Форма № Н-9.02

Міністерство освіти і науки України

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

відділення телекомунікацій та електронних систем

(назва відділення)

циклова комісія телекомунікацій та радіотехніки

(повна назва циклової комісії)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

фаховий молодший бакалавр

(освітньо-професійний ступінь)

на тему: Розробка конструкції мікрофародометра

Виконав: студент (ка) II курсу, групи ТР-403ск

Спеціальність: 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»

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

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Паньків Володимир Степанович

(прізвище та ініціали)

Керівник Недошитко Л. М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Дозорський В. Г.

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2026

Відокремлений структурний підрозділ
«Тернопільський фаховий коледж
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»
Відділення телекомунікацій та електронних систем
Циклова комісія телекомунікацій та радіотехніки
Освітньо-професійний ступінь «фаховий молодший бакалавр»
Галузь знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»
Спеціальність 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»
Освітня програма «Конструювання, виробництво та технічне обслуговування радіотехнічних пристроїв».

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова циклової комісії
телекомунікацій та радіотехніки
_______ Ольга ВАСИЛИШИН
"12_" _травня___2026 року

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

_______________Паньків Володимир Степанович ___________________________
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Розробка конструкції мікропарадометра
____

керівник кваліфікаційної роботи ____Недошитко Людмила Миколаївна____________,
(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 електронного пристрою
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 проектованого 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 проектованого 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. 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 Створення на підприємстві служби з охорони праці.
4.2 Системи засобів і захотів забезпечення електробезпеки.
Висновки
Перелік посилань
Додатки

Додаткові вказівки:

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

__________без__виготовлення макета____________________________________

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

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Отримання і аналіз технічного завдання	12.05	
2	Збір і узагальнення інформації для кваліфікаційної роботи	13.05	
3	Написання першого розділу кваліфікаційної роботи	25.05	
4	Розробка технічного та робочого проекту кваліфікаційної роботи	29.05	
5	Написання спеціального розділу	29.05	
6	Розрахунок економічної частини	25.05	
7	Написання розділу охорони праці	26.05	
8	Виконання графічної частини кваліфікаційної роботи	19.05	
9	Оформлення кваліфікаційної роботи	08.06	
10	Погодження нормоконтролю	12.06	
11	Попередній захист кваліфікаційної роботи	16.06	
12	Захист кваліфікаційної роботи		

7. Дата видачі завдання 27 квітня 2026 р.

Студент ____________ Паньків В. С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи __________ Недошитко Л. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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 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 проектованого 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 проектованого виробу. Вибір типу технології………………………………………………………….........

2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції. …………………………......

					26 КР 172.403.021.000.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Паньків			Розробка конструкції мікрофарадометра Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Недошитко						
Рецензент						ВСП ТФК ТНТУ ТР-403 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 Створення на підприємстві служби охорони праці.......................................
4.2 Системи засобів і заходів забезпечення електробезпеки...............................
ВИСНОВКИ..
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ...
ДОДАТКИ………………………………………………………………….……...

АНОТАЦІЯ

Паньків В.С. Розробка конструкції мікрофарадометра: кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційний рівень молодший спеціаліст, за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2026.

Елементи на платі розташовані дуже компактно, і тому розміри плати мінімальні 70*80мм. Всі основні елементи розміщені на одній стороні плати. У приладі немає елементів, котрі виділяють велику кількість тепла.

Корпус виготовлений з чорної пластмаси, яка має хороші характеристики, гарний зовнішній вигляд, та хорошу конструкцію, розміри 110×90 ×58 мм. Верхня та нижні кришки мають форму типу «корито». Кришки по кутах мають розміщені стійки для закріплення одна до одної за допомогою саморізів. Також верхня кришка має 4 ніжки для кріплення плати. На нижню кришку кріпиться плата керування за допомогою гвинтів та шайб. На верхню кришку кріпиться скло під індикатор за допомогою клею та вузол індикації, перемикач та накладки під кнопки. Між вдома кришками кріпиться роз’єм та щупи для підключення навантаженн. Корпус вилитий методом лиття під тиском.

Підібрана елементна база дозволяє реалізувати закладені в пристрій функції, є недорогою та доступною. Запропонована маршрутно-операційна технологія складання виробу може бути використана для серійного виробництва, є уніфікованою та розробленою з врахуванням типових технологічних процесів в галузі виробництва електронних пристроїв, що забезпечує швидку окупність вкладених інвестицій.

Ключові слова: конденсатор, вимірювання, тангенс втрат, робоча напруга.

ABSTRACT

Pankiv V.S. Development of a microfaradometer design: qualification work for obtaining the educational and qualification level of a junior specialist, specialty 172 Telecommunications and Radio Engineering. Ternopil: VSP "TFK TNTU", 2026.

The elements on the board are located very compactly, and therefore the board dimensions are minimal 70*80mm. All the main elements are located on one side of the board. The device does not have elements that emit a large amount of heat.

The case is made of black plastic, which has good characteristics, a beautiful appearance, and a good design, dimensions 110×90 ×58 mm. The upper and lower covers have a "trough" shape. The covers have racks placed at the corners for fastening one to another with self-tapping screws. Also, the upper cover has 4 legs for fastening the board. The control board is attached to the lower cover using screws and washers. The glass under the indicator is attached to the upper cover using glue and the indication unit, switch and button pads. A connector and probes for connecting the load are attached between the two covers. The housing is cast by injection molding.

The selected element base allows you to implement the functions built into the device, is inexpensive and accessible. The proposed route-operational technology for assembling the product can be used for serial production, is unified and developed taking into account typical technological processes in the field of electronic device production, which ensures a quick return on investment.

Keywords: capacitor, measurement, loss tangent, operating voltage.

ВСТУП

Проектований мікрофарадметр призначений для вимірювання ємності неполярних і оксидних конденсаторів із високою точністю у широкому діапазоні. Пристрій виконаний на основі мікроконтролера PIC16F876A, що забезпечує цифрову обробку сигналів і точну індикацію результатів. Діапазон вимірювання ємності становить від 1 мкФ до $999 \cdot 10^3$ мкФ і поділений на два піддіапазони для зручності користування. Вимірювані значення відображаються на трьохрозрядному світлодіодному цифровому індикаторі з автоматичним встановленням десяткової коми. Вплив еквівалентного послідовного опору конденсатора на точність при великій ємності компенсується під час калібрування приладу.

Основним призначенням мікрофарадметра є:

- точне визначення значень електричної ємності конденсаторів, включаючи великі номінали, що недоступні для звичайних мультиметрів;

- використання у радіоаматорській практиці для підбору та перевірки конденсаторів у схемах;

- контроль та калібрування конденсаторів у навчальних та лабораторних умовах;

- застосування в ремонтних і сервісних роботах, де необхідна перевірка великих ємностей.

Область застосування приладу охоплює:

- радіоаматорську діяльність та саморобну електроніку;

- лабораторні дослідження та навчальні практикуми з електроніки;

- ремонт та обслуговування електронних пристроїв із конденсаторами великої ємності;

- тестування акумуляторних або конденсаторних блоків у промисловому обладнанні, де потрібне визначення великих значень ємності.

Мікрофарадометр працює за принципом пропорційності заряду конденсатора Q при фіксованій напрузі U, тобто $C = Q / U$, де $Q = I \cdot t$ — заряд,

пропорційний часу протікання зарядного струму при заданому значенні струму. Завдяки цьому принципу забезпечується точне та надійне вимірювання ємності навіть великих конденсаторів, що робить прилад доступним і ефективним інструментом для практичного використання в електроніці та радіотехніці [1].

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Розробка технічного завдання

Технічні характеристики приладу:

1. Напруга живлення…………………………………...……...~220В;
2. Струм споживання……………………………………………0,1А;
3. Діапазон робочих температур…………………………..-10…+30°С;
4. Габаритні розміри…………………...…………....…110*90*58мм;
5. Діапазон вимірювання, мкФ ……………………….... .1 ... 999 · 10^3;
6. Похибка у всьому діапазоні,%, не більше .... ± 3;
7. Час вимірювання, с, не більше 2,5;
8. Вибір меж вимірювання .. ……………………………...автоматично;
9. Число розрядів індикації 3;
10. Маса……………………………………………………..………0,8кг;
11. Відносна вологість повітря ....……………………………80%;
12. Споживана потужність,Вт, не більше .... 12.

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

Схема пристрою складається з кількох основних функціональних вузлів: джерела живлення +9 В, стабілізатора напруги +5 В, мікроконтролера, вузла управління, індикатора та навантаження. Кожен із цих блоків виконує окрему функцію та забезпечує стабільну й надійну роботу всього пристрою.

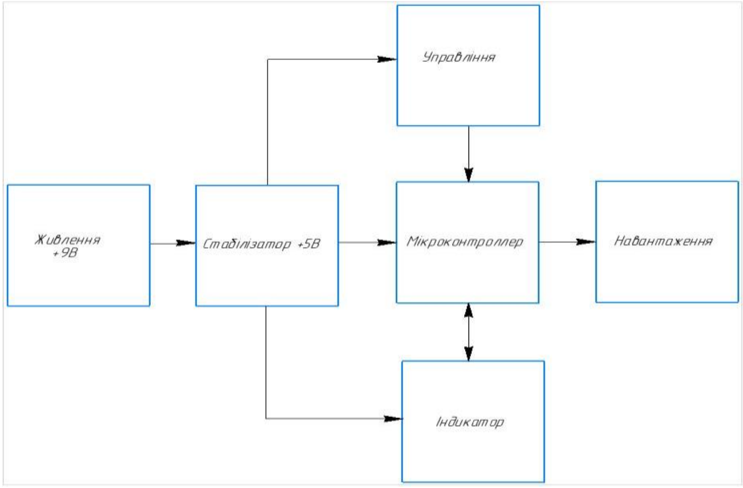


Рисунок 1.1- Схема електрична структурна

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

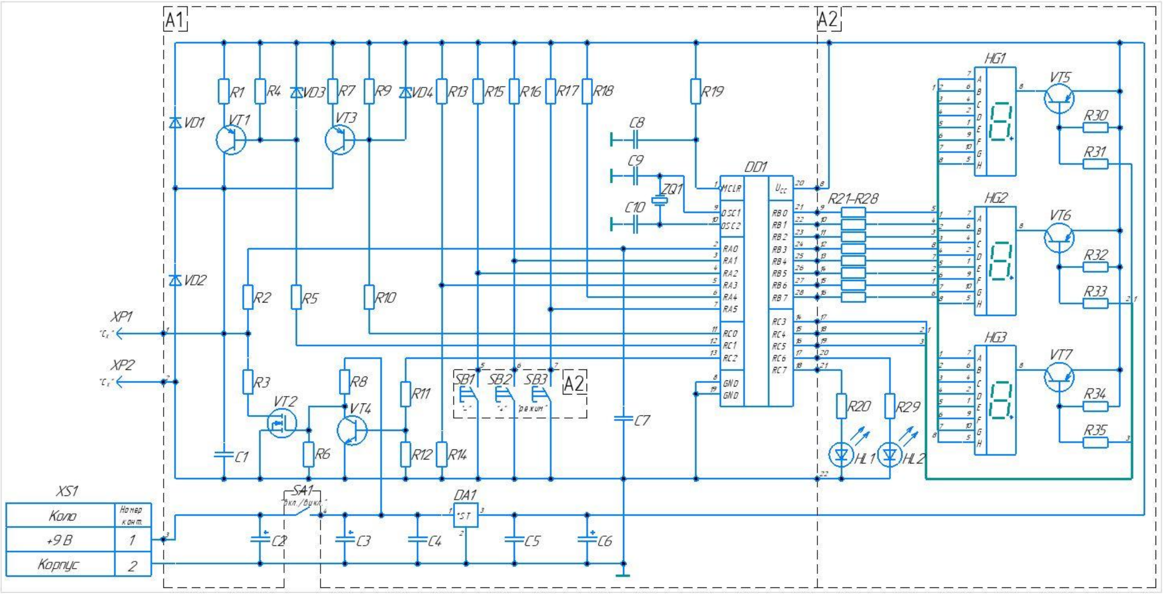


Рисунок 1.2- Схема електрична принципова

Основою мікрофарадметра є мікроконтролер PIC16F876A, який виконує ключові функції приладу: керує процесом вимірювання, обчислює результати та відображає значення ємності на цифровому індикаторі. Після подачі живлення та ініціалізації мікроконтролера пристрій автоматично переходить у робочий режим.

Висновок RA0 налаштований як вхід компаратора, RA3 — для зразкового сигналу компаратора, RC0 і RC1 керують джерелами зарядного струму, а RC2 включає розрядку вимірюваного конденсатора.

Цикл вимірювання починається з розрядки конденсатора через транзистор VT2 та резистор R3. Потім підключається джерело зарядного струму (1 мА) на транзисторі VT3, і напруга на конденсаторі починає зростати. Коли вона досягає приблизно 1 В — рівня зразкового сигналу на вході RA3, мікроконтролер зупиняє процес зарядки та фіксує тривалість цього циклу.

Якщо напруга не досягне встановленого рівня протягом 1,2 с, активується старший діапазон вимірювання: підключається джерело струму 1 А на транзисторі VT1, індикатор відображає множник "×1000", і вимір

повторюється. Далі мікроконтролер обчислює значення ємності, враховуючи час зарядки, величину струму, напругу на конденсаторі та калібрований коефіцієнт відповідного діапазону. Цей цикл періодично повторюється, забезпечуючи постійне оновлення показань.

Для динамічної індикації результатів використовується трьохрозрядний світлодіодний індикатор HG1-HG3, транзистори VT5-VT7 та порти мікроконтролера RC3-RC5, RB0-RB7 за класичною схемою.

Кнопки SB1-SB3, підключені до портів RA1, RA2, RA5, застосовуються для введення калібрувальних коефіцієнтів. Кнопка "Режим" дозволяє перейти в режим калібрування та вибрати коефіцієнт, а кнопки "+" і "-" змінюють його значення від 1 до 255. Для діапазону "мкФ" коефіцієнт відображається без десяткових ком, для "мкФ ×1000" — з комою в одиницях. Встановлені значення зберігаються в пам’яті мікроконтролера навіть після вимкнення живлення.

Для калібрування приладу використовуються чотири еталонні конденсатори: два для діапазону "мкФ" (100…900 мкФ) та два для "мкФ ×1000" (понад 10000 мкФ). Значення ємності еталонів бажано визначити за допомогою перевіреного промислового вимірювача або іншого точного методу. Калібрування полягає у порівнянні показань приладу зі справжніми значеннями конденсаторів і підборі коефіцієнтів для точного збігу.

На старшому діапазоні результат може залежати від еквівалентного послідовного опору (ЕРС) конденсатора, що проявляється у заниженні вимірюваного значення. Щоб похибка залишалася у допустимих межах, ЕРС не повинно перевищувати 0,1 Ом. Для більшості справних оксидних конденсаторів ємністю понад 1000 мкФ цей параметр знаходиться у зазначених межах, а його вплив компенсується калібруванням.

Практичне використання приладу показало його високу точність, стабільність показань та зручність експлуатації. Прилад дозволяє ефективно виконувати вимірювання ємності в процесі розробки, виробництва та ремонту електронної техніки [1].

РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунково-конструкторська частина

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

Компонування виробу є важливим етапом конструювання радіоелектронної апаратури, під час якого визначаються габаритні розміри пристрою, форма конструкції, а також взаємне розташування окремих вузлів, елементів і блоків. Від правильності компонування значною мірою залежать технічні характеристики виробу, його надійність, технологічність виготовлення, зручність обслуговування та зовнішній вигляд. Основним завданням компонування є забезпечення раціонального розміщення електрорадіоелементів на друкованій платі з урахуванням електричних, теплових і механічних вимог.

Під час компонування друкованого вузла необхідно забезпечити оптимальну щільність монтажу компонентів, що дозволяє зменшити габарити виробу та скоротити довжину друкованих провідників. Мінімальна довжина доріжок позитивно впливає на електричні характеристики пристрою, знижує рівень паразитних наведень і втрат сигналу. При цьому важливо уникати помітних паразитних електричних взаємозв'язків між окремими вузлами та елементами, оскільки вони можуть погіршувати стабільність роботи виробу та знижувати його точність.

Електрорадіоелементи у конструкції мають штирьові виводи, тому їх монтаж виконується у наскрізні отвори друкованої плати. Після встановлення виводи загинаються під кутом 30°±2°, обрізаються в межах контактних майданчиків та закріплюються методом пайки «хвилею припою». Такий спосіб монтажу забезпечує надійне механічне кріплення компонентів і високу якість електричних з'єднань. Інтегральні мікросхеми встановлюються з одного боку друкованої плати, що спрощує процес складання та монтажу. Оскільки виводи мікросхем проходять крізь отвори плати та виступають із зворотного боку,

після пайки корпус мікросхеми надійно фіксується й здатний витримувати значні механічні навантаження.

У процесі компонування необхідно враховувати теплові режими роботи елементів. Компоненти, що виділяють значну кількість тепла, не рекомендується розміщувати поблизу інтегральних мікросхем і напівпровідникових приладів, чутливих до перегріву. Також джерела електромагнітних завад слід розташовувати на достатній відстані від чутливих елементів схеми. Для забезпечення нормального тепловідведення передбачається вільна конвекція повітря, особливо у зонах розміщення нагрівальних компонентів. Мікросхеми рекомендується встановлювати довшою стороною вздовж напрямку повітряного потоку, що покращує охолодження.

Особлива увага приділяється технологічності конструкції. Взаємне розташування елементів повинно забезпечувати зручність автоматизованого або напівавтоматизованого монтажу, а також легкий доступ до компонентів під час контролю, ремонту та технічного обслуговування. Регульовані елементи розміщують таким чином, щоб до них був забезпечений вільний доступ після складання виробу. Великогабаритні та важкі компоненти не рекомендується встановлювати в центральній частині плати, оскільки це може призвести до механічних деформацій. Для масивних елементів передбачається додаткове механічне кріплення за допомогою скоб, гвинтових з'єднань, приклеювання або додаткового припаювання.

При виборі конструкційних матеріалів для друкованого вузла використовується склотекстоліт FR-4, який характеризується високою механічною міцністю, хорошими електроізоляційними властивостями, стійкістю до вологи та підвищених температур. Провідний рисунок плати формується мідною фольгою товщиною 35 мкм, що забезпечує необхідну провідність і механічну стійкість доріжок. Для захисту поверхні провідників від окиснення та покращення паяльних властивостей застосовується лудіння або нанесення захисного покриття. Контактні площадки можуть покриватися

шаром припою або спеціальними антикорозійними матеріалами, які підвищують довговічність друкованої плати та надійність електричних контактів.

Під час компонування одночасно врахувати всі вимоги практично неможливо, тому основна увага приділяється найважливішим параметрам: надійності роботи пристрою, технологічності виготовлення, мінімізації габаритів, забезпеченню теплового режиму та зручності експлуатації. [18].

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції

Корпус виготовлений з чорної пластмаси, яка має хороші характеристики, гарний зовнішній вигляд, та хорошу конструкцію, розміри 110×90 ×58 мм. Верхня та нижні кришки мають форму типу «корито». Кришки по кутах мають розміщені стійки для закріплення одна до одної за допомогою саморізів. Також верхня кришка має 4 ніжки для кріплення плати. На нижню кришку кріпиться плата керування за допомогою гвинтів та шайб. На верхню кришку кріпиться скло під індикатор за допомогою клею та вузол індикації, перемикач та накладки під кнопки. Між вдома кришками кріпиться роз’єм та щупи для підключення навантаженн. Корпус вилитий методом лиття під тиском.

Для даного виробу важливим фактором є зручність керування пристрою. Також гарний естетичний вигляд щоб з таким пристроєм було приємно і зручно працювати. Даний виріб може використовуватись у будь-де через свої невеликі розміри.

При розробці та виготовленні даного приладу було забезпечено мінімальний вплив зовнішніх і внутрішніх магнітних полів, а також зменшено паразитні ємності між провідниками друкованої плати. Особливу увагу приділено якості відображення інформації на рідкокристалічному дисплеї з урахуванням кута огляду та зручності сприйняття інформації оператором. Раціональна компоновка елементів забезпечує підвищення надійності пристрою та покращення його експлуатаційних характеристик.

У процесі розміщення електрорадіоелементів на друкованій платі в даному приладі враховано такі вимоги [20]:

- забезпечено умови для природної конвекції повітря в зонах розташування елементів, що виділяють значну кількість тепла;

- напівпровідникові прилади та мікросхеми розміщено на достатній відстані від джерел тепловиділення та сильних магнітних полів (зокрема трансформаторів і постійних магнітів);

- передбачено зручний доступ до елементів, які потребують налаштування та регулювання.

Крім того, у випадках, коли елементи мають електропровідні корпуси і під ними проходять провідники, реалізовано ізоляцію шляхом використання ізоляційних матеріалів, зокрема захисних трубок, ізоляційних прокладок або нанесення ізоляційного шару на друковану плату.

Правильне розташування корпусів мікросхем на платі у розроблено-му пристрої дозволило оптимізувати габаритні розміри, масу, підвищити надійність та завадостійкість приладу.

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Таблиця 2.1- Конденсатор ECAP [2]

Позиційне позначення	C2,C3, C6
Назва компонента	Конденсатор ECAP
Виробник	"Jamicon"
Критерії вибору	Напруга робоча, струм, розміри, тангенс кута втрат
Параметри та характеристики	
Параметри конструкції	Див.рис.2.1
Номінальна напруга	25, 35В
Номінальна ємність	0,1….1000 мкФ
Допуск ємності	± 20%
Робоча температура	-55 ... 105 ° C
Тангенс кута втрат,%	0,14

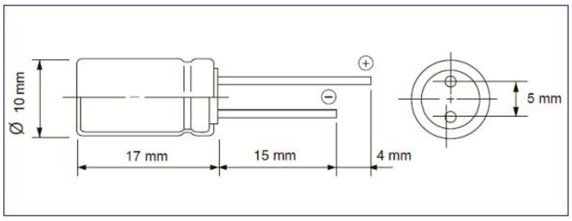


Рисунок 2.1- Габаритні розміри конденсатора типу ECAP

Таблиця 2.2- Резистор CF- "KLS Electronic" [3]

Позиційне позначення	R1-R35
Назва компонента	Резистор CF
Виробник	"KLS Electronic"
Критерії вибору	Потужність розсіювання, максимальна робоча напруга, діапазон опорів,
Параметри конструкції	Див.рис.2.2
Параметри та характеристики	
номінальна потужність	0,25 Вт
діапазон номінальних опорів	2...10·10^6 Ом
допустиме відхилення опору	±10%
максимальна робоча напруга	200В
діапазон робочих температур	-60.....+70°С

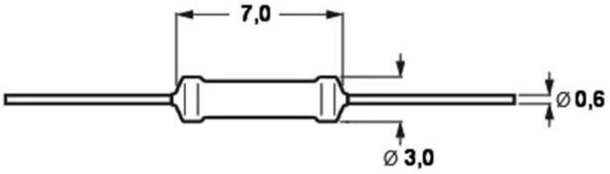


Рисунок 2.2- Габаритні розміри резисторів CF- "KLS Electronic"

Таблиця 2.3- Конденсатор СС4-H20 [4]

Позиційне позначення	С1,С4,С5,С7-С10
Назва компонента	Конденсатор СС4-H20
Виробник	"SHANGHAI"
Критерії вибору	Номінал ємності, напруга пробою, робоча напруга
Параметри конструкції	Див.рис.2.3
Параметри та характеристики	
робоча напруга	50В
відхилення ємності від номінального значення	±10%
інтервал робочих температур	-40ºС…+100ºС
температурний коефіцієнт ємності	+3,3%;
відносна вологість	до 98%
діапазон тиску	6,6-2942гПа
діапазони ємностей	5нФ – 0,1мкФ

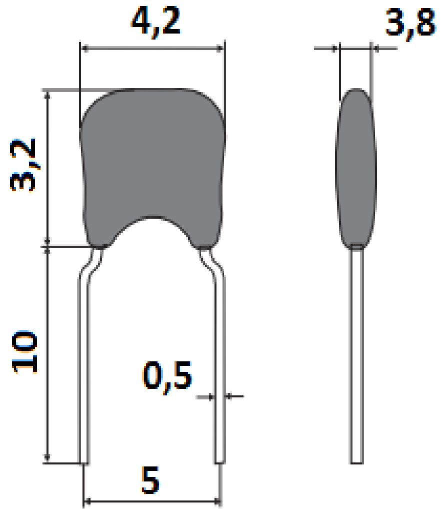


Рисунок 2.3- Габаритні розміри конденсатора b37979

Таблиця 2.4- Діод JANTX1N5518B-1 "Microsemi" [5]

Позиційне позначення	VD3-VD4
Назва компонента	Діод JANTX1N5518B-1
Виробник	"Microsemi"
Критерії вибору	напруга випрямлення, максимальний струм, робоча частота
Параметри конструкції	Див.рис.2.4
Параметри та характеристики	
Потужність розсіювання	1.3Вт
Номінальна напруга стабілізації	15В
Статичний опір Rст	15Ом
Робоча температура	-55 ... 175С
Спосіб монтажу	в отвір
Корпус	do41
Ваг	0.4г

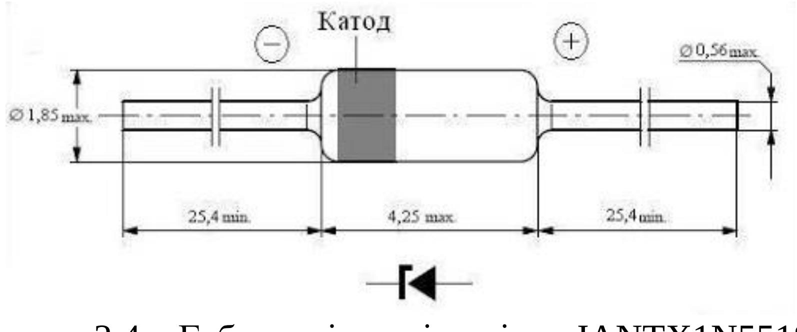


Рисунок 2.4 – Габаритні розміри діода JANTX1N5518B-1

Таблиця 2.5- Перемикач ASW-09-102 "Jietong Switch" [6]

Позиційне позначення	SA1	
Назва компонента	перемикач ASW-09-102	
Виробник	"Jietong Switch"	
Критерії вибору	Максимальні струм та напруга, робоча напруга	
Параметри конструкції	Див.рис.2.5	
Параметри та характеристики		
Робоча напруга постійна		12В
Максимальний комутований постійний струм		35А
Колір		червоний
Алгоритм роботи		on-off
Робоча напруга		250
Робочий струм		15А
Вага		7.2г

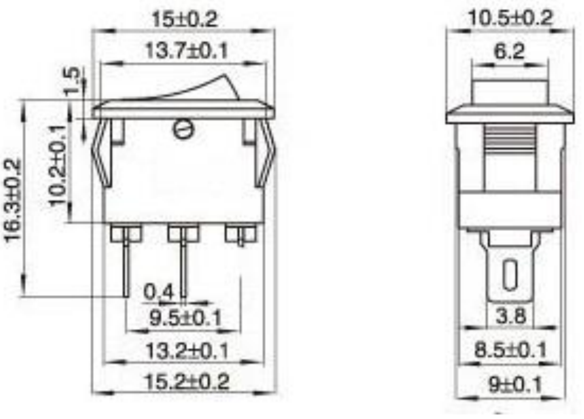


Рисунок 2.5-Зовнішній вигляд перемикача "Jietong Switch"

Таблиця 2.6- Світлодіод L-1503GT [7]

Позиційне позначення	HL1	
Назва компонента	Світлодіод L-1503GT	
Виробник	Kingbright	
Критерії вибору	Розміри, кольорова гамма, яскравість	
Параметри конструкції	Див.рис.2.6	
Параметри та характеристики		
пряма напруга		1,9В
прямий струм		30мА
кут випромінювання		180°
колір свічення		червоний
довжина хвилі		660нм

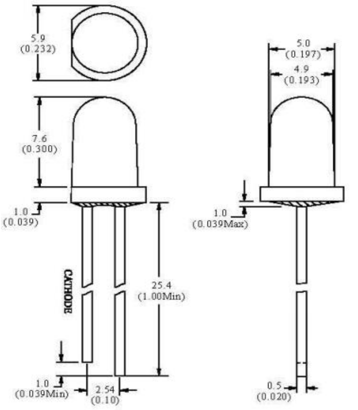


Рисунок 2.6 – Габаритні розміри світлодіода L-1503GT

Таблиця 2.7- Мікросхема PIC16F876A [8]

Позиційне позначення	DD1
Назва компонента	Мікросхема PIC16F876A
Виробник	"Atmel"
Критерії вибору	принцип роботи, вхідна напруга, струм
Параметри конструкції	див. рисунок 2.7
Параметри та характеристики	
Серія	pic 16f
Ширина шини даних	8-біт
Тактова частота	20 мегагерц
Кількість входів / виходів	22
Обсяг пам'яті програм	14 кбайт (8k x 14)
Обсяг EEPROM	256x8
Наявність АЦП / ЦАП АЦП	5x10b
Напруга живлення	4 ... 5.5 В
Робоча температура	-40 ... + 85C
Корпус	dip-28 (0.300, 7.62мм)
Вага, г	4

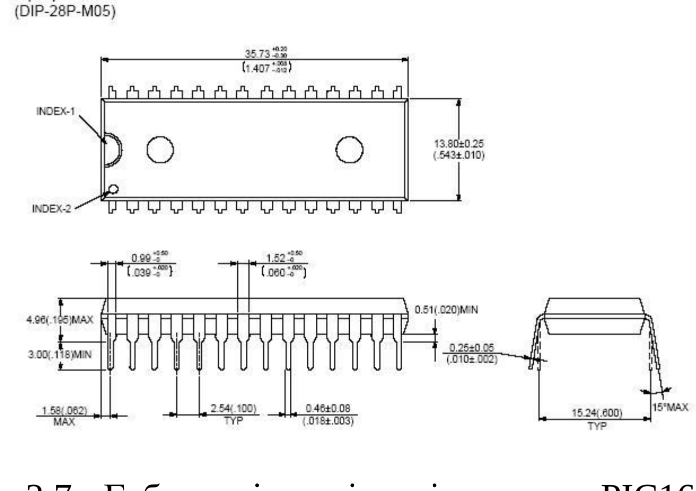


Рисунок 2.7 - Габаритні розміри мікросхеми PIC16F876A

Таблиця 2.8 - Кварцевий резонатор HC-49S "Abracon" [9]

Позиційне позначення	ZQ1
Назва компонента	Кварцевий резонатор HC-49S
Виробник	"Abracon"
Критерії вибору	Тактова частота, розміри, вхідна напруга
Параметри конструкції	див. рисунок 2.8
Параметри та характеристики	
Резонансна частота, Гц	11,0592мГц
Точність настройки dF/Fx	10^{-6} 30
Температурний коефіцієнт, Ктх	10^{-30}
Робоча температура, С	- 20 ... +70
Довжина корпусу L., мм	13.5
Діаметр (ширина) корпуси, D (W), мм	11.5

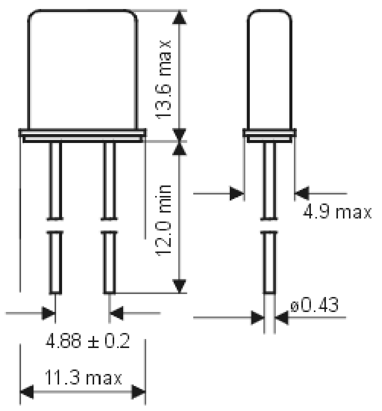


Рисунок 1.8 - Габаритні розміри кварцового резонатора HC-49S

Таблиця 1.9- Мікросхема MC7805 [10]

Позиційне позначення	DA1
Назва компонента	Мікросхема MC7805
Виробник	"ON Semiconductor"
Критерії вибору	принцип роботи, вхідна напруга, струм
Параметри конструкції	див. рисунок 1.9
Параметри та характеристики	
Розділ	лінійні регулятори
Корпус	TO-220-3
Вихідна напруга	+5 В
Вихідний струм	0,1 А
Рекомендована напруга на вході від	+7 до + 20 В
Рекомендований температурний діапазон	від 0 до 125 градусів Цельсія

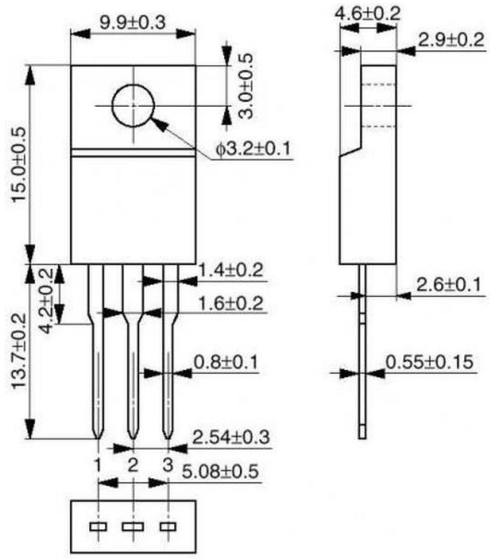


Рисунок 2.9 – Габаритні розміри мікросхеми MC7805

Таблиця 2.10- Діод 1N1053 DC Components" [11]

Позиційне позначення	VD1, VD2	
Назва компонента	Діод 1N1053	
Виробник	"Diotec"	
Критерії вибору	напруга випрямлення, максимальний струм, робоча частота	
Параметри конструкції	Див.рис.2.14	
Параметри та характеристики		
Максимальна постійна зворотна напруга, В		100
Максимальна імпульсна зворотна напруга, В		100
Максимально допустимий прямий імпульсний струм, А		1.5
Максимальна пряма напруга, В		1
Робоча температура, С		-40 ... 85
Вага, г		0.5

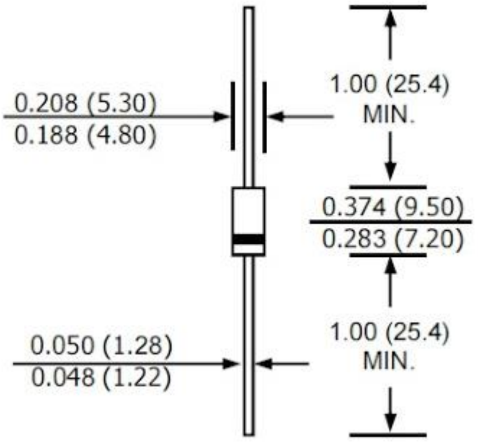


Рисунок 2.10 – Габаритні розміри діода 1N1053

Таблиця 2.11- Кнопка тактова KLS7-TS6601-13.0-180 [12]

Позиційне позначення	SB1-SB3
Назва компонента	Кнопка тактова KLS7-TS6601-13.0-180
Виробник	"KLS"
Критерії вибору	Тип роботи, вхідна напруга та струм
Параметри конструкції	Див.рис.2.11
Параметри та характеристики	
Робоча напруга, В	12
Робочий струм, А	0.05
Розмір, мм	6x6
Висота / довжина кнопки з штовхачем (до контактів), мм	9.5
Висота / довжина штовхальника, мм	6

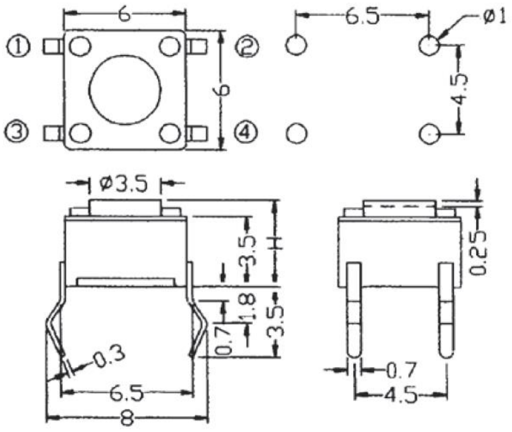


Рисунок 2.11 –Габаритні розміри кнопки KLS7-TS6601-13.0-180

Таблиця 2.12 - Індикатор SA05-11GWA [13]

Позиційне позначення	HG1…HG3
Назва компонента	Індикатор SA05-11GWA
Виробник	"Kingbright"
Критерії вибору	Тип роботи, вхідна напруга та струм
Параметри конструкції	Див.рис.2.12
Параметри та характеристики	
Колір світіння	зелений
Довжина хвилі, нм	568
Максимальна сила світла Iv макс., Мкд	10.5
Мінімальна сила світла Iv хв., Мкд	3
Кількість сегментів	7
Висота знака, мм	12.7
Максимальний імпульсний прямий струм, мА	140
Робоча температура, С	-40 ... 85
Максимальний прямий струм, мА	25

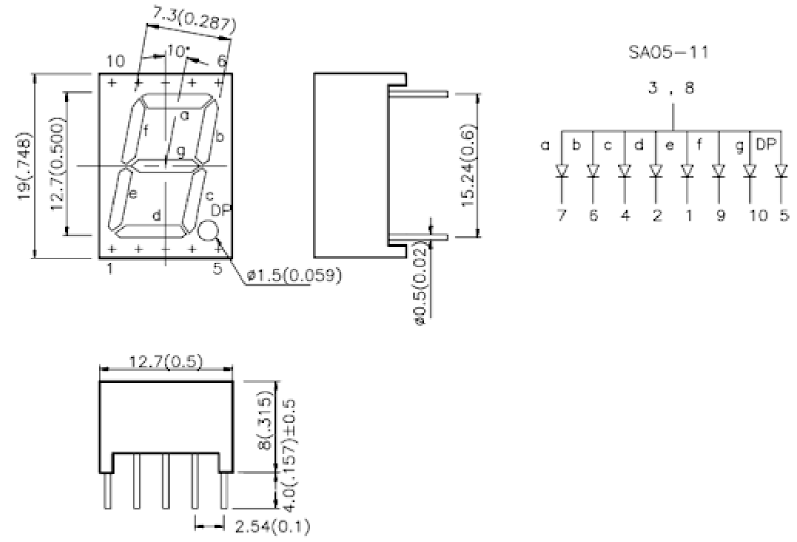


Рисунок 2.12 - Габаритні розміри індикатора SA05-11GWA

Таблиця 2.13 - Транзистор 2SB834-Y [14]

Позиційне позначення	VT1	
Назва компонента	Тиристор 2SB834-Y	
Виробник	"Sanyo"	
Критерії вибору	Структура, робоча напруга, полярність, струм	
Параметри конструкції	Див.рис.2.13	
Параметри та характеристики		
Тип		Тиристор
Максимальна зворотна напруга		800 В
Середній прямий струм		16 А
RMS прямий струм		RMS прямий струм
Керуюча напруга затвора		Типово 0.7 В
Робоча температура		Від -40°C до +125°C
Корпус		TO-220AB

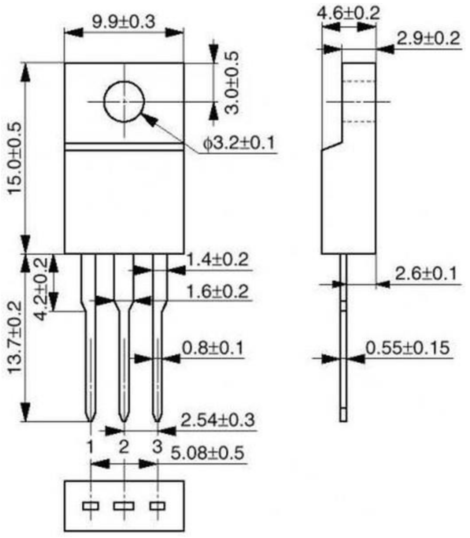


Рисунок 2.13 – Габаритні розміри транзистора 2SB834-Y

Таблиця 2.14 - Транзистор IRF246N "Vishay" [15]

Позиційне позначення	VT2
Назва компонента	Транзистор IRF246N
Виробник	"Vishay"
Критерії вибору	Структура, коефіцієнт підсилення, потужність
Параметри конструкції	Див.рис.2.14
Параметри та характеристики	
Максимальна напруга стік-витік (VDS)	200 В
Максимальний струм стоку (ID	20 А
Максимальна потужність розсіювання (PD)	~150 Вт
Опір відкритого каналу (RDS(on))	0.27 Ом
Напруга затвор-витік (VGS max)	±20 В
Порогова напруга відкривання (VGS(th))	приблизно 2 – 4 В
Максимальна температура кристалу	150 °C

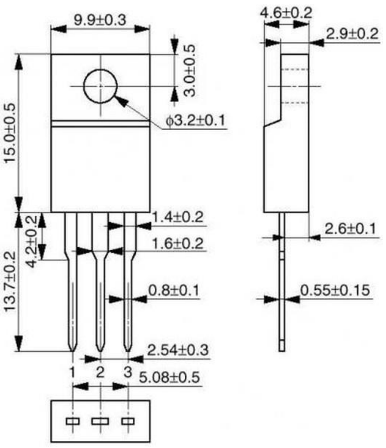


Рисунок 2.14– Габаритні розміри транзистора IRF246N

Таблиця 2.15 - Транзистор 2SA1175 [16]

Позиційне позначення	VT3
Назва компонента	транзистор 2SA1175
Виробник	"Toshiba"
Критерії вибору	Вхідна напруга, струм, структура, підсилення
Параметри конструкції	Див.рис.2.15
Параметри та характеристики	
Тип	PNP
Максимальна напруга колектор-емітер (VCEO)	50 В
Максимальна напруга база-емітер (VEBO)	5 В
Максимальний струм колектора (IC)	100 мА (0.1 А)
Максимальна розсіювана потужність (Pc)	250 мВт
Коефіцієнт підсилення струму (hFE)	приблизно 110 – 600
Гранична частота (fT)	200–250 МГц
Максимальна температура переходу	150 °C

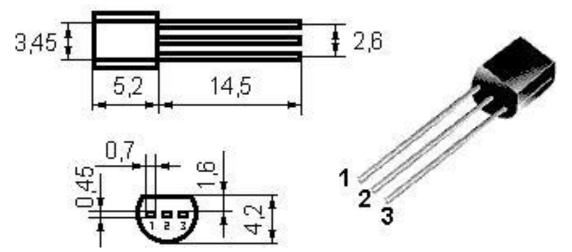


Рисунок 2.15 - Габаритні розміри транзистора 2SA1175 "Toshiba"

Таблиця 2.16 - Транзистор 2SA2785 [17]

Позиційне позначення	VT4	
Назва компонента	транзистор 2SA2785	
Виробник	"Toshiba"	
Критерії вибору	Вхідна напруга, струм, структура, підсилення	
Параметри конструкції	Див.рис.2.16	
Параметри та характеристики		
Структура		p-n-p
Напруга колектор-емітер, не більше		70 В
Напруга колектор-база, не більше		80 В
Напруга емітер-база, не більше		3 V
Струм колектора, не більше		0.5 А
Розсіювана потужність колектора, не більше		10 Вт
Коефіцієнт посилення транзистора по току (hfe): від		40 до 320
Гранична частота коефіцієнта передачі струму		700 МГц

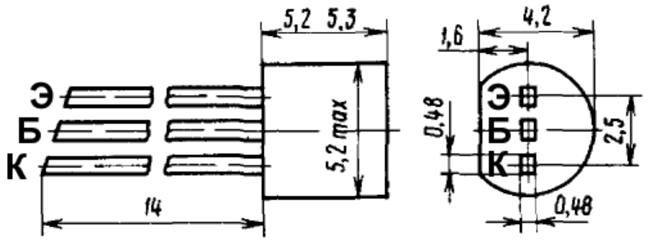


Рисунок 2.16 - Габаритні розміри транзистора 2SA2785 "Toshiba"

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_{HCTU} або коефіцієнт пульсацій вихідної напруги $K_{П}$; коефіцієнт стабілізації напруги K_{CTU}; внутрішній опір стабілізатора $R_{СТ\ ВИХ}$; температурний коефіцієнт γ.

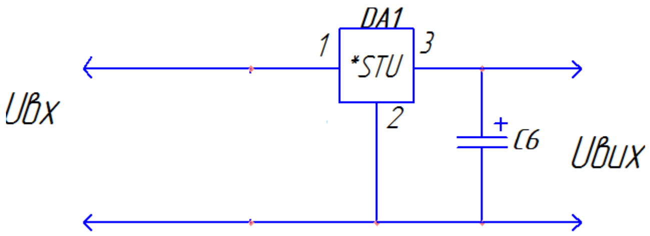


Рисунок 2.17– Електрична принципова схема стабілізатора і конденсатора

Вибір ІМС виконується за заданими $U_{СТ\ ВИХ}$, $I_{СТ\ ВИХ\ max}$, K_{CTU}, γ, $R_{СТ\ ВИХ}$ із рисунка 2.18. Бажано віддавати перевагу тим ІМС, які працюють з меншою кількістю зовнішніх елементів. При цьому повинні виконуватися наступні умови

$$U_{IMC\ ВИХ} \geq U_{CT\ ВИХ}$$

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

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

Тип ІМС	$U_{ст\ вх}$, В (min... max)	$U_{ст\ вих}$, В (min... max)	$K_{нсто}$, %/В не більше за	$K_{нсто}$, %/А не більше за	$K_{ст\ сг}$, дБ на 1кГц не більше за	α_U, %/°С не більше за	$I_{ст\ вих}$, А (max)	$P_{ст\ роз}$, Вт без радіатора/ з радіатором	$I_{стсп}$, мА	$U_{ст\ пд}$, В не більше за
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
К142ЕНА	9...20	3...12	0,5	0,5	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
К142ЕН1Б	9...20	3...12	0,2	0,2	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
К142ЕН1В	9...20	3...12	0,8	2,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
К142ЕН1Г	9...20	3...12	0,8	1,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
К142ЕН2А	20..40	12...30	0,5	0,5	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
К142ЕН2Б	20... 40	12...30	0,2	0,2	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
К142ЕН2В	20...40	12...30	0,8	2,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
К142ЕН2Г	20...40	12...30	0,8	1,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
КТ42ЕН3	9...45	3...30	0,05	0,25	-	0,01	1	1,4/4	10	3
К142ЕН4	9...45	3...30	0,05	0,25	-	0,01	1	1,4/4	10	4
К142ЕН5А	7,5... 15	4,9...5,1	0,05	1	70	0,02	3	1,2/10	10	2,5
К142ЕН5Б	8,5...15	5,88...6,12	0,05	1	70	0,02	3	1,2/10	10	2,5
К142ЕН5В	7,5... 15	4,9...5,1	0,05	1	70	0,02	2	1,2/10	10	2,5
К142ЕН5Г	8,5... 15	5,88...6,12	0,05	1	70	0,02	2	1,2/10	10	2,5
КР142ЕН5А	7,5... 15	4,9...5,1	0,05	2	60	0,03	-	1,2/10	10	2,5
КР142ЕН5Б	8,5...15	5,88...6,12	0,05	2	60	0,03	3	1,2/10	10	2,5
КР142ЕН5В	7,5... 15	4,82... 5,18	0,05	2	60	0,03	2	1,2/10	10	2,5
КР142ЕН5Г	8,5... 15	5,8...6,2	0,05	2	60	0,03	2	1,2/10	10	2,5
КР142ЕН6А	-...40	14,7...15,3	0,0015	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
КР142ЕН6Б	-...40	14,7...15,3	0,005	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
К142ЕН6В	-...40	14,7...15,3	0,0025	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
К142ЕН6Г	-...40	14,7...15,3	0,0075	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
142ЕН8А	11,5...35	8,73...9,27	0,05	0,67	40	0,02	1,5	-/9	10	2,5
142ЕН8Б	11,5...35	11,64...12,36	-	-	-	-	-	-	-	-

Рисунок 2.17 – Параметри стабілізаторів

Було обрано стабілізатор MC7805 "ON Semiconductor", який має параметри такі як в КР142ЕН5А.

Незалежно від типу обраної ІМС визначаємо наступні параметри

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

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

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

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

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

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

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

Можливі граничні значення ККД

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

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

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

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

Передбачається, що струм споживаний стабілізатором є малим $I_{CT\,BИX} \equiv I_{CT\,BX}$.

Визначення ємності конденсатора за формулою:

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

де C_0 – ємність, мкФ;

Коефіцієнт пульсацій $К_{п0}$=0,03 %;

r – опір, Ом.

$$C_0 = \frac{6}{10 \cdot 0,03} = 20(мкФ)$$

Розраховуємо робочу напругу:

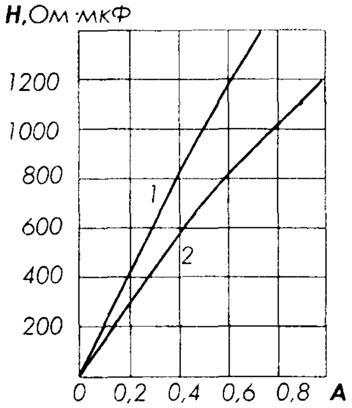


Рисунок 2.19 – Графік для визначення коефіцієнта Н:

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

$$U_{роб} = 1,4 \cdot 4 = 5,6(В)$$

Вибираємо тип конденсатора з довідника за параметрами $C_{0\,ном}$ і $U_{роб}$. Вибираємо електролітичний конденсатор типу ECAP-6,3 В-10 мкФ 20% "Jamicon" номінальною ємністю 10 мкФ та на робочу напругу 6,3 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 [26].

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

$$b_{min1}=\frac{I_{max}}{i_{доп}*t}=\frac{0,5A}{48\frac{A}{мм^2}*0,035м}=0,3мм \quad (2.8)$$

де Imax- допустима густина струму, який протікає в провідниках.

Визначається із аналізу принципової схеми, $I_{max}=5A$;

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:

$$b_{min2}=\frac{\rho*I_{max}*l}{U_Д*t}=\frac{0,0175\frac{Ом.мм^2}{м}*0,5A*0,6м}{0,7B*0,035м}=0,3мм \quad (2.9)$$

де: $p = 0,0175$ *Ом*мм²/м* – питомий об’ємний опір,

$L = 0,6м$ – довжина провідника,

$U_{доп} = 0,7B$ – 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_{E2}=0,9- для конденсаторів, резисторів, діодів, транзисторів,

d_{E3} =1,1-для транзистора VT1, VT2, діодів VD1, VD2.

$$d = d_{E1} + |\Delta d_{н.в.}| + r = 0,9 + |\pm 0,1| + 0,4 = 1,\ 3\ мм$$

$$d = d_{E2} + |\Delta d_{н.в.}| + r = 0,9 + |\pm 0,1| + 0,4 = 1,\ 5\ мм$$

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

Розраховуємо діаметр контактних площадок.

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

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

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

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

$b_м = 0{,}06$ мм.

δ_d і δ_p - допуски на розташування отворів і контактних площадок;

$\delta_d = 0{,}25$мм, $\delta_p = 0{,}4$мм.

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

$$d_{max}=d+\Delta d+(0{,}1\ldots0{,}15) \qquad (2.13)$$

де: Δd - допуск на отвір.

$$d_{max1} =1{,}3+0{,}1+0{,}1=1{,}5\ мм$$

$$d_{max2} =1{,}3+0{,}1+0{,}1=1{,}7\ мм$$

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

$$D_{1\min 2} = 2\left(0{,}06 + \frac{1{,}7}{2} + 0{,}25 + 0{,}4\right) = 3{,}12мм$$

$$D_{min1}=2{,}92+1{,}5\cdot0{,}035+0{,}03=3\ мм$$

$$D_{min2}=3{,}12+1{,}5\cdot0{,}035+0{,}03=3{,}2\ мм$$

Максимальний діаметр контактної площадки:

$$D_{max}=D_{min}+(0{,}02\ldots0{,}06) \qquad (2.14)$$

$$D_{max1}=3 +0{,}02=3{,}02мм$$

$$D_{max2}=3{,}2 +0{,}02=3{,}22мм$$

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

$$b\min = b1\min + 1.5h\phi + 0{,}03 \qquad (2.15)$$

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

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	26 КР 172.403.021.000.000 ПЗ	Арк.

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

Визначаємо мінімальну відстань між елементами провідного матеріалу.

Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою:

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

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

$$S_{1\min 2} = 2{,}5 - \left[\left(\frac{3{,}22}{2} + 0{,}4\right) + \left(\frac{1{,}7}{2} + 0{,}05\right)\right] = -0{,}41\text{мм}$$

де: L_o – відстань між центрами відповідних елементів;

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

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

$$S_{2min1} = 2{,}5 - (3{,}02 + 2 \cdot 0{,}4) = -1{,}32\text{мм}$$

$$S_{2min2} = 2{,}5 - (3{,}22 + 2 \cdot 0{,}4) = -1{,}52\text{мм}$$

Мінімальна відстань між двома провідниками:

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

$$S_{3min1} = 2{,}5 - (3{,}02 + 2 \cdot 0{,}05) = -0{,}62\text{мм}$$

$$S_{3min2} = 2{,}5 - (3{,}22 + 2 \cdot 0{,}05) = -0{,}82\text{мм}$$

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

2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу

Під час оцінки теплових режимів роботи приладу було встановлено, що основними джерелами тепловиділення є напівпровідникові елементи, а саме транзистори VT1 та VT2. У процесі роботи вони розсіюють певну потужність, що призводить до нагрівання корпусів елементів та внутрішнього простору пристрою. Для забезпечення стабільної та надійної роботи транзистори встановлені на невеликих алюмінієвих радіаторах, які забезпечують ефективне

відведення тепла у навколишнє середовище.

Конструкція корпусу приладу та раціональне розташування елементів на друкованій платі забезпечують вільну природну конвекцію повітря всередині пристрою. Тепловиділяючі елементи розміщені на достатній відстані від мікросхем та інших чутливих компонентів, що дозволяє зменшити взаємний тепловий вплив і уникнути локального перегріву.

Застосування пластмасового корпусу з невеликими габаритами 110×90×58 мм забезпечує достатню механічну міцність та сприяє нормальному тепловому режиму роботи виробу. Завдяки використанню радіаторів та природного охолодження температура транзисторів VT1 і VT2 не перевищує допустимих значень навіть при тривалій безперервній роботі приладу.

У процесі проектування також враховано необхідність мінімізації впливу температури на точність роботи вузлів індикації та керування. Для цього найбільш чутливі елементи схеми розташовані поза зонами інтенсивного тепловиділення. Такий підхід дозволив підвищити надійність, довговічність та стабільність роботи пристрою в різних режимах експлуатації.

2.1.7 Розрахунок надійності проектованого пристрою

Надійність характеризується рядом розрахункових показників, найбільш важливими з яких є інтенсивність відмов, середнє напрацювання до відмови, імовірність безвідмовної роботи. 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 приходиться на один виріб, який продовжує працювати в даний момент часу. Середнє напрацювання до відмови знаходять при перевірці великої кількості виробів. Чим більше значення ТСР, тим краща

надійність виробу. Розрахунок надійності проектованого виробу проводимо за допомогою спеціальної програми NAD_Release [24]:

Таблиця 2.17 - Вихідні дані для розрахунку надійності

п/п	Назва групи елементів	К-сть шт.	$K_{нопр}$	$I_{відм}$*1e-06	К-сть*$K_{нав}$ від*1e-06
1	Мікросхеми	2	1	0,03	0,06
2	Транзистори	7	0,39	4	9,8
3	Діоди	4	0,35	0,7	0,98
4	Конденсатори електролітичні	3	0,4	2,4	2,88
5	Конденсатори керамічні	7	0,1	1,4	0,98
6	Резистори постійні	35	0,42	0,8	11,76
7	Індикатор	1	1	20	20
8	Резонатори кварцові	1	1	0,2	0,2
9	Друкована плата	1	1	0,1	0,1
10	Пайки	133	1	0,02	2,66
11	Світлодіод	2	1	4	8
12	Кнопка	3	0,1	2,2	6,6
13	Перемикач	1	1	0,5	0,5
14	Роз’єм	1	1	0,05	0,05
15	Зажими	2	1	0,02	0,04

Коефіцієнти впливу:

Коефіцієнт механічних впливів: 1;

Коефіцінт впливу вологості і температури: 1;

Коефіцієнт атомосферних впливів: 1;

Результати розрахунку:

Інтенсивність відмов: 8.461e-005 1/год

Середня наробка до відмови: 11818.9 год.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи P(t):

t = 10 год. P(t) = 0.999154

t = 100 год. P(t) = 0.991575

t = 1000 год. P(t) = 0.918871

t = 10000 год.   P(t) = 0.429085

t = 100000 год. P(t) = 0.000212

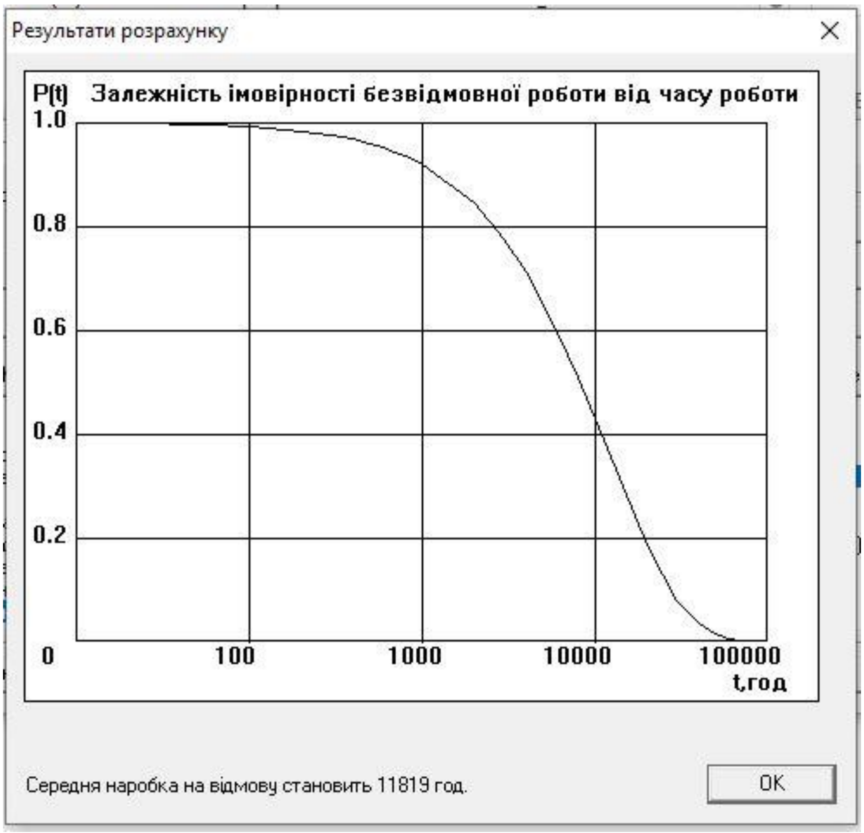


Рисунок 2.20 - Графік залежності імовірності безвідмовної роботи від часу

Напрацювання на відмову становить 11819 год. Надійність виробу є досить високою, що супроводжується якісною роботою приладу довго та надійно.

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

Техніко-економічний аналіз конструкції виробу є невід’ємною частиною процесу проектування електронного пристрою, оскільки дає можливість оцінити його технічний рівень, економічну ефективність виготовлення та доцільність використання в експлуатації. Під час проведення аналізу

враховуються основні параметри конструкції, технологічність виробництва, надійність роботи, енергоспоживання, ремонтопридатність, собівартість виготовлення та зручність використання пристрою. Проведення такого аналізу дозволяє визначити переваги обраної конструкції та оцінити ефективність використання матеріалів і електронних компонентів.

Конструкція виробу побудована із застосуванням сучасної електронної елементної бази, що забезпечує стабільність роботи, зменшення габаритних розмірів та підвищення надійності пристрою. Основним конструктивним елементом є друкована плата, на якій розташовані функціональні вузли схеми: мікроконтролер, стабілізатор напруги, елементи керування, індикації та інші допоміжні компоненти. Завдяки використанню інтегральних мікросхем вдалося зменшити кількість окремих дискретних елементів, спростити монтаж і підвищити компактність конструкції. Це також позитивно впливає на електричні параметри пристрою та знижує ймовірність виникнення несправностей.

Для виготовлення друкованої плати використовується склотекстоліт, який характеризується високою механічною міцністю, добрими електроізоляційними властивостями та стійкістю до температурних впливів. Монтаж елементів виконаний із застосуванням сучасних технологій пайки, що забезпечує надійність електричних контактів та довговічність роботи пристрою. Раціональне компонування елементів на платі дозволяє мінімізувати довжину друкованих провідників, зменшити паразитні електричні впливи та покращити тепловий режим роботи.

Корпус виробу виготовлений із пластмаси, що дозволяє суттєво зменшити загальну масу конструкції та забезпечити хороші діелектричні властивості. Використання пластмасового корпусу також спрощує технологію виробництва та знижує витрати на виготовлення виробу. Конструкція корпусу забезпечує захист електронних компонентів від механічних пошкоджень, потрапляння пилу та впливу зовнішніх факторів навколишнього середовища.

Крім того, корпус має достатню міцність і забезпечує безпечну експлуатацію пристрою.

Важливим фактором економічної ефективності є використання стандартних і доступних електронних компонентів, що знижує собівартість виробництва та полегшує процес ремонту й технічного обслуговування. Застосування уніфікованих елементів дає можливість спростити складання конструкції та скоротити витрати на виготовлення. Невелике енергоспоживання пристрою також позитивно впливає на економічні показники та підвищує ефективність його експлуатації.

Отже, проведений техніко-економічний аналіз показує, що розроблена конструкція пристрою є технологічною, економічно доцільною, надійною в роботі та зручною в експлуатації. Використані конструктивні рішення дозволяють забезпечити хороші технічні характеристики при відносно невисокій вартості виготовлення виробу.Важливим показником ефективності конструкції є споживана потужність. Вона визначається сумарною потужністю, яку споживають усі електронні компоненти пристрою під час роботи Даний пристрій відноситься до вимірювальних приладів. Його напруга живлення становить 220В, а струм споживання 0,1А. Тому потужність буде рівна:

$$P=I*U=0,1*220=22 \text{ (Вт)} \qquad (2.18)$$

2.2 Технологічна частина

2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектованого виробу

Складання та монтаж проектованого виробу є важливими етапами виготовлення електронного пристрою, від яких залежать його надійність, довговічність, зручність експлуатації та зовнішній вигляд. Під час розробки конструкції було враховано технологічність складання, компактність розміщення елементів, зручність монтажу та можливість подальшого

технічного обслуговування. Конструкція пристрою забезпечує простоту збирання окремих вузлів, надійне кріплення елементів і захист внутрішніх компонентів від механічних впливів

Корпус виробу виготовлений із чорної пластмаси, яка характеризується хорошими механічними та електроізоляційними властивостями, достатньою міцністю та привабливим зовнішнім виглядом. Габаритні розміри корпусу становлять 110×90×58 мм, що дозволяє забезпечити компактність пристрою та зручність його використання. Завдяки невеликим розмірам прилад є мобільним і може застосовуватись у різних умовах експлуатації. Корпус виготовлений методом лиття під тиском, що забезпечує високу точність форми деталей, хорошу якість поверхні та економічність серійного виробництва

Конструктивно корпус складається з верхньої та нижньої кришок, виконаних у формі типу «корито». У кутах кришок передбачені спеціальні стійки, за допомогою яких вони з'єднуються між собою саморізами. Таке конструктивне рішення забезпечує достатню жорсткість корпусу та спрощує процес складання і розбирання пристрою під час ремонту або обслуговування.

На внутрішній поверхні верхньої кришки розташовані спеціальні монтажні елементи для кріплення друкованої плати. Плата керування встановлюється в корпусі та фіксується за допомогою гвинтів і шайб, що забезпечує її надійне механічне закріплення та стійкість до вібрацій і механічних навантажень. На верхній кришці також закріплюється захисне скло індикатора, яке фіксується за допомогою клею. Крім цього, на кришці встановлюються вузол індикації, перемикачі та декоративні накладки для кнопок керування, що забезпечують зручність користування приладом і покращують його естетичний вигляд.

Між верхньою та нижньою частинами корпусу встановлюються роз'єми та щупи для підключення навантаження. Таке розміщення забезпечує зручність підключення зовнішніх пристроїв та підвищує ергономічність конструкції. Особлива увага при проектуванні була приділена зручності керування

пристроєм і забезпеченню комфортного сприйняття інформації користувачем. Розташування органів керування та індикатора вибране таким чином, щоб оператор міг легко контролювати роботу приладу та швидко змінювати режими його функціонування.

Під час розробки друкованої плати були враховані вимоги щодо мінімізації впливу зовнішніх і внутрішніх електромагнітних полів, а також зменшення паразитних ємностей між провідниками. Це дозволило підвищити стабільність роботи пристрою та покращити його електромагнітну сумісність. Значна увага приділялась якості відображення інформації на рідкокристалічному дисплеї. Індикатор розташований таким чином, щоб забезпечити достатній кут огляду та комфортне зчитування інформації користувачем.

У процесі компонування електрорадіоелементів на друкованій платі забезпечено умови для природного охолодження компонентів, які виділяють тепло під час роботи. Напівпровідникові елементи та інтегральні мікросхеми розміщені на безпечній відстані від джерел тепла та елементів, що створюють сильні магнітні поля. Таке розташування сприяє підвищенню надійності роботи електронної схеми та зменшенню ймовірності виникнення завад.

Для забезпечення електробезпеки та запобігання коротким замиканням у місцях проходження провідників під електропровідними корпусами елементів використано додаткові ізоляційні матеріали. У конструкції застосовуються ізоляційні прокладки, захисні трубки та спеціальні ізоляційні покриття друкованої плати. Це дозволяє підвищити безпечність експлуатації та довговічність виробу.

Раціональне розміщення мікросхем та інших елементів на друкованій платі дозволило зменшити габаритні розміри пристрою, знизити його масу, покращити завадостійкість і забезпечити високу надійність роботи. У результаті конструкція виробу відповідає сучасним вимогам щодо технологічності, ергономічності та експлуатаційних характеристик [24].

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

Якісна оцінка технологічності конструкції є важливим етапом розробки виробу, що дозволяє визначити ступінь придатності конструкції до виготовлення, складання, монтажу та подальшого обслуговування в умовах серійного або індивідуального виробництва. Під технологічністю конструкції розуміють сукупність властивостей виробу, які забезпечують мінімальні витрати праці, матеріалів і часу при його виготовленні, а також високу надійність і зручність експлуатації.

У процесі якісної оцінки технологічності аналізується конструктивне виконання виробу, зокрема складність монтажу електронних компонентів, доступність вузлів для складання та ремонту, уніфікація елементної бази, а також можливість використання типових технологічних процесів. Важливим показником є ступінь використання стандартних деталей і вузлів, оскільки це значно спрощує виробництво та знижує собівартість виробу.

Конструкція друкованої плати оцінюється з точки зору зручності монтажу електрорадіоелементів, раціонального розміщення компонентів та мінімізації довжини провідників. Висока технологічність забезпечується застосуванням наскрізного монтажу елементів, що дозволяє використовувати автоматизовані або напівавтоматизовані методи пайки. Одностороннє виконання друкованої плати також спрощує процес виготовлення та знижує витрати на виробництво.

Окремо оцінюється зручність складання корпусу виробу. Конструкція корпусу передбачає використання гвинтових з’єднань і стандартних кріпильних елементів, що забезпечує простоту складання та розбирання пристрою без застосування складного обладнання. Розміщення друкованої плати на спеціальних опорах і кріплення за допомогою гвинтів і шайб підвищує надійність фіксації та полегшує монтажні операції.

Також враховується ремонтопридатність конструкції. Забезпечено вільний доступ до основних функціональних вузлів, що дозволяє швидко виконувати діагностику, заміну або ремонт окремих елементів без необхідності повного розбирання виробу. Це значно скорочує час технічного обслуговування та підвищує експлуатаційну зручність.

Вибір інструментів, пристосувань та оснастки здійснюється з урахуванням типу монтажу та технології складання. Під час монтажу електронних компонентів використовуються стандартні ручні інструменти, зокрема паяльники з регулюванням температури, припій, флюси, кусачки для обрізання виводів, пінцети для встановлення дрібних елементів та викрутки для механічного кріплення. Для забезпечення якісного паяння можуть застосовуватись монтажні лупи або збільшувальні прилади.

У процесі виготовлення друкованої плати використовуються пристосування для фіксації заготовки під час травлення, свердління та нанесення захисного шару. Для свердління отворів застосовуються ручні або настільні свердлильні верстати з набором мініатюрних свердел відповідного діаметра. При монтажі елементів може використовуватись допоміжна оснастка у вигляді монтажних плат, тримачів та фіксаторів, що підвищує точність і зручність складання.

Для контролю якості з’єднань застосовуються вимірювальні прилади, такі як мультиметри, а також візуальний контроль під збільшенням. Це дозволяє своєчасно виявити дефекти пайки, короткі замикання або обриви друкованих провідників [19].

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

Опис технології виготовлення двосторонньої друкованої плати базується на хімічному методі формування провідного рисунка шляхом вибіркового травлення мідної фольги з обох боків діелектричної основи. У процесі

виготовлення використовується мідноламінований матеріал, найчастіше склотекстоліт FR-4, який забезпечує високу механічну міцність, стабільність геометричних розмірів, добрі електроізоляційні властивості та стійкість до температурних впливів. Двостороння плата передбачає наявність провідних доріжок як на верхньому, так і на нижньому шарах, що дозволяє значно підвищити щільність компонування елементів та зменшити габарити виробу.

Основним провідним матеріалом є мідна фольга товщиною 18 або 35 мкм, яка наноситься на обидві сторони діелектрика в заводських умовах методом ламінування. Мідь забезпечує необхідну електропровідність та механічну міцність друкованих провідників. Для формування рисунка схеми використовується захисний шар — фоторезист, який може бути у вигляді рідкого фотолаку або сухої плівки. У навчальних та лабораторних умовах також можливе застосування спрощених методів нанесення захисту, таких як термотрансфер тонера або маркерний метод, однак для двосторонніх плат переважно використовується фотолітографія через високу точність.

Технологічний процес починається з підготовки поверхні плати, яка включає очищення міді від окислів та забруднень за допомогою механічної обробки та знежирення. Після цього на обидві сторони плати наноситься фоторезист, далі виконується експонування через фотошаблони з рисунком провідників окремо для верхнього і нижнього шару. Після проявлення фоторезисту на поверхні залишається захищений рисунок майбутніх провідників.

Наступним етапом є хімічне травлення, під час якого незахищені ділянки міді видаляються в розчині хлорного заліза або персульфату амонію, або в комбінованих травильних сумішах. У результаті на обох сторонах плати формуються провідні доріжки відповідно до електричної принципової схеми. Для забезпечення електричного зв’язку між шарами застосовуються металізовані отвори або перехідні з’єднання (віа), які можуть виконуватися

методом хімічної металізації або механічного паяння дротових перемичок у спрощених варіантах виготовлення.

Після завершення травлення фоторезист видаляється, а плата проходить промивання та сушіння. Для підвищення надійності та захисту мідних провідників від окиснення виконується фінішна обробка поверхні, яка може включати лудіння контактних майданчиків або нанесення захисного покриття (наприклад, паяльної маски та фінішного покриття типу HASL або хімічного нікелювання з іммерсійним золотом у промислових умовах).

До основних матеріалів виготовлення належать: склотекстоліт FR-4 як діелектрична основа, мідна фольга як провідний шар, фоторезист як захисний матеріал, а також травильні розчини (хлорне залізо, персульфат амонію або інші хімічні реагенти). Допоміжні матеріали включають знежирювачі (ізопропіловий спирт, ацетон), промивну воду, матеріали для механічної обробки (наждачний папір, абразивні губки), а також матеріали для захисту та фінішної обробки (лак, паяльна маска, припій).

Таким чином, застосована технологія виготовлення двосторонньої друкованої плати дозволяє отримати компактну, надійну та технологічну конструкцію з високою щільністю монтажу елементів, покращеними електричними характеристиками та підвищеною функціональністю приладу. [18].

2.2.4 Кількісна оцінка технологічності друкованого вузла

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

Коефіцієнт використання мікросхеми Квик.імс визначається за формулою:

$$Квик.імс = \frac{H_{IMC}}{H_{IMC} + H_{EPE}} = \frac{2}{2+41} = 0,1$$
(2,19)

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

$$K_{A.M} = \frac{H_{A.M}}{H_M} = \frac{129}{151} = 0,85$$
(2.20)

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

$Н_М$ – загальна кількість монтажних з'єднань.

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

$$K_{M.П.EPE} = \frac{H_{M.П.EPE}}{H_{EPE}} = \frac{41}{41} = 1$$
(2.21)

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

Коефіцієнт повторюваності електрорадіоелементів $К_{ПОВТ.ЕРЕ}$ визначається за формулою:

$$K_{ПОВТ.EPE} = 1 - \frac{H_{T.EPE}}{H_{EPE}} = 1 - \frac{37}{41} = 0,1$$
(2,22)

де $Н_{ЕРЕ}$ – загальна кількість ЕРЕ у виробі.

Коефіцієнт застосовності електрорадіоелементів $К_{ЗАСТ.ЕРЕ}$ визначається за формулою:

$$K_{ЗАСТ.EPE} = 1 - \frac{H_{T.OP.EPE}}{H_{T.EPE}} = 1 - \frac{10}{41} = 0,76$$
(2.23)

де $Н_{Т.ОР.ЕРЕ}$ кількість типорозмірів оригінальних ЕРЕ у виробів

$Н_{Т.ЕРЕ}$ – загальна кількість типорозмірів ЕРЕ у виробі

Коефіцієнт установочних розмірів електрорадіоелементів $К_{ВСТ.Р}$ визначається за формулою:

$$K_{ВСТ.Р} = 1 - \frac{H_{ВСТ.Р}}{H_{ЕРЕ}} = 1 - \frac{41}{41} = 0 \qquad (2.24)$$

де $Н_{ВСТ.Р}$ кількість видів встановлених розмірів ЕРЕ у виробі

Коефіцієнт прогресивності Формоутворення $К_Ф$ деталей визначається за формулою:

$$K_ф = \frac{Д_{пр}}{Д} = \frac{1}{1} = 1 \qquad (2.25)$$

де $Д_{ПР}$ – кількість деталей, заготовки або самі деталі отримані прогресивним методом формоутворення.

Комплексний показник технологічності К визначається за формулою

$$K = \frac{K1\varphi1 + K2\varphi2 + ... + Ki\varphi i}{\varphi1 + \varphi2 + ...\varphi i} = \frac{0,1*1 + 0,85*1 + 1*0,75 + 0,1*0,5 + 0,76*0,310 + 0*0,187 + 1*0,110}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,310 + 0,187 + 0,110} = 0,54 \qquad (2.26)$$

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

Відношення $К/К_н$ повинно задовольняти умову:

$$\frac{K}{Kн} \geq 1 \qquad (2.27)$$

Перевіряємо умову: $\frac{0,54}{0,5} = 1,1 \geq 1$.

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

					26 КР 172.403.021.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.18 Вихідні дані для розрахунку комплексного показника технологічності

Порядковий номер в ранговій послідовності	Показники технологічності	Позначення	φi
1.	Коефіцієнт виконання мікросхеми	Квик.імс	1
2.	Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу	Ка.м.	1
3.	Коефіцієнт механізації підготовки ЕРЕ	Км.п.ере	0,750
4.	Коефіцієнт застосування ЕРЕ	Кповт.ере	0,500
5.	Коефіцієнт застосування ЕРЕ	Кзаст.ере	0,310
6.	Коефіцієнт встановочних розмірів ЕРЕ	Квст.р	0,187
7.	Коефіцієнт прогресивності формування	Кф	0,110

Оцінка рівня технологічності виробу визначається в порівнянні розрахованого комплексного показника К з комплексним нормативним показником $К_н$ (таблиця 2.19).

Таблиця 2.19 - Комплексні показники рівня технологічності виробу

Найменування класу блоків	Стадії розробки робочої документаці		
	Дослідний взірець	Установочна серія	Серійне виробництво
Електроні	0,40-0,70	0,45-0,75	0,50-0,80
Радіотехнічні	0,40-0,60	0,75-0,8	0,80-0,85
Електромеханічні	0,30-0,50	0,40-0,55	0,45-0,60

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

Маршрутно-операційна технологія складання включає в себе наступні кроки:

- установка вузла індикації у верхню частину корпуса;
- кріплення друкованого вузла до верхньої частини корпуса за допомогою чотирьох гвинтів;
- кріплення вузла керування до нижньої кришки за допомогою гвинтів;
- кріплення роз’єму живлення, скла під індикатор та перемикача;
- кріплення зажимів;
- фіксація кришок за допомогою чотирьох гвинтів та заглушок.

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

- розконсервація друкованої плати;
- маркування заводського номера;
- захист контактних площадок, які не підлягають автоматизованій пайці, латексом;
- сушка;
- формування виводів ЕРЕ;
- лудження виводів ЕРЕ;
- встановлення ЕРЕ;
- автоматизована пайка хвилею припою;
- рихтування;
- регулювання;
- лакування;
- технічний контроль [21].

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 –1200грн/м^2 за місяць). При цьому вартість передавальних пристроїв включається в орендну плату будівель.

Вартість будівель розраховується за формулою:

$$В_{буд} = Ц_{буд} \times S_{буд} , \qquad (3.1)$$

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

де $В_{буд}$ - вартість будівлі, грн.;

$Ц_{буд}$ – орендна плата за 1м^2 будівлі, грн./м^2;

$S_{буд}$ – площа будівлі, м^2 (приймається 125м^2) .

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

$$В_{буд\sum} = В_{буд} + В_{обл} , \qquad (3.2)$$

$$В_{буд\sum} = 150000 + 75000 = 225000 \text{ (грн.)}$$

де $В_{буд\sum}$ - вартість оренди будівель включно з вартістю обладнання;

$В_{обл}$ – вартість обладнання.

При цьому вартість обладнання складає:

$$В_{обл} = В_{буд} \cdot К_о , \qquad (3.3)$$

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

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

2) Вартість інструментів та приладів ($В_{інстр}$)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:

$$В_{інстр}=В_{обл}\times0,02\times1,1 \ , \qquad (3.4)$$

$$В_{інстр}=75000\times0,02\times1,1=1650 \text{ (грн.)}$$

3) Вартість виробничого та господарського інвентарю ($В_{інв}$) 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:

$$В_{інв}= В_{обл}\times0,03\times1,1 \ , \qquad (3.5)$$

$$В_{інв}= 75000\times0,03\times1,1=2475 \text{ (грн.)}$$

4) Загальний обсяг виробничих інвестицій розраховується за формулою:

$$ПІ=В_{буд\sum}+В_{інстр}+В_{інв} \qquad (3.6)$$

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

5) Величина амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

$$А = \frac{S_{бал}\times Н_а}{100}, \qquad (3.7)$$

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

де $S_{бал}$ - 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);

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

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

Таблиця 3.1 - Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

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

3.2 Розрахунок собівартості продукції

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

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

Виробнича собівартість

7. Адміністративні витрати.
8. Витрати на збут.
9. Інші операційні витрати.

Повна собівартість

Рекомендації щодо розрахунку статей калькуляції собівартості продукції.

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

$$В_м = \sum_{i=1}^{m}(Н_{мi} \times Ц_{мi}) \times К_{тр} \quad (3.8)$$

$$В_м = 1061 \times 1{,}04 = 1103{,}44 \text{ (грн.)}$$

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

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

$Ц_{мi}$— ціна придбання і-го виду матеріалу (покупних виробів), грн. од.;

$К_{тр}$- коефіцієнт, що враховує транспортні витрати на доставку матеріалів до підприємства (для розрахунку приймається в розмірі 4 % від вартості матеріалів: $К_{тр}$=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	2	75	150
2	Кришка нижня	1	80	80
3	Кришка верхня	1	80	80
4	Мікросхема	2	50	100
5	Конденсатори електролітичні	2	10	20
6	Конденсатори постійні	8	1	8
7	Резистори постійні	36	0,5	18
8	Індикатор	3	30	90
9	Резистор змінний	2	10	20
10	Кнопка	4	10	40
11	Роз’єм	3	20	60
12	Діод	4	5	20
13	Транзистор	11	5	55
14	Світлодіод	2	10	20
				1061

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 ($В_{о.з.пл.}$):

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

$$P_{від} = \frac{\sum_{i=1}^{m} Тшш_i}{60} \times C_г, \qquad (3.9)$$

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

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

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

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

$$В_{дод.з.пл.} = Р_{від} \times 0.11 \qquad (3.10)$$

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

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

$$С_{в.с.з.} = \frac{\alpha}{100} \times (Р_{від} + В_{дод.з.пл.}) \qquad (3.11)$$

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

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:

$$В_{уео} = \frac{\alpha_{уео}}{100} \times (Р_{від} + В_{дод.з.пл.}) \tag{3.12}$$

$$В_{уео} = \frac{85}{100} \times (117{,}33 + 12{,}91) = 110{,}7\ (грн.)$$

де $\alpha_{уео}$- відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання (приймається 85%);

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:

$$В_{зв} = \frac{\alpha_{зв}}{100} \times (Р_{від} + В_{дод.з.пл.}) \tag{3.13}$$

$$В_{зв} = \frac{115}{100} \times (117{,}33 + 12{,}91) = 149{,}78\ (грн.)$$

де $\alpha_{зв}$- відсоток загальновиробничих витрат (приймають 115%).

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

$$S_{вир} = В_м + (Р_{від} + В_{дод.з.пл.} + С_{в.с.з.}) + В_{уео} + В_{зв} \tag{3.14}$$

$$S_{вир} = 1103{,}44 + (117{,}33 + 12{,}91 + 28{,}65) + 110{,}7 + 149{,}78 = 1522{,}81(грн.)$$

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	1103,44
2	Основна заробітна плата виробничих робітників	117,33
3	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	12,91
4	Відрахування на соціальні заходи	28,65
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	110,7
6	Загальновиробничі витрати	149,78
Разом виробнича собівартість (сума 1-6), в тому числі:		1522,81
7	-змінні (сума 1-4) $В_{зм.од}$	1262,33
8	-умовно-постійні (сума 5-6) $В_{уп.од}$	260,48

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

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

$$Цод_{пр}=1522{,}81\times\frac{100+32}{100} = 2010{,}11 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{пр}$–відсоток запланованого прибутку (приймається 32%);

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:

$$П_р = (Цод_{пр.}\text{-}S_{пов.})\times N_р, \quad (3.16)$$

$$П_р = (2010{,}11\text{-}1522{,}81)\times 970 = 472681 \text{ (грн)},$$

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

Цод**пр**- 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:

$$ЧП = П_р - П_р \times \frac{П_п}{100}, \qquad (3.17)$$

$$ЧП = 472681 - 472681 \times \frac{18}{100} = 387598{,}42 \text{ (грн.)}$$

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

$П_п$- ставка податку на прибуток, % (приймається відповідно до чинного законодавства – 18%).

3) Собівартість всього виробництва розраховується за формулою:

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

$$S_{повq}=1522{,}81\times 970 = 1477125{,}7 \text{ (грн.)}$$

4) Рентабельність продукції визначається за формулою:

$$Р_п = \frac{ЧП}{S_{повq}} \times 100\% \qquad (3.19)$$

$$Р_п = \frac{387598{,}42}{1477125{,}7} \times 100\% = 26{,}24\ \%$$

де Рп- 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:

$$ГП = ЧП_t + А_t, \qquad (3.20)$$

$$ГП = 387598{,}42+ 1031{,}25= 388629{,}67 \text{ (грн.)},$$

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

$А_t$- величина амортизаційних відрахувань у t-му році, грн.

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

за формулою:

$$ЧТВ = ТВ - ПІ \quad (3.21)$$

$$ЧТВ = 353299,7 – 229125=124174,7 \text{ (грн.)}$$

де ЧТВ - чиста теперішня вартість проекту, грн.;

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

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

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

$$ТВ = \frac{388629,67}{(1+0,1)^1} = 353299,7 \text{ (грн.)}$$

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:

$$ІП = \frac{ТВ}{ПІ} \quad (3.23)$$

$$ІП = \frac{353299,7}{229125} = 1,54$$

де ІП- індекс прибутковості інвестицій.

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

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

$$Ток_{диск}=\frac{ПІ}{ГП_{диск}} \tag{3.24}$$

$$Ток_{диск.}=\frac{229125}{353299,7}=0,65р$$

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

$$ГП_{диск}=\frac{ТВ}{t}, \tag{3.25}$$

$$ГП_{диск}=\frac{353299,7}{1}=353299,7 \quad (грн.)$$

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.	970
2	Собівартість виробу	грн./од.	1522,81
3	Ціна одиниці виробу	грн./од.	2010,11
4	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	грн.	229125
5	Чистий прибуток	грн.	387598,42
6	Рентабельність виробу	%	26,24
8	Чиста теперішня вартість проекту	грн.	124174,7
9	Індекс прибутковості	-	1,54
10	Дисконтований термін окупності інвестицій	років	0,65

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Створення на підприємстві служби охорони праці

З метою створення безпечних і нешкідливих умов праці у кожному структурному підрозділі та на кожному робочому місці керівник підприємства (власник) повинен створити систему управління охороною праці і забезпечити її ефективне функціонування.

Система управління охороною праці (СУОП) є складовою частиною управління підприємствами, яка включає прогнозування і планування, організацію роботи, координацію і регулювання, активацію і стимулювання, контроль, облік і аналіз.

Управління охороною праці – це підготовка, прийняття і реалізація рішень щодо здійснення організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, направлених на забезпечення безпеки, збереження здоров’я і працездатності людини у процесі роботи. В СУОП наявні об’єкти і органи управління, що виконують визначені функції та завдання. Об’єктом управляння є дієздатність функціональних служб і структурних підрозділів щодо забезпечення безпеки праці на робочих місцях, ділянках, в підрозділах і на об’єкті господарювання.

Управління охороною праці на підприємстві здійснює його керівник (власник); у цехах, службах і на ділянках – керівники відповідних підрозділів і служб. Для цього розробляється і затверджується Положення про систему управління охороною праці на підприємстві. Управління охороною праці дає можливість вирішувати такі основні задачі:

- навчання працівників безпеці праці і пропаганда досягнень охорони праці;

- забезпечення безпеки виробничого обладнання, виробничих процесів, а також будівель і споруд;

- нормалізація санітарно-гігієнічних умов праці;

- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту;

- забезпечення оптимальних умов праці та відпочинку працівників;

- організація лікувально-профілактичного і санітарно-побутового обслуговування працівників;

- професійний відбір працівників за окремими спеціальностями.

Організаційно-методична робота управління охороною праці, підготовкою управлінських рішень і контроль за їх реалізацією здійснюється службою охорони праці, яка підпорядкована безпосередньо керівнику підприємства. На підприємствах виробничої сфери з кількістю працівників до 50 чоловік, невиробничої сфери – до 100 чоловік функції цієї служби можуть виконувати люди із відповідною професійною підготовкою за сумісництвом.

Служба охорони праці керується в своїй роботі розробленим і затвердженим Положенням про службу охорони праці підприємства (закладу чи організації). Спеціалісти з охорони праці мають право:

- видавати керівникам структурних підрозділів обов’язкові для виконання приписи щодо усунення недоліків;

- отримувати від них необхідні відомості, документацію і роз’яснення з питань охорони праці;

- вимагати відсторонення від роботи осіб, які не пройшли навчання, інструктаж, перевірку знань і не мають допуску до відповідних робіт;

- припиняти роботу виробництв, ділянок, машин, механізмів, обладнання у випадку порушень, які створюють загрозу для життя чи здоров’я працівників;

- направляти керівнику підприємства приписи про притягнення до відповідальності посадових осіб та інших працівників, які порушують вимоги охорони праці.

На кожному підприємстві для забезпечення ефективного функціонування СУОП за участю служб охорони праці:

- розробляються перспективні і поточні плани щодо створення безпечних і нешкідливих умов праці, комплексні заходи щодо досягнення встановлених нормативів безпеки, гігієни праці і виробничої санітарії, а також положення, інструкції та інші нормативні акти про охорону праці, які діють в межах підприємства;

- проводиться паспортизація цехів, дільниць, робочих місць на відповідність їх вимогам охорони праці і атестація робочих місць за умовами праці, складається розділ «Охорона праці» колективного договору;

- проводиться навчання, інструктаж і перевірка знань з питань охорони праці;

- організується проходження попереднього і періодичних медичних оглядів працівників певних категорій, а також забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, лікувально-профілактичним харчуванням, молоком чи рівноцінними харчовими продуктами, мийними засобами;

З метою залучення представників власника і трудового колективу до співробітництва у справах управління охороною праці на підприємстві з кількістю працівників 50 і більше чоловік створюється комісія з питань охорони праці підприємства. Трудовий колектив на загальних зборах (конференції) затверджує Положення про комісію з питань охорони праці підприємства.

Від власника у склад цієї комісії включаються працівник служби охорони праці, спеціалісти виробничої, юридичної та інших служб;

- від трудового колективу – працівники основних професій, уповноважений з питань охорони праці, представник профспілкової організації.

Основні завдання комісії такі:

- захист законних прав та інтересів працівників в області охорони праці;

- підготовка рекомендацій власнику і працівникам з профілактики виробничого травматизму і професійних захворювань;

- узгодження позицій сторін у вирішенні практичних питань охорони праці;

- вироблення пропозицій щодо включення в колективний договір окремих питань з охорони праці і використання засобів охорони праці.

Для практичного вирішення питань забезпечення безпеки праці на підприємстві створюються постійно діюча комісія з питань атестації робочих місць за умовами праці та комісія з вводу в експлуатацію об’єктів виробничого або соціального призначення, відремонтованого чи модифікованого обладнання. В управлінні охороною праці і здійсненні громадського контролю за дотриманням законодавства з охорони праці беруть участьуповноважені трудових колективів з питань охорони праці. Їх діяльність регламентується Положенням про роботу уповноважених трудових колективів з питань охорони праці, яке затверджується на загальних зборах (конференції) трудового колективу підприємства. Уповноважені з питань охорони праці беруть участь у:

- розробці розділу «Охорона праці» в колективному договорі і комплексних заходів щодо досягнення встановлених нормативів з охорони праці;

- роботі постійно діючої комісії з атестації робочих місць за умовами праці;

- розслідуванні нещасних випадків і професійних захворювань на виробництві (якщо потерпілий не є членом профспілки);

- вирішенні спірних питань, заяв та скарг, що пов’язані із забезпеченням безпеки праці.

На підприємстві для управління охороною праці необхідно мати такі документи:

- Положення про систему управління охороною праці на підприємстві;

- Положення про службу охорони праці на підприємстві;

- Положення про комісію з питань охорони праці підприємства;

- Положення про роботу уповноважених трудових колективів з питань охорони праці;

- Положення про навчання, інструктажі і перевірку знань працівників з питань охорони праці;

- Положення про організацію та проведення інструктажів і спеціального навчання (пожежно-технічного мінімуму) з питань пожежної безпеки;

- Наказ про порядок атестації робочих місць на їх відповідність нормативним актам про охорону праці;

- Положення про організацію попереднього (при прийомі на роботу) та періодичного (впродовж трудової діяльності) медичних оглядів працівників певних професій;

- Положення про санітарну лабораторію підприємства;

- Інструкції з охорони праці для працівників за професіями і видами робіт;

- Інструкції про порядок організації і проведення зварювальних та інших вогневих робіт на підприємстві;

- Загальнооб’єктові і цехові інструкції щодо заходів пожежної безпеки;

- Перелік робіт з підвищеною небезпекою, для проведення яких необхідне спеціальне навчання і щорічна перевірка знань з охорони праці;

- Перелік посадових осіб підприємства, які зобов’язані проходити попередню і періодичну перевірку знань з охорони праці;

- Наказ про організацію видачі безкоштовно працівникам визначених категорій лікувально-профілактичного харчування (для підприємств, де є виробництва з особливо шкідливими умовами праці);

- Наказ про організацію видачі безкоштовно молока чи інших рівноцінних харчових продуктів працівникам підприємства, зайнятих на роботах зі шкідливими умовами праці;

- Наказ про порядок забезпечення працівників підприємства спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту, організацію належного зберігання й утримання цих засобів.

4.2 Системи засобів і заходів забезпечення електробезпеки.

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

Залежно від мети використання розрізняють такі види електричної напруги:

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

– 127 – 220 В – використовується для освітлення й роботи ручних електроприладів на виробництві та у побуті;

– 380 В – використовується при експлуатації промислових установок;

– понад 380 В – використовується для передачі електроенергії на відстань (лінії електропередач) і для живлення окремих електроустановок спеціального призначення.

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

– безпечною і надійною конструкцією електроустановок;

– організаційними та технічними заходами щодо безпечної експлуатації електроустановок та використання електричної енергії;

– технічними засобами захисту.

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

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

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

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

Клас II – захист забезпечується подвійною ізоляцією.

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

Організаційні та технічні заходи електробезпеки передбачають:

– допуск до роботи на електроустановках осіб не молодше 18 років, які мають відповідне посвідчення, пройшли інструктаж і медичний огляд;

– призначення осіб, які відповідають за організацію та проведення робіт на електроустановках, електромережах;

– встановлення знаків безпеки та захисних огорож біля струмопровідних частин;

– огородження робочих місць та вивішування плакатів безпеки; виконання робіт за нарядом не менше ніж двома працівниками із застосуванням електрозахисних засобів,

– використання механізмів і пристосувань при проведенні робіт на струмопровідних частинах та поблизу них тощо.

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

– ізоляція струмовідних частин;

– недоступність для випадкового дотику до струмовідного устаткування;

– захисне заземлення;

– занулення;

– захисне відключення;

– захисне розділення електромережі;

– мала напруга;

– сигналізація про небезпеку дотику;

– електрозахисні засоби.

Стан ізоляції струмопровідних частин повинен відповідати “Правилам використання електроустановок”. Цими Правилами передбачене періодичне випробування ізоляції (2 рази на рік у приміщеннях зі складними умовами, підвищеною вологістю і 1 раз на рік у приміщеннях з нормальним середовищем). Ізоляція створює великій опір, який перешкоджає протіканню через неї струму. Опір ізоляції кожної установки або окремої ділянки електричної мережі має бути не меншим 0,5 МОм. Якщо опір ізоляції знижується на 50% від початкового, мережу або ізоляцію замінюють.

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

При роботі в приміщеннях без підвищеної небезпеки напруга електроприладів повинна бути не більше 220 В. При роботі в приміщеннях з підвищеною небезпекою і за межами приміщень напруга електроприладів повинна бути не більше 36 В. В особливих умовах дозволяється використовувати електроприлади напругою до 220 В, але при наявності захисного відключення або надійного заземлення корпусу з використанням

захисних засобів (діелектричні рукавички, килимки, калоші). В даних умовах необхідно застосовувати електричні машини II і III класів.

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

Захисне заземлення – навмисне електричне з'єднання із землею металевих струмопровідних не струмоведучих частин, на яких може з'явитися напруга. Заземлення – це сукупність заземлювача і заземлювальних провідників. Заземлювачі можуть бути штучні (створені спеціально для заземлення електроустановок) і природні (металеві предмети, що знаходяться в землі і мають будівельне технологічне чи інше призначення). Для штучних заземлювачів застосовують вертикальні і горизонтальні електроди. Вертикальні – зі стальних прутів діаметром 10 – 12 мм, кутової сталі розміром 40 х 40 мм або стальних труб діаметром 30 – 50 мм, довжиною 2,5 – 3 м. Вертикальні електроди з'єднують стальною штабою розміром 4 х 12 мм або круглим дротом діаметром не менше 6 мм. Опір заземлюючого пристрою не повинен перевищувати 4 – 10 Ом (перевіряється щорічно).

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

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

Опір розтікання струму заземлювача визначають за спеціальною методикою.

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

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

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

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

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

Нульовий захисний провідник з’єднує корпус установки з глухо заземленою нейтраллю. Таке з’єднання на випадок пробивання ізоляції на корпус призводить до короткого замикання між фазним та нульовим провідниками, а струм короткого замикання обумовить вимикання пошкодженого обладнання (розплавлення плавких запобіжників або спрацювання автоматичних вимикачів).

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

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

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

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

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

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

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

ВИСНОВКИ

У рамках реалізації даного проєкту була розроблена конструкція пристрою «Мікрофарадометр». Здійснено обґрунтований вибір елементної бази на основі сучасних, доступних і широко вживаних радіоелементів.

Проведено розрахунок параметрів друкованого монтажу, в результаті якого визначено оптимальні значення ширини провідників, відстаней між ними, між провідниками і контактними площадками, а також діаметри монтажних отворів.

Виконано кількісну та якісну оцінку технологічності конструкції. Розроблений пристрій має достатній рівень технологічності, що дозволяє з незначними доопрацюваннями впровадити його у серійне виробництво. Також було створено маршрутно-операційну технологію складання як друкованого вузла, так і повного виробу.

Проєктування друкованої плати виконувалося за допомогою системи автоматизованого проєктування Altium Designer, що дозволило точно розмістити компоненти та здійснити трасування провідників. У результаті отримано компактну двосторонню друковану плату з розмірами 70×80 мм, спроєктовану з використанням координатної сітки 2,5 мм. Плата характеризується мінімальним рівнем паразитних зв'язків.

Найбільш доцільним способом виготовлення плати виявився комбінований метод, який забезпечує високу якість і точність виробу. Компоненти на друкованому вузлі розміщені щільно, що дозволяє зменшити загальні габарити пристрою.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Мікрофарадометр [електронний ресурс] – Режим доступу https://radiolub./page/zhurnal-radio-2014-7 (дата звернення 4.01.2026).

2. Конденсатор ECAP [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: https://www.chipdip./product/b41828a6225m007(дата звернення 15.01.2026).

3. Резистор CF- "KLS Electronic" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL:https://www.tme.eu//details/b37979-g5102/kondensatory-keramicheskie-tht-50v/(дата звернення 15.01.2026).

4. Конденсатор CC4-H20 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL:https://www.tme.eu//details/mfp-25brd52-47k/rezistory-metallizirovannye-tht-0-4vt/yageo/(дата звернення 15.01.2026).

5. Діод JANTX1N5518B-1 "Microsemi" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL:https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/kx-26-32-768-khz-kvarczevyj-rezonator_2404.html(дата звернення 15.01.2026).

6. Перемикач ASW-09-102 "Jietong Switch" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL:https://car-led.org/ua/p31490203-chervonij-semisegmentnij-led.html(дата звернення 15.01.2026).

7. Світлодіод L-1503GT [електронний ресурс] – Режим доступу: URL:https://www.chipdip./product/kls7-ts6601-13.0-180(дата звернення 15.01.2026).

8. Мікросхема PIC16F876A [електронний ресурс] – Режим доступу: URL:http://hardelectronics./diod-1n4148.html(дата звернення 15.01.2026).

9. Кварцевий резонатор HC-49S "Abracon" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL:https://electronoff.ua/good/tranzistor-bc556b-pnp-65v-0-1a-korpus-to-92.php(дата звернення 15.01.2026).

10. Мікросхема MC7805 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL:https://www.chipdip./product/irl640(дата звернення 15.01.2026).

11. Діод 1N1053 DC Components" [електронний ресурс]– Режим доступу:URL :https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/leg12_62137.html (дата звернення 1.01.2026).

12. Кнопка тактова KLS7-TS6601-13.0-180 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: https://eandc./catalog/detail.php?ID=3809(дата звернення 1.01.2026).

13. Індикатор SA05-11GWA [електронний ресурс] – Режим доступу: URL:https://electronoff.ua/good/tranzistor-bc556b-pnp-65v-0-1a-korpus-to-92.php(дата звернення 15.01.2026).

14. Транзистор 2SB834-Y [електронний ресурс] – Режим доступу: URL:https://www.chipdip./product/irl640(дата звернення 15.01.2026).

15. Транзистор IRF246N "Vishay" [електронний ресурс]– Режим доступу:URL :https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/leg12_62137.html (дата звернення 1.01.2026).

16. Транзистор 2SA1175 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: https://eandc./catalog/detail.php?ID=3809(дата звернення 1.01.2026).

17. Транзистор 2SA2785 електронний ресурс] – Режим доступу: URL:https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/kx-26-32-768-khz-kvarczevyj-rezonator_2404.html(дата звернення 15.01.2026).

18. Тиристор BT145-800R [електронний ресурс] – Режим доступу: URL:https://car-led.org/ua/p31490203-chervonij-semisegmentnij-led.html(дата звернення 15.01.2026).

19. Транзистор KTC945-P-AT/P [електронний ресурс] – Режим доступу: URL:https://www.chipdip./product/kls7-ts6601-13.0-180(дата звернення 15.01.2026).

20. Транзистор 2SB649A [електронний ресурс] – Режим доступу: URL:http://hardelectronics./diod-1n4148.html(дата звернення 15.01.2026).

21. Транзистор 2SB649A [електронний ресурс] – Режим доступу: URL:https://electronoff.ua/good/tranzistor-bc556b-pnp-65v-0-1a-korpus-to-92.php(дата звернення 15.01.2026).

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

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

24. Програма для розрахунку надійності РЕА [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: http://eguru.tk.te.ua/mod/resource/view.php?id=60057(дата звернення 4.02.2023).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

36. Сайт спільноти розробників проектів на ARDUINO .URL: https://projecthub.arduino.cc/?_gl=1*4147w4*_ga*OTkyMzkzOTAwLjE3MTYwNTM3MjY.*_ga_NEXN8H46L5*MTcxNjkyMjQ4OS4yLjEuMTcxNjkyMjUzOS4wLjAuMTUxNjM0NjA3MQ..*_fplc*OUZZTmxzbGU4MkNZbiUyRkNCTHJmazAwbjdrNWNDZTc5QUV6OFRIb3A2ck5RNzhvOVY3JTJGYXhRcDNlWHAzWWxZWlJTVXkySndINXl4bUpNZCUyQkNiN29jajJqckF2c0tRMGlhdVU3SVhYRTY4ZDdRb016bCUyRjBhZ1QwY0Z1M3hubEElM0QlM0Q(дата звернення 28.05.2024).

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

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

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

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

ДОДАТКИ

Додаток А Друкована плата

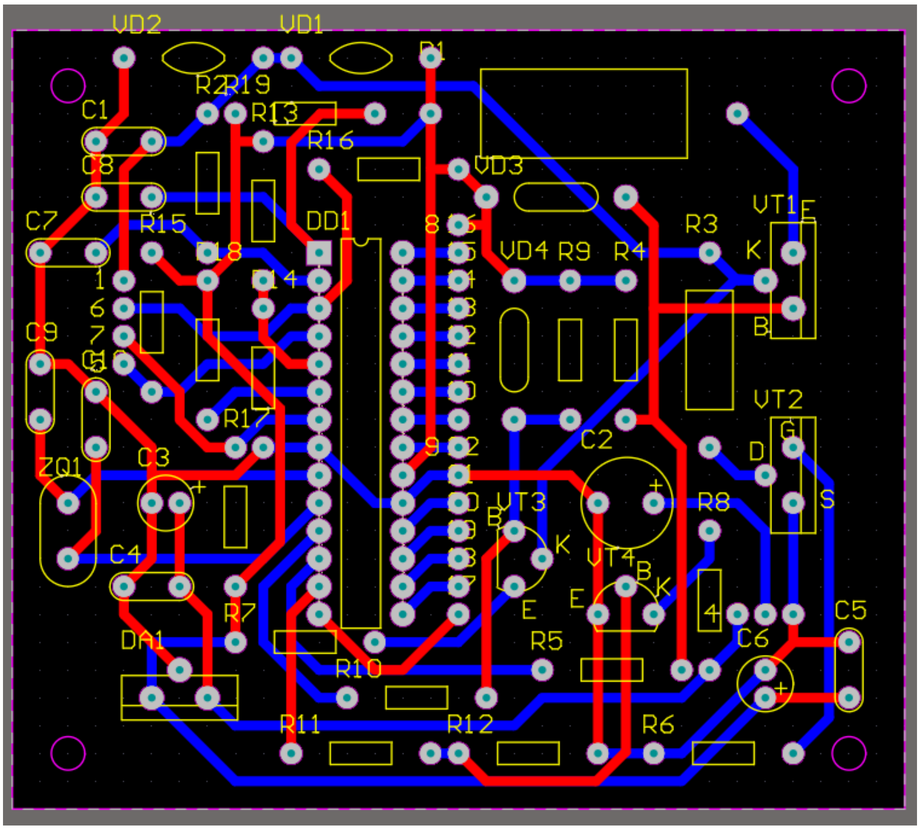


Рисунок А.1 – Друкована плата

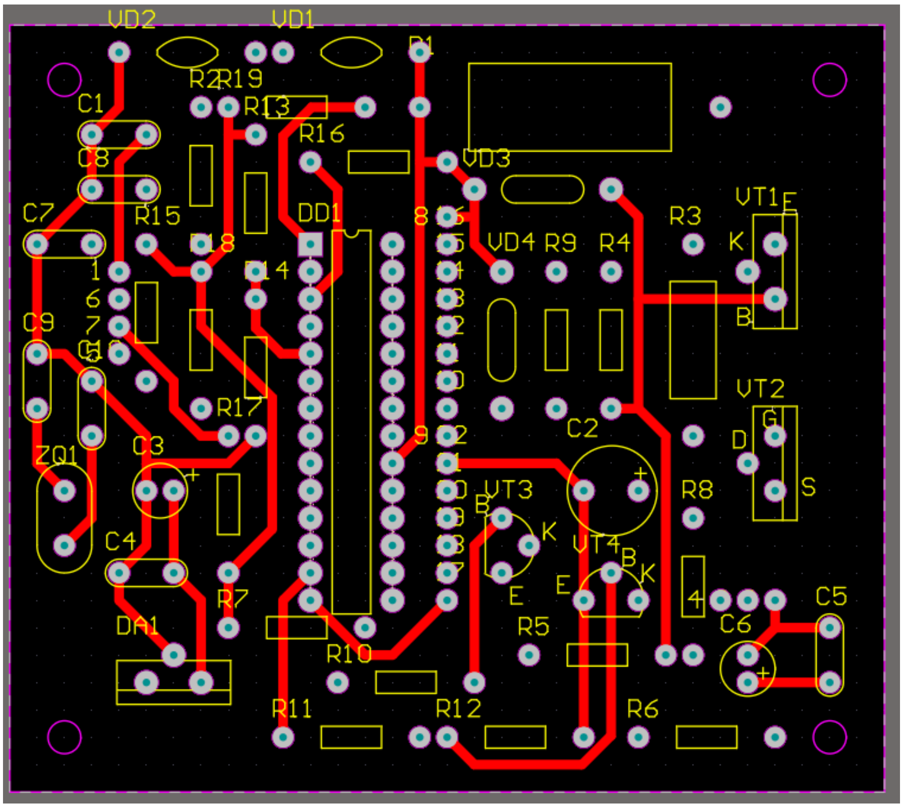


Рисунок А.2 – Друкована плата, шар Top

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	26 КР 172.403.021.000.000 ПЗ	Арк.

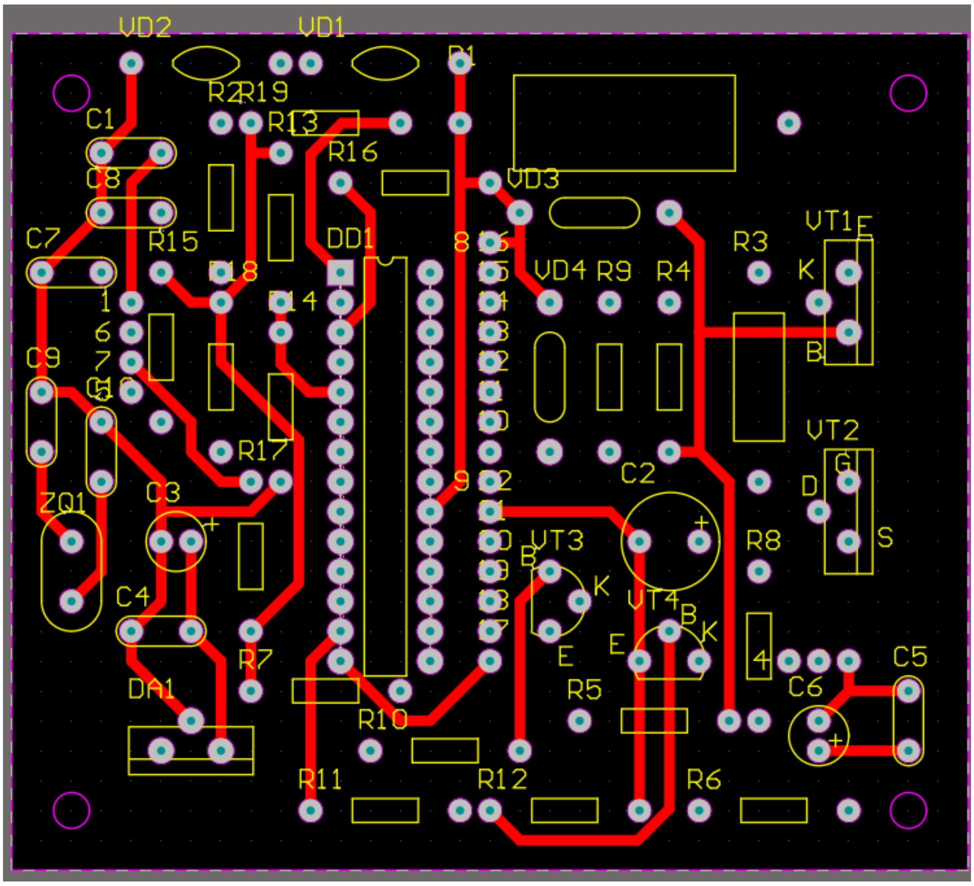


Рисунок А.3 – Друкована плата, шар Botton

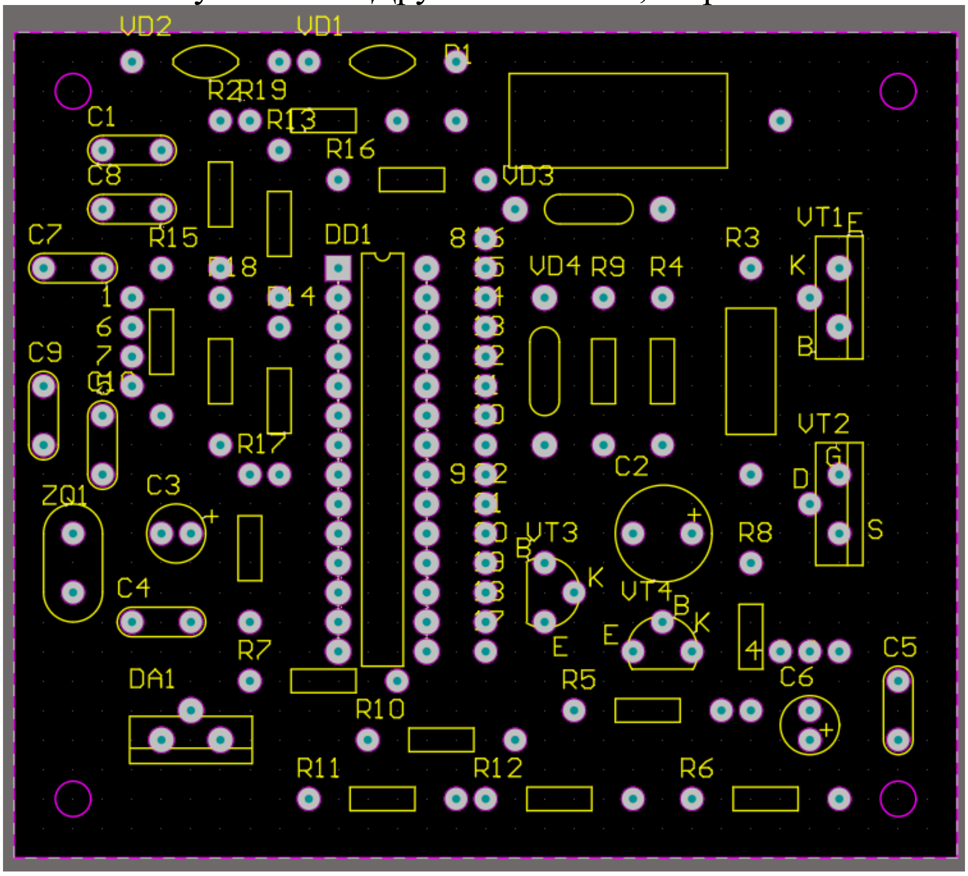


Рисунок А.4 – Друкована плата, шар Overlay

Додаток Б 3D модель пристрою

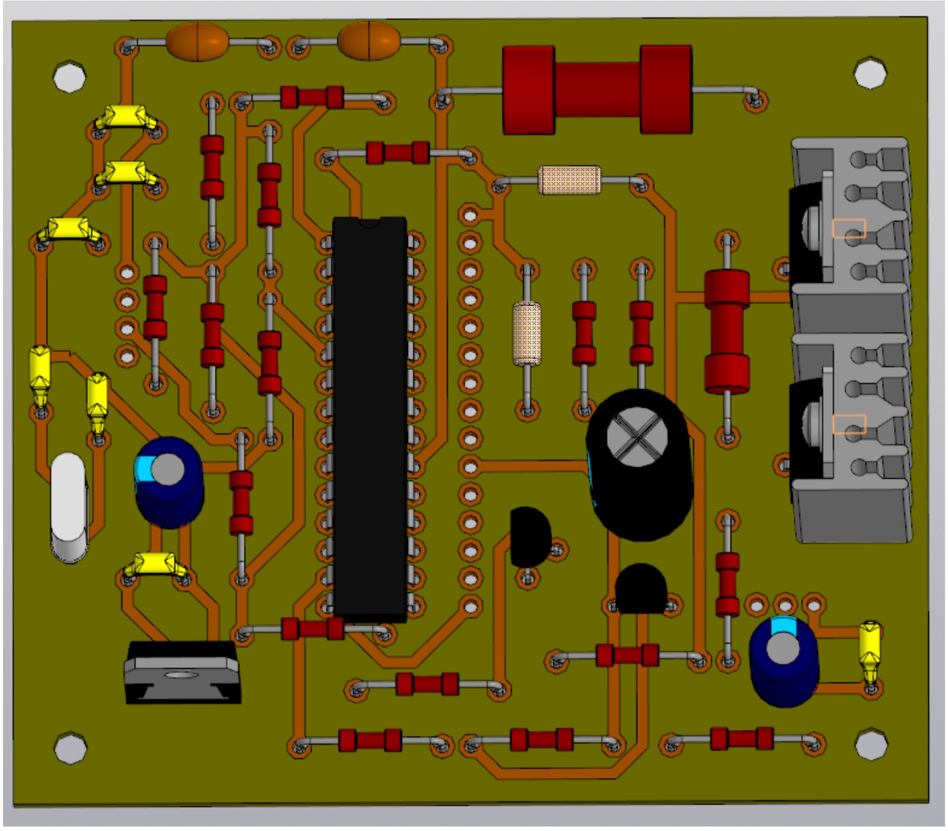


Рисунок Б.1 – 3D модель пристрою, вузол друкований

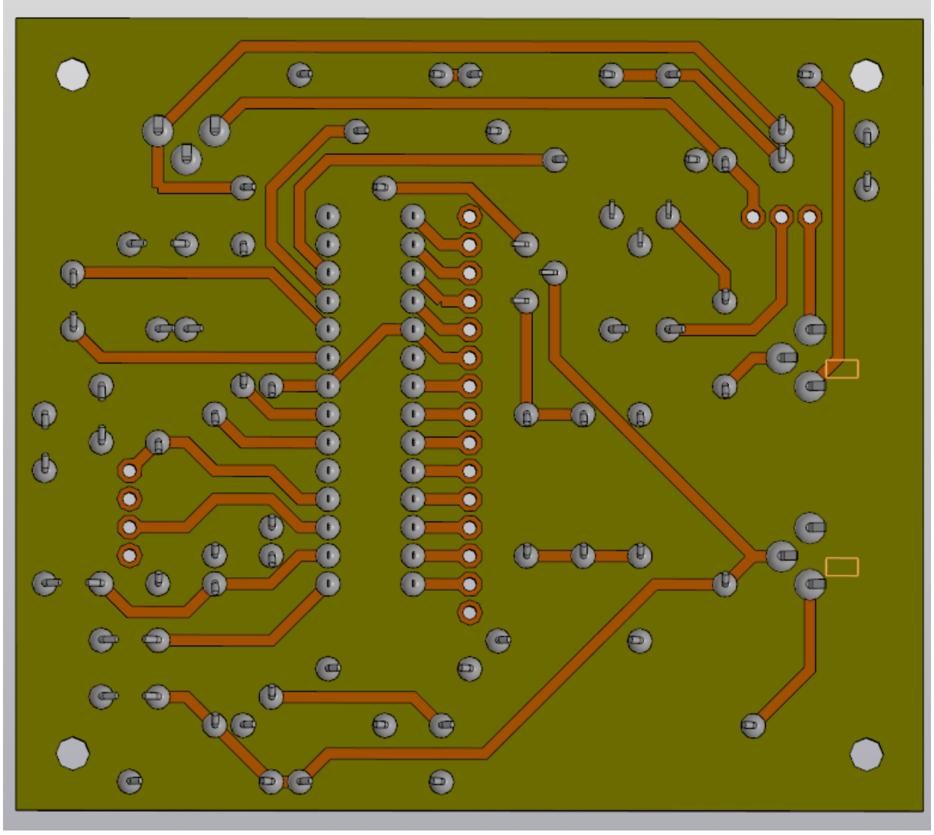


Рисунок Б.2 – 3D модель пристрою, вузол друкований знизу

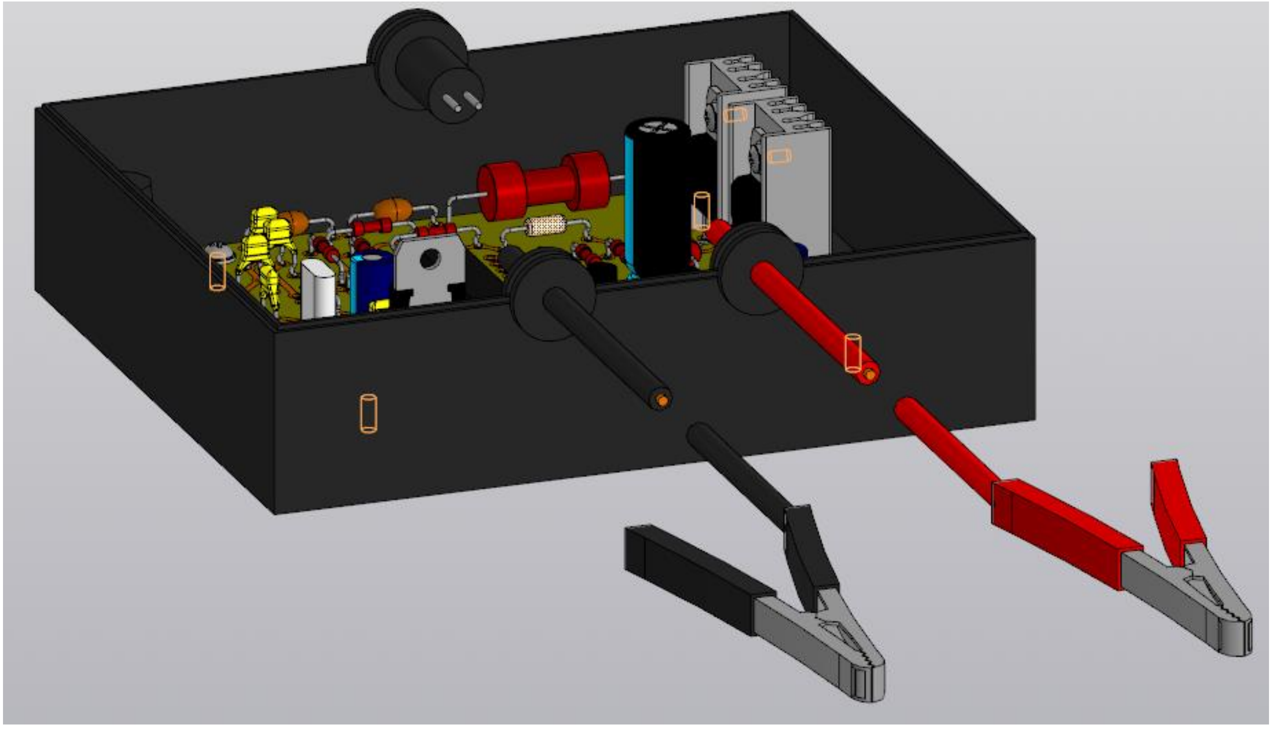


Рисунок Б.3– 3D модель пристрою, нижня кришка

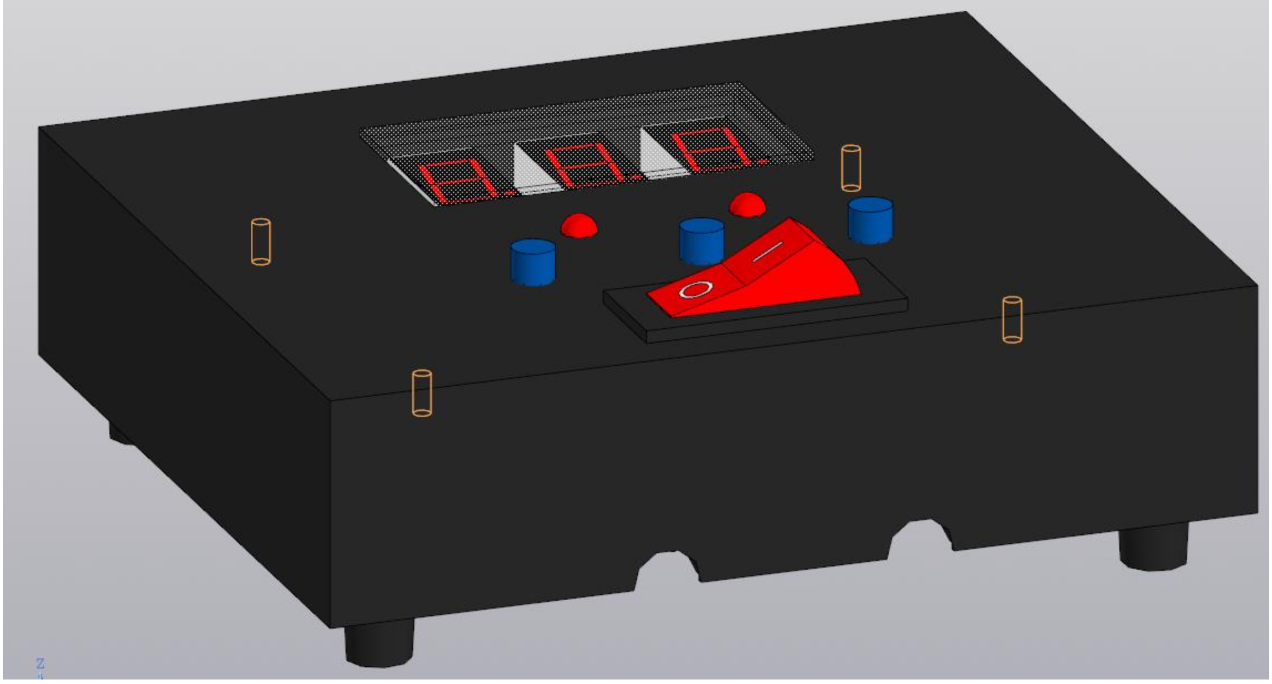


Рисунок Б.4 – 3D модель пристрою, верхня кришка

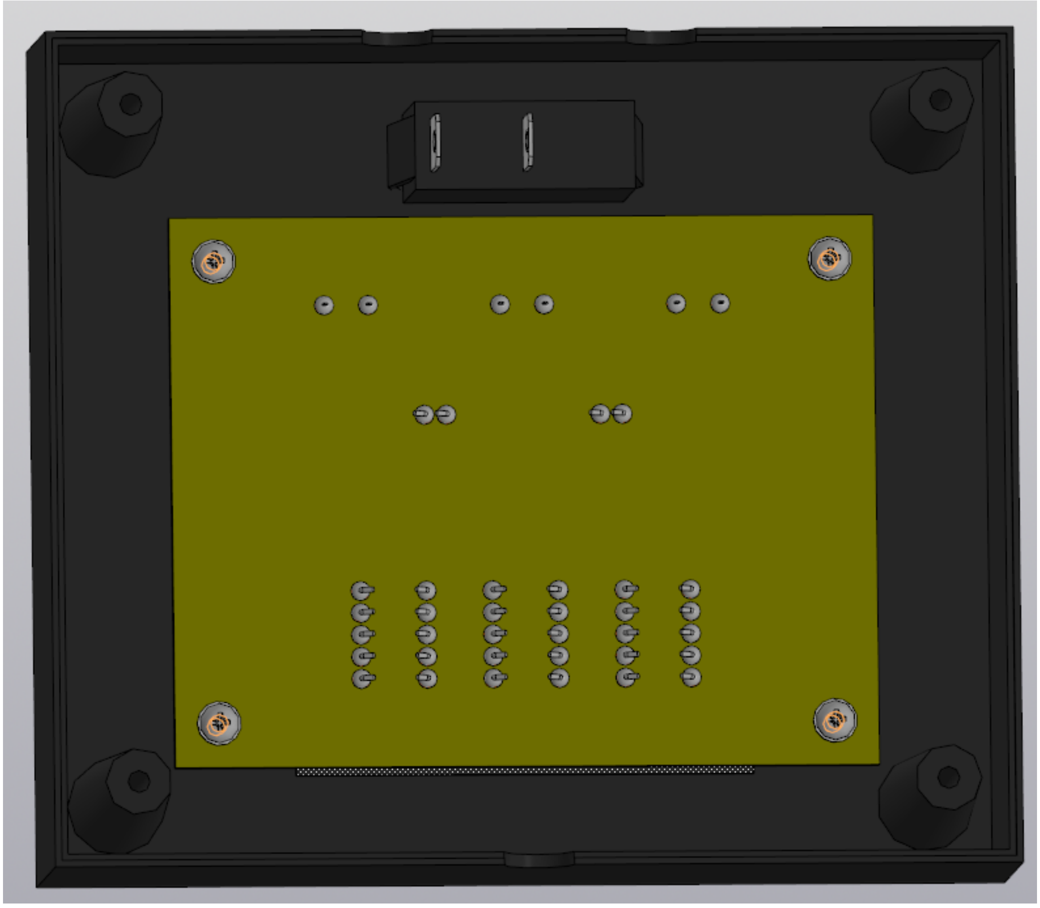


Рисунок Б.5– 3D модель пристрою, верхня кришка знизу

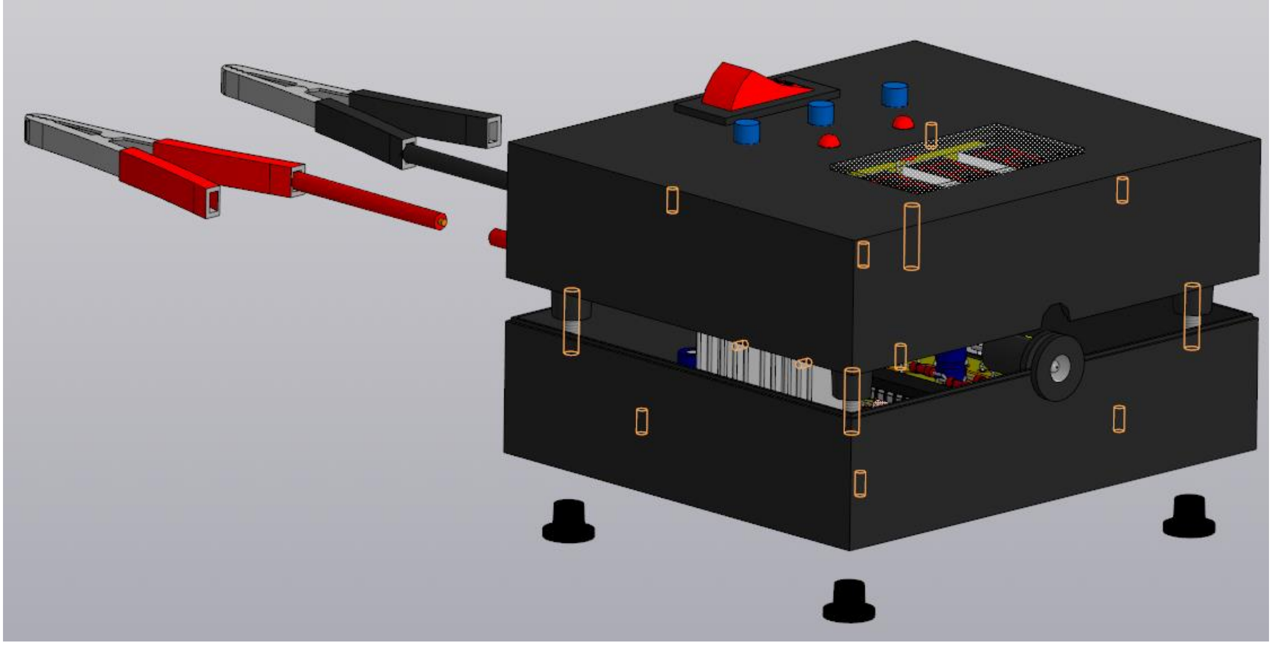


Рисунок Б.6 – 3D модель пристрою, загальний вигляд збоку

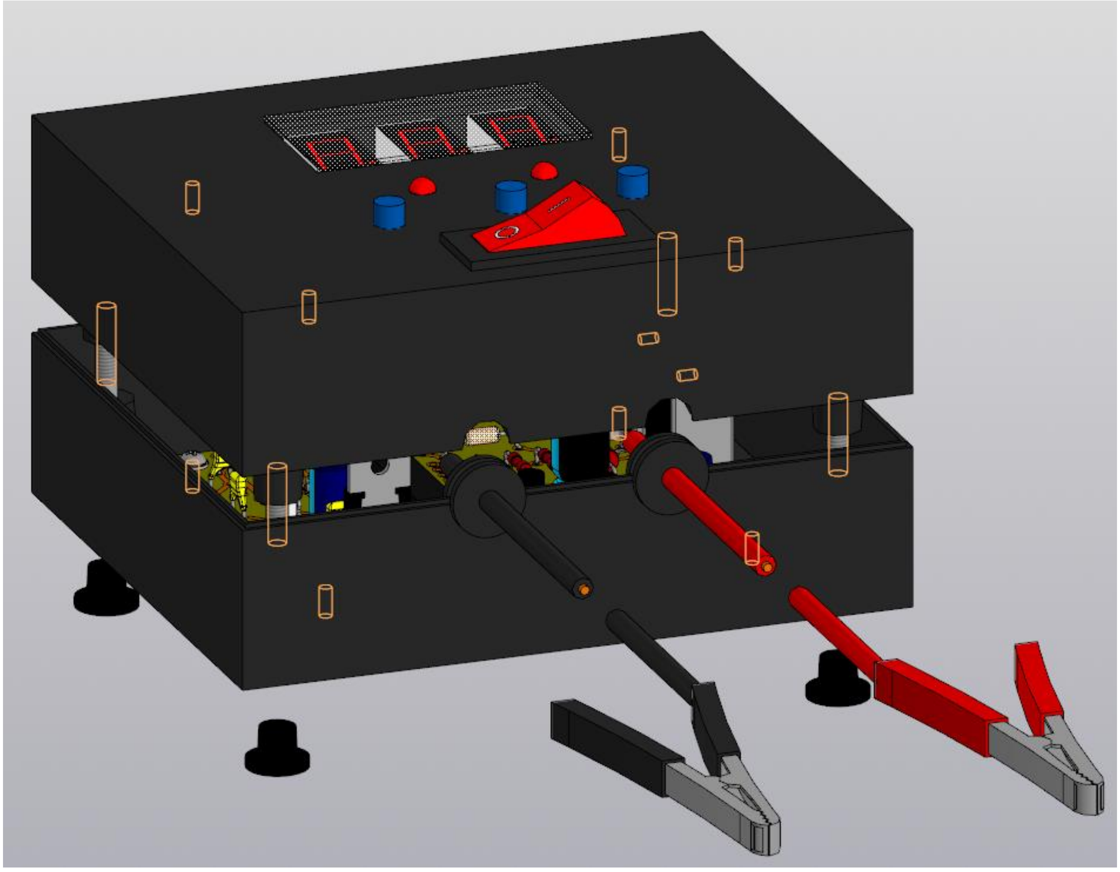


Рисунок Б.7 – 3D модель пристрою, загальний вигляд

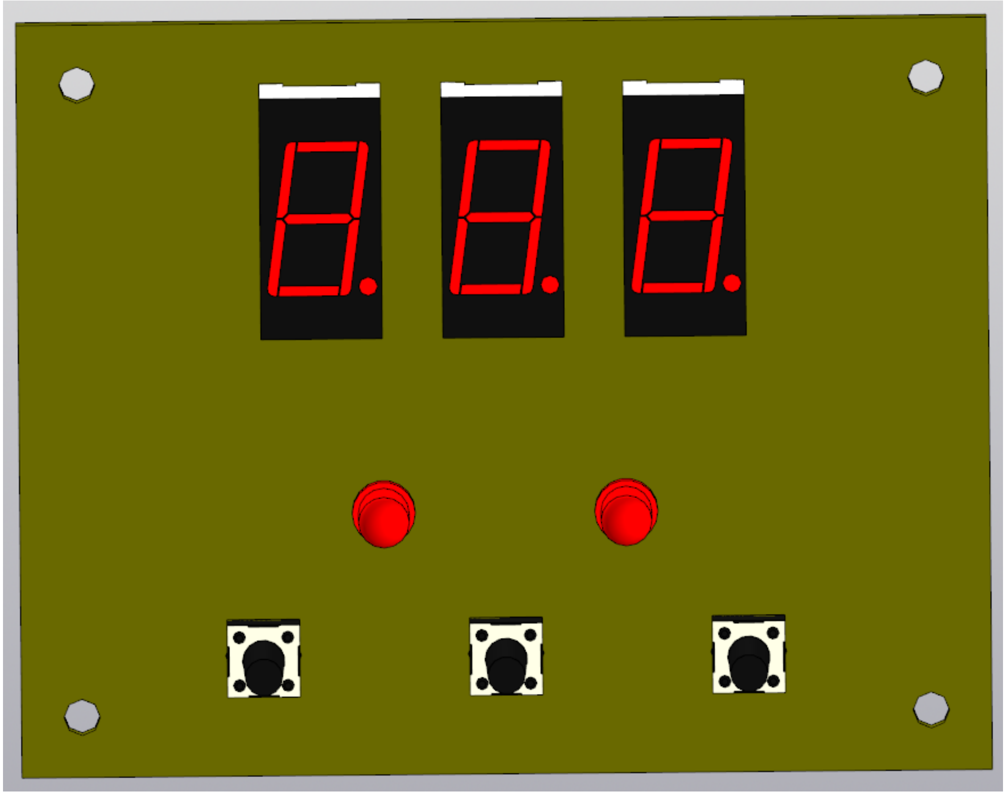
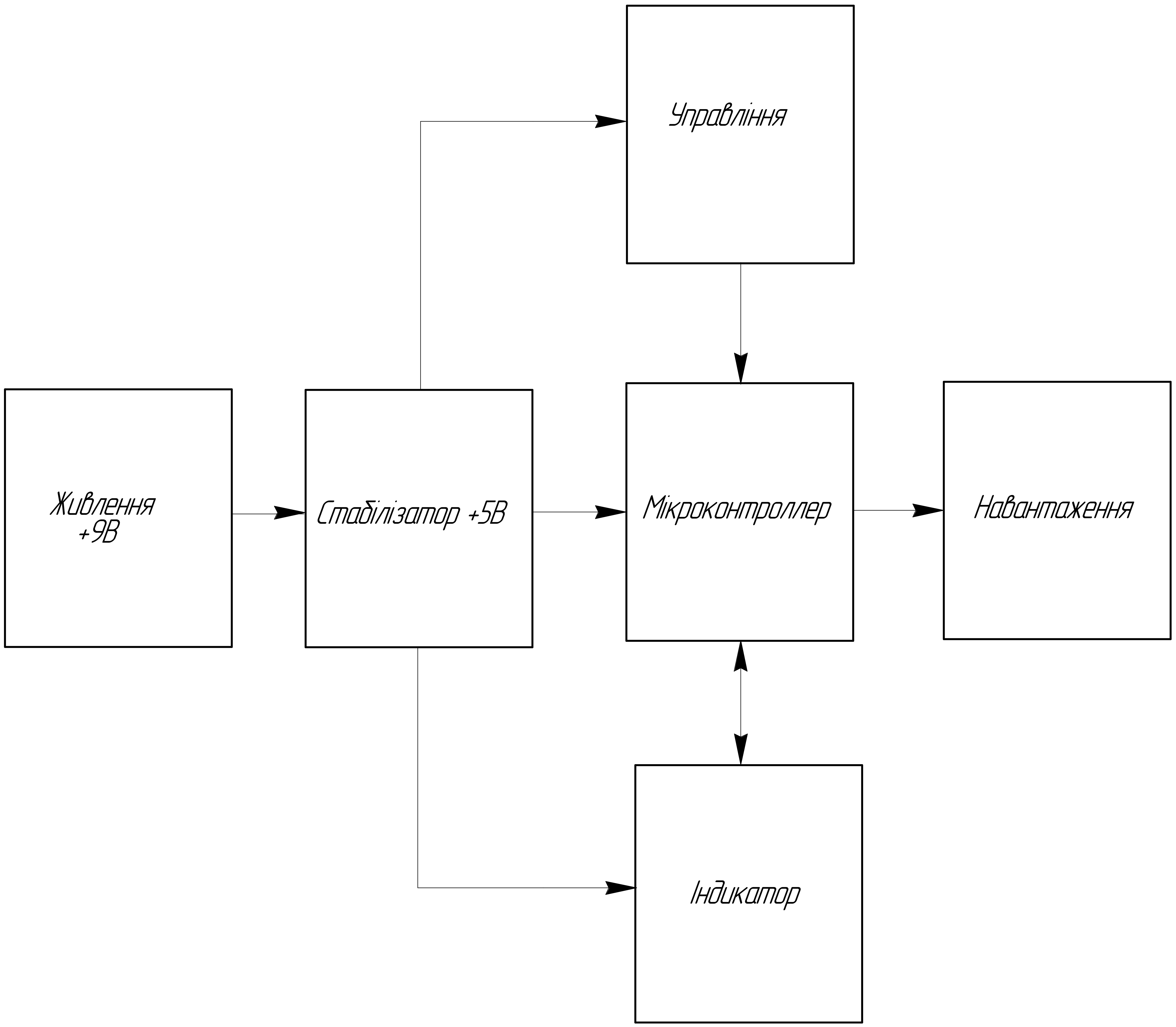


Рисунок Б.8– 3D модель пристрою, вузол друкований 2

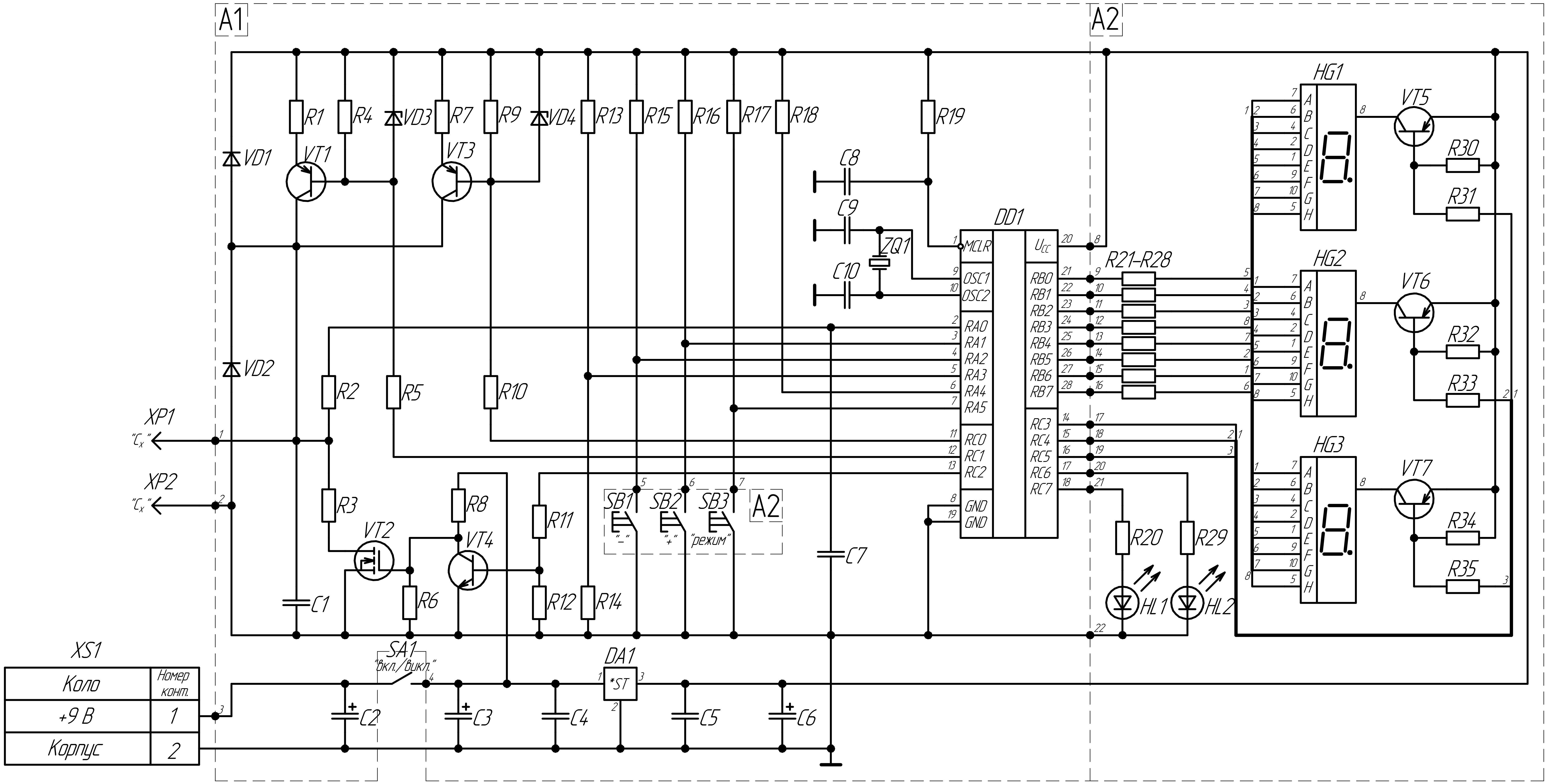
26 КР 172.403.021.001.000 Е1



Перш. викорис.
Довід. №
Підпис і дата
Інв. № дубл.
Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. № ориг.

					26 КР 172.403.021.001.000 Е1		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Мікрофарадометр	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.		ІПаньків				– Н –	–	–
Перевір.		Недошитко			Електрична структурна схема	Аркуш	Аркушів 1	
Т.контр.								
Рецензент						ВСП ТФК ТНТУ ТР-403ск		
Н.контр.		Задорожний						
Затверд.						м. Тернопіль		

Копіював Формат А2



					26 КР 172.403.021.001.000 Е3			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Мікрофарадометр Схема електрична принципова Схема деления принципиальная	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.		Паньків				Н	–	–
Перевір.		Недошитко				Аркуш		Аркушів 1
Т.контр.						ВСП ТФК ТНТУ ТР-403ск		
Н.контр.		Задорожний				м. Тернопіль		
Затверд.								

Копіював Формат А2

Перш. викорис.
Довід. №
Підпис і дата
Інв. № дубл.
Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. № ориг.

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
A1	Плата керування		
	Конденсатори		
C1	CC4-H20-510 пкФ ±10% "SHANGHAI"	1	
C2	ECAP-16 В-1000 мкФ ±20% "Jamicon"	1	
C3	ECAP-16 В-10 мкФ ±20% "Jamicon"	1	
C4, C5	CC4-H20-0,1 мкФ ±10% "SHANGHAI"	2	
C6	ECAP-6,3 В-10 мкФ ±20% "Jamicon"	1	
C7	CC4-H20-510 пкФ ±10% "SHANGHAI"	1	
C8	CC4-H20-1000 пкФ ±10% "SHANGHAI"	1	
C9, C10	CC4-H20-33 пкФ ±10% "SHANGHAI"	2	
	Мікросхеми		
DA1	MC7805 "ON Semiconductor"	1	
DD1	PIC16F876A-IP "Atmel"	1	
	Резистори		
R1	CF-100-2-3,9 Ом ±10% "KLS Electronic"	1	
R2	CF-100-0,25-5,1 кОм ±10% "KLS Electronic"	1	
R3	CF-100-1-0,1 Ом ±10% "KLS Electronic"	1	
R4	CF-100-0,25-10 кОм ±10% "KLS Electronic"	1	
R5	CF-100-0,25-150 Ом ±10% "KLS Electronic"	1	
R6	CF-100-0,25-10 кОм ±10% "KLS Electronic"	1	
R7	CF-100-0,25-3,9 кОм ±10% "KLS Electronic"	1	
R8	CF-100-0,25-220 Ом ±10% "KLS Electronic"	1	
R9	CF-100-0,25-10 кОм ±10% "KLS Electronic"	1	

Перш. викорис.

Довід. №

Підпис і дата

Інв. № дубл.

Зам. інв. №

Підпис і дата

Інв. № оригін.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	26 КР 172.403.021.001.000 ПЕЗ		
Розроб.		Паньків			Мікрофарадометр	Літ. Н	Аркуш 1 / Аркушів 3
Перевір.		Недошитко					
Н.контр.		Задорожний			Перелік елементів	ВСП ТФК ТНТУ ТР-403ск	
Затверд.						м. Тернопіль	

Копіював Формат А4

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
R10	CF–100–0,25–150 Ом ±10% "KLS Electronic"	1	
R11	CF–100–0,25–220 Ом ±10% "KLS Electronic"	1	
R12	CF–100–0,25–10 кОм ±10% "KLS Electronic"	1	
R13	CF–100–0,25–4 кОм ±10% "KLS Electronic"	1	
R14	CF–100–0,25–1 кОм ±10% "KLS Electronic"	1	
R15...R19	CF–100–0,25–10 кОм ±10% "KLS Electronic"	5	
R20	CF–100–0,25–470 Ом ±10% "KLS Electronic"	1	
	Діоди		
VD1, VD2	1N1053 "Diotec"	2	
VD3, VD4	JANTX1N5518B–1 "Microsemi"	2	
	Транзистори		
VT1	2SB834 "Sanyo"	1	
VT2	IRF246N "Vishay"	1	
VT3	2SA1175 "Toshiba"	1	
VT4	2SA2785 "Toshiba"	1	
ZQ1	Кварцевий резонатор HC–49S – 11.0592 МГц "Abracon"	1	
A2	Плата індикації		
HG1...HG3	Індикатор SA05–11GWA "Kingbright"	3	
HL1, HL2	Світлодіод L–1503GT "Kingbright"	2	

Підпис і дата | Інв. № дубл. | Зам. інв. № | Підпис і дата | Інв. № ориг.

Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата

26 КР 172.403.021.001.000 ПЕ3

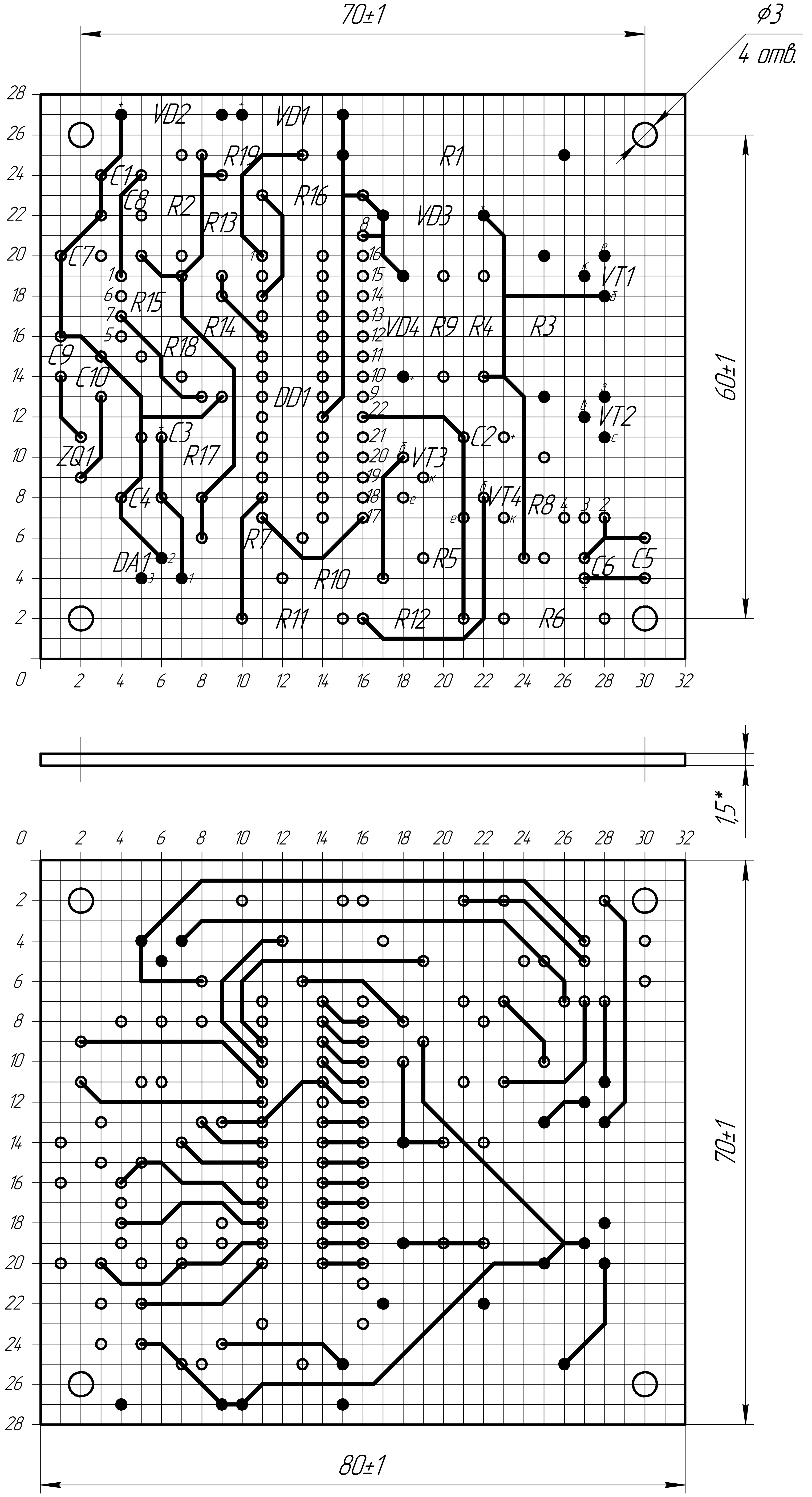
Арк. 2

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
	Резистори		
	С1-4 ОЖО.467.116 ТУ		
R21...R28	CF-100-0,25-220 Ом ±10% "KLS Electronic"	8	
R29	CF-100-0,25-470 Ом ±10% "KLS Electronic"	1	
R30	CF-100-0,25-10 кОм ±10% "KLS Electronic"	1	
R31	CF-100-0,25-220 Ом ±10% "KLS Electronic"	1	
R32	CF-100-0,25-10 кОм ±10% "KLS Electronic"	1	
R33	CF-100-0,25-220 Ом ±10% "KLS Electronic"	1	
R34	CF-100-0,25-10 кОм ±10% "KLS Electronic"	1	
R35	CF-100-0,25-220 Ом ±10% "KLS Electronic"	1	
SB1...SB3	Кнопка KLS7-TS6601-13.0-180 "KLS"	3	
VT5...VT7	Транзистор 2SA1175 "Toshiba"	3	
	Корпус		
SA1	Перемикач ASV-09-102 "Jietong Switch"	1	
XP1...XP2	Зажим AG-026 "Silvertronic"	2	
XS1	Роз'єм PSCM3N "Velleman"	1	

Підпис і дата | Інв. № дубл. | Зам. інв. № | Підпис і дата | Інв. № ориг.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	26 КР 172.403.021.001.000 ПЕ3	Арк. 3

26 КР 172.403.021.001.001



Таблиця отворів

Умовне позначення отворів	Діаметри отворів	Наявність металізації в отворах	Діаметри монтажних площадок	Кількість отворів	Примітка
○	0,9	є	1,1	112	
●	1,1	є	1,3	21	

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 комбінованим методом.
6. Параметри отворів дивись в таблиці.
7. Мінімальна ширина провідників 0,3 мм.
8. Мінімальна відстань між провідниками 0, 62мм.
9. Контактні площадки покрити сплавом "Розе" ТУ 6–09–4065–75, решту поверхні зі сторони провідного шару покрити компаундом на основі ЕД–22 ГОСТ 19587–76.
10. Плату маркувати фарбою ТНПФ–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.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Паньків			
Перевір.	Недошитко			
Т.контр.				
Н.контр.	Задорожний			
Затверд.				

26 КР 172.403.021.001.001

Плата друкована

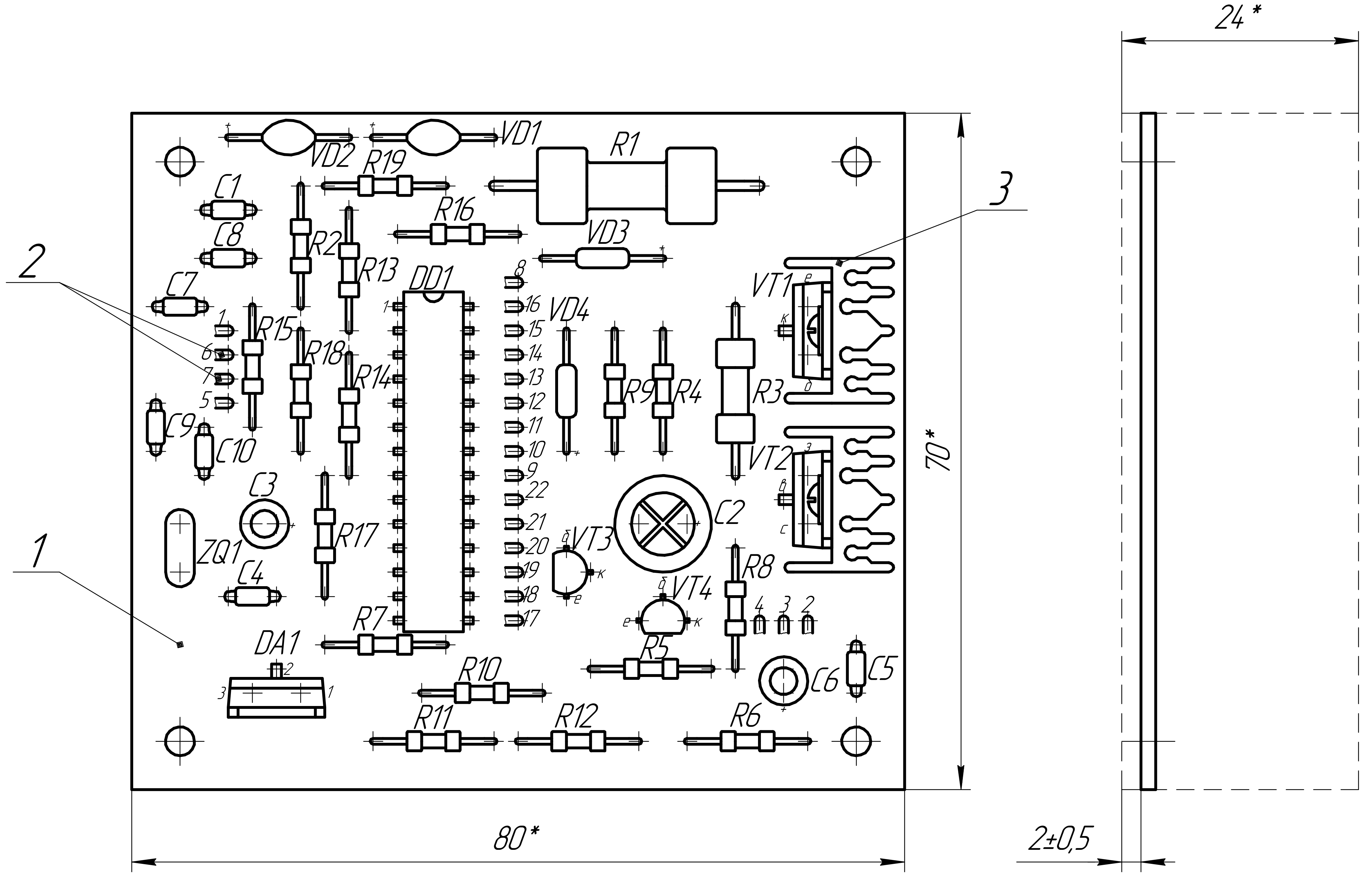
Літ.	Маса	Масштаб
Н	0,03	2:1
Аркуш	Аркушів 1	

СФ2–35–1,5ІКП
ГОСТ 10316–78

ВСП ТФК ТНТУ ТР–403ск
м. Тернопіль

Перв. викорис. | Довід. № | Підпис і дата | Інв. № дубл. | Зам. інв. № | Підпис і дата | Інв. № ориг.

Копіював Формат А2



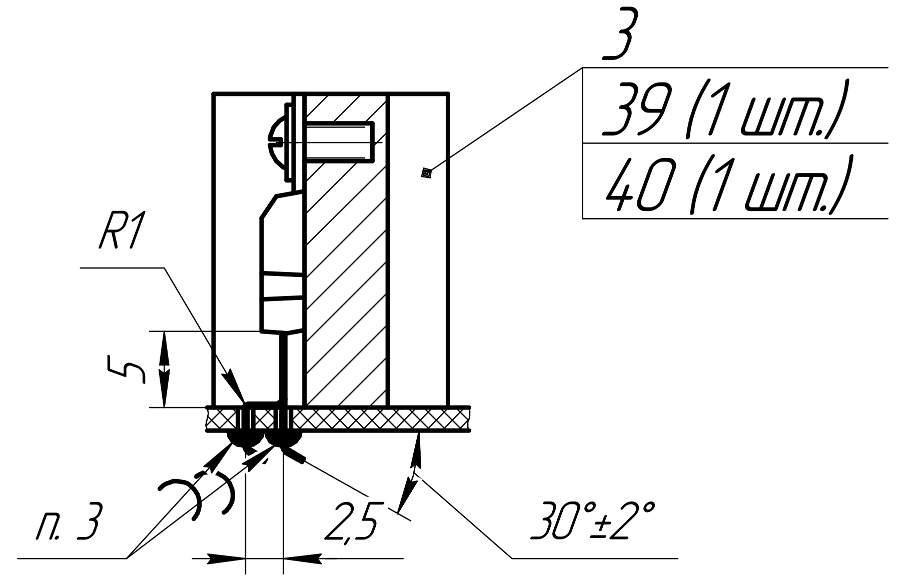


Рис. 1

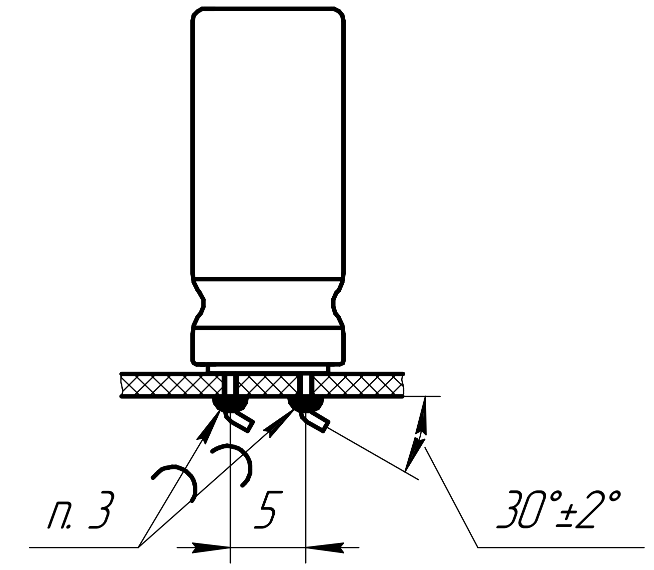


Рис. 2

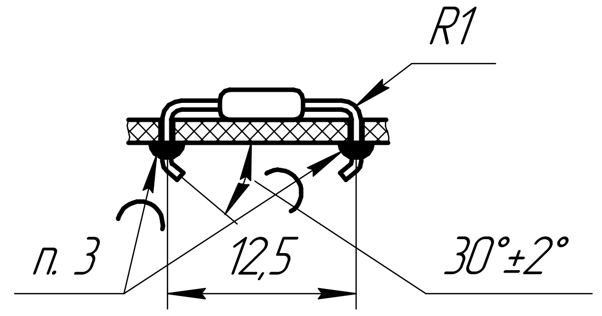


Рис. 3

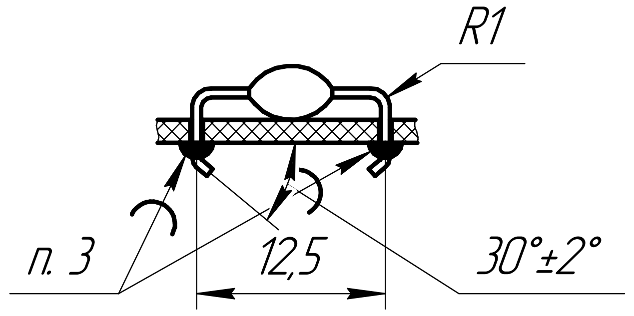


Рис. 4

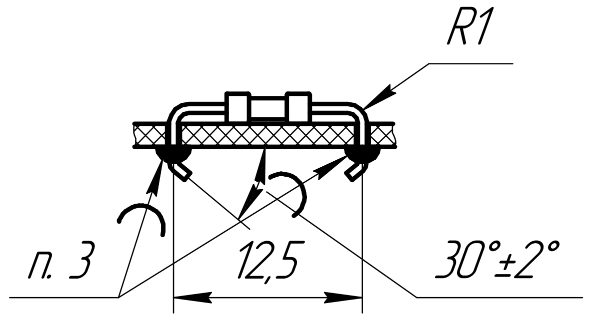


Рис. 5

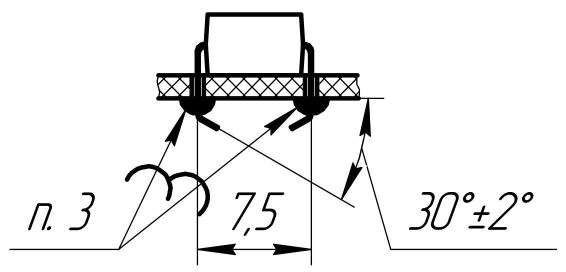


Рис. 6

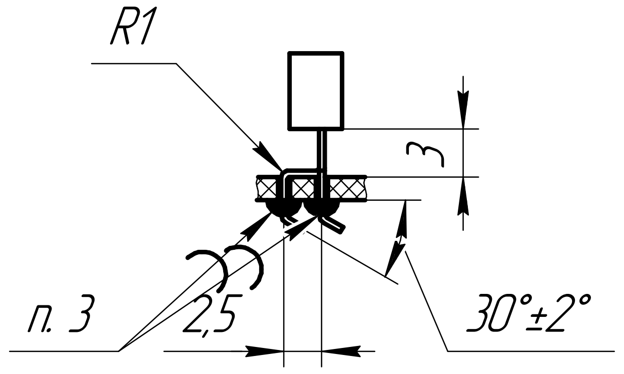


Рис. 7

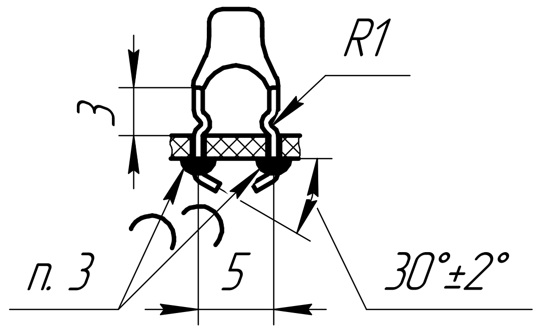


Рис. 8

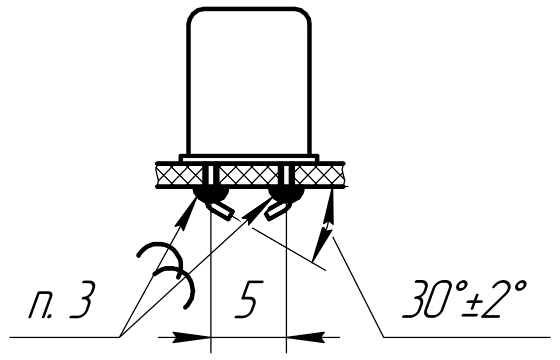


Рис. 9

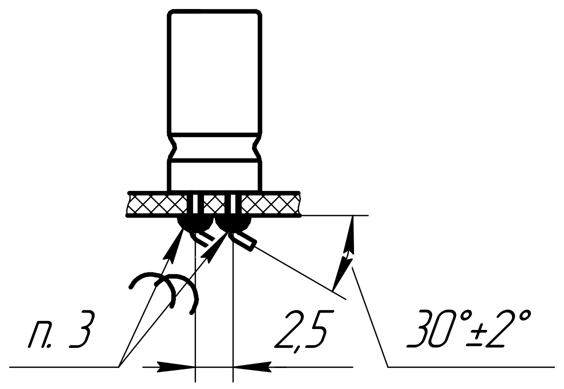


Рис. 10

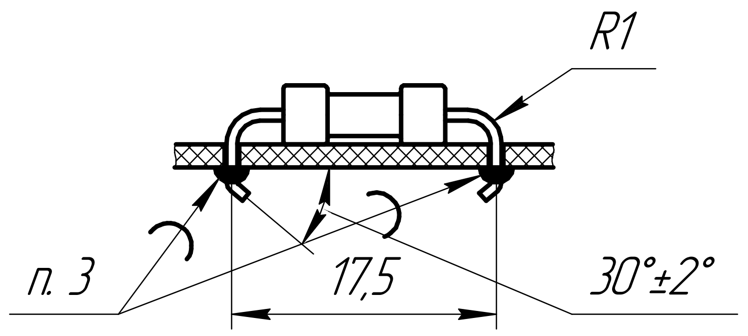


Рис. 11

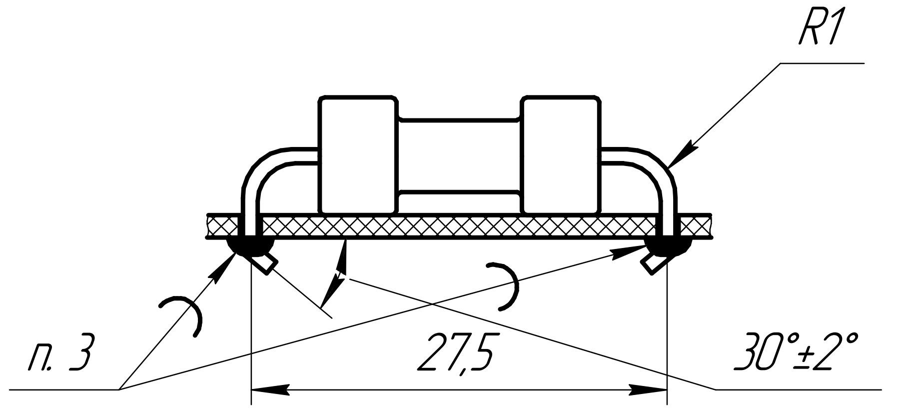


Рис. 12

1. *Розміри 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 –на рис. 12; R2, R4...R20–на рис. 5; R3 –на рис. 11; ZQ1–на рис. 9; DD1–на рис. 6; DA1, VT1...VT2–на рис. 1; VT3...VT4–на рис. 7; C1, C4...C5, C7...C10–на рис. 8; C2–на рис. 2; C3, C6–на рис. 10; VD1...VD2–на рис. 4; VD3...VD4–на рис. 3. Транзистори VT1...VT2 прикріпити до радіатора гвинтом поз. 39.
3. Паяти припоєм ПОС61 ГОСТ 21931–76.
4. Заводський номер, позначення елементів маркувати фарбою ЧМ, чорна, БМ, біла, ТУ029–02–859–78.
Шрифт 2,5 по НО. 010. 007.
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.070.015.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	26 КР 172.403.021.001.000 СК
Розроб.		Паньків			Вузол керування Складальне креслення
Перевір.		Недошитко			Літ. Н · Маса 0,06 · Масштаб 2:1
Т.контр.					Аркуш · Аркушів 1
Н.контр.		Задорожний			ВСП ТФК ТНТУ ТР-403ск м. Тернопіль
Затверд.					

Перш. викорис. | Довід. № | Підпис і дата | Інв. № дубл. | Зам. інв. № | Підпис і дата | Інв. № оригі.

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				<u>Документація</u>		
А4			26 КР 172.403.021.000.000 ПЕ3	Перелік елементів.		
А2			26 КР 172.403.021.000.000 Е	Схема електрична принципова		
А2			26 КР 172.403.021.001.000 СК	Вузол друкований		
				<u>Деталі</u>		
А2		1	26 КР 172.403.021.001.001	Плата друкована	1	
БК		2	26 КР 172.403.021.001.002	Перемичка	22	
БК		3	26 КР 172.403.021.001.003	Радіатор	2	
				<u>Інші вироби</u>		
				Конденсатори		
		5		СС4-Н20-33 пкФ ±10% "SHANGHAI"	2	С9,С10
		6		СС4-Н20-510 пкФ ±10% "SHANGHAI"	2	С1, С7
		7		СС4-Н20-1000 пкФ ±10% "SHANGHAI"	1	С8
		8		СС4-Н20-0,1 мкФ ±10% "SHANGHAI"	2	С4,С5
		9		ECAP-6,3 В-10 мкФ ±20% "Jamicon"	1	С6
		10		ECAP-16 В-10 мкФ ±20% "Jamicon"	1	С3
		11		ECAP-16 В-1000 мкФ ±20% "Jamicon"	1	С2
				Мікросхеми		
		13		MC7805 "ON Semiconductor"	1	DA1
		14		PIC16F876A-IP "Atmel"	1	DD1

Перв. викорис. | Довід. № | Підпис і дата | Інв. № дубл. | Зам. інв. № | Підпис і дата | Інв. № ориг.

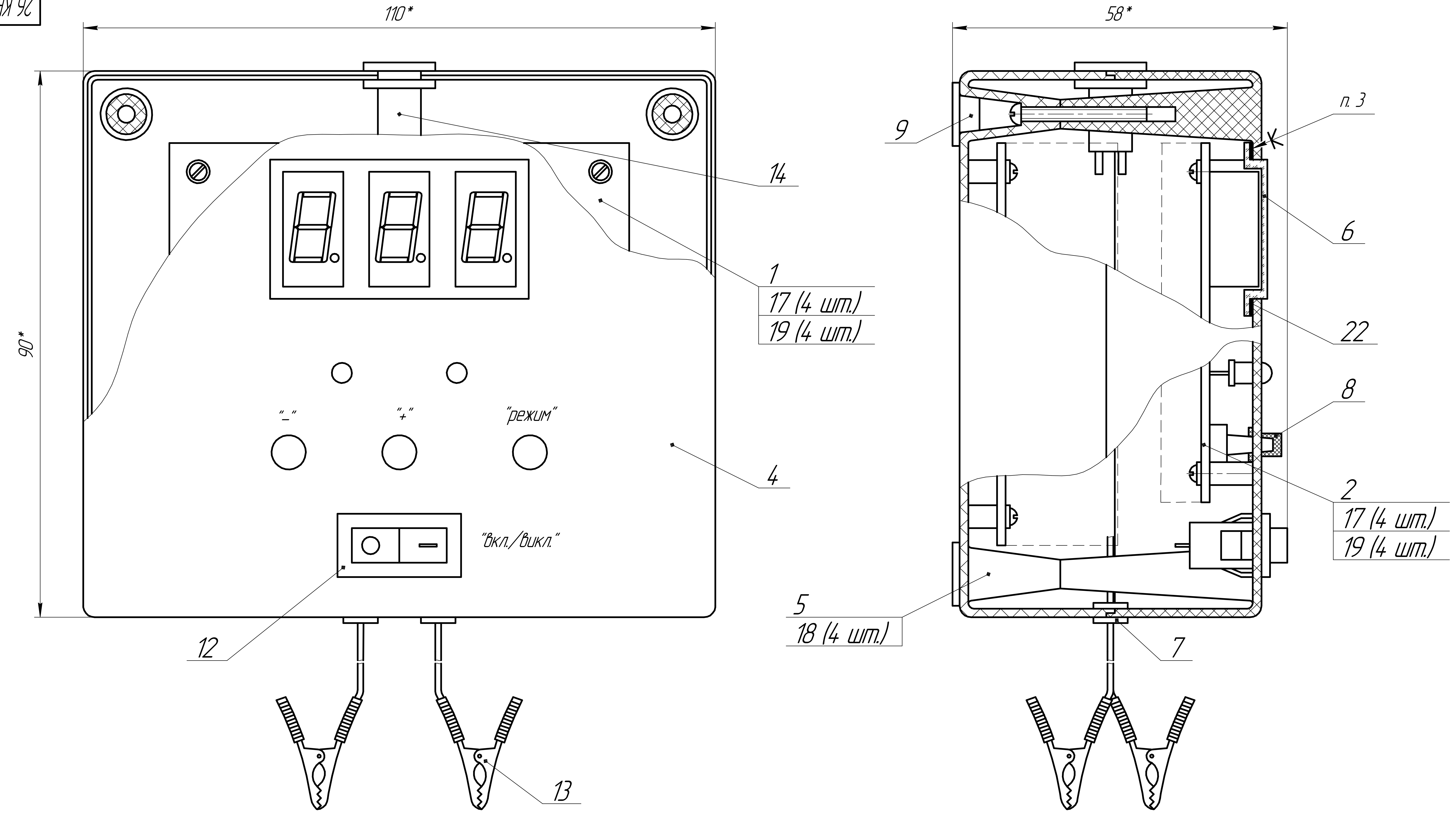
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	26 КР 172.403.021.001.000		
Розроб.		Паньків			Вузол керування	Літ.	Аркуш / Аркушів
Перевір.		Недошитко				Н	1 / 2
						ВСП ТФК ТНТУ ТР-403ск	
Н.контр.		Задорожний					
Затверд.						м. Тернопіль	

Копіював | Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				Резистори		
		16		CF-100-1-0,1 Ом ±10% "KLS Electronic"	1	R3
		17		CF-100-2-3,9 Ом ±10% "KLS Electronic"	1	R1
		18		CF-100-0,25-150 Ом ±10% "KLS Electronic"	2	R5, R10
		19		CF-100-0,25-220 Ом ±10% "KLS Electronic"	2	R8, R11
		20		CF-100-0,25-470 Ом ±10% "KLS Electronic"	1	R20
		21		CF-100-0,25-1 кОм ±10% "KLS Electronic"	1	R14
		22		CF-100-0,25-3,9 кОм ±10% "KLS Electronic"	1	R7
		23		CF-100-0,25-4 кОм ±10% "KLS Electronic"	1	R13
		24		CF-100-0,25-5,1 кОм ±10% "KLS Electronic"	1	R2
		25		CF-100-0,25-10 кОм ±10% "KLS Electronic"		R4,R6,R9,
					9	R12,R15...R19
				Діоди		
		27		1N1053 "Diotec"	2	VD1,VD2
		28		JANTX1N5518B-1 "Microsemi"	2	VD3,VD4
				Транзистори		
		32		2SA1175 "Toshiba"	1	VT3
		33		2SA2785 "Toshiba"	1	VT4
		34		2SB834 "Sanyo"	1	VT1
		35		IRF246N "Vishay"	1	VT2
		37		Кварцевий резонатор HC-49S - 11.0592 МГц "Abracon"	1	ZQ1
				Стандартні вироби		
		39		Гвинт Г2,5-6gx5 ГОСТ 17473-80	2	
		40		Шайба 2,5 ГОСТ 10450-78	2	

Підпис і дата | Інв. № дубл. | Зам. інв. № | Підпис і дата | Інв. № ориг.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	26 КР 172.403.021.001.000	Арк. 2



1. * Розміри для довідок.
2. Електромонтаж здійснювати згідно з 26 КР 172.403.021.001.000 припоєм ПОС-40 ГОСТ 21931-76.
3. Клеїти клеєм MAPEI ADESILEX G19.
4. Інші технічні вимоги по ОСТ.4.ГО.070.015.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	26 КР 172.403.021.004.000 СК		
Розроб.		Паньків			Мікрофарадометр Складальне креслення	Літ.: Н	Маса: 0,5 / Масштаб: 2:1
Перевір.		Недошитко				Аркуш	Аркушів 1
Т.контр.						ВСП ТФК ТНТУ ТР-403ск	
Н.контр.		Задорожний				м. Тернопіль	
Затверд.							

Копіював Формат А2

Перв. викорис. | Довід. № | Підпис і дата | Інв. № дубл. | Зам. інв. № | Підпис і дата | Інв. № ориг.

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A4			26 КР 172.403.021.001.000 ПЕ3	Перелік елементів		
A2			26 КР 172.403.021.001.000 Е3	Схема електрична принципова	1	
A2			26 КР 172.403.021.004.000 СК	Складальне креслення	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
A2		1	26 КР 172.403.021.003.000 СК	Вузол керування	1	
БК		2	26 КР 172.403.021.003.001	Вузол індикації	1	
				<u>Деталі</u>		
БК		4	26 КР 172.403.021.004.001	Верхня кришка	1	
БК		5	26 КР 172.403.021.004.002	Нижня кришка	1	
БК		6	26 КР 172.403.021.004.003	Скло під дисплей	1	
БК		7	26 КР 172.403.021.004.004	Втулка	2	
БК		8	26 КР 172.403.021.004.005	Накладка під кнопку	3	
БК		9	26 КР 172.403.021.004.006	Ніжка	4	
				<u>Інші вироби</u>		
		12		Перемикач ASV-09-102 "Jietong Switch"	1	SA1

Перв. викорис. | Довід. № | Підпис і дата | Інв. № дубл. | Зам. інв. № | Підпис і дата | Інв. № ориг.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	26 КР 172.403.021.004.000		
Розроб.		Паньків			Мікрофарадометр	Літ. Н	Аркуш 1 / Аркушів 2
Перевір.		Недошитко				ВСП ТФК ТНТУ ТР-403ск	
Н.контр.		Задорожний				м. Тернопіль	
Затверд.							

Копіював Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
		13		Зажим AG-026 "Silvertronic"	2	XP1,XP2
		14		Роз'єм PSCM3N "Velleman"	1	XS1
				Стандартні вироби		
		17		Гвинт Г2,5-6gx10 ГОСТ 17473-80	8	
		18		Гвинт Г3,5-6gx20 ГОСТ 17475-80	4	
		19		Шайба 2,5 ГОСТ 10450-78	8	

Підпис і дата | Інв. № дубл. | Зам. інв. № | Підпис і дата | Інв. № ориг.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	26 КР 172.403.021.004.000	Арк. 2

Дубл.								
Замість								
Підпис								

			Аркушів 8	Аркуш 1
Розробив	Паньків	ВСП ТФК ТНТУ	26 КР 172.403.021.003.000	26 КР 172.403.021.03.118
Перевірив	Недошитко			
Нормував		Вузол друкований		н
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													
А 02	403		021	005	403021005 Комплектування											0,01
О 03		Комплектування проводити згідно ТТО 644081 (70шт)														
04																
А 05	403		021	010	403021010 Розконсервація ДП											0,005
О 06		Розконсервація плати по ТТО 124781														
07																
А 08	403		021	015	403021015 Маркування заводського номеру											0,005
О 09		Маркувати заводський номер по ТТО 664170 (6шт)														
Т 10		Штамп РТ 125878														
М 11		Фарба		ТНТФ-01		ГОСТ 12574-45							120	100	0,018	
12																
А 13	403		021	020	40301020 Захист											0,003
О 14		Захист проводити згідно ТТП 245789 (22шт)														

Дубл				
Замість				
Підпис				

Аркуш 2

26 КР 172.403.021.003.000 | 26 КР 172.403.021.03.118

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
Т 01		Дозатор латексу РТ 145792														
М 02		Латекс				ГОСТ 3242-83							180	100	0,11	
03																
А 04	403		021	025	403021025 Сушка											0,005
Б 05		Шафа сушильна РД 345218														
О 06		Сушку проводити згідно ТТ0654781														
07																
08																
А 09	403		021	030	403021030 Формування виводів ЕРЕ											0,02
Б 10		Установка для формування виводів резисторів, діодів РД012457														
11		Установка для формування виводів конденсаторів та кварцового резонатора РД010126														
12		Установка для формування виводів мікросхем та транзисторів РД0435646														
О 13		Формування виводів ЕРЕ проводити згідно ТТП 124583 (129шт)														
14		1. Формувати резистори поз.16(R3)згідно рис.11 поз.17(R1)згідно рис.12 поз18(R5,R10)поз.19(R8,11)поз20(R20) поз.21(R14)поз.22(R7)поз.23(R13)														
15		поз.24(R2) поз.25(R4,R6,R9,R12,R15...R19) згідно рис.5 мікросхеми поз.13(DA1) згідно рис.1 поз.14(DD1). згідно рис.6 згідно карти ескізів по ТТП361929														
16		2. Формувати конденсатори поз.5(C9,C10)поз.6(C1,C7)поз.7(C8) згідно рис.8 поз.9(C6) поз.10(C3) згідно рис.10 поз.11(C2) згідно рис.2 згідно карти ескізів по ТТ														
17		3. Формувати транзистори поз32(VT3) поз.33(VT4) згідно рис.7 поз34(VT1) поз.35(VT2) згідно рис.1 згідно карти ескізів по ТТП 254681														
18		4. Формувати діоди поз.27(VD1,VD2)згідно рис.4 поз.28(VD3,VD4)згідно рис.3 кварцевий резонатор поз.37(ZQ1)згідно рис.9згідно карти ескізів														

Дубл			
Замість			
Підпис			

Аркуш 3

26 КР 172.403.021.003.000 | 26 КР 172.403.021.03.118

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
Т 01		Кусачки РТ 145532														
02		Пінцет РТ 265641														
03																
А 04	403		021	035	403021035 Залудження											0,02
Б 05		Тігель РД424231														
О 06		Лудити згідно ТТП532685 (129шт)														
Т 07		Пінцет РД235641														
М 08		Припой ПОС-61				ГОСТ	21931-76						180	100	0,387	
09		Флюс АТІ-120				ГОСТ	32142-86						120	100	0,65	
10		Спиртобензинова суміш				ГОСТ	443-76						120	100	0,65	
11																
А 12	403		021	040	4030210040 Установка ЕРЕ											0,02
13		Установку елементів проводити з кроком координатної сітки 2,5 мм.														
14		1. Установити резистори поз.16(R3)згідно рис.11 поз.17(R1)згідно рис.12 поз18(R5,R10)поз.19(R8,11)поз20(R20) поз.21(R14)поз.22(R7)поз.23(R13)														
15		поз.24(R2) поз.25(R4,R6,R9,R12,R15...R19) згідно рис.5 мікросхеми поз.13(DA1) згідно рис.1 поз.14(DD1). згідно рис.6 згідно карти ескізів по ТТП361929														
16		2. Установити конденсатори поз.5(C9,C10)поз.6(C1,C7)поз.7(C8) згідно рис.8 поз.9(C6) поз.10(C3) згідно рис.10 поз.11(C2) згідно рис.2 згідно карти ескізів по ТТ														
17		3. Установити транзистори поз32(VT3) поз.33(VT4) згідно рис.7 поз34(VT1) поз.35(VT2) згідно рис.1 згідно карти ескізів по ТТП 254681														
18		4. Установити діоди поз.27(VD1,VD2)згідно рис.4 поз.28(VD3,VD4)згідно рис.3 кварцевий резонатор поз.37(ZQ1)згідно рис.9згідно карти ескізів														

Дубл				
Замість				
Підпис				

Аркуш 4

26 КР 172.403.021.003.000 | 26 КР 172.403.021.03.118

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
Т01		Кусачки РТ 145532														
02		Пінцет РТ 265641														
К03	1	Плата друкована				26 КР 172.403.021.001.001							796	100	100	
04	5	Конденсатори			CC4-H20-33 пкФ ± 10%	"SHANGHAI"							796	100	200	
05	6	Конденсатори			CC4-H20 -510 пкФ ± 10%	"SHANGHAI"							796	100	200	
06	7	Конденсатори			CC4-H20-100 пкФ ± 10%	"SHANGHAI"							796	100	100	
07	8	Конденсатори			CC4-H20-0,1 мкФ ± 10%	"SHANGHAI"							796	100	200	
08	9	Конденсатори			ECAP-6,3 B-10 мкФ ± 20%	"Jamicon"							796	100	100	
09	10	Конденсатори			ECAP-16B-10 мкФ ± 20%	"Jamicon"							796	100	100	
10	11	Конденсатори			ECAP-16 B-1000 мкФ ± 20%	"Jamicon"							796	100	100	
11	13	Мікросхеми			MC7805	"ON Semiconductor"							796	100	100	
12	14	Мікросхеми			PIC16F876A-IP	"Atmel"							796	100	100	
13	16	Резистори			CF-100-1-0,1 Ом ± 10%	"KLS Electronic"							796	100	100	
14	17	Резистори			CF-100-2-3,9 Ом ± 10%	"KLS Electronic"							796	100	100	
15	18	Резистори			CF-100-0,25-150 Ом ± 10%	"KLS Electronic"							796	100	200	
16	19	Резистори			CF-100-0,25-220 Ом ± 10%	"KLS Electronic"							796	100	200	
17	20	Резистори			CF-100-0,25-470 Ом ± 10%	"KLS Electronic"							796	100	100	
18	21	Резистори			CF-100-0,25-1кОм ± 10%	"KLS Electronic"							796	100	100	

Дубл			
Замість			
Підпис			

Аркуш 5

26 КР 172.403.021.003.000 | 26 КР 172.403.021.03.118

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	22	Резистори			CF-100-0,25-3,9кОм ± 10%	"KLS Electronic"							796	100	100	
02	23	Резистори			CF-100-0,25-4кОм ± 10%	"KLS Electronic"							796	100	100	
03	24	Резистори			CF-100-0,25-5,1кОм ± 10%	"KLS Electronic"							796	100	100	
04	25	Резистори			CF-100-0,25-10кОм ± 10%	"KLS Electronic"							796	100	900	
05	27	Діоди			1N1053	"Diotec"							796	100	200	
06	28	Діоди			JANTX1N5518B-1	"Microsemi"							796	100	200	
07	32	Транзистори			2SA1175	"Toshiba"							796	100	100	
08	33	Транзистори			2SA2785	"Toshiba"							796	100	100	
09	34	Транзистори			2SB834	"Sanyo"							796	100	100	
10	35	Транзистори			IRF246N	"Vishay"							796	100	100	
11	37	Кварцевий резонатор HC-49S – 11.0592 МГц				"Abracon"							796	100	100	
12																
А13	403		022	045	403022045 Автоматизована пайка											0,02
Б 14		Установка пайки хвилею АРП М6.890.001														
О 15		Пайку проводити згідно ТТП 316530 (129шт)														
М16		Припой ПОС-61				ГОСТ 21931-76							180	100	0,387	
17		Флюс АТІ-120				ГОСТ 32142-82							120	100	0,65	
18		Спиртобензинова суміш				ГОСТ 443-76							120	100	0,65	

Дубл			
Замість			
Підпис			

Аркуш 6

26 КР 172.403.021.003.000 | 26 КР 172.403.021.03.118

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
А01	403		021	050	4030210050 Електромонтаж											0,004
О02		1. Рихтувати елементи згідно ТТП 315826 (22шт)														
03		2. Установити перемички поз.2(22шт) згідно карти ескізів по ТТП254681														
04		3. Запаяти перемички поз.2(22шт) згідно карти ескізів по ТТП254681														
05	2	Перемичка				26 КР 172.403.021.001.002							796	100	2200	
К06		Пайку проводити згідно ТТП 316530														
Т07		Електропаяльник РД 105278														
08		Пінцет РТ 235641														
М09		Припой ПОС-61				ГОСТ 2131-76							180	100	0,066	
10		Флюс АТІ-120				ГОСТ 32142-82							120	100	0,11	
11		Спиртобензинова суміш				ГОСТ 443-76							120	100	0,11	
12																
А13	403		021	055	403021055 Слюсарно-складальна											0,005
14		1. Кріпити радіатор поз.3(2шт) згідно рис.1, гвинтами поз.39(2шт) через шайбу поз. 40 (2шт) згідно карти ескізів														
15	3	Радіатор				26 КР 172.403.021.001.003							796	100	200	
16	39	Гвинт			Г2,5-6gx5	ГОСТ 17473-80							796	100	200	
17	40	Шайба			2,5	ГОСТ 10450-78							796	100	200	
18																

Дубл			
Замість			
Підпис			

Аркуш 7

26 КР 172.403.021.003.000 | 26 КР 172.403.021.03.118

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
А 01	403		021	060	403021060 Регулювання											0,005
Б 02		Установка для регулювання РТ 628413														
О 03		Регулювати згідно інструкції 26 КР 403.021.003.000 і1														
04																
А 05	403		021	065	403021065 Лакування											0,005
Б 06			Установка для лакування РД 640138													
О 07		Лакувати плату по ТТП 156324														
М 08		Лак		АК-113		ГОСТ 23832-79							180	100	0,56	
09																
А 10	403		021	070	403021070 Технічний контроль											0,005
Б 11		Установка для регулювання РТ 628413														
О 12		Перевірку провести по інструкції 26 КР 403.021.003.000 і2														
13																
14																
15																
16																
17																
18																

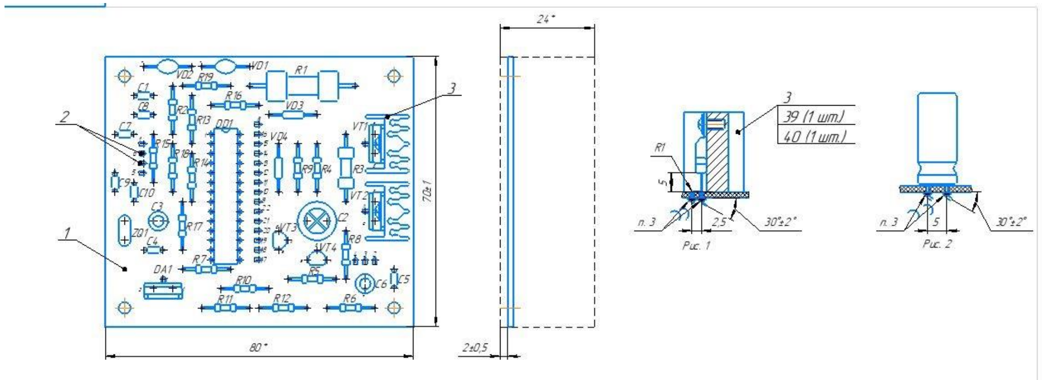
Дубл.				
Замість				
Підпис				

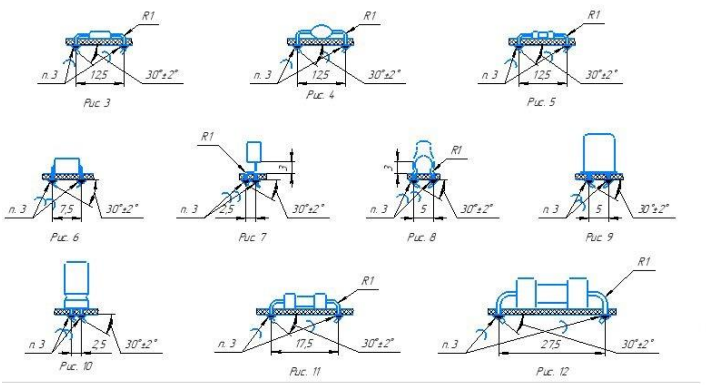
	Аркушів 8	Аркуш 8

Розробив	Паньків			ВСП ТФК ТНТУ	26 КР 172.403.021.003.000	26 КР 172.403.021.03.118
Перевірив	Недошитко					
Нормував				Вузол друкований		Н
Затвердив						
Н. контр.	Задорожний					

А	Цех	Діл	РМ	Опер	Код, назва операції	Позначення документу

Б	Код, назва обладнання	СМ.	Прф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ	Т ШТ
К-М	Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу	Позначення, код						СПП	ОВ	ОН	КВ	ВНТР





1. *Розміри 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 –на рис. 12; R2, R4...R20–на рис. 5, R3 –на рис. 11; ZQ1–на рис. 9; DD1–на рис. 6; DA1, VT1..VT2–на рис. 1; VT3...VT4–на рис. 7; C1, C4..C5, C7..C10–на рис. 8; C2–на рис. 2; C3, C6–на рис. 10; VD1..VD2–на рис. 4, VD3..VD4–на рис. 3.
Транзистори VT1...VT2 прикріпити до радіатора гвинтом поз. 39.
3. Паяти припоєм ПОС61 ГОСТ 21931–76.
4. Заводський номер, позначення елементів маркувати фарбою ЧМ, чорна, БМ, біла, ТУ029–02–859–78.
Шрифт 2,5 по НО. 010. 007.
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.070.015.

Дубл.							
Замість							
Підпис							

	Аркушів 4	Аркуш 1

Розробив	Паньків	ВСП ТФК ТНТУ	26 КР 172.403.021.003.000
Перевірив	Недошитко		
Нормував		Мікрофарадометр	26 КР 172.403.021.00.00
Затвердив			Н
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										
А 02	403		021	005	40302101 Комплектування						0,02
О 03	Комплектування проводити згідно ТТО 644081 (38шт)										
04											
А 05	403		021	010	40302102 Слюсарно-складальна						0,026
Б 06	Пневмоверт РД 532964										
О 07	Складання проводити по ТТП 231587										
08	1. Кріпити вузол керування до нижньої кришки поз.5 гвинтами поз.17(4шт) через шайбу поз.19(4шт) згідно карти ескізів										
09	2. Кріпити вузол індикації до верхньої кришки поз.4 гвинтами поз.17(4шт) через шайбу поз.19(4шт) згідно карти ескізів										
10	2. Кріпити розєм поз.14(XS1) та зажими поз.13(XP1,XP2) через втулку поз.4(1шт) у місці з'єднання двох кришок згідно карти ескізів										
11	3. Кріпити перемикач поз.12(SA1) до верхньої кришки поз.2 скло під дисплей поз.6 клеєм поз.22 та накладку під кнопку поз.8(3шт)згідно карти										
К 12	1	Вузол керування				26 КР 172.403.021.003.000 СК		796	100	100	
13	2	Вузол індикації				26 КР 172.403.021.003.001		796	100	100	
14	4	Верхня кришка				26 КР 172.403.021..004.001		796	100	100	

Дубл			
Замість			
Підпис			

Аркуш 2

26 КР 172.403.021.003.000 | 26 КР 172.403.021.00.00

А	Цех	Діл	РМ.	ОПЕР.	Код, назва операції	Позначення документу										
Б	Код, назва обладнання					СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ	Т ШТ
к-м	Назва деталі, скл одиниці або матеріалу					Позначення. код						СПП	ОВ	ОН	КВ	Н витр
01	5	Нижня кришка				26 КР 172.403.021.004.002							796	100	100	
02	6	Скло під дисплей				26 КР 172.403.021.004.003							796	100	100	
03	7	Втулка				26 КР 172.403.021.004.004							796	100	200	
04	8	Накладка під кнопку				26 КР 172.403.021.004.005							796	100	300	
05	12	Перемикач			ASV-09-102	"Jietong Switch"							796	100	100	
06	13	Зажим			AG-026	"Silvertronic"							796	100	100	
07	14	Роз'єм			PSCM3N	"Velleman"							796	100	100	
08	17	Гвинт			Г2,5-6gx5	ГОСТ 17473-80							796	100	800	
09	19	Шайба			2,5	ГОСТ 10450-78							796	100	800	
10																
А 11	403		021	015	40302103 Електромонтаж											0,006
О 12	Електромонтаж здійснювати по ТТП 316530 (22шт)															
Т 13	Пінцет РД 235641															
14	Електропаяльник РД 105278															
15	1. Паяти перемички до роз'єму поз.14(XS1)до перемикачів поз.12(SA1) до зажимів поз.13(XP1,XP2) згідно карти ескізів.															
М 16	Припой ПОС-61					ГОСТ 2131-76							180	100	0,066	
17	Флюс АТІ-120					ГОСТ 32142-82							120	100	0,11	
18	Спиртобензинова суміш					ГОСТ 443-76							120	100	0,11	

Дубл			
Замість			
Підпис			

Аркуш 3

26 КР 172.403.021.003.000 | 26 КР 172.403.021.00.00

А	Цех	Діл	РМ.	ОПЕР.	Код, назва операції	Позначення документу										
Б	Код, назва обладнання					СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОВД	ОН	ОП	К ШТ	Т ПЗ	Т ШТ
к-м	Назва деталі, скл одиниці або матеріалу					Позначення. код						СПП	ОВ	ОН	КВ	Н витр
А 01	403		021	020	40302104 Слюсарно-складальна											0,003
Б 02		Пневмоверт РД 532964														
О 03		Складання проводити по ТТП 231587														
04		1. Кріпити кришку верхню поз.4 до кришки нижньої поз.5 гвинтами поз.18(4шт) та ніжки поз.9 (4шт) згідно карти ескізів														
05	9	Ніжка				26 КР 172.403.021.004.006							796	100	400	
06	18	Гвинт			Г3,5-6gх20	ГОСТ 17473-80							796	100	400	
07																
08																
А 09	403		021	025	40302105 Регулювання											0,005
Б 10		Установка для регулювання РД 628413														
О 11		Регулювати згідно інструкції 26 КР 172.403.021.002.000 і1														
12																
А 13	403		021	030	40302106 Контроль якості											0,005
Б 14		Пульт РД 445127														
О 15		Провести візуальний контроль виробу, перевірку електричних параметрів згідно інструкції 26 КР 172.403.021.002.000 і2														
16																
17																
18																

Дубл.								
Замість								
Підпис								

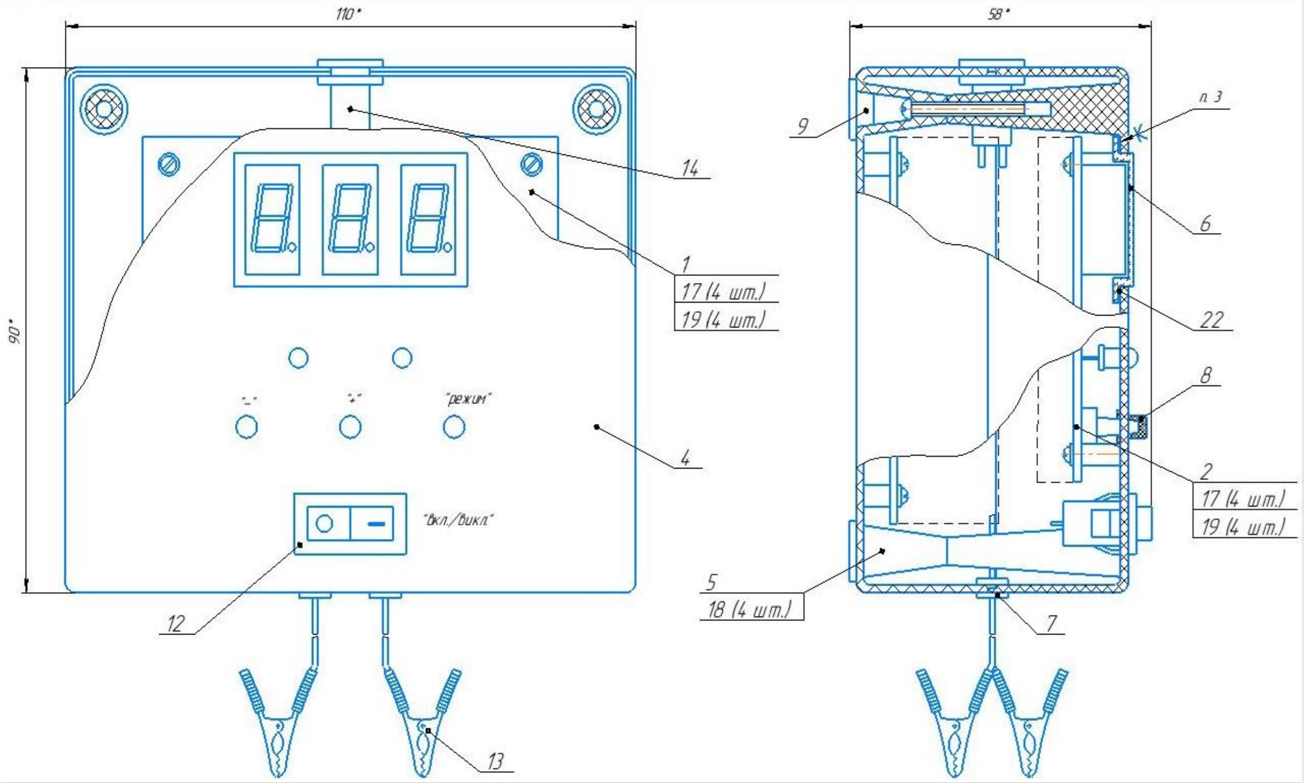
	Аркушів 4	Аркуш 4

Розробив	Паньків			ВСП ТФК ТНТУ	26 КР 172.403.021.003.000	26 КР 172.403.021.00.00
Перевірив	Недошитко					
Нормував				Мікрофарадометр		Н
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



Техніко – економічні показники мікрофарадометра

	Технічні показники			Економічні показники	
1	Напруга живлення вхідна	~220В...240В	1	Річний обсяг виробництва	970шт.
2	Струм споживання	0,1А	2	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	229125 грн
3	Габаритні розміри	110*90 *58 мм	3	Чистий прибуток	387598,42 грн
4	Маса	0,3кг	4	Повна собівартість на виріб	1522,81 грн
5	Допустима вологість повітря	80%	5	Ціна одиниці виробу	2010,11 грн.
6	Частота мережі	50Гц	6	Рентабельність виробу	26,24%
7	Діапазон вимірювання	1....999000 мкФ	7	Термін окупності	0,65р
8	Час вимірювання	не більше 2,5с	8	Індекс прибудковості	1,54