

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)
Приладів і контрольно-вимірювальних систем
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту (роботи)
магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Розробка інформаційно-вимірювальної системи для регулятора
температури та вологості в житлових та виробничих приміщеннях

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи РВм
спеціальності (напряму підготовки) 175
Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Плескун І.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Дубиняк Т.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра приладів і контрольно-вимірювальних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 175 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Плескуну Івану Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка інформаційно-вимірювальної системи для регулятора температури та вологості в житлових та виробничих приміщеннях

Керівник роботи к.т.н.доц. Дубиняк Тарас Степанович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «__» _____ 2025 року № _____

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Технологічне креслення. Технологічна документація

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Аналітична частина.

Основна частина. Науково-дослідна частина. Спеціальна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
Безпека в надзвичайних ситуаціях			

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	Пояснювальна записка		
1	Аналітична частина		
2	Основна частина		
3	Науково-дослідна частина		
4	Спеціальна частина		
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
	Загальні висновки до кваліфікаційної роботи		
	Графічний матеріал		

Студент

(підпис)

Плескун Іван Андрійович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Дубиняк Тарас Степанович

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	6
ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Розробка технічного завдання.....	8
1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу	8
1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз	9
1.4 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів	10
1.5 Обґрунтування вибору конструкції.....	13
2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	14
2.1 Опис і обґрунтування вибору елементної бази.....	14
2.2 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів	31
2.3 Конструктивний розрахунок друкованого монтажу	33
2.4 Оцінка теплових режимів роботи виробу (визначення необхідності встановлення радіатора та розрахунок його площі при потребі).....	38
2.5 Розрахунок показників надійності проектного пристрою	39
2.6 Техніко-економічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності.....	40
3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	42
3.1 Основи наукових досліджень та математичне моделювання.....	42
Висновки	45
4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	46
4.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу. Вибір типу технології	46
4.2 Якісна оцінка технологічності конструкції. Вибір інструментів, пристосувань, оснастки	47
4.3 Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів	50

	5
4.4 Кількісна оцінка технологічності друкованого вузла	51
4.5 Розробка і оформлення маршрутно-операційної технології складання і монтажу друкованого вузла	55
4.6 Розробка технології ремонту, регулювання виробу	56
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНІЙ СИТУАЦІЇ	59
5.1 Охорона праці	59
5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	64
ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	67

АНОТАЦІЯ

Темою кваліфікаційної роботи магістра є створення інформаційно-вимірювальної системи регулятора температури та вологості в житлових та виробничих приміщеннях. У роботі виконано розрахунок основних технічних параметрів пристрою, проведено якісну й кількісну оцінку його технологічності, визначено умови експлуатації.

У аналітичній та основній частинах роботи сформовано комплекс технічних вимог до розроблюваного радіоелектронного пристрою, здійснено обґрунтований вибір елементної бази, а також наведено детальний опис принципу його функціонування відповідно до електричної принципової схеми та проведено її всебічний аналіз. Виконано розрахунок електричних параметрів окремих каскадів, аргументовано вибір конструктивних рішень та подано опис конструкції. Додатково визначено показники надійності пристрою, проведено оцінку технологічності його конструкції та розроблено маршрутну-операційну технологію складання й монтажу друкованого вузла.

У розділі «Охорона праці» викладено вимоги техніки безпеки під час монтажу, складання та регулювання виробу, умови безпечної експлуатації та обслуговування пристрою, а також заходи із захисту навколишнього середовища під час його виготовлення.

ВСТУП

Темою кваліфікаційної роботи магістра є створення інформаційно-вимірювальної системи регулятора температури та вологості в житлових та виробничих приміщеннях. За умов сильних морозів і різких коливань температури виникає необхідність постійного контролю мікроклімату, тому створюваний пристрій призначений для автоматизації цього процесу.

У якості датчика температури та відносної вологості в проєктованому регуляторі використано термосенсор SH121D, вибір якого зумовлений його компактністю, високою точністю та підтримкою інтерфейсу I²C.

Поточні значення температури, вологості повітря та стан виконавчих елементів (нагрівача та вентилятора) відображаються на дворядковому символьному РК-індикаторі. Крім того, за запитом ці дані можуть передаватися на комп'ютер через інтерфейс RS-485.

В енергонезалежну пам'ять пристрою автоматично записуються дані про температуру та вологість двічі на добу — о 00:00 та 06:00. Загальний обсяг пам'яті дозволяє зберігати інформацію за 60 днів, після чого найстаріші записи послідовно заміщуються новими. Передача накопичених даних до комп'ютера здійснюється виключно за запитом користувача. Отримана інформація значно спрощує процес підбору оптимальних параметрів роботи регулятора для конкретних умов експлуатації.

Основою пристрою є мікроконтролер ATmega8-16AI. Програмне забезпечення для нього розроблено мовою BASIC у середовищі компілятора BASCOM для AVR. У разі прошивання мікроконтролера кодом із файлу SHT21_49_pod.hex та встановлення молодшого байта конфігурації на 0xFD, а старшого — на 0xD9, пристрій працює з кварцовим резонатором ZQ2 на частоті, заданій у принциповій схемі. Це забезпечує необхідну швидкість обміну даними через інтерфейс RS-485.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Розробка технічного завдання

Тип індикатора.....рідкокристалічний;
 Споживана потужність, Вт.....0,15;
 Маса, г.....300;
 Габаритні розміри, мм.....120x250x60;
 Тип живлення.....мережа 220В;
 Додаткове живлення.....акумуляторна батарея;
 Напруга живлення, В.....~220В;
 Напруга батареї, В.....3;
 Ємність батареї, мАг.....150;
 Максимальний струм споживання, мА.....150;
 Діапазон робочих температур, С.....-20...+40.

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

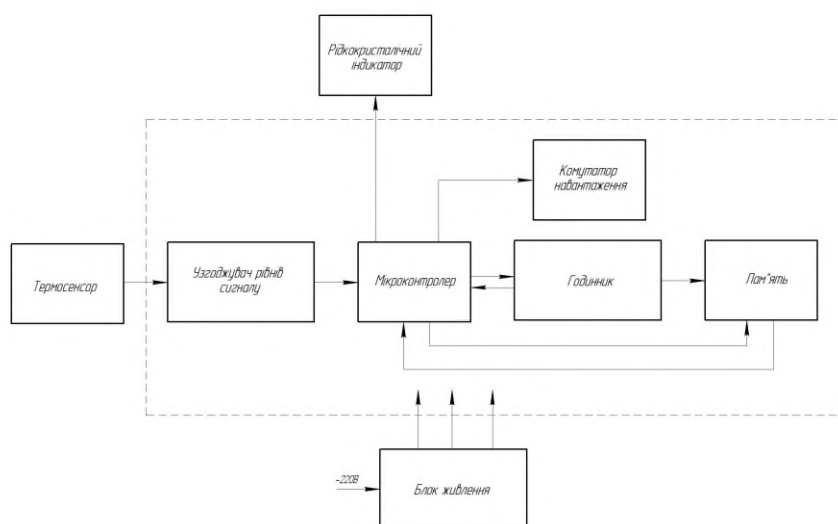


Рисунок 1.1 - Структурна схема регулятора температури і вологості в погребі

Датчик В1 під'єднується до роз'єма XS2 пристрою та взаємодіє з мікроконтролером через інтерфейс I²C. Далі сформований ним сигнал надходить на узгоджувальний блок рівнів сигналів. Мікроконтролер також взаємодіє з мікросхемами годинника реального часу DD2 та енергонезалежної пам'яті DD1, які підключені відповідно до стандартних схем.

Літієвий елемент GB1 забезпечує живлення мікросхеми DD2 та підтримує безперебійну роботу годинника у разі тимчасового знеструмлення основного джерела живлення. Рідкокристалічний індикатор HG1, що підтримує відображення кирилических символів, містить два рядки по шістнадцять символів кожен і під'єднаний до мікроконтролера через чотирирозрядну шину даних.

Транзистори VT3 і VT4, керовані сигналами мікроконтролера, забезпечують управління повітряним нагрівачем та вентилятором, установленими в погребі, і входять до складу блоку керування навантаженням.

Електроживлення пристрою забезпечується блоком живлення, який формує стабілізовану напругу +5 В для мікросхем та +12 В для комутаційних кіл.

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

Електрична принципова схема пристрою подана у графічній частині проекту.

Датчик В1 під'єднується до роз'єма XS2 та взаємодіє з мікроконтролером через інтерфейс I²C. Для двонаправленого узгодження логічних рівнів сигналів SDA та SCL між датчиком і мікроконтролером застосовано вузол на польових транзисторах VT1 і VT2. Через цей же інтерфейс до мікроконтролера підключені мікросхеми годинника реального часу DD2 та

енергонезалежної пам'яті DD1, виконані за стандартними схемотехнічними рішеннями.

Літієвий елемент GB1 забезпечує живлення мікросхеми DD2 та підтримує безперервну роботу годинника при короточасному вимкненні основного джерела живлення. Рідкокристалічний індикатор HG1 із підтримкою кирилиці містить два рядки по шістнадцять символів та підключений до мікроконтролера за схемою з чотирирозрядною шиною даних. Струм підсвічування індикатора встановлюється резистором R11, а оптимальна контрастність зображення регулюється підстроювальним резистором R12.

Мікросхема DD3 разом із резисторами R1, R2, R4–R6 забезпечує узгодження лінії зв'язку інтерфейсу RS-485, підключеного до роз'єма XS1, із мікроконтролером. Якщо в систему, окрім комп'ютера та регулятора температури й вологості, не підключаються інші пристрої, резистори R4 і R6 не встановлюються, а замінюються перемичками R1 та R2.

Транзистори VT3 і VT4, керовані сигналами мікроконтролера, забезпечують управління нагрівачем повітря та вентилятором, під'єднаними до роз'ємів XS3 та XS4 відповідно. Якщо ці виконавчі пристрої споживають струм понад 0,8 А або розраховані на напругу, що перевищує напругу живлення регулятора, їх підключення здійснюється через проміжні реле з відповідною комутаційною здатністю контактів. У такому випадку до роз'ємів XS3 і XS4 під'єднуються саме обмотки реле.

Живлення регулятора можливе від джерела напруги 24В або 12В — залежно від номінальної напруги нагрівача та вентилятора.

1.4 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покрить

Конструктивно виріб являє собою пристрій, виконаний у пластмасовому корпусі. На елементах корпусу розміщено такі електрорадіоелементи, як

трансформатор, батарея резервного живлення, мережевий шнур та рідкокристалічний індикатор.

Враховуючи психофізіологічні особливості користувача, елементи індикації та керування мають наступне розташування. На передній панелі, у правій її частині, встановлено рідкокристалічний індикатор, який відображає всю інформацію про поточний стан пристрою. Тут же розташовані роз'єми для підключення вентилятора й нагрівача, а також порт Mini USB. На задній панелі передбачено отвір для роз'єма підключення термодатчика.

На верхній кришці змонтовано п'ять кнопок керування пристроєм. У спеціальному відсіку нижньої кришки розміщено батарею додаткового живлення.

Під час розроблення друкованого вузла враховано такі вимоги компонування: забезпечення оптимальної щільності розміщення елементів, мінімізація паразитних електричних зв'язків, що можуть впливати на технічні параметри виробу, та дотримання ергономічних норм.

Автоматизоване компонування друкованої плати виконано за допомогою програмного забезпечення Altium Designer та графічного редактора КОМПАС. Габаритні розміри плати визначено відповідно до технологічних умов її виготовлення, при цьому вони оптимізовані з урахуванням економічної доцільності та стандартизації типорозмірів інструментів і засобів монтажу.

Габаритні розміри друкованої плати повинні відповідати вимогам стандарту ГОСТ 10317-72, згідно з яким рекомендовані типорозміри плат мають співвідношення сторін від 1:1 до 2:1. Максимальна ширина плати не повинна перевищувати 500 мм. Рекомендовані значення товщини становлять 0,8; 1; 1,5; 2; 2,5; 3 мм.

За наявності штирових виводів електрорадіоелементи встановлюються в отвори друкованої плати, після чого виводи загинають під кутом 60°, обрізають у межах контактних площадок і запаюють методом хвильового паяння. Такий спосіб монтажу забезпечує підвищену щільність компонування, оскільки дає

змогу розмістити більшу кількість елементів на одній платі. Під час розташування електрорадіоелементів необхідно дотримуватися таких вимог:

Напівпровідникові прилади та мікросхеми не повинні розташовуватися поруч з елементами, що виділяють значну кількість тепла, та поблизу джерел інтенсивних магнітних полів (постійні магніти, трансформатори тощо).

У зоні елементів, що нагріваються, необхідно забезпечити умови для природної конвекції повітря.

Необхідно забезпечити вільний доступ до тих елементів конструкції, які можуть потребувати підбору або регулювання під час налагодження електричної схеми.

У разі, коли корпус елемента є електропровідним і під ним проходить провідник, слід передбачити ізоляцію корпусу або самого провідника. Ізоляція може бути виконана шляхом надягання ізоляційної трубки на корпус елемента, нанесенням епоксидної маски на поверхню плати або наклеюванням ізоляційних прокладок у відповідній зоні. Коректне розташування корпусів мікросхем на друкованій платі суттєво впливає на такі параметри радіоелектронного апарата, як габарити, маса, надійність та завадостійкість.

Крок розміщення інтегральних мікросхем визначається вимогами до щільності компонування, тепловими умовами їх роботи, обраним методом створення топології (ручним чи автоматизованим), типом корпусу та загальною складністю електричної схеми. Рекомендоване значення кроку встановлення ІМС становить 2,5 мм, при цьому мінімальні зазори між корпусами не повинні бути меншими за 1,5 мм. Виводи мікросхем зазвичай орієнтують з одного боку друкованої плати, оскільки монтаж здійснюється у наскрізні отвори. Корпуси ІМС забезпечують надійну фіксацію завдяки запаяним виводам і здатні витримувати практично всі механічні навантаження, що виникають під час експлуатації.

1.5 Обґрунтування вибору конструкції

Конструкція виробу включає корпус, друкований вузол, акумуляторну батарею, рідкокристалічний індикатор, трансформатор та мережевий шнур. Верхня та нижня кришки виконані у П-подібній формі, а в їхніх кутах передбачені стійки, що забезпечують з'єднання елементів корпусу за допомогою саморізів. Обидві кришки виготовляються методом лиття під тиском. Передня та задня панелі мають просту прямокутну конфігурацію та також можуть виготовлятися способом лиття під тиском.

На передню панель встановлюється рідкокристалічний індикатор, а також виконано отвори для роз'ємів, призначених для підключення вентилятора, нагрівача та комп'ютера. Задня панель містить отвір для під'єднання термодатчика. У нижній кришці передбачено спеціальний відсік для розміщення акумуляторної батареї, а у верхній — п'ять отворів для кнопок керування пристроєм.

Друкований вузол фіксується на нижній кришці за допомогою чотирьох гвинтів; аналогічним способом до неї кріпиться й трансформатор. Корпус виготовляється з пластмаси, що забезпечує низку переваг: зменшення маси виробу, спрощення технологічного процесу, зниження собівартості та покращення зовнішнього вигляду.

Рациональне взаєморозміщення конструктивних елементів забезпечує технологічність складання та можливість зручного регулювання пристрою. Для електричного під'єднання елементів, розташованих на корпусі, з друкованим вузлом використовуються перемички.

2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Під час добору елементної бази для проектованого виробу основними критеріями необхідно вважати такі вимоги:

1. відповідність номінальних параметрів елементів значенням, зазначеним у принциповій електричній схемі;
2. наявність необхідних компонентів у виробничому обігу;
3. відповідність технічним вимогам конструкції;
4. економічна доцільність застосування;
5. універсальність радіоелементів;
6. стабільність параметрів у процесі експлуатації;
7. мінімальна кількість типорозмірів корпусів.

Виходячи з цих критеріїв, було обрано такі електрорадіоелементи. У ролі електролітичних конденсаторів застосовуються конденсатори типу ЕСАР виробництва фірми «Taywan» — оксидно-електролітичні компоненти з помірним відхиленням ємності, що є достатнім для забезпечення необхідних параметрів виробу. Подібні конденсатори призначені для функціонування в колах постійного та пульсуючого струму, а також у режимах імпульсної роботи.

Зазначені елементи є маловартісними, доступними та широко розповсюдженими, що сприяє автоматизації процесу виробництва та знижує собівартість виготовлення пристрою.

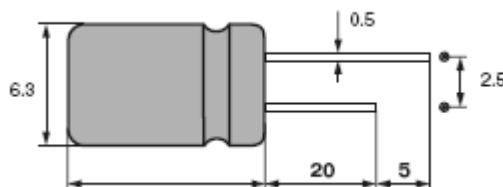


Рисунок 2.1 - Габаритні розміри конденсатора ЕСАР виробник фірми «Taywan»

Основні параметри:

Робоча напруга, В.....	16В;
Відхилення ємності від номінального значення, %.....	± 30 ;
Інтервал робочих температур, °С	$-40 \dots +100$;
ТКС, %	$+3,3$;
Відносна вологість, %	до 98;
Діапазон тиску, гПа.....	6,6-2942;
Діапазони ємностей, мкФ.....	10–5000;
Група ТКС:.....	П100;
Тангенс кута діелектричних втрат.....	15...40.

Конденсатори типу К10-176 є керамічними неізолюваними елементами, що характеризуються малими габаритами, низькою вартістю та широкою доступністю. Ці конденсатори відзначаються сприятливими електричними характеристиками та призначені для роботи в колах постійного й пульсуючого струму, а також у режимах імпульсної дії. Застосування конденсаторів цього типу сприяє підвищенню технологічності та можливості автоматизації процесу виготовлення виробу.

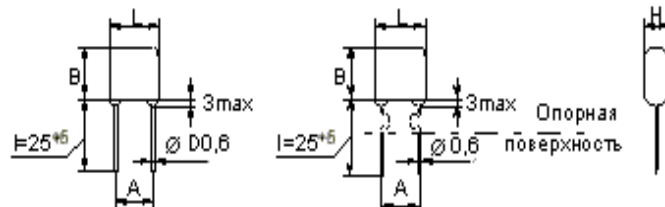


Рисунок 2.2 - Габаритні розміри конденсатора типу К10-176

Основні параметри:

Робоча напруга, В.....	160;
Відхилення ємності від номінального значення, %.....	± 10 ;
Інтервал робочих температур, °С.....	-60...+125;
Температурний коефіцієнт ємності, %.....	+3,3;
Відносна вологість, %.....	до 98;
Діапазон тиску, гПа.....	6,6-2942;
Діапазони ємностей.....	5нФ – 0,4мкФ;
Група ТКЄ:.....	Н20.

У даному пристрої цей тип конденсаторів застосовано завдяки їх широкій доступності, низькій вартості та електричним параметрам, що повністю відповідають вимогам схеми за значенням ємності.

Мікросхему типу LM7812СТ виробництва компанії «Fairchild Semiconductor» використано як стабілізатор напруги джерела живлення. Її вибір зумовлений відповідністю необхідній напрузі стабілізації, високою якістю, а також широким поширенням, що спрощує закупівлю та підвищує технологічність виготовлення пристрою.

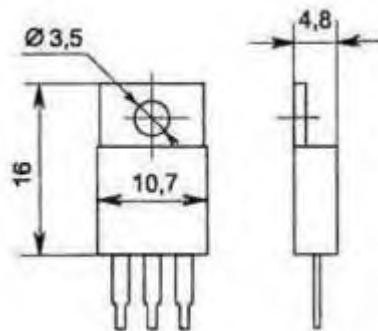


Рисунок 2.3 - Габаритні розміри мікросхеми типу LM7812СТ виробництва компанії «Fairchild Semiconductor»

Основні параметри:

Тип вихідної напруги.....	не регулююча;
Вихідна напруга, В.....	12;
Вихідний струм, А.....	1;
Нестабільність вихідного навантаження, мВ.....	240;

Максимальна вхідна напруга, В.....	27;
Нестабільність вихідної напруги або струму, мВ.....	240;
Максимальна робоча температура, С.....	+125;
Мінімальна вхідна напруга, В.....	14,5;
Мінімальна робоча температура, С.....	-40.

Мікросхема типу LM7805CT виробництва компанії «Fairchild Semiconductor» використовується в пристрої як додатковий стабілізатор напруги джерела живлення. Її вибір визначений відповідністю необхідному рівню стабілізованої напруги, високою якістю та широкою доступністю, що робить її оптимальним рішенням для даної конструкції.



Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд мікросхеми типу LM7805CT виробництва компанії «Fairchild Semiconductor»

Основні параметри:

Тип вихідної напруги.....	не регулююча;
Вихідна напруга, В.....	5,2;
Вихідний струм, А.....	0,25;
Нестабільність вихідного навантаження, мВ.....	50;
Максимальна вхідна напруга, В.....	18;
Нестабільність вихідної напруги або струму, мВ.....	50;
Максимальна робоча температура, С.....	+125;
Мінімальна вхідна напруга, В.....	5;
Мінімальна робоча температура, С.....	-40.

Мікросхема REG1117-3.3 виробництва компанії «Texas Instruments» використовується в пристрої як стабілізатор напруги живлення мікросхем. Її

вибір обумовлений відповідністю необхідному рівню стабілізації, широкою доступністю, оптимальною вартістю та високою якістю виконання.



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд мікросхеми типу REG1117-3.3
виробництва компанії «Texas Instruments»

Основні параметри:

Тип вихідної напруги.....	не регулююча;
Вихідна напруга, В.....	3,3;
Вихідний струм, А.....	0,8;
Нестабільність вихідного навантаження, мВ.....	35;
Максимальна вхідна напруга, В.....	5,3;
Нестабільність вихідної напруги або струму, мВ.....	35;
Максимальна робоча температура, С.....	+100;
Мінімальна вхідна напруга, В.....	3,1;
Мінімальна робоча температура, С.....	-40.

Мікросхема AT24C64N-10SI-2.5 виробництва компанії «Atmel» застосовується в даному пристрої як енергонезалежна пам'ять, у якій зберігається інформація про роботу приладу. Її вибір зумовлений відповідністю необхідним електричним параметрам та стабільністю функціонування в заданих умовах.



Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд мікросхеми типу AT24C64N-10SI-2.5
виробництва компанії «Atmel»

Основні параметри:

Напруга живлення, В.....	2,7...5,5;
Тип інтерфейсу.....	2-провідний послідовний;
Протокол передачі даних.....	двонаправлена передача даних ;
Часткові записи сторінок.....	32 байт сторінка;
Самосинхронний цикл запису, мс.....	10;
Циклів запису.....	1000000;
Утримування даних, років.....	100;
Кількість виводів.....	8;
Тип монтажу.....	поверхневий;
Діапазон температур, С.....	-40...+85.

Мікросхема DS1307 виробництва компанії «Maxim» є годинником реального часу та використовується в даному пристрої для забезпечення точного виконання запрограмованих операцій у визначені моменти часу. Її застосування обумовлене доступною вартістю, широкою поширеністю та високою надійністю.



Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд мікросхеми типу DS1307 виробництва компанії «Maxim»

Основні параметри:

Напруга живлення, В.....	4,5...5,5;
Напруга батареї, В.....	2...3,5;
Вхідний струм, мА.....	4;
Частота годинника, кГц.....	100;
Діапазон температур, С.....	-40...+85.

Мікросхема SN75176BD виробництва компанії «Texas Instruments» використовується в даному пристрої як контролер інтерфейсу RS-485. Її вибір

зумовлений відповідністю необхідним електричним параметрам, високою якістю, широкою доступністю та низькою вартістю.



Рисунок 2.8 – Зовнішній вигляд мікросхеми типу SN75176BD виробництва компанії «Texas Instruments»

Основні параметри:

Функція.....	трансівер;
Кількість драйверів.....	1;
Кількість приймачів.....	1;
Діапазон даних, Mbps.....	10;
Робоча напруга, В.....	5;
Струм живлення, мА.....	42;
Вид монтажу.....	SMD;
Діапазон температур, С.....	-40...+85.

Мікросхема ATMEGA8-16AI виробництва компанії «Atmel» є мікроконтролером, що здійснює повне керування роботою пристрою. Її використання обумовлене відповідністю електричним параметрам, особливостями архітектури, а також високою надійністю у процесі експлуатації.

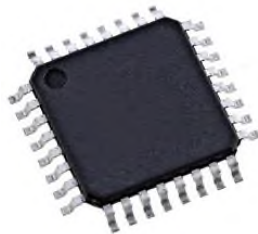


Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд мікросхеми типу ATMEGA8-16AI виробництва компанії «Atmel»

Основні параметри:

Робочі регістри.....	32x8;
----------------------	-------

Пропускна здатність, МГц.....	16;
Самопрограмований флеш, Кб.....	8;
Циклів запису/стирання флеш.....	10000;
Об'єм EEPROM, байт.....	512;
Циклів запису/стирання EEPROM.....	100000;
Об'єм внутрішньої SRAM, Кб.....	1;
Кількість каналів АЦП.....	6;
Кількість програмованих входів/виходів.....	23;
Напруга живлення, В.....	2,7...5,5;
Споживання струму при активності, мА.....	3,6;
Споживання струму в режимі очікування, мА.....	1;
Споживання струму при відключенні, мкА.....	0,5;
Діапазон температур, С.....	-40...+85.

Термодатчик SHT21D виробництва компанії «Sensirion AG» застосовано в даному пристрої як сенсор температури та вологості. Його вибір визначений відповідністю електричним параметрам, високою точністю вимірювань та якістю виконання.



Рисунок 2.10 – Зовнішній вигляд термодатчика типу SHT21D виробництва компанії «SENSIRION AG»

Осовні параметри:

Вхідний струм, мА.....	100;
Діапазон напруг, В.....	0,3...5;
Діапазон вимірюваних температур, С.....	-50...+125;
Діапазон вимірювання вологості, %.....	20...80;

Для забезпечення безперебійного живлення в пристрої застосовується батарея типу CR123A-3V виробництва компанії «GP-Battery». Її вибір зумовлений відповідністю необхідній напрузі та ємності, що гарантує стабільну роботу пристрою під час відсутності основного живлення.



Рисунок 2.11 – Зовнішній вигляд батарейки типу CR123A-3V виробництва компанії «GP-Battery»

Основні параметри:

Тип батареї.....	Літієва;
Напруга, В.....	3;
Рівень саморозряду, % в рік.....	2;
Термін збереження, років.....	5...10;
Діапазон температур, С.....	-35...+65.

Для відображення інформації про роботу пристрою використано рідкокристалічний індикатор WH1602B-YYK-CTK виробництва компанії «Winstar». Його застосування обумовлене відповідністю необхідним електричним параметрам, доступною вартістю, широкою поширеністю та високою якістю виконання.



Рисунок 2.12 – Зовнішній вигляд індикатора типу WH1602B-YYK-CTK виробництва компанії «Winstar»

Основні параметри:

Тип індикатора.....	PKI;
Розрядність.....	16x2;

Підсвітка.....	жовто-зелена;
Розміри, мм.....	80x36;
Видима область, мм.....	66x16;
Напруга живлення,.....	В...3,3...9;
Діапазон температур, С.....	-20...+70.

Оптимальним вибором постійних резисторів для даного пристрою є резистори типу С2-29 виробництва компанії «Ресурс» потужністю 0,125 Вт. Ці резистори вирізняються високою стабільністю параметрів, незначною залежністю опору від температури, частоти та напруги, компактними розмірами й підвищеною надійністю. Елементи цього типу призначені для роботи в колах постійного, змінного та імпульсного струму. Завдяки широкому поширенню та доступності їх легко придбати, а невисока вартість сприяє зменшенню собівартості виробу.

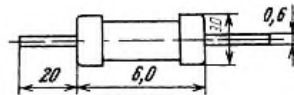


Рисунок 2.13 - Габаритні розміри резистора С2-29
виробництва компанії «Ресурс»

Основні параметри:

Номінальна потужність, Вт.....	0,125;
Діапазон номінальних опорів, Ом.....	1...10·10 ⁶ ;
Допустиме відхилення опору, %.....	±10;
Максимальна робоча напруга, В.....	200;
Діапазон робочих температур, °С.....	-60.....+70.

Для підстроювання електричних параметрів у пристрої застосовано підстроювальний резистор типу СПЗ-38б групи В з номінальним опором 10 кОм. Цей елемент має стабільні електричні характеристики, достатню надійність, доступну вартість і відповідає вимогам схеми.

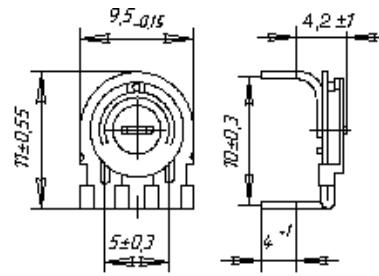


Рисунок 2.14 - Габаритні розміри резистора типу СПЗ-386

Основні параметри:

Номінальна потужність, Вт.....0,5;

Діапазон номінальних опорів, кОм.....1-4,7·10³;

Максимальна робоча напруга, В.....250;

Допустиме відхилення опору, %.....±20;

Діапазон робочих температур, °С.....-60.....+70.

Кнопки типу FSM8JH виробництва компанії «Тусо» застосовуються в даному пристрої для керування його робочими режимами. Їх вибір обумовлений відповідністю необхідному способу комутації, компактними габаритними розмірами та доступною вартістю.



Рисунок 2.15 – Зовнішній вигляд кнопки типу FSM8JH виробництва компанії «Тусо»

Основні параметри:

Максимальна напруга, В.....	24;
Максимальний струм, А.....	0,05;
Кількість виводів.....	4;
Порогова напруга, В.....	150;
Опір ізолятора, Ом.....	50;
Опір контакту, Ом.....	0,02;
Спосіб монтажу.....	на плату;
Інтервал робочих температур, °С.....	-60...+70.

Для перетворення змінної напруги на постійну в пристрої застосовано діодний міст КЦ405А. Цей компонент відзначається широкою доступністю, низькою вартістю та відповідністю необхідним електричним параметрам, що робить його оптимальним вибором для даної схеми.

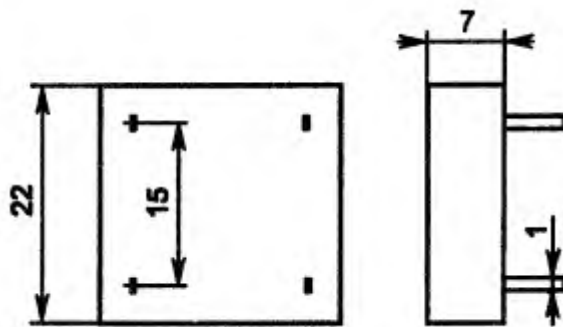


Рисунок 2.16 – Габаритні розміри діодного моста типу КЦ405А

Основні параметри:

Зворотня напруга, В.....	600;
Максимальний прямий струм, А.....	1,5;
Максимальний зворотній струм, мкА.....	125;
Максимальна частота, кГц.....	20;
Робоча температура, С.....	-40...+85.

Для пропускання струму в одному напрямку та виконання функції випрямлення в пристрої застосовано діод 1N4004 виробництва компанії «NXP Semiconductor». Його вибір зумовлений надійними електричними характеристиками, широкою поширеністю та доступною вартістю.



Рисунок 2.17 – Зовнішній вигляд діода типу 1N4004 «NXP Semiconductor»

Основні параметри:

Зворотня напруга, В.....	4000;
Час відновлення, нс.....	100;
Допустимий прямий імпульсний струм, А.....	30;
Ємність, пФ.....	5;
Максимальний прямий струм, А.....	1;
Максимальний зворотній струм, мкА.....	5;
Максимальна частота, кГц.....	350;
Робоча температура, С.....	-65...+150.

Транзистор 2N7002 виробництва компанії «Fairchild Semiconductor» у даному пристрої входить до складу вузла двонаправленого узгодження логічних рівнів сигналів SDA та SCL між датчиком і мікроконтролером. Його вибір визначений відповідністю необхідним електричним параметрам та стабільністю роботи в заданому режимі.



Рисунок 2.18 – Зовнішній вигляд транзистора типу 2N7002 виробництва компанії «Fairchild Semiconductor»

Основні параметри:

Структура.....	n-канал;
Максимальна напруга втік-витік, В.....	60;
Опір каналу у відкритому стані, МОм.....	2800;
Корпус.....	sot23;
Струм витоку, мА.....	300;
Опір втік-витік, Ом.....	5;
Потужність розсіювання, Вт.....	0,83;
Струм споживання, А.....	1,2;
Робоча температура, С.....	-65...+150.

Транзистор IRF1503L виробництва компанії «International Rectifier» застосовується в даному пристрої у складі вузла керування навантаженнями, зокрема вентилятором та нагрівачем. Його вибір зумовлений відповідністю необхідним електричним параметрам, надійністю роботи в комутаційних режимах та відносно невисокою вартістю.



Рисунок 2.19 – Зовнішній вигляд транзистора типу IRF1503L виробництва компанії «International Rectifier»

Основні параметри:

Структура.....	n-канал;
Максимальна напруга втік-витік, В.....	30;
Опір каналу у відкритому стані, МОм.....	2000;
Корпус.....	to-262;
Струм витоку, мА.....	350;
Опір втік-витік, МОм.....	3,3;
Потужність розсіювання, Вт.....	20;

Максимальний струм споживання, А.....12;

Робоча температура, С.....-55...+175.

Для підключення пристрою до комп'ютера застосовано роз'єм MiniUSB-A виробництва компанії «Ningbo Xinya M&E». Його вибір обумовлений відповідністю типу комутації та конструктивним вимогам, що робить його оптимальним для використання у даному пристрої.



Рисунок 2.20 – Зовнішній вигляд роз'єму типу MiniUSB-A виробництва компанії «Ningbo Xinya M&E»

Основні параметри:

Серія.....Mini USB;

Функціональне призначення.....розетка;

Спосіб монтажу.....на плату;

Тип монтажу.....поверхневий;

Форма контактів.....кутова;

Кількість контактів.....5;

Максимальний струм, А.....2;

Максимальна напруга, В.....50.

Для підключення термодатчика у пристрої використано роз'єм типу 5081R виробництва компанії «China». Його вибір зумовлений відповідністю типу комутації та конструктивним вимогам, що забезпечує надійне з'єднання та сумісність із загальною схемотехнікою пристрою.



Рисунок 2.21 – Зовнішній вигляд роз'єму типу 5081R виробництва компанії «China»

Основні параметри:

Функціональне призначення.....	штекер;
Спосіб монтажу.....	на плату;
Форма контактів.....	кутова;
Крок контактів, мм.....	2,5;
Кількість контактів.....	4;
Матеріал ізолятора.....	нейлон;
Опір ізолятора не менш, МОм.....	1000;
Матеріал контактів.....	фосфориста бронза;
Опір контактів не більше, Ом.....	0,02;
Максимальний струм через контакт, А.....	7;
Робоча напруга, В.....	250;
Граничне напруга не менше, В.....	1500;
Робоча температура, °С.....	-25...+90.

Для підключення навантаження в пристрої застосовано роз'єм типу CWF-2R виробництва компанії «Ningbo Zhenqin Electronic». Його вибір обумовлений відповідністю типу комутації та конструктивним вимогам, що забезпечує надійну роботу та сумісність із схемотехнікою пристрою.



Рисунок 2.22 – Зовнішній вигляд роз'єму типу CWF-2R виробництва компанії «Ningbo Zhenqin Electronic»

Основні параметри:

Функціональне призначення.....	штекер;
Спосіб монтажу.....	на плату;
Тип монтажу.....	в отвір;
Форма контактів.....	кутова;
Кількість контактів.....	2;
Максимальний струм, А.....	3;
Максимальна напруга, В.....	50.

Для забезпечення стабільності тактової частоти в пристрої застосовуються два типи кварцових резонаторів. Їх вибір зумовлений відповідністю необхідним частотам стабілізації, високою якістю, доступною вартістю та широкою поширеністю на ринку, що робить їх оптимальними для використання у даній конструкції.



Рисунок 2.23 - Зовнішній вигляд кварцового резонатора типу DT-38t-32768Гц виробництва компанії «China»

Основні параметри:

Резонансна частота, Гц.....	32768;
Номер гармоніки.....	3;
Навантажувальна ємність, пФ.....	12,5;
Робоча температура, С.....	-10...+60;

Корпус.....dt-38t.



Рисунок 2.24 - Зовнішній вигляд кварцового резонатора типу HC-49U
виробництва компанії «Інтеграл»

Основні параметри:

Резонансна частота, МГц.....4,9152;
Навантажувальна ємність, пФ.....20;
Робоча температура, С.....-40...+70;
Корпус.....dt-38t.

У проектованому виробі застосовано сучасну елементну базу. Під час вибору компонентів враховувалося оптимальне співвідношення між їх вартістю та технічними характеристиками, а також здатність забезпечувати необхідні електричні параметри та надійність роботи в умовах заданих температур, вологості та механічних навантажень.

2.2 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

Випрямлячі мережевих блоків живлення транзисторної апаратури радіоаматори найчастіше реалізують за схемою, поданою на рисунку 2.25.

Трансформатор TV1 знижує напругу електромережі до необхідного рівня, після чого діодний міст VD1 виконує випрямлення отриманої напруги. Конденсатор фільтра Сф згладжує пульсації випрямленої напруги, а резистор Rн виконує роль еквівалента навантаження. Під час проектування мережевого блоку живлення спочатку, виходячи з параметрів навантаження, виконують розрахунок випрямляча, після чого — розраховують параметри трансформатора відповідно до отриманих значень.

1. Вихідні дані для розрахунку:

$$U_{BX} = 24V;$$

$$I_H = 1A;$$

$$U_H = 5V;$$

$$F_{II} = 50\Gamma\text{ц}.$$

2. Визначення максимального струму діодів випрямного моста

Максимальний струм через кожен діод визначається залежністю:

$$I_{\partial} = 0,5 * C * I_H \quad (2.1)$$

де: I_H – максимальний струм навантаження;

C – коефіцієнт, який залежить від струму навантаження.

3. Розрахунок зворотної напруги діодів

$$U_{зв.} = 1,5 * U_H \quad (2.2)$$

де: U_H – напруга на навантаженні;

$$U_{зв.} = 1,5 * 5V = 7,5 (B)$$

4. Вибір діодного моста

Обираємо діодний міст КЦ405А, оскільки його параметри перевищують розраховані:

$$I_{II} = 1,5A > I_{д} = 1,1 (A);$$

$$U_{зв.} = 600V > U_{зв.д.} = 7,5 (B)$$

Цей міст забезпечує необхідний запас за струмом і зворотною напругою.

5. Розрахунок ємності фільтруючого конденсатора

Ємність конденсатора визначається за формулою:

$$C_{\phi} = \frac{3200 \cdot I_H}{U_H \cdot K_{II}} \quad (2.3)$$

де: I_H – максимальний струм навантаження;

U_H – напруга на навантаженні;

K_{II} – коефіцієнт пульсацій випрямленої напруги.

$$C_{\phi} = \frac{3200 \cdot 1A}{5V \cdot 10^{-3}} = 96,4(\mu\Phi)$$

Для заданих умов обираємо фільтруючий конденсатор типу К10-17 ємністю 100нФ, робочою напругою 160 В.

Подальший розрахунок трансформатора виконуємо з урахуванням навантаження випрямляча. Припустимо використання магнітопроводу типу УШ12×12 з площею поперечного перерізу осердя 1,4 см². У цьому випадку первинна обмотка трансформатора, розрахована на напругу мережі 220 В, повинна містити:

$$w_1 = \frac{50 \cdot U_1}{S} \quad (2.4)$$

де: U_1 – напруга мережі електроживлення;

S – площа поперечно перерізу магнітопроводу;

$$w_1 = \frac{50 \cdot 220B}{1,4cm^2} = 7857 \text{ витків}$$

Вторинна обмотка визначається за формулою:

$$w_2 = \frac{55 \cdot U_2}{S} \quad (2.5)$$

де: U_2 – вихідна напруга випрямляча;

$$w_2 = \frac{55 \cdot 5B}{1,4cm^2} = 196 \text{ витків}$$

Для виконання первинної обмотки доцільно застосовувати провід діаметром 0,1...0,12 мм, тоді як для вторинної обмотки слід використовувати провід діаметром 0,2...0,25 мм.

2.3 Конструктивний розрахунок друкованого монтажу

Розрахунок друкованого монтажу здійснюється у три етапи, першим з яких є розрахунок за умов дії змінного струму, за постійним струмом та конструктивно-технологічний розрахунок. Процедур розрахунку проводимо в такій послідовності.

1. Вибір методу виготовлення та класу точності

Враховуючи технологічні можливості виробництва та вимоги стандарту ОСТ 4.010.022–85, для виготовлення друкованої плати обирається комбінований метод та встановлюється 3-й клас точності.

2. Визначення мінімальної ширини друкованого провідника для кіл живлення та заземлення

Ширина провідника, виходячи з допустимої густини струму:

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{i_{\text{дон}} \cdot t}, \quad (2.6)$$

$I_{\max} = 1\text{А}$ - максимальний струм навантаження (за результатами аналізу принципової схеми);

$i_{\text{дон}} = 48\text{А/мм}^2$ – допустима густина струму для комбінованого методу;
 $t = 35\text{ мкм}$ — товщина мідного провідника.

$$b_{\min 1} = \frac{1\text{А}}{48 \cdot 0,035} = 0,59\text{мм}$$

Таблиця 2.1 – Допустима густина струму залежно від методу виготовлення

Метод виготовлення	товщина фольги t , мкм	Допустима густина струму, $j_{\text{доп}}$, А / мм ²	Питомий опір, ρ , Ом мм ² / м
Хімічний: внутрішні шари БДП, зовнішні шари ОДП, ДПП	20, 35, 50 20, 35, 50	15 20	0,050
Комбінований позитивний	20 35 50	75 48 38	0,0175
Електрохімічний	--	25	0,050

За результатами розрахунку та з урахуванням того, що мінімальна ширина провідника для 3 класу точності становить 0,65 мм, приймаємо 0,65 мм.

3. Визначення мінімальної ширини провідника за допустимим падінням напруги

$$b_{\min 2} = \frac{\rho \cdot I_{\max} \cdot l}{t \cdot U_{\text{дон}}}, \quad (2.7)$$

де $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ – питомий об'ємний опір;

$L = 0,51 \text{ м}$ – довжина провідника;

$U_{\text{дон}} = 0,6B$ – допустиме падіння напруги (не більше 5 % напруги живлення та межі завадостійкості мікросхем). Для 3 класу точності мінімальна ширина провідника становитиме 0,25 мм.

$$b_{\text{min}2} = \frac{0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \cdot 14 \cdot 0,51 \text{ м}}{0,6B \cdot 0,035 \text{ мм}} = 0,42 \text{ мм}$$

4. Визначаю номінальне значення діаметрів монтажних отворів d :

$$d = d_E + |\Delta d_{\text{н.в.}}| + r, \quad (2.8)$$

де d_E – максимальний діаметр виводу встановлюваного елемента;

$\Delta d_{\text{н.в.}}$ – нижнє граничне відхилення номінального діаметра монтажного отвору (для всіх елементів приймається 0,1 мм);

r – технологічний зазор між мінімальним діаметром отвору та максимальним діаметром виводу ЕРЕ, що вибирається в межах 0,1...0,4 мм.

Розраховані значення діаметрів отворів підлягають округленню до нормованого ряду: 1,1; 1,3; 1,5 мм.

Для груп елементів приймаються такі значення d_E :

0,7 мм — для малопотужних резисторів, електролітичних і керамічних конденсаторів, інтегральних мікросхем, кнопок та кварцових резонаторів;

1,1 мм — для діодів, транзисторів, підстроювальних резисторів, стабілізаторів, роз'ємів та місць підпаювання провідників.

$$d = d_E + |\Delta d_{\text{н.в.}}| + r = 0,7 + |_{\pm 0,1}| + 0,1 = 0,9 \text{ мм}$$

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

Приймаємо такі стандартні діаметри отворів 0,9; 1,3.

5. Розрахунок діаметрів контактних площадок

Мінімальний діаметр контактної площадки:

$$D_{\text{min}} = D_{1\text{min}} + 1,5h\phi + 0,03, \quad (2.9)$$

де $h\phi$ – товщина фольги;

D_{1min} – мінімальний ефективний діаметр площадки;

$$D_{1min} = 2 \left(b_m + \frac{d_{max}}{2} + \delta d + \delta p \right), \quad (2.10)$$

де b_m – відстань від краю просвердленого отвору до краю контактної площадки, $b_m = 0,06$ мм.

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

$\delta_d = 0,08$ мм, $\delta_p = 0,2$ мм.

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

$$d_{max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15), \quad (2.11)$$

де Δd - допуск на отвір.

$$d_{max1} = 0,9 + 0,05 + 0,1 = 1,05 \text{ мм}$$

$$d_{max2} = 1,3 + 0,05 + 0,1 = 1,45 \text{ мм}$$

$$D_{1min1} = 2 \left(0,06 + \frac{1,05}{2} + 0,08 + 0,2 \right) = 1,72 \text{ мм}$$

$$D_{1min2} = 2 \left(0,06 + \frac{1,45}{2} + 0,08 + 0,2 \right) = 2,12 \text{ мм}$$

$$D_{min1} = 1,72 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 1,8 \text{ мм}$$

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

Максимальний діаметр контактної площадки:

$$D_{max} = D_{min} + (0,02 \dots 0,06), \quad (2.12)$$

$$D_{max1} = 1,8 + 0,02 = 1,82 \text{ мм}$$

$$D_{max2}=2,2+0,02=2,22\text{мм}$$

6. Визначаю ширину провідників:

$$b_{min}=b_{1min}+1,5h_{\phi}, \quad (2.13)$$

де b_{1min} - мінімальна ефективна ширина провідника, мм. $b_{1min}=1,39\text{мм}$ для плат 1-, 2-, 3- го класу точності.

$$b_{min}=1,39\text{мм}+1,5\cdot0,035=1,44\text{мм}$$

7. Визначаємо мінімальні відстані між елементами провідного малюнка.

Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою визначається за формулою:

$$S_{1min} = L_0 - \left[\left(\frac{D_{max}}{2} + \delta p \right) + \left(\frac{d_{max}}{2} + \delta d \right) \right], \quad (2.14)$$

$$S_{1min1} = 2,5 - \left[\left(\frac{1,82}{2} + 0,2 \right) + \left(\frac{1,05}{2} + 0,08 \right) \right] = 0,79\text{мм}$$

$$S_{1min2} = 2,5 - \left[\left(\frac{2,22}{2} + 0,2 \right) + \left(\frac{1,45}{2} + 0,08 \right) \right] = 0,39\text{мм}$$

де L_0 – відстань між центрами відповідних елементів;

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

$$S_{2min} = L_0 - (d_{max} + 2\delta_p), \quad (2.15)$$

$$S_{2min1} = 2,5 - (1,05 + 1,8 \cdot 0,2) = 1,09\text{мм}$$

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

Мінімальна відстань між двома провідниками:

$$S_{3min} = L_0 - (d_{max} + 2\delta_d), \quad (2.16)$$

$$S_{3min1} = 2,5 - (1,5 + 1,8 \cdot 0,08) = 1,15 \text{ мм}$$

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

Розрахунок виконано відповідно до методики, наведеної у [Л.1].

У процесі електричного розрахунку було визначено такі мінімальні значення відстаней:

1. Мінімальний інтервал між двома контактними площадками становить 0,65 мм;
2. Відстань між елементами провідного рисунка — 0,39 мм;
3. Проміжок між двома провідниками має бути не меншим за 0,89 мм.

2.4 Оцінка теплових режимів роботи виробу (визначення необхідності встановлення радіатора та розрахунок його площі при потребі)

Для оцінки теплових режимів роботи пристрою проведено аналіз елементів, що можуть бути джерелами тепловиділення. У конструкції використано трансформатор, який виконує функції перетворення енергії. Оскільки його потужність є невеликою, нагрівання трансформатора незначне та може розсіюватися природним шляхом без застосування примусового охолодження. Таким чином, необхідність у вентиляційних отворах або додаткових системах охолодження в зоні розміщення трансформатора відсутня.

У пристрої також використовуються два транзистори, що виконують комутацію навантаження. Оскільки величина навантаження є малою, тепловиділення цих транзисторів знаходиться в межах допустимих значень, що усуває потребу у застосуванні радіаторів або вентиляторів.

З урахуванням наведених факторів конструкція пристрою не потребує встановлення радіаторів чи передбачення вентиляції в корпусі, а також відсутня

необхідність у проведенні додаткових розрахунків тепловіддачі або системи охолодження.

2.5 Розрахунок показників надійності проектного пристрою

Надійність виробу визначається його здатністю стабільно виконувати задані функції в установлених умовах експлуатації, забезпечуючи при цьому збереження основних параметрів у межах допустимих норм. До основних розрахункових показників надійності належать інтенсивність відмов, середній наробіток до відмови та ймовірність безвідмовного функціонування.

Розрахунок показників надійності для проектного пристрою виконано з використанням програмного забезпечення NAD Release. Вихідні дані, необхідні для проведення розрахунку, наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.1 - Вихідні дані для розрахунку надійності

п/п	Назва групи елементів	К-сть шт.	$K_{\text{нопр}}$	$I_{\text{відм}} * 1e-06$	$K_{\text{-сть}} * K_{\text{нав від}} * 1e-06$
1	Термодатчик	1	1	15	15
2	Конденсатори керамічні	11	0,1	1,4	1,54
3	Конденсатори електролітичні	4	0,4	2,4	3,84
4	Напівпровідникові мікросхеми	7	1	0,03	0,21
5	Батарея	1	1	19	19
6	Рідкокристалічний індикатор	1	1	4	4
7	Резистори 0,125Вт	15	0,42	0,8	5,04
8	Підстроювальні резистори	1	0,42	5	2,1
9	Кнопки	5	1	0,5	2,5
10	Трансформатор живлення	1	0,1	3	0,3
11	Діоди випрямні малопотужні	3	0,35	0,7	0,735
12	Транзистори ВЧ кремнієві	4	0,35	1,7	2,38
13	Роз'єм	4	1	0,05	0,2
14	Кварцовий резонатор	2	1	0,2	0,4
15	Плата друкована	1	1	0,1	0,1
16	Провідники та пайки навісні	16	1	0,02	0,32

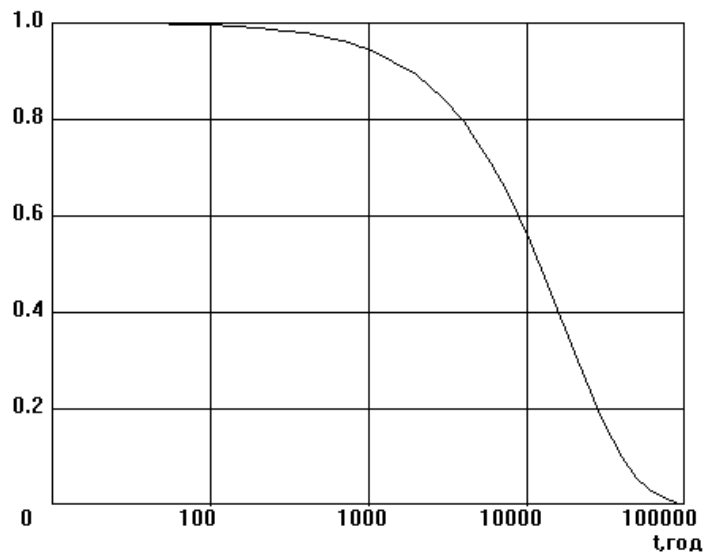


Рисунок 2.26 – Графік залежності імовірності безвідмовної роботи пристрою від часу

Середній напрацювання на відмову становить 26 256 год. Отримане значення свідчить про достатньо високий рівень надійності пристрою (див. рис. 2.26), що гарантує його стабільну та довготривалу роботу в заданих умовах експлуатації.

2.6 Техніко-економічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності

Проектований пристрій орієнтований на широкий спектр споживачів. Враховуючи, що основною цільовою аудиторією є користувачі із середнім рівнем матеріального забезпечення, важливо забезпечити оптимальне співвідношення вартості та якості. Саме тому під час розроблення друкованої плати регулятора температури і вологості для погребу було обрано елементну базу з доступних і поширених електрорадіоелементів. Незважаючи на деякий розкид параметрів таких компонентів, вони забезпечують стабільний режим роботи пристрою за належних умов експлуатації.

Пристрій призначений для використання в нормальних кліматичних умовах, тобто без значних температурних коливань. Експлуатація в умовах надто низьких або високих температур можлива, однак потребуватиме застосування дорожчих елементів, що суттєво вплине на кінцеву вартість виробу та знизить його конкурентоспроможність на ринку.

Корпус пристрою виготовлено з пластмаси, що забезпечує низку переваг: низьку вартість, можливість створення деталей практично будь-якої складності, знижена маса виробу та привабливі дизайнерські характеристики. Водночас пластмаса має і недоліки — нижчу механічну міцність та слабку теплопровідність. Тому для обладнання зі значними тепловиділеннями зазвичай застосовують металеві корпуси.

У підсумку розроблено пристрій, який поєднує доступну вартість і достатньо високі електричні параметри під час роботи в нормативних умовах експлуатації. Це забезпечує високий потенціал попиту серед споживачів із середнім рівнем забезпечення.

Розрахуємо споживану потужність пристрою.

Для визначення активної споживаної потужності використовується залежність:

$$P = U * I \quad (2.17)$$

де U – напруга живлення пристрою, становить 24В;

I – струм споживання пристрою, становить 1А;

$$P = 24V * 1A = 24W$$

Проектований регулятор температури та вологості для погребу живиться від трансформатора з вихідною напругою 24 В. Потужність пристрою при максимальному навантаженні становить 24 Вт. Це пікове значення, притаманне лише критичним режимам роботи. У нормальних умовах експлуатації фактична споживана потужність буде істотно меншою.

3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Основи наукових досліджень та математичне моделювання

Моделювання системи керування температурним режимом господарського приміщення

Відповідні кліматичні умови в господарському приміщенні, в нашому випадку погребі, є необхідною передумовою збереження закладеної продукції. Для створення необхідних визначених конкретними нормами зберігання умов, таких як температура, вологість, тощо, слід забезпечити робочий простір ефективними автоматизованими системами керування даними показниками (системами клімат-контролю). Впровадженню системи у виробництво і подальшу експлуатацію передують симулювання її функцій на математичній моделі, яке дозволяє без експериментального тестування підібрати параметри виконавчих механізмів, що забезпечать оптимальний режим функціонування.

Розглянемо структурну схему автоматизованої системи управління мікрокліматом, зокрема температурним режимом, складського приміщення. Вихідною інформацією для синтезу сигналу керування є дані про характеристики повітря в приміщенні. На основі аналізу отриманих даних здійснюється керування приточно-витяжною системою. Структурна схема системи керування показана на рис. 1.

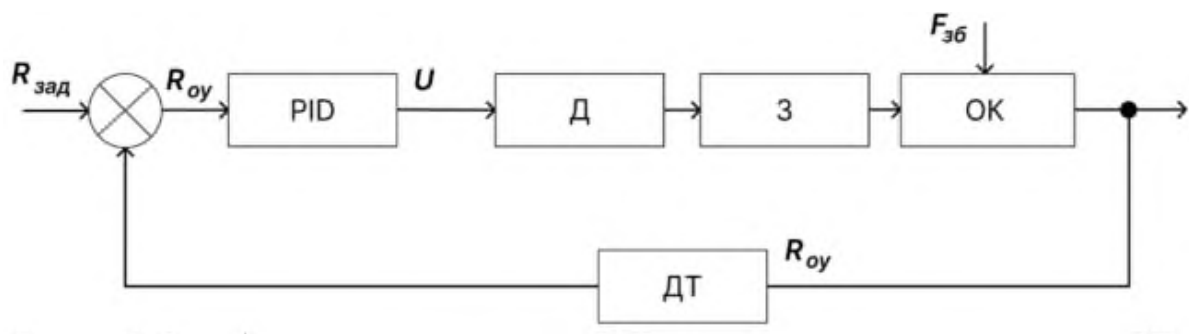


Рисунок 3.1 Структурна схема системи керування показана температурним режимом

До складу функціональних блоків структурної схеми входять: PID-регулятор;

Д – виконавчий механізм (електродвигун); З – регулюючий орган (заслонка); ОК – об'єкт керування (складське приміщення); ДТ – датчик температури; Rзад – задане значення температури; Roу – фактична температура в приміщенні; Fзб – зовнішній тепловий вплив на об'єкт керування; U – керувальна напруга.

Підтримання робочого рівня температури здійснюється через вплив повітря, надходження якого до приміщення регулюється виставленням заслінки на певному рівні, залежно від заданої температури, впливу зовнішнього середовища та динамічних характеристик виконавчих механізмів. Для оптимального налаштування системи була створена S-модель в середовищі MATLAB SMULNK, показана на рис. 2.

Динамічні характеристики ланок:

$$W_{TE} = \frac{k}{T_p + 1}$$

де k -температурний коефіцієнт спротиву теплоносія, Tr – постійна часу.
Передавальна функція регулюючого органу (заслонка);

$$W_{BM} = \frac{k}{T_{BM} + 1}$$

де k -температурний коефіцієнт спротиву теплоносія, Tr – постійна часу;

$$W_{PO} = \frac{k_{PO}}{T_{PO} + 1}$$

де kPO – коефіцієнт чутливості регулюючого клапана, Tro – постійна часу.

Параметри налаштування ПД-регулятора подані в Таблиці 1.

Таблиця 1. Параметри PID регулятора

Параметр	Значення
Пропорційна складова коефіцієнту підсилення	0.20456
Інтегральна складова коефіцієнту підсилення	0.044256
Диференційна складова коефіцієнту підсилення	0.23427
Час наростання	3.63, с
Час встановлення	10.6, с
Пікова характеристика	1.04

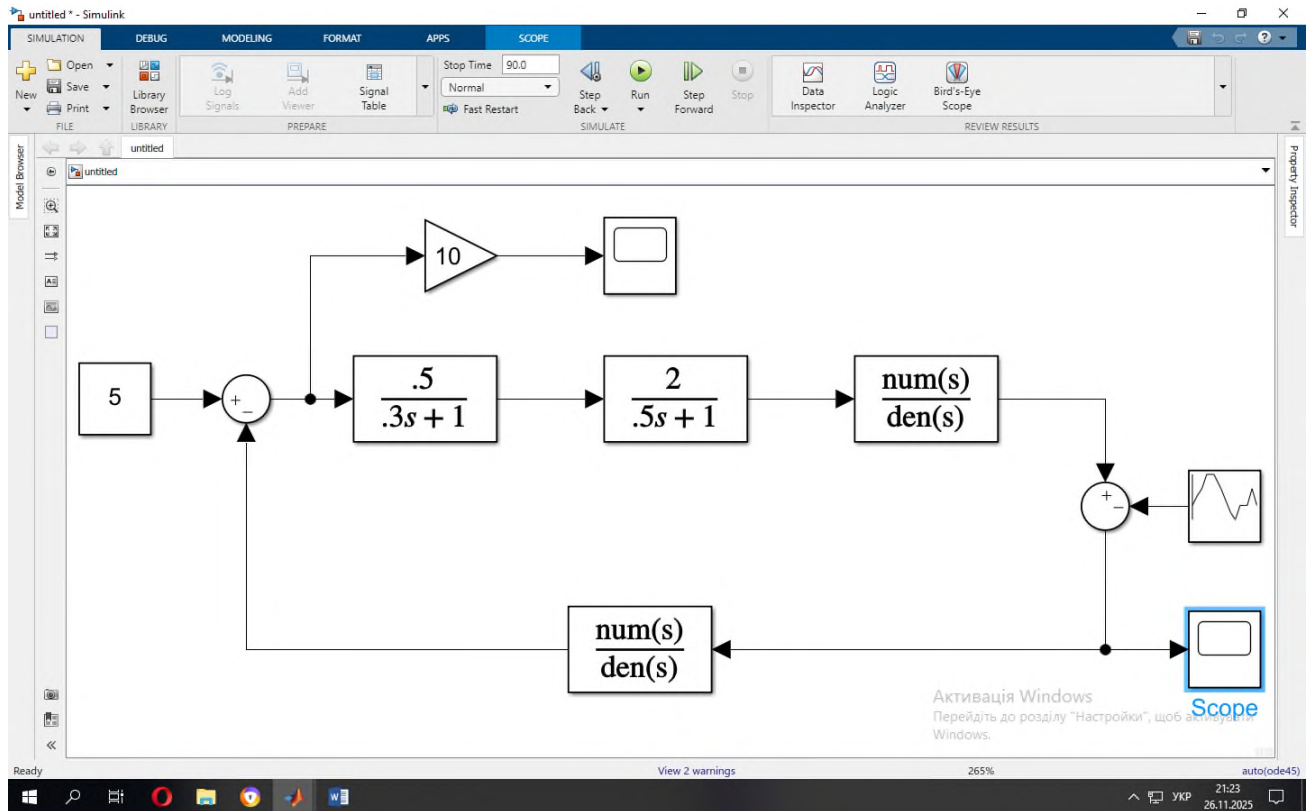


Рисунок 3.1 S-модель системи автоматичної підтримки рівня температури

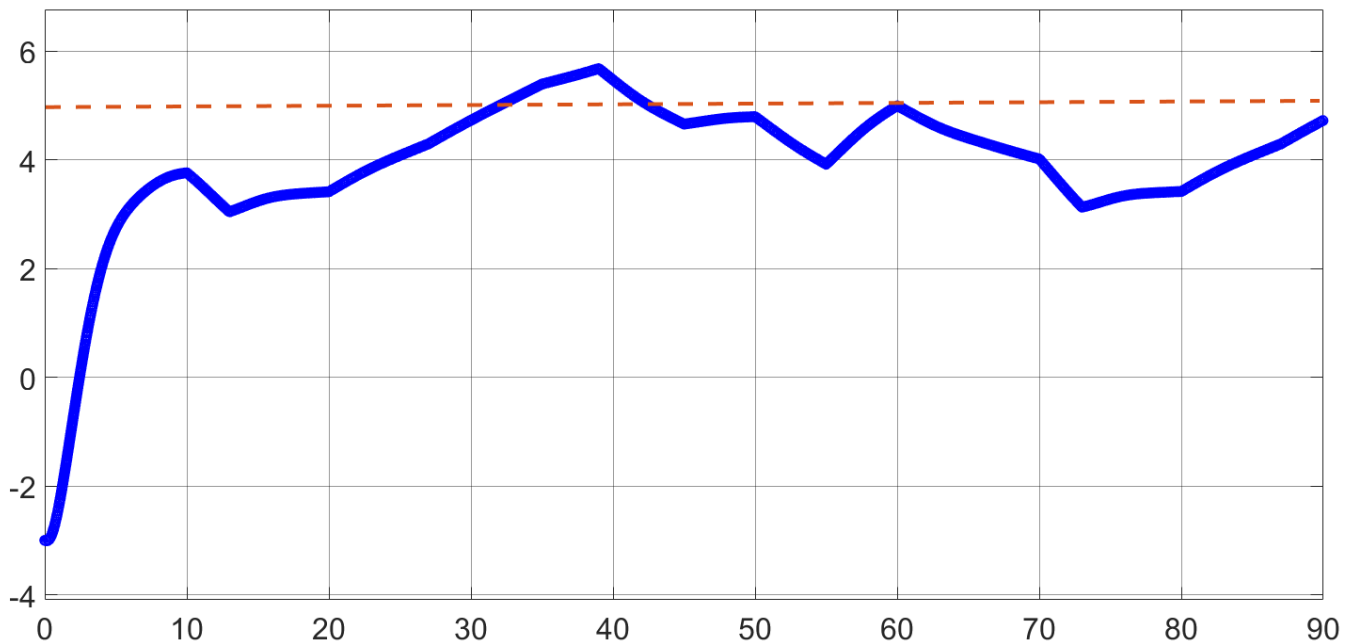


Рисунок 3.1. Динаміка температурного режиму в контрольованому середовищі

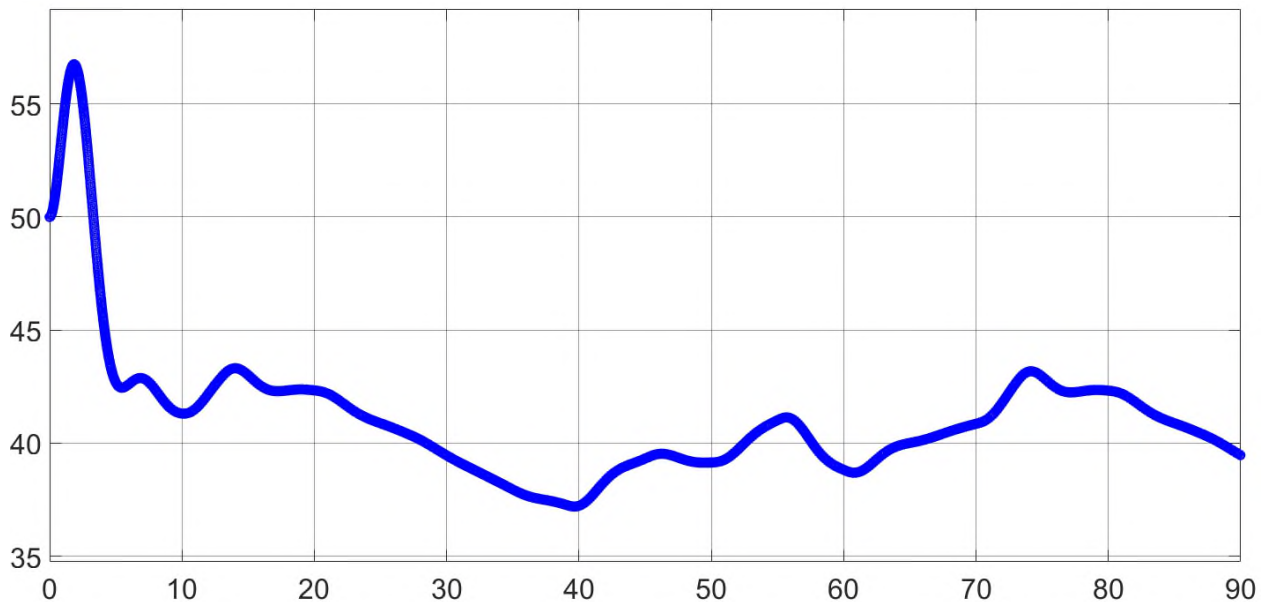


Рисунок 3.1 Динаміка витрат на підтримання температурного режиму на заданому рівні

Висновки

Здійснено симулювання функціонування системи автоматичного регулювання температури, представленої структурною схемою на рис. 1, на S-моделі, показаній на рис.2. Розглянута система автоматичного регулювання температури повітря забезпечує постійний моніторинг та контроль процесу вентиляції, в результаті чого температура підтримується на заданому рівні, як показано на рис. 3. Також змодельовано динаміку витрат на підтримання температурного режиму на заданому рівні як показано на рис.4.

Розглянута S-модель дозволяє здійснювати симулювання досліджуваної системи за різних динамічних і фізичних характеристик її вузлів і, таким чином, підбирати оптимальні режими роботи з огляду на потреби користувача.

4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

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

Для забезпечення технологічності конструкції виробу, а також полегшення процесів складання на виробництві та розбирання під час налагодження, корпус доцільно виконати з верхньої та нижньої кришок, а також передньої і задньої панелей. Така конструкція забезпечує зручний доступ до внутрішніх вузлів і сприяє простоті їх регулювання та обслуговування.

Корпус виготовляється методом лиття під тиском — одним із найбільш поширених технологічних процесів сучасного виробництва пластикових деталей. Технологія передбачає заповнення формувальної порожнини прес-форми розплавленим матеріалом із подальшим ущільненням його під тиском та охолодженням до формування готової деталі. Для закріплення друкованого вузла в конструкції передбачено чотири інтегровані литі стійки. Товщина стінок корпусу становить 2 мм. Застосування друкованого монтажу істотно спрощує процес складання виробу, а також полегшує його налагодження та регулювання.

Основним елементом конструкції є друкована плата, виготовлена комбінованим методом із двостороннього фольгованого склотекстоліту СФ2-35-ІКП (ГОСТ 10316-78) товщиною 1,5 мм. При цьому методі незахищені ділянки фольги видаляються шляхом хімічного травлення, після чого виконується металізація монтажних отворів. Метод є складнішим та дорожчим порівняно з одношаровим травленням, проте забезпечує високу щільність монтажу та технологічність.

Перед установленням радіоелементів друковану плату маркують фарбою ТНТФ-01 (ТУ 29-02-889-88). Підготовка радіоелементів включає формування виводів. Для більшості компонентів рекомендується зигзагоподібне формування, що скорочує тривалість монтажних операцій, знижує

трудомісткість та не потребує додаткових робочих місць. Виводи конденсаторів і мікросхем не формуються, оскільки постачаються вже підготовленими.

Лудження виводів проводиться вручну із застосуванням флюсу АТІ-120. Монтаж радіоелементів здійснюється вручну, а подальша пайка виконується автоматизованим методом «хвилі припою», що дає змогу одночасно запаювати всі виводи елементів. Для компонентів, які не можуть бути пропаяні хвилею припою, застосовується ручна пайка електричним паяльником напругою 36 В. Використовується припій ПОС-61 (ГОСТ 21931-76) та флюс АТІ-120 (ГОСТ 32142-82).

Після завершення пайки плата промивається і покривається захисним прозорим лаком АК-113 (ГОСТ 23832-79), який захищає її від впливу вологи та навколишнього середовища і здатен витримувати температурний діапазон від -60°C до $+100^{\circ}\text{C}$.

Закріплення плати у корпусі виконується саморізами з використанням електроверта, що підвищує швидкість складання. Пояснювальні написи на поверхню корпусу наносять швидковисихаючою фарбою з використанням методу трафаретного (сіткографічного) друку.

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

Технологічність конструкції виробу визначається як сукупність властивостей, що забезпечують можливість досягнення оптимальних витрат праці, матеріалів, часу та виробничих ресурсів під час технологічної підготовки, виготовлення, експлуатації та ремонту виробу. Оцінювання технологічності проводиться шляхом порівняння цих показників із відповідними параметрами аналогічних конструкцій за умови дотримання встановлених вимог до якості.

Метою оцінки технологічності є забезпечення ефективного аналізу та опрацювання конструкції з точки зору мінімізації витрат часу і ресурсів, необхідних для її розроблення, виробництва, технічного обслуговування та

ремонту. Під час якісного оцінювання виконують конструктивно-технологічний аналіз виробу, оцінюючи його пристосованість до умов виробництва, а також трудомісткість виготовлення і експлуатації.

Якісна оцінка технологічності охоплює опис та обґрунтування вибору конструкційних матеріалів для елементів корпусу та друкованої плати, визначення застосовуваних методів і умов виготовлення, а також перелік інструментів і обладнання, необхідних для реалізації технологічного процесу.

Під час якісної оцінки технологічності аналізується обсяг виконуваних робіт, необхідні інструменти та пристосування для виготовлення виробу. Нижче наведено перелік основних технологічних операцій, що виконуються в процесі складання:

1. Заготівельні роботи.

Здійснюється підготовка всіх необхідних радіoeлектронних компонентів до подальшого використання. Цю операцію виконують працівники, відповідальні за комплектацію виробів.

2. Установлення та кріплення деталей.

Монтаж основних компонентів виконується вручну, однак для окремих операцій можуть застосовуватися напіваавтоматизовані монтажні машини.

3. Прокладання та фіксація монтажних проводів (гнучких перемичок).

Монтуються провідники, призначені для під'єднання елементів, які не розміщені безпосередньо на друкованій платі.

4. Пайка монтажних з'єднань.

Основну пайку виконують автоматизованим методом «хвилі припою». Пайку гнучких перемичок здійснюють вручну з використанням електропаяльника. У процесі застосовують припій ПОС-61 та флюс ЛТІ-120.

5. Контроль механічної міцності паяних з'єднань.

Випробування проводять на спеціалізованих стендах шляхом створення штучних навантажень — вібрацій, тиску та інших факторів, що моделюють реальні умови експлуатації. Операцію виконують фахівці, які володіють необхідними навичками роботи з відповідним випробувальним обладнанням.

6. Контроль правильності монтажних з'єднань.

Виконується візуально працівниками середньої кваліфікації для виявлення помилок у розміщенні та орієнтації елементів.

7. Контроль електричної міцності з'єднань.

Проводиться на спеціальних контрольних пультах працівниками середньої кваліфікації з метою перевірки відповідності електричних параметрів вимогам схеми.

Після виконання зазначеного технологічного процесу формується повністю змонтований друкований вузол проектного пристрою.

Наступним етапом є виготовлення корпусу. Оскільки конструкцією передбачено дві кришки, технологічний процес їх виготовлення включає такі операції:

8. Виготовлення прес-форми.

Формоутворювальну оснастку виготовляють згідно з типовою інструкцією з використанням верстатів із числовим програмним керуванням.

9. Підготовка пластмасової суміші.

Матеріал для кришок готується згідно з технологічними вимогами та призначений для формування методом лиття під тиском.

10. Процес лиття.

Лиття здійснюється через литникові канали у попередньо підготовлені прес-форми.

11. Охолодження виробу.

Відбувається поступове охолодження розплаву до моменту набуття необхідної механічної міцності.

12. Механічне доопрацювання.

Виконується видалення литникових каналів, свердління технологічних та монтажних отворів, а також інші доробки, передбачені технічними вимогами.

13. Контроль якості.

Проводиться суцільний (100%) контроль якості виготовлених деталей. Операція виконується фахівцями шляхом візуальної перевірки.

Завершальною стадією є складання елементів корпусу, після чого виготовлення виробу вважається завершеним. Детальний опис операцій складання наведено в технологічному процесі.

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

Щоб виготовити друкований вузол, необхідно отримати друковану плату з нанесеним провідним малюнком, виконаними монтажними отворами та сформованими контактними площадками. Як діелектричну основу застосовано склотекстоліт, який повинен відповідати таким вимогам:

1. Забезпечувати високу механічну міцність навіть за незначної товщини;
2. Характеризуватися достатньою гнучкістю та можливістю оброблення всіма видами різання;
3. Володіти високою хімічною стійкістю та вологостійкістю;
4. Мати малу діелектричну проникність;
5. Забезпечувати високу адгезію провідного шару;
6. Проявляти мінімальні діелектричні втрати в діапазоні робочих частот.

У виробі використовується фольгований склотекстоліт із товщиною мідної фольги 35 мкм. Мідний провідний шар забезпечує необхідні електричні характеристики та добре адгезує до ізолюючої основи.

Друкована плата виготовляється комбінованим методом, що передбачає виконання таких основних технологічних операцій:

1. різання заготовок;
2. пробивання базових отворів;
3. підготовка поверхні заготовок;
4. нанесення сухого плівкового фоторезисту;

5. нанесення захисного лакового покриття;
6. свердління монтажних та технологічних отворів;
7. хімічне міднення;
8. видалення проміжного захисного лаку;
9. гальванічне осадження покриття;
10. електролітичне міднення та нанесення захисного покриття;
- 11 зняття фоторезисту;
- 12 хімічне травлення друкованої плати;
13. промивання плати;
14. механічне доопрацювання.

У результаті виконання технологічного процесу отримують готову двосторонню друковану плату з малюнком провідників, контактними та кріпильними отворами.

4.4 Кількісна оцінка технологічності друкованого вузла

Кількісна оцінка технологічності передбачає визначення показників технологічності виробу на основі математичних залежностей. У процесі такого оцінювання обчислюють комплексний показник технологічності K , який відображає усереднене значення часткових показників з урахуванням вагових коефіцієнтів, що визначають їхню відносну значущість у загальній системі розрахунку.

Одним із показників є коефіцієнт використання мікросхем і мікроборок у вузлі, що характеризує ступінь застосування високорівневих інтегрованих елементів у конструкції:

$$K_{\text{вик.імс}} = \frac{H_{\text{імс}}}{H_{\text{ере}}}, \quad (4.1)$$

де $H_{\text{імс}}$ – кількість мікросхем і мікроборок у вузлі, $H_{\text{імс}} = 7$;

$H_{\text{ере}}$ – загальна кількість електрорадіоелементів, $H_{\text{ере}} = 56$.

$$K_{\text{вик.імс}} = \frac{7}{56} = 0,12$$

Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу $K_{\text{а.м.}}$ визначається за формулою:

$$K_{\text{а.м.}} = \frac{H_{\text{а.м.}}}{H_{\text{м}}}, \quad (4.2)$$

де $H_{\text{а.м.}}$ з'єднань = 58;

$H_{\text{м}}$ – загальна кількість монтажних з'єднань, $H_{\text{м}} = 174$.

$$K_{\text{Ам.}} = \frac{58}{174} = 0,33$$

Коефіцієнт механізації підготовки електрорадіоелементів $K_{\text{м.п.ере}}$ визначається за формулою:

$$K_{\text{м.п.ере}} = \frac{H_{\text{м.п.ере}}}{H_{\text{ере}}}, \quad (4.3)$$

де $H_{\text{м.п.ере}}$ - кількість електрорадіоелементів, підготовка яких до монтажу виконується механізованим або автоматизованим способом. До цієї групи також відносять ЕРЕ, що не потребують будь-якої підготовки перед монтажем, $H_{\text{м.п.ере}} = 56$.

$$K_{\text{м.п.ере}} = \frac{56}{56} = 1$$

Коефіцієнт повторюваності електрорадіоелементів $K_{\text{повт.ере}}$ визначається за формулою:

$$K_{\text{повт.ере}} = 1 - \frac{H_{\text{т.ере}}}{H_{\text{ере}}} = 1 - \frac{26}{56} = 0,53, \quad (4.4)$$

де $H_{\text{т.ере}}$ – кількість типорозмірів електрорадіоелементів, $H_{\text{т.ере}} = 26$;

Коефіцієнт застосовуваності електрорадіоелементів $K_{\text{заст.ере}}$ визначається по формулі:

$$K_{заст.ере} = 1 - \frac{H_{т.ор.ере}}{H_{т.ере}} = 1 - \frac{6}{26} = 0,76, \quad (4.5)$$

де $H_{т.ор.ере}$ – кількість типорозмірів оригінальних електрорадіоелементів,
 $H_{т.ор.ере} = 6$.

Коефіцієнт установочних розмірів електрорадіоелементів $K_{вст.р.}$ визначається за формулою:

$$K_{вст.р.} = 1 - \frac{H_{вст.р.}}{H_{ере}} = 1 - \frac{90}{56} = 0,6, \quad (4.6)$$

де $H_{вст.р.}$ – кількість видів встановочних розмірів електрорадіоелементів.

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

$$K_{\phi} = \frac{D_{np}}{D} = \frac{4}{4} = 1, \quad (4.7)$$

де D_{np} – кількість механічних деталей, заготовки або готові елементи яких виготовлені прогресивними методами формоутворення (штампуванням, пресуванням, литтям, паянням, зварюванням тощо), $D_{np} = 4$.

D – загальна кількість деталей у виробі.

Розраховані вище показники технологічності приведені в таблиці 4.1:

Визначаємо комплексний показник технологічності за формулою:

$$K = \frac{\sum K_i \varphi_i}{\sum \varphi_i}, \quad (4.8)$$

$$K = \frac{0,12 + 0,33 + 0,75 + 0,26 + 0,27 + 0,14 + 0,11}{3,857} = \frac{1,98}{3,857} = 0,51$$

Оцінювання рівня технологічності виробу проводять шляхом зіставлення розрахованого комплексного показника K із комплексним нормативним показником K_n , який відображає фактичний рівень технологічності, досягнутий на підприємствах, що спеціалізуються на виробництві радіоелектронної апаратури. Для проектного виробу значення нормативного показника становить $K_n = 0,51$.

Відношення K/K_n повинно задовольняти умову:

$$\frac{K}{K_n} \geq 1 \quad (4.9)$$

Перевіряємо умову:

$$\frac{0,51}{0,5} = 1,02 \geq 1.$$

Дана умова виконується, отже конструкція вважається технологічною.

Таблиця 4.1 - Показники технологічності

№ п/п	Показник технологічності	Позначення	Величина	Фі
1.	Коефіцієнт використання мікросхем і мікро зборок	$K_{\text{вик.імс}}$	0,12	1,000
2.	Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу	$K_{\text{а.м.}}$	0,33	1,000
3.	Коефіцієнт механізації підготовки ЕРЕ.	$K_{\text{м.п.ере}}$	1	0,750
4.	Коефіцієнт повторюваності ЕРЕ	$K_{\text{повт.ере}}$	0,53	0,500
5.	Коефіцієнт застосовуваності ЕРЕ	$K_{\text{заст.ере}}$	0,76	0,310
6.	Коефіцієнт встановочних розмірів ЕРЕ.	$K_{\text{вст.р.}}$	0,6	0,187
7.	Коефіцієнт прогресивності формоутворення	$K_{\text{ф}}$	1	0,110

4.5 Розробка і оформлення маршрутно-операційної технології складання і монтажу друкованого вузла

Проектований друкований вузол виготовлений на основі двостороннього фольгованого текстоліту СФ-2-34-151КП. Друкована плата виготовляється комбінованим методом, після чого здійснюється складання друкованого вузла. Нижче подано опис маршрутно-операційної технології виконання складальних робіт.

1 Розконсервація плати.

Плату виймають із целофанової упаковки. Операція виконується за допомогою ножиць типу РТ-543912.

2. Маркування заводського номера.

Нанесення заводського номера здійснюється типографською фарбою згідно з ДСТУ 471917 з використанням штампа РД-125878.

3. Захист плати.

На плату наноситься латексний захисний шар за допомогою дозатора РД-145792. Захист накладається на контактні площадки та інші елементи, які підлягатимуть ручному паянню, а також на різьбові з'єднання.

4. Сушіння.

Плату висушують у сушильних шафах типу РД-345218.

5. Формування виводів електрорадіоелементів.

Формуються виводи резисторів, діодів, конденсаторів і транзисторів. Операція виконується автоматизовано за допомогою установок РД-012457, РД-010126 та РД-415010.

6. Лудження виводів.

Виводи всіх електрорадіоелементів покриваються припоєм вручну. Використовується паяльник, припій ПОС-61 та флюс АТІ-120.

7. Установлення ЕРЕ.

Електрорадіоелементи встановлюються на друковану плату. У даному пристрої всі ЕРЕ підлягають автоматизованому паянню.

8. Автоматизована пайка.

Виконується хвилею припою на установці АРП М6.890.001. Як припій застосовується ПОС-61.

9. Електромонтажні операції.

Проводиться рихтування елементів та доопрацювання монтажу. Використовується електропаяльник, припій ПОС-61 та флюс АПІ-120.

10. Регулювання.

У технологічних умовах виконуються регулювальні операції відповідно до інструкції І1.

11. Лакування.

Друкована плата покривається лаком АК-113 із застосуванням установки РД-640138 для забезпечення захисту від вологи та зовнішніх впливів.

12. Технічний контроль.

Контроль виконують спочатку в технологічній установці, після чого проводиться візуальна оцінка якості вузла: перевіряється якість пайки, правильність монтажу ЕРЕ та відповідність електричних параметрів згідно з інструкцією І2.

4.6 Розробка технології ремонту, регулювання виробу

У проектованому регуляторі температури та вологості можливим є виникнення несправності, що проявляється у відсутності індикації на рідкокристалічному індикаторі НГ1. Для усунення такої несправності розроблено алгоритм пошуку відмов, наведений нижче. Застосування даного алгоритму дозволяє провести ремонт пристрою шляхом послідовної діагностики електричних параметрів зазначених елементів.

Пошук несправності розпочинається з перевірки напруги на вторинній обмотці трансформатора TV1. Для цього використовується вольтметр або мультиметр. Якщо вихідна напруга 24 В присутня, наступним кроком є перевірка діодного моста VD1. У разі відсутності напруги можливим є обрив вторинної обмотки трансформатора TV1.

Якщо на діодному мості VD1 присутня напруга близько +25 В, виконується перевірка напруги на мікросхемі DA1. Якщо ж вихідна напруга на VD1 відсутня, діодний міст підлягає заміні.

Далі перевіряється напруга на виводах 2 і 3 мікросхеми DA1. Відсутність напруги +9 В свідчить про можливу несправність DA1, яка виконує функцію стабілізатора.

Наступним етапом є перевірка напруги на виводах 2 і 3 мікросхеми DA2. Якщо напруга +5,2 В не фіксується, це вказує на несправність DA2, що працює як додатковий стабілізатор напруги.

Потім контролюється наявність напруги на виводах 1, 2 та 4 мікросхеми DA3. Відсутність напруги +3,3 В може означати відмову DA3, призначеної для живлення мікросхем.

Далі необхідно перевірити наявність сигналу на виводах 12 та 3 мікросхеми DD4 за допомогою осцилографа. За відсутності сигналу DD4 вважається несправною та підлягає заміні.

Якщо сигнал на DD4 присутній, але індикація відсутня, ймовірною причиною відмови є несправний індикатор HG1, який необхідно замінити.

Після усунення несправності пристрій потребує лише налаштування робочих режимів та часу. Ці операції можуть бути виконані користувачем без спеціальної технічної підготовки, оскільки для управління передбачено п'ять кнопок на передній панелі.

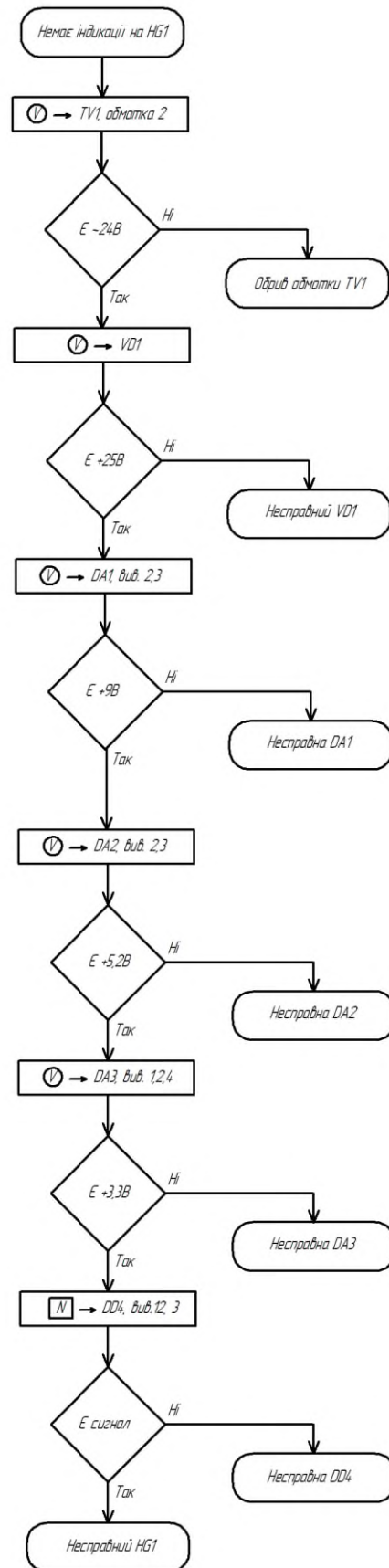


Рисунок 4.1 - Алгоритм пошуку несправності

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНІЙ СИТУАЦІЇ

5.1 Охорона праці

Сучасна технологія виробництва РЕА - це технологія поверхневого, а частіше змішаного монтажу електронних блоків на друкованих платах, одержуваних методом травлення фольгованого склотекстоліти. Сучасний блок вітчизняної РЕА все частіше містить імпорتنу елементну базу особливо у високо інтегрованої частини. Основна відмінність методу поверхневого монтажу від традиційної технології - відсутність монтажних отворів для установки виводів компонентів. Це надає розробникам широкі перспективи в області комплексної мікромініатюризації електронних виробів і автоматизації виробництва. Процес виробництва РЕА - це сукупність дій людей і знарядь виробництва, необхідних для виготовлення або ремонту радіоелектронних пристроїв.

Процеси, що використовуються в виробництві ЕА, класифікують на 5 груп:

1) Виробництво елементної бази, в тому числі ЕРЕ, функціональних елементів (ФЕ), мікрозборок (МСБ) і ІМС, для якого характерні: високий рівень технологічності і автоматизації, масовий тип виробництва, ретельність розробки конструкції, висока надійність і низька вартість.

Подальший розвиток елементної бази буде йти по шляху розробки нових матеріалів, жорсткості вимог до їх параметрами, зменшення дефектів підкладок, підвищення точності і автоматизації контролю параметрів, використання ЕОМ на стадії проектування та управління всіма процесами.

2) Виготовлення елементів несучих конструкцій (штампування, лиття, пресування, точіння, фрезерування, електрофізичні методи обробки та ін), які запозичені з інших галузей і пристосовані для виробництва ЕА.

Удосконалення здійснюється по шляху уніфікації як конструкторських, так і технологічних рішень, широкого використання безвідходних та

програмно-керованих технологій і гнучких модулів програмно-керованого устаткування.

3) Виготовлення функціональних елементів - ЗУ, ліній затримки і фільтрів на поверхнево-акустичних хвилях (ПАХ...), яке характеризується широким застосуванням інтегральної технології, високої ідентичністю параметрів, підвищеними вимогами до устаткування. Перспективними напрямками розвитку ФЕ та їх технології є: використання нових матеріалів, підвищення точності виготовлення, зниження масогабаритних показників.

4) Збірка, монтаж та герметизація ЕА, трудомісткість яких складає до 50...80% загальних витрат виробництва. Ці процеси мають невисокий рівень автоматизації і механізації, широку номенклатуру технологічного оснащення, велику частку ручної праці. Для зниження тривалості виробничого циклу здійснюється паралельна збірка модулів різних рівнів, поєднання на одній лінії складання та герметизації, комплексна автоматизація. Основними напрямками їх вдосконалення є: підвищення щільності компонування навісних елементів на ПП, щільності друкованого монтажу за рахунок застосування МПП на керамічних та поліїмидні підставах; широке використання біс-корпусних ЕРЕ, перспективної технології поверхневого монтажу, застосування автоматизованого устаткування; розробка нових методів збірки і монтажу модулів другого і подальших рівнів; оптимізація кількості операцій проміжного контролю за економічним критерієм; розробка заходів по технологічному забезпеченню надійності електричних з'єднань.

5) Контроль, регулювання і випробування ЕА, що характеризуються застосуванням висококваліфікованої робочої сили, спеціальної вимірювальної апаратури. Від якості виконання цих процесів багато в чому залежить надійність випускається апаратури. Попередній контроль і регулювання функціональних параметрів окремих модулів дозволяють скоротити час налаштування апаратури в цілому. Перспективним є широке використання контролюючої та діагностуючої апаратури із застосуванням

мікропроцесорних комплектів, підвищення гнучкості їх роботи і зниження трудовитрат.

Вимоги техніки безпеки при експлуатації та обслуговуванні виробу

Електричний струм. Протікання електричного струму через живу тканину організму людини викликає різні ефекти. Так, проходячи через організм людини, електричний струм справджує термічну, електролітичну, механічну і біологічну дії.

Термічна дія струму є наслідком перетворення електричної енергії в теплову при проходженні через ділянки тіла людини. Вона виявляється у виді опіків окремих ділянок тіла, нагріванні до високої температури органів, що лежать на шляху протікання електричного струму. При тривалому нагріванні в органах можуть спостерігатися функціональні розлади.

Електролітична дія струму виражається в розкладанні внутрішньоклітинної рідини і крові на позитивні і негативні іони, що викликає зміну їхнього фізико-хімічного складу. Механічна дія струму виражається у виникненні електродинамічного ефекту, що може спричинити розшарування, розриви тканин організму.

Біологічна дія виявляється в роздратуванні і порушенні живих тканин організму електричним струмом, величина якого значно перевищує рівень біострумів, що може виявлятися в порушенні внутрішніх біоелектричних процесів.

Перераховані дії електричного струму на організм людини нерідко приводять до різних електричних травм, які розділяються на дві основні групи: 1 – місцеві електричні травми; 2 – електричні удари.

Місцеві електричні травми викликають ураження окремих ділянок живих тканин організму людини.

Електричні удари призводять до ураження життєво важливих органів. При електричних ударах струм впливає на групи м'язів тіла людини, що може привести до судом, до зупинки подиху чи серця. До основних місцевих

електричних травм відносяться: електричний опік, металізація шкіри, електричні знаки, механічні ушкодження і електроофтальмія.

Електричні опіки виникають у наслідок термічного ефекту при проходженні струму через тіло людини, а також при зовнішньому впливі на нього електричної дуги. Зовнішній вигляд опіків може бути різний – від почервоніння шкіри й утворення міхурів з рідиною до обуглювання біологічних тканин.

Металізація шкіри зв'язана з дифузією в неї дрібних часток металу у разі ділянки тіла людини до струмоведучої частини чи при частковому розплавлюванні такої частини під дією електричної дуги. Механічні ушкодження обумовлені судорожним скороченням м'язів тіла, що може викликати їхній розрив чи ушкодження шкірних покривів, нервових волокон, сухожилів, вивих суглобів і навіть перелом кісток.

Електроофтальмія – запалення зовнішніх слизоватих оболонок ока – роговиці і кон'юктиви під дією потужного УФ-випромінювання електричної дуги.

Фактори, що впливають на ступінь ураження людини електричним струмом, є різноманітними. Це насамперед сила струму і час проходження його через організм людини, рід струму (перемінний чи постійний), шлях струму в тілі людини, а при дії перемінного струму – його частота.

Основним фактором, який визначає ступінь ураження людини, є величина електричного струму, що протікає через тіло людини. Цей параметр визначається, в основному, опором рогового шару шкіри, який при сухому її стані і відсутності ушкоджень може складати сотні тисяч Ом. При вологому чи ушкодженному шкірному покриві опір тіла людини падає до сотень Ом. При великих напругах, а також при значному часі протікання струму опір тіла людини знижується ще більше, що веде до росту струму і, як наслідок – до більш важкого ступеню ураження електричним струмом.

Відповідно до характеру впливу струму на людину, у залежності від його величини він підрозділяється на 4 групи: 1 – невідчутний; 2 – відчутний; 3

– невідпускаючий; 4 – смертельний. Якщо аналізувати дію перемінного електричного струму частотою 50 Гц на організм людини, то можна вказати наступні порогові значення цих його категорій.

Відчутний струм. Такими вважаються його величини, при яких людина відчуває його дію, але може самостійно звільнитися від проводу чи тієї частини електричної установки які виявилися під напругою. Величина порогу відчутного струму лежить у межах 0,6...1,5 мА. Струм, при якому потерпілий не може самостійно відірватися від струмоведучих частин, називається невідпускаючим. Порогова величина такого струму знаходиться у діапазоні 8...10 мА.

Смертельним струмом для людини виявляються його величини більшої, ніж 100 мА. Змінний струм у порівнянні з постійним більш небезпечний. Відповідні дослідження показують, що найбільш небезпечним є перемінний струм частотою 20...100 Гц. Саме цьому діапазону відповідає і струм промислової частоти (50 Гц).

Протікання струму через організм людини може здійснюватися самими різними шляхами. З усіх можливих шляхів протікання струму через тіло людини найбільш небезпечними є ті, при яких уражається головний чи спинний мозок, а також серце чи легені. У першому випадку особливо небезпечними шляхами протікання струму є «голова – права чи ліва рука», «голова – ноги», а у другому – «права чи ліва рука – ноги», «права – ліва рука».

На безпеку ураження електричним струмом значний вплив роблять і параметри мікроклімату у виробничому приміщенні. Так, збільшення температури, відносної вологості, зниження рухливості повітря приводять до росту виділення вологи на поверхні шкірного покриву, що обумовлює зниження опору шкірних покривів і, як наслідок, – підвищує безпеку ураження людини електричним струмом.

Захист від дії електричного струму на організм людини реалізується наступними напрямками:

· відповідною конструкцією електричних установок. (До електричних установок відносяться пристрої, що генерують, переробляють, передають і споживають електричну енергію);

- організаційними заходами;
- застосуванням технічних методів і засобів захисту.

5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Захист навколишнього середовища при виготовленні виробу

На проєктованій ділянці виготовлення консольно-опорних деталей мають місце наступні відходи виробництва:

- металева стружка;
- чавунний пил;
- масло інструментальне відпрацьоване;
- ганчірки промаслені;
- абразивний пил;
- відпрацьовані МОР;
- відпрацьований летючий розчин;
- промислова вода для технологічних процесів.

Для очистки промислових стоків на виробництві функціонують локальні очисні споруди:

- маслозбирачі;
- фарбозбирачі;
- станції нейтралізації хімічно забруднених вод;
- очисні споруди для очистки дощових стоків продуктивністю 254 л/сек.

Навколишнє середовище може забруднюватися робочими рідинами, які використовуються в коробках швидкостей та подач металообробного обладнання, що застосовується для виконання операцій механічної обробки деталі згідно з розробленим технологічним процесом, а також змащувально-охолоджувальними рідинами, які використовуються в процесі обробки для охолодження зони різання. Для запобігання цьому використані рідини не

допускається зливати в загальну каналізацію. Їх потрібно доставляти з метою очищення на спеціальні очисні споруди. Після проведення очищення приймається рішення щодо подальшого використання для виробничих потреб.

При цьому для очищення стоків передбачаємо використання механічних (відстоювання, фільтрація) та хімічних (нейтралізація, коагуляція) методів очищення. Щоб запобігти забрудненню ґрунтових вод використаними у металорізальних верстатах робочими рідинами внаслідок низької герметичності систем передбачаємо проведення профілактичних оглядів з періодичністю один раз на пів року. При механічній обробці деталі відбувається пилове забруднення повітряного басейну не тільки виробничого басейну, але і зовнішнього повітря. Тому для запобігання цього передбачаємо застосування загально обмінної вентиляції, а на кожному робочому місці – технічних засобів місцевої вентиляції. За рахунок багатоступеневого очищення забезпечуємо високу ефективність очищення відпрацьованого повітря, а також можливість його часткового подальшого використання в системах рециркуляції. Контроль за станом повітряного середовища у виробничому приміщенні проводиться санітарною лабораторією.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У межах поставленого завдання було розроблено конструкцію регулятора температури та вологості для використання в погребі, виконано розрахунок його основних технічних параметрів, проведено якісну й кількісну оцінку технологічності, а також визначено умови експлуатації та показники собівартості. Проектування виробу здійснювалося з урахуванням сучасних конструктивно-технологічних, економічних, естетичних вимог, а також норм ергономіки та дизайну.

До характерних переваг пристрою належать простота виготовлення, зручність експлуатації та ремонту, а також перспективність масового застосування. Результати розрахунків кількісної оцінки технологічності свідчать, що конструкція виробу є достатньо технологічною та відповідає сучасному рівню, досягнутому на підприємствах, що випускають аналогічну радіоелектронну апаратуру.

Використання сучасної елементної бази дало змогу зменшити габаритні розміри та масу пристрою, підвищити його вібростійкість і надійність. Технологічний процес виготовлення виробу є відносно простим і малозатратним за трудомісткістю, при цьому значна частина операцій може бути автоматизована або механізована. Це сприяє зниженню витрат праці, підвищенню продуктивності та позитивно впливає на собівартість готової продукції.

Конструкція пристрою повністю адаптована до умов малосерійного виробництва з можливістю подальшого переходу підприємства до серійного випуску. Використання розповсюджених і технологічно доступних компонентів значно спрощує процес ремонту.

Розрахунок собівартості виготовлення показав, що запропонований пристрій є економічно доступним для споживачів із середнім рівнем матеріального забезпечення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Wieclaw L.; Pasichnyk V.; Kunanets N.; Duda O.; Matsiuk O.; Falat P. Cloud computing technologies in “smart city” projects. In Proceedings of the 2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS). Bucharest: Romania, 21–23 September 2017. pp. 339–342.

2 Яворський Б. І. Математичні основи радіоелектроніки. Частина І. Тернопіль: ТПІ імені Івана Пулюя. 1996. 184 с.

3 Методичні вказівки по виконанню електричних розрахунків каскадів радіоелектронної апаратури - ТК ТДТУ, 2002р.

4 Методичні вказівки по виконанню графічної частини дипломного проекту - ТК ТДТУ, 2002р.

5 Жидецький В. Ц. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник/ за ред. В. Ц. Жидецького - Львів: Афіша, 2000.- 352 с. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці: Підручник.- Львів: Афіша, 2005.- 318 с.

6 Розрахунок підсилювачів звукових частот - ТК ТДТУ, 2008р.

7 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.