

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: Інформаційно вимірювальна система стробоскоп для перевірки

та налаштування акустичних систем

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи РВм

спеціальності (напряму підготовки) 152

Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Базан В.Г.

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

студенту Базан Василь Григорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Інформаційно вимірювальна система стробоскоп для перевірки та налаштування акустичних систем

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

Затверджені наказом ректора від «__» _____ 2024 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. 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 та безпе-			
ка в надз. ситуаціях			
Науково-дослідна			
частина			

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент _____
(підпис)

Базан Василь Григорович
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Дубиняк Тарас Степанович
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

В даній роботі проведена розробка конструкції «Інформаційно вимірювальна система стробоскоп для перевірки та налаштування акустичних систем»

Якість звучання акустичних систем визначається багатьма факторами: амплітудно-частотної характеристикою і її нерівномірністю, нелінійністю амплітудної характеристики, інтермодуляційними спотвореннями і наявністю різних призвуків, характером перехідних процесів і фазочастотною характеристикою. Сьогодні розроблені методи розрахунків обсягів корпусів акустичних систем виходячи з отримання необхідної частотної характеристики і параметрів головок гучномовців.

Одним із основних пристроїв які використовуються в налаштуванні акустичних систем є стробоскоп для перевірки динамічних головок і налаштування акустичних систем

ЗМІСТ

ВСТУП

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Актуальність проекту

1.2. Мета розробки

1.3 Опис і технічні дані для розробки проектного пристрою стробоскопа

1.4 Принцип роботи стробоскопа

1.5 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

1.6 Інтеграція сучасних технологій

1.7 Інноваційні рішення в конструкції

1.8 Інтеграція з мультимедійними системами

1.9 Ксенонові стробоскопи

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Конструктивні елементи та компоненти

2.2 Основи стробоскопічного ефекту

2.3 Обґрунтування вибору конструкції

2.4 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

2.5 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

2.6 Конструктивний розрахунок друкованого монтажу

2.7 Аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності

3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Електроніка, мікропроцесорна техніка та САПР

3.2 Розрахунок надійності проектного виробу

3.3 Математична модель

4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

4.1 Вимоги техніки безпеки при виконанні монтажу, складання та регулювання виробу.

4.2 Вимоги техніки безпеки при експлуатації та обслуговуванні виробу

4.3 Захист навколишнього середовища при виготовленні виробу

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

ВСТУП

Дані розробки по перевірці акустичних систем розробляються досить рідко. В наш час мала кількість людей перевіряють динамічні головки, але даний пристрій є один з найпоширеніших із пристроїв який використовувався в той час коли це явище було поширене.

Розробка конструкції стробоскопа для перевірки динамічних головок і налаштування акустичних систем є важливою темою в галузі аудіотехніки. Стробоскоп, як спеціалізований інструмент, дозволяє точно оцінити роботу динамічних компонентів акустичних систем та забезпечує точне налаштування для оптимальної якості звуку. Ось детальний огляд аспектів розробки такого пристрою.

Даний пристрій використовується переважно в побутових цілях.

Основний принцип стробоскопічного дослідження коливань або обертання якого тіла полягає в його свіченні короткими світловими імпульсами з частотою проходження, рівною або кратною частоті коливань, або обертання. При виявленні паразитних коливань стінок корпусу акустичної системи необхідно збільшити його жорсткість нанесенням вібро і звуко-поглинача. Змінюючи часовий інтервал між початком циклу коливання тіла і світловим імпульсом, можна послідовно переглянути всі стану коливається тіла. Особливо цікава точна синхронізація з подаються сигналом, в цьому випадку можна подивитися всі перехідні процеси навіть у многополосних системах, проконтролювати фазування головок і фільтрів. Важливою інформацією для пристрою є інформація про експлуатації приладу.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Актуальність проекту

Удосконалення якості звуку є ключовою метою в аудіоіндустрії. Стробоскопи дозволяють інженерам і технікам перевіряти рухи динамічних головок, виявляючи неточності у відтворенні звуку, які можуть вплинути на загальну якість системи.

1.2. Мета розробки

Основна мета розробки стробоскопа — створити точний, надійний для тестування широкого спектра акустичних систем, забезпечуючи при цьому зручність роботи та легкість використання.

1.3 Опис і технічні дані для розробки проектного пристрою стробоскопа

Перевірка і налаштування динамічних систем стробоскопами охоплює багатьох дослідників і компанії, які зробили значний внесок у розвиток технологій:

- Бош і Ломмерс (Bosch & Lommers): Розробка інноваційних стробоскопів з цифровим управлінням світловими імпульсами.
- фірма Brüel & Kjær: Вони спеціалізуються на системах вимірювання та аналізу аудіопотоків, включаючи стробоскопічні технології.
- технологічні інститути у Німеччині та Данії активно досліджують неінвазійні методи перевірки акустичних систем.

Стробоскопи є важливими інструментами у сфері аудіотехніки, зокрема для перевірки динамічних головок і налаштування акустичних систем. Вони дозволяють візуалізувати коливання об'єктів, яке не сприймається людським оком через високу швидкість руху, надаючи можливість ефективно діагностувати технічний стан і працювати з налаштуваннями.

Розробка стробоскопа для цих завдань вимагає поєднання технологій освітлення, електроніки та акустики.

Технічні дані проектного пристрою:

- напруга на динамічні головці – 1 В;
- максимальний струм 2 А;
- напруга живлення +9 - +12 В;

Основні компоненти стробоскопа:

- джерело світла

Для стробоскопів, що використовуються у налаштуванні акустичних систем, критично важливим є стабільність і налаштованість джерела світла. Зазвичай використовуються світлодіоди (LED) або ксенонові лампи, які забезпечують інтенсивний і короткий імпульс, необхідний для візуалізації руху.

- світлодіоди (LED): Відзначаються низьким енергоспоживанням і високою довговічністю. Вони можуть швидко включатися і вимикатися, забезпечуючи високу якість імпульсного світла.

- ксенонові лампи: хоча вони споживають більше енергії, ксенонові лампи можуть забезпечити дуже яскравий спалах, що корисно для більших чи конкретних компонентів.

1.4 Принцип роботи стробоскопа

Принцип дії стробоскопа базується на використанні швидких імпульсів світла для освітлення об'єкта, що рухається, дозволяючи спостерігати його рух у сповільненому режимі або у визначених фазах, що дає можливість виявляти аномалії у русі динаміків.

Інтеграція з аудіосистемою дозволяє налаштовувати стробоскоп так, щоб він світив у синхронізації з частотою проходження звукового сигналу, надаючи більш детальний огляд роботи динамічних головок.

Контролер імпульсів є серцем стробоскопа, який синхронізує імпульси світла з коливанням досліджуваного об'єкта. Сучасні контролери використовують мікропроцесори для точного налаштування частоти і тривалості імпульсів, що дозволяє адаптувати роботу стробоскопа до специфічних потреб динамічних головок та акустичних систем.

Для забезпечення зручності використання стробоскопа передбачено інтерфейс, який дає можливість задавати параметри, переглядати результати та

зберігати налаштування. Сучасні рішення часто містять цифрові дисплеї та елементи управління, такі як кнопки, потенціометри або сенсорні панелі.

Перевірка динамічних головок

Стробоскоп використовується для перевірки правильності роботи динамічних головок шляхом візуалізації їх коливань. Завдяки регульованим імпульсам, можна оцінити рівномірність руху дифузорів, виявити резонанси або механічні помилки.

Точність вимірювання: Визначається контролером, який дозволяє задавати потрібну частоту імпульсів до десятків тисяч герц.

Візуалізація руху: Дає можливість ідентифікувати амплітудні зміни та відхилення, які можуть впливати на якість звучання.

Налаштування систем з використанням стробоскопа - звукових хвиль і обробки сигналів.

Це особливо актуально для висококласних аудіосистем, де точність і баланс є критичними.

Синхронізація: Забезпечує точну відповідність характеристики підсилювача та динаміків, мінімізуючи фазові зсуви та спотворення.

Калібрування: Полягає в регулюванні окремих компонентів для досягнення оптимального звучання.

Одним з найбільших викликів є забезпечення високої точності і повторюваності вимірювань, оскільки навіть невеликі відхилення можуть значно вплинути на результат. Це особливо важливо при перевірці складних акустичних систем, де точність вимірювань має критичне значення.

Створення модульної конструкції дозволяє легше обслуговувати та оновлювати окремі компоненти стробоскопа, такі як джерела світла чи електроніка управління, без необхідності повної заміни пристрою.

Розробка універсальних інтерфейсів для підключення до різних типів аудіо обладнання, забезпечуючи сумісність з широким спектром звукових систем.

Регулювання частоти імпульсів це забезпечення можливості точного регулювання частоти імпульсів для адаптації до різних частот сигналу і типів головок.

Це дозволяє користувачам налаштовувати пристрій відповідно до специфічних вимог випробувань.

1.5 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

На ОП БА3.1 і БА3.2 зібраний перестроюваний за частотою генератор сигналів, на виході ОП БА3.2 формуються сигнали прямокутної (амплітуда 1 ... 1,5 В) , а на виході ОП БА3.1 - трикутної форми (амплітуда 1 В). Весь діапазон - від кількох герц до приблизно 11 кГц - розбитий на три піддіапазони (2 ... 200 , 120 ... 1500 , 1000 ... 11000 Гц) , які вибирають перемикачем за1. Усередині кожного з них частоту плавно регулюють змінним резистором R12 . Живлять пристрій від зовнішнього стабілізованого блоку живлення з вихідною напругою 12 В і струмом до 2 А. Живлення генератора сигналів здійснюється від стабілізатора напруги DA1. Генератор включають вимикачем ЗА2.1 .

Стробоскопический випромінювач підключають до гнізда Х54 . На це гніздо надходять живлять напруги +12 В, +9 В і синхронізуючий сигнал. Схема випромінювача показана на рис.2. Синхронізуючий сигнал через конденсатор С2 надходить на вхід пікового детектора, зібраного на компараторе DA1.1. Конденсатор С3 - згладжує, напруга на ньому складається з постійної складової (близько 4,5 В), яка визначається резистивним ділянком П1П2 , і випрямленою напругою синхронізуючого сигналу.

Компаратор DA1.2 порівнює вихідну напругу пікового детектора з напругою на резисторі R2, яке складається з постійної складової резистивного діляника С1R2 і змінної синхронізующего сигналу.

Поріг перемикання компаратора DA1.2 можна плавно регулювати змінним резистором R4. Якщо на вхід стробоскопічного випромінювача подати синхронізуючий сигнал, в момент, коли напруга на движку підлаштування

резистора R2 перевищить напругу на движку змінного резистора R4 , на виході компаратора DA1.2 з'явиться напруга високого рівня.

Транзистор VT 1 відкриється, і на світлодіод HL1.1 надійде напругу живлення - він стане світити.

При зменшенні сигналу синхронізації компаратор повернеться в початковий стан, транзистор ЧИ закриється і світлодіод HL1.1 згасне. Так формуються стробоскопічні спалахи. При цьому забезпечується "прив'язка" спалаху до максимуму синхронізуючого сигналу незалежно від частоти цього сигналу.

1.6 Інтеграція сучасних технологій

Впровадження бездротових систем зв'язку, таких як Wi-Fi або Bluetooth, для з'єднання стробоскопа із звуковими системами. Це забезпечує більшу гнучкість у налаштуванні та управлінні пристроєм, дозволяючи користувачам зручно контролювати роботу з різної відстані.

Інтеграція додаткових функцій, таких як відображення режимів роботи на дисплеї, функції автоматичного калібрування або збереження налаштувань, щоб підвищити зручність використання стробоскопа.

Подальший розвиток функціоналу шляхом інтеграції з інтелектуальними аудіосистемами та підвищення міри автоматизації, це налаштування динамічних головок та поліпшення якості звуку.

Розробка стробоскопа для перевірки динамічних головок і налаштування акустичних систем, забезпечує чітке бачення технологічних вимог, функціональних можливостей та ринкового потенціалу.

Розробка мобільних додатків для управління стробоскопом, що дозволяє користувачам налаштовувати параметри частоти імпульсів і синхронізації безпосередньо зі своїх пристроїв. Така інтеграція полегшує процес налаштування.

1.7 Інноваційні рішення в конструкції

Розробка концепцій, які включають інтеграцію систем захисту слуху в стробоскоп, щоб уникнути негативного впливу гучного звуку на користувача під час налаштування акустичних систем.

Застосування інноваційних матеріалів для корпусу або джерел світла для зменшення ваги пристрою та підвищення його міцності. Композитні матеріали або легкі металеві сплави можуть стати вирішенням цих завдань.

Оцінка тенденцій на ринку аудіообладнання, аби вчасно виявляти потреби користувачів та інновації, які можуть кардинально змінити підхід до тестування та налаштування звукових систем.

Розробка гнучкої системи налаштувань, яка дозволяє користувачам налаштовувати параметри стробоскопа відповідно до своїх специфічних вимог та умов експлуатації.

1.8 Інтеграція з мультимедійними системами

Підключення до різних аудіопристроїв

Розробка універсальних інтерфейсів для легкого підключення стробоскопа до різноманітних аудіопристроїв, таких як підсилювачі, мікшерні пульти та цифрові аудіо робочі станції (DAW).

Розширення можливостей стробоскопа для використання в багатоканальних системах, що забезпечує налаштування та перевірку комплексних аудіоструктур для професійних звукозаписних студій та концертних майданчиків.

1.9 Ксенонові стробоскопи

Ксенонові стробоскопи використовують ксенонові лампи, які генерують короткі, інтенсивні світлові імпульси. Вони добре підходять для високошвидкісних застосувань завдяки своїй здатності створювати дуже яскраві спалахи світла за короткі проміжки часу.

Світловий імпульс : Основою ксенонового стробоскопа є ксенонова лампа, яка здатна генерувати короткі, але інтенсивні спалахи світла. Ця лампа

наповнена ксеноном—рідкісним газом, який випромінює потужне світло при проходженні через нього електричних струмів.

Запалювання : Лампа працює завдяки розряду через газ, який створює яскравий спалах. Початковий імпульс створюється за допомогою спеціального запалювального ланцюга, який генерує високовольтний імпульс для іонізації газу.

Регулювання частоти : Частоту імпульсів можна регулювати за допомогою вбудованого генератора частот, який контролює інтервали між спалахами. Це дозволяє синхронізувати спалахи з рухомими частинами для створення «знерухомленого» або уповільненого візуального ефекту.

У промисловості і виробництві ксенонові стробоскопи використовуються для візуального контролю швидкісних механізмів та для налагодження рухомих частин. Завдяки своїй високій інтенсивності, ці стробоскопи можуть освітлювати великі механічні об'єкти навіть у умовах недостатньої освітленості.

При тестуванні та налаштуванні динамічних головок (конусів) акустичних систем ксенонові стробоскопи допомагають візуально оцінювати рух мембрани динаміка, особливо при високих розширеннях і частотах. Наукові дослідження : Часто використовуються в лабораторіях для дослідження динамічних ефектів, наприклад, для спостереження за поведінкою систем під дією різних фізичних явищ (вібрації, хвилі).

Медичні застосування : В медичній діагностиці ксенонові стробоскопи можуть застосовуватись для дослідження руху гортані та голосових зв'язок, де висока частота і точність змушують їх бути ідеальними інструментами.

Авіаційна і автомобільна промисловість : Використовуються для перевірки роботи різних систем (наприклад, двигунів або аеродинамічних випробувань), де потрібно детально аналізувати швидкі рухи.

Ксенонові стробоскопи залишаються важливими інструментами в різних галузях завдяки їх здатності забезпечувати потужні спалахи світла, які необхідні для високоточної візуалізації швидких процесів. Це робить їх незамінними для

ряду спеціалізованих застосувань, де потрібно бачити те, що відбувається занадто швидко для людського ока без таких допоміжних засобів.

Стробоскопи часто застосовують у промисловості для спостереження за швидкими рухами об'єктів, і можуть бути адаптовані для оптичної перевірки динамічних головок у акустичних системах, особливо коли потрібна висока потужність світла.

Флуоресцентні стробоскопи

Вони використовують флуоресцентні лампи, які забезпечують стробоскопічний ефект через зміну частоти включення/вимикання. Це дешевша альтернатива для рішень, що не вимагають високої яскравості.

Застосовуються в простих системах або для демонстраційних цілей, де точність менш критична. Ідеально підходять для освітніх установ, де важлива компактність і низька вартість.

Флуоресцентні стробоскопи використовують флуоресцентні лампи, які генерують світло через процес збудження фосфорів ультрафіолетовим випромінюванням, що випускається об'ємом газу (наприклад, пари ртуті) усередині лампи.

Регулювання світла : Замість застосування інтенсивних імпульсів струму, як у ксенонових стробоскопах, флуоресцентні стробоскопи змінюють яскравість свічення лампи шляхом частого вмикання та вимикання електричного струму. Стандартні стартери та баласты можуть модифікуватись або використовуватись так, щоб забезпечувати необхідну частоту імпульсів.

Стабільність імпульсів : Важливим компонентом є електронні баласты, що використовуються для підвищення стабільності і зменшення мерехтіння на низьких частотах, яке є характерним для звичайних флуоресцентних ламп.

Економічні рішення для обробки та обслуговування : Завдяки нижчій вартості флуоресцентні стробоскопи можуть використовуватися для періодичних і менш критичних завдань в технологічних процесах або в обслуговуванні устаткування.

Освітні проєкти : Через свою простоту і дешевизну, такі стробоскопи часто застосовуються в освітніх лабораторіях для демонстрації основних принципів стробоскопії і візуалізації руху.

Простота інтеграції в системи загального освітлення : Вони можуть легко інтегруватися в існуючі системи освітлення, забезпечуючи стробоскопічні ефекти без необхідності в спеціалізованому обладнанні.

Низькопотужні системи : Особливо вигідні для використання в умовах обмеженого енергоспоживання, де потрібно забезпечити стробоскопічне освітлення без значного додаткового витрати енергії.

Використання у відносно безпечних середовищах : На відміну від ксенонових стробоскопів, тут немає високих напруг чи сильних теплових ефектів, що робить їх більш безпечними для ряду застосувань.

Хоча флуоресцентні стробоскопи мають деякі обмеження щодо інтенсивності світла і швидкості імпульсів у порівнянні з іншими типами стробоскопів, вони залишаються популярними для ряду застосувань завдяки своїй простоті і економічності. Їх використання є обґрунтованим тоді, коли критерії до точності та яскравості не є найголовнішими.

Мембранні стробоскопи представляють собою інноваційний підхід у галузі стробоскопічної техніки, що дозволяє більш точний аналіз і налаштування динамічних компонентів, таких як динамічні головки.

Застосовуються в простих системах або для демонстраційних цілей, де точність менш критична. Ідеально підходять для освітніх установ, де важлива компактність і низька вартість.

Мембранні стробоскопи

Використовують спеціалізовані мембрани, які, вібруючи з певною частотою, створюють частковий стробоскопічний ефект. Зазвичай це інтегровані рішення у тестових стендах для динамічних головок, що дозволяють проводити акустичний аналіз.

Практичне застосування: Дані стробоскопи дозволяють одночасно аналізувати рух мембран і їх резонансні частоти, що є важливим для

налаштування якісних аудіосистем. Акустичні налаштування : Використання мембранних технологій дозволяє здійснювати безпосередній аналіз руху мембран у динаміках. Мембранні стробоскопи інтегрують елементи вібрації, які працюють у відповідь на електричні сигнали, щоб створювати візуальне відображення їх динамічної поведінки.

Синхронізація з аудіосигналами : Цей підхід дозволяє синхронізувати вібрації мембрани із змінами електричного сигналу, щоб забезпечити чітке уявлення про те, як зміни у вхідному сигналу впливають на рух мембрани. Це забезпечує можливість глибшого аналізу та налаштування за допомогою високоточних сенсорів.

Мембранні стробоскопи використовують комбінацію світлових та акустичних сенсорів для створення тривимірних карт руху мембран, що значно покращує можливості виявлення та усунення резонансів і дефектів в динамічних головках

Тестування динаміків : В першу чергу, мембранні стробоскопи застосовуються для тестування та діагностики динаміків, забезпечуючи можливість оцінки їх резонансних частот, амплітудно-частотних характеристик і ефективності преобразування електричного сигналу в звуковий.

Оптимізація акустичних систем : Інженери використовують ці інструменти для оптимізації характеристик колонок, усуваючи артефакти та покращуючи точність звукових репродукцій. Це особливо важливо у висококласних аудіосистемах, де якість звуку є критичною.

Контроль якості під час виробництва : Мембранні стробоскопи можуть інтегруватися у виробничі лінії для контролю якості готових динаміків або акустичних систем, дозволяючи проводити виявлення дефектів на етапі складання.

Наукові дослідження : Використовуються в лабораторіях для дослідження нових матеріалів і конструкцій мембран, щоб створити більш ефективні та економічні акустичні системи.

Акустичний дизайн : Дозволяють дизайнерам акустичних систем візуалізувати і модифікувати дизайн динамічних головок для досягнення кращих акустичних характеристик, зокрема шляхом покращення розподілу звукового поля і зменшення спотворень.

Мембранні стробоскопи представляють собою важливий інструмент для підвищення якості та ефективності аудіообладнання, надаючи можливості для точнішого аналізу і налаштування динамічних систем.

Лазерні інтерферометри є високоточними інструментами, які використовуються для вимірювання малих рухів, через взаємодію світлових хвиль. Цей пристрій знаходить застосування в багатьох галузях, включаючи акустику.

Лазерні інтерферометри

Працюють за рахунок взаємодії лазерних променів, створюючи інтерференційні картини, які дозволяють дуже точно заміряти вібрації та рухи об'єктів на мікро рівні.

Лазерна технологія : Лазерні інтерферометри використовують лазерні промені для створення інтерференційної картини. Лазер випромінює монохроматичне та когерентне світло, яке дозволяє точно вимірювати зміни фази світлових хвиль, що пройшли різною довжиною.

Інтерференція світла : Принцип роботи заснований на інтерференції— змішуванні двох або більше світлових хвиль, які походять від одного джерела, але відбиті або пройдені через різні шляхи. Шляхова різниця між хвилями призводить до створення інтерференційної картини, що фіксує навіть найменші зміни у відстані або русі.

Чутливість до рухів : Наявність такої інтерференції дозволяє виявляти рухи об'єктів з субнанометровою точністю. Щонайменші зміни в положенні відбиваючої поверхні викликають зміну інтерференційної картини, яку можна виміряти за допомогою фотодетекторів.

Аналіз вібрацій динаміків : У сфері акустики лазерні інтерферометри використовуються для вивчення вібраційних характеристик компонентів

динаміків. Вимірювання амплітуд і частот власних вібрацій може допомогти в ідентифікації резонансних частот, спотворень і нерівномірності в відтворенні звуку.

Калібрування аудіообладнання : Інженери застосовують інтерферометри для точного калібрування динамічних головок, гарантуючи, що рух мембрани відповідає заданому електричному сигналу, тим самим забезпечуючи оптимальну якість звуку.

Розробка мембранних матеріалів : У науково-дослідницькій діяльності, лазерні інтерферометри використовуються для тестування властивостей нових матеріалів, що застосовуються у виробництві динаміків. Розуміння того, як ці матеріали взаємодіють зі звуком, дозволяє створювати більш ефективні акустичні конструкції.

Оцінка ефекту навколишнього середовища : Лазерні інтерферометри можуть використовуватись для вивчення впливу змінних умов навколишнього середовища (таких як температура і вологість) на роботу акустичних систем, забезпечуючи інформацію для підтримання стабільності якості звуку в різних умовах.

Лазерні інтерферометри завдяки своїй високій точності і чутливості стали важливим інструментом у точному налаштуванні та дослідженні акустичних систем, здатні надавати дані, які є важливими для розробки й оптимізації передових аудіотехнологій.

Цифрові осцилографи зі стробоскопічною функцією є потужними інструментами для аналізу електричних сигналів, які поєднують можливості традиційного осцилографа із стробоскопічними техніками для точного дослідження періодичних сигналів.

5. Цифрові осцилографи зі стробоскопічною функцією

Функціонал:

Осцилографи дозволяють вимірювати та відображати електричні сигнали у часі. Вони фіксують амплітуду, частоту, надаючи користувачу можливість візуально оцінити його динаміку.

Стробоскопічний режим : Цей режим дозволяє отримувати зображення швидких та періодичних подій, вимірюючи їх із підвищеною точністю. Він включає вибірккові знімки сигналу з точною часовою розгорткою, дозволяючи збільшити роздільну здатність і вивчати малі деталі сигналу без великої частотної контрастності.

Тригерування : Можливості тригерування дозволяють фіксувати сигнал на певній частоті або в певній точці референції, забезпечуючи стабільність осцилограм і можливість точного аналізу навіть у присутності шуму.

Збереження даних : Осцилографи забезпечують зберігання і експорт вимірюваних даних у цифровому форматі, що дозволяє подальший аналіз, зокрема з використанням комп'ютерного програмного забезпечення. Деякі сучасні осцилографи мають вбудовану стробоскопічну функцію, що дозволяє відображати переривчасті електричні сигнали як постійний графік. Цей підхід корисний для електронного аналізу поведення динамічних систем

Переваги:

Висока точність аналізу забезпечують значно вищу роздільну здатність, що важливо для виявлення дрібних особливостей сигналу, таких як спотворення або мерехтіння.

Дозволяють працювати з різноманітними типами сигналів від надмірно повільних до вкрай швидких, адаптуючись до необхідних умов аналізу, що є важливим при роботі з динамічними акустичними системами.

Інтерактивний інтерфейс : Сучасні цифрові осцилографи мають інтуїтивний інтерфейс з сенсорними екранами, можливостями масштабування та прокрутки, що полегшує робочий процес та надає зручність у використанні.

Комплексний аналіз та синхронізація : Можна синхронізувати з іншими вимірювальними приладами завдяки цифровим інтерфейсам, що дозволяє отримувати комплексні дані про функціонування інтегрованих систем, таких як аудіокомплекси.

Автоматизація процесів : Функції автоматичного вимірювання та інтерпретації сигналів знижують необхідність у ручному налаштуванні, що економить час і знижує можливість людської помилки.

Цифрові осцилографи зі стробоскопічною функцією надають комплексні можливості для вимірювання і аналізу сигналів, які особливо корисні у сфері аудіоінженерії та інших галузях, де важливі деталізовані характеристики сигналів для оптимального налаштування і діагностики систем.

Інфрачервоні стробоскопи представляють собою спеціалізовані інструменти, які використовують інфрачервоне випромінювання для виявлення теплових ефектів та аналізу руху об'єктів. Вони знайшли своє застосування в різних галузях, включаючи промисловість, науку і техніку. Використовують інфрачервоні світлові імпульси для безконтактного вимірювання температури розігріву компонентів під час тестування.

Інфрачервоні стробоскопи

Інфрачервоне випромінювання : На відміну від видимого світла, інфрачервоні стробоскопи використовують інфрачервоне (ІЧ) випромінювання, яке має довшу довжину хвилі. Це випромінювання є невидимим для людського ока, але його можна вловити спеціальними датчиками та камерами.

Теплове зображення : В основі роботи інфрачервоних стробоскопів лежить принцип теплового виявлення. Інфрачервоні пристрої зчитують теплові випромінювання об'єктів, що дозволяє створити їх "теплову карту". Ці карти вказують на зміни температури, які можуть свідчити про рух або зміну стану матеріалів.

Пульсуюче ІЧ-світло : Як і звичайні стробоскопи, ІЧ-стробоскопи генерують короткі імпульси світла, але у ІЧ-діапазоні. Ці імпульси можуть синхронізуватися з періодичними подіями для детальнішої візуалізації теплоандинамічних процесів.

Безконтактна діагностика : Інфрачервоні стробоскопи забезпечують можливість безконтактного вимірювання температури і аналізу

термодинамічних процесів у складних умовах, де фізичний контакт з об'єктами є небезпечним або неможливим.

Виявлення проблем у тепловиділенні : Вони можуть використовуватися для виявлення аномалій в електричних схемах, таких як перегрів, що є критично важливим для запобігання коротким замиканням та аваріям.

Аналіз механічних систем : У механічних застосуваннях ІЧ-стробоскопи допомагають у виявленні тертя та зносу елементів, які проявляються через підвищене тепловиділення.

Моніторинг динамічних процесів : Дозволяють досліджувати динамічні теплообмінні процеси в реальному часі, які можуть бути частиною складних систем, таких як турбіни, двигуни або акустичні системи.

Медичні застосування : У медицині ІЧ-стробоскопи можуть використовуватися для неінвазивної діагностики, наприклад, для моніторингу кровообігу та оцінки стану судин.

Інфрачервоні стробоскопи, завдяки можливості проведення аналізу без безпосереднього контакту з об'єктом і здатності виявляти теплові аномалії, є важливими інструментами для попереджувального обслуговування і діагностики у багатьох галузях. Їх застосування дозволяє забезпечити більш глибокий і точний аналіз якості та надійності об'єктів і систем.

Корисні при перевірці теплових характеристик та витримки матеріалів динаміків, особливо в умовах високої навантаженості, що може впливати на їх динамічні характеристики.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Конструктивні елементи та компоненти

Використання високоефективних LED-елементів для забезпечення яскравого та чіткого освітлення динамічних об'єктів. LED-елементи мають високу енергоефективність і тривалий термін служби, що робить їх ідеальним вибором для стробоскопів.

Розробка схеми управління, що дозволяє точно регулювати частоту імпульсів світла в залежності від частоти звукового сигналу. Включає в себе мікроконтролери та драйвери для LED-елементів.

Розробка комплексних методик тестування для перевірки точності та надійності стробоскопа в різних умовах експлуатації.

Включає тести на стабільність імпульсів, відповідність частоті й тривалості світлового імпульсу.

Використання спеціалізованого обладнання для калібрування стробоскопів, яке забезпечує точність та узгодженість результатів. Необхідна регулярна перевірка та повторне калібрування для підтримки точності.

Впровадження новітніх технологій, таких як бездротові модулі управління або передові матеріали для підвищення ефективності та зручності використання стробоскопа.

Чіткі і детально опрацьовані специфікації є основою для якісного виробництва стробоскопа.

Вони визначають технічні вимоги, включаючи частотний діапазон, яскравість джерела світла та інше.

Розробка спільних стандартів тестування з іншими учасниками ринку для забезпечення стабільності продуктивності та якості пристроїв, що підвищує їх довіру з боку споживачів.

2.2 Основи стробоскопічного ефекту

Виріб конструктивно є пристроєм, розміщеним у пластиковому корпусі. Друкована плата з компонентами схеми закріплюється на шасі, яке вставляється всередину корпусу пристрою. Враховуючи психофізіологічні можливості людини, елементи на корпусі розміщені таким чином: на верхній панелі пристрою розташовано перемикачі для керування функціями цього пристрою.

Вони розміщені так, щоб було легко користуватися пристроєм. Світлодіоди на панелі будуть так щоби керування пристроєм не заважало зчитувати інформацію з світло діода.

До нижньої частини корпусу вентилятор буде закріплений за допомогою гвинтів. При компонуванні друкованого вузла дотримуватимемося таких вимог: забезпечимо оптимальну густоту розміщення компонентів та усунемо значні паразитні електричні взаємодії, які можуть вплинути на технічні характеристики пристрою.

Автоматичне компонування буде виконано за допомогою програм Altium Designer та графічного редактора КОМПАС. Вимоги до габаритних розмірів плат визначатимуться технологією їх виробництва. Розміри плати будуть обрані з урахуванням економічної доцільності, із значним обмеженням типорозмірів для стандартизації інструментів.

Плати повинні бути згідно стандартів, який рекомендує пропорції плат в межах від 1:1 до 2:1., рекомендовані значення товщини в міліметрах

Якщо електрорадіоелементи мають штирові виводи, їх встановлюють в отвори друкованої плати, загинають під кутом 60°, обрізають до меж контактних площадок і припоюють методом "хвиля припою". Це дозволяє розмістити на платі більшу кількість елементів, збільшуючи щільність монтажу. При компонуванні елементів на друкованій платі слід враховувати наступні аспекти:

Напівпровідникові прилади та мікросхеми мають бути розташовані подалі від елементів, що виділяють значну кількість теплової енергії, а також

від джерел сильних магнітних полів, таких як постійні магніти чи трансформатори.

Необхідно забезпечити можливість конвекції повітря в зоні розташування елементів, які виділяють велику кількість тепла.

Слід передбачити легкий доступ до елементів, які потребують налаштування під час регулювання схеми.

Якщо елемент має електропровідний корпус і під ним проходить провідник, слід передбачити ізоляцію або корпусу, або провідника. Ізоляцію можна забезпечити різними способами: одяганням на корпус елемента ізоляційних трубок, нанесенням тонкого шару епоксидної смоли на плату в зоні розташування корпусу (епоксидна маска), або наклеюванням тонких ізоляційних прокладок на плату.

Правильне розташування корпусів мікросхем на друкованій платі впливає на такі параметри РЕА, як габарити, маса, надійність і завадостійкість. Відстань між установками інтегральних мікросхем визначається необхідною щільністю компонування, температурними режимами роботи компонентів на платі, методом розробки топології (ручна або автоматична), типом корпусу і складністю електричної схеми.

Рекомендований крок установки інтегральних мікросхем становить 2,5 мм, а відстань між корпусами має бути не менше 1,5 мм. ІМС з виводами розміщуються з одного боку друкованої плати, оскільки монтаж штировими виводами здійснюється в наскрізні отвори. Корпуси ІМС надійно утримуються на платі за рахунок запаяних виводів, що дозволяє їм витримувати практично будь-які механічні впливи.

2.3 Обґрунтування вибору конструкції

Цей виріб складається з корпусу, друкованого вузла, роз'ємів, перемикачів і світлодіода. Верхня і нижня кришки мають форму "корита" і з'єднуються за допомогою саморізів, які кріплять їх разом через стійки,

розміщені по кутах. У кришках є спеціальні отвори для підключення джерела живлення та температурних датчиків. Виготовлення кришок здійснюється методом лиття під тиском.

Друкований вузол закріплюється на нижній кришці за допомогою чотирьох гвинтів, а вентилятор також прикріплюється до нижньої кришки за допомогою гвинтів. Корпус виготовлений з пластмаси, що надає йому низку переваг, таких як зменшення ваги, спрощення технологічного процесу, зменшення вартості виробу та привабливий зовнішній вигляд.

Раціональне розміщення елементів виробу забезпечує зручність складання та налаштування конструкції. Для з'єднання елементів, розміщених на корпусі, з друкованим вузлом, використовуються перемички.

2.4 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

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

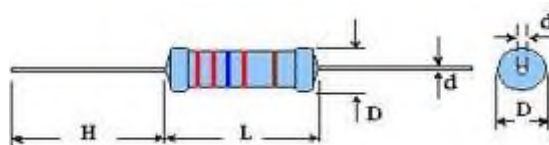
- відповідність номіналів елементів, вказаних в електричній принциповій схемі;
- доступність цих елементів у виробництві;
- дотримання технічних вимог, висунутих до конструкції;
- економічна ефективність;
- універсальність радіоелементів;
- стабільність параметрів;
- мінімізація кількості розмірів корпусів.

У проектованому виробі була використана сучасна елементна база.

При виборі елементів враховувалося співвідношення між вартістю радіоелемента та його технічними характеристиками, а також забезпечення необхідних електричних параметрів та надійності в умовах різних температур, вологості та механічних впливів. У цьому пристрої використовуються резистори типу С1-4-0,125, які є постійними, металоплівковими, лакованими та теплостійкими. Вони металодіелектричні, з металевим електропровідним

шаром, неізолювані і призначені для навісного монтажу. Ці резистори підходять для роботи в електричних колах постійного, змінного і імпульсного струму. Завдяки їх широкому використанню, вони легко доступні на ринку і мають невисоку ціну, що сприяє зменшенню вартості виробу.

Ці резистори оснащені кольоровим маркуванням, що спрощує монтаж. Вони мають відмінні електричні характеристики: діапазон номінальних опорів становить $1 \dots 3 \times 10^6$ Ом, номінальна потужність – 0,125 Вт, а гранична напруга – 350 В. Робочий температурний діапазон складає від -60 до $+70^\circ\text{C}$, а допустиме відхилення опору становить $\pm 10\%$, що сприяє зменшенню розкиду параметрів у схемі. Усі ці характеристики добре підходять для моєї схеми і дозволяють скоротити габарити виробу.



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

Рисунок 2.1 Зовнішній вигляд та габаритні розміри резистора C1-4-0,125

Електролітичні алюмінієві полярні конденсатори з радіальними виводами "Jamicon" серії ЕСАР призначені для використання в побутовій техніці.



Рисунок 2.2 – 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;

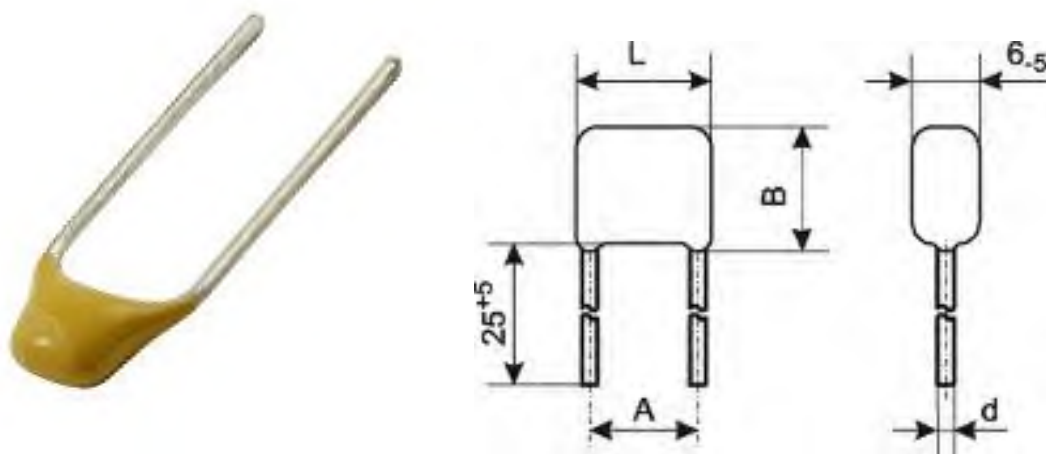
0,10 – при номінальній напрузі 50 В;

- 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.



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

Рисунок 2.3 Зовнішній вигляд та габаритні розміри конденсатора СС4

Експлуатаційні дані:

- - робоча напруга 50 В;
- - температурний коефіцієнт ємності (ТКС) 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: ±10% (Н20);
- - робоча температура -60...+125 °С.

У проектуваному пристрої використовується один конденсатор цього типу з номінальною ємністю 0,01 мкФ. Його обрано завдяки компактним

розмірам, низькій вартості та доступності, а також задовільним електричним характеристикам. Використання таких конденсаторів дозволяє автоматизувати процес виготовлення виробу.



Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд мікросхеми TDA2003

Технічні характеристики:

Напруга живлення- 8-16V

Рвих:

2 Ом = 10W

4 Ом = 5W

8 Ом = 2.5W

Гроб -..... 30-30000 Hz

Вхідне напруга -..... 50mV

Кгарм. (Вих = 2W) -.....0.1%

S теплоотвода -~ 100 sm²



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд мікросхеми типу L7809CV "ST

Microelectronics" "

Основні параметри:

- Тип.....нерегулюючий;
- вихідна напруга, В.....9;
- струм навантаження, А.....1,5;
- тип корпуса.....ТО-92;
- максимальна вхідна напруга, В.....30;
- нестабільність по напрузі, %.....0,05;
- нестабільність по струму, %.....0,01;
- інтервал робочих температур, °С.....-10...+70

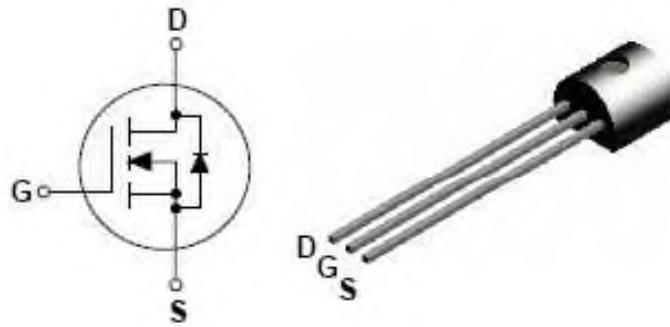
У цьому пристрої мікросхема використовується як операційний підсилювач.



Рисунок 2.6 Зовнішній вигляд мікросхеми LM358N

Технічні параметри мікросхеми:

- Число каналів.....2;
- Час наростання du/dt0,3 В/мкс;
- Смуга пропускання.....0,7 МГц;
- Напруга зсуву $U_{см}$7 мВ;
- Температурний діапазон С.....0...+70;
- Корпус.....Dip8-300.



Технічні параметри транзистора:

Структура.....	n-канал
Максимальна напруга стік-витік U_{ci} , В.....	60
Максимальний струм сток-витік при 25 С $I_{св макс}$.. А.....	0.2
Максимальна напруга затвор-витік $U_{зи макс.}$, В	± 20
Опір каналу у відкритому стані R_{ci} вкл., Мом.....	5000
Максимальна розсіює потужність $P_{ci макс}$.. Вт.....	0.4
Корпус.....	TO92
Порогова напруга на затворі.....	3



Рисунок 2.8 - 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 2.9 Зовнішній вигляд котушки RLB0812-47мкГн

Основні параметри:

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

Індикаторні світлодіоди, це елементи з діаметром колби від 3 до 10 мм. Їх призначення - підсвічування піктограм або іконок на панелях приладів та автомобілів. Але діод може використовуватися і як самостійна деталь. В такому випадку найчастіше застосовують 4.8 або 5-ти міліметрові.

Електричні параметри:

Колір свічення.....	червоний;
Довжина хвилі, мкм.....	0,665;
Сила світла І _v , мккд.....	900;
Колір лінзи.....	червоний;
Форма лінзи.....	кругла;
Пряма напруга, В.....	2;
Прямий струм, мА.....	10;
Максимальний прямий струм, мА.....	22;
Максимальний прямий імпульсний струм, мА.....	100;
Максимальна зворотня напруга, В.....	2;
Робоча температура, °С.....	-60...+70.
Параметри приведені при t = 25 °С.	



Рисунок 2.10 Зовнішній вигляд вентилятора JF0615S1H

Основні параметри:

Тип підшипника.....	ковзання
Робоча напруга, В	12
Струм, А	0,17
Частота обертання, об. / Мін.....	4500
Продуктивність, м.куб. / Мін.....	0.44
Шум, дБА.....	34
Розміри рами, мм.....	60x60
Товщина, мм:	15

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.

2.5 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

Для проведення розрахунків стабілізаторів напруги на інтегральних мікросхемах (ІМС) зазвичай використовуються такі вихідні дані: номінальна величина вихідної напруги $U_{\text{СТ ВИХ НОМ}}$; граничні значення вихідної напруги $U_{\text{СТ ВИХ min}}$ та $U_{\text{СТ ВИХ max}}$; мінімальні й максимальні значення струму навантаження $I_{\text{Н min}}$ та $I_{\text{Н max}}$; температурна нестабільність вхідної напруги αU ; нестабільність

вихідної напруги K_{HCTU} або коефіцієнт пульсацій вихідної напруги K_P ; коефіцієнт стабілізації напруги K_{CTU} ; внутрішній опір стабілізатора $R_{CT \text{ ВИХ}}$; та температурний коефіцієнт γ .

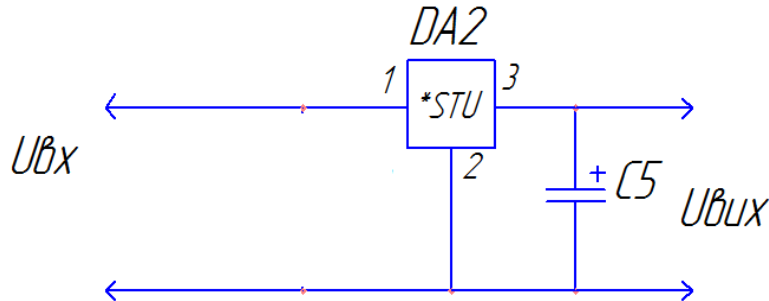


Рисунок 2.11 – Електрична принципова схема стабілізатора і конденсатора

Вибір інтегральної мікросхеми (ІМС) здійснюється відповідно до встановлених параметрів $U_{CT \text{ ВИХ}}$, $I_{CT \text{ ВИХ max}}$, K_{CTU} , γ , та $R_{CT \text{ ВИХ}}$ згідно з таблицею 2.1. Найбільшій перевагу слід надавати тим ІМС, які функціонують із мінімальною кількістю зовнішніх елементів. При цьому важливо дотримуватися таких умов:

$$U_{IMC \setminus В \setminus И \setminus X} \geq U_{CT \setminus В \setminus И \setminus X} \quad (2.1)$$

$$I_{IMC \setminus В \setminus И \setminus X \text{ max}} \geq I_{H \text{ max}} \quad (2.2)$$

$$K_{IMCCTU} \geq K_{CTU} \quad (2.3)$$

Таблиця 2.1 – Параметри стабілізаторів

Тип ІМС	$U_{ст\ вх}$, В (min...max)	$U_{ст\ вих}$, В (min...max)	$K_{ист\ 1}$, % $\frac{B}{A}$ не більше за	$K_{ист\ 2}$, % $\frac{B}{A}$ не більше за	$K_{ст\ ст}$, дБ на 1кГц не більше за	α_U , % °C не більше за	$I_{ст\ вих}$, А (max)	$P_{ст\ роз}$, Вт без радіатора/з радіатором	$I_{ст\ сп}$, мА	$U_{ст\ пад}$, В не більше за
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
K142EH9A	9...20	3...12	0,5	0,5	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH1Б	9...20	3...12	0,2	0,2	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH1В	9...20	3...12	0,8	2,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH1Г	9...20	3...12	0,8	1,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH2A	20...40	12...30	0,5	0,5	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH2Б	20...40	12...30	0,2	0,2	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH2В	20...40	12...30	0,8	2,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH2Г	20...40	12...30	0,8	1,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
КТ42ЕН3	9...45	3...30	0,05	0,25	-	0,01	1	1,4/4	10	3
K142EH4	9...45	3...30	0,05	0,25	-	0,01	1	1,4/4	10	4
K142EH5A	7,5...15	4,9...5,1	0,05	1	70	0,02	3	1,2/10	10	2,5
K142EH5Б	8,5...15	5,88...6,12	0,05	1	70	0,02	3	1,2/10	10	2,5
K142EH5В	7,5...15	4,9...5,1	0,05	1	70	0,02	2	1,2/10	10	2,5
K142EH5Г	8,5...15	5,88...6,12	0,05	1	70	0,02	2	1,2/10	10	2,5
KP142EH5A	7,5...15	4,9...5,1	0,05	2	60	0,03	-	1,2/10	10	2,5
KP142EH5Б	8,5...15	5,88...6,12	0,05	2	60	0,03	3	1,2/10	10	2,5
KP142EH5В	7,5...15	4,82...5,18	0,05	2	60	0,03	2	1,2/10	10	2,5
KP142EH5Г	8,5...15	5,8...6,2	0,05	2	60	0,03	2	1,2/10	10	2,5
KP142EH6A	-...40	14,7...15,3	0,0015	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
KP142EH6Б	-...40	14,7...15,3	0,005	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
K142EH6В	-...40	14,7...15,3	0,0025	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
K142EH6Г	-...40	14,7...15,3	0,0075	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
142EH8A	11,5...35	8,73...9,27	0,05	0,67	40	0,02	1,5	-/9	10	2,5
142EH8Б	11,5...35	11,64...12,36	-	-	-	-	-	-	-	-

Було обрано стабілізатор KP142EH9A

Незалежно від типу обраної ІМС визначаємо наступні параметри

$$U_{ст\ вх\ min} \equiv U_{ст\ вих\ max} + U_{ст\ пад} \quad (2.4)$$

$$U_{ст\ вх\ min} \equiv 9,1 + 2,5 = 11,6 В$$

$$U_{ст\ вх} \equiv \frac{U_{ст\ вх\ min}}{1 - \alpha_-} \quad (2.5)$$

$$U_{ст\ вх} \equiv \frac{11,6}{1 - 0,03} = \frac{11,6}{0,997} = 11,62 В$$

$$U_{\text{CTBX max}} \equiv U_{\text{CTBX}} \cdot \alpha \quad (2.6)$$

$$U_{\text{CTBX max}} \equiv 11,62(1+0,03) = 11,62+1,03 = 12,65 \text{ В}$$

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

Можливі граничні значення ККД

$$\eta_{\text{max}} \equiv \frac{U_{\text{CTBX max}}}{U_{\text{CTBX min}}} \quad (2.7)$$

$$\eta_{\text{max}} \equiv \frac{12,65}{11,62} = 1,08$$

$$\eta_{\text{min}} \equiv \frac{U_{\text{CTBX min}}}{U_{\text{CTBX max}}} \quad (2.8)$$

$$\eta_{\text{min}} \equiv \frac{11,62}{12,65} = 0,91$$

Передбачається, що струм споживаний стабілізатором є малим

$$I_{\text{CTBIX}} \equiv I_{\text{CTBX}} \quad (2.9)$$

Визначення ємності конденсатора фільтра за формулою:

$$C_0 = \frac{H}{rK_{\text{п0}}} \quad (2.10)$$

де C_0 – ємність, мкФ;

r – опір, Ом.

$$C_0 = \frac{2}{1,5 \cdot 0,03} = 44,4 (\text{мкФ})$$

Розраховуємо робочу напругу:

$$U_{\text{роб}} = \sqrt{2} U_{2x} \quad (2.11)$$

$$U_{\text{роб}} = 1,4 \cdot 18 = 16 \text{ (В)}$$

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

Вибираємо електrolітичний конденсатор типу ЕСАР 25V номінальною ємністю 47 мкФ та на робочу напругу 16 В.

2.6 Конструктивний розрахунок друкованого монтажу

Процес розрахунку друкованого монтажу поділяється на три основні етапи: оцінка за змінним і постійним струмом, а також конструктивно-технологічний аналіз. Він здійснюється у такій послідовності:

1. Визначення методу виготовлення та класу точності друкованої плати з урахуванням технологічних спроможностей виробництва (згідно з ОСТ 4.010.022 – 85). У нашому випадку обирається хімічний метод виготовлення та третій клас точності.

2. Двосторонні друковані плати (ДДП) відзначаються такими особливостями: можливість забезпечення високої точності малюнка провідників; встановлення навісних елементів на поверхню плати з боку, протилежного стороні пайки, без необхідності додаткової ізоляції; використання перемичок без ізоляційних обмежень; економічна перевага конструкції завдяки низькій вартості.

Визначаю мінімальну ширину друкованого провідника в міліметрах для кіл живлення та заземлення, виходячи з постійного струму.

$$b_{\text{min1}} = \frac{I_{\text{max}}}{J_{\text{доп}}}, \quad (2.12)$$

де I_{max} - допустима густина струму, що проходить через провідники. Визначається на основі аналізу принципової схеми; I_{max} дорівнює 0.25 А;

$J_{\text{доп}} = 20 \text{ А/мм}^2$ - допустима густина струму, обирається залежно від методу виготовлення плати згідно з табл. 1;

$t = 35$ мкм - товщина провідника, виражена в міліметрах.

Таблиця 2.2 - Допустима густина в залежності 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

Оскільки плата належить до третього класу точності, де мінімальна ширина провідників становить 0,65 мм, я обираю мінімальну ширину провідників у 0,65 мм.

Обчислюємо мінімальну ширину провідника, виражену в міліметрах, враховуючи допустиме падіння напруги на ньому.

$$b_{\min 2} = \frac{\rho \cdot I_{\max} \cdot l}{U_{\text{доп}} \cdot n \cdot t} = \quad (2.13)$$

де ρ - питомий об'ємний опір визначається згідно з таблицею 2.2;

l – довжина провідника, 0,13 м;

$U_{\text{доп}}$ – допустиме падіння напруги, яке визначається через аналіз принципової схеми і не повинно перевищувати 5% від напруги живлення транзисторів, а також не повинно бути більшим за значення завадостійкості мікросхем. Оскільки плата відноситься до третього класу точності, мінімальна ширина провідників складатиме 0,06 мм.

Обчислюємо номінальні значення діаметрів монтажних отворів d :

$$d = d_E + |\Delta d_{н.в.}| + r \quad (2.14)$$

де d_E – максимальний діаметр виводу встановленого елемента радіоелектронної апаратури (ЕРЕ);

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

r – різниця між мінімальним діаметром отвору і максимальним діаметром виводу ЕРЕ, яка обирається в межах 0,1...0,4 мм.

Розраховані 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, електролітичних конденсаторів ЕСАР, керамічних конденсаторів СС4, а також діодів КД225; $d_{E(2)} = 1,0$ для мікросхем, транзисторів і для підпаювання провідників.

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

(2.15)

$$d_{(2)} = d_E + |\Delta d_{н.в.}| + r = 1,0 + |\pm 0,1| + 0,2 = 1,3 \text{ мм},$$

де d_E – максимальний діаметр виводу встановленого елемента радіоелектронної апаратури (ЕРЕ);

$d_{н.в.}$ – нижнє граничне відхилення від номінального діаметра монтажного отвору (відповідно до таблиці 2.3);

r – різниця між мінімальним діаметром отвору і максимальним діаметром виводу ЕРЕ, яка обирається в межах 0,1...0,4 мм. Розраховані значення d узгоджуються з нормалізованим рядом отворів: 0,7; 0,9; 1,1; 1,3; 1,5 мм.

Обчислюємо діаметр контактних площадок. Мінімальний діаметр контактних площадок для двосторонніх друкованих плат (ДДП) та зовнішніх шарів багат шарових друкованих плат (БДП), виготовлених за допомогою фотохімічного методу:

$$D_{min} = D_{1min} + 1,5h\phi, \quad (2.16)$$

де $h\phi$ – товщина фольги;

D_{1min} – мінімальний ефективний діаметр площадки.

$$D_{1min} = 2 \left(b_m + \frac{d_{max}}{2} + \delta_d + \delta_p \right) \quad (2.17)$$

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

$$b_m = 0,06 \text{ мм.}$$

δ_d і δ_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:

$$d_{max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15), \quad (2.18)$$

де Δd - допуск на отвір.

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

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

$$D_{1min(1)} = 2 \left(0,06 + \frac{1,1}{2} + 0,25 + 0,4 \right) = 2,42 \text{ мм},$$

$$(2.19)$$

$$D_{1min(2)} = 2 \left(0,06 + \frac{1,5}{2} + 0,25 + 0,4 \right) = 2,82 \text{ мм},$$

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

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

Максимальний діаметр контактної площадки:

$$D_{max} = D_{min} + (0,02 \dots 0,06), \quad (2.20)$$

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

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

Таблиця 2.3 – 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 γ	$\geq 0,50$	$\geq 0,50$	$\geq 0,33$	$\geq 0,33$
Допуск на отвір Δd , 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 Δd , 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 Δb , 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 δd , 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 δp , 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 Δd_{tr} , мм	0,03	0,03	0,03	0,03
Допуск на розташування контактних площадок δp , 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, δp , 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 двосторонніх друкованих плат (ДДП) і зовнішніх шарів багат шарових друкованих плат (БДП), виготовлених за допомогою хімічного методу, становить:

$$b_{min} = b_{1min} + 1 \cdot 5h \cdot \Phi, \quad (2.21)$$

де b_{1min} - мінімальна ефективна ширина провідника, мм. $b_{1min}=0,35$ мм для плат 1-, 2-, 3- го класу точності.

$$b_{min} = 0,35 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 0,45 \text{ мм}$$

Визначаємо мінімальну відстань між елементами провідного малюнка.
Мінімальна відстань між провідником та контактною площадкою:

$$S_{1min} = L_0 - \left[\left(\frac{D_{max}}{2} + \delta_p \right) + \left(\frac{d_{max}}{2} + \delta_d \right) \right] \quad (2.22)$$

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

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

де L_0 – відстань між центрами відповідних елементів; δ_l - допуск на розташування провідників (таблиця 2.3)

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

$$S_{2min} = L_0 - d_{max} + 2\delta \quad (2.23)$$

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

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

Мінімальна відстань між двома провідниками:

$$S_{3min} = L_0 - (d_{max} + 2\delta_d) \quad (2.29)$$

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

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

Висновок за результатами розрахунків: у результаті обчислень визначено, що ширина друкованого провідника становить 0,45 мм. Під час розрахунку мінімальної відстані між провідником і контактною площадкою, а також мінімальної відстані між контактними площадками, отримано від'ємні значення.

З огляду на вищезазначене, можна стверджувати, що всі контактні площадки будуть мати нестандартні розміри, а провідники використовуватимуться зі звуженням.

1. Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою становитиме 0,09 мм. Враховуючи, що в обраному третьому класі точності відстань між провідником і контактною площадкою становить від 0,5 до 0,6 мм, у цьому випадку вона буде 0,6 мм.

2. Мінімальна відстань між двома контактними площадками буде 0,2 мм.

3. Враховуючи, що для обраного третього класу точності відстань між двома контактними площадками варіюється від 0,5 до 0,6 мм, у цьому випадку вона буде 0,6 мм.

4. Відстань мінімальна повинна бути між двома провідниками складатиме 0,3 мм. А в нас третій клас точності, у нашому випадку вона буде 0,6 мм.

2.7 Аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності

При виконанні друкованої плати пристрою обиралася із дешевих та найпоширеніших електрорадіоелементів, які мають великий розкид параметрів, але при цьому вони можуть забезпечити нормальний режим роботи при відповідних режимах роботи. Також даний пристрій призначений для роботи в нормальних кліматичних умовах і не призначений для роботи при низьких температурах, або при високих. Можна також забезпечити роботу і в екстремальних умовах, але значно зросте вартість елементної бази, а це не дуже добре проявиться на збуті пристрою.

Корпус пристрою виготовляється із пластмаси, що надає йому ряд переваг та недоліків. Перевага пластмаси в низькій вартості матеріалу, хорошому дизайні, також з пластмаси можна виготовити практично будь-якої складності деталі, що не притаманне металевим корпусам, а також пластмаса значно легша за метал. Недоліком пластмаси являється низька механічна

міцність та погана теплопровідність. Тому для пристроїв, які дуже сильно нагріваються використовують металеві корпуси.

Отже ми виготовили пристрій, який має низьку ціну, тому буде мати хороший попит серед людей з середнім рівнем забезпеченості, також при цьому пристрій буде мати хороші електричні параметри при нормальних режимах роботи.

Споживана потужність буде така:

$$P = U * I \quad (2.35)$$

де U – напруга живлення пристрою, становить 12 В;

I – струм споживання пристрою, становить 2 А;

$$P = 12V * 2 A = 24 W$$

3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Електроніка, мікропроцесорна техніка та САПР

Для забезпечення технологічності конструкції виробу, зручності його складання у виробництві та розбирання під час налаштування, корпус можна виготовити з верхньої та нижньої кришок. Такий тип конструкції забезпечує легкий доступ до вузлів виробу, що спрощує їх регулювання та налаштування.

Цей корпус виготовляється з пластмаси, яка має переваги над іншими матеріалами, зокрема, меншу масу, кращий естетичний вигляд, а також можливість створення більш складних форм. Основним недоліком такого типу корпусів є недостатнє охолодження, особливо для пристроїв, що сильно нагріваються, тому зазвичай використовуються додаткові радіатори.

Такий тип корпусів виготовляється методом лиття під тиском, що є одним із основних способів у промисловому виробництві. Цей метод полягає в заповненні формувальної порожнини прес-форми розплавленим матеріалом, а потім ущільнення та охолодження під тиском.

Для кріплення друкованого вузла відливаються чотири стійки, а товщина стінок корпусу становить 2 мм. Використання друкованого монтажу значно спростило процес складання вузла, а також його налаштування та регулювання.

Головним елементом у конструкції є друкована плата, яка виготовляється хімічним методом з одностороннього фольгованого склотекстоліту СФ1-35-ІКП (відповідно до ГОСТ 10316-78) товщиною 1,5 мм. У цьому методі незахищені ділянки фольги витравлюються, формуючи таким чином друкований монтаж. Цей метод є найпопулярнішим і найпростішим у виготовленні плат.

Перед установкою радіоелементів плата маркується фарбою ТНПФ-01 (згідно з ТУ29-02-889-88).

Підготовка радіоелементів до встановлення на плату включає формування виводів, яке рекомендується виконувати зигзагоподібно. Це дозволяє зменшити час роботи та трудомісткість процесу, а також усуває

потребу в розширенні робочих місць. Виводи конденсаторів і мікросхем не формують, тому що вони вже мають необхідну форму.

Лудження виводів радіоелементів здійснюється вручну з використанням флюсу АПІ-120. Радіоелементи встановлюються вручну, а пайка виконується автоматизовано за допомогою хвилі припою, що дозволяє одночасно фіксувати всі виводи. Для радіоелементів, які не можуть бути запаяні автоматично, застосовується ручна пайка з використанням електричного паяльника на 36 В. Використовується припій типу ПОС-61 (відповідно до ГОСТ 21931-76) та флюс АПІ-120 (згідно з ГОСТ 32142-82). Після пайки плата миється та покривається захисним безбарвним лаком АК-113 (відповідно до ГОСТ 23832-79), який захищає від вологи та зовнішніх впливів і витримує температурний діапазон від -60 до +100°C.

Монтаж плати здійснюється саморізами за допомогою електроверта, що підвищує швидкість збирання. Написи на корпусі наносяться швидкосохнучою фарбою методом сіткографії.

Технологічність конструкції виробу характеризується сукупністю властивостей, які забезпечують оптимальні витрати праці, засобів виробництва, матеріалів та часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення, експлуатації та ремонту, в порівнянні з однотипними конструкціями, при підтримці встановленої якості продукції.

Оцінка технологічності виробу проводиться для забезпечення ефективного процесу розробки та аналізу конструкції з метою скорочення часу і ресурсів на її розробку, технологічну підготовку, виготовлення, експлуатацію і ремонт. Під час якісної оцінки виконується конструктивно-технологічний аналіз конструкції з точки зору її пристосованості до умов виробництва та витрат на виготовлення і експлуатацію.

Якісна оцінка технологічності включає опис та обґрунтування вибору матеріалів для конструкції корпусу та плати, з вказуванням використовуваних методів, умов виготовлення, а також застосовуваних інструментів і обладнання.

При якісній оцінці оцінюється обсяг роботи, інструменти та пристрої, необхідні для виготовлення. Нижче наведено перелік операцій, які необхідно виконати:

1. Заготівельні роботи : підготовка всіх необхідних радіоелектронних компонентів для подальшого використання. Цю задачу виконують працівники, які займаються комплектацією.

2. Установка та кріплення деталей : здійснюється вручну. Проте при даному типі виробництва можуть використовуватися напіваавтоматизовані машини.

3. Вкладання та механічне кріплення монтажних проводів (гнучких перемичок), які згодом будуть під'єднуватись до радіоелектронних компонентів (РЕК), що не знаходяться на друкованому вузлі.

4. Пайка монтажних з'єднань : здійснюється автоматизовано методом пайки хвилею, тоді як пайка гнучких перемичок проводиться вручну за допомогою електропаяльника. Пайка здійснюється із застосуванням припою ПОС-61 і флюсу АТІ-120.

5. Контроль механічної міцності паяних з'єднань : проводиться на спеціальних стендах, де створюються умови штучної вібрації та тиску, що відповідають експлуатаційним умовам. Ці операції виконуються працівниками, які вміють керувати спеціалізованим обладнанням.

6. Контроль правильності монтажних з'єднань : здійснюється візуально. Виконання цієї операції доручається працівникам середньої кваліфікації.

7. Контроль електричної міцності з'єднань : проводиться на спеціальних пультах. Цю операцію виконують працівники середньої кваліфікації.

Після завершення такого технологічного процесу отримуємо друкований вузол спроектованого пристрою. Наступний етап — виготовлення корпусу. Оскільки будуть виготовлені дві кришки та дві панелі, технологічний процес включатиме такі операції:

1. Виготовлення форми відповідно до типової інструкції за допомогою верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК).

2. Виготовлення кришок з пластмаси методом лиття під тиском.

3. Операції механічної обробки.

4. Контроль якості: виконується стовідсотковий контроль, що здійснюється візуально кваліфікованими спеціалістами.

Завершальним етапом є складання складових корпусу, що завершує виготовлення всього виробу. Детальний опис операцій складання наведено в технологічному процесі.

Для виготовлення друкованого вузла пристрою необхідно створити друковану плату з провідниками, висвердленими отворами і контактними площадками. Як діелектричну основу використовуємо склотекстоліт, який має відповідати наступним вимогам:

1. Мати високу механічну міцність при невеликій товщині.
2. Бути гнучким і піддаватися всім видам різання.
3. Характеризуватися високою хімічною стійкістю та вологостійкістю.
4. Мати низьку діелектричну проникність.
5. Забезпечувати високу адгезію.
6. Мати мінімальні діелектричні втрати в діапазоні робочих частот.

На цьому етапі використовується фольгований склотекстоліт товщиною 35 мкм.

Як провідний шар використовується мідь, яка забезпечує необхідні провідні властивості та має хорошу адгезію з ізолюючим матеріалом. Друковану плату виготовляємо хімічним методом, що включає такі операції:

1. Різання заготовок.
2. Пробивання базових отворів.
3. Підготовка поверхні заготовок.
4. Нанесення сухого плівкового фоторезисту.
5. Нанесення захисного лаку.
6. Свердління отворів.
7. Хімічне міднення.
8. Зняття захисного лаку.
9. Гальванічне напилення.

10. Електролітичне міднення та нанесення захисного покриття.
11. Зняття фоторезисту.
12. Травлення друкованої плати.
13. Промивання друкованої плати.
14. Механічна обробка.

Після виконання цих операцій отримуємо готову двосторонню друковану плату з монтажними та кріпильними отворами, а також із малюнком провідників. Життєвий цикл виробу значною мірою залежить від технологічності його конструкції у процесі виготовлення та експлуатації. Конструкція виробу повинна бути оптимізована під конкретні умови: технології, наявне обладнання, технічне оснащення та організацію процесу.

3.2 Розрахунок надійності проектного виробу

У цьому пристрої можуть виникнути несправності. Причини їх виникнення можуть бути різноманітними, проте для визначення несправності ми скористаємося алгоритмом пошуку, представленим на рисунку 3.1.

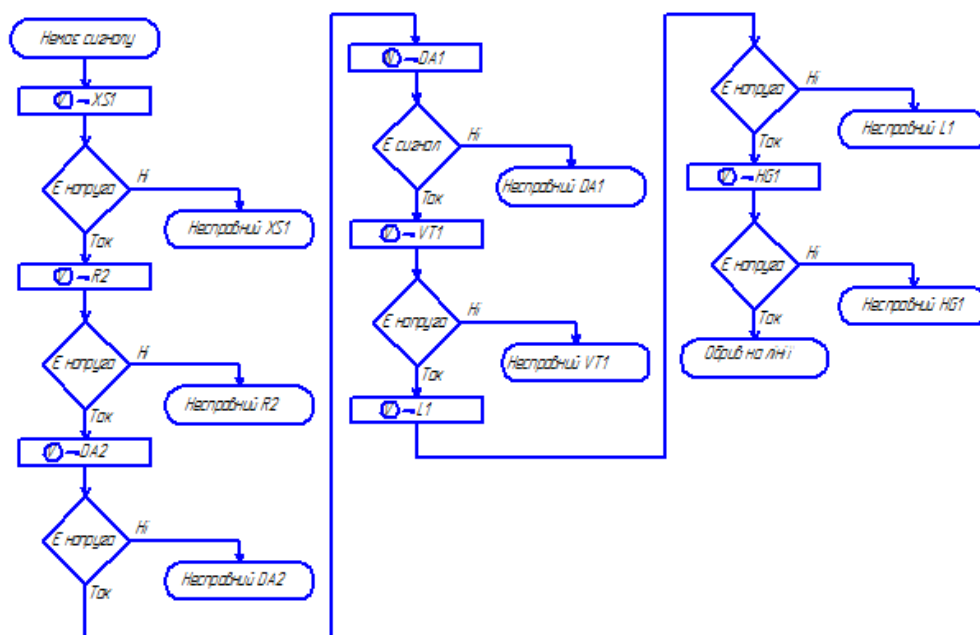


Рисунок 3.1 - Алгоритм пошуку несправності приладу

У цьому пристрої може виникнути несправність у вигляді відсутності сигналу заряду на виході.

Процес пошуку несправності розпочинаємо з перевірки напруги на виході. Спочатку тестуємо роз'єм XS1 за допомогою вольтметра. Якщо сигнал на ньому відсутній, слід замінити роз'єм на новий. Якщо ж сигнал присутній, переходимо до перевірки резистора R2. У випадку відсутності напруги на ньому, резистор необхідно замінити.

Далі перевіряємо мікросхему DA2. Якщо на мікросхемі немає сигналу, вона є несправною і потребує заміни. Якщо сигнал є, переходимо до перевірки мікросхеми DA1. При відсутності напруги на ній, мікросхема непридатна і теж вимагає заміни. У разі наявності напруги, перевіряємо транзистор VT1. Якщо на виході транзистора немає напруги, його слід замінити. Якщо ж напруга є, переходимо до перевірки L1. Якщо на ньому є сигнал, наступним кроком буде перевірка світлодіода HL1. У разі справності світлодіода можливою причиною проблеми є розрив у лінії.

Для перевірки ми використовували мультиметр та осцилограф, які добре підходять для перевірки вищезазначених параметрів та мають відповідний діапазон вимірювань. У цьому пристрої немає серйозних налаштувань, а ті, що є, можна легко виявити.

Співпраця з провідними виробниками акустичних систем може дозволити краще пристосувати конструкцію стробоскопа до потреб індустрії, а також розширити функціональні можливості.

Співпраця з дослідницькими установами може допомогти у впровадженні новітніх технологій, таких як алгоритми обробки аудіосигналів, для поліпшення якості налаштувань.

Використання автоматизованих тестових протоколів дозволяє зменшити час тестування та підвищити точність діагностики. Це включає впровадження алгоритмів, які можуть визначати незначні аномалії в роботі динамічних головок.

Розвиток програмних рішень для комплексного аналізу аудіосигналів, що дозволяє виявляти тонкощі в звучанні системи, поліпшувати налаштування і забезпечувати більш точну передачу звукових характеристик.

Інтеграція високоточних компонентів, таких як прецизійні світлодіоди та точні сенсори для забезпечення надійної роботи стробоскопа без значних відхилень від заданих параметрів.

Впровадження адаптивних алгоритмів, які дозволяють пристрою самостійно калібруватися під час роботи у різних умовах, що підвищує гнучкість та якість випробувань.

Розробка стробоскопа з акцентом на довговічність і надійність забезпечує зменшення витрат на обслуговування та підвищення загальної задоволеності користувачів. Важливо продумати кожен етап — від проектування до виробництва.

Забезпечення довготривалої підтримки та можливості модернізації пристрою є ключем до збереження його актуальності. Це може включати регулярні оновлення програмного забезпечення і надання нових модулів або функцій.

Оскільки відмови та відновлення працездатності є випадковими подіями, місце та час їх виникнення не можуть бути точно передбачені. Тому надійність зазвичай оцінюється за допомогою імовірнісних характеристик. Імовірність безвідмовної роботи (ІБР) елемента $p(t)$ або системи $p_c(t)$ визначається як імовірність того, що протягом заданого часу напрацювання t , за певних умов експлуатації, не відбудеться жодної відмови.

Інтенсивність відмов $\lambda(t)$ — це умовна щільність імовірності виникнення відмови пристрою в конкретний момент часу, за умови, що до цього моменту відмови не траплялися.

Зв'язок між інтенсивністю відмов і ймовірністю безвідмовної роботи може бути встановлений як:

$$p(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda(t) dt \right] \quad (3.1)$$

Надійність щодо раптових експлуатаційних відмов (при $\lambda_0 = \text{const}$) розраховується для періоду нормальної експлуатації, коли початковий етап використання (входження в режими) вже завершено, а відмови, пов'язані зі зношуванням і старінням, ще не настали.

У випадку складної різнотипної апаратури інтенсивність відмов системи можна вважати постійною навіть на етапі зношування. Розрахунок надійності базується на визначенні показників надійності системи через характеристики надійності комплектуючих елементів, що дозволяє виконувати розрахунки в процесі проектування апаратури зі знаних компонентів і вузлів.

Для цього потрібно уточнити наведені вище вирази для показників надійності елементів $p(t)$, $q(t)$, $\omega(T)$, $T_{\text{ср}}$, T_0 з урахуванням постійної інтенсивності відмов.

Формула для ймовірності безвідмовної роботи виглядає наступним чином:

$$p(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda(t) dt \right] = \exp(-\lambda_0 t) \quad (3.2)$$

Середнє напрацювання до відмови можна визначити наступним чином:

$$K_{\text{м.п.ЕРЕ}} = \frac{H_{\text{м.п.ЕРЕ}}}{H_{\text{ЕРЕ}}} = \frac{16}{35} = 0.45 \quad (3.3)$$

Зібравши разом елементи з однаковою надійністю, отримаємо:

$$p_c(t) = \exp \left(-t \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j \right), \quad (3.4)$$

де λ_{0j} – інтенсивність відмов у j -ій групі;

N_j – кількість елементів у j -ій групі;

m – кількість груп елементів з однаковою надійністю.

Інтенсивність відмов усього пристрою:

$$\lambda_c = \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j \quad (3.5)$$

Наближений розрахунок надійності виконується на етапі технічного проектування, використовуючи вищенаведені формули. Значення характеристик інтенсивності відмов (λ -характеристик) елементів пристрою визначаються на основі довідкових даних. При уточненому розрахунку надійності враховується вплив умов експлуатації, температури та електричного режиму з використанням наступних співвідношень

$$p_c(t) = \exp\left(-k_\lambda \sum_{j=1}^m \lambda_j N_j\right), \quad (3.6)$$

$$\lambda_c = k_\lambda \sum_{j=1}^m \lambda_j N_j, \quad (3.7)$$

$$\lambda_j = \lambda_{0j} \alpha_j, \quad (3.8)$$

$$k_\lambda = k_{\lambda 1} k_{\lambda 2} k_{\lambda 3}, \quad (3.9)$$

де λ_j представляє собою інтенсивність відмов для j -ої рівнонадійної групи елементів за умов їх експлуатації в специфікованих обставинах;

λ_{0j} – аналогічний показник, але для експлуатації елементів у номінальному режимі;

α_j – скоригований коефіцієнт інтенсивності відмов для j -ої групи, який враховує вплив навколишньої температури і електричного навантаження на елемент.

Поправочний коефіцієнт k_λ враховує особливості умов експлуатації радіоелектронної апаратури (РЕА). У цей коефіцієнт входять складові: $k_{\lambda 1}$, що відображає вплив механічних чинників, таких як вібрації та ударні навантаження; $k_{\lambda 2}$, який враховує кліматичні умови, зокрема температуру та вологість; $k_{\lambda 3}$, що описує умови роботи в умовах пониженого атмосферного тиску.

Значення поправочного коефіцієнта α , яке залежить від температури та коефіцієнта навантаження k_H , так само як інтенсивність відмов елементів пристрою, визначаються на основі довідкових таблиць. Коефіцієнт навантаження розраховується як відношення фактичного навантаження за певним параметром (потужність, струм, напруга), яке діє на елемент, до його номінального навантаження, що встановлене відповідно до нормативно-технічної документації.

Відношення навантаження за потужністю:

$$p(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda(t) dt \right], \quad (3.10)$$

де P_P є робочим значенням потужності розсіювання;

P_H представляє собою номінальне значення потужності розсіювання.

Відношення навантаження за напругою:

$$K = \frac{U_P}{U_H}, \quad (3.11)$$

де U_P є робочим значенням напруги;

U_H представляє собою номінальне значення напруги.

Під час проектування значення коефіцієнта електричного навантаження зазвичай становить від 0,4 до 0,8. Температуру та коефіцієнт навантаження можна визначити або експериментально, під час випробувань прототипу, або за допомогою розрахунків. Стандартні значення поправочних коефіцієнтів зазвичай беруться з довідкових джерел. Для розрахунку надійності радіопристрою необхідними є такі дані:

- перелік компонентів (елементів);
- кількість елементів кожного типу;
- умови експлуатації;
- довідкові дані про інтенсивність відмов елементів радіоелектронної апаратури (РЕ).

Спершу необхідно скласти таблицю вхідних даних для розрахунку, визначити конструктивні особливості компонентів (наприклад, для транзисторів

— кремнієві, германієві чи польові, для конденсаторів — електролітичні або керамічні тощо), а також підрахувати кількість елементів за групами. Для кожної групи визначити значення поправочних коефіцієнтів α_i та стандартну інтенсивність відмов λ_0 з таблиці, щоб потім обчислити інтенсивність відмов λ_i .

1. Для врахування умов експлуатації слід визначити поправочні коефіцієнти з таблиць, відповідно до умов, в яких буде працювати проєктований радіопристрій, і розрахувати загальний коефіцієнт K_λ . Якщо умови експлуатації аналогічні лабораторним, то K_λ приймається за 1.

2. Перейти до обчислення інтенсивності відмов і середнього часу до відмови з урахуванням відповідних факторів.

3. Здійснити розрахунок ймовірності безвідмовної роботи радіопристрою для заданих періодів часу t_p . Рекомендується вибрати від 6 до 10 різних значень t_p .

4. а основі результатів проведених розрахунків побудувати графік, який відображає залежність ймовірності безвідмовної роботи радіопристрою від часу t_p .

Розрахунок надійності радіоелектронної апаратури (РЕА) значно спрощується завдяки використанню комп'ютерної програми NAD_Release. Для забезпечення ефективності розрахунків програма повинна відповідати таким вимогам:

1. Здійснення розрахунку ймовірності безвідмовної роботи та середнього часу напрацювання до відмови РЕА з урахуванням умов експлуатації.

2. Можливість збереження результатів у форматі файлу, що дозволяє їх роздрукувати та обробляти в інших програмах (наприклад, у MathCAD).

3. Візуалізація результатів розрахунків у вигляді графіка, що показує залежність ймовірності безвідмовної роботи від часу експлуатації пристрою.

4. Наявність бази даних з інформацією про інтенсивність відмов різних електрорадіоелементів та електромеханічних блоків РЕА.

5. Можливість редагування бази даних для врахування особливостей різних пристроїв.

6. Функція додавання до бази даних характеристик нових елементів.
7. Опції для коригування даних щодо інтенсивності відмов та інших експлуатаційних характеристик електрорадіоелементів під час розрахунку.
8. Зручний і зрозумілий інтерфейс користувача для спрощення роботи з програмою.

Вікно програми відображено на рисунку 3.1

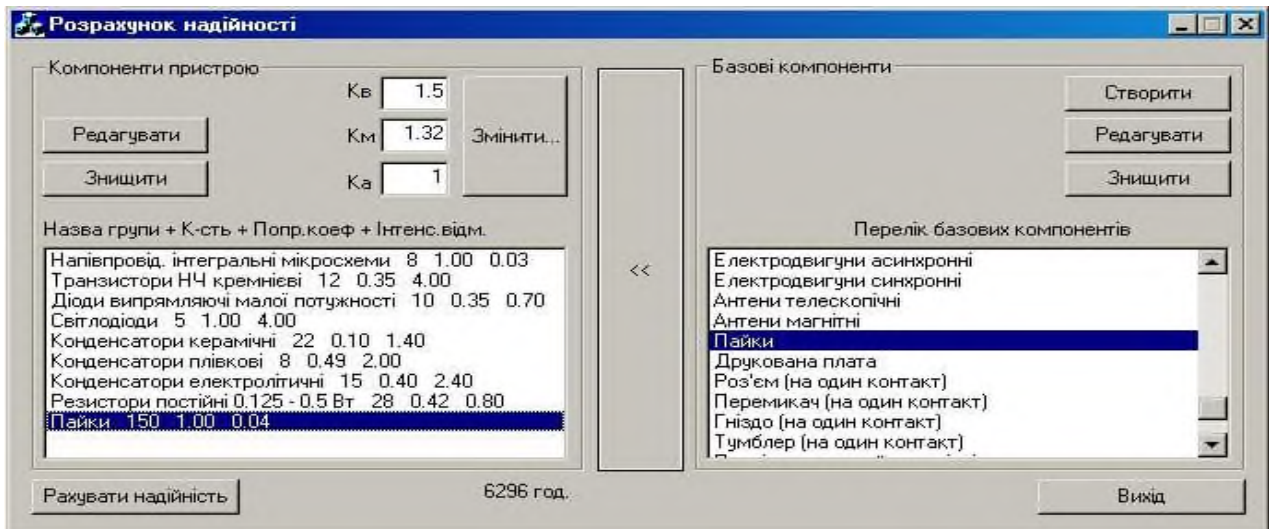


Рисунок 3.2— Головне вікно програми розрахунку надійності

Результати, які зберігаються у файлі, включають:

- таблицю вхідних даних, що містить список компонентів пристрою: назву групи компонентів, кількість елементів у групі, інтенсивність відмов, поправочний коефіцієнт, а також загальну інтенсивність відмов для даного типу елементів;
- значення коефіцієнтів впливу $k_{\lambda 1}$, $k_{\lambda 2}$, $k_{\lambda 3}$;
- загальну інтенсивність відмов пристрою;
- середній час безвідмовної роботи;
- дані для побудови графіка, що відображає залежність ймовірності безвідмовної роботи від тривалості експлуатації.

У результаті розрахунку були отримані такі результати:

Розрахунок надійності проектного приладу.

Вхідні дані:

№ п/п	Назва групи елементів	К-сть шт.	Кпопр	Івідм*1е- 06 1/год.	К- сть*Кнав *Івід*1е- 06
1	Напівпровідникові інтегральні мікросхеми	4	1	0.03	0.12
2	Транзистори НЧ кремнієві	2	0.35	4	2.8
3	Діоди випрямляючі малої потужності	1	0.35	0.7	0.245
4	Світлодіоди	1	1	4	4
5	Конденсатори керамічні	12	0.1	1.4	1.68
6	Конденсатори електролітичні	4	0.4	2.4	3.84
7	Резистори постійні 0.125 - 0.5 Вт	19	0.42	0.8	6.384
8	Резистори недротяні змінні	2	0.42	5	4.2
9	Пайки	96	1	0.02	1.92
10	Друкована плата	2	1	0.1	0.2

Коефіцієнти впливу:

Коефіцієнт механічних впливів: 1

Коефіцієнт впливу вологості і температури: 1

Коефіцієнт атмосферних впливів: 1

Результати розрахунку:

Інтенсивність відмов: 2.5389×10^{-5} 1/год

Середня наробка до відмови: 39387.1 год.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$:

$t = 10$ год. $P(t) = 0.999746$

$t = 100$ год. $P(t) = 0.997464$

$t = 1000$ год. $P(t) = 0.974931$

$t = 10000$ год. $P(t) = 0.775777$

$$t = 100000 \text{ год. } P(t) = 0.078953$$

У процесі розрахунку було визначено середній час безвідмовної роботи, який становить 39,387.1 годин.

3.3 Математична модель

До узгодження в схемі стробоскопа тривалості і частоти керуючих імпульсів із динамічними характеристиками світлодіода

При налаштуванні стробоскопа на режим слідкування за фіксованим положенням конкретного вузла, що перебуває в обертному русі крім узгодження частоти генератора імпульсів з частотою обертання важливо враховувати інерційність світлодіодного елемента, спричинену фізичними властивостями напівпровідників.

Особливості фізичного процесу проходження струму через діод можна відобразити схемою заміщення, складеною із двополюсників, як показано на рис. 1. Параметри двополюсних компонент визначаються з вибірових експериментальних досліджень елементів конкретної серії:

нелінійний резистор R_n моделює активний опір p - n – переходу. Сумарні об'ємні опори p і n областей напівпровідника відтворюються за допомогою лінійного резистора R .

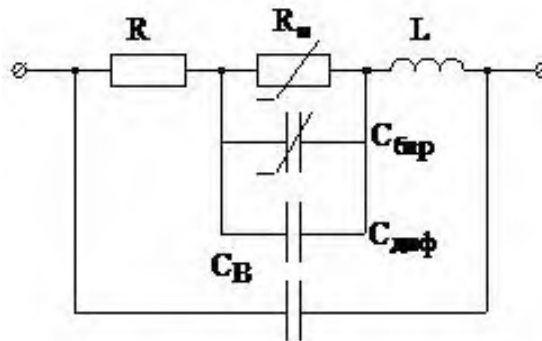


Рисунок 3.3 -Схема заміщення напівпровідникового діода

Ємність p - n – переходу моделюється за допомогою конденсаторів:

$C_{\text{бар}}$ моделює бар'єрну ємність, яка нелінійно залежить від напруги на діоді

$$C_{\text{бар}} = \frac{C_0}{\sqrt{1 - u/\varphi_T}} \quad (3.21)$$

$C_{\text{диф}}$ моделює дифузійну ємність p - n – переходу, що залежить від струму через перехід

$$C_{\text{диф}} = \frac{i\tau}{\varphi_T} \quad (3.22)$$

Тут:

φ_T – тепловий потенціал p - n – переходу, τ – середній час життя носіїв заряду, u – зовнішня напруга, прикладена до p - n – переходу, i – прямий струм, що протікає через p - n – перехід.

Індуктивність та ємність виводів відображаються відповідно компонентом L та конденсатором C_v (дані параметри доцільно враховувати лише для високочастотних діодів).

В результаті при проходженні через діод прямокутного імпульсу має місце перехідний процес, що відображається на інтенсивності і тривалості світіння діода, як можемо побачити при дослідженні схеми з рис. 2 в системі MicroCap.

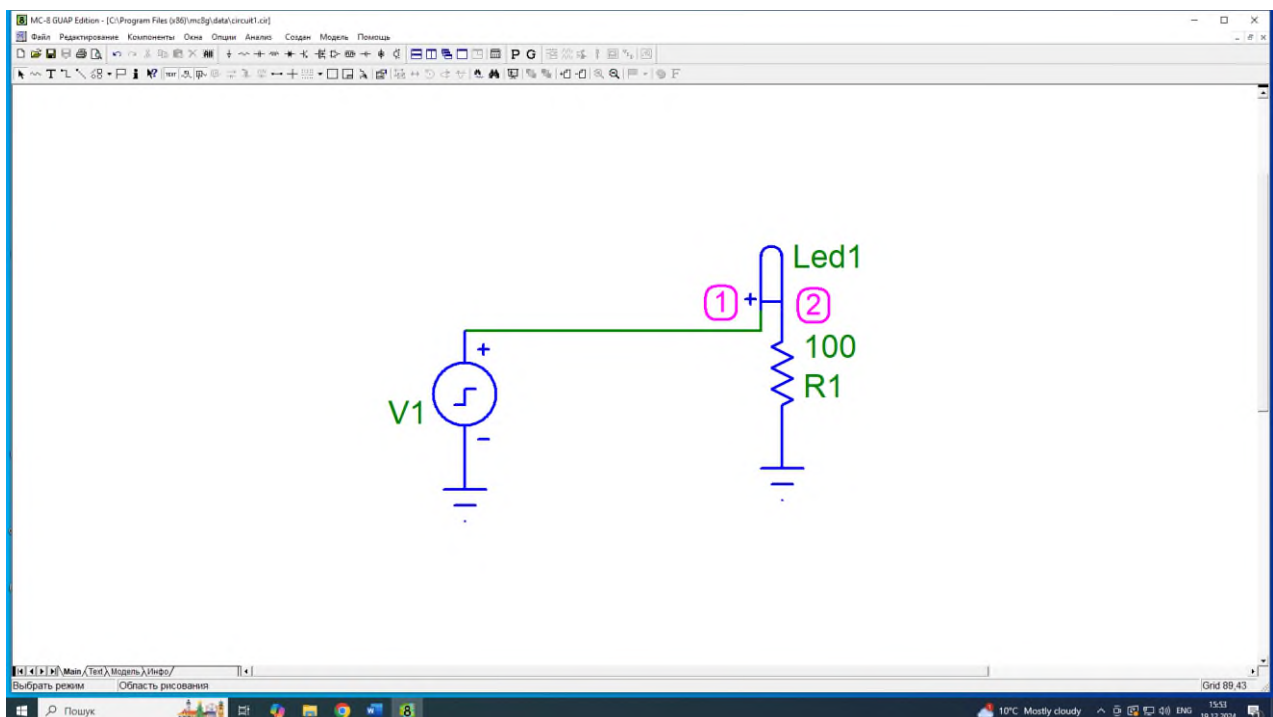


Рисунок 3.4- Схема включення світлодіода в імпульсному режимі

Так при проходженні прямокутних імпульсів з періодом 1мсек через світлодіод обраної марки напруга на вході і виході діода показані на рис.3.5

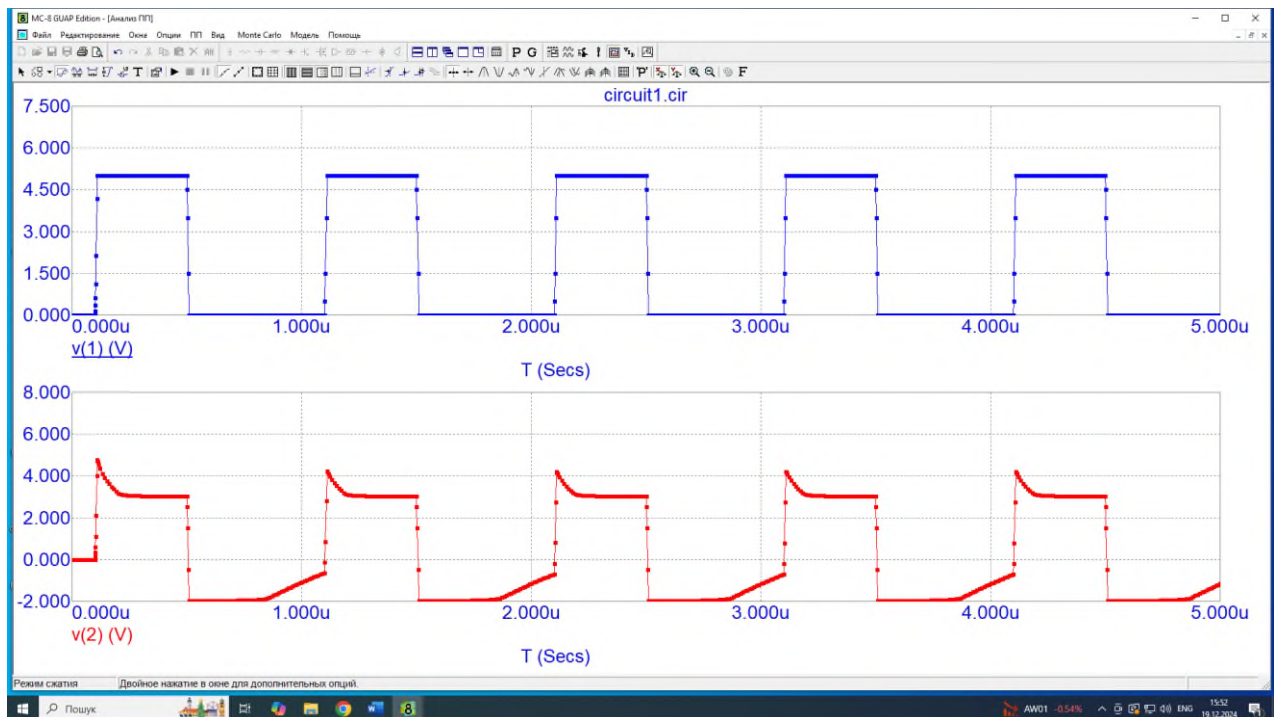
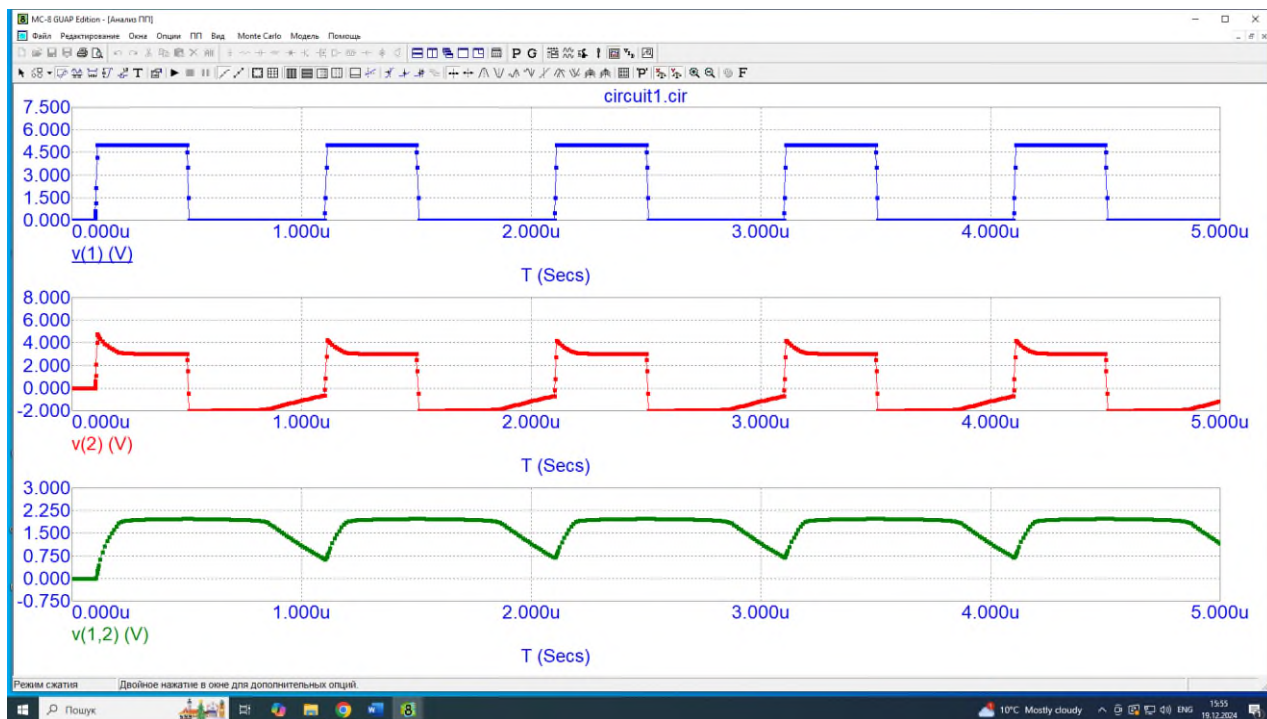
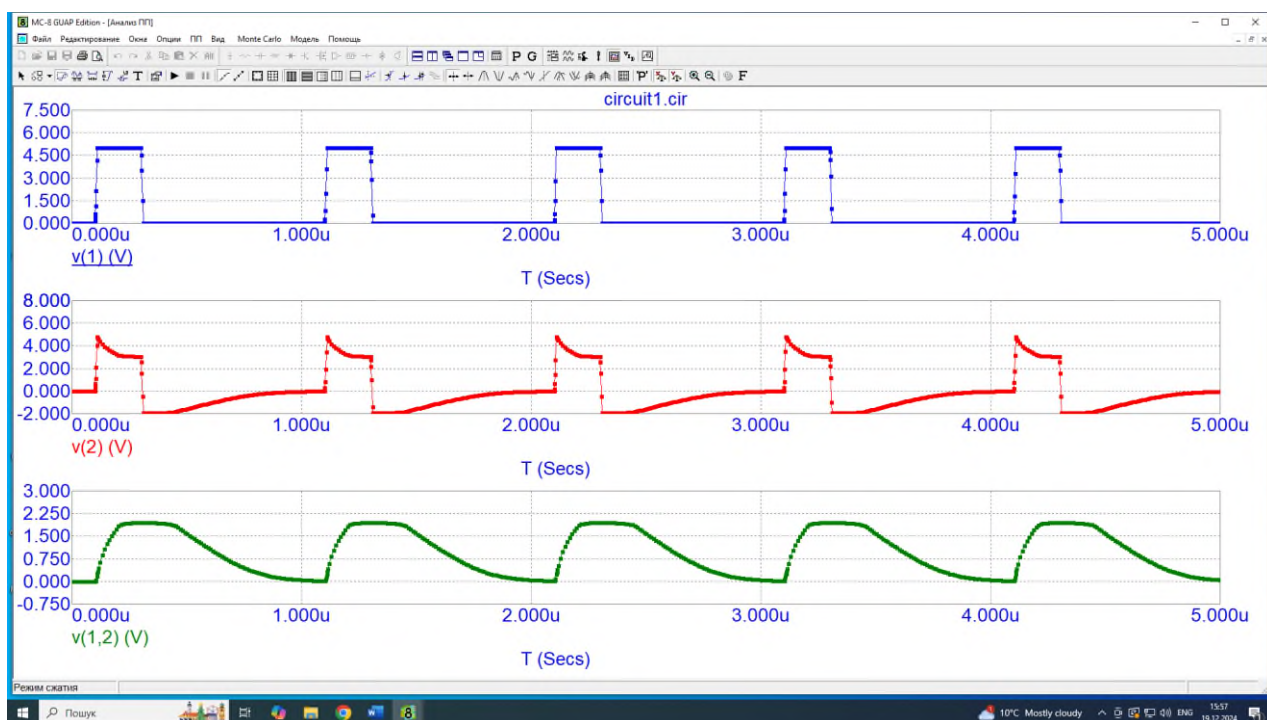


Рисунок 3.5 Напруга V(1) на вході і V(2) виході світлодіода

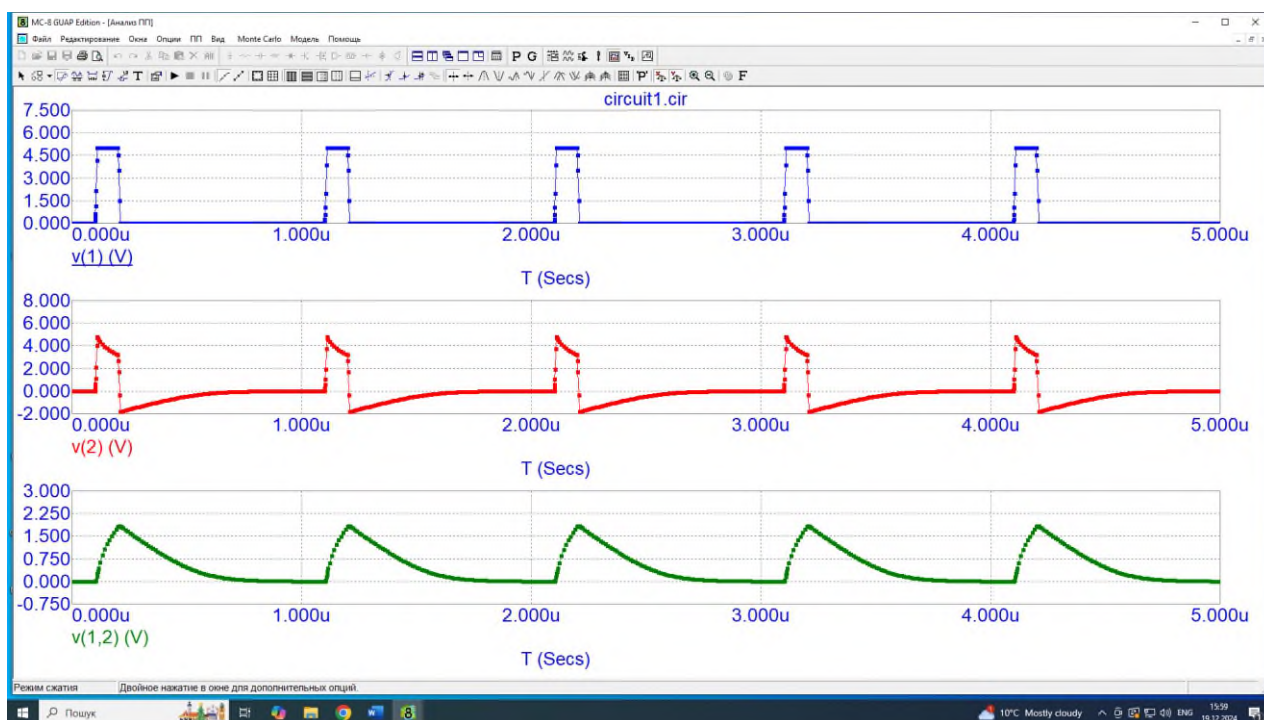
Напруга на світлодіоді, а значить і інтенсивність світлового випромінювання, відображені зеленою кривою на рис. 3.5 а). Зменшення тривалості імпульсів при сталій частоті як на рис. 3.5 б),в), г) приводить до порушення режиму освітлення спостережуваного об'єкта.



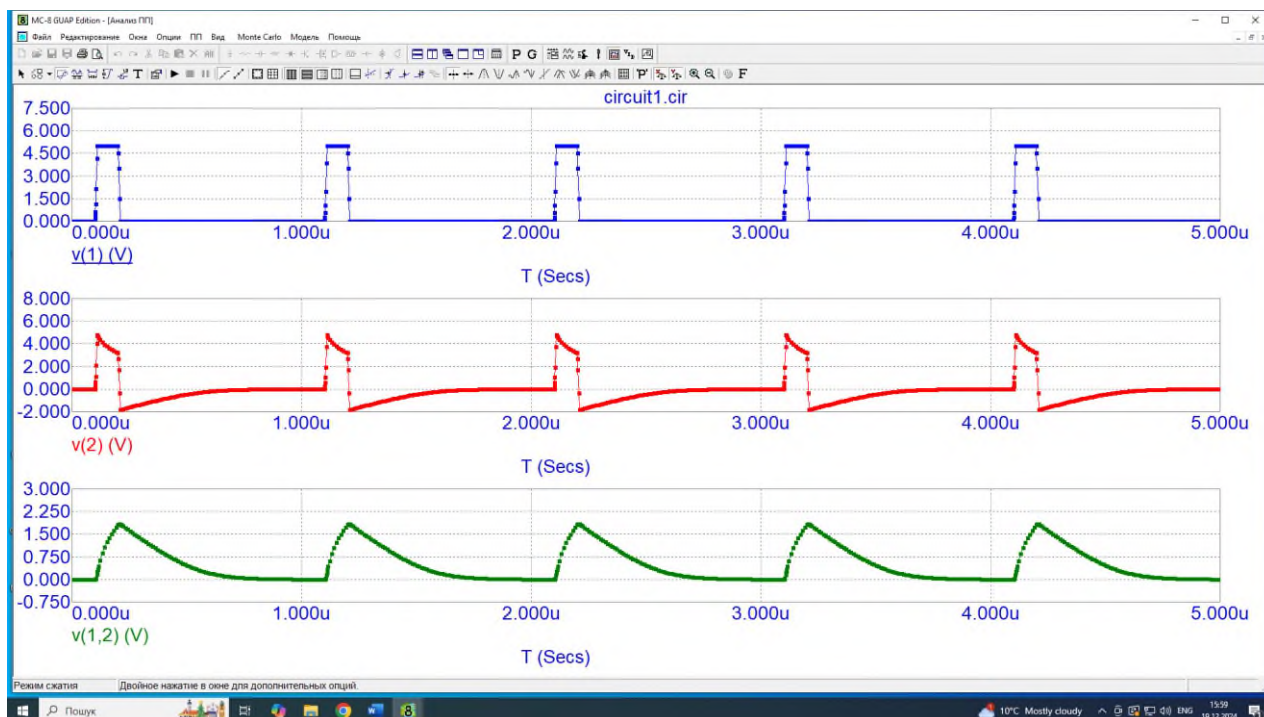
a)



б)



B)



Г)

Рисунок 3.6 Напряга $V(1)$ на вході і $V(2)$ виході світлодіода і спад напруги $V(1,2)$ на світлодіоді при проходженні імпульсів різної тривалості

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Вимоги техніки безпеки при виконанні монтажу, складання та регулювання виробу.

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 імпортну 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.

4.2 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 обвуглювання 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 судомним скороченням м'язів тіла, що може викликати їхній розрив чи ушкодження шкірних покривів, нервових волокон, сухожиль, 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 більші, ніж 100 мА.

Перемінний 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 небезпеку 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.

4.3 Захист навколишнього середовища при виготовленні виробу

На проектованій 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:

- маслосбирачі;
- 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 використанні 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

Була розроблена «Інформаційно вимірювальна система стробоскоп для перевірки динамічних головок і налаштування акустичних систем», його основні технічні параметри, проведено якісну та кількісну оцінку технологічності, визначено умови експлуатації та показники собівартості.

Якість звучання акустичних систем визначається багатьма факторами: амплітудно-частотної характеристикою і її нерівномірністю, нелінійністю амплітудної характеристики, інтермодуляційними спотвореннями і наявністю різних призвуків, характером перехідних процесів і фазочастотної характеристикою. Сьогодні розроблені методи розрахунків обсягів корпусів акустичних систем виходячи з отримання необхідної частотної характеристики і параметрів головок гучномовців.

Одним із основних пристроїв які використовуються в налаштуванні акустичних систем є стробоскоп для перевірки динамічних головок і налаштування акустичних систем

Виробництво запропонованого пристрою показав, що доступний по ціні для його придбання

Інтеграція штучного інтелекту для автоматичної діагностики і налаштування акустичних систем може суттєво підвищити точність і знизити ймовірність людської помилки.

Подальші інновації в області світлодіодних технологій та мікроконтролерів можуть покращити ефективність роботи стробоскопів.

Стробоскопи для перевірки динамічних головок і налаштування акустичних систем є важливими інструментами в аудіотехніці.

Розвиток стробоскопічних технологій обіцяє подальше підвищення точності і зручності в експлуатації, забезпечуючи висококласні рішення для професіоналів у галузі акустики.

При налаштуванні стробоскопа частоту керуючих імпульсів слід обирати виходячи із спектральних характеристик акустичного сигналу а шпаруватість (відношення тривалості імпульсу до періоду) узгоджувати із динамічними характеристиками світлодіода.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Jensen, H., & Pedersen, S. (2019). Advanced Stroboscopic Techniques in Audio Engineering. *Journal of Sound and Vibration*.
2. Schmidt, R., & Müller, T. (2020). Optical Methods in Acoustic System Calibration. *European Journal of Acoustics*.
3. Larsen, P., & Henriksen, V. (2018). High-Precision Stroboscopic Diagnostics for Audio Systems. *International Journal of Electronics and Acoustics*.
4. Fischer, A., & Becker, M. (2021). Innovations in LED Stroboscopy for Dynamic Speaker Testing. *Journal of Lighting and Acoustical Engineering*.
5. Grünwald, K., & Bauer, J. (2019). Synchronization Techniques in Stroboscopic Measurement Systems. *Proceedings of the European Conference on Acoustics and Vibration*.
6. Ottensen, N., & Sørensen, E. (2018). Development of Stroboscopic Tools for Sound Systems Optimization. *Acoustical Review Europe*.