

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: Інфрачервоний вимикач з 5 – ступінчастим регулюванням  
потужності навантаження

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи РІ

спеціальності (напряму підготовки) 152

Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Щудлик П. М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Яворська М.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2023

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 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Щудлику Павлу Михайловичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Інфрачервоний вимикач з 5 – ступінчастим регулюванням  
потужності навантаження

Керівник роботи Яворська Мирослава Іванівна к.м. наук, доцент каф. ПВ  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 року № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

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			
Науково-дослідна частина			

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		
	Висновки		
	Графічний матеріал		

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Щудлик Павло Михайлович

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Яворська Мирослава Іванівна

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Темою кваліфікаційної роботи є розробка конструкції «Інфрачервоний вимикач з 5 – ступінчастим регулюванням потужності навантаження»

Даний пристрій призначений для вмикання і вимикання різних типів ламп. Лампи можуть бути як розжарю вальні так і люмінесцентні та галогенні. Основним його елементом буде фотоприймач TSOP1736.

Пристрій використовується в побутових умовах, для комутації ланки включення/виключення освітлення. Даний пристрій живиться від напруги 220В з частотою 50Гц. Він є легкий в використанні, що дозволяє ним користуватися людей без спеціальної підготовки і освіти.

В спеціальній частині кваліфікаційної роботи розкрито призначення, область застосування та технічні вимоги до проєктованого радіопристрою, складено та описано принципову схему пристрою, здійснено аналіз схеми, обґрунтовано виборі конструкції виробу, опис конструкції, розраховано надійність пристрою, вибрано необхідну елементну базу, яка добре підходить до даного пристрою.

В пояснювальній записці є 71 аркушів .

## ЗМІСТ

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
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	10
2.1. Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покрить	10
2.2 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу	12
2.3 Аналіз технологічності конструкції виробу	13
2.4 Розробка і оформлення маршрутно-операційної технології складання і монтажу виробу	18
2.5 Розробка маршрутно-операційної технології складання проектного виробу	19
3 НАУКОВО- ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	20
3.1 Конструктивний розрахунок друкованого монтажу	20
3.2 Розрахунок надійності проектного виробу	26
3.3 Розробка математичної моделі об'єкту дослідження	34
4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	41
4.1 Обґрунтування вибору конструкції	41
4.2 Опис і обґрунтування вибору елементної бази	42
4.3 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів.	56
4.4 Опис технології ремонту та регулювання радіопристрою	61

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	63
5.1 Охорона праці	63
5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	65
ВИСНОВКИ	69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	70

## ВСТУП

Невідомою частиною більшості радіотехнічних приладів є інфрачервоний вимикач з 5 – ступінчастим регулюванням потужності навантаження. Даний пристрій використовується переважно в побутових умовах, для вмикання і вимикання освітлення. Основною його перевагою є те що його використання дозволяє врегулювання включення/виключення освітлення, що призводить до зменшення витрат на електроенергію, та стабілізує роботу освітлення в приміщенні.

Основне призначення інфрачервоного вимикача з 5 – ступінчастою регулюванням потужності навантаження, полягає в тому що за допомогою його використання можливо не тільки врегулювати і покращити керування освітленням, а й врегулювати потужність навантаження даного пристрою.

Важливою інформацією для пристрою є інформація про експлуатації приладу. Вимоги до експлуатації лабораторних блоків живлення будуть наступні:

Залежно від способу установки максимальна потужність приєднаних пристроїв повинна зменшуватися:

- 10% на кожні 5°C перевищення температури навколишнього середовища 25° C;
- 15% при установці в дерев'яну, гіпсову або порожнисту стіну;
- 20% при установці в багатошарові комбінації.

Допускається попадання тільки розсіяного світла від сторонніх джерел на ПЧ-приймач, в іншому випадку чутливість пристрою знизиться. Якщо Ваш пристрій нефункціонує, перевірте насамперед слабкострумний плавкий запобіжник у внутрішньому блоці регулювання сили світіння. Застосовувати тільки оригінальні запобіжники.

При установці низьких рівнів освітленості можуть бути помітні імпульси мережевої напруги у вигляді короткочасних мигань.

## 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Розробка технічного завдання

Технічні дані проєктованого пристрою:

- 1) Живлення пристрою повинно забезпечуватись від мережі змінної напруги  $220\text{ В} \pm 10\%$
- 2) Частота 50 (-1) Гц.
- 3) Потужність приєднаних пристроїв:  
максимально 1000 Вт, лампи розжарювання загального призначення  
максимально 500 Вт, високовольтні галогенові лампи  
максимально 500 ВА, низьковольтні галогенові лампи  
максимально 500 ВА, некомпенсовані люмінесцентні лампи
- 4) Захист від коротких замикань і перенапруг слабкострумний запобіжник Т 6,3 / 250 D;
- 5) Габаритні розміри пристрою, не більше, мм -160x118x50;
- 6) Маса пристрою, не більше, кг – 2;

### 1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

Почнемо з мережевого трансформатора з вторинною обмоткою потужністю 6 В / 1.2 А, який підключений через вхідні контакти 3 і 4. До мережевого трансформатора підключений дросель М2000НМ він використовується через те що на ньому відпущаються малі втрати.

Змінна напруга вторинної обмотки трансформаторів випрямляється мостом VD1, який видає напругу в 1 В зі струмом 0.1А. В подальшому сигнал поступає на мікросхему DA2, яка виконує роль стабілізатора напруги. Після виходу стабілізатора напруга буде 1В з струмом 0.1А.



Мікросхема DA2 виконує роль фотодатчика, який регулює на освітлення. Мікросхема DD1 виконує роль формувача. Мікросхема DD2 виконує роль лічильника. Транзистори VT1 – VT5 виконують роль ключів. DA3 виконує роль фазового регулятора.

### 1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

Схема електрична принципова зображена в графічній частині проекту.

Вхідний інфрочервоний сигнал надходить на мікросхемний фотоприймач TSOP1736, з виходу якого імпульсна послідовність перетворюється формувачем на ІМС DD1 в імпульси управління десятковим лічильником DD2.

Виходи лічильника через розв'язують діоди VD3-VD10 управляють транзисторними ключами, які по черзі комутують вхід управління фазового регулятора потужності DA3. номінали резисторів R12-R15 підібрані так, що яскравість лампи розжарювання плавними стрибками наростає до максимуму, а потім спадає до повного згасання.

У режимі очікування (лічильник обнулено) VT1 закорочує виводи управління 6 і 3 DA3 (типу 1182ПМ1Р), струм управління дорівнює приблизно 90 мА. Ланка С10 R6 - ланка початкового обнулення лічильника DD2.

Правильно зібрана схема працює відразу, можливо буде потрібно лише добірка резисторів R4 і R12. R4 одно 20-100 кОм, захищає пристрій від оптичних перешкод (наприклад, від ламп денного світла), і створює зону нечутливості за часом, якщо в приміщенні є інші прилади з ПЧ управлінням. R12 підбирається по яскравості лампи для режиму «нічник».

## 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

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

Конструктивно виріб представляє собою пристрій в пластмасовому корпусі.

Трансформатор, дросель, друкований вузол з елементами схеми, котрі до нього входять кріпляться на шасі, котре вставляється в корпус пристрою.

На корпусі не буде пристроїв регулювання.

На передній панелі буде розміщений світло діод, та вихід до під'єднання лампочки.

На задній панелі виробу вмонтований тримач запобіжника захисту пристрою від перенавантажень струмом. Використання тримача запобіжника дає змогу без особливих труднощів замінити його при виходу з ладу.

Також до задньої панелі буде кріпитися через втулку дріт який буде під'єднаний до вилки що живитиме прилад.

Враховуючи те що пристрій буде кріпитися до стіни, або мати інше сталє місце використання, при його виготовленні не передбачено ручку для переросу, або додаткових елементів для його експлуатації.

Для друкованого вузла виконаємо наступні вимоги компонування: забезпечимо оптимальну щільність розташування компонентів, виключимо помітні паразитні електричні взаємозв'язки, що впливають на технічні характеристики виробу.

Автоматичне компонування виконаємо за допомогою програми Altium designer і графічного редактора КОМПАС.

Вимоги до габаритних розмірів плат визначимо технологією їх виготовлення.

Розміри плати виконаємо економічно доцільними (істотне обмеження на типорозміри з метою стандартизації інструментів і пристосувань).

Розміри плати повинні відповідати ГОСТ 10317-72, в якому рекомендовано типи плат із співвідношенням сторін від 1 до 1 до 2 до 1. Максимальна ширина не повинна перевищувати 500мм. Рекомендована товщина в мм: 0,8; 1; 1,5; 2; 2,5; 3.

Якщо електрорадіоелементи мають штирові виводи, то їх встановлюють в отвори друкованої плати і загинають виводи під кутом  $60^\circ$ , обрізають в межах контактних площадок та запаюють методом пайки «хвилею припою». При цьому забезпечимо більшу щільність монтажу, так як на одній і тій же платі розташуємо більшу кількість елементів. При розміщенні електрорадіоелементів на друкованій платі необхідно враховувати наступне:

- 1) Напівпровідникові прилади та мікросхеми не слід розташовувати близько до елементів, що виділяють велику кількість теплоти, а також до джерел сильних магнітних полів (постійним магнітів, трансформаторів та ін);
- 2) Має бути передбачена можливість конвекції повітря в зоні розташування елементів, що виділяють велику кількість теплоти;
- 3) Повинна бути передбачена можливість легкого доступу до елементів, які підбирають при регулюванні схеми.

Якщо елемент має електропровідний корпус і під корпусом проходить провідник, то передбачимо ізоляцію корпусу або провідника.

Ізоляцію можна здійснювати надяганням на корпус елемента трубок з ізоляційного матеріалу, нанесенням тонкого шару епоксидної смоли на плату в зоні розташування корпусу (епоксидна маска), наклеюванням на плату тонких ізоляційних прокладок. Від правильного розташування корпусів мікросхем на друкованій платі залежать такі параметри РЕА як габарити, маса, надійність, завадостійкість.

Крок установки інтегральних мікросхем визначається необхідною щільністю компоновки, температурними режимами роботи компонентів на платі, методом розробки топології плати (ручна, машинна), типом корпусу і складністю електричної схеми. Рекомендований крок установки ІМС 2,5 мм. Зазори між корпусами повинні бути не менше 1,5 мм. ІМС з виводами розташовуються з одного боку друкованої плати тому, що монтаж штиревіми виводами проводиться в наскрізні отвори.

Корпуси ІМС міцно утримуються на платі запаяними виводами і витримують практично будь-які механічні дії.

## 2.2 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу

Для того щоб забезпечити технологічність конструкції виробу, зручність його зборки при виробництві також розборки при налагоджуванні корпус можна виконати з верхньої, нижньої кришок. Такий тип конструкції повинен забезпечувати легкий доступ до вузлів виробу його регулювання й налагоджування.

Даний корпус виготовляється з пластмаси. Такі корпуси мають переваги над іншими матеріалами в тому, що вони будуть меншої маси, будуть мати кращий естетичний вигляд, а також з пластмаси можна виготовляти більш складніші типи корпусів. Недоліком є те що даний тип корпусів немає хорошого охолодження, особливо для тих приладів які сильно нагріваються.

Такий тип корпусів виготовляється методом лиття під тиском, це є один із основних способів у виробництві. Даний спосіб виготовлення базується на заповненні формувальної порожнини прес-форми розплавом з подальшим його ущільненням за рахунок тиску і охолодженням.

Для кріплення друкованого вузла виливаються чотири стойки. Товщина стінок корпусу становить 2мм. З використанням друкованого монтажу значно спростила зборка вузла також налагоджування і регулювання.

Основним головним елементом у виробі є друкована плата, яка виготовляється хімічним методом з одностороннього фольгованого склотекстоліту СФ1-35-ІКП (ГОСТ10316-78) товщиною 1,5мм. При такому методі страляються незахищенні ділянки на фользі утворюючи друкований монтаж. Цей метод є найпопулярніший і найпростіший з методів виготовлення плати.

Перед тим як встановлювати радіоелементи плату маркують фарбою ТНТФ-01 (ТУ29-02-889-88).

Підготовка радіоелементів до встановлення у плату. Формування виводів рекомендується зигзамком це зменшує час роботи та трудомісткість і пропадає потреба у збільшенні робочих мість. Виводи конденсаторів і мікросхем не формують бо вони вже є сформованими.

Лудження виводів радіоелементів проводити вручну флюсом АТІ-120.

Радіоелементи встановлюються вручну. Пайка відбувається автоматизовано хвилею припою, що дозволяє одночасно запаювати всі виводи.

Для тих радіоелементів, які не паяються автоматично, використовують ручну пайку електричним паяльником на 36В. Припой використовують типу ПОС-61 (ГОСТ21931-76) та флюс АТІ-120 (ГОСТ32142-82). Після пайки плату миють та покривають захисним безколірним лаком АК-113 (ГОСТ23832-79). Це захищає плату від вологи та впливів навколишнього середовища і витримує діапазон температур від -60 до +100<sup>0</sup>С.

Плату закріплюємо за допомогою саморізів електровертом — це збільшує швидкодію зборки. Пояснювальні написи на корпусі робляться швидкосохнучою фарбою сіткографічним методом.

### 2.3 Аналіз технологічності конструкції виробу

Життєвий цикл виробу в значній мірі залежить від технологічності його конструкції при виготовленні та експлуатації. Конструкція виробу, в першу чергу, повинна бути підготовлена до конкретних умов: технології, обладнання, технічного оснащення і організації процесу.

Автоматична збірка пред'являє ряд особливих вимог до конструкції виробу, що збирається і його елементів. Недостатньо повне і чітке виконання цих вимог призводить до зниження якості виробів, що збираються, невиправданих витрат праці, коштів, матеріалів, часу і часто унеможливорює автоматизацію складальних процесів.

Автоматична збірка - процес утворення з'єднань виробів та його складових частин, здійснюваний за допомогою автоматичного складального обладнання і складається з наступних етапів:

- завантаження і попередня орієнтація деталей;
- транспортування деталей в зону збірки;
- базування і остаточна (взаємна) орієнтація;
- виконання з'єднання;
- видалення подсобрать виробу або складальної одиниці зі складальної позиції.

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

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

$$K_{\text{вик.імс}} = \frac{H_{\text{імс}}}{H_{\text{імс}} + H_{\text{епе}}} = \frac{5}{5 + 49} = 0,09 \quad (2.1)$$

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

$$K_{\text{а.м}} = \frac{H_{\text{а.м}}}{H_{\text{м}}} = \frac{148}{155} = 0,95 \quad (2.2)$$

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

$N_M$  – загальна кількість монтажних з'єднань.

Коефіцієнт амортизації і механізації підготовки ЕРЕ до монтажу  $K_{M.П.ERE}$  визначається за формулою

$$K_{M.П.ERE} = \frac{H_{M.П.ERE}}{H_{ERE}} = \frac{16}{49} = 0.32 \quad (2.3)$$

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

Коефіцієнт повторюваності електрорадіоелементів  $K_{ПОВТ.ERE}$  визначається за формулою.

$$K_{ПОВТ.ERE} = 1 - \frac{H_{T.ERE}}{H_{ERE}} = 1 - \frac{33}{49} = 0,32 \quad (2.4)$$

де  $N_{ERE}$  – загальна кількість ЕРЕ у виробі.

Коефіцієнт застосовності електрорадіоелементів  $K_{ЗАСТ.ERE}$  визначається за формулою

$$K_{ЗАСТ.ERE} = 1 - \frac{H_{T.OP.ERE}}{H_{T.ERE}} = 1 - \frac{5}{33} = 0,84 \quad (2.5)$$

де  $N_{T.OP.ERE}$  кількість типорозмірів оригінальних ЕРЕ у виробі

$N_{T.ERE}$  – загальна кількість типорозмірів ЕРЕ у виробі

Коефіцієнт установочних розмірів електрорадіоелементів  $K_{ВСТ.P}$  визначається за формулою

$$K_{ВСТ.P} = 1 - \frac{H_{ВСТ.P}}{H_{ERE}} = 1 - \frac{87}{49} = -0,77 \quad (2.6)$$

де  $N_{\text{вст.р}}$  кількість видів встановлених розмірів ЕРЕ у виробі

Коефіцієнт прогресивності Формоутворення  $K_{\phi}$  деталей визначається за формулою

$$K_{\phi} = \frac{D_{\text{пр}}}{D} = \frac{5}{5} = 1 \quad (2.7)$$

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

Визначаємо комплексний показник технологічності за формулою:

$K_i$  – величина показника згідно таблиці 1 для класу «Електроні блоки»;

$\phi_i$  - функція, яка враховує вагову значимість показника в залежності від його порядкового номера в таблиці 2.1.

$$K = \frac{\sum K_i \phi_i}{\sum \phi_i}, \quad (2.8)$$

$$K = \frac{0,09 + 0,95 + 0,24 + 0,16 + 0,26 - 0,14 + 0,11}{3,857} = \frac{1,79}{3,857} = 0,46$$

Таблиця 2.1 Комплексний показник технологічності

№ п/п	Показник технологічності	Позначення	Величина	$\phi_i$
1.	Коефіцієнт використання мікросхем і мікрозборок.	$K_{\text{вик.імс}}$	0,09	1,000
2.	Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу.	$K_{\text{а.м.}}$	0,95	1,000
3.	Коефіцієнт механізації підготовки ЕРЕ.	$K_{\text{м.п.ере}}$	0,32	0,750
4.	Коефіцієнт повторюваності ЕРЕ.	$K_{\text{повт.ере}}$	0,32	0,500
5.	Коефіцієнт застосовуваності ЕРЕ.	$K_{\text{заст.ере}}$	0,84	0,310



6.	Коефіцієнт встановочних розмірів РЕ.	$K_{\text{вст.р.}}$	-0,77	0,187
7.	Коефіцієнт прогресивності формоутворення.	$K_{\text{ф}}$	1	0,110

Таблиця 2.2 - Стадії розробки робочої документації

Найменування класу блоків	Стадії розробки робочої документації		
	Дослідний зріз	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

Створення таблиці, та зведення в неї вихідних даних для розрахунку

Оцінка рівня технологічності виробу визначається в порівнянні розрахованого комплексного показника  $K$  з комплексним нормативним показником  $K_n$  (таблиця ).

По формулах визначаю часткові показники технологічності і на їх основі, по формулі, визначаю комплексний показник технологічності.

Оцінка рівня технологічності виробу визначається в порівнянні розрахованого комплексного показника  $K$  з комплексним нормативним показником  $K_n$ , який визначається для виробів – аналогові і відображає реально існуючий рівень технологічності на підприємствах по випуску аналогічної РЕА. Це відношення повинно задовольняти умовно:

$$\frac{K}{K_H} \geq 1 \quad \frac{0,46}{0,5} = 0,93 \leq 1 \quad (2.9)$$

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

#### 2.4 Розробка і оформлення маршрутної технології складання і монтажу виробу

Дані друковані вузли виготовлені на основі одностороннього фольгового текстоліту СФ-2-34-151КП. Плату виготовляю хімічним методом. Виготовивши друковану плату, проводжу складання друкованих вузлів.

Приведу опис маршрутної технології складання, так як інша аналогічна.

Розконсервація плати. Розконсервують плату з целофанової упаковки. З допомогою ножиць РТ 543912.

Маркування заводського номера. Наносять заводський номер фарбою типографічною ДСТУ 471917 за допомогою штемпелю РТ 127474.

Захист плати. Плату захищають латексом за допомогою дозатора латексу РД 457922. Захищають контактні площадки, елементи яких будуть запаюватися в ручну, різні різьбові з'єднання.

Сушка. Проводять сушіння плати у сушильних шафах РД 345218.

Формування виводів ЕРЕ. Формують виводи резисторів, кварцових резонаторів, транзисторів та стабілізаторів. Здійснюються автоматизовано за допомогою установок для формування РД 012457, РД 010126, РД010127.

Встановлення ЕРЕ. Встановлюють електрорадіоелементи на друкований вузол, які будуть запаюватись автоматизовано, а саме: постійні резистори, кварцеві резонатори, конденсатори електролітичні, штирьові виводи, стабілізатори, транзистори, підстроювальний резистор.

Встановлення ЕРЕ. Встановлюють електрорадіоелементи на друкований вузол, які будуть запаюватись автоматизовано, а саме: постійні резистори, мікросхему, конденсатори, конденсатори електролітичні, роз'єми клемні.

Автоматизована пайка. Відбувається автоматизоване запаювання ЕРЕ за допомогою хвилі припою, при цьому використовується припій марки ПОС-61. Пайка здійснюється установкою РД 309104.

Автоматизована пайка. Відбувається автоматизоване запаювання ЕРЕ за допомогою пайки в печі, при цьому використовується припоеві паста марки SN-6209. Пайка здійснюється установкою РД 387695.

Електромонтажна операція. Проводять рихтування елементів, далі ручне встановлення і запаювання котушок індуктивності.

Використовується паяльна станція РТ 107878, пінцет РТ 234231, припой ПОС-61 ГОСТ 549376 та флюс ФКС ГОСТ 3214282.

Оживлення. Проводять в технологічній обстановці оживлення. Процес проводять згідно з інструкції І1.

Технічний контроль. Здійснюють в технологічній установці, пізніше проводять візуальний контроль зовнішнього вигляду вузла, пайки, установки ЕРЕ, перевіряють електричні параметри згідно інструкції І2.

Лакування. Плату лакують лаком АК-113 за допомогою установки для лакування РД 759815

## 2.5 Розробка маршрутно-операційної технології складання проектованого виробу

Маршрутно-операційна технологія складання і монтажу описує в собі послідовність виконання операцій спочатку для виготовлення друкованого вузла, а потім для складання корпусу всього пристрою. Виконується на спеціальних технологічних картах з дотриманням відповідних вимог.

Також в технологічних картах розраховується кількість витрачених на виробництво матеріалів та затрата часу на складання виробу.

Докладна маршрутно-операційна технологія складання і монтажу друкованого вузла приведена в додатках до даного курсового проекту.

## 3 НАУКОВО- ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

## 3.1 Конструктивний розрахунок друкованого монтажу

## Розрахунок друкованого монтажу

При виготовленні даного пристрою була розроблена одностороння плата і виходячи з технологічних можливостей виробництва я вибираю хімічний метод виготовлення, 3 клас точності друкованої плати

ОСТ 4.010.022-85

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

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{i_{\text{доп}} \cdot t} = \frac{1,2 \text{ А}}{20 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2} \cdot 35 \text{ мкм}} = 1,71 \text{ мм} \quad (3.1)$$

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

Визначається із аналізу принципової схеми;  $I_{\max} = 1,2 \text{ А}$ ;

$i_{\text{доп}} = 20 \text{ А/мм}^2$  – допустима густина струму, вибирається в залежності від методу виготовлення плати з табл.1

$t = 35 \text{ мкм}$  - товщина провідника, мм.

Таблиця 3.1- Допустима густина в залежності від методу виготовлення

Метод виготовлення	товщина фольги $t$ , мкм	Допустима густина струму, $j_{\text{доп}}$ , А / мм <sup>2</sup>	Питомий опір, $\rho$ , Ом мм <sup>2</sup> / 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

Оскільки плата відноситься до 3 класу точності, а в цьому класі мінімальна ширина провідників складає 0,65мм, то приймаю мінімальну ширину провідників 0,65мм.

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

$$b_{\min 2} = \frac{\rho \cdot I_{\max} \cdot l}{U_{\text{доп}} \cdot t} = \frac{0,05 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \cdot 1,2 \text{А} \cdot 0,17 \text{м}}{9 \text{В} \cdot 35 \text{мкм}} = 0,32 \text{мм} \quad (3.2)$$

де  $\rho$  - питомий об'ємний опір згідно табл.1.

$l$  – довжина провідника, 0.17 м

$U_{\text{доп}}$  – допустиме падіння напруги, визначається з аналізу принципової схеми і не повинно перевищувати 5 % від напруги живлення транзисторів і не більше запису завадостійкості мікросхем. Так, як плата відноситься до 3 класу точності, то мінімальна ширина провідників буде становити 0,25мм.

Визначаємо номінальне значення діаметрів монтажних отворів  $d$ :

$$d = d_E + |\Delta d_{н.в.}| + r \quad (3.3)$$

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.

$d_{E(1)} = 0,6$  для малопотужних резисторів С1-4 -0,125, конденсаторів електролітичних ЕСАР, конденсаторів керамічних СС4;, діодів КД522 для мікросхем TSOP1736, LM7805, К1182ПМ1Р, К561ЛА7, К561ИЕ8,

$d_{E(2)} = 1,1$ , діодного моста КВР10, транзистора КТ315Г і для підпаювання провідників

$$d_{(1)} = d_E + |\Delta d_{н.в.}| + r = 0,6 + /\pm 0,1/ + 0,2 = 0,9 \text{ мм} \quad (3.4)$$

$$d_{(2)} = d_E + |\Delta d_{н.в.}| + r = 1,1 + /\pm 0,1/ + 0,2 = 1,5 \text{ мм}$$

де  $d_E$  – максимальний діаметр виводу встановленого ЕРЕ

$\Delta d_{н.в.}$  – нижнє граничне відхилення від номінального діаметру монтажного отвору (табл.3.1)

$r$  – різниця між мінімальним діаметром отвору і максимальним діаметром вивода ЕРЕ, її вибирають в межах 0,1...0,4мм. Розрахункові значення  $d$  зводяться до нормалізованого ряду отворів: 0,7; 0,9; 1,1; 1,3; 1,5 мм.

Розраховуємо діаметр контактних площадок. Мінімальний діаметр контактних площадок для ДДП і зовнішніх шарів БДП, які виготовлені фотохімічним методом:

$$D_{min} = D_{1min} + 1,5h\phi \quad (3.5)$$

де  $h\phi$  – товщина фольги;

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

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

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

$$b_m = 0,06 \text{ мм.}$$

$\delta_d$  і  $\delta_p$  - допуски на розташування отворів і контактних площадок;

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

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

$$d_{max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15) \quad (3.6)$$

де  $\Delta d$  - допуск на отвір.

$$d_{max(1)} = 0,9 + 0,1 + 0,1 = 1,1 \text{ мм}$$

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

$$D_{1min(1)} = 2 \left( 0,06 + \frac{1,1}{2} + 0,2 + 0,4 \right) = 2,42 \text{ мм} \quad (3.7)$$

$$D_{1min(2)} = 2 \left( 0,06 + \frac{1,5}{2} + 0,2 + 0,4 \right) = 2,82 \text{ мм}$$

$$D_{min(1)} = 2,42 + 1,5 \cdot 0,035 = 2,4 \text{ мм} \quad (3.8)$$

$$D_{min(2)} = 2,82 + 1,5 \cdot 0,035 = 2,8 \text{ мм}$$

Максимальний діаметр контактної площадки:

$$D_{max} = D_{min} + (0,02 \dots 0,06) \quad (3.9)$$

$$D_{max(1)} = 2,4 + 0,02 = 2,42 \text{ мм}$$

$$D_{max(2)} = 2,8 + 0,02 = 2,82 \text{ мм}$$

Таблиця 3.2 – Допуски на розташування отворів і контактних площадок



Параметри	Клас точності ДП			
Мінімальне значення номінальної ширини провідника $b$ , мм	0,60	0,45	0,25	0,15
Номінальна відстань між провідниками $s$ , мм	0,60	0,45	0,25	0,15
Відношення діаметра отвору до товщини плати $y$	$\geq 0,50$	$\geq 0,50$	$\geq 0,33$	$\geq 0,33$
Допуск на отвір $\Delta d$ , мм, без металізації, $\varnothing \leq 1$ мм	$\pm 0,10$	$\pm 0,10$	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$
Теж саме, $\varnothing > 1$ мм.	$\pm 0,15$	$\pm 0,15$	$\pm 0,10$	$\pm 0,10$
Допуск на отвір $\Delta d$ , мм, з металізацією, $\varnothing \leq 1$ мм	+ 0,10 - 0,15	+ 0,10 - 0,15	+ 0,05 - 0,10	+ 0,05 - 0,15
Теж саме, $\varnothing > 1$ мм.	+ 0,15 - 0,20	+ 0,15 - 0,20	+ 0,10 - 0,15	+ 0,10 - 0,15
Допуск на ширину провідника $\Delta b$ , мм, без покриття	$\pm 0,15$	$\pm 0,10$	+0,03 0,05	$\pm 0,03$
Теж саме, з покриттям	+ 0,25 - 0,20	+ 0,15 - 0,10	+ 0,10 - 0,08	$\pm 0,05$
Допуск на розташування отворів $\delta d$ , мм, при розмірі плати менше 180 мм	0,20	0,15	0,08	0,05
Теж саме, при розмірі плати від 180 до 360 мм	0,25	0,20	0,10	0,08
Теж саме, при розмірі плати більше 360 мм	0,30	0,25	0,15	0,10
Допуск на розташування контактних площадок $\delta p$ , мм, на ОДП і ДДП при розмірі плати менше 180 мм	0,35	0,25	0,20	0,15
Теж саме, при розмірі плати від 180 до 360 мм	0,40	0,30	0,25	0,20
Теж саме, при розмірі плати більше 360 мм	0,45	0,35	0,30	0,25
Допуск на підтравлення діелектрика БДП $\Delta d_{\text{тр}}$ , мм	0,03	0,03	0,03	0,03
Допуск на розташування контактних площадок $\delta p$ , мм, на БДП при розмірі плати менше 180 мм	0,40	0,35	0,30	0,25
Теж саме, при розмірі плати від 180 до 360 мм	0,50	0,45	0,40	0,35
Теж саме, при розмірі плати більше 360 мм	0,55	0,50	0,45	0,40
Допуск на розташування провідників на ОДП і ДДП, $\delta p$ , мм	0,15	0,10	0,05	0,03
Теж саме, на БДП	0,20	0,12	0,07	0,05
Відстань від краю просверленого отвору до краю контактної площадки $b_M$	0,06	0,045	0,035	0,025

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

$$b_{\min} = b_{1\min} + 1.5hf, \quad (3.10)$$

де  $b_{1\min}$  - мінімальна ефективна ширина провідника, мм.  $b_{1\min} = 4,28$  мм для плат 1-, 2-, 3- го класу точності.

$$b_{\min} = 4,28 + 1.5 \cdot 0,035 + 0,03 = 4,36 \text{ мм}$$

Визначаємо мінімальну відстань між елементами провідного малюнку.

Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою

Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою:

$$S_{1\min} = L_0 - \left[ \left( \frac{D_{\max}}{2} + \delta p \right) + \left( \frac{d_{\max}}{2} + \delta d \right) \right] \quad (3.11)$$

$$S_{1\min(1)} = 2,5 - \left[ \left( \frac{2,42}{2} + 0,4 \right) + \left( \frac{1,1}{2} + 0,25 \right) \right] = 0,09 \text{ мм}$$

$$S_{1\min(2)} = 2,5 - \left[ \left( \frac{2,82}{2} + 0,4 \right) + \left( \frac{1,5}{2} + 0,25 \right) \right] = -0,31 \text{ мм}$$

де  $L_0$  – відстань між центрами відповідних елементів;  $\delta$  - допуск на розташування провідників ( див. табл.2)

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

$$S_{2\min} = L_0 - d_{\max} + 2\delta \quad (3.12)$$

$$S_{2\min1} = 2,5 - (1,1 + 2 \cdot 0,4) = 0,6 \text{ мм}$$

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

Мінімальна відстань між двома провідниками:

$$S_{3\min} = L_0 - (d_{\max} + 2\delta_d) \quad (3.13)$$

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

$$S_{3\min2} = 2,5 - (1,5 + 2 \cdot 0,15) = 0,7 \text{ мм}$$

Висновок по розрахунку: в результаті обчислень ширина друкованого провідника дорівнює 4,36 мм.

При розрахунку мінімальної відстані між провідником і контактною площадкою, а також мінімальної відстані між контактними площадками в результаті розрахунків вийшли від'ємні значення.

Враховуючи вищесказане можна сказати що всі контактні площадки будуть мати розміри не стандартної форми, а провідники будуть використані з звуженням.

1. Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою буде становити – 0.09мм.

Враховуючи те що при вибраному нами 3 класі точності, відстань між провідником і контактною площадкою будуть сягати від 0.5-0.6. В даному випадку відстань між провідником і контактною площадкою буде 0.6.

2. Мінімальна відстань між двома контактними площадками буде становити – 0.2 мм.
3. Враховуючи те що при вибраному нами 3 класі точності, відстань між двома контактними площадками будуть сягати від 0.5-0.6. В даному випадку відстань між контактними площадками буде 0.6.

4. Мінімальна відстань між двома провідниками буде становити – 0.3мм

Враховуючи те що при вибраному нами 3 класі точності, відстань між двома провідниками буде сягати від 0.5-0.6. В даному випадку відстань між провідниками буде 0.6.

### 3.2 Розрахунок надійності проектного виробу

Надійність – це здатність пристрою (елементу або системи) виконувати задані функції. Надійність визначається безвідмовністю в роботі та ремонтпридатністю.

Оскільки відмови та відновлення працездатності є випадковими подіями в тому змісті, що місце та час їх виникнення неможливо прогнозувати точно, надійність кількісно оцінюється імовірнісними характеристиками.

Імовірність безвідмовної роботи (ІБР) елемента  $p(t)$  або системи  $p_c(t)$  – це імовірність того, що в межах заданого напрацювання  $t$  при визначених умовах експлуатації не виникне жодної відмови

Інтенсивність відмов  $\lambda(t)$  – умовна щільність імовірності виникнення відмов пристрою, що визначається для певного моменту часу при умові, що до цього моменту відмови не виникали.

Залежність між інтенсивністю відмов та імовірністю безвідмовної роботи може бути отримана як:

$$p(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right] \quad (3.14)$$

Надійність по раптовим експлуатаційним відмовам ( $\lambda_0 = \text{const}$ ) розраховують для періоду нормальної експлуатації, коли первинний термін експлуатації (входження в режими) вже закінчився, а відмови по зношуванню та старінню ще не наступили. Для складної різнотипної апаратури інтенсивність відмов системи можна вважати постійною також і на ділянці зношування.

В основу розрахунку покладений принцип визначення показників надійності системи по характеристикам надійності комплектуючих елементів, що дає можливість здійснювати розрахунок в процесі проектування апаратури, яка складається з відомих елементів та вузлів. Для цього необхідно уточнити отримані вище вирази для показників надійності елементів  $p(t)$ ,  $q(t)$ ,  $\omega(T)$ ,  $T_{\text{ср}}$ ,  $T_0$  з урахуванням постійності інтенсивності відмов.

Формула для імовірності безвідмовної роботи набуває вигляду

$$p(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right] = \exp(-\lambda_0 t) \quad (3.15)$$

Ця залежність відома як експоненціальний закон надійності. Під аргументом  $t$  розуміють не календарний час, а той інтервал, для якого розраховується надійність. Для припущення  $\lambda_0 = \text{const}$  імовірність безвідмовної роботи за однакові проміжки часу  $t$  не залежить від того, як вибрана початкова точка відліку цього інтервалу.

Середнє напрацювання до відмови тоді можна знайти

$$T_{CP} = \int_0^{\infty} p(t) dt = \int_0^{\infty} \exp(-\lambda_0 t) dt = \frac{1}{\lambda_0} \quad (3.16)$$

Згрупувавши рівнонадійні елементи, отримаємо:

$$p_c(t) = \exp\left(-t \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j\right) \quad (3.17)$$

де  $\lambda_{0j}$  – інтенсивність відмов  $j$ -ої групи;

$N_j$  – кількість елементів  $j$ -ої групи;

$m$  – кількість груп рівнонадійних елементів.

Інтенсивність відмов пристрою в цілому:

$$\lambda_C = \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j \quad (3.18)$$

Наближений розрахунок надійності виконується на етапі технічного проектування за вищенаведеними формулами. Значення  $\lambda$ -характеристик (інтенсивності відмов) елементів пристрою визначаються з довідникових даних.

При уточненому розрахунку надійності враховують вплив умов експлуатації, температури та електричного режиму із застосуванням наступних співвідношень

$$p_c(t) = \exp\left(-k_\lambda \sum_{j=1}^m \lambda_j N_j\right) \quad (3.19)$$

$$\lambda_C = k_\lambda \sum_{j=1}^m \lambda_j N_j \quad (3.20)$$

$$\lambda_j = \lambda_{0j} \alpha_j \quad (3.21)$$

$$k_\lambda = k_{\lambda 1} k_{\lambda 2} k_{\lambda 3} \quad (3.22)$$

де  $\lambda_j$  – інтенсивність відмов  $j$ -ої рівнонадійної групи елементів при експлуатації в заданих умовах;

$\lambda_{0j}$  – те ж саме, але при експлуатації в номінальному режимі;

$\alpha_j$  – поправочний коефіцієнт інтенсивності відмов  $j$ -ої групи, який враховує вплив температури оточуючого середовища та електричне навантаження елемента.

Поправочний коефіцієнт  $k_\lambda$  враховує умови експлуатації РЕА;  $k_{\lambda 1}$  – вплив механічних факторів (вібрації, ударні навантаження),  $k_{\lambda 2}$  – вплив кліматичних факторів (температура, вологість),  $k_{\lambda 3}$  – умови роботи при пониженому атмосферному тиску.

Значення поправочного коефіцієнта  $\alpha$  в залежності від температури та коефіцієнту навантаження  $k_H$ , так само, як і інтенсивності відмов елементів пристрою, беруться з довідникових таблиць. При цьому коефіцієнт навантаження визначається як відношення навантаження по певному параметру (потужність, струм, напруга), яке діє на елемент, до його номінального навантаження, яке встановлене нормативно-технічною документацією:

Коефіцієнт навантаження по потужності:

$$K_P = \frac{P_P}{P_H} \quad (3.23)$$

де  $P_P$  – робоче значення потужності розсіювання;

$P_H$  – номінальне значення потужності розсіювання.

Коефіцієнт навантаження по напрузі:

$$K = \frac{U_P}{U_H} \quad (3.24)$$

де  $U_P$  – робоче значення напруги;

$U_H$  – номінальне значення напруги.

При проектуванні коефіцієнт електричного навантаження, як правило, приймають рівним 0,4...0,8.

Температуру та коефіцієнт навантаження можна визначити експериментально (на етапі випробувань дослідного взірця) або шляхом

розрахунків. Типові значення поправочних коефіцієнтів також беруться з довідникової літератури.

Для розрахунку надійності радіопристрою необхідні такі дані:

- перелік компонентів (елементів);
- кількість елементів кожного типу;
- умови експлуатації;
- довідникові дані інтенсивності відмов ЕРЕ.

Розрахунок надійності проводиться в такій послідовності:

1. Скласти таблицю вхідних даних для розрахунку, визначити конструктивну характеристику компонентів (наприклад, для транзисторів – кремнієвий чи германієвий, або польовий, для конденсаторів – електролітичний чи керамічний і т.д.), визначити кількість елементів по групах, для яких з таблиці визначити значення поправочних коефіцієнтів  $\alpha_i$ , значення інтенсивності відмов  $\lambda_0$ .

Розрахувати інтенсивність відмов  $\lambda_i$  для кожної з груп компонентів.

2. Для врахування умов експлуатації з таблиць визначити поправочні коефіцієнти згідно умов експлуатації проєктованого радіопристрою і розрахувати сумарний коефіцієнт  $K_\lambda$ .

Якщо умови експлуатації відповідають лабораторним,  $K_\lambda$  приймається рівним 1.

3. Розрахунок інтенсивності відмов провести.

4. Розрахунок середньої наробки до відмови провести у відповідності по формулі і з урахуванням.

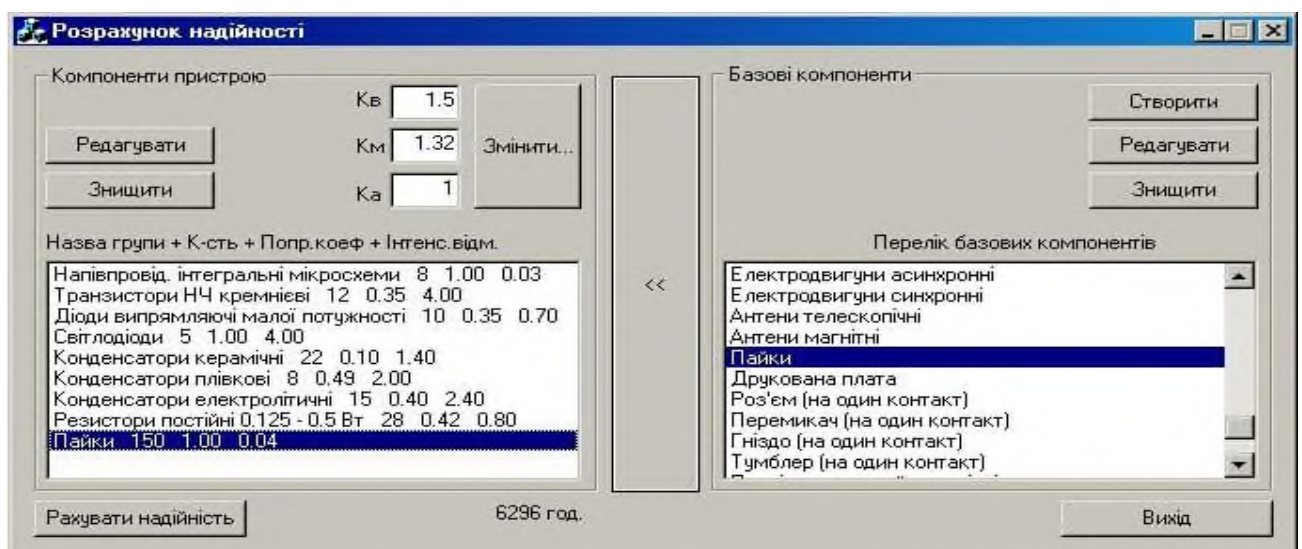
5. Провести розрахунок ймовірності безвідмовної роботи радіопристрою для заданих значень часу  $t_p$ . Кількість значень  $t_p$  рекомендується вибрати в межах 6 – 10.

6. По результатах розрахунків побудувати графік залежності імовірності безвідмовної роботи радіопристрою від часу  $t_p$ .

Розрахунок надійності РЕА суттєво скорочується при використанні комп'ютерної програми NAD\_Release. Для того, щоб розрахунок був ефективним, до програми висуваються наступні вимоги:

1. Розрахунок імовірності безвідмовної роботи та середнього напрацювання до відмови радіоелектронної апаратури із врахуванням умов експлуатації.
2. Збереження результатів розрахунку у вигляді файлу з можливістю виведення на друк, а також із можливістю подальшої обробки результатів іншими програмами (наприклад в програмі MatchCAD).
3. Візуалізація результатів розрахунку у вигляді графіку залежності імовірності безвідмовної роботи від часу роботи пристрою.
4. Наявність комп'ютерної бази даних інтенсивності відмов різних електрорадіоелементів та електромеханічних блоків РЕА.
5. Можливість редагування бази даних для урахування особливостей різних пристроїв.
6. Можливість поповнення бази даних характеристиками нових елементів;
7. Можливість корегування даних щодо інтенсивності відмов та інших експлуатаційних характеристик радіоелементів в процесі розрахунку;
8. Зручний та зрозумілий для користувача інтерфейс програми.

Вікно програми зображено на рисунку 3.25





## Рисунок 3.25 Головне вікно програми розрахунку надійності

Результати які виводяться у файл:

- таблиця вхідних даних (список компонентів пристрою – назва групи компонентів, кількість елементів в групі, інтенсивність відмов, поправочний коефіцієнт, сумарна інтенсивність відмов для даного типу елементів;
- значення коефіцієнтів впливу  $k_{\lambda 1}$ ,  $k_{\lambda 2}$ ,  $k_{\lambda 3}$ ;
- сумарна інтенсивність відмов пристрою;
- середній час напрацювання до відмови;
- дані для побудови графіку залежності імовірності безвідмовної роботи від терміну роботи.

В результаті розрахунку отримано наступні результати:

Розрахунок надійності проектного лабораторного блоку живлення.

Розрахунок надійності.

Таблиця 3.3 – Вихідні дані для розрахунку надійності

п/п	Назва групи елементів	К- сть шт.	Кнопр	Івідм*1e-06	К- сть*Кнав від*1e-06
1	Напівпровідникові інтегральні мікросхеми	5	1	0.03	0.15
2	Транзистори НЧ кремнієві	5	0.35	4	7
3	Діоди випрямляючі малої потужності	9	0.35	0.7	2.205
4	Світлодіоди	1	1	4	4
5	Конденсатори керамічні	6	0.1	1.4	0.84
6	Конденсатори електролітичні	8	0.4	2.4	7.68
7	Резистори постійні 0.125 - 0.5 Вт	16	0.42	0,8	5.376
8	Трансформатори живлення	1	0.1	3	0.3
9	Дроселі	1	0.1	1	0.1
10	Лампи розжарення	1	1	1.2	1.2
11	Друкована плата	3	1	0,1	0.1
12	Пайки	155	1	0,02	3.1

13	Запобіжник	1	1	0,5	0,5
----	------------	---	---	-----	-----

Коефіцієнти впливу:

Коефіцієнт механічних впливів: 1

Коефіцієнт впливу вологості і температури: 1

Коефіцієнт атомосферних впливів: 1

Результати розрахунку:

Інтенсивність відмов:  $3.2551 \times 10^{-5}$  1/год

Середня наробка до відмови: 30721.0 год.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи  $P(t)$ :

$t = 10$  год.  $P(t) = 0.999675$

$t = 100$  год.  $P(t) = 0.996750$

$t = 1000$  год.  $P(t) = 0.967973$

$t = 10000$  год.  $P(t) = 0.722159$

$t = 100000$  год.  $P(t) = 0.038577$

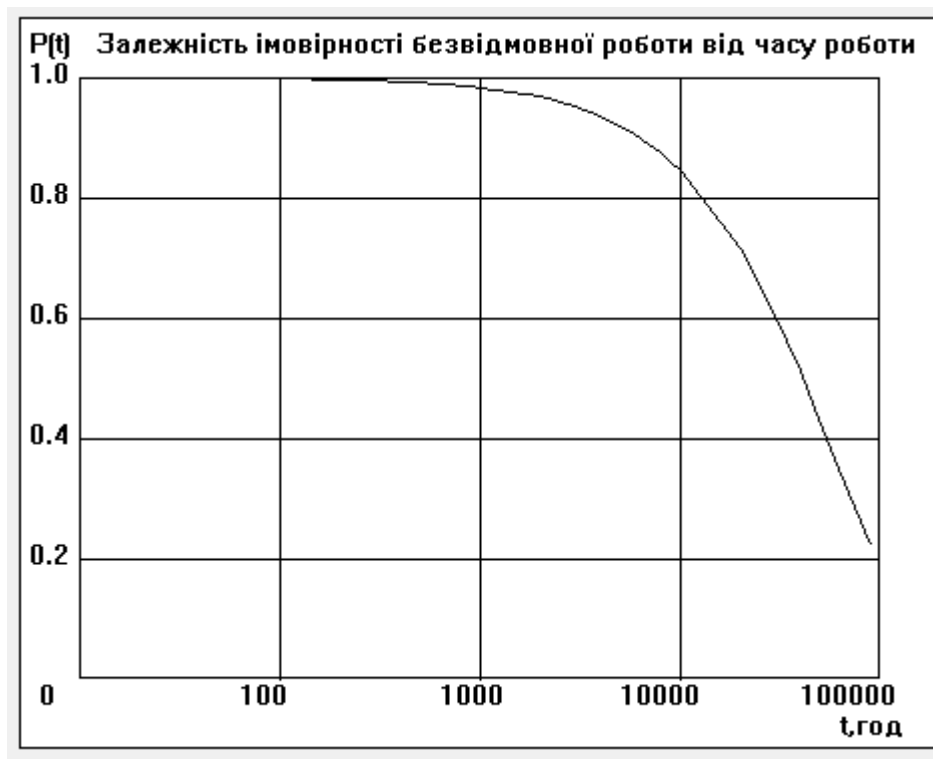


Рисунок 3.26 Графік залежності  $P = f(t)$

При розрахунку надійності пристрою, було розраховано всі елементи враховуючи коефіцієнти механічних впливів, вологості і температури і було розраховано середнє напрацювання до відмови 30721.0 год.

### 3.3 Розробка математичної моделі об'єкту дослідження

#### Особливості функціонування фотоприймаючих елементів

При конструюванні пристрою вибір безконтактного перемикача що функціонує в інфрачервоному спектрі обґрунтований особливостями вхідного сигналу.

Пікова довжина хвилі інфрачервоного випромінювання людського тіла при температурі 37 ° С становить близько 10 мкм.

При цьому інфрачервоному випромінюванню властиве менше розсіювання в робочому середовищі що забезпечить кращу передачу через різні середовища. Сигнал може сприйматися в межах 1-8 см від давача.

Типовими прикладами інфрачервоних передавальних середовищ є вакуум, атмосфера та оптичні волокна. В атмосфері поглинання  $H_2O$ ,  $CO_2$  та іншими компонентами відбувається на певних довжинах хвиль.

Причому для певних діапазонів частот інтенсивність поглинання нижча, До них належать смуги частот від 3 мкм до 5 мкм та від 8 мкм до 12 мкм. Їх іноді називають "атмосферними вікнами" і часто використовуються для безконтактної передачі керуючого сигналу.

Для регулювання яскравості слід утримувати руку в області перемикача протягом 2 секунд, доки не буде досягнуто бажаного рівня освітлення.

У порівнянні з видимими та ультрафіолетовими променями, інфрачервоне випромінювання має невелику енергію, а саме 1,24 еВ при довжині хвилі 1 мкм

та 0,12 eВ при 10 мкм. Енергія інфрачервоного випромінювання виражається наступним рівнянням:

$$E = hc/\lambda = 1.24/\lambda \text{ eV},$$

Тут

$h \approx 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ Дж}$  – стала Планка;

$c \approx 3 \cdot 10^{10} \text{ см/с}$  – швидкість світла;

$\lambda$  – довжина хвилі у мкм.

Для підвищення ефективності впливу інфрачервоного випромінювання індикатор варто охолоджувати.

Основними характеристиками, що вказують на ефективність роботи інфрачервоного детектора, є відношення потужності корисного опромінювання до потужності шуму.

Іноді шуми можуть виникати і в результаті впливу на апаратуру самого інфрачервоного випромінювання. Їх джерелами можуть бути і сам інфрачервоний детектор, його електричне коло або фонові коливання.

Фоточутливість - це відношення вихідної напруги (або вихідного струму) до кількості ват падаючої енергії, коли шумом можна знехтувати.

Якщо ігнорувати перші два джерела порівняно з шумом, спричиненим коливанням фону, здатність пристрою реагувати на керуючий вплив визначається лише шумом від фонових коливань. Таку оцінку називають "Background Limited Infrared Photodetection (BLIP)".

### 3.4 Моделювання реакції фотоприймача на опромінювання

Моделювання здійснювалося в системі MicroCap-8 за схемою підключення досліджуваного елемента X1, показаною на рис. 3.27. Параметри для опису фотоелемента (чутливість, ємність *p-n* переходу і т. д.) задано в його моделі.

Вплив опромінення імітується імпульсним джерелом Vlight. Вихідна реакція – напругою VOUT.

Аналіз схеми в частотному режимі (рис. 3.28) показує, що елемент стабільно реагує на опромінення з низькочастотної області спектру.

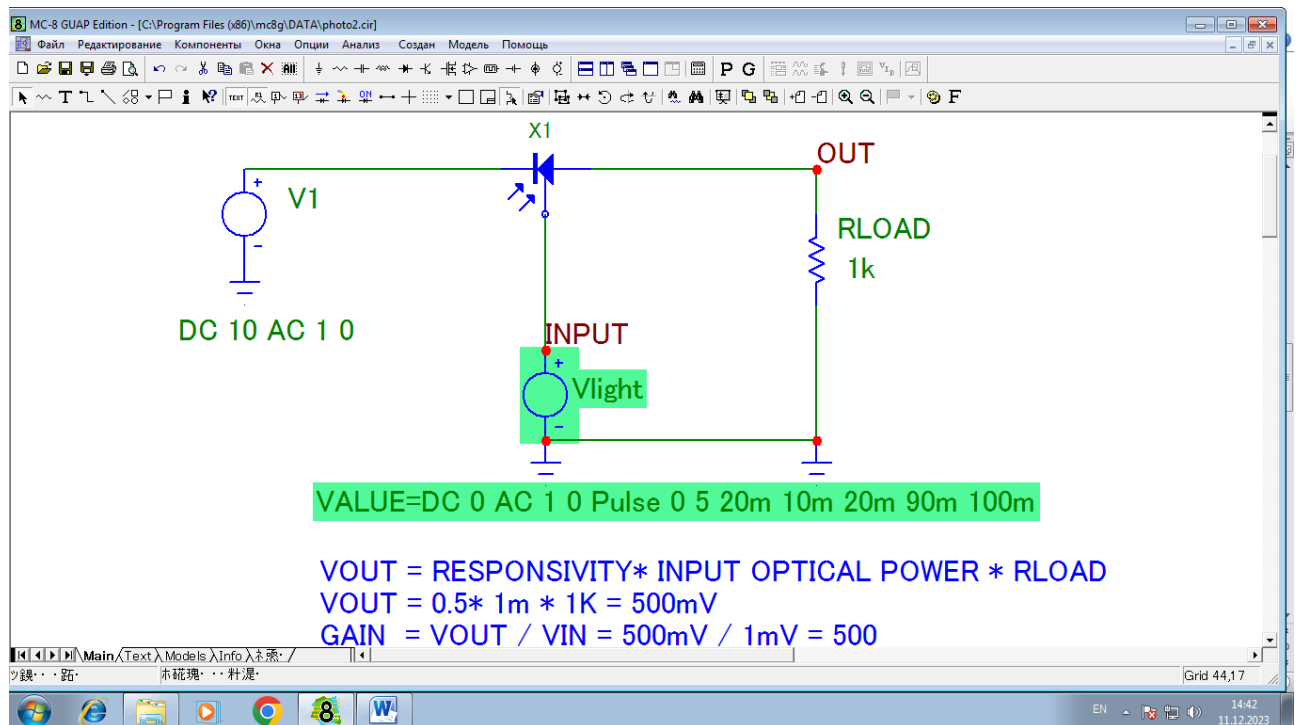


Рисунок-3.27 Схема для дослідження реакції фотодіодного елемента на опромінення

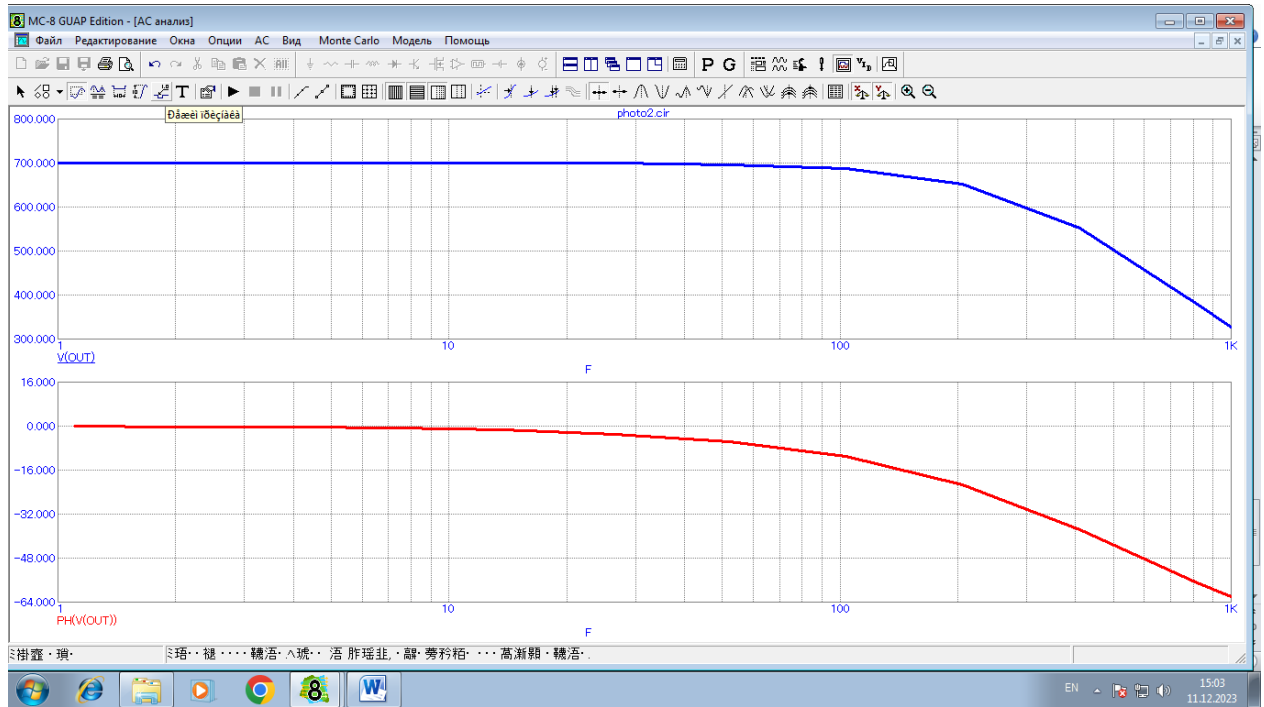


Рисунок 3.28 - Частотні характеристики досліджуваного фотодіодного елемента  
(верхній графік – АЧХ, нижній – ФЧХ)

На рис. 3.29 ,3.30 показано результати аналізу по змінному струму: реакція фотодіодного елемента на шумове (рис.3.29) і на керуюче (рис.3.30) опромінення.

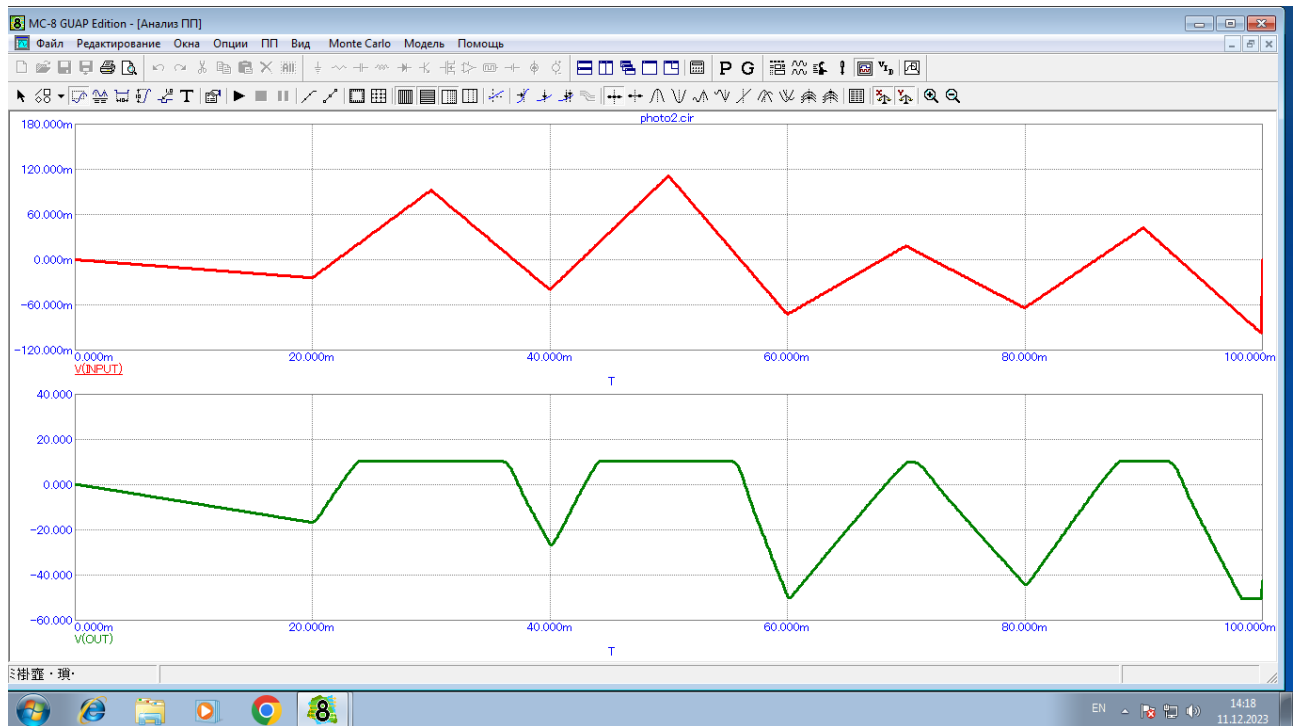
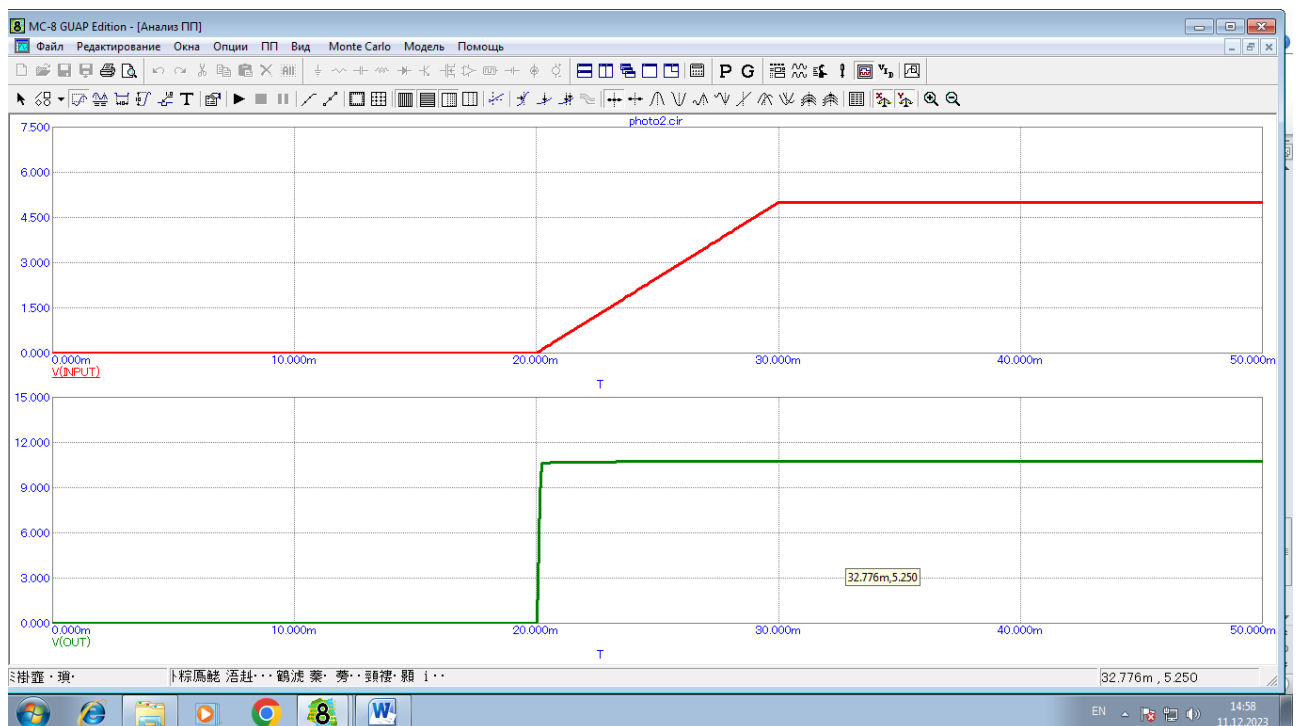
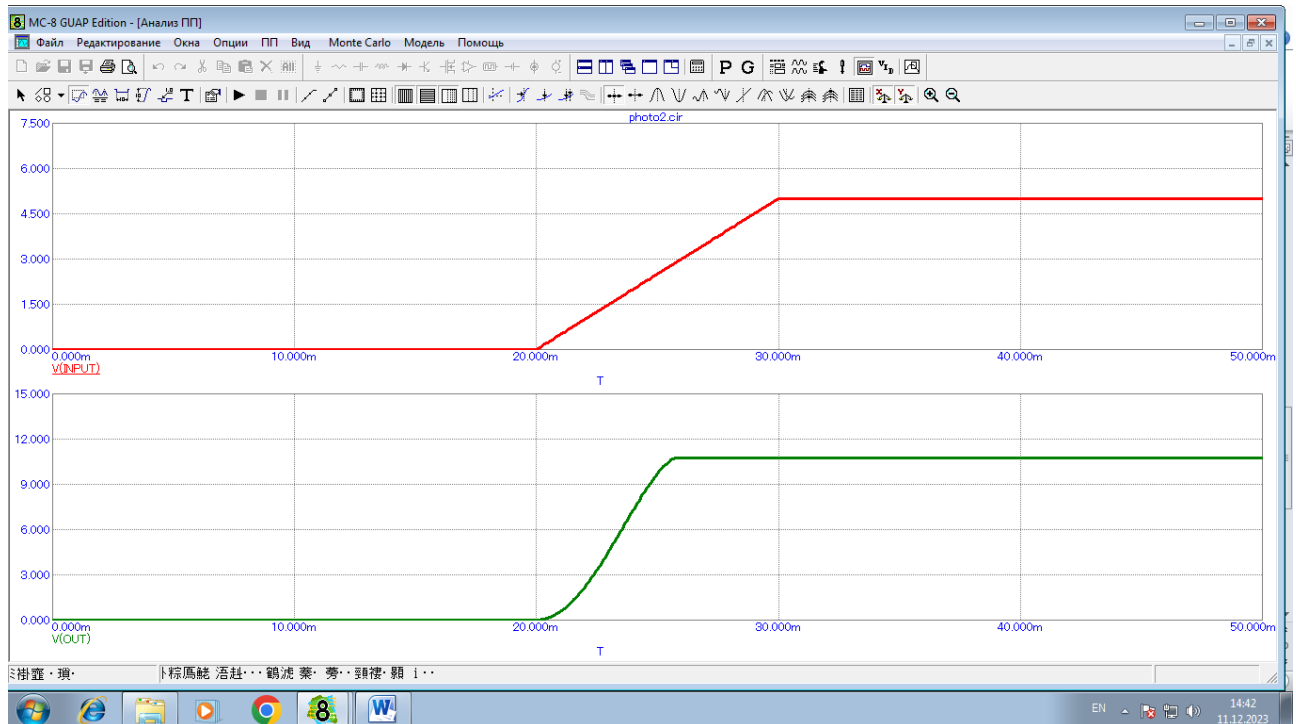


Рисунок 3.29 - Реакція фотодіодного елемента на шумовий сигнал низькочастотного спектру (верхній графік – вхідний сигнал, нижній – напруга на навантаженні)

Зокрема, на рис. 3.30 а), б) можемо бачити як реагують на однаковий керуючий сигнал фотоеlementи з різними фізичними параметрами (чутливістю і ємністю  $p-n$  переходу).



а)



б)

Рисунок 3.30 - Реакція фотодіодних елементів різних марок (з різними значеннями  $\epsilon$ мностей  $p-n$  переходу) на керуючий сигнал (верхній графік – вхідний сигнал, нижній – напруга на навантаженні)

Слід зауважити, що залежності на рис. 3.29, 3.30 паралельно отримано при трьох значеннях температури середовища – 10, 20 і 30 град. Цельсія.

Як бачимо, в такому діапазоні реакції фотоприймача на опромінення практично не змінилися (графіки накладаються).



## 4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 4.1 Обґрунтування вибору конструкції

Даний виріб складається з корпусу, друкованого вузла, трансформатора, дроселя, семістора.

Верхня та нижня кришки мають форму типу «корито» по кутах розміщені стійки для закріплення одна до одної за допомогою саморізів. Виготовляються кришки за допомогою лиття під тиском.

Задня кришка має просту форму і можуть виготовлятися методом литтєвого пресування.

До передньої панелі кріпиться отвір для світло діода та отвір для підключення лампочки.

На задній панелі розміщене гніздо для підключення живлення та тримач під запобіжник.

Друкований вузол кріпиться до нижньої кришки.

Матеріалом для корпусу служить пластмаса, що надає йому ряд переваг: зменшення маси, спрощення технологічного процесу, зменшення ціни виробу та хороший естетичний вигляд.

Взаєморозміщення елементів виробу забезпечує технологічність складання і регулювання конструкції.

Друкований вузол кріпиться до нижньої кришки за допомогою чотирьох гвинтів.

Для з'єднання елементів, які розміщені на корпусі з друкованим вузлом використовуються перемички.

## 4.2 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Під час вибору елементної бази для проектного виробу основними критеріями слід вважати, наступні вимоги для проектування це:

- відповідність номіналів елементів вказаних в схемі електричній принциповій;
- наявність даних елементів на виробництві;
- технічні вимоги поставлені до конструкції;
- економічна вигода;
- універсальність радіоелементів;
- стабільність параметрів;
- мінімальна кількість розмірів корпусів;

В проектованому виробі була використана сучасна елементна база.

При виборі елементів враховувалося співвідношення між ціною радіоелемента та його технічними характеристиками, а також забезпечення необхідних електричних параметрів та надійності в діапазоні температур, вологості та механічних впливів.

Виходячи із цих умов, вибираємо наступні електрорадіоелементи:

Даний трансформатор являється силовим, випускається на стержневих сердечниках типу ПЛ 21×45, призначений для живлення побутової напівпровідникової апаратури. Виготовлений із електротехнічної сталі марки 3311. Товщина використаної стрічки 0,35мм. Зовнішній вигляд трансформатора показаний на рисунку 4.1.

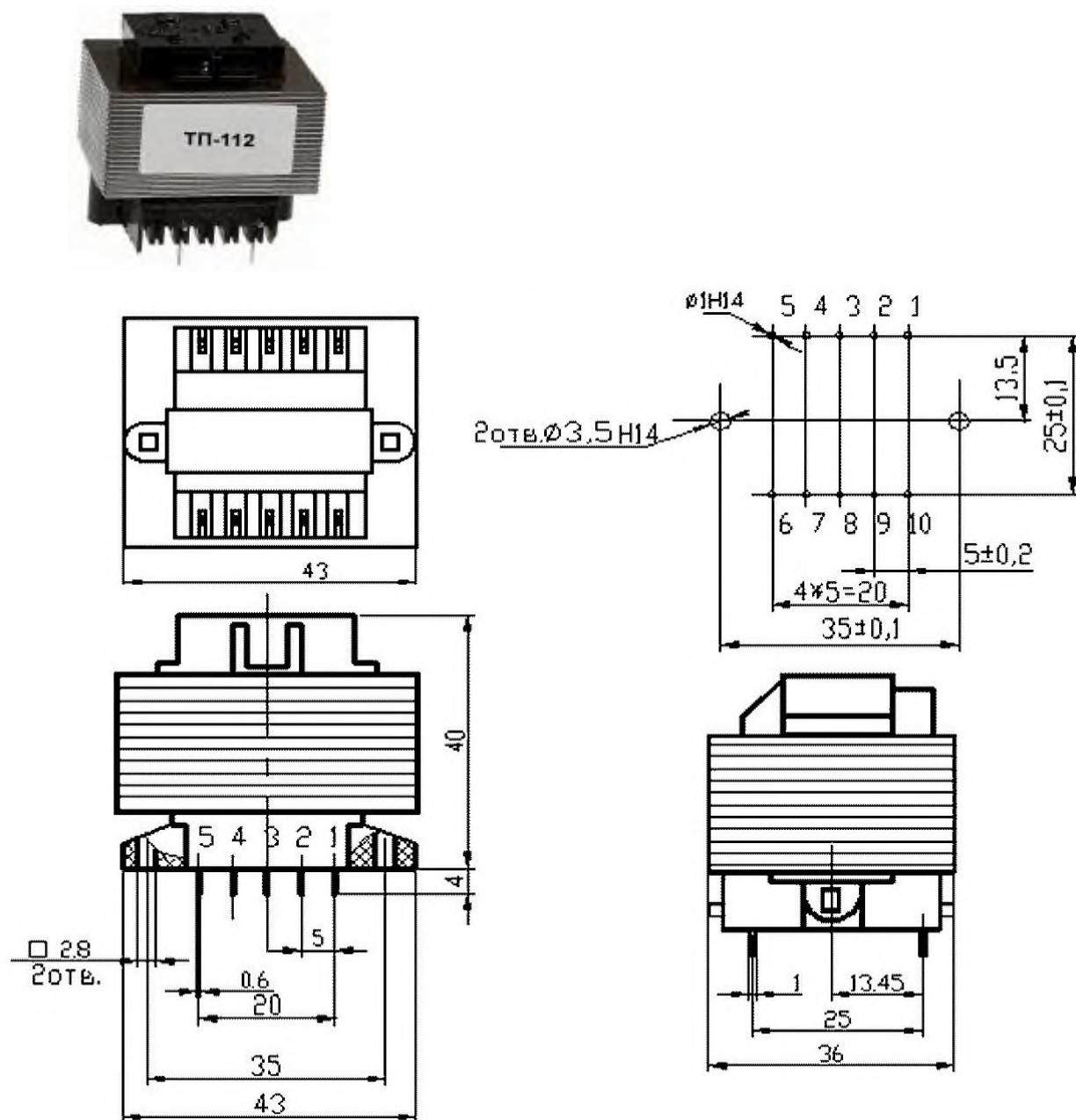


Рисунок 4.1 - Зовнішній вигляд трансформатора ТП112

Електричні параметри і намоточні дані трансформатора ТП112 представлені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Електричні параметри і намоточні дані трансформатора ТП112

Тип трансформатора	Сердечник	№ виводів обмоток	Число витків	Марка і діаметр провoda, мм	Ном. напруга, В	Ном. струм, А
ТН32	ПЛР21×45	1-2 (I)	750	ПЭЛ 1,0	220	1,75
		3-4 (II)	60	ПЭЛ 2,5	6	1,2
		5-6 (III)	44	ПЭЛ 0,8	3	0,75
Споживана потужність Вт, 6						

Отже, даний трансформатор ідеально підходить до проєктованого виробу.

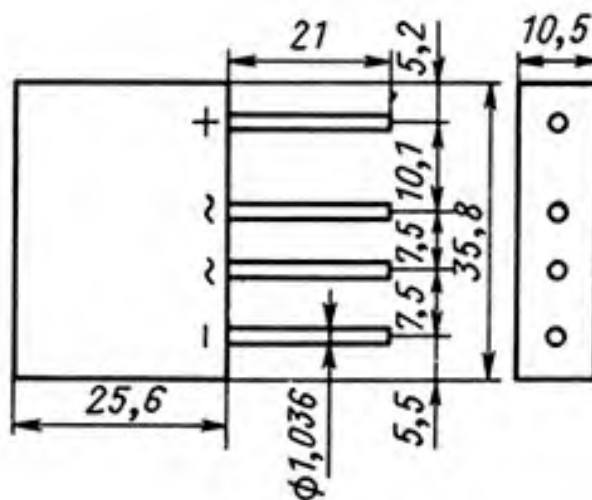


Рисунок 4.2 - Зовнішній вигляд діодного моста КВР10

Технічні параметри:

- Максимальна постійна зворотна напруга, В.....1000;
- Максимальна імпульсна зворотна напруга, В.....1000;
- Максимальний прямий(випрямлений за напівперіод) струм, А.....2;
- Максимальний допустимий прямий імпульсний струм, А.....0,6;
- Максимальний зворотний струм, мкА.....100;
- Максимальна пряма напруга, В.....1;
- Робоча температура, С..... -55-125;
- Корпус .....МВ-25;

Запобіжники (вставки плавкі) призначені для розриву електричного кола у випадку, коли струм в колі перевищує заданий. Вибираємо даний тип запобіжників тому, що вони надійні в роботі, дешеві та доступні у придбанні, не змінюють своїх параметрів протягом тривалого їх використання.

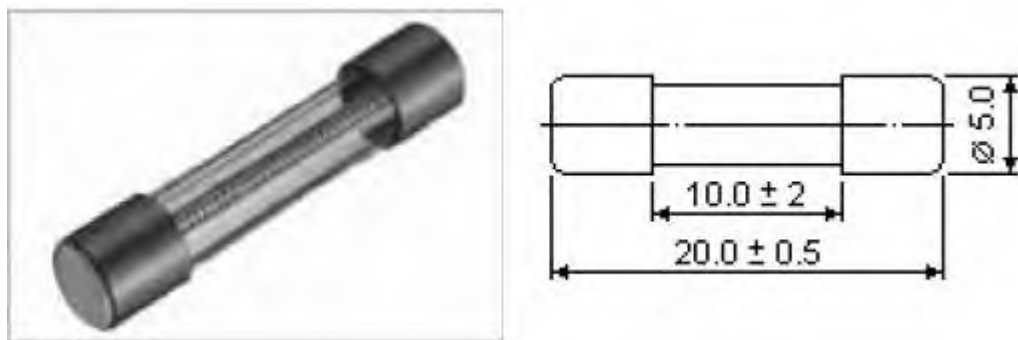


Рисунок 4.3 - Зовнішній вигляд і габаритні розміри запобіжника ВП1-А "Siba"

Технічні параметри запобіжників:

- номінальна напруга 250 В;
- номінальний робочий струм 0,5 А;
- контакти циліндричні;
- довжина корпусу 20 мм;

- діаметр корпуса 4 мм;
- робоча температура  $-60\dots+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

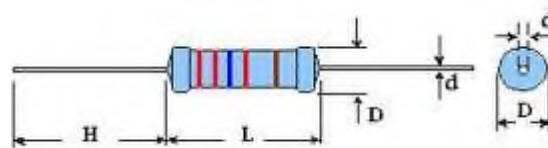
Застосовуємо до виробу запобіжники з максимальним робочим струмом 0,5 А і робочою напругою 250 В.

В даному пристрої використовуються резистори типу С1-4-0,125. Резистори С1-4-0,125 – постійні, металоплівкові, лаковані, теплостійкі.

Металодіелектричні з метало електричним провідним шаром, неізольовані, для навісного монтажу, призначені для роботи в електричних постійного, змінного та імпульсного струмів.

Ці резистори часто використовуються, тому їх дістати дуже легко, також, даний тип резисторів є не дорогим, що зменшує вартість виробу.

У цих резисторах використовують кольорове маркування, що дає змогу полегшити їх монтаж. Такі резистори мають хороші електричні параметри: діапазон номінальних опорів  $= 1\dots 3\times 10^6\text{ Ом}$ , номінальна потужність  $= 0,125\text{ Вт}$ , гранична напруга становить становить 350 В, діапазон робочих температур  $-60\dots+70^{\circ}\text{C}$ , допустимі відхилення опору становлять  $\pm 10\%$ , що зменшує розкид параметрів в схемі. Всі ці параметри добре підходять до моєї схеми і дають змогу зменшити габарити виробу.



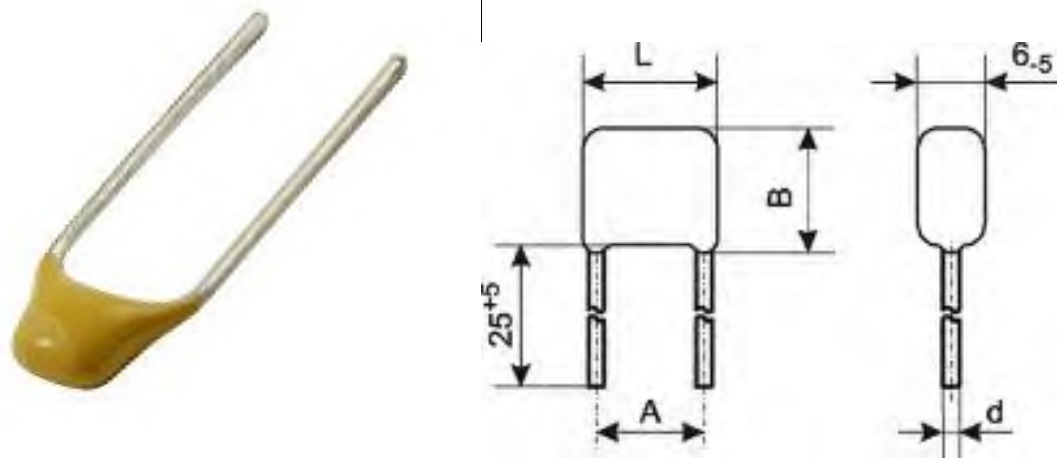
$$L = 6\text{ мм}; \quad H = 20\text{ мм}; \quad D = 2,2\text{ мм}; \quad d = 0,5\text{ мм}$$

Рисунок 4.4 - Зовнішній вигляд та габаритні розміри резистора С1-4-0,125

Конденсатори керамічні постійної ємності СС4– конденсатори монолітні, багат шарові, ізольовані.

Використовуються для роботи в колах постійного, змінного та імпульсного струму.

По параметрах повністю або частково замінюють конденсатори типів: К10-17, К10-7в, К10-43, К10-47, К10-49.



$$L = 7,5 \text{ мм} \quad B = 7,5 \text{ мм} \quad A = 5 \text{ мм} \quad d = 0,6 \pm 0,1 \text{ мм}$$

Рисунок 4.5 - Зовнішній вигляд та габаритні розміри конденсатора КМ-6

Експлуатаційні дані:

- робоча напруга 50 В;
- температурний коефіцієнт ємності (ТКЄ) Н20;
- тангенс кута втрат, не більше 0,035;
- постійна часу для номінальної ємності вище 0,025 мкФ, не менше

100 МОм×мкФ;

- проміжне значення номінальних ємностей відповідає ряду Е24;
- допуск:  $\pm 10\%$  (Н20);
- робоча температура -60...+125 °С.

Використовуємо в проектованому пристрою 1 конденсатор даного типу з номінальною ємністю 0,01 мкФ. Вибираємо його тому, що він має малі габарити, являється дуже дешевими та доступними, його електричні параметри є задовільними. Використання конденсаторів такого типу дає нам можливість автоматизувати процес виготовлення виробу.

Конденсатори електролітичні алюмінієві полярні з радіальними виводами "Jamicon" із серії ЕСАР – призначені для використання в побутовій техніці.



Рисунок 4.6 - Зовнішній вигляд конденсаторів "Jamicon"

Основні технічні характеристики:

- номінальна ємність, мкФ.....0,1-15000;
- номінальна напруга, В.....6,3-450;
- тангенс кута діелектричних втрат:  
0,14 – при номінальній напрузі 25 В;  
0,10 – при номінальній напрузі 50 В;
- діапазон робочих температур, °С.....-40...+85;
- допустиме відхилення ємності від номіналу, %. ....±20;

Було використано такі номінали ємностей даного конденсатора: 1 мкФ і 1000 мкФ з номінальними напругами 25 і 35 В відповідно.

Вибрано даний тип електролітичного конденсатора у зв'язку з доступністю, дешевизною та відносно хорошою якістю.

В даному виробі було використано діоди таких типів: КД522

Діоди КД522 – епітаксіально-планарні кремнієві імпульсні діоди, призначені для роботи в імпульсних пристроях. Конструктивно оформлені в скляному корпусі з гнучкими виводами. Маркуються умовним кольоровим кодом – одною широкою і двома вузькими кольоровими полосками зі сторони позитивного виводу (аноду).





Рисунок 4.7 - Зовнішній вигляд та габаритні розміри діода КД522

Основні параметри:

- постійна зворотня напруга, В.....50;
- максимальний постійний прямий струм, мкА.....30;
- максимальний постійний зворотній струм, мкА.....5;



Рисунок 4.8 - Зовнішній вигляд світлодіода АЛ307Б

Електричні параметри:

- Колір свічення.....червоний;
- Довжина хвилі, мкм.....0,665;
- Сила світла  $I_v$ , мккд.....900;
- Колір лінзи.....червоний;
- Форма лінзи.....кругла;
- Пряма напруга, В.....2;
- Прямий струм, мА.....10;

Максимальний прямиий струм, мА.....22;  
 Максимальний прямиий імпульсний струм, мА.....100;  
 Максимальна зворотня напруга, В.....2;  
 Робоча температура, °С.....-60...+70;  
 Параметри приведені при  $t = 25\text{ °С}$ .

В схемі використовується для індикації.

Мікросхема LM7805 використовує внутрішнє обмеження струму, надійний тепловий захист операційної області, що забезпечує її надійну роботу і оберігає від виходу з ладу.

Стабілізатор напруги 7805 — це інтегральна схема, призначена для підтримки постійної вихідної напруги, незважаючи на зміни вхідної напруги та навантаження. Зокрема, 7805 — це позитивний стабілізатор напруги, який забезпечує стабільний вихід +5 В, що робить його популярним вибором для живлення різних електронних компонентів і схем.

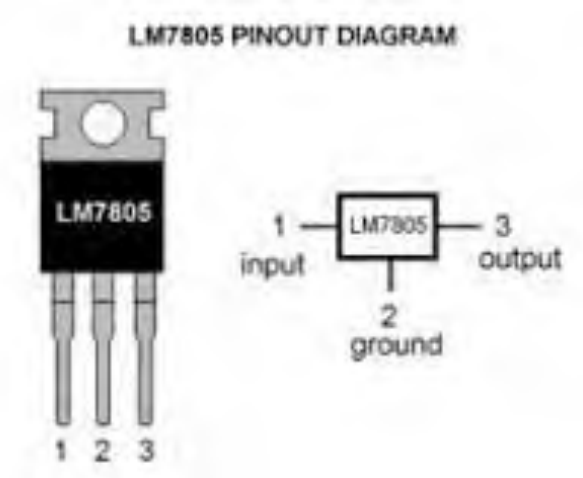


Рисунок 4.9 – Зовнішній вигляд мікросхеми LM7805

Параметри мікросхеми:

- Вихідна напруга .....5В;
- Вихідний струм .....0.1А;
- Вхідна напруга .....40В;
- Нестабільність по струму .....0.01 %/А;

- Нестабільність по напрузі..... 0.05 %/В;
- Тип корпусу .....ТО-126.

Мікросхема К561ЛА7 виконує роль генератора імпульсів. Вона зі всіма вимогами виконує свої функції, через це її добре використовувати в даному приладі.

Мікросхема CD4011 DIP-14 (CD4011BE, К561ЛА7) - це чотириканальний логічний елемент АБО-НЕ, який використовується для виконання логічних операцій АБО з інверсією.

Вона широко застосовується у цифрових схемах, таких як лічильники, регістри, генератори і т.д.

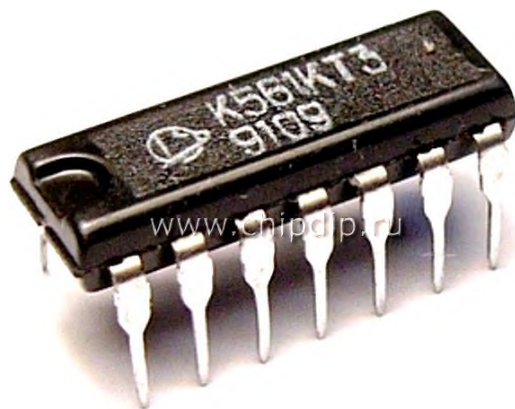


Рисунок 4.10 – Зовнішній вигляд мікросхеми типу К561ЛА7 "Мікрон"

Основні параметри:

- Напруга живлення .....3 – 15 В;
- Струм при напрузі 10 В.....0,2 мА;
- Максимальний вихідний струм .....1 мА;
- Час затримки.....25 нс;
- Кількість каналів .....4;
- Корпус мікросхеми ..... 201.14-1;

Мікросхема К561ИЕ8 виконує роль десяткового лічильника зі всіма поставленими вимогами. В зв'язку з цим її ми використовуємо в даному приладі. Мікросхема CD4017BE DIP-16 (К561ИЕ8) - це десятирозрядний лічильник/дільник з функцією дешифратора. Вона використовується для керування різними пристроями, такими як світлодіодні індикатори, реле, двигуни і т.д.

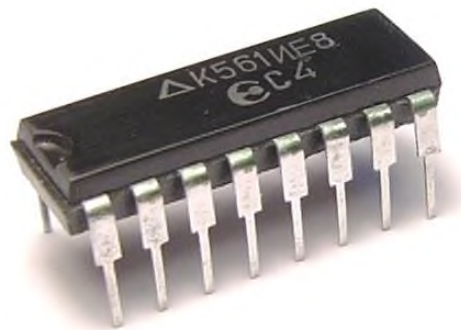


Рисунок 4.11 – Зовнішній вигляд мікросхеми К561ИЕ8

Параметри мікросхеми:

Напруга живлення.....	+3В + 15В;
Кількість розрядів .....	4;
Струм при максимальній напрузі.....	0.6мА;
Час затримки .....	1860 нс;
Вихідний струм низького рівня.....	0.42мА;
Робочий діапазон температур.....	-45...+85 °С;
Корпус.....	DIP-16;

Мікросхема К1182ПМ1Р виконує функції фазового регулятора. Використання її в приладі надає коректну роботу пристрою.

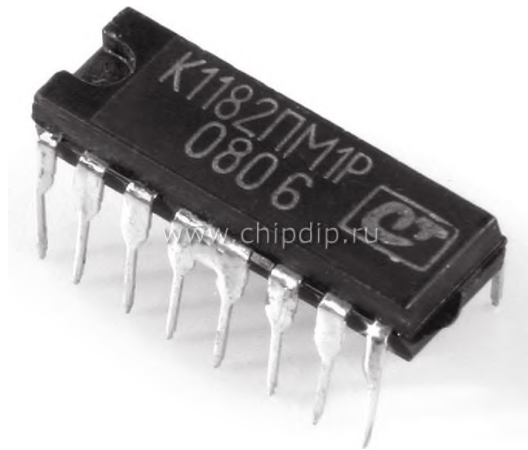


Рисунок 4.12 - Зовнішній вигляд мікросхеми K1182PM1P

Технічні характеристики:

- Напруга живлення: 80-270 В
- Максимальний струм навантаження: 1,2 А
- Частота мережі змінного струму: 40-70 Гц
- Розміри друкованої плати: 38x32 мм.

Мікросхеми K1182PM1P являють собою контролер напруги мережевого живлення схему фазорегулятора і призначені для плавного включення і виключення електричних ламп розжарювання або регулювання їх яскравості світіння, а також для регулювання швидкості обертання електричних ламп. двигунів потужністю до 150 Вт і для керування силовими пристроями тиристорами, симісторами.

Реалізація функції плавного відключення включення дозволить не менш ніж значно збільшити термін служби лампи. K1182PM1P складається з двох високовольтних тиристорів, включених паралельно лічильника і керованих від блоку управління через два розв'язують діода. Включається послідовно із завантаженням.

Використано даний тип мікросхеми у зв'язку з тим, що вона дешева, широко розповсюджена і підходить по напрузі стабілізації в проектовану схему.

Мікросхема TSOP1736 виконує функцію фотоприймача.



Рисунок 4.13 - Зовнішній вигляд мікросхеми TSOP1736

Технічні характеристики:

- Напруга живлення: .....4,5 .. 5,5 V
- Струм: .....1,5 mA
- Вихідний струм (max): .....5mA
- Кут огляду:..... +-45o
- Дистанція прийому:..... до 35m
- Розміри (без виводів):..... 10x12x5.8



Рисунок 4.14 - Зовнішній вигляд симістора TC106-10 "No trademark"

Основні параметри симістора TC106-10

Симістор симетричний низькочастотний.

Призначений для роботи в перетворювальних пристроях, а також у колах постійного і змінного струму різних силових установок.

Випускаються в корпусі ТО220.

Максимально допустимий діючий струм - 10 А

Періодичну імпульсна напруга в закритому стані і повторювана імпульсна зворотна напруга - 600 В

Охолодження повітряне природне.

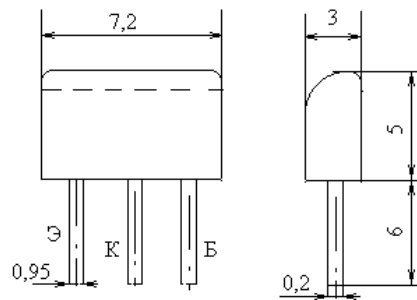


Рисунок 4.15 - Габаритні розміри транзистора типу КТ315Б

Таблиця 4.1 електричні параметри

$I_{к макс}$ мА	$U_{кeдop}$ В	$U_{eб0 макс}$ В	$P_{к макс}$ мВт	$T_{к}$ /С	$T_{п макс}$ /С	$h_{21e}$	$U_{кб0}$ В	$I_e$ мА	$U_{кe нас}$ В	$I_{кб0}$ мкА	$f_{зp}$ МГц	$R_{т п-к}$ С/Вт
100	20	6	150	25	120	20...90	20	1	0,4	1	250	670

В приладі використовується дросель намотаний на феритовому осерді.

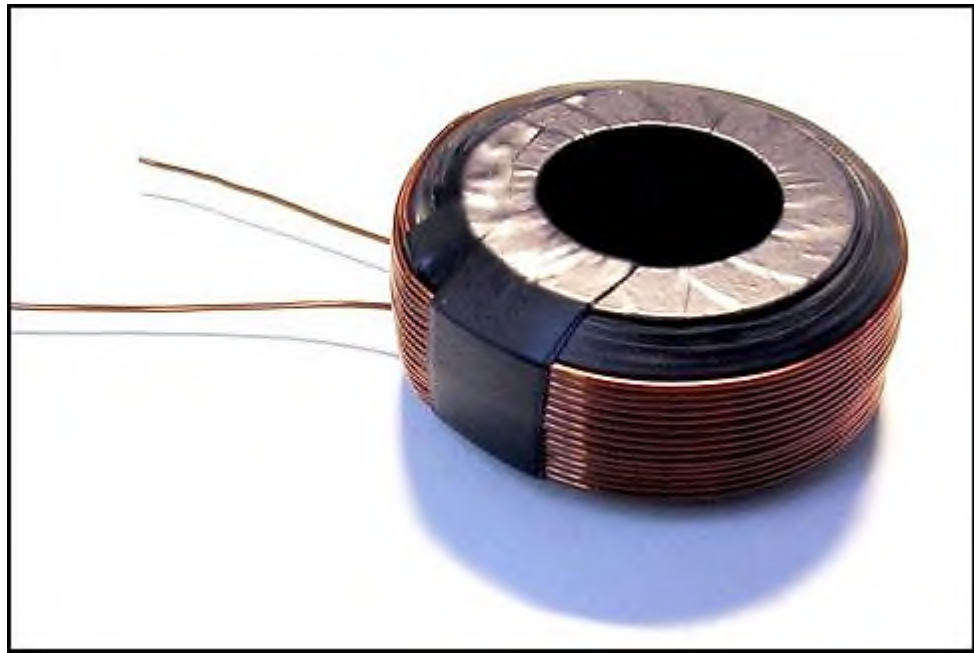


Рисунок 4.16 - Зовнішній вигляд M2000HM "Ферроприбор"

Технічні характеристики:

- Початкова магнітна проникність  $\mu_i = 2000$
- Індукція насичення  $B_S = 380$  мТ
- Гранична частота 500 кГц.

За допомогою даної вилки з мережевим шнуром типу ШВП-2-В2×0,75 пристрій вмикається в мережу 220 В (забезпечується живлення пристрою). Вилка розрахована на максимальну напругу 250 В і максимальний струм 6 А частотою 50 Гц.



Рисунок 4.17 - Зовнішній вигляд мережевої вилки У-4 з шнуром ШВП-2-В2×0,75



Отже, всі електрорадіоелементи, які використовуються в даному пристрої обиралися з урахуванням допустимих електричних параметрів, які задовольнятимуть електричну схему, а також враховувались розповсюдженість, вартість та якість елементів.

#### 4.3 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

В даному пункті виконуємо електричний розрахунок випрямляючого моста на діодах VD1-VD4 та ємнісного згладжувального фільтра на конденсаторі C3 згідно. Нижче приведена схеми електрична принципова випрямляча і ємнісного фільтра, який зображений на рисунку 4.2:

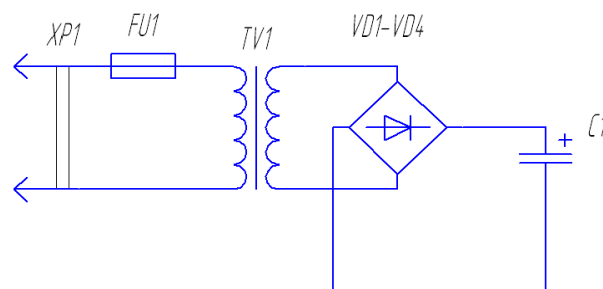


Рисунок 4.18 Схеми електрична принципова випрямляча та ємнісного фільтра

Вихідні дані для розрахунку:

- Номінальна випрямлена напруга  $U_0=1$  В;
- Номінальний струм навантаження  $I_0=0,6$  А;
- Коефіцієнт пульсацій  $K_{п0}=0,03$  %;
- Номінальна напруга мережі  $U_1=220$  В;
- Номінальна частота мережі  $f_M=50$  Гц.

Визначення основних параметрів і вибір діодів.

$U_{зв}$  – зворотна напруга;

$I_{пр.сер}$  – середнє значення прямого струму;

$I_m$  – амплітуда імпульсного струму.

В подальшому процесі розрахунку випрямлячів ці значення параметрів діодів уточнюються.

Таблиця 4.2 Формули для розрахунку мостового випрямляча

<b>A</b>	<b><math>U_{зв.}</math></b>	<b><math>I_{пр.сер.}</math></b>	<b><math>I_m</math></b>	<b><math>U_{2x}</math></b>	<b><math>I_2</math></b>
$1,6 \frac{r}{R_f}$	$1,4U_{2x} \approx 1,5U_0$	$\frac{I_0}{2}$	$0,5FI_0 \approx 3,5I_0$	$BU_0$	$\frac{DI_0}{\sqrt{2}}$

$$U_{зв} = 1,5 \cdot U_0 \quad , \quad (4.1)$$

$$U_{зв} = 1,5 \cdot 1 = 1,5(B) \quad ,$$

$$I_{пр.сер} = \frac{I_0}{2} \quad , \quad (4.2)$$

$$I_{пр.сер} = \frac{0,6}{2} = 0,3(A) \quad ,$$

$$I_m = 3,5 \cdot I_0 \quad , \quad (4.3)$$

$$I_m = 3,5 \cdot 0,6 = 2,1(A) \quad .$$

З довідника по напівпровідникових діодах вибираємо тип діода, параметри якого  $U_{зв.мах}$  – максимально-допустима зворотна напруга і  $I_{пр.сер.мах}$  – максимально-допустимий прямий середній струм трохи перевищують розраховані значення:  $U_{зв.мах} > U_{зв}$ ;  $I_{пр.сер.мах} > I_m$ .

За розрахованими значеннями параметрів вибираємо з довідника чотири діоди типу КД 522 В.

Розрахунок опору навантаження.

$$R_f = \frac{U_0}{I_0} \quad , \quad (4.4)$$

$$R_n = \frac{1}{0,6} = 1,6(Ом) .$$

Визначення активного опору обмоток трансформатора.

Попередньо визначаємо потужність навантаження:

$$P_0 = U_0 \cdot I_0 \quad , \quad (4.5)$$

$$P_0 = 1 \cdot 0,6 = 0,6(Вт) .$$

Тоді активний опір обмоток трансформатора  $r_{об}$  вибираємо в межах:

$$r_{TP} = (0,05...0,08)R_n \quad , \quad (4.6)$$

$$r_{TP} = 0,07 \cdot 1,6 = 1,11(Ом) \quad .$$

Розрахунок прямого опору випрямляючого діода за наближеною формулою:

$$r_{np} \approx \frac{U_{np.сep}}{3 \cdot I_{np.сep}} \quad (4.7)$$

де –  $U_{np.сep}$  – середня пряма напруга діода, В (з довідника).

$$r_{np} \approx \frac{1}{3 \cdot 1,5} = 0,22(\text{Ом})$$

Визначення активного опору фази випрямляча  $r$  за формулою:

$$r = 1,4 + 2 \cdot 0,22 = 1,84(\text{Ом})$$

(4.8)

Розрахунок параметрів вторинної обмотки трансформатора.

За формулами таблиці 4.2 визначаємо значення напруги на вторинні обмотці трансформатора в режимі холостого ходу  $U_{2x}$  і ефективне значення струму вторинної обмотки  $I_2$ :

$$U_{2x} = \frac{1,5U_0}{1,4} \quad , \quad (4.9)$$

$$U_{2x} = \frac{1,5 \cdot 1}{1,4} = 1,07(\text{В}),$$

$$I_2 = \frac{DI_0}{\sqrt{2}} \quad , \quad (4.10)$$

$$I_2 = \frac{1 \cdot 1}{\sqrt{2}} = 0,7(\text{А}).$$

Визначення ємності конденсатора фільтра за формулою:

$$C_0 = \frac{H}{rK_{I_0}} \quad , \quad (4.11)$$

де  $C_0$  – ємність, мкФ;

$r$  – опір, Ом.

$$C_0 = \frac{300}{1,84 \cdot 0,03} = 3300,5(\text{мкФ})$$

Розраховуємо робочу напругу:

$$U_{роб} = \sqrt{2}U_{2x} \quad , \quad (4.12)$$

$$U_{роб} = 1,4 \cdot 1 = 1,5(\text{В})$$

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

Вибираємо електролітичні конденсатори типу ЕСАР номінальною ємністю 3300 мкФ та на робочу напругу 1,5 В.

#### 4.4 Опис технології ремонту та регулювання радіопристрою

В даному пристрої може виникнути несправність. Причин для виникнення може бути досить багато, але для визначення несправності ми скористаємося алгоритмом пошуку.

В даному пристрої може небути сигналу на виході.

Пошук несправності ми почнемо з перевірки напруги на виході. Спочатку перевіряємо запобіжник FU1 за допомогою вольтметра, якщо на запобіжнику сигнал відсутній то потрібно замінити на робочі, а якщо сигнал присутній то перевіряємо транзистор VD1. Якщо на діодному мості сигналу немає то він не робочий і його потрібно замінити, а якщо сигнал присутній, то переходимо до перевірки стабілізатора напруги DA3. Якщо на ньому напруги немає то він не робочий і його потрібно замінити, а якщо напруга присутня, то переходимо до

перевірки операційного підсилювача DA2. Якщо на виході даного мікросхеми немає напруги то потрібно її замінити

Наступним ми перевірятьтимо наявність напруги на амперметрі PA1, щоб зрозуміти чому немає напруги на виході. Якщо на вхюді буде присутня напруга , то ми продовжимо перевірку далі, а якщо напруги на вхюді немає, то це означає, що його потрібно замінити на справний. Якщо на амперметрі є напруга, а на виході немає то значить є обрив на XS1.

Для перевірки ми використали мультиметр та осцилограф, які дуже добре підходять для перевірки приведених вище параметрів і мають відповідний діапазон вимірювань.

В даному пристрої немає серйозних налаштувань, а ті що є можна легко виявити.

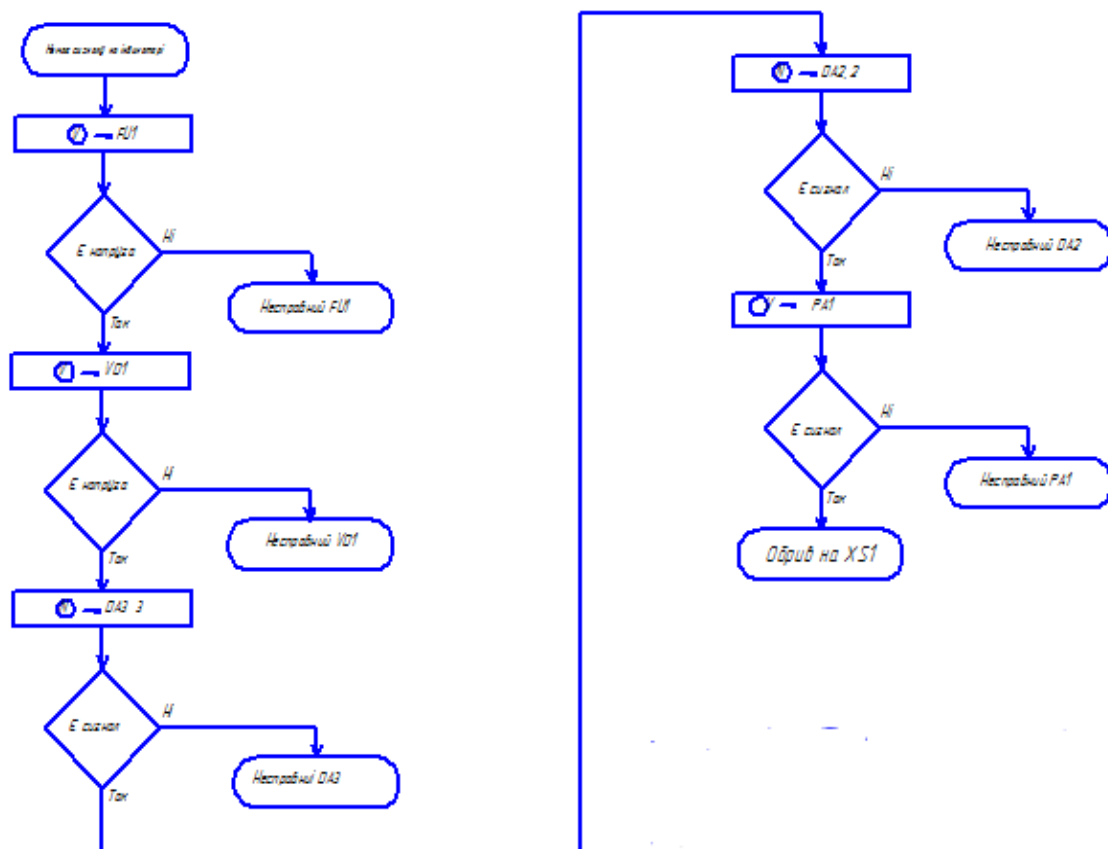


Рисунок 4.20 - Алгоритм пошуку несправності приладу.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Охорона праці

Пайка - процес з'єднання металів або неметалевих матеріалів за допомогою розплавленого присадочного металу, званого припоєм і має температуру плавлення нижче температури плавлення основного металу (або неметаллического матеріалу). Процес пайки застосовується або для отримання окремих деталей, або для складання вузлів або остаточного складання приладів. В процесі пайки відбуваються взаємне розчинення і дифузія припою і основного металу, чим і забезпечуються міцність, герметичність, електропровідність і теплопровідність паяного з'єднання. При пайці не відбувається розплавлення металу спаюється деталей, завдяки чому різко знижується ступінь викривлення і окислення металу.

Для отримання якісного з'єднання температура нагріву спаюється деталей в зоні шва повинна бути на 50-100 ° С вище температури плавлення припою. Спаюється деталі нагрівають в печах, в полум'ї газового пальника, струмами високої частоти, паяльниками. Міцне з'єднання припою (сплав припою) з основним металом можна утворити лише в тому випадку, якщо поверхні спаюється деталей вільні від оксидів і забруднень. Для запиті поверхонь спаюється деталей від інтенсивного окислення в результаті нагрівання місце пайки покривають флюсом, який утворює рідку і газоподібну перепони між поверхнями спаюється деталей і навколишнім повітрям.

Процес пайки полягає в наступному: при нагріванні припій розплавляється і, стикаючись з нагрітим, але вільним від окисної плівки основним металом, змочує його, і розтікається по його поверхні. Здатність припою заповнювати шви залежить від ступеня змочування припоєм основного металу, його капілярних властивостей і шорсткості поверхні спаюється деталей.



## Припої для пайки

До припою пред'являються наступні вимоги: висока механічна міцність припоєв в умовах нормальних, високих і низьких температур, хороші електропровідність і теплопровідність, герметичність, стійкість проти корозії, вологотекучість при температурі пайки, гарне змочування основного металу, певні для даного припою температура плавлення і величина температурного інтервалу кристалізації. Залежно від температури плавлення і міцності застосовуваних припоїв розрізняють пайку м'якими припоями (м'яку) і пайку твердими припоями (тверду).

### Пайка м'якими припоями

При пайку м'якими припоями використовують припої з температурами плавлення нижче  $400^{\circ}\text{C}$ , щоб забезпечити отримання паяних швів з межами міцності до  $10\text{ кг / мм}^2$ .

Застосовують наступні м'які припої: олов'яно-свинцеві, малооловяністие, легкоплавкі і спеціальні.

Припої олов'яно-свинцеві (ПОС), що мають температуру плавлення  $= 183 \div 265^{\circ}\text{C}$ , являють собою сплави олова і свинцю з добавкою 1,5-2,5% сурми і позначаються (ГОСТ 1499-54) ПОС-18, ПОС-30, ПОС-40, ПОС-50, ПОС-61, ПОС-90 (цифра показує відсоток вмісту олова).

Малооловяністі і безоловяністі м'які припої: свинцеві ( $t_{\text{пл}} = 327^{\circ}\text{C}$ ), свинцево-срібні (2,5% срібла,  $t_{\text{пл}} = 304^{\circ}\text{C}$ ) і ін.

Легкоплавкі припої ( $t_{\text{пл}} = 60,5 \div 145^{\circ}\text{C}$ ) - сплави олова, свинцю, вісмуту і кадмію. Їх застосовують у випадках, коли потрібно зниження температури пайки через небезпеку перегріву деталей, а також для «східчастих» (друге) пайок. Механічна міцність припоєв незначна, причому вісмутіві припої володіють великою крихкістю.

Спеціальні припої використовують для пайки матеріалів, що не піддаються якійсь пайку стандартними припоями, причому найчастіше їх

використовують Для пайки алюмінію. Для пайки алюмінію і його сплавів застосовують спеціальні припої на олов'яної основі, які містять цинк, кадмій і іноді алюміній, а також чисте олово (вміст олова 99,92%), причому кращими є олов'яно-цинкові, олов'яно-кадмієві та кадмієво-цинкові сплави ( $t_{пл} = 197 \div 310 \text{ } ^\circ \text{C}$ ), так як цинк і кадмій (особливо цинк) добре дифундують в алюмінії. М'які припої поставляються у вигляді чушок, прутків, дроту, стрічки, а також трубок з олов'яно-свинцевого сплаву, заповнених каніфолевим флюсом. Застосування трубчастих припоев значно спрощує процес паяльних робіт і сприяє його механізації. При пайку м'якими припоями флюси, як правило, необхідні.

## 5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Пожежонебезпечні властивості твердих горючих матеріалів і речовин характеризуються здатністю до займання, особливістю горіння та властивістю піддаватися гасінню тими чи іншими способами.

Різні за хімічним складом тверді матеріали й речовини горять неоднаково. Імовірність загорання залежить від характеру, маси, стану твердої речовини та способу, за допомогою якого запалюється тверда горюча речовина. Тверда горюча речовина, нагріта до відповідної температури, може загорітися за умови, що тепло не буде досить швидко розсіюватися в навколишнє середовище.

Горіння твердих горючих речовин має багатостадійний характер. Прості тверді речовини (сажа, кокс, антрацит й ін.), що являють собою хімічно чистий вуглець, розжарюються або тліють без утворення іскор, полум'я і диму, оскільки їм не потрібно розкладатися, перед тим як вступити в реакцію з киснем повітря. Таке горіння без полум'я відбувається, як правило, повільно й називається поверхневим.

Горіння складних за хімічним складом твердих горючих речовин — таких, як дерево, бавовна, каучук, гума, пластмаси та ін. — відбувається у дві стадії: термічне розкладання з утворенням летких та твердих продуктів і їх наступне окислення та горіння, що супроводжується виникненням полум'я та випромінюванням світла.

Самі складні речовини не горять — горять продукти їх розкладання. Самостійне горіння твердих горючих речовин продовжується за умови, що кількість теплоти, яку віддає поверхня, що горить, за одиницю часу в навколишнє середовище, не перевищує кількості теплоти, накопиченої цією поверхнею.

Отже, під дією зовнішньої теплоти відбувається нагрівання твердої фази, що супроводжується виділенням газоподібних продуктів, які потім спалахують і горять. Тепло, що утворилося внаслідок спалахування, діє на поверхню твердої речовини й знову викликає надходження в зону горіння нових порцій летких речовин. Парогазова суміш продуктів термічного розкладу твердих горючих речовин є горючою. Наприклад, термічний розклад деревини починається при температурах 200 °С. Розкладаються вуглеводи, водень, оксид вуглецю та пара органічних речовин. При досягненні певної концентрації та при наявності джерела запалювання вони займаються, що зумовлює подальше зростання температури та перехід процесу до екзотермічної стадії. Процес термічного розкладу буде продовжуватися доти, доки не вичерпається весь об'єм горючої речовини.

Тверді горючі речовини можуть займатися як від відкритого джерела вогню, так і від нагрітих предметів і горючих газів. Наприклад, за певних умов спостерігається самозаймання деревини при температурі вищій за 330 °С. Проте в умовах тривалого нагрівання самозаймання може спостерігатися при значно нижчих температурах.

Після займання температура поверхневого шару деревини підвищується до 400 °С. При цьому вихід газоподібних продуктів стає максимальним, що забезпечує подальший розвиток процесу горіння. Як результат — верхній шар деревини перетворюється на вугілля, яке за даних умов ще не може горіти, оскільки кисень повітря витрачається на реакцію, що відбувається в газовій зоні й не досягає поверхневого шару. При підвищенні температури до 500-700 °С збільшується шар вугілля й одночасно починається горіння твердої фази.

Отже, процес горіння деревини складається з двох основних періодів: горіння пари й газів, що утворюються при розкладанні деревини, та горіння вугілля, що утворилося при цьому.

Температуру спалахування твердих горючих матеріалів визначають експериментальним шляхом. Найнижча температура, за якої займаються продукти розкладу, є температурою спалахування для даної речовини. Температура спалахування твердих горючих речовин за довідковими даними становить 50-580 °С. Найбільш низьку температуру спалахування має камфора, найвищу — ксилоліт. Для більшості деревних порід ця температура становить 270-300 °С.

Швидкість вигорання твердих матеріалів залежить від вологості матеріалу, його об'ємної ваги, питомого навантаження (кількості матеріалу, що припадає на 1 м<sup>2</sup> площі підлоги), відношення площі поверхні матеріалу до його об'єму, від доступу повітря й напряду вітру та інших чинників.

Сухі волокнисті, розрихлені й пилоподібні горючі тверді речовини мають велику поверхню стикання з киснем повітря, тому вони вигоряють значно швидше, ніж вологі та ущільнені матеріали з великою об'ємною вагою. Кіноплівка на нітрооснові, целулоїд, порох, вибухові тверді речовини мають найбільшу швидкість горіння серед твердих горючих речовин, оскільки вони утримують достатню кількість кисню для повного їх згорання. Вони можуть горіти під водою, під землею і в герметично закритих ємностях.

Характерною особливістю горіння складних за хімічним складом твердих горючих речовин є утворення полум'я і диму. На пожежах залежно від складу горючих речовин, ступеня їх згоряння утворюється дим, що має відповідний колір і запах.

Каучук, гума, смоли, пластмаси виділяють чорний дим, бездимні порохи — жовто-бурі продукти горіння. Деревина в процесі горіння виділяє сірувато-чорний дим і т. ін.

За кольором полум'я на пожежах орієнтовно можна визначити температуру горіння: червоний відповідає температурі 550 °С; темно-червоний — 700 °С; вишнево-червоний — 900 °С; оранжевий — 1100 °С, а білий — 1400 °С і більше.

При пожежах майже завжди утворюються продукти неповного згоряння, серед яких іноді трапляються токсичні та отруйні речовини.

Показником токсичності продуктів горіння є відношення кількості речовини до одиниці об'єму замкнутого простору, у якому газоподібні продукти горіння спричинюють так звану Дг. (дозу літалі-на) до 50 %.

За значенням показника токсичності продуктів горіння матеріали поділяються на чотири класи: надзвичайно небезпечні, високоне-безпечні, помірно небезпечні та малонебезпечні.

Даний показник слугує для оцінки полімерних матеріалів, які використовуються для облицювання та теплоізоляційних робіт. Цей показник вводить до технічних умов і стандартів на полімерні матеріали.

## ВИСНОВКИ

Згідно даного було проведено якісну та кількісну оцінку технологічності, визначено умови експлуатації та показники собівартості.

Проектування виробу здійснювалось з врахуванням сучасних вимог конструктивно-технологічного, економічного, естетичного характеру, норм ергономіки та дизайну.

Характерними особливостями пристрою є простота виготовлення, зручність експлуатації та ремонту, перспективність збуту. З проведених розрахунків кількісної оцінки технологічності видно, що конструкція даного пристрою є повністю технологічною і відповідає існуючому рівню технологічності на підприємствах по випуску подібної РЕА. Використання сучасної елементної бази дозволило зменшити його габарити і масу, забезпечити високий рівень вібростійкості та надійності.

Технологічний процес виготовлення проектного виробу достатньо простий і нетрудомісткий, більшість операцій піддаються автоматизації і механізації. Це істотно зменшує затрати праці, підвищує її продуктивність, позитивно впливає на собівартість готової продукції.

Пристрій повністю пристосований для малосерійного виробництва з можливим переходом підприємства на його серійний випуск.

Розповсюдженість і широке практичне застосування вибраних елементів значно полегшує ремонт проектного виробу.

Безконтактний спосіб є конструктивним рішенням для керування освітленням в приміщеннях коли важливо уникати контактів із сторонніми предметами: в медичних кабінетах, на кухнях, тощо. При експлуатації проектного пристрою рекомендується використовувати його у діапазоні температур від -20 до +50 градусів Цельсія (за дуже високих або низьких температур можлива нестабільність). Оптимально - при кімнатній температурі та далеко від прямих сонячних променів.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки по виконанню електричних розрахунків каскадів радіоелектронної апаратури - ТК ТДТУ, 2002р.
2. Методичні вказівки по виконанню графічної частини дипломного проекту - ТК ТДТУ, 2002р.
3. Коротков И. А. Вольтметр на ICL7135 и особенности подключения индикаторов - Радиоаматор №11, 2003р., С. 22.
4. Применения микросхемных стабилизаторов серии 142, К142 и КР142.- Радио №3, 1991р., С. 47.
5. Жидецький В. Ц. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник/ за ред. В. Ц. Жидецького - Львів: Афіша, 2000.- 352 с.
6. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці: Підручник.- Львів: Афіша, 2005.- 318 с.
7. Нестерчук Д. М. Методи і засоби вимірювань електричних та неелектричних величин: навчальний посібник / Д. М. Нестерчук, С. О. Квітка, С. В. Галько. –Мелітополь: «Таврійський державний агротехнологічний університет», 2017. – 206 с.
8. Нестерчук Д.М. Основи метрології та засоби вимірювань: навчальний посібник / Д.М.Нестерчук, С.О. Квітка, С.В. Галько. – Мелітополь: «Таврійський державний агротехнологічний університет», 2017. – 255 с.
9. Практикум з дисципліни «Контрольно-вимірювальні прилади з основами метрології»: навчальне видання / Д.М.Нестерчук, М.В.Постнікова. – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. – 100 с.
10. Дудюк Д.Л., та ін. Електричні вимірювання. Навчальний посібник – Львів: Афіша, 2003.-272с.
11. Захаров И.П. Кукуш В.Д. Теория неопределенности в измерениях – Харьков.: Консум, 2002 – 256 с.



12. Дослідження вхідного каскаду пристрою / Великий А., Дубиняк Т. С. // VI Міжнародна студентська науково-технічна конференція „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 27-28 квітня 2023. - Т. : ТНТУ, 2023. - С. 5–6. - (Автоматизація та приладобудування).

13. Тестування розрахованого каскаду мостового випрямляча в системі MICROCAP-8 /Мирослава Іванівна Яворська, Тарас Степанович Дубиняк, В. Невожай, М. Пошивак //Матеріали Міжнародої науково-технічної конференції „Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій“, 10-11 листопада 2022 року. -Т. : ФОП Паляниця В. А., 2022. -С. 142-144. -(Нові та сучасні матеріали та технології).

14. Залежність ємності від переміщення з врахуванням неоднорідності статичного поля /В. М. Головатий, Д. О. Деркач, Р. А. Медюх, Т. С. Дубиняк// Матеріали VIII науково-технічної конференції „Інформаційні моделі, системи та технології“, 9-10 грудня 2020 року. -Т. :ТНТУ, 2020. - С. 31–32. - (Інформаційні системи та технології).

15. І. Партола, П. Щудлик, В. Невожай, Т. Дубиняк МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛООБМІНУ ПРИ ОБІГРІВУ ПРИМІЩЕННЯ Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль, 6-7 грудня 2023 року 4 A43 Actual problems of modern technologies: book of abstracts of the XII International scientific and practical conference of young researchers and students, (Ternopil, December, 6th-7th, 2023) / Ministry of Education and Science of Ukraine, Ternopil Ivan Puluj National Technical University [and other.]. – Ternopil: PE Palianytsia V.A., 2023. – 500. ISBN 978-617-7875-71-9