

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

(м. Київ)

Факультет інформаційних технологій та електроніки
(повне найменування факультету)
Кафедра електронних апаратів
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр
(бакалавр, спеціаліст, магістр)
спеціальності 171 «Електроніка»
(шифр і назва спеціальності)

на тему **«СТАБІЛІЗАТОР НАПРУГИ З ПІДВИЩЕНОЮ НАДІЙНІСТЮ»**

Виконав: студент групи ЕЛ-19бд
Набоков Сергій Сергійович
(прізвище, та ініціали)

_____ (підпис)

Керівник Паеранд Ю.Е.
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Завідувач кафедри Паеранд Ю.Е.
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент Самойлова Ж.Г.
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Київ - 2023

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Текстові документи</u>		
4			ПДБ 171.04.01 ПЗ	Пояснювальна записка	1	
				<u>Графічні документи</u>		
4			ПДБ 171.04.01 ГЧ	Графічна частина	1	
				ПДБ 171.04.01 ВП		
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.	Набоков С.С.				Літ.	Лист
Перев.	Паєранд Ю.Е.					
Затв.	Паєранд Ю.Е.				СНУ гр. ЕЛ-196д	

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
(м. Київ)

Факультет Інформаційних технологій та електроніки
Кафедра електронних апаратів
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність - 171 «Електроніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕА
Паєранд Ю.Е.
“ ” 2023 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Набокову Сергію Сергійовичу

1. Тема проекту (роботи) «Стабілізатор напруги з підвищеною надійністю»
2. Керівник проекту (роботи) Паєранд Ю.Е.
“16” 05. 2023 року № 21/14.04
3. Строк подання студентом проекту (роботи) 31 травня 2023
4. Вихідні дані до проекту (роботи)
 - 4.1. Виріб ЕА- блок стабілізатора напруги, який підлягає розробці.
 - 4.2. Схема електрична принципова.
 - 4.3. Призначення та умови експлуатації виробу: умови експлуатації – стаціонарна електронна апаратура. Кліматичні і механічні впливи: діапазон температур навколишнього середовища від $+5^{\circ}\text{C}$ до $+55^{\circ}\text{C}$; відносна вологість повітря при температурі 30°C – 90%; прискорення 15g; тривалість ударного імпульсу 11 мс; число ударів не менше 1000.
 - 4.4. Основні конструктивні і техніко-експлуатаційні показники: розміри друкованої плати не більше $125\times 70\times 1,5$ мм, споживана потужність 14,75 Вт, середній наробіток на відмову 150000 годин.
 - 4.5 Інструкція з охорони праці
5. Питання, які потрібно розробити:
 - 5.1. Вступ.

- 5.2. Аналітичний огляд стабілізаторів
- 5.3. Аналіз технічного завдання.
- 5.4. Розробка конструкції пристрою.
- 5.5. Розробка технології виготовлення пристрою.
- 5.6. Загальні висновки по роботі
- 6. Графічний матеріал - слайди презентації

7. Дата видачі завдання _____ 10 лютого 2022 _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний огляд стабілізаторів	10.03.2023	
2	Аналіз технічного завдання	25.03.2023	
3	Розробка конструкції блоку	25.04.2023	
4	Розробка технології виготовлення пристрою	23.05.2023	
5	Оформлення і перевірка пояснювальної записки	29.05.2023	

Студент _____ Набоков С.С.

Керівник проекту (роботи) _____ Паеранд Ю.Е.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту містить:
72 листа, 24 рисунка, 20 джерела.

СТАБІЛІЗАТОР НАПРУГИ, ЗАХИСТ, НАДІЙНІСТЬ,
МІКРОСХЕМА, ДРУКОВАНА ПЛАТА, КОНСТРУКЦІЯ, НАВІСНИЙ
ЕЛЕМЕНТ, ОТВІР, ПРОВІДНИК, ЕКОНОМІЧНІСТЬ, ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом розробки є блок стабілізатора напруги з захистом.

Мета роботи - розробити конструкцію і технологію виготовлення виробу на основі схеми електричної принципової відповідно до вимог технічного завдання.

Проведено розрахунки: конструктивні; теплового режиму і надійності проектованого блоку. При проектуванні друкованої плати і випуску конструкторської документації широко використовувалися можливості САПРа.

					ПДБ 171.04.01 ПЗ			
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Набоков С.С.				Стабілізатор напруги з підвищеною надійністю Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Арк.
Перев.	ПаєрандЮ.Е.							72
						СНУ гр. ЕЛ-196д		
Затв.	ПаєрандЮ.Е.							

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СТАБІЛІЗАТОРІВ НАПРУГИ	9
1.1 Призначення стабілізаторів напруги.....	9
1.2 Види стабілізаторів напруги, основні переваги та недоліки.....	10
1.3 Основні характеристики стабілізаторів.....	16
1.4 Побутові стабілізатори напруги.....	19
1.5 Аналітичний вибір можливих рішень.....	21
2 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ.....	28
2.1 Аналіз схеми електричної принципової.....	28
2.2 Визначення вимог по стійкості до механічних і кліматичних впливів.....	28
2.3 Вибір елементної бази і попередня компоновка конструкції електронного пристрою.....	33
3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ.....	41
3.1 Конструктивно-технологічний розрахунок друкованої плати.....	41
3.2 Розробка конструкції друкованого узла	50
3.3 Вибір умов охолодження і розрахунок теплового режиму.....	52
3.4 Розрахунок надійності пристрою.....	62
4 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ.....	65
ВИСНОВКИ	70
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	71

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- АВ - аксіальні виводи;
- АЧХ – амплітудно-частотна характеристика;
- БДП - багатошарова друкована плата;
- ВЕТ - виріб електронної техніки;
- ДДП - двостороння друкована плата;
- ДП - друкована плата;
- ЕОА - електронні обчислювальні апарати;
- ЕОМ - електронна обчислювальна машина;
- ЕП - електронний пристрій;
- ЕРЕ - електрорадіоелементи;
- ІМС - інтегральні мікросхеми;
- НЕ - навісний елемент;
- ОДП - однобічна друкована плата;
- ПЕА - побутова електронна апаратура;
- ПІ - пропорційно інтегруючий;
- ПХЛ - помірно-холодний клімат;
- РЕА - радіоелектронна апаратура;
- САПР - система автоматичного проектування;
- СН – стабілізатор напруги;
- ТЗ - технічне завдання;
- ТЕЗ - типовий елемент заміни;

ВСТУП

Стабілізатор напруги (СН) це функціональний захисний пристрій електронного або електромеханічного типу, призначений для автоматичного вирівнювання стрибків вхідної напруги. Цей прилад здатний підтримувати стабільну напругу на рівні 220 або 380 (залежно від фазності мережі).

Це універсальний пристрій, без якого не обійтись у приватному будинку чи на дачі. Устаткування для стабілізації здатне автоматично перетворювати напругу при його стрибках до максимально або мінімально неприпустимого значення. Це особливо важливо, щоб захистити техніку в будинку від виходу з ладу чи часткового зламу.

Завдяки перетворенню вхідної електричної напруги та підтримці нормального значення для безперебійної роботи приладів, цей пристрій став незамінним для власників будинків та замських котеджів.

Побутові стабілізатори допоможуть розв'язувати найпоширеніші проблеми:

- стабілізація вхідної напруги до номінального значення 220 або 380В (зниження при підвищеному навантаженні та підвищення при зниженні вхідної напруги);
- відключення електроживлення при суттєвих стрибках - нижче 160 і вище 225 В.

У більшості випадків якість енергоподачі в багатоповерхових будинках відповідає нормам. Однак трапляються ситуації, коли в багатоквартирних будинках виявляються ситуації, коли напруга в мережі падає нижче 198 В або підвищується вище 253В. У цьому випадку стабілізатори напруги – необхідне придбання, особливо якщо ви використовуєте дорогу техніку, якість та працездатність якої може знизитися за рахунок непередбачених стрибків у мережі електроживлення.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СТАБІЛІЗАТОРІВ НАПРУГИ

1.1 Призначення стабілізаторів напруги

СН застосовують як захисний пристрій, здатний вирівнювати вхідну напругу при її відхиленні від норми (рис. 1.1). Стабілізатори напруги необхідні для забезпечення нормальної роботи техніки в приватному будинку, на дачі, у квартирі. Ці пристрої також застосовують в офісах, підбираючи відповідну потужність.



Рисунок 1.1 – Відображення стабілізованої напруги

Якість роботи та характеристики електромережі в наш час не завжди відповідає вимогам споживача. Тому якщо ви хочете економно та ефективно використати електроенергію, що споживається, важливо відзначити переважні вигоди використання СН:

- багато побутових електроприладів при неякісній напрузі працюють не так, як очікує споживач. При різких стрибках та регулярних перепадах техніка часто виходить з ладу або частково ламається. Зі стабілізатором вам не доведеться ремонтувати чи купувати нове обладнання;
- коли значення напруги в мережі суттєво знижується, приладам доводиться споживати в рази більше струму, що підвищує витрати електроживлення та збільшує витрати на оплату.

Сьогодні ринок продажу СН заповнений сучасними моделями пристроїв, які демонструють ефективні показники. Перш ніж придбати виріб, слід вивчити переваги виробників кількох країн. Найбільш популярним обладнанням серед споживачів України є моделі фірм:

- Вольтер, ВФ РЕТА, ДонСтаб, Прочан, Елекс – Україна;
- ORTEA, IREM – Італія;
- SALICRU – Іспанія.

Якщо протягом тривалого часу ви спостерігаєте, що рівень напруги в мережі знижується $< 195\text{В}$ або підіймається більше 245В , необхідно встановлювати СН. Зверніть увагу на фазність мережі: для трифазного споживання необхідно монтувати трифазний пристрій стабілізації напруги.

1.2 Види стабілізаторів напруги, основні переваги та недоліки

Основні види конструкції стабілізаторів, що зустрічаються в побуті:

- електромеханічні;
- релейні;
- електронні.

Розглянемо кожен вид детальніше.

Електромеханічні (сервопривідні) стабілізатори (рис.1.2)

Сервопривідний стабілізатор напруги – це електромеханічний пристрій, який складається з електродвигуна та керуючої плати.

Дані апарати дають можливість плавно регулювати вихідну напругу за таким же принципом, як функціонує реостат. До конструктивів апаратів входить спеціальний електропривод, який пересуває так звані силові контакти за принципом роликів або щіток електродвигуна за обмотками (витками) автотрансформатора.

Якщо відбуваються стрибки напруги, електродвигун за спеціальним сигналом пересуває контакт у потрібне положення на нову обмотку автоматичного трансформатора, що дозволяє плавно регулювати напругу на виході з апарата. Недоліками є те, що двигун може вийти з ладу і їх не можна застосовувати в мережах з напругою, яка швидко і часто змінює своє значення.

Стабілізатори напруги ферорезонансні

Ферорезонансний стабілізатор виконаний з таких елементів, як дросельні шунти - 2шт. один з них має сердечник, який насичений, а другий має «ненасичений» сердечник (тобто він має так званий «зазор»), а так само конденсатора.

Особливістю вольт-амперних характеристик насичених дроселів є такий момент, що на них не сильно змінюється значення напруги, при істотній зміні струму, який проходить по ньому.

Плюсом таких стабілізаторів є найбільша точність у стабілізації серед аналогів у межах 1-3%. Є й недоліки - це суттєвий рівень шуму і більша залежність рівня вирівнювання від значення навантажень, що робить його непридатним для побутового використання.

Основна особливість цього типу стабілізаторів — механічне регулювання вихідної напруги до заданих параметрів. Це досягається за рахунок переміщення рухомого токос'ємного контакту по вторинній обмотці трансформатора. У самих перших стабілізаторів такого типу регулювання була ручний, може бути, ви ще пам'ятаєте: у наших бабусь телевізори дуже часто підключалися через такі стабілізатори, і при зміні вхідної напруги в мережі доводилося вручну крутити повзунок до потрібної позначки.

У сучасних приладах процес регулювання автоматизований: токос'ємний контакт переміщається за допомогою електродвигуна, яким керує блок управління. Блок управління, в свою чергу, постійно аналізує вхідна напруга, і в разі будь-яких відхилень вказує електродвигуна, куди перемістити контакт.

Основні переваги стабілізаторів цієї серії — це плавне і безперервне регулювання вихідної напруги без спотворення синусоїди і невисока вартість.

До недоліків відносяться низька швидкодія, можливе іскріння рухомого токос'ємного контакту, внаслідок чого виникають перешкоди в мережі, обмежений термін експлуатації із-за присутності постійно тертьових деталей, а також підвищений рівень шуму від працюючого електродвигуна.



Рисунок 1.2 - Електромеханічний стабілізатор

Релейні стабілізатори (рис.1.3)

Релейний — складається з трансформатора, реле та керуючої плати. Принцип роботи полягає у ступеневій стабілізації вихідного навантаження. Їхні плюси можна відзначити:

- широкий діапазон вхідних навантажень;
- низька чутливість до перепадів та перевантажень;
- робота при температурах від -4 до +40С;
- невеликі габарити;
- доступна вартість.

Робота релейних апаратів стабілізації напруги мережі полягає у його ступінчастому регулюванні за рахунок підключення додаткових обмоток автоматичного трансформатора, кожна така обмотка наближає значення напруги до нормального. Саме підключення обмотки здійснюється за допомогою

замикання реле. Недоліками релейних апаратів є, що з ними складно досягти великої точності і шуму при перемиканні реле.

Головним плюсом релейного апарату є його ціна, а так само вартість комплектуючих до нього, а саме самого елемента реле.

Стабілізатори напруги симісторні

Симисторные стабілізатори – суть їх роботи дуже нагадує роботу релейного апарату, але є й відмінність, саме те що саме перемикання обмоток роблять не реле, а елементи напівпровідникового типу- симистори чи тиристори. Відсутність механічно працюючих складових, які періодично виходять з ладу, дають можливість довше опрацювати такі пристрої, а відповідно виробник дає на них більше гарантію. Але виняток реле дає не лише довговічність, а й збільшує швидкість перемикань, а додатково дозволяє апарату працювати безшумно. Сімісторні апарати мають параметр точності вихідного значення напруги приблизно на такому ж рівні, як у пристроїв із застосуванням релейних елементів, а ось ціна десь у 3 рази перевищує, що звичайно ж не кожному покупцеві підходить.

Релейні стабілізатори якщо вони зібрані на базі якісної, відрізняються більш високою надійністю. Конструктивно релейний стабілізатор також складається з силового трансформатора, але на відміну від електромеханічного - з декількома виходами з вторинної обмотки, один з яких є загальним. Регулювання вихідної напруги стабілізатори такого типу відбувається за рахунок перемикання вторинних обмоток трансформатора і підключення навантаження на той вихід, напруга на якому найбільш наближене до заданих параметрів. Перемикання між обмотками відбувається за допомогою силових електромеханічних реле, звідси і назва цього типу стабілізаторів - релейні.

Виходячи з цього, можна зрозуміти, що найслабшою ланкою цього типу стабілізаторів і є ці самі електромеханічні реле, адже від їх якості в основному і буде залежати надійність всього стабілізатора.

Найголовнішою перевагою релейних стабілізаторів перед електромеханічними є більш висока швидкість спрацьовування при зміні напруги в мережі. Також, з-за простоти конструкції, до переваг можна віднести легкість ремонту при виході стабілізатора з ладу.

До основних недоліків даної серії відносять дискретність (ступінчастість) регулювання, яка особливо помітна при використанні ламп розжарювання і галогенних ламп, а також відносно невеликий ресурс контактів силових реле, які швидко зношуються в мережах з частими перепадами напруги (що, втім, компенсується легкістю ремонту). Також при перемиканні реле чутний характерний шум, а при великих струмах можливо «залипання» контактів.



Рисунок 1.3 - Релейний стабілізатор

Електронні стабілізатори

Наступний тип - електронні стабілізатори. Ще одна назва цього типу - тиристорні або симісторні стабілізатори. На сьогоднішній день вважаються одними з найбільш популярних для застосування в побуті. За принципом роботи і конструктивно вони аналогічні релейних стабілізаторів і, по суті, є наступною сходинкою їх еволюції. Для перемикання вторинних обмоток трансформатора замість електромеханічних реле тут використовуються силові електронні ключі — симістори або тиристори, які значно збільшують точність стабілізації. Цей тип стабілізаторів є більш дорогим, ніж попередні, але висока ціна компенсується

високою швидкістю швидкодії і практично безшумною роботою. Також до переваг тиристорних і симісторних стабілізаторів відносять високу надійність і довговічність- у зв'язку з відсутністю механічного зносу струмоведучих частин.

Основний недолік, як і в релейного серії - ступінчастість регулювання вихідної напруги, але збільшення кількості ступенів і висока швидкість перемикання практично нівелює цей недолік, та в побутовому застосуванні він буде практично не помітний. Також до недоліків можна віднести високу вартість заміни силових ключів при виході їх з ладу.



Рисунок 1.4 - Електронний стабілізатор

Підсумовуючи, ми розподілили переваги та недоліки основних типів стабілізаторів у наступній таблиці.

Тип	Переваги	Недоліки
Електромеханічні	- ціна - плавність регулювання вихідної напруги	- низька швидкодія - шум - обмежений термін експлуатації
Релейні	- легкість та ціна ремонту - Вища швидкість спрацьовування в порівнянні з електромеханічними	- дискретність регулювання - шум - можливо «залипання» контактів
Електронні	- висока надійність - висока швидкість швидкодії - безшумна робота	- ціна - дискретність регулювання

1.3 Основні характеристики стабілізаторів

Стабілізатор напруги є функціональним пристроєм, що забезпечує стабільність струму живлення, при будь-яких змінах в електромережі. Причому це стосується не тільки напруги, а й сили струму, а також опору. Він фіксує та приймає електричний струм, що має некоректні показники, та видає сигнал з необхідними характеристиками.

Відомо кілька видів пристроїв, що відрізняються конструкцією.

Стабілізуючі пристрої представлені чималою кількістю моделей, які можуть відрізнитися конструкцією, що визначає принцип роботи, та експлуатаційними характеристиками.

До основних показників, що визначають експлуатаційні характеристики випрямляча, що вказують на можливість застосування на конкретному об'єкті, можна віднести:

- вихідну потужність, яка повинна відповідати, а краще, трохи перевищувати сумарну споживану потужність всього обладнання, що підключається до пристрою. Як правило, закладається резерв у 30% від загальної потужності приладу, що дозволяє впоратися з можливими навантаженнями. Причому це стосується всіх нормалізаторів, оскільки, при значному зниженні напруги в електромережі, жоден випрямляч не зможе впоратися, без хорошого запасу;
- швидкодія, що визначається швидкістю, з якою нормалізатор реагує та стабілізує напругу, у разі її відхилення. Вимірюється у мілісекундах;
- точність виконання стабілізації. Вона вимірюється у відсотковому відношенні допустимого рівня відхилення напруги від необхідного показника. Найбільш точними є пристрої з похибкою 1-3%. Його можна придбати для захисту об'єкта, в якому використовується багато електроніки. 3-5% буде

достатньо для менш чутливого обладнання, 5-10% - для стійкої техніки невисокої потужності;

- кількість фаз, яких може бути одна чи дві. Для побутового використання достатньо буде однофазного пристрою, на 220 вольт. Трифазні нормалізatori використовуються більшими споживачами або більшими приватними домогосподарствами, підключеними до мережі 380 вольт. Трифазний апарат може бути моноконструкцією або складатися з трьох однофазних приладів, об'єднаних під одним корпусом. Перевагою такого рішення може бути можливість стабілізатора продовжувати роботу у разі короткого замикання та відсутності однієї фази. Моноблоку, в цьому випадку, доведеться чекати на повне відновлення живлення по всіх фазах.

Відомо два типи стабілізаторів. В одних, для коригування параметрів струму, використовуються тороїдальні трансформатори, а в інших інвертори.

Що ж до трансформаторних приладів, всі вони виконують коригування, шляхом зміни коефіцієнта трансформації, використовуваного у ньому трансформатора. Але вони можуть відрізнитись тим, як це робиться. При цьому метод коригування, як і експлуатаційні характеристики випрямлячів, визначаються особливостями конструкції.

З огляду на це, нормалізатор може бути:

- електромеханічним (сервопривідним), що робить стабілізацію напруги шляхом плавного переміщення графітового струмознімач по котушці трансформатора. Це досить точний, з похибкою 2-5% і стійкий до перевантажень, але повільний апарат. До того ж, нормалізatori цього виду досить галасливі та схильні до швидкого зношування, що обмежує їх застосування в місцях з нерідкими перебоями в електропостачанні;

- релейним, із ступінчастим перемиканням витків трансформатора, що здійснюється за допомогою електричного реле. Такий стабілізатор має більшу

швидкість відгуку, але поступається в точності електромеханічному випрямлячу, з рівнем похибки до 10%;

- електронним, що відрізняється майже миттєвою реакцією на зміни в електромережі, завдяки перемиканню витків трансформатора, за допомогою потужного напівпровідникового ключа, яким може виступати симистор або тиристор. Він також відноситься до нормалізатора ступінчастого виду. Його точність залежить саме від кількості щаблів перемикання витків. Чим більше щаблів, тим точніше корекція. Електронні прилади виділяються також відсутністю шуму та довговічністю. Термін їхньої експлуатації може досягати 10 років.

Інверторний стабілізатор напруги можна віднести до принципово нових пристроїв, що виконують високоякісне регулювання, засновану на принципі подвійного перетворення поданої напруги.

На відміну від трансформаторних нормалізаторів, в інверторі виконується випрямлення вхідної мережевої напруги та зворотнє інвертування в змінне, що має ідеальну синусоїду. Подвійне перетворення повністю виключає будь-які спотворення та забезпечує точну стабілізацію вихідного сигналу на необхідному рівні.

Інверторні пристрої досить компактні і мають невелику вагу, оскільки вони не мають трансформатора. Вони мають практично миттєву реакцію на будь-які зміни в мережі, можуть працювати на холостому ході, а їх ККД завжди перевищує 50% і може доходити до 97%.

Стабілізатор напруги будь-якого типу здатний забезпечити нормалізацію сигналу у певних межах. При цьому кількість представлених на ринку моделей, що відрізняються різними експлуатаційними характеристиками та можливостями, дозволяє без проблем підібрати та придбати пристрої, які повністю відповідатимуть вимогам, що враховують усі особливості місця їх застосування.

1.4 Побутові стабілізатори напруги

Стабілізатор напруги являє собою електричне обладнання, призначене для нормалізації напруги в мережі при навантаженні у вузькому діапазоні. Його завдання - подати напругу на всі споживачі в межах 220 вольт $\pm 10\%$, тобто побутова техніка буде нормально працювати при напрузі 198 - 242 В. Тобто стабілізатор напруги для дому необхідний для регулювання показників напруги при більшому відхиленні від номінального значення. Стандарт ІЕС 60038: 2009 передбачає норму напруги 230 В $\pm 10\%$ з частотою 50 Гц $\pm 0,2$. Сьогодні систему 220 - 240 вольт використовують досі, як і в радянські часи. За правилами устрою електричних установок (ПУЕ) в значеннях використовується показник 220 вольт, але фактично споживач отримує напругу 190 - 250 вольт. Якщо вивчити стандарт ДСТУ 13109, то допускається відхилення не більше 10% від номінального показника напруги в мережі -220 вольт. Також в ГОСТ 29322-92 (МЕК 38-83) сказано, що побутова напруга повинна відповідати показникам 230 вольт.

Стабілізатори напруги для будинку- це однофазні пристрої низької мережевої напруги, що працюють в діапазоні 220 - 230 вольт. Хоча сьогодні також можна купити і трифазні стабілізатори напруги від 10 кВт, які необхідні для промислового використання.

Стабілізатори побутові розраховані на різні умови експлуатації, так як їх завдання - підвищувати або знижувати напругу, щоб отримати номінальне значення 220 В $\pm 10\%$. Якщо споживач знаходиться недалеко від трансформаторної підстанції, то мережева напруга може підніматися вище допустимої норми.

Дискретні (релейні або симісторні) стабілізатори мають конструктивну схожість з лінійно-інтерактивними джерелами безперебійного живлення (ДБЖ), тільки в стабілізаторах немає акумуляторів та інвертору. Якщо з ДБЖ прибрати

ці елементи, то вийде простий стабілізатор напруги дискретного типу. Це не найкращий варіант заміни повноцінного пристрою, але виконувати функції підвищення або зниження напруги дане обладнання зможе. Ми не радимо вам купувати ДБЖ і виймати з нього нутроці, щоб він працював, як стабілізатор напруги. Краще за все купити повноцінне електрообладнання в компанії vinur.com.ua, яке зможе справлятися з поставленими завданнями.

Сьогодні ви можете купити електричне обладнання для стабілізації напруги в мережі вітчизняного виробника, яке відрізняється підвищеною надійністю і якістю, а ціни - нижче, ніж у закордонних аналогів. Якщо у вашому будинку напруга скаче в широкому діапазоні, а вам потрібно отримати 220 вольт, то без стабілізатору напруги вам не обійтись. Можна звичайно використовувати ДБЖ з подвійним перетворенням, але стабілізатор обійдеться вам дешевше, та й за надійністю він буде краще.

Класифікація стабілізаторів для дому

Сьогодні конструктори стабілізаторів напруги для створення електрообладнання використовують різні технологічні ідеї, які можуть бути інноваційними або старими і всім відомими. Кожна ідея може мати ряд переваг і недоліків, а також своїх шанувальників серед виробників.

Стабілізатори побутові можна розділити на 2 основні групи — низького (220 В) і середнього мережевого споживання (до 10 кВ), які можуть бути однофазними або трифазними. Також пристрої можуть поділятися за типом регулювання - ступінчасте (дискретне) і плавне. Якщо стабілізатор регулює напругу ступінчастим способом, то це пристрій, що працює на симісторах (тиристорах), або релейного типу. З плавним регулюванням добре справляються пристрої з сервоприводом і ферорезонансні пристрої.

У повсякденному житті широко використовуються ступінчасті стабілізатори напруги - релейного і симісторного типу, а також сервоприводні пристрої. У своїй конструкції всі вони мають автотрансформатор. Якщо

регулювання виконується плавно, то уздовж обмотки автотрансформатору переміщається струмознімач, який приводиться в рух сервоприводом. При ступінчастому регулюванні напруги від автотрансформатору є відводи, які з'єднуються з силовими групами - реле або симісторів, де відбувається ступінчасте регулювання напруги. Від кількості ступенів (відводів) залежить точність регулювання стабілізатору. Відхилення показників напруги на виході з пристрою ступеневого регулювання напруги становить $\pm 1-8\%$. Симісторні стабілізатори напруги мають миттєве перемикання в обмотках трансформатору в точці переходу синусоїди через нульове значення. Пристрої релейного типу поступаються попередньому обладнанню в швидкодії, але теоретично можуть виконувати ту ж роботу. Релейне обладнання може працювати при великих навантаженнях.

1.5 Аналітичний вибір можливих рішень

Відповідно до завдання нам необхідно розробити порівняно простий низьковольтний стабілізатор.

Незважаючи на те, що зараз з'явилися мікросхеми низьковольтних (3...5 В) стабілізаторів напруги з малим падінням (low drop), наприклад, серії LP29xx фірми National Semiconductor, вони ще мало поширені, особливо серед радіоаматорів. Адже низьковольтні стабілізатори зараз набувають особливої актуальності. Майже всі аудіоплеєри живляться від 3 В, багато сучасних мікросхем для радіоприймачів також вимагають цієї напруги, не кажучи вже про мікропроцесори. Пропоновані до уваги читачів пристрої – спроба зробити подібні низьковольтні стабілізатори на доступних та недорогих елементах.

Схемотехніка стабілізаторів напруги для живлення пристроїв із низьковольтним живленням має особливості. Наприклад, найбільш ефективний найпростіший захист стабілізаторів обмеженням максимального струму

навантаження при низькій вихідній напрузі. Падіння напруги на регульовальному транзисторі стабілізатора при замиканні на виході мало відрізняється від робочого, і транзистор перегрівается незначно.

Дуже актуальним є саме для низьковольтних стабілізаторів зменшення мінімальної напруги між входом і виходом, оскільки при цьому підвищується не тільки економічність апаратури, але і її надійність. Наприклад, якщо застосувати в тривольтному стабілізаторі мікросхему з падінням напруги на ній також три вольти, то випрямляч, що живить цей пристрій, повинен віддавати напругу з урахуванням пульсацій близько 9 В. Якщо ця напруга, внаслідок пробою мікросхеми, потрапить на навантаження, дуже ймовірно, що вона вийде з ладу. Для стабілізатора, падіння напруги на якому менше 0,4 В, вистачить вхідної напруги близько 5 В. Така напруга тривольтне навантаження, швидше за все, витримає.

До недавнього часу існувала проблема – підібрати для низьковольтного стабілізатора джерело зразкової напруги – стабілітрон. Зазвичай низьковольтні стабілітрони мають дуже невисокі параметри.

Розробити порівняно прості низьковольтні стабілізатори з урахуванням всього вищевикладеного дозволяє мікросхема КР142ЕН19 – інтегральний аналог низьковольтного стабілітрона.

Ця мікросхема випускається в пластмасовому корпусі з трьома висновками: анодом (3), катодом (2) та керуючим електродом (1). Коли напруга на її керуючому електроді щодо катода менше +2,5, струм анода мікросхеми не перевищує 1,2 мА, причому він мало залежить від напруги між анодом і катодом мікросхеми. Як тільки напруга на електроді, що управляє, перевищить поріг +2,5 В, струм анода мікросхеми різко зростає, поки напруга на аноді не знизиться до 2,5 В. Резистор, підключений до анода, повинен обмежувати цей струм значенням не більше 100 мА.

Струм керуючого електрода дуже малий – одиниці мікроампер, причому цей струм також слід обмежувати, оскільки при його занадто великому збільшенні напруга на аноді мікросхеми може зрости.

Схема низьковольтного стабілізатора напруги на мікросхемі КР142ЕН19 з регулюючим транзистором плюсового провідника показана на рис.1. 5. Падіння напруги у ньому вбирається у 0,4 У, а коефіцієнт стабілізації понад 600.

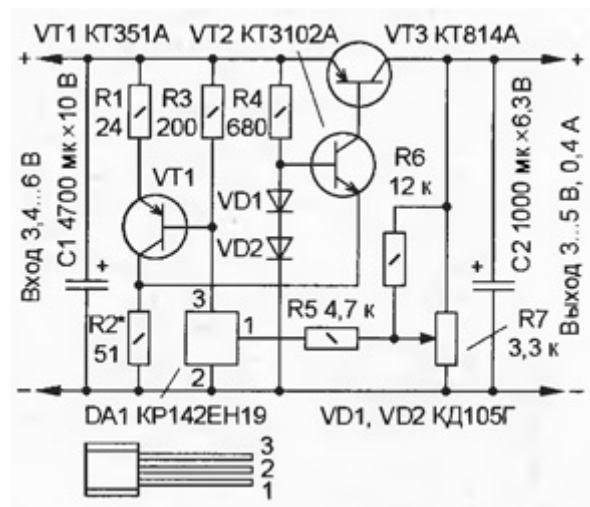


Рисунок 1.5 - Схема низьковольтного стабілізатора напруги на мікросхемі КР142ЕН19 з регулюючим транзистором плюсового провідника

При підвищенні напруги на двигуні регулятора вихідної напруги (резистор R7) до 2,5 мікросхема DA1 відкривається, що викликає відкривання транзистора VT1, закривання транзистора VT2, а потім і регулюючого транзистора VT3. Регулятором напруги R7 можна встановити вихідну напругу менше зазначених на схемі 3 приблизно до 2,6 В, проте в процесі включення стабілізатора, особливо без навантаження, можливе короточасне підвищення вихідної напруги до 3 В. Цей стабілізатор можна відрегулювати і на напругу більше 5, але тоді він буде сильно перегріватися при замиканні в навантаженні, оскільки захищений лише

обмеженням вихідного струму, що залежить від опору резистора R2. Максимальний робочий струм збільшується зі зменшення його номіналу.

Якщо потрібно суттєво збільшити вихідний струм стабілізатора, можна спробувати зменшити номінали резисторів R1 і R2 в однакове число разів і застосувати потужніші транзистори. На місці VT1 можна використовувати транзистор серії КТ626, а VT2 - КТ630. Транзистор КТ814А (VT3) замінимо будь-яким із серій КТ816, КТ837 з максимальним коефіцієнтом передачі струму бази.

У стабілізаторі не слід застосовувати емітерні повторювачі підвищення вихідного струму. Це збільшує час проходження сигналу ланцюгом зворотного зв'язку і може призвести до генерації. Якщо все ж таки генерація виникла, її слід спробувати усунути збільшенням ємності конденсаторів C1 і C2, а також підключенням конденсатора ємністю в кілька сотень пікофарад між анодом і керуючим електродом мікросхеми.

Варіант стабілізатора з регулюючим транзистором у мінусовому провіднику показано на рис. 1.6.

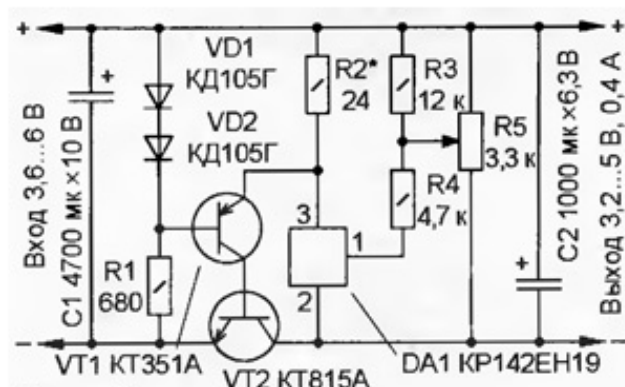


Рисунок 1.6 - Стабілізатор з регулюючим транзистором у мінусовому провіднику

При підвищенні напруги на електроді, що управляє, до +2,5 В щодо катода мікросхема відкривається і закриває транзистори VT1 і VT2. Максимальний робочий струм встановлюють підбором резистора R2.

В описаних пристроях застосовані кілька незвичайних дільників вихідної напруги на відміну від традиційної, коли змінний резистор включений у верхнє за схемою плече. У цьому випадку, якщо порушується контакт у ланцюгу движка змінного резистора, напруга на виході стабілізаторів може лише зменшуватися, тоді як при використанні традиційного дільника вихідна напруга досягає максимального рівня, що може вивести навантаження з ладу.

В обох описаних вище стабілізаторах для зменшення залежності максимального робочого струму від температури корисно забезпечити тепловий контакт діодів VD1, VD2 з тепловідведенням регулюючого транзистора.

Якщо такі стабілізатори використовують як регульовані, корисно послідовно зі змінними резисторами включити постійні (до кожного крайнього висновку). Їхні опори слід підібрати так, щоб межі регулювання вихідної напруги відповідали зазначеним на схемах. За відсутності таких резисторів стабілізатори можуть виходити з режиму стабілізації крайніх положеннях двигунів.

Схема малопотужного стабілізатора регульованої напруги, показана на рисунку. Він реалізований на мікросхемі KP142EH19, що є паралельним стабілізатором напруги, зі струмом стабілізації 1...100 мА і діапазоном зміни вихідної напруги від 2,5 до 30 В. Максимальна потужність, що розсіюється мікросхемою 0.4 Вт, диференціальний опір не більше 0.5 Ом. Струм керуючого входу мікросхеми може становити 5 мкА, тому струм через дільник резистивний бажано вибирати не менше 0.5 мА. Опір баластного резистора R1, можна обчислити за формулою: $R1 = (U_{вх.} - U_{вих.}) / (I_{ст. хв.} + I_{дел.} + I_{н. макс.})$. Де $I_{ст. хв.}$ - можна прийняти рівним 1 мА. Коефіцієнт стабілізації розраховується як i , як і

параметричних стабілізаторів на стабилитронах. Вихідну напругу стабілізатора визначають за формулою: $U_{\text{вих.}} = 2.5 \cdot (1 + R_2/R_3)$.

На рисунку 1.7 представлений варіант регульованого стабілізатора напруги з великим струмом навантаження. Він зібраний на мікросхемах КР142ЕН5, КР142ЕН19, і в порівнянні з однокорпусними стабілізаторами цієї серії, при тій же потужності, має дещо кращі технічні характеристики. Резистивний дільник, у цьому випадку, включається між виходом стабілізатора і загальним проводом, що значно підвищує стабільність вихідної напруги. Для збільшення вихідного струму стабілізатора між висновками 1 і 3 мікросхеми DA1 можна включити шунтуючий резистор R_X , коефіцієнт стабілізації при цьому відповідно знизиться.

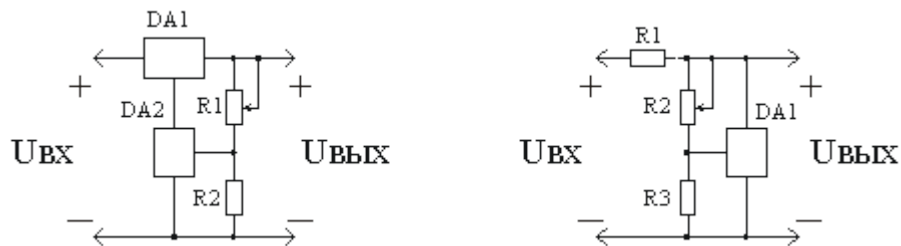


Рисунок 1.7 - Варіант регульованого стабілізатора напруги з великим струмом навантаження.

Вихідна напруга стабілізатора визначається тим самим співвідношенням, що й у попередній схемі, тільки до нього додається напруга стабілізації мікросхеми DA1. Таким чином, мінімальна вихідна напруга - в даному випадку складе 7.5 В.

Стабілізатор напруги з надійним імпульсним захистом. Якщо вихідний струм стабілізатора деякий час перевищує поріг спрацьовування захисту, стабілізатор вимикається на кілька секунд для охолодження регулюючого транзистора, потім вмикається і вимикається знову, доки не буде усунуто аварію в навантаженні. Оскільки регулюючий транзистор в такому режимі більшу

частину часу закритий, середня потужність, що розсіюється ним, навіть при короткому замиканні виходу не більше, ніж у штатному режимі.

У пропонованому стабілізаторі застосований вузол імпульсного захисту на герконовому реле, включеному в точку. Такий вузол містить мало додаткових деталей, майже не зменшує ККД стабілізатора, а головне струм спрацьовування герконового захисту дуже слабо залежить від температури. Коефіцієнт стабілізації пристрою перевищує 400. Мінімальне падіння напруги між входом та виходом - 0,5 В. Схема стабілізатора показана на рис. 1.8.

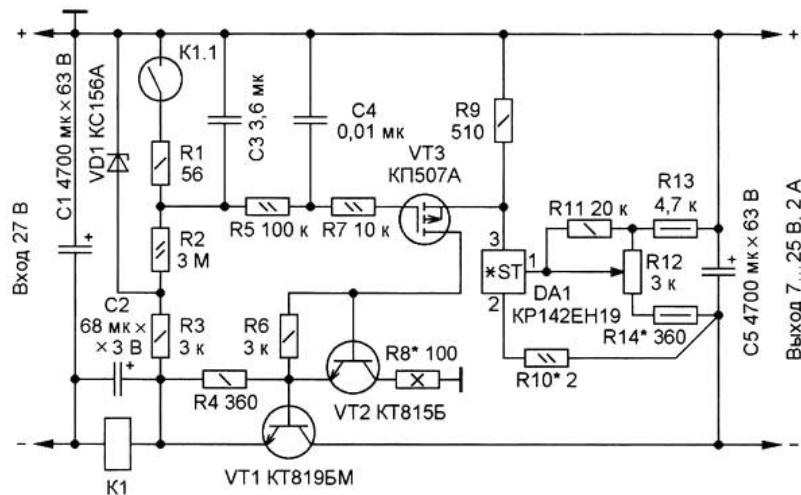


Рисунок 1.8 - Стабілізатор напруги з імпульсним захистом

Для розробки в цьому дипломному проекті вибираємо стабілізатор, який представлений на рис. 1.8.

2 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ

2.1 Аналіз схеми електричної принципової

Стабілізатор напруги з надійним імпульсним захистом (Рис 1.8) працює наступним чином: якщо вихідний струм стабілізатора деякий час перевищує поріг спрацьовування захисту, стабілізатор вимикається на кілька секунд для охолодження регулюючого транзистора, потім вмикається і вимикається знову, доки не буде усунуто аварію в навантаженні. Оскільки регулюючий транзистор у такому режимі більшу частину часу закритий, середня потужність, що розсіюється ним, навіть при короткому замиканні виходу не більше, ніж у штатному режимі. У пропонованому стабілізаторі застосований вузол імпульсного захисту на герконовому реле, включеному у силовому ланцюзі. Такий вузол містить мало додаткових деталей, майже не зменшує ККД стабілізатора, а головне струм спрацьовування герконового захисту дуже слабо залежить від температури. Коефіцієнт стабілізації пристрою перевищує 400. Мінімальне падіння напруги між входом та виходом – 0,5 В.

Основний елемент стабілізатора – мікросхема КР142ЕН19 (DA1). Якщо напруга на вході (вивід 1) мікросхеми щодо катода (вивід 2) перевищить поріг її відкривання (2,5 В), струм анода зростає з крутістю приблизно 2 мА/мВ. Напруга на аноді відкритої мікросхеми, що визначається її внутрішнім пристроєм, - не менше 2,5 В. Ця мікросхема має особливість: якщо напруга на вході виявиться більшою, ніж треба для її повного відкривання, вона може вимкнутись. При цьому вона перестав керувати стабілізатором, у результаті на його виході може з'явитися вхідна напруга. Перевантаження входу мікросхеми може статися через кидок вихідної напруги, що виникає при відключенні навантаження від стабілізатора, коли він працює. При цьому струм, що надходив у навантаження до відключення,

починає заряджати конденсатор, встановлений на виході стабілізатора. Це призводить до збільшення вихідної напруги, поки сигналом помилки, що пройшов через стабілізатор, не буде закритий регулюючий транзистор. Очевидно, викид напруги буде тим меншим, чим більша ємність конденсатора на виході пристрою і чим швидше проходить сигнал помилки через стабілізатор. Експерименти з відключенням навантаження показали, що ємності не менше 1000 мкФ на кожен ампер вихідного струму цілком достатньо, щоб відключення мікросхеми в стабілізаторі, що описується, виникнути не могло.

При повторенні пристрою слід утримуватись від змін, що призводять до зменшення швидкодії, наприклад, від застосування низькочастотних транзисторів. Особливо небезпечно штучно зменшувати швидкодію додаванням інтегруючих RC-ланок в тракт проходження сигналу помилки з метою боротьби з генерацією. Оскільки частина вихідної напруги подана з движка резистора регулювання вихідної напруги R12 на вхід управління мікросхеми, збільшення напруги між вихідними виводами стабілізатора призводить до збільшення напруги між входом управління мікросхеми та її катодом, що призводить до відкривання мікросхеми. Її вихідний сигнал закриває транзистор VT3, включений за схемою із загальним затвором, а потім і складовий регулюючий транзистор VT2VT1, включений в мінусовий провід стабілізатора, що призводить до зменшення струму через нього. Якщо закрита мікросхема, транзистор VT3 має бути відкритий, струм каналу повинен бути в межах 4...10 мА. Такий режим виходить, якщо на затвор подано напругу близько 5В відносно загального плюсового проводу. Виявилось, що подача на затвор частини вхідної напруги з пульсаціями призводить до появи пульсації на виході стабілізатора з амплітудою близько 1 мВ. Тому напруга на затворі транзистора VT3 стабілізована щодо загального дроту стабілітроном VD1, а потім ще й відфільтрована ланцюгами

R2C3, R5C4. Застосування польового транзистора дозволило суттєво зменшити струм через фільтри, отже, також і його габарити. Резистор R7 запобігає самозбудженню. Без нього ступінь на транзисторі VT3 може збудитися на частоті близько 20 МГц.

Описуваний стабілізатор має три ступеня захисту від аварій як у навантаженні, так і у самому стабілізаторі. Швидкий захист від короткочасних навантажень забезпечений резистором R8. При суттєвому, приблизно вдвічі, перевищенні струмом навантаження заданого максимуму 2 А падіння напруги на резисторі R8 збільшується до рівня вхідної напруги, транзистор VT2 внаслідок цього насичується і перестає підсилювати струм, що призводить до обмеження струму навантаження. Від триваліших аварій стабілізатор захищений імпульсним захистом на герконовому реле K1. Якщо струм навантаження перевищує струм спрацьовування реле (2А), геркон замикається і конденсатор C3 швидко розряджається через резистор R1. При цьому починається розрядка конденсатора C4 через резистор R5. Але цей процес протікає значно повільніше через порівняно великий опір резистора R5. Коли падіння напруги на конденсаторі C4 зменшиться приблизно до 1В, транзистор VT3 закриється, вимикаючи тим самим стабілізатор.

Затримка відключення стабілізатора ланцюгом R5C4 введена для того, щоб конденсатор C3 встиг до моменту розмикання геркона K1.1 розрядитися практично повністю. Після розмикання геркона починається повільна зарядка конденсатора C3 через резистор R2. Це призводить до поступового відкривання транзистора VT3 та запуску стабілізатора. Аналогічно відбувається запуск стабілізатора при включенні живлення. Якщо від цього стабілізатора живити ППЗЧ, при його включенні не буде клацання в акустичних системах.

Під час налагодження на вхід подають напругу з виходу лабораторного джерела живлення. Її максимальне значення не повинно перевищувати 30В

(гранична напруга анод-катод мікросхеми DA1). Підбором резистора R14 встановлюють верхню межу регулювання вихідної напруги на 0,5...1В менше вхідної напруги. Резистор R8 підбирають так, щоб падіння напруги на ньому при струмі навантаження близько 2 А дорівнювало половині вхідної напруги.

Стабілізатор слід обережно використовувати у двополярних джерелах через його повільний запуск. Так як геркон імпульсного захисту може замикатися від сильної тряски, не рекомендується застосовувати пропонований стабілізатор у бортових системах.

2.2 Визначення вимог по стійкості до механічних і кліматичних впливів

Умови розміщення електронного пристрою визначають рівень впливу на нього механічних і кліматичних факторів. Тому на стадії конструювання необхідно визначити характер і рівень цих впливів. До таких дій відносять дію механічної вібрації та ударів, температурні впливи, дії підвищених і знижених вологості і тиску.

Визначення вимог до механічних і кліматичних впливів здійснюється відповідно до ГОСТ 15150-69 [8].

Цей пристрій передбачається розміщуватися в країнах Європи. Для країн Європи кліматичне виконання пристрою відноситься до категорії - УХЛ. В категорії «УХЛ» передбачається, що пристрій призначений для роботи в районах з помірним кліматом та холодним кліматом, де зміна температури від -45°C до 40°C, зміна вологості до 70% при температурі 15°C.

Стабілізатор передбачається використовувати у житлових приміщеннях, тому він відноситься до I групи, категорія розміщення 4.2. У відповідності із стандартом електронно-побутові апарати повинні витримувати нормативні впливи, що наведені в таблиці 2.1. [8].

Таблиця 2.1 – Нормативні впливи побутової апаратури

Види впливу	Норми впливу
	I група
Міцність при транспортуванні: прискорення, g тривалість ударного імпульсу, мс кількість ударів, не менше	15 11 1000
Теплостійкість: робоча температура, °C гранична температура, °C	40 55
Види впливу	Норми впливу
Знижений атмосферний тиск: атмосферний тиск, кПа	70
Холодостійкість: робоча температура, °C гранична температура, °C	- -40
Вологостійкість: вологість, % температура, °C	93 25

В таблиці 2.2 наведені дані про категорії розміщення генератору безперервного тонального сигналу на об'єкті експлуатації.

Таблиця 2.2 - Категорія розміщення побутової апаратури

Укрупнені категорії розміщення	Додаткові категорії розміщення
4 Для експлуатації та приміщеннях (об'ємах) зі штучним кліматом	4.1 При кондиціюванні (частковому кондиціюванні). 4.2 В опалювальних приміщеннях.

2. 3 Вибір елементної бази і попередня компоновка конструкції електронного пристрою

Конденсатори C1, C5

Параметри конденсаторів C1, C5:

- а) номінальна ємність – 4700 мкФ;
- б) допустиме відхилення ємності - $\pm 20\%$;
- в) номінальна напруга – 63В;
- г) інтервал робочих температур – від мінус 40 до 85°C.

Конденсатори мають наступну конструкцію:

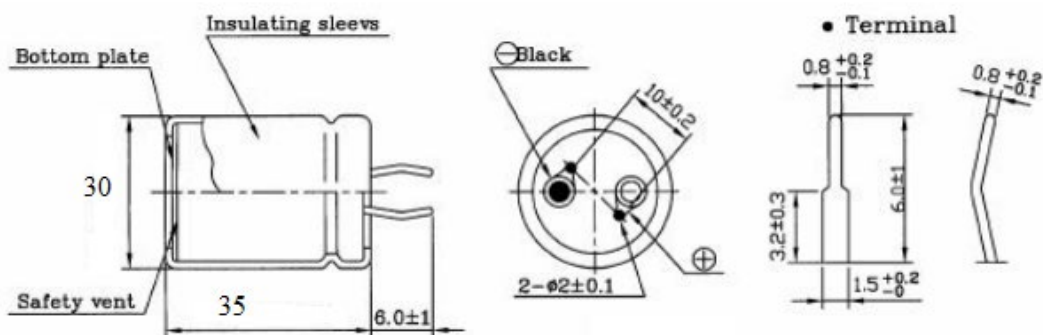


Рисунок 2.1 – Конструкція електролітичних конденсаторів типу ЕНР (Hitano)

Конденсатор C2

Параметри конденсатора C2:

- а) номінальна ємність – 68 мкФ;
- б) допустиме відхилення ємності - $\pm 20\%$;
- в) номінальна напруга – 63В;
- г) інтервал робочих температур – від мінус 40 до 105°C.

Конденсатори мають наступну конструкцію:

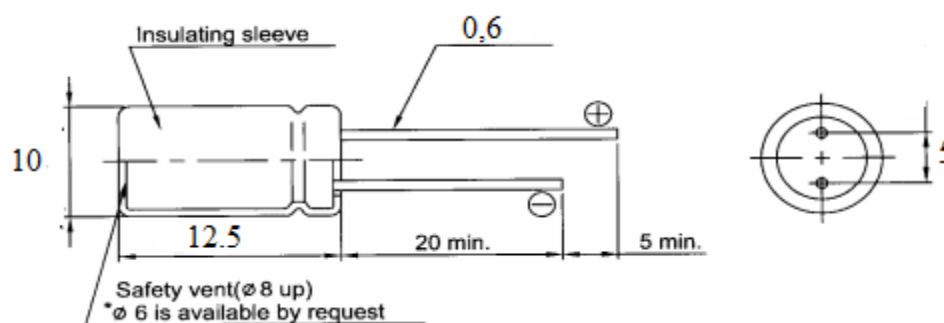


Рисунок 2.2 – Конструкція конденсатору C2

Конденсатори C3, C4

Параметри конденсаторів C3, C4:

- а) номінальна ємність – C3=3,6 мкФ; C4=0,01 мкФ;
- б) допустиме відхилення ємності - $\pm 10\%$;
- в) номінальна напруга – 100В;
- г) інтервал робочих температур – від мінус 40 до 85°C.

Конденсатори мають наступну конструкцію:

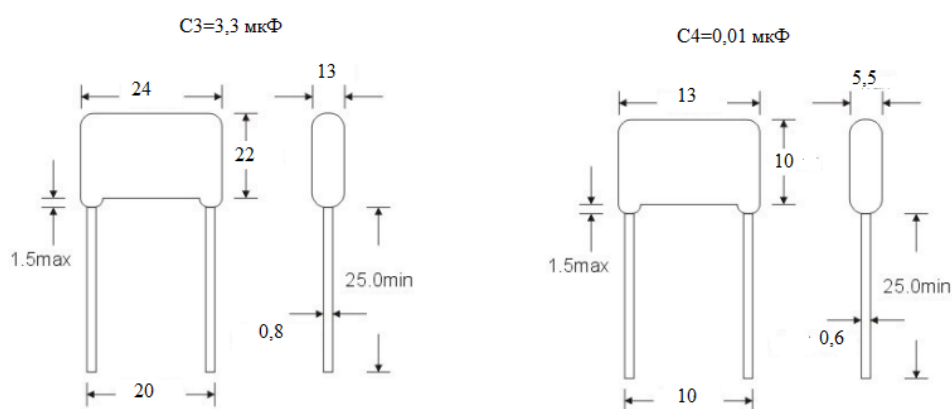


Рисунок 2.3 – Конструкція конденсаторів C3, C4

Мікросхема КР142ЕН19

Мікросхеми КР142ЕН19 являє собою регульований стабілізатор напруги

паралельного типу (інтегральний аналог стабілітрона) і призначений для використання в якості джерела опорної напруги та регульованого стабілітрону з гарантованою термостабільністю порівняно з застосовуваним комерційним температурним діапазоном.

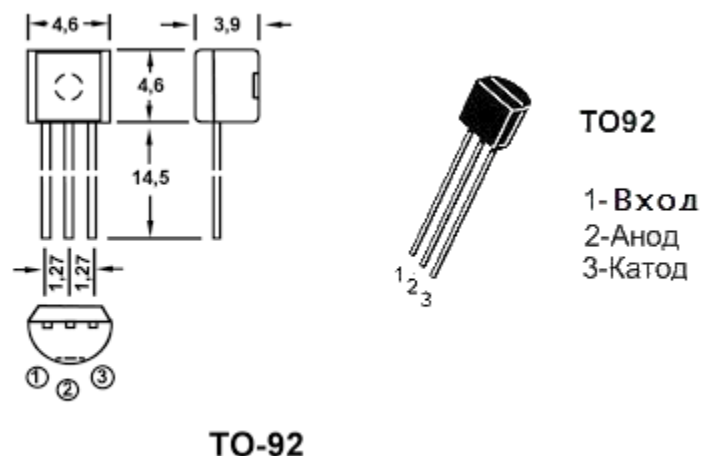


Рисунок 2.4 - Розміри мікросхеми КР142ЕН19

Параметри мікросхеми КР142ЕН19

Напруга стабілізації	2,5...36В
Максимальне відхилення напруги	2%
Струм стабілізації	1...100 мА
Внутрішня опорна напруга	2,5 В
Інтервал робочих температур	-40...125°C

Резистори постійні С2-23

Металооксидні (металодіелектричні) постійні резистори С2-23 призначені для роботи в ланцюгах постійного, змінного та імпульсного струму.

Металооксидні плівкові резистори мають:

- високу надійність і стабільність;
- широкий температурний діапазон;
- низький рівень шумів;
- вогнетривке покриття (для потужностей вище 0.5 Вт);
- кольорове кодування номіналу;
- луджені виводи.

Параметри резисторів представлені в таблиці 2.3, а зовнішній вигляд корпусу – на рисунку 2.5.

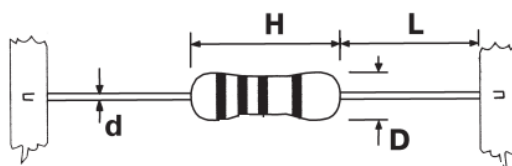


Рисунок 2.5 – Резистори С2-23

Таблиця 2.3 - Параметри постійних резисторів С2-23

Допустиме відхилення від номінального значення, %	5	
Гранична робоча напруга, В	250	
Номінальна потужність розсіювання, Вт	0,25	
Діаметр корпусу, D, мм	1,6	2,3
Довжина корпусу, H, мм	3,2	6,0
Діаметр виводу, d, мм	0,5	0,6
Максимальна довжина виводу, L, мм	25	25
Робоча температура, °С	-55...125	

Резистор R8

Параметри резистору R8:

- а) номінальний опір – 100 Ом;

- б) допустиме відхилення опору - $\pm 5\%$;
- в) номінальна потужність – 10Вт;
- г) інтервал робочих температур – від мінус 50 до 155°C.

Резистор має наступну конструкцію:

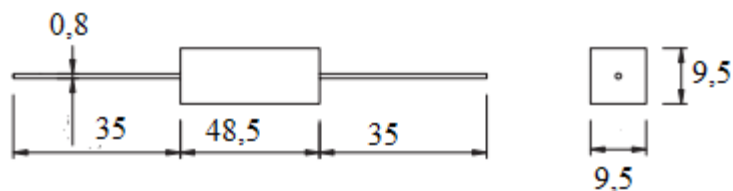


Рисунок 2.6 – Резистор R8

Резистор змінний WH148

Змінний резистор (R12) має наступну конструкцію:

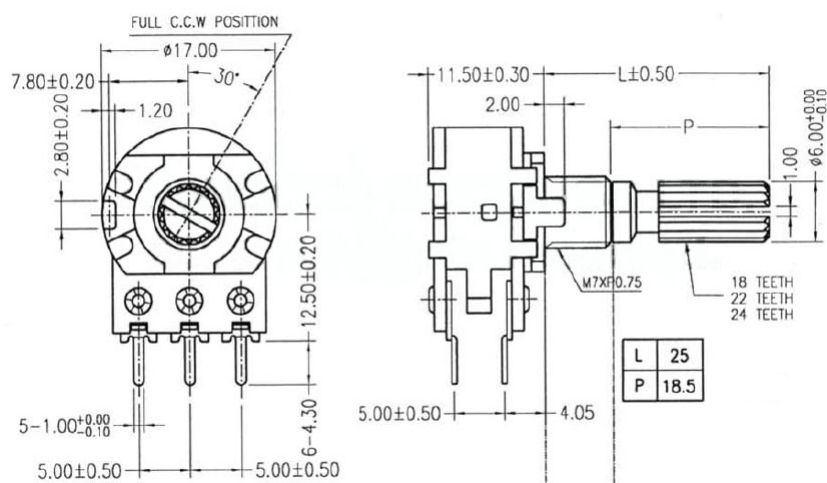


Рисунок 2.7 – Резистор R12

Параметри резистору R12:

- а) номінальний опір – 3.3 кОм;
- б) допустиме відхилення опору - $\pm 5\%$;
- в) номінальна потужність – 2Вт;
- г) інтервал робочих температур – від мінус 55 до 155°C.

Стабілітрон КС156А

Стабілітрон має наступні параметри:

- номінальна напруга стабілізації: 5,6 при $I_{ст}$ 10 мА
- розкид напруги стабілізації: 4,2... 4,9 В
- температурний коефіцієнт напруги стабілізації: $\pm 0,05\%/^{\circ}\text{C}$
- диференціальний опір стабілітрона: 46 Ом при $I_{ст}$ 10 мА
- мінімально допустимий струм стабілізації: 3 мА
- максимально допустимий струм стабілізації: 55 мА
- максимально-допустима потужність: 0,3 Вт
- робочий інтервал температури: $-60...125^{\circ}\text{C}$

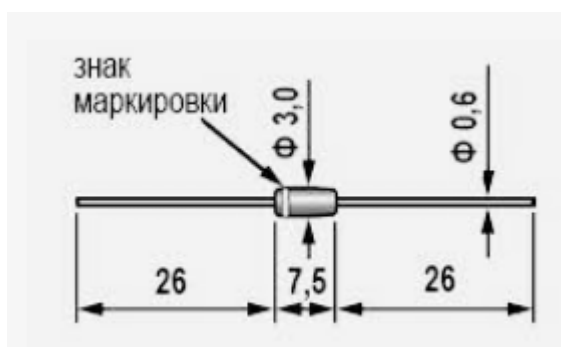


Рисунок 2.8 – Конструкція стабілітрону

Біполярний транзистор КТ819Б

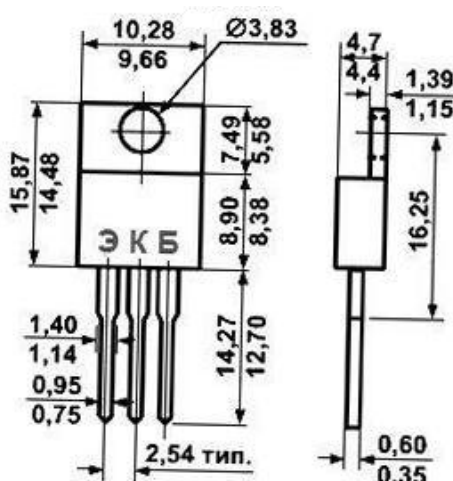


Рисунок 2.9 - Розміри біполярного транзистора КТ819Б

Параметри транзистора КТ819Б

Структура	n-p-n
Максимальна напруга колектор - еміттер	50В
Максимально допустимий струм	10 А
Статичний коефіцієнт передачі струму	20
Гранична частота коефіцієнта передачі струму	3 МГц
Максимальна потужність, що розсіюється	1,5 Вт
Робочі температури	-40...100 °С

Біполярний транзистор КТ815Б

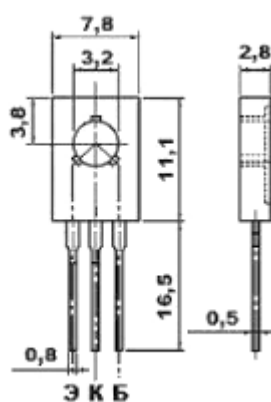


Рисунок 2.10 - Конструкція біполярного транзистора КТ815Б

Параметри транзистора КТ815Б

Структура	n-p-n
Максимальна напруга колектор - еміттер	50В
Максимально допустимий струм	1,5 А

Статичний коефіцієнт передачі струму	40
Гранична частота коефіцієнта передачі струму	3 МГц
Максимальна потужність, що розсіюється	10 Вт
Робочі температури	-40...100 °С

Польовий транзистор КП507А

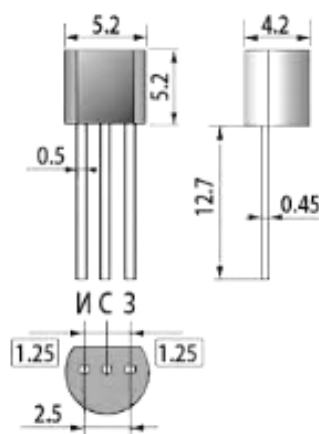


Рисунок 2.11 - Розміри транзистора КП507А

Параметри транзистора КП507А

Тип каналу	p
Максимальна напруга стік-витік	50В
Максимальна напруга затвір-витік	20В
Максимально допустимий струм	1,1 А
Максимальна потужність, що розсіюється	1 Вт
Робочі температури	-40...100 °С

3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

3.1 Конструктивно-технологічний розрахунок друкованої плати

Розробка конструкції друкованої плати має такі основні стадії:

- вибір і обґрунтування типу друкованої плати;
- вибір і обґрунтування класу точності друкованої плати;
- вибір матеріалу, габаритних розмірів і конфігурації друкованої плати;
- попереднє розміщення навісних елементів;
- трасування провідників і розміщення елементів;
- розробка конструкторської документації друкованої плати.

Відповідно до ГОСТ 23751-86 [10] друковані плати за точністю виконання елементів діляться на п'ять класів точності.

В даному курсовому проекті обраний другий клас точності, так як плати другого класу точності більш надійні і мають меншу вартість, ніж класи вищих рівнів. Плати другого класу точності мають наступні конструктивні параметри:

- мінімальне значення ширини провідника $t = 0,45$ мм;
- мінімальне значення відстані між провідниками $S = 0,45$ мм;
- гарантований пасок $b = 0,2$ мм;
- граничне відхилення діаметра отвору $\Delta d = \pm 0,15$ мм;
- граничне відхилення ширини друкованого провідника $\Delta t = \pm 0,1$ мм;
- допуск на розташування вісій отворів $Td = 0,15$ мм;
- допуск на розташування центрів контактних площадок $TD = 0,25$ мм.

В якості матеріалу для виготовлення друкованої плати використовується склотекстоліт, облицьований мідної оксидованою фольгою (СФ-1-35) [16]. Товщина фольги - 35 мкм. Товщина плати - 1,5 мм. Робочий діапазон

температур: від мінус 60°C до 85°C. Габаритні розміри друкованої плати - 125×70 мм.

Діаметр отвору під вивід вибирають з умови отримання зазору між виводом і стінкою отвору, що забезпечує капілярне проникнення припою в процесі пайки, тобто $d_{\text{отв}} = d_{\text{вив}} + (0,1 \dots 0,4) \text{ мм}$ [17].

Діаметри виводів $d_{\text{вив}} = 0,5 \text{ мм}, 0,6 \text{ мм}, 0,8 \text{ мм}, 1 \text{ мм}$.

Діаметри отворів - $d_{\text{отв}} = d_{\text{вив}} + (0,1 \dots 0,4) \text{ мм}$

Приймаємо $d1_{\text{отв}} = 0,8 \text{ мм}$

Приймаємо $d2_{\text{отв}} = 1,1 \text{ мм}$

Мінімальний діаметр контактної площадки D навколо монтажного отвору з відомим діаметром d визначається за формулою (3.1).

$$D = (d + \Delta d_e) + 2b + \Delta t_e + 2\Delta d_T + \sqrt{T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_n^2} \quad (3.1)$$

де d - діаметр отвору;

Δd_e - верхнє граничне відхилення номінального значення діаметра отвору - 0,1 мм для отворів діаметром $\leq 1 \text{ мм}$ та 0,15 мм для отворів діаметром більше 1 мм;

b - гарантійний пасок на зовнішньому шарі - 0,2 мм

$\Delta t_e, \Delta t_n$ - верхнє і нижнє граничні відхилення ширини провідника - 0,1 мм;

Δd_T - підтравлювання діелектрика, $\Delta d_T = 0,03 \text{ мм}$;

T_d - допуск на розташування осей отворів для відповідного класу точності і розмірів плати - 0,15 мм;

T_D - допуск на розташування контактних площадок для відповідного класу точності і розмірів плати - 0,25 мм.

Мінімальний діаметр контактної площадки D навколо монтажного отвору з відомим діаметром 0,8 мм визначається за формулою

$$D_1 = (0,8 + 0,1) + 2 \times 0,2 + 0,1 + 2 \times 0,03 + \sqrt{0,15^2 + 0,25^2 + 0,1^2} = 1,8 \text{ мм}$$

Мінімальний діаметр контактної площадки D навколо монтажного отвору з відомим діаметром 1,1 мм визначається за формулою

$$D_2 = (1,1 + 0,15) + 2 \times 0,2 + 0,1 + 2 \times 0,03 + \sqrt{0,15^2 + 0,25^2 + 0,1^2} = 2,2 \text{ мм}$$

Креслення друкованої плати (односторонньої або двосторонньої) класифікується як креслення деталі. Креслення друкованої плати повинне містити всі відомості, необхідні для її виготовлення і контролю: зображення друкованої плати з боку друкованого монтажу, розміри, граничні відхилення і шорсткість поверхонь друкованої плати і всіх її елементів (отворів, провідників), а також розміри відстаней між ними, необхідні технічні вимоги, відомості про матеріал.

Розміри кожної сторони друкованої плати повинні бути кратними 2,5 мм при довжині до 100 мм, 5 мм при довжині до 350 мм; 20 мм – при довжині більш ніж 350 мм. Максимальний розмір кожної зі сторін друкованої плати не повинний перевищувати 470 мм. Співвідношення лінійних розмірів сторін друкованої плати повинне бути не більше за 3:1 і вибирається з ряду 1:1, 2:1; 3:1, 3:2; 5:2. Товщину плат визначають виходячи з механічних вимог, що ставляться до конструкції друкованого блоку з врахуванням методу виготовлення. Рекомендуються плати товщиною 0,8, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0 мм. Креслення друкованих плат виконують в натуральну величину або зі збільшенням 2:1, 4:1, 5:1, 10:1.

Розроблення креслення друкованої плати починають з нанесення координатної сітки. За основний крок прямокутної координатної сітки за ГОСТ

10317-79 приймається 2.5 мм. Для малогабаритної апаратури і у технічно обґрунтованих випадках допускається застосовувати додаткові кроки 1.25 і 0.5 мм.

Центри всіх отворів на друкованій платі повинні розташовуватися у вузлах координатної сітки. Якщо через конструктивні особливості навісного елемента цього зробити не можна, то центри отворів розташовують відповідно до вказівок креслення на цей елемент. При цьому потрібно дотримуватися наступних вимог: центр одного з отворів, прийнятого за основний, повинен бути розташований у вузлі координатної сітки; центри інших отворів потрібно по можливості розташовувати на вертикальних або горизонтальних лініях координатної сітки.

Діаметри монтажних і перехідних металізованих і неметалізованих отворів (мм) вибирають з ряду (0.2), 0.4, (0.5), 0.6, (0.7), 0.8, (0.9), 1.0, (1.2), 1.3, 1.5, 1.8, 2.0, 2.2, (2.4), (2.6), (2.8), (3.0). Не рекомендується на одній друкованій платі мати більше трьох різних діаметрів отворів. Діаметри металізованих отворів вибирають в залежності від діаметрів виводів навісних елементів і товщини плати, а діаметри неметалізованих отворів – у залежності від діаметрів виводів навісних елементів, встановлюваних у ці отвори. Необхідність зенківки монтажних і перехідних отворів диктується конкретними конструктивними вимогами і методом виготовлення плати.









При застосуванні інших діаметрів металізованих отворів згідно ГОСТ 10317-79 різниця між діаметром металізованого отвору і діаметром виводу повинна бути не більше за 0.4 мм для виводів діаметром від 0.4 до 0.8 мм і 0.6 мм для виводів діаметром понад 0.8 мм.

Для спрощення креслення плати отвори на ній показують колами однакового діаметру з позначенням згідно рекомендацій табл. 3.1.

При виконанні отворів таким способом на поле креслення поміщають таблицю отворів, в графах якої вказується умовне позначення отвору, його

діаметр, діаметр зенківки, наявність металізації та кількість однакових отворів. Розміри граф і форма таблиці не регламентуються.

Таблиця 3.1 – Умовні позначення отворів на кресленнях друкованих плат

Діаметр отвору, мм	0.6	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8	2.0	5.0
Умовне позначення								

Усі монтажні отвори повинні мати контактні площадки. Форма контактної площадки може бути довільною, круглою, прямокутною або близькою по формі до них. Центр контактної площадки симетричної форми повинен збігатися з центром монтажного отвору, для контактних площадок прямокутної та овальної форм центр монтажного отвору може бути зміщений. Круглі контактні площадки й отвори з зенківкою зображують одним колом, діаметр якого повинен відповідати мінімальному розмірові контактної площадки. Розмір діаметра контактних площадок слід вказувати в технічних вимогах креслення. При наявності на платі контактних площадок з не вказаними розмірами, або з формою, відмінною від круглої, допускається всі контактні площадки зображувати колом, діаметр якого повинен бути рівним діаметрові отвору. Форму і розміри слід задавати шляхом відповідного запису у технічних вимогах.

Для нанесення розмірів групових контактних площадок рекомендується винести зображення контактної групи в збільшеному масштабі з нанесенням необхідних розмірів на поле креслення. Рекомендується робити плавний перехід контактної площадки до провідника. При цьому вісь симетрії друкованого провідника повинна бути перпендикулярною до дотичної до контуру контактної площадки або самого контуру контактної площадки. Відстань між краєм провідника, контактної площадки, неметалізованого отвору і краєм плати

повинна бути не меншою за товщину плати. Друковані провідники слід зображати у виді відрізків ліній, що збігаються з лініями координатної сітки, або під кутом, кратним 15° . Допускається виконання провідників довільної конфігурації і скруглення перегинів провідників.

Друковані провідники слід виконувати однакової ширини по всій довжині. У вузьких місцях звужують провідники до мінімально припустимих значень на можливо меншій довжині. Взаємне розташування провідників не регламентується. Провідники шириною, меншою за 2.5 мм зображують одною лінією, що є віссю симетрії провідника, більшою за 2.5 мм – двома лініями і штрихують під кутом 45° або зачорнюють. Провідники шириною більше за 5 мм слід виконувати як екран.

З метою спрощення креслення допускається виконувати провідники будь-якої ширини одною лінією. При цьому в технічних вимогах креслення вказують ширину провідника.

При прокладанні друкованих провідників слід, по можливості, уникати відгалужень провідників. Кінці друкованих провідників, які призначені для підключення друкованої схеми, рекомендується розташовувати з урахуванням зручності застосування перехідних контактних елементів. Границі ділянок друкованої плати, що не допускається займати провідниками, обмежують штрих-пунктирною потовщеною лінією.

Габаритні розміри друкованої плати, діаметри і координати отворів, контактних площадок та їхнє відносне розташування показують на кресленні одним з наступних способів:

- відповідно до вимог ГОСТ 2.307-68 за допомогою розмірних і виносних ліній;
- нанесенням координатної сітки;
- комбінованим способом за допомогою розмірних і виносних ліній і координатної сітки;

- за допомогою таблиці координат.

При заданні розмірів лінії координатної сітки повинні нумеруватися. Крок нумерації визначають конструктивно з урахуванням насиченості і масштабу зображення. Координатну сітку, в залежності від способу виконання документації, наносять на все поле плати або рисками по периметру плати. Допускається наносити не всі лінії координатної сітки, але при цьому на полі креслення поміщають запис типу „Лінії координатної сітки нанесені через одну”. За нуль у прямокутній системі координат на головному виді плати приймають або центр крайнього лівого нижнього отвору, або лівий нижній кут плати, або ліву нижню точку, утворену побудовами, наприклад, продовженням лінії контуру плати, кути якого зрізані.

На рис. 3.1 наведений приклад виконання креслення друкованої плати.

На кресленні друкованої плати вказують габаритні розміри плати, ширину провідників, що мають строго визначену або змінну ширину (при цьому розрахункову ширину слід вказувати на кожній ділянці між двома сусідніми контактними площадками, перехідними або монтажними отворами), діаметри і координати кріпильних, технологічних і інших отворів, не зв'язаних із друкованим монтажем.

На полі креслення вказують метод виготовлення плати, технічні умови (якщо не всі дані вказані на кресленні), крок координатної сітки, ширину провідників і відстані між ними, відстані між контактними площадками, між контактною площадкою і провідником, допуски на виконання провідників, контактних площадок, отворів і відстаней між ними, особливості конструкції, технології й інші параметри друкованих плат.

Технічні вимоги розташовують над основним написом, формулюють і викладають у наступній послідовності і таким чином:

- 1 Плату виготовити методом.
- 2 Плата повинна відповідати (ГОСТ, ОСТ).

- 3 Крок координатної сітки ... мм.
- 4 Конфігурацію провідників витримувати по координатній сітці з відхиленням від креслення мм.
- 5 Допускається скруглення кутів контактних площадок і провідників.
- 6 Місця, обведені штрих-пунктирною лінією, провідниками не займати.
- 7 Вимоги до параметрів елементів плати – відповідно до конструктивних даних.
- 8 Ширина провідників у вільних місцях ... мм, у вузьких ... мм.
- 9 Відстань між двома провідниками, між двома контактними площадками або провідником і контактною площадкою у вільних місцях ... мм, у вузьких – ... мм.
- 10 Форма контактних площадок довільна, $b_{\min} = \dots$ мм .
- 11 Допускається заниження контактних площадок металізованих отворів: на зовнішніх шарах до зенківки, на внутрішніх шарах
- 12 Граничні відхилення відстаней між центрами отворів, крім вказаних особливо, у вузьких місцях $\pm \dots$ мм, у вільних місцях $\pm \dots$ мм.
- 13 Граничні відхилення відстаней між центрами контактних площадок у групі $\pm \dots$ мм.
- 14 Маркувати емаллю .. ГОСТ .., шрифт ..згідно ГОСТ....

Приклад запису технічних вимог у залежності від змісту креслення друкованої плати наведений на рис. 3.1.

На зображенні плати допускається вказувати маркування (рис. 3.1) відповідно до вимог ГОСТ 2.314-68. Маркування може бути основним і додатковим. Основне маркування включає умовне позначення плати, порядковий номер зміни креслення, дату виготовлення, порядковий або заводський номер плати і партії плат. Умовне позначення плати слід виконувати травленням фольги. Як умовне позначення приймають останні три цифри

позначення креслення плати або буквено-цифрове позначення функціональної групи. Інше маркування виконується фарбою.

Додаткове маркування включає позиційні буквено-цифрові позначення навісних елементів по електричній принциповій схемі, зображення контуру навісних елементів, цифрове позначення виводів навісних елементів, точок контролю, позначення позитивного виводу (+) полярних навісних елементів.

Символи додаткового маркування варто виконувати травленням фольги при наявності вільного місця на стороні друкованого монтажу плати або фарбою способом сіткографічного друку з боку друкованого монтажу плати, а при необхідності – і з боку пайки.

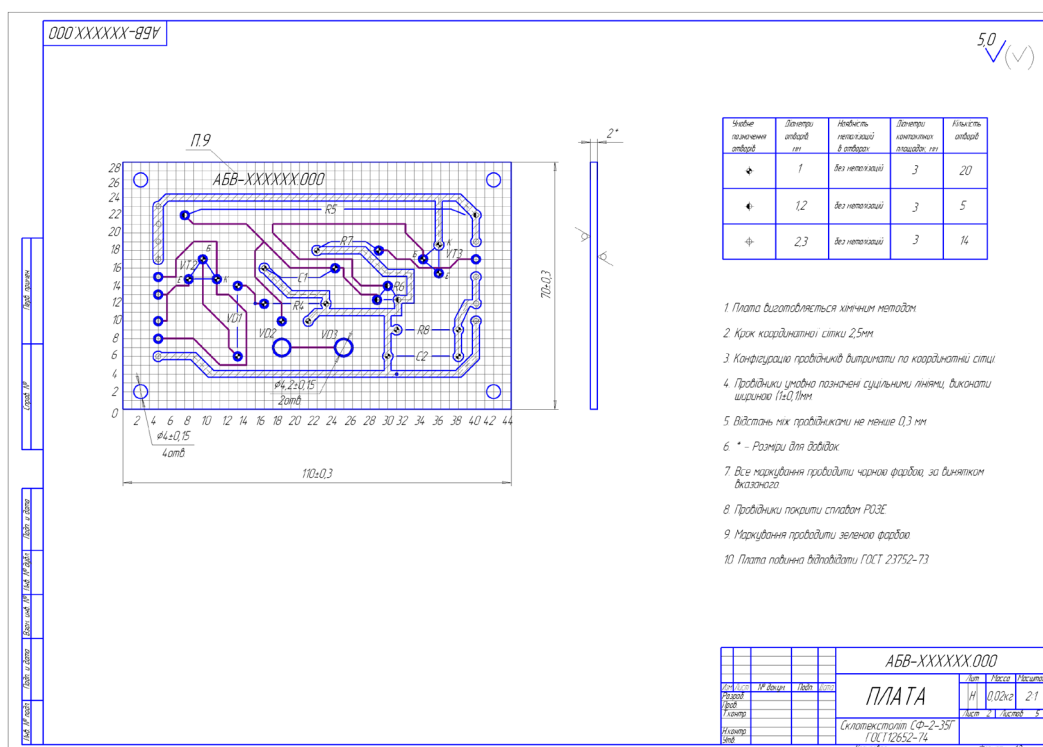





Рисунок 3.1 - Приклад виконання креслення друкованої плати

Розміри на кресленні друкованої плати вказані за допомогою координатної сітки в прямокутній системі координат. Крок сітки 2,5 мм.

Координатна сітка нанесена на частину поверхні друкованої плати. За початок відліку прийнятий лівий нижній кут друкованої плати [18].

Діаметр отвору, його умовний знак, діаметр контактної площинки, наявність металізації, кількість отворів об'єднані в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 - Параметри монтажних отворів і контактних площадок.

Умовне позначення	Діаметр отворів, мм	Наявність металізації	Кількість отворів	Мінімальний діаметр контактної площинки, мм
	0,8	Є	44	1,8
	1,1	Є	17	2,2
	3,0	-	-	-

3.2 Розробка конструкції друкованого узла

Основними складовими друкованого вузла є друкована плата та начіпні елементи. На складальному кресленні вузла електрорадіоелементи допускається зображати спрощено зовнішніми обрисами. При нанесенні позиційних позначень на кресленні для складових частин, що є елементом принципової електричної схеми, наноситься позиційне позначення, присвоєної цьому елементу в схемі.

Установка начіпних елементів на друкованій платі відповідно до ДСТУ 2779-94 [12] здійснюється в отвори друкованої плати. Стандарт [12] при установці резисторів, конденсаторів, напівпровідникових приладів, інтегральних мікросхем і інших елементів на друкованих платах передбачає, що мінімальний розмір від корпусу елемента до центру кола вигину при формуванні виводів складає 1 мм.

При розміщенні елементів на друкованій платі слід дотримуватися таких правил:

- кожен вивід елемента слід встановлювати в окремий монтажний отвір;
- елементи, що встановлюються в монтажні отвори, переважно розташовуються з одного боку друкованої плати.

Складальне креслення пристрою представлено в графічній частині проекту.

Складальне креслення пристрою представлено на рисунку 3.2, а креслення друкованої плати – на рисунку 3.3.

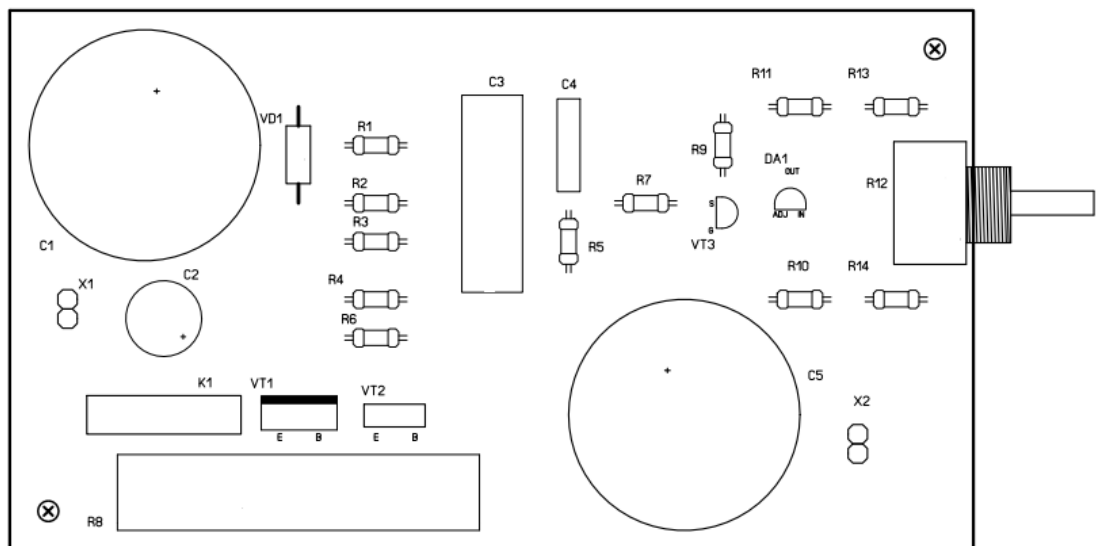


Рисунок 3.2 – Складальне креслення стабілізатора

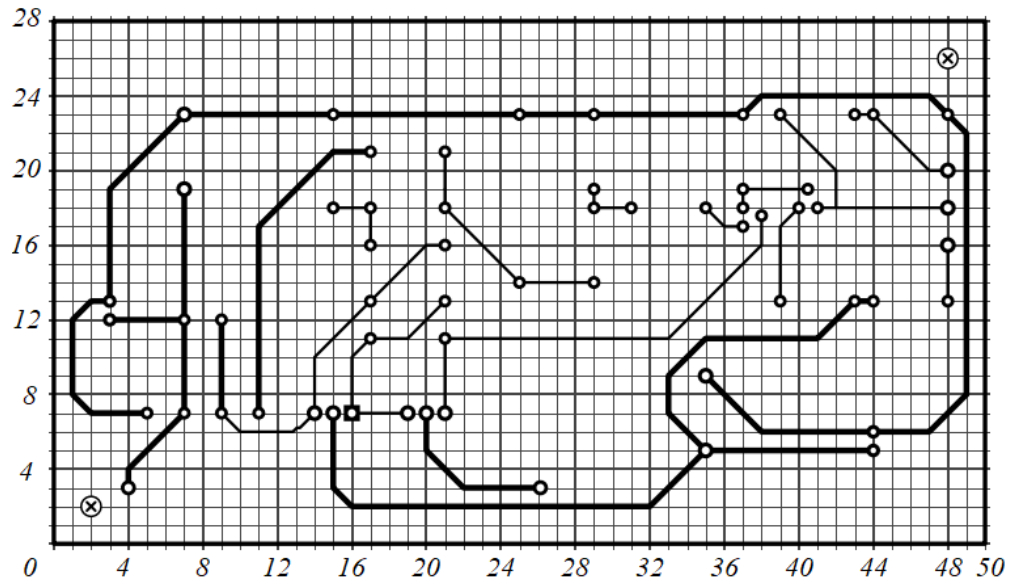


Рисунок 3.3 – Креслення друкованої плати стабілізатора

3.3 Вибір умов охолодження і розрахунок теплового режиму

В процесі роботи електронного пристрою температура нагріву його елементів не повинна перевищувати допустимих технічними умовами значень. При конструюванні необхідні температурні умови досягаються застосуванням відповідних умов охолодження і раціональною компоновкою при конструюванні.

Попередній вибір системи охолодження проводиться за допомогою графіків, що характеризують область доцільного застосування різних способів охолодження.

Оцінка проводиться на підставі попередніх даних по величині теплового потоку, що приходить на одиницю площі теплообміну згідно з формулою (3.2):

$$p = \frac{P \times k_P}{S_{II}}, \quad (3.2)$$

де P – сумарна розсіювальна потужність електронного пристрою;

k_p – коефіцієнт, що враховує тиск повітря ($k_p = 1$);

S_{Π} – поверхня теплообміну, що визначається геометричними розмірами корпусу електронного пристрою.

$$P = \sum p_i, \quad (3.3)$$

де p_i – потужність кожного елемента окремо.

$$P = 0,125 \times 10 + 0,5 \times 2 + 1,5 + 10 + 1 = 14,75 \text{ Вт.}$$

Корпус проектного пристрою прямокутної форми з розмірами: $180 \times 120 \times 80$ мм ($0,18 \times 0,12 \times 0,08$ м).

Коефіцієнт заповнення обсягу $k_3 = 0,8$.

Поверхня теплообміну

$$S_{\Pi} = 2 \times [l_1 l_2 + (l_1 + l_2) l_3 k_3] = 2 \times [0,18 \times 0,12 + (0,18 + 0,12) \times 0,08 \times 0,8] = 0,08 \text{ м}^2 \quad (3.4)$$

Величина теплового потоку на одиницю площі за формулою (3.2) становить

$$p = \frac{14,75 \times 1}{0,08} = 181 \text{ Вт / м}^2$$

$$\lg p = 2,3$$

Другим вхідним параметром є величина мінімально припустимого перегріву елементів пристрою

$$\Delta T_{i \min} = T_{i \min} - T_C = 100 - 40 = 60^\circ \text{C} \quad (3.5)$$

де $T_{i \min}$ – припустима температура корпусу найменш теплостійкого елемента (транзистори, 100°C);

T_c – температура навколишнього середовища (40°C).

З графіків, розташованих в методичних вказівках до курсового проекту [4] випливає, що найбільш доцільно застосовувати природне повітряне охолодження.

Площа поверхні корпусу пристрою визначається за формулою (3.6):

$$S_K = 2 \times [l_1 l_2 + (l_1 + l_2) l_3] = 2 \times [0,18 \times 0,12 + (0,18 + 0,12) \times 0,08] = 0,09 \text{ м}^2 \quad (3.6)$$

Питома потужність розсіювання блоку пристрою

$$p_K = \frac{P}{S_K} = \frac{14,75}{0,09} = 162 \text{ Вт / м}^2 \quad (3.7)$$

Питома потужність розсіювання блоку пристрою

$$p_3 = \frac{P}{S_{II}} = \frac{14,75}{0,08} = 181 \text{ Вт / м}^2 \quad (3.8)$$

Перегрів корпусу електронного пристрою, що працює в нормальних кліматичних умовах, щодо навколишнього середовища визначається залежністю (3.9):

$$\begin{aligned} \Theta_1 &= 0,1472 p_K - 0,2962 \times 10^{-3} p_K^2 + 0,3127 \times 10^{-6} p_K^3 = \\ &= 0,1472 \times 162 - 0,2962 \times 10^{-3} \times 162^2 + 0,3127 \times 10^{-6} \times 162^3 = 17,4^{\circ}\text{C} \end{aligned} \quad (3.9)$$

Перегрів нагрітої зони визначається залежністю (3.10):

$$\begin{aligned}\Theta_2 &= 0,1390p_3 - 0,1223 \times 10^{-3} p_3^2 + 0,0698 \times 10^{-6} p_3^3 = \\ &= 0,1390 \times 181 - 0,1223 \times 10^{-3} \times 181^2 + 0,0698 \times 10^{-6} \times 181^3 = 21,5^\circ\text{C}\end{aligned}\quad (3.10)$$

Перегрів повітря в пристрої визначається за формулою (3.11):

$$\Theta_B = 0,6\Theta_3 = 0,6 \times 21,5 = 12,9^\circ\text{C}\quad (3.11)$$

Температурний режим окремих теплонавантажених елементів залежить від питомої потужності елемента і питомої потужності нагрітої зони.

Постійні резистори С2-23

Потужність елемента $P_{ел} = 0,02$ Вт

Площа поверхні елемента $S_{ел} = 0,000014$ м². Питома розсіювальна потужність за формулою (3.12):

$$p_{ел} = \frac{P_{ел}}{S_{ел}} = \frac{0,02}{0,000014} = 1449 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю (3.13):

$$\Theta_{ел} = \Theta_3 \times \left(0,75 + 0,25 \frac{p_{ел}}{p_3}\right) = 21,5 \times \left(0,75 + 0,25 \times \frac{1449}{181}\right) = 59,3^\circ\text{C}$$

Перегрів навколишнього середовища елемента визначається залежністю (3.14):

$$\Theta_{сп} = \Theta_B \times \left(0,75 + 0,25 \frac{p_{ел}}{p_3}\right) = 12,9 \times \left(0,75 + 0,25 \times \frac{1449}{181}\right) = 35,6^\circ\text{C}$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю (3.15):

$$T_{ел} = \Theta_{ел} + T_C = 59,3 + 40 = 119,3^{\circ}\text{C}$$

Температура навколишнього середовища елемента визначається залежністю (3.16):

$$T_{cp} = \Theta_{cp} + T_C = 35,6 + 40 = 75,6^{\circ}\text{C}$$

Так як температура поверхні елемента менше максимальної робочої температури (125°C), то елемент не перегрівается і працює нормально.

Постійний резистор R8

Потужність елемента $P_{ел} = 1 \text{ Вт}$

Площа поверхні елемента $S_{ел} = 0,000461 \text{ м}^2$. Питома розсіювальна потужність за формулою (3.12):

$$p_{ел} = \frac{P_{ел}}{S_{ел}} = \frac{1}{0,000461} = 2170 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю (3.13):

$$\Theta_{ел} = \Theta_3 \times \left(0,75 + 0,25 \frac{p_{ел}}{p_3}\right) = 21,5 \times \left(0,75 + 0,25 \times \frac{2170}{181}\right) = 80,8^{\circ}\text{C}$$

Перегрів навколишнього середовища елемента визначається залежністю (3.14):

$$\Theta_{cp} = \Theta_B \times \left(0,75 + 0,25 \frac{p_{ел}}{p_3}\right) = 12,9 \times \left(0,75 + 0,25 \times \frac{2170}{181}\right) = 48,5^{\circ}\text{C}$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю (3.15):

$$T_{ел} = \Theta_{ел} + T_C = 80,8 + 40 = 120,8^{\circ}\text{C}$$

Температура навколишнього середовища елемента визначається залежністю (3.16):

$$T_{cp} = \Theta_{cp} + T_C = 48,5 + 40 = 88,5^{\circ}\text{C}$$

Так як температура поверхні елемента менше максимальної робочої температури (125°C), то елемент не перегрівається і працює нормально.

Змінний резистор

Потужність елемента $P_{ел} = 0,04 \text{ Вт}$

Площа поверхні елемента $S_{ел} = 0,000204 \text{ м}^2$. Питома розсіювальна потужність за формулою (3.12):

$$p_{ел} = \frac{P_{ел}}{S_{ел}} = \frac{0,4}{0,000204} = 1961 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю (3.13):

$$\Theta_{ел} = \Theta_3 \times (0,75 + 0,25 \frac{p_{ел}}{p_3}) = 21,5 \times (0,75 + 0,25 \times \frac{1961}{181}) = 74,6^{\circ}\text{C}$$

Перегрів навколишнього середовища елемента визначається залежністю (3.14):

$$\Theta_{cp} = \Theta_B \times (0,75 + 0,25 \frac{p_{ел}}{p_3}) = 12,9 \times (0,75 + 0,25 \times \frac{1961}{181}) = 44,7^{\circ}\text{C}$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю (3.15):

$$T_{ел} = \Theta_{ел} + T_C = 74,6 + 40 = 114,6^{\circ}\text{C}$$

Температура навколишнього середовища елемента визначається залежністю (3.16):

$$T_{cp} = \Theta_{cp} + T_C = 44,7 + 40 = 84,7^{\circ}\text{C}$$

Так як температура поверхні елемента менше максимальної робочої температури (125°C), то елемент не перегрівається і працює нормально.

Мікросхема КР142ЕН19

Потужність елемента $P_{ел} = 0,02 \text{ Вт}$

Площа поверхні елемента $S_{ел} = 0,000022 \text{ м}^2$. Питома розсіювальна потужність за формулою (3.12):

$$p_{ел} = \frac{P_{ел}}{S_{ел}} = \frac{0,02}{0,000022} = 916 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю (3.13):

$$\Theta_{ел} = \Theta_3 \times (0,75 + 0,25 \frac{p_{ел}}{p_3}) = 21,5 \times (0,75 + 0,25 \times \frac{916}{181}) = 43,4^{\circ}\text{C}$$

Перегрів навколишнього середовища елемента визначається залежністю (3.14):

$$\Theta_{cp} = \Theta_B \times (0,75 + 0,25 \frac{p_{ел}}{p_3}) = 12,9 \times (0,75 + 0,25 \times \frac{916}{181}) = 26,1^{\circ}\text{C}$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю (3.15):

$$T_{ел} = \Theta_{ел} + T_C = 43,4 + 40 = 83,4^{\circ}\text{C}$$

Температура навколишнього середовища елемента визначається залежністю (3.16):

$$T_{cp} = \Theta_{cp} + T_C = 26,1 + 40 = 66,1^{\circ}C$$

Так як температура поверхні елемента менше максимальної робочої температури ($125^{\circ}C$), то елемент не перегрівается і працює нормально.

Біполярний транзистор КТ819Б

Потужність елемента $P_{ел} = 0,06$ Вт

Площа поверхні елемента $S_{ел} = 0,000047$ м². Питома розсіювальна потужність за формулою (3.12):

$$P_{ел} = \frac{P_{ел}}{S_{ел}} = \frac{0,06}{0,000047} = 1277 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю (3.13):

$$\Theta_{ел} = \Theta_3 \times (0,75 + 0,25 \frac{P_{ел}}{P_3}) = 21,5 \times (0,75 + 0,25 \times \frac{1277}{181}) = 54,2^{\circ}C$$

Перегрів навколишнього середовища елемента визначається залежністю (3.14):

$$\Theta_{cp} = \Theta_B \times (0,75 + 0,25 \frac{P_{ел}}{P_3}) = 12,9 \times (0,75 + 0,25 \times \frac{1277}{181}) = 32,5^{\circ}C$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю (3.15):

$$T_{ел} = \Theta_{ел} + T_C = 54,2 + 40 = 94,2^{\circ}C$$

Температура навколишнього середовища елемента визначається залежністю (3.16):

$$T_{cp} = \Theta_{cp} + T_C = 32,5 + 40 = 72,5^{\circ}\text{C}$$

Так як температура поверхні елемента менше максимальної робочої температури (100°C), то елемент не перегрівается і працює нормально.

Біполярний транзистор КТ815Б

Потужність елемента $P_{ел} = 0,02 \text{ Вт}$

Площа поверхні елемента $S_{ел} = 0,000022 \text{ м}^2$. Питома розсіювальна потужність за формулою (3.12):

$$p_{ел} = \frac{P_{ел}}{S_{ел}} = \frac{0,02}{0,000022} = 909 \text{ Вт / м}^2$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю (3.13):

$$\Theta_{ел} = \Theta_3 \times (0,75 + 0,25 \frac{p_{ел}}{p_3}) = 21,5 \times (0,75 + 0,25 \times \frac{909}{181}) = 57^{\circ}\text{C}$$

Перегрів навколишнього середовища елемента визначається залежністю (3.14):

$$\Theta_{cp} = \Theta_B \times (0,75 + 0,25 \frac{p_{ел}}{p_3}) = 12,9 \times (0,75 + 0,25 \times \frac{909}{181}) = 34,2^{\circ}\text{C}$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю (3.15):

$$T_{ел} = \Theta_{ел} + T_C = 57 + 40 = 97^{\circ}\text{C}$$

Температура навколишнього середовища елемента визначається залежністю (3.16):

$$T_{cp} = \Theta_{cp} + T_C = 34,2 + 40 = 74,2^{\circ}\text{C}$$

Так як температура поверхні елемента менше максимальної робочої температури (100°C), то елемент не перегрівається і працює нормально.

Потужність елемента $P_{\text{ел}} = 0,03 \text{ Вт}$

Площа поверхні елемента $S_{\text{ел}} = 0,000022 \text{ м}^2$. Питома розсіювальна потужність за формулою (3.12):

$$P_{\text{ел}} = \frac{P_{\text{ел}}}{S_{\text{ел}}} = \frac{0,03}{0,000022} = 1374 \text{ Вт / м}^2$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю (3.13):

$$\Theta_{\text{ел}} = \Theta_3 \times \left(0,75 + 0,25 \frac{P_{\text{ел}}}{P_3}\right) = 21,5 \times \left(0,75 + 0,25 \times \frac{1374}{181}\right) = 57^{\circ}\text{C}$$

Перегрів навколишнього середовища елемента визначається залежністю (3.14):

$$\Theta_{\text{сп}} = \Theta_B \times \left(0,75 + 0,25 \frac{P_{\text{ел}}}{P_3}\right) = 12,9 \times \left(0,75 + 0,25 \times \frac{1374}{181}\right) = 34,2^{\circ}\text{C}$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю (3.15):

$$T_{\text{ел}} = \Theta_{\text{ел}} + T_C = 57 + 40 = 97^{\circ}\text{C}$$

Температура навколишнього середовища елемента визначається залежністю (3.16):

$$T_{\text{сп}} = \Theta_{\text{сп}} + T_C = 34,2 + 40 = 74,2^{\circ}\text{C}$$

Так як температура поверхні елемента менше максимальної робочої температури (100°C), то елемент не перегрівається і працює нормально.

3.4 Розрахунок надійності пристрою

Визначення надійності пристрою здійснюється за методикою розрахунку за раптовими експлуатаційними відмовами по відомим показникам надійності елементів пристрою з урахуванням наступних припущень: відмови елементів статистично незалежні і відмова будь-якого елемента призводить до відмови всього пристрою.

Інтенсивність відмов пристрою визначиться за формулою (3.17).

$$\lambda_C = k_\lambda \sum_{i=1}^n \alpha_i \lambda_{0i} \quad (3.17)$$

де λ_{0i} - інтенсивність відмови i -го елемента;

α_i - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього середовища і електричне навантаження приладу;

$k_\lambda = k_{\lambda 1} \times k_{\lambda 2} \times k_{\lambda 3}$ - поправочний коефіцієнт, що враховує умови експлуатації пристрою;

$k_{\lambda 1}$ - вплив механічних чинників ($k_{\lambda 1} = 1,07$);

$k_{\lambda 2}$ - вплив кліматичних факторів ($k_{\lambda 2} = 1$);

$k_{\lambda 3}$ - умови роботи при зниженому атмосферному тиску ($k_{\lambda 3} = 1$).

Конденсатори неполярні:

- інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,1 \times 10^{-6}$ 1/год;
- коефіцієнт навантаження $k_H = 0,7$;
- поправочний коефіцієнт $\alpha = 0,35$;
- кількість елементів – 2.

Конденсатор електrolітичний:

- інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,5 \times 10^{-6}$ 1/год;
- коефіцієнт навантаження $k_H = 0,7$;

- поправочний коефіцієнт $\alpha = 1,24$;
- кількість елементів – 3.

Постійні резистори:

- інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,1 \times 10^{-6}$ 1/год;
- коефіцієнт навантаження $k_H = 0,5$;
- поправочний коефіцієнт $\alpha = 0,6$;
- кількість елементів – 13.

Змінний резистор:

- інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,5 \times 10^{-6}$ 1/год;
- коефіцієнт навантаження $k_H = 0,5$;
- поправочний коефіцієнт $\alpha = 0,6$;
- кількість елементів – 1.

Мікросхема КР142ЕН19:

- інтенсивність відмов $\lambda_0 = 1,0 \times 10^{-6}$ 1/год;
- кількість елементів – 1.

Транзистори:

- інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,5 \times 10^{-6}$ 1/год;
- коефіцієнт навантаження $k_H = 0,8$;
- поправочний коефіцієнт $\alpha = 0,72$;
- кількість елементів – 3.

Стабілітрон:

- інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,5 \times 10^{-6}$ 1/год;
- коефіцієнт навантаження $k_H = 0,7$;
- поправочний коефіцієнт $\alpha = 1,04$;
- кількість елементів – 1.

Реле:

- інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,1 \times 10^{-6}$ 1/год;

- кількість елементів – 1.

З'єднувачі:

- інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,05 \times 10^{-6}$ 1/год;
- кількість елементів – 2.

Друкована плата:

- інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,1 \times 10^{-6}$ 1/год;
- кількість елементів – 1.

Паяні з'єднання:

- інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,002 \times 10^{-6}$ 1/год;
- кількість елементів – 61.

Інтенсивність відмови пристрою за формулою (3.17) становить:

$$\lambda_c = 1,07 \times 1 \times 1 \times (0,35 \times 0,1 \times 2 + 1,24 \times 0,5 \times 3 + 0,6 \times 0,1 \times 13 + 0,6 \times 0,5 \times 1 + 1 \times 1 + 0,72 \times 0,5 \times 3 + 1,04 \times 0,5 \times 1 + 0,1 \times 1 + 0,05 \times 2 + 0,1 \times 1 + 0,002 \times 61) \times 10^{-6} = 6,032 \times 10^{-6} \text{ 1 \textbackslash год}$$

Середній наробіток на відмову всього пристрою розраховуємо за формулою (3.18):

$$T_c = \frac{1}{\lambda_c} = \frac{1}{6,032 \times 10^{-6}} = 165782 \text{ год} \approx 19 \text{ років}$$

Таким чином, завдання на розробку виконано.

4 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

Друкована плата представляє собою плоску ізоляційну основу, на одній або двох сторонах якої розташовані струмопровідні смужки металу (провідники) у відповідності до логіки роботи електричної схеми.

Суть друкованого монтажу полягає у тому, що тонкі електропровідні покриття виконують функції монтажних проводів між елементами схеми – резисторами, конденсаторами, котушками індуктивності, контактними деталями і т. ін. Нижче приведені основні терміни, які використовуються при розробленні відповідних креслень друкованих плат і друкованих блоків.

Друкований провідник – це ділянка струмопровідного покриття, нанесеного на ізоляційну основу, що виконує функції звичайного монтажного проводу.

Друкований монтаж – це система друкованих провідників, що забезпечують електричне з'єднання елементів схеми.

Друкована плата – це ізоляційна основа з нанесеним на неї друкованим монтажем.

Навісні елементи – це об'ємні електро- і радіоелементи, що встановлені і закріплені на друкованій платі способом пайки і мають електричний контакт із друкованими провідниками.

Контактна площадка – це металізована ділянка навколо монтажного отвору, яка має електричний контакт із друкованим провідником і забезпечує електричне з'єднання навісних елементів схеми з друкованим монтажем.

Координатна сітка – це сітка, що наноситься на креслення плати і використовується для конкретизації положення монтажних отворів, друкованих провідників і інших елементів на платі.

Крок координатної сітки – це відстань між сусідніми лініями координатної

сітки. Крок координатної сітки повинний бути кратним 0.625 мм (0.625, 1.25, 1.875, 2.5 і т.д.).

Вузол координатної сітки – це точка перетину ліній координатної сітки.

Вільні місця – це ділянки друкованої плати, де при розміщенні провідників можуть бути витримані рекомендовані значення ширини провідників і відстані між провідниками і контактними площадками.

Вузькі місця – це ділянки друкованої плати, де при розміщенні провідників ширина провідників, відстані між ними і контактними площадками виконуються меншими від рекомендованих (аж до мінімально припустимих).

Друкований блок – це друкована плата з друкованою схемою, навісними елементами й іншими деталями, що пройшла всі стадії виготовлення.

Друковані плати служать для монтажу на них електрорадіоелементів (ЕРЕ) за допомогою напівавтоматичних і автоматичних установок із наступним одночасним паянням усіх ЕРЕ зануренням у розплавлений припій або на хвилі рідкого припою. Отвори на платі, в які вставляються виводи електрорадіоелементів при монтажі, називають монтажними. Металізовані отвори, що служать для з'єднання провідників, розташованих на обох сторонах плати, називають *перехідними*.

Застосування друкованих плат дозволяє полегшити налаштування апаратури і виключити можливість помилок при її монтажі, тому що розташування провідників і монтажних отворів однакове на всіх платах даної схеми. Використання друкованих плат зумовлює також можливість зменшення габаритних розмірів апаратури, поліпшення умов відводу тепла, зниження металоємності апаратури і забезпечує інші конструктивно-технологічні переваги в порівнянні з об'ємним монтажем.

До друкованих плат пред'являється ряд вимог по точності розташування провідного рисунка, по величині опору ізоляції діелектрика, та ін. Однією з основних вимог є забезпечення спроможності до паяння, що досягається

відповідним вибором гальванічного покриття і технологією металізації, тому у виробництві друкованих плат особлива увага приділяється хіміко-гальванічним процесам.

Виготовлення друкованих плат здійснюється хімічним, електрохімічним або комбінованим методами. Останнім часом одержали поширення нові методи виготовлення плат – аддитивні. Нижче подана коротка характеристика кожного з методів.

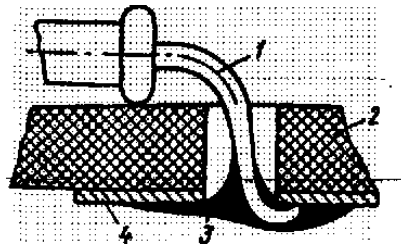
Вихідним матеріалом при хімічному методі виготовлення друкованих плат служить фольгований діелектрик, тобто ізоляційний матеріал, як правило склотекстоліт, на поверхню якого з однієї або двох сторін наклеєна мідна фольга товщиною 35-50 мкм.

На поверхню мідної фольги спочатку наноситься захисний рисунок (рельєф) таким чином, щоб він захистив провідники при витравлюванні міді. Захисний рисунок схеми виконується стійкими до впливу травильних розчинів матеріалами. Потім виконується операція травлення, у результаті якої цілком витравлюється мідь і утворюється провідний рисунок. Такий метод отримав назву субтрактивного.

Отвори для установки виводів електрорадіоелементів просвердлюються або штампуються після витравлювання міді і не металізуються. Пайка виводів електрорадіоелементів здійснюється безпосередньо до контактних площадок друкованих провідників, як показано на рис. 3.1. Хімічний метод застосовується, головним чином, у виробництві плат радіоапаратури широкого вжитку.

Електрохімічний метод називається напіваддитивним від латинського слова «additio» (додавання), тому що провідний рисунок створюється в результаті електрохімічного осідання металу, а не його витравлювання. Приставка «напів» означає, що в технології виготовлення збережена, операція травлення тонкого прошарку металу, який утвориться по всій поверхні плати при хімічній металізації.

Вихідними матеріалами при застосуванні цього методу служать нефольговані діелектрики (гетинакс, склотекстоліт). Захисний рисунок, на відміну від попереднього методу, створюють таким чином, щоб відкритими залишалися ті ділянки поверхні, які підлягають металізації з метою утворення провідникових елементів схеми.



1 - провідниковий вивід, 2 - діелектрик, 3 - припій,
4 - контактна площадка

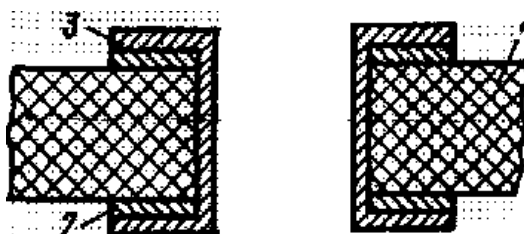
Рисунок 4.1 - Пайка виводів електрорадіоелементів на односторонню друковану плату

Електрохімічний метод передбачає одержання металізованих отворів одночасно з провідниками і контактними площадками.

Комбінований метод представляє собою поєднання перших двох методів. Вихідним матеріалом при цьому методі служить фольгований із двох сторін діелектрик, тому основний рисунок одержують витравленням міді, а металізація отворів здійснюється за допомогою хімічного міднення з наступним електрохімічним нарощуванням прошарку міді. Пайка виводів електрорадіоелементів проводиться за допомогою заповнення припоєм монтажних отворів у платі. На рис. 4.2 показана структура плати, що виготовлена комбінованим методом.

Комбінований метод у даний час є основним у виробництві двосторонніх і багатошарових друкованих плат для апаратури найрізноманітнішого призначення.

Аддитивний метод полягає в створенні основного рисунка за допомогою металізації достатньо товстим прошарком хімічної міді (25-35 мкм), що дозволяє виключити застосування гальванічних операцій і операції травлення. Вихідним матеріалом, при цьому, служить нефольгований діелектрик. Виключення вищевказаних операцій дозволяє істотно зменшити ширину провідників і зазори між ними, що, у свою чергу, забезпечує можливість збільшення густину монтажу на платах, Крім того, застосування цього методу сприяє зниженню вартості плат на 15-20 %, а також витрат хімікатів, скороченню виробничих площ і складу обладнання.



1 - діелектрик, 2 - мідна фольга,
3 - металевий прошарок

Рисунок 4.2 - Структура друкованої плати, виготовленої комбінованим методом

Таким чином, обираємо виготовлення друкованої плати здійснюється хімічним способом.

ВИСНОВОК

В першому розділі були розглянути різні типи стабілізаторів, їх основні переваги та недоліки. Відповідно до завдання нам необхідно розробити порівняно простий низьковольтний стабілізатор.

При аналітичному огляді можливих варіантів обираємо стабілізатор напруги підвищеної надійності.

В другому розділі проводимо аналіз схеми електричної принципової та аналізуємо умови експлуатації.

В конструкторському розділі проведена розробка друкованої плати і друкованого вузла, виконано тепловий розрахунок і розрахунок надійності друкованого вузла блоку.

Основні конструктивні параметри:

- розміри друкованої плати - $125 \times 70 \times 1,5$ мм;
- середнє напрацювання на відмову - 165782 годин.

В четвертій частини дипломного проекту була вибрана технологія друкованій плати.

Таким чином завдання на розробку стабілізатора напруги напруги з підвищеною надійністю виконано.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Горобец А. И. и др. Справочник по конструированию радиоэлектронной аппаратуры (печатные узлы). – К.: Техніка, 1985. – 312 с.
2. Практическое пособие по конструированию РЭА / В.Т.Белинский, А.Б.Грозин; под ред. К.Б.Круковского-Синевича, Ю.Л.Мазора.-К.:Вища шк., 1992.-494 с.
3. Справочник конструирования РЭА: Общие принципы конструирования / Под ред. Р. Г. Варламов. – М.: Сов. радио, 1980. – 480 с.
4. Шерстнев В. В. Конструирование и микроминиатюризация ЭВА: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1984. – 272 с.
5. Преснухин Л. Н., Шахнов В. А. Конструирование электронных вычислительных машин и систем: Учебник для втузов. – М.: Высшая школа, 1986. – 572 с.
6. Технология и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры: Учебник для вузов / И.П.Бушминский, Ш.М.Чабдарова.-М.:Радио и связь,1989.-624 с.
7. Технология ЭВА, оборудования и автоматизация: учебное пособие для студентов вузов специальности "Конструирование и производство ЭВА" / Алексеев В. Г., Гриднев В. Н., Нестеров Ю. И. и др. – М.: Высшая школа, 1984. – 392 с.
8. ГОСТ 15150-69. Машини, прилади та інші технічні вироби. Виконання для різних районів. Категорії, умови експлуатації, зберігання і транспортування в частині впливу кліматичних факторів зовнішнього середовища. Введ. 01.01.70.
9. Практичний посібник з навчального конструювання РЕА. / Под ред. К. Б. Круковського-Синевича, Ю. Л. Мазора. - К .: «Вища школа», 1992. - 494с.
- 10.ГОСТ 23751-86. Плати друковані. Основні параметри конструкції. - Введ. 01.07.87.

- 11.Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Основи конструювання і технології електронних пристроїв» / Упоряд .: Ю. Е. Паеранд - Алчевськ: ДГМІ, 2003. 38 - с.
- 12.ДСТУ 2779-94. Монтаж електричний радіоелектронної апаратури та приладів. Загальні технічні вимоги до формування висновків і до установки виробів електронної техніки на друковані плати. - Введ. 01.01.96.
- 13.ГОСТ 2.417-91. ЕСКД. Плати друковані. Правила виконання креслень. - Введ. 01.07.92.
- 14.Резистори: Довідник. / Под ред. І.І. Четверткова і В.М. Терехова - М.: Радіо та зв'язок, 1991. - 528 с.
- 15.Довідник по напівпровідникових діодів, транзисторів і інтегральних схем. / Под.ред. М.М. Горюнова. - М .: «Енергія», 1977. - 744 с.
- 16.ГОСТ 10316-78. Гетінакс і склотекстолит фольговані. Технічні умови. - Введ. 01.01.79.
- 17.ГОСТ 2.755-87. Позначення умовні в графічних схемах. Пристрої комутаційні і контактні з'єднання. - Введ. 01.01.88.
- 18.ГОСТ 2.701-84. Схеми. Види і типи. Загальні вимоги до виконання. - Введ. 01.07.85.
- 19.<https://santeho.com.ua/ua/dlya-chego-nuzhen-stabilizator-napryazheniy>
- 20.<https://santeho.com.ua/ua/dlya-chego-nuzhen-stabilizator-napryazheniy>