172.402.025.001.000					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розрод.	Семків				Вузол друкований					
Перевір.	Приймак									
Н.контр.	Задорожний									
Затверд.					Літ. Аркцш Аркцшів					
					Н 1 2					
						ВСП ТФК ТР-402				
						м. Тернопіль				



1. *Размеры для довідок.
2. 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..R3, R5..R16, L3, VD2..VD11 – на рис. 1; C3..C5, RU1, RU2 – на рис. 2; C6, C7, C11, C13 – на рис. 3; C12, C14 – на рис. 4; C1, C2, C8, C10, C15, C16 – на рис. 5; C9 – на рис. 6; DD1, DA2 – на рис. 7; VD1 – на рис. 8; XP1, XP2 – на рис. 9; DA1, VT1..VT4 – на рис. 10; B1 – на рис. 11.
Транзистори VT1..VT4 прикріпити до радіатора гвинтом поз. 41.
3. Паяти припоєм ПОС61 ГОСТ 21931-76.
4. Заводський номер, позначення елементів маркувати фарбою ЧМ, чорна БМ, біла, ТУ029-02-859-78.
Щорф 2,5 по НО, О10, О07.
Місця розміщення маркування показані умовно.
5. Лакувати лаком АКА-113.
6. Позначення елементів показано умовно.
7. Друковані провідники умовно не показані.
8. Інші вимоги по ОСТ4ГО.070.075.

26 КР 172.402.025.001.000 СК					Лит		
Вузол друкований					Н	О1	21
Складальне креслення					Аркшів 1		
					ВСП ТФК ТР-402		
					м. Тернопіль		
					Формат А1		

Перш. викорис.	Довід. №	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.			
						Документація					
		A4			26 КР 172.402.025.001.000 ПЕЗ	Перелік елементів					
		A1			26 КР 172.402.025.001.000 ЕЗ	Схема електрична принципова	1				
		A1			26 КР 172.402.025.004.000 СК	Складальне креслення	1				
						Складальні одиниці					
Підпис і дата	Інв. № дубл.	Зам. інв. №	Підпис і дата	A1	1	26 КР 172.402.025.001.000 СК	Вузол друкований	1			
				БК	2	26 КР 172.402.025.001.001	Тримач для запобіжника	1			
							Деталі				
				БК	3	26 КР 172.402.025.004.001	Верхня кришка	1			
				БК	4	26 КР 172.402.025.004.002	Нижня кришка	1			
				БК	5	26 КР 172.402.025.004.003	Ручка для резистора	1			
				БК	6	26 КР 172.402.025.004.004	Ніжка	4			
Інв. № ориг.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата							
								Інші вироби			
						7		Запобіжник RB300-30-5 A-250B "ECE"	1	FU1	
						9		Резистор 16K1-B50K-10 кОм "Song Huei"	1	R4	
						11		Перемикач PBS-12A "Jietong Switch"	3	SA1...SA3	
								Роз'єми			
	13		LT-322 H05VV-F 3*0.75 "Lian Dung"	1	XP1						
26 КР 172.402.025.004.000											
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розрод.	Семків				Лім.	Аркцш	Аркцшів				
Перевір.	Приймак				Н	1	2				
Н.контр.	Задорожний				Однофазний частотний перетворювач на Arduino						
Затверд.					ВСП ТФК ТР-402						
					м. Тернопіль						



						26 КР 172.402.025.004.000 СК			
Экз.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата	Однофазний частотний перетворювач на Arduino Складальне креслення		Лит.	Маса	Масштаб
Розроб.	Сендик	Примітка					Н	0,3	2:1
Перевір.							Аркши	Аркшів	1
Нханта.	Задорожний						ВП ТФК ПР-402 м. Тернопіль		
Затверд.									

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Дубл																	
Замість																	
Підпис																	
															Аркуш 4		
												26 КР 172.402.025.03.000			26 КР 172.402.025.03.118		
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		
701		Кусачки	РТ 145532														
02		Гінцет	РТ 265641														
К 03	1	Плата друкована					26 КР	172.402.025.001	001			796	100	100			
04	4	Модуль	Arduino Nano				"ChipStudio"					796	100	100			
05	6	Конденсатори	NPO-0,47 нФ ±5%				"Murata"					796	100	300			
06	7	Конденсатори	B32529C1102J000-280 В-0,47 мкФ ±10%				"Epcos"					796	100	100			
07	8	Конденсатори	B32529C1102J000-600 В-1 мкФ ±10%				"Epcos"					796	100	100			
08	9	Конденсатори	ECAP-35 В-10 мкФ ±20%				"Jamicon"					796	100	200			
09	10	Конденсатори	B32529C1102J000-400 В-22 мкФ ±10%				"Epcos"					796	100	200			
10	11	Конденсатори	ECAP-35 В-100 мкФ ±20%				"Jamicon"					796	100	500			
11	12	Конденсатори	ECAP-50 В-100 мкФ ±20%				"Jamicon"					796	100	100			
12	13	Конденсатори	ECAP-450 В-330 мкФ ±20%				"Jamicon"					796	100	100			
13	15	Мікросхема	IR2110PBF				"Infineon"					796	100	200			
14	16	Мікросхема	MC7805BTG				"MC7805BTG"					796	100	100			
15	17	Мікросхема	TL072CP				"Texas Instruments"					796	100	100			
16	19	Дроселі	B82721				"EPCOS"					796	100	200			
17	20	Дроселі	EC24-100K-2,78 мкГн				"SCE"					796	100	100			
18	22	Резистори	MFP-0,125-100м ± 10%				"Yageo"					796	100	500			

Дубл																			
Замість																			
Підпис																			
															Аркуш 5				
											26 КР 172.402.025.03.000				26 КР 172.402.025.03.118				
А	Цех	Діл	РМ.	ОПЕР.	Код, назва операції				Позначення документау										
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	23	Резистори			MFP-0,125-3300м ± 10%				"Yageo"							796	100	100	
02	24	Резистори			MFP-0,125-1к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	100	
03	25	Резистори			MFP-0,125-2,2к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	200	
04	26	Резистори			MFP-0,125-4,7к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	400	
05	27	Резистори			MFP-0,125-46к0м ± 10%				"Yageo"							796	100	100	
06	29	Терморезистор			JNR13S2R5M-2.5 0м-5A										796	100	200		
07	31	Діод			D3SBA60-7000				"Shindengen"							796	100	100	
08	32	Діод			SF38				"LGE"							796	100	400	
09	33	Діод			UF4007				"Mic"							796	100	600	
10	35	Транзистор			FQA9N90C				"ON Semiconductor"							796	100	400	
11	37	Роз'єми			1-1123723-4											796	100	100	
12	38	Роз'єми			1-1123723-5											796	100	100	
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			

Дубл																
Замість																
Підпис																
														Аркуш 6		
											26 КР 172.402.025.03.000			26 КР 172.402.025.03.118		
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																
A 02	402		025	045	402025045 Автоматизована пайка										0,005	
B 03		Установка пайки хвилею АРП М6.890.001														
004		Пайку проводити згідно ТТП 316530 (192шт)														
M05		Припой ПОС-61			ГОСТ 21931-76							180	100	0,58		
06		Флюс АТІ-120			ГОСТ 32142-82							120	100	0,96		
07		Спиртобензинова суміш			ГОСТ 443-76							120	100	0,96		
08																
09																
A10	402		025	050	4020250050 Електромонтаж										0,004	
0 11		1. Рихтувати елементи згідно ТТП 315826 (11шт)														
12		2. Установити перемички поз.2(11шт) згідно карти ескізу по ТТП254681														
K 13		Пайку проводити згідно ТТП 316530														
14	2	Перемичка			26 КР 172.402.025.001002							796	100	1100		
15		Електропаяльник РТ 105278														
16		Пінцет РТ 235641														
M17		Припой ПОС-61			ГОСТ 2131-76							180	100	0,03		
18		Флюс АТІ-120			ГОСТ 32142-82							120	100	0,06		

[illegible]

[illegible]

Дубл.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Дубл.																					
Замість																					
Підпис																					
												Аркушів 4			Аркуш 1						
Розробив		Семків				ВСП ТФК ТНТУ		26 КР 172.402.025.001 СК							26 КР 172.402.025.001						
Перевірів		Приймак				Однофазний частотний перетворювач на Arduino												Н			
Нормував																					
Затвердив																					
Н. контр.		Задорожний																			
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	ВНТР						
01					Охорона навколишнього середовища, згідно інструкції МВЯ790831																
02																					
03	402		025	005	402.025.01 Комплектування										0,005						
04					Комплектування проводити згідно ТТО 644081 (36шт)																
05																					
06																					
07	402		025	010	402.025.02 Слюсарно-складальна										0,005						
08					Пневмоверт РД 532964																
09					Складання проводити по ТТП 231587(14шт)																
10					1. Кріпити друкований вузол поз.1 до верхньої кришки поз. 3 гвинтами поз.17 (4шт) через шайбу поз.19(4шт)згідно карти ескізів по ТТП																
11					2. Кріпити запобіжник поз.7(FU1) в тримач запобіжника поз.2 перемикач поз.11(SA1) шнур мережевий поз.13(XP1) згідно карти ескізів по ТТП 12838374																
12					3. Кріпити резистор поз.9(R4) гайкою поз.16(1шт) через шайбу поз.20(1шт) роз'єм поз.14(XS1) гвинтом поз.17(2шт) гайкою поз.15(2шт)шайбою поз.19(2шт)																
К 13	1	Вузол друкований				26 КР 172.402.025.001.000 СК						796	100	100							
14	2	Тримач запобіжника				26 КР 172.402.025.001.001						796	100	100							

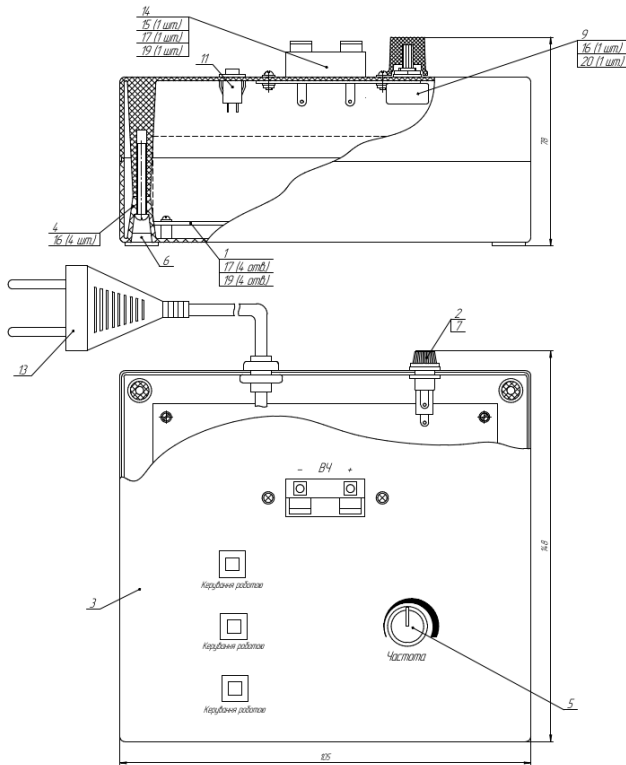
[illegible]

[illegible]

Дубл.								
Замість								
Підпис								

						Аркушів 4	Аркуш 4	
Розробив	Семків			ВСП ТФК ТНТУ	26 КР 172.402.025.001 СК		26 КР 172.402.025.001	
Перевінив	Приймак			Однофазний частотний перетворювач на Arduino			Н	
Нормував								
Затвердив								
Н. контр.	Задорожний							

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



Техніко – економічні показники однофазного частотного перетворювача на Arduino

	Технічні показники			Економічні показники	
1	Напруга живлення вхідна	~220...240В	1	Річний обсяг виробництва	900шт.
2	Струм споживання	200мА	2	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	305500 грн
3	Габаритні розміри	105*148 *78 мм	3	Чистий прибуток	267783,3 грн
4	Маса	0,3кг	4	Повна собівартість на виріб	129591 грн
5	Допустима вологість повітря	80%	5	Ціна одиниці виробу	1658,76 грн.
6	ККД пристрою	80-90%	6	Рентабельність виробу	22,96%
7	Частота ШІМ	близько 8кГц	7	Термін окупності	1,25р
8			8	Індекс продуктивності	0,8