

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  
ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ**

Виконав: студент групи ЕЛ-19д Шевченко Т.Р. \_\_\_\_\_  
(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

## СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

(м. Київ)

Факультет інформаційних технологій та електронікиКафедра електронних апаратівОсвітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр  
(бакалавр, спеціаліст, магістр)Спеціальність 171 – Електроніка  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ю.Е. Паеранд“   ”     2023 року

## З А В Д А Н Н Я

## НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

---

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Стабілізатор напруги живлення радіоелектронних пристроївкерівник проекту Паеранд Юрій Едуардович, к.т.н.,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)затверджені наказом вищого навчального закладу від “   ”     №    2. Строк подання студентом проекту (роботи) 31.05.20233. Вихідні дані до роботи Матеріали переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

- 1) Аналітичний огляд стабілізатора напруги
- 2) Аналіз вихідних даних
- 3) Визначення вимог по стійкості до механічних і кліматичних впливів
- 4) Вибір елементної бази і попередня компоновка конструкції електронного пристрою
- 5) Розробка конструкції друкованого блоку
6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
7. Дата видачі завдання 10.02.2023

### **КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний огляд стабілізатора напруги	15.02.23 – 28.02.23	
2	Аналіз вихідних даних	01.03.23 – 07.03.23	
3	Визначення вимог по стійкості до механічних і кліматичних впливів	08.03.23 – 12.03.23	
4	Вибір елементної бази і попередня компоновка конструкції електронного пристрою	13.03.23 – 25.03.23	
5	Розробка конструкції друкованої плати	26.03.23 – 31.03.23	
6	Розробка конструкції друкованого узла	01.04.23 - 15.04.23	
7	Вибір умов охолодження і розрахунок теплового режиму	16.04.23 – 09.05.23	
8	Розрахунок надійності пристрою	10.05.23 – 19.05.23	
9	Оформлення пояснювальної записки дипломного проекту та презентації	20.05.23 – 31.05.23	

Студент Шевченко Т.Р.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) Паєранл Ю.Е.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 69 с., 18 рис., 8 табл., 17 джерел.

Об'єктом проектування є стабілізатор напруги.

Метою цієї роботи було створення нової конструкції стабілізатора напруги. В процесі роботи було розроблено друковану плату та вузол стабілізатора напруги. Було також здійснено тепловий розрахунок та розрахунок надійності. Розміри друкованої плати складають 55x30x1,5 мм, а споживана потужність становить 2,3 Вт. За середнім наробітком на відмову, ця конструкція може працювати протягом 197238 годин.

КОЕФІЦІЄНТ СТАБІЛІЗАЦІЇ, ПОРОГОВИЙ ЕЛЕМЕНТ, ТРАНЗИСТОР,  
ПЛАТА, НАДІЙНІСТЬ

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СТАБІЛІЗАТОРА НАПРУГИ .....	7
1.1 Типи стабілізаторів напруги.....	8
1.2 Загальні переваги та недоліки стабілізаторів напруги .....	22
1.3 Особливості конструкції стабілізатора напруги .....	25
1.4 Режими роботи стабілізаторів напруги .....	32
1.5 Класи точності стабілізатора напруги .....	36
1.6 Принцип роботи стабілізатора напруги .....	38
2 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ .....	39
3 ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ ПО СТІЙКОСТІ ДО МЕХАНІЧНИХ І КЛІМАТИЧНИХ ВПЛИВІВ .....	41
4 ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ І ПОПЕРЕДНЯ КОМПОНОВКА КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ .....	42
5 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ.....	50
6 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ДРУКОВАНОГО УЗЛА .....	53
7 ВИБІР УМОВ ОХОЛОДЖЕННЯ І РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ .....	56
8 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ ПРИСТРОЮ .....	63
ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	68

## ВСТУП

В сучасному світі, електроенергія відіграє важливу роль у житті людей та функціонуванні різних виробничих та комерційних підприємств. Однак, електрична мережа може бути схильна до впливу різними внутрішніми та зовнішніми факторами, такими як коливання напруги, перепади напруги, електричні шуми тощо, що може негативно вплинути на роботу електричних приладів та обладнання, що працюють в цій мережі.

Одним із способів захисту від таких небажаних явищ є використання стабілізаторів напруги. Стабілізатор напруги - це електричний пристрій, призначений для забезпечення стабільної вихідної напруги в електричній мережі, незалежно від змін вхідної напруги. Він може автоматично відповідати на зміни в нарузі та регулювати вихідну напругу на певному рівні.

Однак, на сьогоднішній день існує багато різних типів та моделей стабілізаторів напруги з різними технічними характеристиками, що можуть вплинути на їх ефективність та надійність. Для досягнення мети проекту, а саме розробки стабілізатора напруги з заданими вимогами та характеристиками, необхідно провести детальний аналіз різних видів стабілізаторів напруги, їх роботи, переваг та недоліків.

## 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СТАБІЛІЗАТОРА НАПРУГИ

Однією з основних ролей стабілізатора напруги є захист підключених електричних приладів від небажаних коливань або перепадів напруги в електричній мережі. Висока або низька напруга можуть викликати пошкодження електричних приладів, зниження їх ефективності або навіть виходження з ладу. Стабілізатор напруги відповідає за підтримку стабільної вихідної напруги на певному рівні, незалежно від коливань вхідної напруги, тим самим захищаючи підключені прилади від можливих пошкоджень. Неякісна електроенергія, така як електричні шуми, перешкоди, гармоніки тощо, можуть негативно вплинути на роботу електричних приладів та обладнання.

Стабілізатор напруги може фільтрувати вхідну напругу та поліпшувати якість електроенергії, забезпечуючи стабільну та чисту вихідну напругу. Багато електричних приладів вимагають стабільної напруги для своєї нормальної роботи. Наприклад, деякі складні електронні пристрої, які використовуються в наукових дослідженнях, медичному обладнанні, комп'ютерах та серверах, потребують стабільної напруги для запобігання втрати даних або пошкодження обладнання. Стабілізатор напруги допомагає забезпечити стабільну роботу цих приладів, знижуючи ризик виникнення відмов та забезпечуючи сталу та надійну роботу електричного обладнання.

Неконтрольовані перепади напруги можуть викликати споживання більше енергії певними електричними приладами, що може призвести до високих рахунків за електроенергію. Стабілізатор напруги може допомогти знизити споживання енергії, регулюючи вихідну напругу на оптимальному рівні, що забезпечує економію електроенергії та зниження витрат.

Узагалі, роль стабілізатора напруги полягає в тому, щоб забезпечувати стабільну та надійну роботу електричних приладів, захищати їх від

можливих пошкоджень внаслідок коливань напруги та покращувати якість електроенергії, що використовується в електричній мережі.

## 1.1 Типи стабілізаторів напруги

Колись дуже давно, в далекому краї науковці вивчали електричні ланцюги і спробували створити пристрої, які можуть допомогти регулювати напругу в електричних системах. Вони були викликані проблемами з коливаннями напруги, які могли спричинити пошкодження електроніки та електричного обладнання.

Після багатьох експериментів та досліджень, вчені придумали винахід, який став відомий як стабілізатори напруги. Вони використовуються для регулювання вхідної напруги в електричному ланцюзі та забезпечення стабільної вихідної напруги, незалежно від змін вхідної напруги.

Перший стабілізатор напруги був великим та важким пристроєм, заснованим на електромеханічних принципах. Він мав декілька рухомих деталей та вимагав складної настройки. Однак з часом, з розвитком технологій, стабілізатори напруги стали меншими, легшими та більш ефективними.

Сьогодні стабілізатори напруги використовуються в різних сферах, включаючи побутове використання, комерційні та промислові застосування. Вони забезпечують стабільну роботу електроніки, захищають її від пошкоджень від нестабільної напруги та забезпечують надійний захист електричних пристроїв.

Перші електромеханічні стабілізатори напруги були винайдені ще в кінці 19-го століття. Проте, більш сучасні та ефективні стабілізатори напруги, які ми знаємо сьогодні, розвинулися в середині 20-го століття, зокрема в 1940-1950-х роках.



Існує кілька різних типів стабілізаторів напруги, в залежності від їхньої конструкції та принципу дії. Основні типи стабілізаторів напруги включають наступні:

**Електричний стабілізатор напруги (рис.1.1):** Ці стабілізатори використовують електромеханічні регулятори для підтримки стабільної напруги на виході. Вони мають автотрансформатор, який автоматично регулює вихідну напругу на основі вхідної напруги. Електромеханічні стабілізатори вважаються простими в застосуванні та досить ефективними, але вони можуть бути великі, важкі та шумні. Стабілізатори напруги 220 В (їх ще називають сервоприводними і електродинамічними стабілізаторами) електромеханічного типу представляють собою систему, що стежить за використанням електродвигуна, автотрансформатора і системи управління двигуном. Електричний стабілізатор напруги може мати різні принципи роботи, такі як використання трансформатора, релейного комутування, тиристорного управління, інверторної технології та інших. Він може мати різні режими роботи, такі як автоматичний, ручний або програмований режим, де можна встановити бажану вихідну напругу. Забезпечують захист від можливих пошкоджень, спричинених перепадами напруги, підвищеними рівнями шуму, високими частотами або іншими електричними перешкодами, які можуть впливати на роботу електронних пристроїв. Вони дозволяють знизити ризик виходу з ладу електронної апаратури, забезпечуючи стабільні умови живлення.



Рисунок 1.1 – Електричний стабілізатор напруги

Принцип роботи дуже простий - ЛАТР (лабораторний автотрансформатор), блок стеження за мережевою напругою і сервопривод, по командам блоку стеження обертає струмознімач ЛАТРа.

Переваги даного типу стабілізаторів - компактність, високий ККД, плавність регулювання вихідної напруги, точність 1-2%, можливість виготовлення виробів на дуже велику потужність, не спотворює форму мережевий синусоїди.

Недоліки - іскріння контактного ролика і внаслідок цього перешкоди в мережі, низька надійність сервоприводу, малий ресурс роботи в «неспокійних» мережах, повільна реакція на зміну вхідної напруги (як правило близько 50В/с), можливість створення стрибка напруги на виході.

**Трифазні стабілізатори** (рис.1.2) призначений для корекції напруги у промислових та побутових мережах електропостачання з номінальною напругою 380 В. Трифазний стабілізатор – це три однофазних стабілізатори, що об'єднані в одному корпусі. Особливістю трифазного стабілізатора є наявність контролю фаз – це прилад який слідкує за наявністю напруги на всіх трьох фазах. Якщо напруга на одній фазі зникне або вийде за робочий діапазон тоді стабілізатор вимкне всі три фази. Тому такі стабілізатори

доцільно використовувати якщо споживач енергії є трьохфазним і не допускає роботу при зникненні однієї фази, наприклад трифазний електродвигун.

Принцип роботи трифазних стабілізаторів може варіюватися в залежності від конкретної моделі та виробника, але загальною сутністю є автоматичне регулювання напруги на вході до споживачів з метою забезпечення стабільного рівня напруги на виході.

Основний принцип роботи трифазних стабілізаторів полягає в вимірюванні напруги на вході від трьох фаз електромережі, порівнянні її з заданою цільовою напругою та використанні виконавчих блоків, таких як тиристори, транзистори або реле, для регулювання виходу стабілізатора. Ці виконавчі блоки контролюють кількість енергії, яка передається до виходу стабілізатора, забезпечуючи стабільний рівень напруги на виході.



Рисунок 1.2 – Трифазний стабілізатор

Принцип роботи трифазних стабілізаторів може варіюватися в залежності від конкретної моделі та виробника, але загальною сутністю є

автоматичне регулювання напруги на вході до споживачів з метою забезпечення стабільного рівня напруги на виході.

Основний принцип роботи трифазних стабілізаторів полягає в вимірюванні напруги на вході від трьох фаз електромережі, порівнянні її з заданою цільовою напругою та використанні виконавчих блоків, таких як тиристори, транзистори або реле, для регулювання виходу стабілізатора. Ці виконавчі блоки контролюють кількість енергії, яка передається до виходу стабілізатора, забезпечуючи стабільний рівень напруги на виході.

Одна з особливостей трифазних стабілізаторів - це їх здатність регулювати напругу на виході відносно рівнів напруги на вході в трьох фазах, забезпечуючи високий рівень стабільності напруги в трьох фазах одночасно.

Трифазні стабілізатори також можуть мати додаткові функції, такі як захист від короткого замикання, перенапруги, пониження напруги та інші, щоб забезпечити надійний захист для підключеного обладнання. Окрім того, деякі трифазні стабілізатори можуть мати функції автоматичного включення/виключення, відновлення напруги після відключення, моніторингу стану напруги та інші розширені можливості.

Загальною метою трифазних стабілізаторів є забезпечення стабільного рівня напруги на виході відповідно до заданого значення, незалежно від змін на вході від електричної мережі. Це дозволяє уникнути пошкодження або неправильної роботи електричного обладнання, забезпечуючи його надійну роботу та продовжуючи термін служби.

Окрім того, трифазні стабілізатори можуть бути використані для балансування навантаження між трьома фазами електричної мережі, забезпечуючи рівномірний розподіл енергії між фазами та запобігаючи перевантаженню однієї з фаз.

Принцип роботи трифазних стабілізаторів може бути складнішим в порівнянні з однофазними стабілізаторами через наявність трьох фаз електромережі та необхідність балансування навантаження між ними.

Однак, вони є ефективними та надійними пристроями для регулювання напруги в трьох фазах та забезпечення стабільної роботи електричного обладнання.

**Електронні стабілізатори напруги** (рис.1.3): Ці стабілізатори використовують електронні компоненти, такі як транзистори та інші напівпровідникові прилади, для регулювання напруги. Вони зазвичай мають компактний розмір, легкість та більш точне регулювання напруги, а також можуть мати ряд додаткових функцій, таких як захист від перенапруги, перевантаження та короткого замикання. Їх ще називають симисторні та тиристорні стабілізатори напруги. Це сучасні вирівнювачі вхідної напруги для дому та промисловості. Симисторний стабілізатор напруги, також відомий як тиристорний стабілізатор, є одним з типів електронних стабілізаторів напруги. Він використовує тиристори (такі як симистори або триаки) як основні елементи для регулювання вихідної напруги.



Рисунок 1.3 – Електронний стабілізатор напруги

Принцип роботи симисторного стабілізатора полягає в керуванні часом проведення тиристорів, що дозволяє регулювати середню вихідну напругу. Симистори включаються у коло живлення в різних фазах альтернативного струму, змінюючи час проведення, тим самим змінюючи середню напругу на виході.

Основні переваги симисторного стабілізатора напруги включають високу швидкість реакції на зміни вхідної напруги, високу точність регулювання вихідної напруги, можливість працювати з високими струмами і великими навантаженнями, а також низькі втрати енергії.

Однак, симисторні стабілізатори також мають деякі недоліки, такі як висока складність дизайну і розрахунку, потребу в ефективному відведенні тепла, можливість виникнення електромагнітних перешкод та шумів, а також висока вартість.

Загалом, симисторні стабілізатори напруги є ефективними та точними пристроями для забезпечення сталої напруги в електричних системах з високими вимогами до якості електроживлення. Симисторні стабілізатори напруги використовуються в різних умовах, таких як промислові системи, медична техніка, наукові дослідження, телекомунікаційні системи та багато інших, де важлива стійка і якісна робота електронного обладнання за різних умов живлення.

Переваги - дуже високу швидкодію (від 10мс), висока точність підтримки вихідної напруги (до 1%), можливість комутувати ключі в нулі струму - відсутність перешкод при перемиканні і спотворення форми мережевої синусоїди, широкий діапазон роботи (90-295В), компактність, невисока вартість, хороший ККД (до 98%), можливість ефективної роботи в мережах будь-якого типу і з будь-яким навантаженням.

Недоліки - ступінчастість регулювання вихідної напруги (моргання ламп розжарювання). Нагрівання силових ключів через протікання через них повного робочого струму і як наслідок необхідність в активному охолодженні за допомогою вентиляторів.

**Ферорезонансний стабілізатор напруги** (рис.1.4): Ці стабілізатори використовують феритові котушки та резистори, щоб регулювати напругу на виході. Вони відносно менші за розміром, легкі та мають високу ефективність. Однак вони можуть мати вищу ціну в порівнянні з іншими

типами стабілізаторів напруги. Ферорезонансні стабілізатори напруги також мають можливість відновлення роботи після відновлення постачання електроенергії після відключення, що робить їх відмінним вибором для застосувань, де неперервність енергопостачання є критичним фактором. Також можуть бути використані для захисту електронних приладів від високовольтних перенапруг, що можуть виникнути в мережах електропостачання внаслідок різних факторів, таких як блискавка або переключення вимикачів.

Принцип роботи полягає в протіканні робочого струму через комбінацію лінійного та нелінійного дроселів, останній з яких входить в насичення при напрузі близькому до 220В, а для вирівнювання форми струму, пошкодженої при процесі стабілізації, використовується принцип резонансу.



Рисунок 1.4 – Ферорезонансний стабілізатор напруги

Переваги даного виду стабілізаторів - надійність, плавність регулювання вихідної напруги, точність до 3%, непогана швидкість реакції на зміну вхідної напруги, можливість виготовлення приладів на дуже велику потужність. Одна з основних переваг ферорезонансних стабілізаторів напруги - це висока ефективність регулювання напруги та

швидка реакція на зміни навантаження. Вони також відмінні від інших типів стабілізаторів своєю високою надійністю, стійкістю до впливу навколишнього середовища та довгим терміном експлуатації. Однак, недоліком ферорезонансних стабілізаторів є їх складність в проектуванні та висока вартість в порівнянні з іншими типами стабілізаторів.

Недоліки - великі габарити і маса, висока вартість, низькочастотний гул при роботі, спотворення форми вихідної напруги, вузький діапазон роботи (175-250В), обмеження по навантаженню.

**Релейний стабілізатор напруги** (рис.1.5): це один з типів стабілізаторів напруги, який використовує реле для регулювання вихідної напруги. Він працює на основі автоматичного вимикання та включення реле, щоб підтримувати стабільний рівень напруги на виході. Вони використовуються в різних умовах, включаючи домашнє використання, офісні приміщення, малі бізнеси та інші місця, де необхідно забезпечити стабільний рівень напруги для нормальної роботи електроприладів та обладнання. Релейні стабілізатори напруги використовуються в резервному живленні різних електронних пристроїв, таких як комп'ютери, сервери, аудіо-відеоапаратура, телекомунікаційне обладнання та інші електронні пристрої, де стабільна напруга є важливою умовою для їх нормальної роботи.

Однак, релейні стабілізатори напруги мають деякі обмеження, такі як менша точність регулювання напруги порівняно з іншими типами стабілізаторів, більший розмір та вага, а також можливість виникнення перекидань в напрузі при швидкому переключенні між автотрансформаторами.





Рисунок 1.5 – Релейний стабілізатор напруги

Принцип роботи - на автотрансформаторі є група відводів з різними напругами. Комутацією цих відводів за допомогою електромагнітних реле під управлінням блоку стеження і досягається ефект стабілізації напруги.

Переваги - компактність, високий ККД, дешевизна. Чи не впливає на форму мережевий синусоїди.

Основні особливості релейного стабілізатора напруги:

1. Простота: Релейні стабілізатори напруги мають просту конструкцію та невелику кількість компонентів, що робить їх надійними та легкими в обслуговуванні.
2. Висока надійність: Релейні стабілізатори напруги не мають складних електронних схем або керуючих пристроїв, тому вони мають високу надійність та довгий термін служби.
3. Широкий діапазон вхідної напруги: Релейні стабілізатори напруги можуть працювати в широкому діапазоні вхідної напруги, що робить їх відповідними для різних умов електропостачання.
4. Висока потужність: Релейні стабілізатори напруги можуть мати високу потужність, дозволяючи регулювати вихідну напругу для великих навантажень.

5. Відсутність шуму: Релейні стабілізатори напруги не виробляють шуму, оскільки вони не використовують комутацію на високих частотах, як це властиво іншим типам стабілізаторів напруги.

Недоліки - ступінчастість перемикання і регулювання вихідної напруги (моргання ламп розжарювання), швидкість реакції на зміну вхідної напруги близько 50-100 мс, малий ресурс контактів силових реле, перешкоди і комутаційні перенапруги, що виникають при роботі силових контактів реле, точність підтримки вихідної напруги як правило близько 5-10%.

**Інверторний стабілізатор напруги** (рис.1.6) з подвійним перетворенням, також відомий як подвійний конвертор, є одним з типів стабілізаторів напруги, який використовує інверторну технологію для забезпечення стабільного рівня напруги на виході. Він забезпечує високий рівень стабілізації незалежно від вхідної напруги та навантаження, що забезпечує стабільне живлення електроприладів та обладнання. Він також забезпечує чистий синусоїдний вихідний сигнал, що робить його підходящим для живлення чутливої електроніки, такої як комп'ютери, телевізори, медичне обладнання тощо. Висока ефективність, надійність та широкий функціонал роблять інверторні стабілізатори напруги популярними в ряді вимогливих умовах, де важлива стабільність напруги, захист від переривання живлення та функції безперебійного живлення. Вони застосовуються в різних галузях, таких як інформаційні технології, медицина, промисловість, автоматизація, телекомунікації, транспорт та інші, де важлива стабільність електропостачання.



Рисунок 1.6 – Інверторний стабілізатор напруги

Принцип дії - вся енергія мережі змінного струму перетворюється спочатку в постійний струм, а потім фільтрується і потім за допомогою потужного інвертора знову перетворюється на змінний струм. Це досягається за допомогою електронних компонентів, таких як транзистори, діоди, конденсатори та інші елементи, які керують напругою на виході, щоб забезпечити стабільний рівень напруги на виході незалежно від змін вхідної напруги.

Переваги - висока якість вихідного струму, 100% фільтрація від всіх мережових перешкод, ідеальна синусоїда, точну підтримку вихідної частоти, можливість підтримати електроживлення навантаження при короткочасних провалах напруги. Ще однією важливою особливістю інверторних стабілізаторів напруги є їх здатність працювати в режимі безперебійного живлення (UPS). Це означає, що в разі відключення вхідної напруги, інверторний стабілізатор напруги може продовжувати постачання стабільної вихідної напруги з власних резервних джерел енергії, таких як батареї, що дозволяє захистити підключені електронні пристрої від переривання живлення та можливих пошкоджень.

Недоліки - низький ККД, висока вартість, мінімально можлива перевантаження, постійний шум від вентиляторів і перетворювача, необхідність періодичного обслуговування, у міру збільшення

навантаження відбувається зменшення граничного робочого діапазону стабілізатора.

Інверторні стабілізатори напруги широко використовуються в різних застосунках, таких як резервне живлення комп'ютерів, медичного обладнання, лабораторних приладів, аудіо-відеоапаратури, телекомунікаційного обладнання та інших електронних пристроїв, де стабільна напруга є критичним фактором для нормальної роботи.

## **1.2 Загальні переваги та недоліки стабілізаторів напруги**

Головна перевага стабілізатора напруги полягає в забезпеченні стабільної напруги на виході, незалежно від змін вхідної напруги або навантаження. Це допомагає захистити електроніку від можливих пошкоджень, забезпечує надійну роботу електричних пристроїв, покращує їхню тривалість роботи та допомагає уникнути втрат даних чи пошкоджень обладнання. Додаткові переваги включають можливість використання в різних умовах мережі електроживлення, захист від перенапруги, перенапруги та не до напруги, а також забезпечення стабільного енергопостачання в разі непередбачуваних ситуацій.

Основні переваги стабілізатора напруги:

- **Стабільність напруги:** Одна з основних переваг стабілізатора напруги - забезпечення стабільної напруги на виході, незалежно від коливань вхідної напруги. Це може бути особливо корисним в умовах непостійного живлення або коли вхідна напруга змінюється великими амплітудами.
- **Захист електроніки:** Стабілізатори напруги можуть захищати підключені пристрої від впливу перенапруги, недонапруги та інших відхилень в електричній мережі, які можуть пошкодити електроніку. Вони

можуть служити бар'єром для захисту від можливих пошкоджень, пов'язаних з електричними відхиленнями.

- **Забезпечення надійності роботи:** Стабілізатори напруги можуть забезпечити стабільні умови живлення для електронних пристроїв, що може покращити їхню надійність та тривалість роботи. Вони можуть допомогти запобігти випадковим відмовам електроніки, пов'язаним з відхиленнями напруги.

- **Зручність використання:** Багато стабілізаторів напруги мають простий дизайн та легко встановлюються. Вони можуть бути зручним рішенням для забезпечення стабільної напруги в побутових, комерційних та інших застосуваннях.

Один з головних недоліків стабілізатора напруги полягає у втраті енергії в процесі регулювання напруги, що може призводити до меншої ефективності використання електроенергії та збільшення витрат на електроенергію. Крім того, деякі стабілізатори напруги можуть бути великими та важкими, що може вимагати додаткового простору для їх встановлення та експлуатації. Також важливо зазначити, що стабілізатор напруги не забезпечує захист від інших електричних відмов, таких як випадки відсутності електропостачання на тривалий час або дуже короточасні високі перенапруги, що може вплинути на роботу електроніки. Отже, вибір стабілізатора напруги потребує уважного врахування його можливостей та обмежень.

Основні недоліки стабілізатора напруги:

- **Енергетичні втрати:** Використання стабілізатора напруги може супроводжуватись деякими енергетичними втратами, особливо в тих випадках, коли вхідна напруга значно перевищує вихідну. Це може збільшувати споживання електроенергії та витрати на електроенергію.

- **Обмежена ефективність:** Деякі стабілізатори напруги можуть мати обмежену ефективність, особливо при великому відхилі між вхідною

та вихідною напругами. Це може впливати на економічність використання стабілізатора напруги.

- Розмір та вага: Стабілізатори напруги можуть мати великий розмір та вагу, особливо якщо вони призначені для великих навантажень. Це може вимагати достатнього місця для встановлення та обмежувати їхнє використання в деяких обмежених просторах.

- Можлива перевантаження: Якщо вхідна напруга перевищує максимальні можливості стабілізатора напруги, це може призвести до його перевантаження та може спричинити його відмову або пошкодження.

- Вартість: Деякі стабілізатори напруги можуть бути досить вартісними, особливо якщо вони призначені для великих навантажень або мають додаткові функції, такі як захист від перенапруги, шумопідсилювачі, фільтри тощо. Це може вплинути на вибір стабілізатора напруги з позиції економічної доцільності.

- Обмежена регулювання: Деякі стабілізатори напруги можуть мати обмежені можливості регулювання, такі як обмежені діапазони вхідних або вихідних напруг, що може обмежити їхню універсальність в різних ситуаціях.

- Потреба в обслуговуванні: Деякі стабілізатори напруги можуть потребувати регулярного технічного обслуговування, такого як очищення від пилу, перевірка роботи компонентів, заміна пошкоджених елементів тощо. Це може бути додатковою турботою та витратами для користувача.

- Потенційні електромагнітні перешкоди: В деяких випадках стабілізатори напруги можуть створювати електромагнітні перешкоди, які можуть впливати на роботу інших електронних пристроїв, особливо чутливих до електромагнітних впливів, таких як деякі медичні прилади, радіобладнання, тощо.

- Обмежена захист: Стабілізатори напруги можуть забезпечувати базовий рівень захисту від певних проблем, таких як підвищення або зниження напруги, але вони можуть бути недостатніми для захисту від

інших проблем, таких як швидкі зміни напруги, перенапруги, перенапруження тощо. Додатковий захист може знадобитися в деяких випадках.

- **Енергетичні втрати:** Використання стабілізатора напруги може супроводжуватися енергетичними втратами, особливо при великих відхиленнях між вхідною та вихідною напругами. Це може впливати на ефективність енергоспоживання та збільшувати витрати на електроенергію.

Загальні переваги та недоліки стабілізаторів напруги можуть різнитися в залежності від типу, виробника, моделі та параметрів конкретного пристрою.

### **1.3 Особливості конструкції стабілізатора напруги**

Багато стабілізаторів напруги мають трансформатор, який може бути використаний для перетворення вхідної напруги на вищий або нижчий рівень, залежно від потреби стабілізації. Трансформатор може мати відокремлений виток, що забезпечує електричну безпеку, дозволяючи фізично відокремити вхідну та вихідну сторони стабілізатора.

Основним елементом стабілізатора напруги є регулятор, який відповідає за регулювання вихідної напруги на необхідний рівень. Регулятор може бути на базі різних технологій, таких як транзистори, тиристори або інші електронні компоненти, що забезпечують точне регулювання напруги в межах заданого діапазону.

Стабілізатори напруги можуть мати вбудовані фільтри, які допомагають зменшити електричний шум на вхідній або вихідній стороні. Це може бути корисно в умовах з нестабільною мережею або з великою кількістю електричних завад, що можуть впливати на роботу підключених пристроїв.

Деякі стабілізатори напруги можуть мати вбудовані захисні пристрої, такі як реле автоматичного відключення при перевищенні напруги або

потужності, що допомагають захистити підключені пристрої від можливих пошкоджень, спричинених відхиленнями в напрузі.

Стабілізатори спроектовані для роботи з номінальною напругою та повинні бути підключені до мережі на вході та до навантаження на виході. Призначенням є подача споживачеві стабілізованої напруги, за наявності вхідної напруги, що відрізняється від номінальної.

### **Приклади підключення стабілізаторів:**

1. Підключення одного стабілізатора на всі навантаження (рис.1.7) може бути можливим, але ефективність його роботи залежатиме від декількох факторів, таких як розмір та потужність стабілізатора, загальна потужність навантаження, тип навантаження та його вимоги до якості електроенергії, а також вихідний стан мережі електропостачання.

Однак, у багатьох випадках рекомендується встановлювати окремі стабілізатори для окремих навантажень, особливо якщо вони мають різні вимоги до стабільності напруги. Наприклад, великі потужності споживачі, такі як кондиціонери, холодильники, насоси, можуть вимагати окремого стабілізатора для забезпечення сталої напруги в межах встановлених норм.

Це особливо важливо в регіонах з непостійною або низькою якістю електропостачання, де можуть бути часті перепади напруги, підвищена або знижена напруга, гармоніки, перешкоди або електромагнітні завади. Встановлення окремих стабілізаторів на кожне навантаження може забезпечити кращу захист від таких проблем і гарантувати стабільну роботу обладнання.



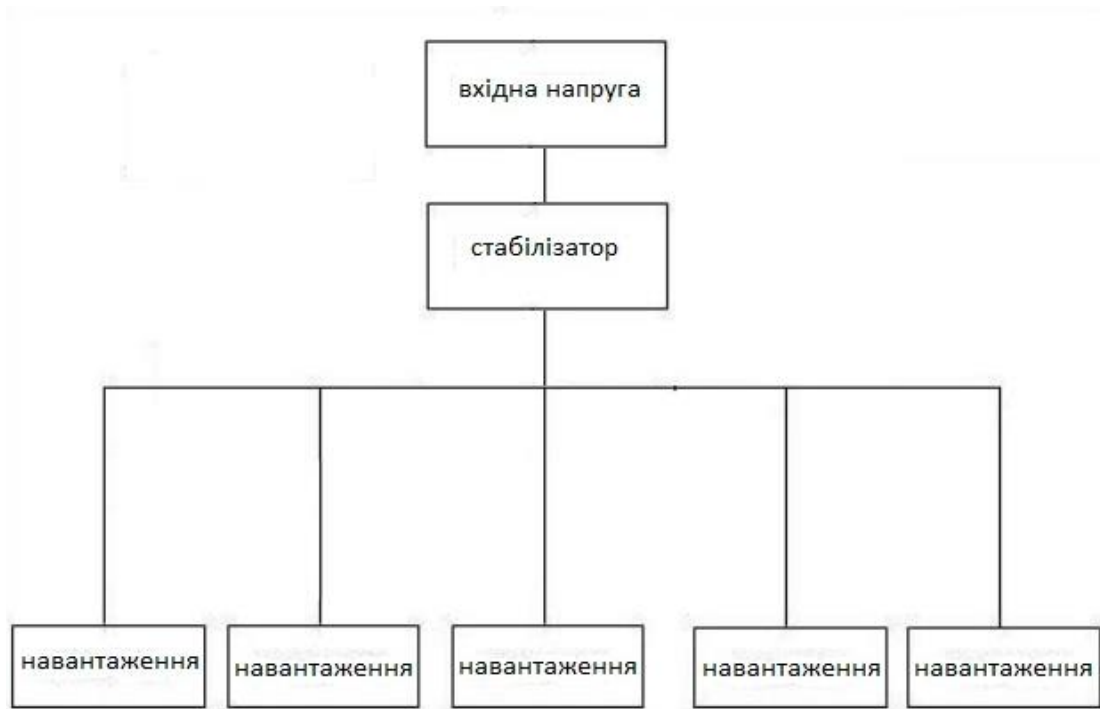


Рисунок 1.7 – Підключення одного стабілізатора на всі навантаження

Перед встановленням стабілізатора на всі навантаження рекомендується проконсультуватися з кваліфікованим фахівцем або інженером електропостачання, який зможе оцінити вимоги вашого конкретного випадку та розробити оптимальне рішення для забезпечення стабільної роботи вашого обладнання. Підключення одного стабілізатора на всі навантаження може бути можливим, але ефективність його роботи залежить від декількох факторів, таких як розмір та потужність стабілізатора, загальна потужність навантаження, тип навантаження та його вимоги до якості електроенергії, а також вихідний стан мережі електропостачання.

Однак, у багатьох випадках рекомендується встановлювати окремі стабілізатори для окремих навантажень, особливо якщо вони мають різні вимоги до стабільності напруги. Наприклад, великі потужні споживачі, такі як кондиціонери, холодильники, насоси, можуть вимагати окремого стабілізатора для забезпечення сталої напруги в межах встановлених норм.

Це особливо важливо в регіонах з непостійною або низькою якістю електропостачання, де можуть бути часті перепади напруги, підвищена або знижена напруга, гармоніки, перешкоди або електромагнітні завади. Встановлення окремих стабілізаторів на кожне навантаження може забезпечити кращу захист від таких проблем і гарантувати стабільну роботу обладнання.

Перед встановленням стабілізатора на всі навантаження рекомендується проконсультуватися з кваліфікованим фахівцем або інженером електропостачання, який зможе оцінити вимоги вашого конкретного випадку та розробити оптимальне рішення для забезпечення стабільної роботи вашого обладнання.

2. Підключення стабілізатора на кожне навантаження (рис.1.8) може бути ефективним способом забезпечення стабільної напруги для кожного окремого споживача. Це особливо важливо в випадках, коли різні споживачі мають різні вимоги до якості електроенергії, або коли є висока вразливість до змін напруги, наприклад, в електронних приладах, комп'ютерах, медичному обладнанні або інших чутливих пристроях.

При підключенні стабілізатора на кожне навантаження, кожен споживач матиме свій власний стабілізатор, що забезпечує сталу напругу на вході до пристрою, незалежно від змін в мережі електропостачання. Це дозволяє забезпечити оптимальну якість електроенергії для кожного споживача, зменшуючи ризик пошкодження електроніки або обладнання внаслідок неправильної напруги.

Однак, підключення стабілізаторів на кожне навантаження може бути витратним за питанням вартості та управління, особливо якщо маєте багато різних споживачів. Крім того, потрібно враховувати простір для встановлення багатьох стабілізаторів, а також можливість налагодження та обслуговування багатьох пристроїв.

Тому перед встановленням стабілізаторів на кожне навантаження важливо ретельно оцінити вимоги вашого обладнання, потужність

споживачів, вимоги до якості електроенергії та бюджет на встановлення та експлуатацію. Кваліфікований фахівець або інженер електропостачання може надати рекомендації щодо оптимального рішення для вашого конкретного випадку.



Рисунок 1.8 – Підключення стабілізатора на кожне навантаження

Основні переваги підключення стабілізатора на кожне навантаження можуть включати:

1. Висока якість електроенергії: Кожен споживач отримує стабільну напругу на вході до свого пристрою, що забезпечує надійну роботу обладнання та захищає його від можливих пошкоджень внаслідок неправильної напруги.

2. Індивідуальна настройка: Кожен стабілізатор може бути налаштований окремо під потреби конкретного споживача, забезпечуючи оптимальні параметри роботи для його обладнання.

3. Більший контроль: Завдяки підключенню стабілізатора на кожне навантаження, ви отримуєте більший контроль над електроенергією, що постачається до кожного пристрою, та зможете швидко виявляти та усувати проблеми з напругою.

Однак, важливо також враховувати деякі можливі недоліки підключення стабілізатора на кожне навантаження, такі як високі витрати на встановлення та обслуговування, складність управління багатьма пристроями, а також вимоги до простору та енергоефективності.

Деякі стабілізатори можуть мати вбудований індикатори стану, такі як світлодіодні індикатори або LCD-дисплеї, які відображають поточний стан роботи стабілізатора, такий як вхідна та вихідна напруга, стан захисних пристроїв або можливі помилки.

Конструкція корпусу та системи охолодження можуть варіюватися в залежності від типу та потужності стабілізатора. Великі стабілізатори можуть мати металевий корпус та вентиляційні отвори для ефективного відведення тепла, тоді як менші стабілізатори можуть мати пластиковий корпус та менші системи охолодження.

Деякі стабілізатори можуть бути виконані у компактних розмірах, забезпечуючи зручність у використанні та забезпечуючи мобільність. Це може бути корисно в випадках, коли потрібно забезпечити стабільну напругу на виїзді або в рухомих умовах.

Конструкція стабілізатора може включати різні вхідні та вихідні інтерфейси, такі як розетки, роз'єми, USB-порти тощо, що забезпечують зручність підключення та використання різних типів пристроїв.

Іноді стабілізатори можуть мати функцію автоматичного відновлення роботи після відключення електропостачання. Це може бути корисно в разі відключення електроенергії, коли стабілізатор автоматично відновлює роботу, коли електропостачання повертається.

Захист від перевантаження, короткого замикання та інших відхилень, стабілізатори можуть мати вбудовані захисні функції, такі як захист від перевантаження, короткого замикання, високої температури, перенапруги та недонапруги, що забезпечують додатковий рівень захисту для підключених електронних пристроїв.

Стабілізатори можуть мати функцію регулювання вихідної напруги, що дозволяє користувачеві встановлювати бажане значення напруги відповідно до вимог підключених пристроїв.

Деколи стабілізатори можуть мати вбудовану батарейну резервну систему, яка дозволяє продовжити роботу підключених пристроїв під час відключення електроенергії, забезпечуючи додатковий рівень безперебійного живлення.

Деякі стабілізатори можуть мати функцію автоматичного вимкнення в разі тривалого періоду не активності або під час відключення електроенергії, що дозволяє заощадити енергію та забезпечити більш ефективну роботу. Також можуть мати вбудований дисплей або світлові індикатори, які відображають поточний стан роботи, такий як вихідна напруга, стан батареї (якщо є), наявність перевантаження або інших захисних функцій. Це може бути корисно для візуального контролю та моніторингу роботи стабілізатора.

Різні стабілізатори можуть використовувати різні механізми регуляції напруги, такі як релейний, трансформаторний, електронний або мікропроцесорний. Кожен з цих механізмів має свої переваги та недоліки, і вибір конкретного механізму залежить від вимог та потреб користувача.

Розмір та дизайн стабілізатора можуть варіюватися від компактних і портативних моделей до великих і масивних пристроїв. Вибір розміру та дизайну може залежати від місця розташування стабілізатора, його мобільності, а також естетичних вимог користувача.

Гарантія та рівень підтримки від виробника можуть бути важливими факторами при виборі стабілізатора. Кращі виробники зазвичай надають довготривалу гарантію на свої продукти та забезпечують високий рівень технічної підтримки, що може бути важливим при виникненні проблем або питань щодо роботи стабілізатора.

## 1.4 Режими роботи стабілізаторів напруги

Для забезпечення довговічного використання стабілізатора напруги рекомендується враховувати наступні аспекти техніки безпеки: перевірка відповідності специфікацій, правильне підключення згідно з інструкціями виробника та національними електротехнічними правилами, захист від вологи, уникання перевантаження, регулярна перевірка стану пристрою та його компонентів. Перед придбанням стабілізатора напруги варто вивчити його технічні характеристики та перевірити, чи вони відповідають вимогам вашої електричної системи, включаючи діапазон напруги, потужність, клас точності тощо. Важливо користуватись інструкціями виробника та національними електротехнічними правилами при підключенні стабілізатора напруги до електричної мережі. Неправильне підключення може призвести до пошкодження пристрою або навіть виникнення небезпечних ситуацій, таких як коротке замикання або пожежа. Стабілізатор напруги повинен бути захищений від вологи, оскільки вологість може вплинути на його роботу та викликати корозію. Розміщуйте стабілізатор в сухому місці, де немає вологи або високої вологості.

Стабілізатор напруги має свою максимальну потужність, яку не можна перевищувати. Перевантаження може призвести до перегрівання пристрою, його пошкодження або відключення від мережі. Варто розраховувати потужність стабілізатора відповідно до споживаної електроенергії підключених приладів. Регулярна перевірка стану стабілізатора напруги, його компонентів, таких як реле, конденсатори, транзистори, проводи тощо, може допомогти виявити можливі ознаки зносу або пошкодження. Якщо виявлені будь-які аномалії, такі як відгини, пошкодження ізоляції, ознаки перегріву, несправності реле тощо, варто негайно вжити заходів щодо їх виправлення або заміни. Стабілізатори напруги призначені для захисту від

перепадів та високочастотних шумів в електричній мережі. Вони не призначені для захисту від розрядів блискавки.

Стабілізатори напруги, також відомі як автоматичні регулятори напруги або AVR (Automatic Voltage Regulators), мають різні режими роботи, в залежності від їхньої конструкції та функціональності. Основні режими роботи стабілізаторів напруги включають:

1. Режим стабілізації напруги: В цьому режимі стабілізатор спостерігає за вхідною напругою та автоматично регулює вихідну напругу, щоб забезпечити постійний рівень напруги на виході, незалежно від змін вхідної напруги. Це основна функція стабілізаторів напруги, яка допомагає захистити електричні пристрої від шкідливих ефектів непостійної напруги, такої як підвищення або зниження напруги в електромережі.

2. Режим захисту від перевантажень: В деяких стабілізаторах напруги є функція захисту від перевантажень, яка дозволяє вимикати вихідний вихід, якщо навантаження на стабілізатор перевищує його максимальну вихідну потужність. Це допомагає захистити стабілізатор від можливих пошкоджень в результаті перевантаження.

3. Режим автоматичного відновлення: Деякі стабілізатори напруги мають функцію автоматичного відновлення, яка дозволяє автоматично включати вихідний вихід після відновлення нормального рівня вхідної напруги після перебоїв в електропостачанні. Це зручно, оскільки дозволяє автоматично відновлювати живлення після відновлення електропостачання без необхідності ручного включення стабілізатора.

4. Режим регулювання відсотках: Деякі стабілізатори напруги мають функцію регулювання вихідної напруги відповідно до встановленого відсотка. Наприклад, користувач може встановити стабілізатор таким чином, щоб вихідна напруга була підтримувана на рівні, скажімо, 220 В за допомогою регулювання відсотків. Це може бути корисно, коли потрібно налаштувати вихідну напругу на певному рівні відповідно до вимог певних електричних пристроїв.

5. Режим економії енергії: Деякі стабілізатори напруги мають функцію економії енергії, яка дозволяє автоматично вимикати вихідний вихід, коли навантаження на стабілізатор дуже низьке або відсутнє, забезпечуючи економію електроенергії.

6. Режим аварійного вимкнення: Деякі стабілізатори напруги мають функцію аварійного вимкнення, яка автоматично вимикає вихідний вихід в разі виявлення серйозних несправностей або відхилень в роботі стабілізатора, що можуть викликати пошкодження електричних пристроїв або неправильну роботу стабілізатора.

7. Автоматичний режим: В цьому режимі стабілізатор автоматично відслідковує зміни вхідної напруги та автоматично регулює вихідну напругу, щоб підтримувати її на сталому рівні, незалежно від коливань вхідної напруги. Це найпоширеніший режим роботи стабілізаторів напруги.

8. Режим захисту від перенапруги: У випадку виявлення високої вхідної напруги, стабілізатор може виконувати функцію захисту від перенапруги, вимикаючи вихідний вихід для захисту підключених електричних пристроїв від можливих пошкоджень.

9. Режим захисту від недонапруги: У випадку виявлення низької вхідної напруги, стабілізатор може виконувати функцію захисту від недонапруги, вимикаючи вихідний вихід для захисту підключених електричних пристроїв від можливих пошкоджень.

10. Режим автоматичного відновлення: Після відключення вихідного виходу у випадку захисту від перенапруги або недонапруги, стабілізатор може автоматично відновлювати роботу, коли вхідна напруга повертається до припустимих меж.

11. Режим батарейного резерву: Деякі стабілізатори можуть мати вбудований акумулятор, який дозволяє їм продовжувати подавати стабільну вихідну напругу в разі відключення вхідного джерела живлення, такого як випадок відключення мережевого живлення. Це може бути корисно в умовах непостійного електропостачання.



Це лише кілька загальних режимів роботи стабілізаторів напруги, і реальні режими можуть варіюватися в залежності від виробника, моделі та функціональності конкретного стабілізатора напруги.

Тому варто встановлювати додаткові захисні засоби, такі як розетки з захистом від перенапруги, для забезпечення безпеки в разі можливості впливу. Для підключення до стабілізатора напруг рекомендується використовувати електричні прилади, які відповідають електричним нормам та стандартам. Використання неякісних або несертифікованих приладів може призвести до збоїв в роботі стабілізатора, зменшення його ефективності або навіть пошкодження.

Стабілізатори напруги можуть мати різні режими роботи, залежно від їхньої конструкції та функцій. Основні режими роботи стабілізаторів напруги включають:

1. Режим стабілізації: В цьому режимі стабілізатор підтримує сталу вихідну напругу на виході, незалежно від змін вхідної напруги. Це основна функція стабілізатора напруги - забезпечення стабільної вихідної напруги при зміні вхідної напруги.

2. Режим регулювання напруги: Деякі стабілізатори мають можливість регулювання вихідної напруги на своєму виході. Цей режим дозволяє користувачеві встановлювати бажану вихідну напругу в межах певного діапазону.

3. Режим захисту: Стабілізатори напруги можуть мати різні вбудовані захисти, такі як захист від короткого замикання, захист від перевантаження, захист від перегріву та інші. У разі виявлення таких викликів, стабілізатор може вимикатися або автоматично виконувати захисні дії, щоб захистити підключені пристрої та сам стабілізатор від можливих пошкоджень.

4. Режим економії енергії: Деякі стабілізатори можуть мати функцію автоматичного вимкнення або переходу в режим економії енергії при низькому навантаженні, що дозволяє заощадити електроенергію в разі, коли підключені пристрої не потребують великої потужності.

5. Режим допомоги запуску: Деякі стабілізатори можуть мати функцію допомоги запуску для електроприладів, які вимагають високої початкової напруги для запуску, наприклад, електродвигунів або пристроїв з великим стартовим струмом. В цьому режимі стабілізатор може надати тимчасово підвищену напругу на виході для успішного запуску таких пристроїв, а потім автоматично повернутися до звичайного режиму роботи.

6. Режим автоматичного рестарту: Деякі стабілізатори можуть мати функцію автоматичного рестарту після відновлення живлення після вимкнення через перевантаження, коротке замикання або інші захисні дії. Це дозволяє автоматично відновити роботу стабілізатора після виключення живлення, забезпечуючи неперервне живлення підключених пристроїв.

7. Режим моніторингу та відображення інформації: Деякі стабілізатори можуть мати вбудовані дисплеї або індикатори, які відображають інформацію про вхідну та вихідну напругу, стан роботи стабілізатора, а також можуть мати можливість моніторингу рівня напруги в реальному часі.

8. Режим автоматичної компенсації вихідної напруги: Деякі стабілізатори можуть мати функцію автоматичної компенсації вихідної напруги в разі змін вхідної напруги. Наприклад, якщо вхідна напруга знижується, стабілізатор може автоматично збільшувати вихідну напругу, щоб забезпечити стабільний рівень напруги на виході.

Звичайно, основні режими роботи стабілізатора напруги, які були перераховані раніше, включають режими вихідної напруги з фіксованим значенням, режими вихідної напруги з автоматичним регулюванням, режими захисту від високої/низької напруги, режими захисту від перевантаження та короткого замикання. Деякі стабілізатори можуть також мати додаткові функції, такі як:

- Режим регулювання часу затримки: В деяких моделях стабілізаторів може бути функція регулювання часу затримки перед включенням або вимиканням стабілізатора після змін вхідної напруги. Це може бути корисно

для уникнення частого включення/вимикання стабілізатора при коротких відключеннях електромережі.

- Режим економії енергії: Деякі стабілізатори можуть мати режим економії енергії, який дозволяє автоматично вимикати стабілізатор, коли підключені пристрої не використовуються протягом певного періоду часу, що допомагає зменшити споживання електроенергії.

- Режим автоматичного відновлення: Деякі стабілізатори можуть мати функцію автоматичного відновлення роботи після відновлення живлення після вимкнення через перевантаження або інші захисні дії. Це може допомогти автоматично відновити роботу стабілізатора після відключення електроенергії.

Ці режими роботи можуть бути відмінними властивостями різних моделей та виробників стабілізаторів напруги. Важливо вивчити документацію та інструкції виробника для розбірного розуміння режимів роботи конкретного стабілізатора напруги, щоб належним чином налаштувати його роботу відповідно до ваших потреб та умов використання. Враховуйте, що різні стабілізатори можуть мати різні можливості та функції, тому розуміння режимів роботи конкретної моделі стабілізатора допоможе вам використовувати його максимально ефективно та безпечно. Завжди слід дотримуватися інструкцій виробника та відповідних електричних правил та норм для забезпечення надійної роботи стабілізатора напруги та захисту вашого обладнання від можливих відхилень в електромережі.

### **1.5 Класи точності стабілізатора напруги**

Погрішність роботи стабілізатора напруги визначається відхиленням вихідної напруги від заданого значення і може бути виражена в відсотках або в абсолютних одиницях виміру.

Зазвичай, погрішність стабілізатора напруги визначається у відсотках і вказує максимальне відхилення вихідної напруги від заданого значення. Наприклад, якщо стабілізатор має погрішність  $\pm 5\%$ , це означає, що вихідна напруга може відхилитися на  $\pm 5\%$  від заданого значення. Якщо задане значення напруги 9 В, то максимальна відхилення становитиме  $\pm 0.45$  В ( $5\%$  від 9 В) при такій погрішності.

Точність стабілізаторів напруги може варіюватися в залежності від типу та моделі стабілізатора. Зазвичай, точність вимірюється у відсотках і відображає максимальний відсоток відхилення вихідної напруги від заданого значення.

Наприклад, для більш простих та економічних стабілізаторів, точність може бути в межах  $\pm 5\%$  або навіть  $\pm 10\%$ . Це означає, що вихідна напруга може відхилитися на  $\pm 5\%$  або  $\pm 10\%$  від заданого значення.

У вищих класів стабілізаторів точність може бути вищою, зазвичай у межах  $\pm 1\%$  або навіть краще. Це означає, що вихідна напруга може відхилитися на менше ніж  $\pm 1\%$  від заданого значення.

Важливо враховувати, що точність стабілізатора може бути вплинена рядом факторів, таких як якість вхідного джерела напруги, навантаження на вихідному боці, температура та вологість оточуючого середовища, технічний стан самого стабілізатора та інші. Тому в реальних умовах експлуатації точність може відрізнятися від вказаних значень в технічних характеристиках виробника.

Основні класи точності стабілізаторів напруги, які використовуються в промисловості та електроніці, включають:

1. Клас точності  $\pm 1-2\%$ : Ці стабілізатори мають високу точність регулювання напруги, зазвичай в межах  $\pm 1-2\%$  від вказаної вихідної напруги. Вони використовуються в дуже вимогливих за точністю додаткових пристроях та системах, де надійна та точна стабілізація напруги є критичним фактором.

2. Клас точності  $\pm 3-5\%$ : Ці стабілізатори мають помірну точність регулювання напруги, зазвичай в межах  $\pm 3-5\%$  від вихідної напруги. Вони використовуються в різноманітних застосуваннях, таких як домашні електронні пристрої, офісна техніка та інші пристрої, де потрібна достатня стабілізація напруги, але не настільки висока, як в класі точності  $\pm 1-2\%$ .

3. Клас точності  $\pm 5-10\%$ : Ці стабілізатори мають меншу точність регулювання напруги, зазвичай в межах  $\pm 5-10\%$  від вихідної напруги. Вони використовуються в більш простих електричних пристроях та системах, де точність стабілізації напруги не є критичним параметром, але все ще важливим для надійної роботи пристроїв.

4. Клас точності  $>10\%$ : Ці стабілізатори можуть мати меншу точність регулювання напруги, більше  $\pm 10\%$  від вихідної напруги. Вони використовуються в простіших застосуваннях, де висока точність регулювання напруги не є необхідною, і їх використання допускає більші відхилення від заданої напруги.

Важливо зауважити, що клас точності стабілізатора напруги може бути одним з факторів, який впливає на його вартість. Звичайно, стабілізатори з вищою точністю зазвичай коштують більше, оскільки вони забезпечують більш точну та стабільну регуляцію напруги. Вибір класу точності стабілізатора напруги залежить від конкретних вимог та потреб в вашій системі або пристрої, тому ретельний аналіз вимог є важливим етапом при виборі відповідного стабілізатора напруги.

## **1.6 Принцип роботи стабілізатора напруги**

Принцип роботи стабілізатора напруги полягає в автоматичному регулюванні вихідної напруги на певному рівні, незалежно від змін вхідної напруги. Основна мета стабілізатора напруги - забезпечити сталу, стабільну напругу на виході, незалежно від змін вхідної напруги, коливань навантаження або зовнішніх факторів.

Основний принцип роботи стабілізатора напруги передбачає вимірювання вхідної напруги, порівняння її з заданою напругою та регулювання вихідної напруги. Зазвичай використовується зворотний зв'язок, коли вихідна напруга порівнюється з заданою напругою, і на основі цього порівняння виконується регулювання роботи стабілізатора.

Є різні методи реалізації принципу роботи стабілізатора напруги, такі як серійний регулятор, регулятор з комутацією, регулятор з використанням інверторів, трансформаторні стабілізатори та багато інших. Кожен з цих методів має свої переваги та недоліки, і вибір конкретного типу стабілізатора напруги залежить від вимог конкретної системи або пристрою, де він буде використовуватися.

Основні методи реалізації принципу роботи стабілізатора напруги можуть бути наступні:

1. Серійний регулятор: Цей метод передбачає використання регульованого опору в серії з навантаженням, що дозволяє регулювати вихідну напругу. При збільшенні вхідної напруги, опір знижується, тим самим знижуючи вихідну напругу. Цей метод простий у реалізації, але має низьку ефективність та може викликати втрати енергії в опорі.

2. Регулятор з комутацією: Цей метод використовує вимикачі або транзистори для швидкої комутації вхідної напруги на виході стабілізатора. Він може бути більш ефективним, ніж серійний регулятор, оскільки втрати енергії в опорі менші, але вимагає складнішої електроніки та керування.

3. Регулятор з використанням інверторів: Цей метод передбачає перетворення вхідної напруги на високочастотний сигнал, який потім змінюється на вихідну напругу. Це може дозволити отримати більшу точність регулювання та кращу стабільність вихідної напруги, але вимагає використання високочастотних компонентів та додаткових заходів для підтримки сталої роботи високочастотного інвертора.

4. Трансформаторні стабілізатори: Цей метод передбачає використання трансформатора для забезпечення стабільної напруги на

виході. Вхідна напруга змінюється на вхідному боці трансформатора, а на виході отримуємо стабільну напругу. Цей метод може бути ефективним і надійним, але вимагає використання трансформатора, що може бути дорогим та важким компонентом.

В загальному, принцип роботи стабілізатора напруги базується на забезпеченні сталої вихідної напруги незалежно від змін вхідної напруги. Це досягається за допомогою різних методів регулювання вхідної напруги, використанням різних електронних компонентів, таких як опори, транзистори, вимикачі та трансформатори, та керування їх роботою. Вибір методу та компонентів залежить від вимог до точності, ефективності, вартості та забезпечення надійної роботи стабілізатора напруги.

## 2 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ

Пристрій призначений для живлення радіоелектронних пристроїв, розрахованих на 9В (наприклад, що отримують енергію від шести гальванічних елементів), від акумуляторної батареї дванадцятивольтової. Додатково передбачена можливість відключення навантаження при зниженні напруги батареї до певного порога.

Схема пристрою представлена на рисунку 2.1.

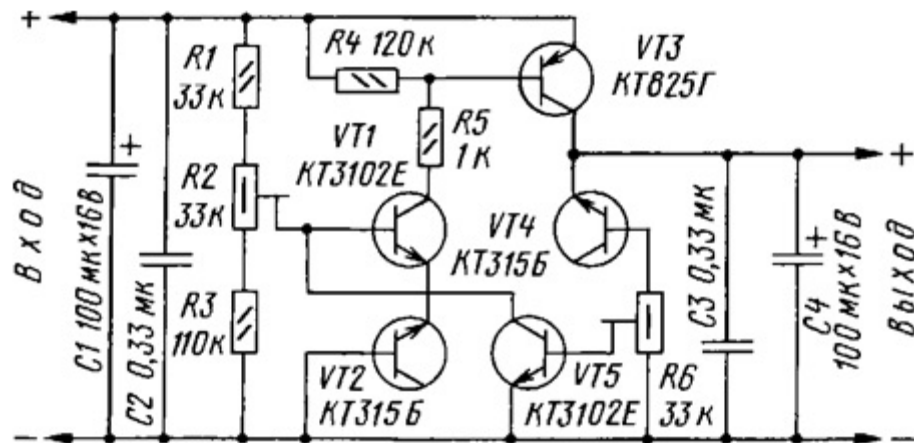


Рисунок 2.1 – Схема стабілізатору напруги

При зростанні вхідної напруги з 10 до 16 В вихідна напруга зростає з 9 до 9,5 (коефіцієнт стабілізації дорівнює 12). Діапазон зміни вихідного струму – від 0 до 1 А, причому вихідна напруга при цьому практично не змінюється. Діапазон значень вхідної напруги, при яких виконується відтинання вихідного струму стабілізатора, - від 10 до 16 В. Струм, споживаний стабілізатором від акумуляторної батареї при відключеному навантаженні, не перевищує 60 мкА.

Пристрій являє собою компенсаційний стабілізатор напруги, у ланцюг негативного зворотного зв'язку (НЗС) якого введений пороговий елемент. При зниженні напруги на вході стабілізатора, відповідно, і на пороговому



елементі, останній переходить у непровідний стан і розмикає ланцюг НЗС. При цьому стабілізатор напруги переходить у режим відсікання вихідного струму.

Збільшена напруга на виході стабілізатора через стабілітрон на емітерному переході транзистора VT4 і підстроювальний резистор R6 прикладається до бази транзистора VT5, викликаючи збільшення його колекторного струму. Це, у свою чергу, зменшує напругу на виході ділянки R1R2R3 і, отже, на базі транзистора VT1, в емітерний ланцюг якого включений стабілітрон на емітерному переході транзистора VT2 з напругою стабілізації 7,3 В. Колекторний струм транзистора VT1, базовий і колекторний струм VT3 зменшуються, напруга на виході стабілізатора знижується.

При вихідному струмі стабілізатора більше 200 мА транзистор VT3 необхідно встановлювати на тепловідведення.

Налагодження пристрою полягає у встановленні необхідної вихідної напруги, а також моменту відсікання вихідного струму при падінні вхідної напруги до певного рівня. Встановлюють движок підстроювального резистора R2 в крайнє верхнє (за схемою) положення, а резистора R6 - в середнє. До вихідних затискачів стабілізатора підключають резистор опором 100 Ом і вольтметр на 10 В. Підключають пристрій до джерела живлення 12В і резистором R6 встановлюють вихідну напругу, що дорівнює 9,5 В. Зменшують вхідну напругу до обраного значення, при якому повинно відбутися відключення навантаження. Плавнo переміщують двигун резистора R2 до вимкнення навантаження.

### **3 ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ ПО СТІЙКОСТІ ДО МЕХАНІЧНИХ І КЛІМАТИЧНИХ ВПЛИВІВ**

При розробці електронного пристрою необхідно враховувати вплив механічних та кліматичних факторів на нього. Це включає відповідність вимогам до механічної вібрації, ударів, температурних змін, вологості та тиску. Для цього на стадії проектування необхідно визначити характер та рівень цих впливів, використовуючи вимоги, встановлені в ГОСТ 15150-69. Зазначений електронний пристрій передбачається використовуватися в країнах Європи.

Для того, щоб відповідати кліматичним вимогам країн Європи, цей пристрій відноситься до категорії УХЛ, що означає, що він розрахований на роботу в помірному кліматі з температурними змінами від  $-45^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  та вологістю до 80% при  $20^{\circ}\text{C}$ . Оскільки пристрій буде розміщений в закритих приміщеннях, де кліматичні умови, такі як температура, вологість, пил та пісок, менше впливають на пристрій, то була обрана категорія розміщення - 3. Це передбачає експлуатацію в закритих приміщеннях з природною вентиляцією без штучно регульованих кліматичних умов, де коливання температури та вологості повітря менше, ніж на відкритому повітрі. Для цієї категорії розміщення допустимі робочі температури від  $-45$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ , максимальні температури під час роботи можуть досягати  $-50$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ , а відносна вологість може становити до 75% при  $15^{\circ}\text{C}$ .

## 4 ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ І ПОПЕРЕДНЯ КОМПОНОВКА КОНСТРУКЦІ ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ

### Конденсатор К50-35 (С1, С4)

Алюмінієві електролітичні конденсатори, завдяки електрохімічного принципу роботи, мають такі переваги:

- висока питома ємність;
- високий максимально допустимий струм пульсації;
- висока надійність.

Параметри конденсаторів представлені в таблиці 4.1, а зовнішній вигляд корпусу – на рисунку 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри електролітичних конденсаторів К50-35

Параметри	Значення параметру
Номінальна ємність, мкФ	100
Допуск ємності, %	20
Робоча напруга, В	16
Тангенс кута втрат	0,0017
Діаметр корпусу, D, мм	5
Висота корпусу, L, мм	7
Діаметр виводу, d, мм	0,6
Відстань між виводами, F, мм	2,0
Робоча температура, °С	-40...85

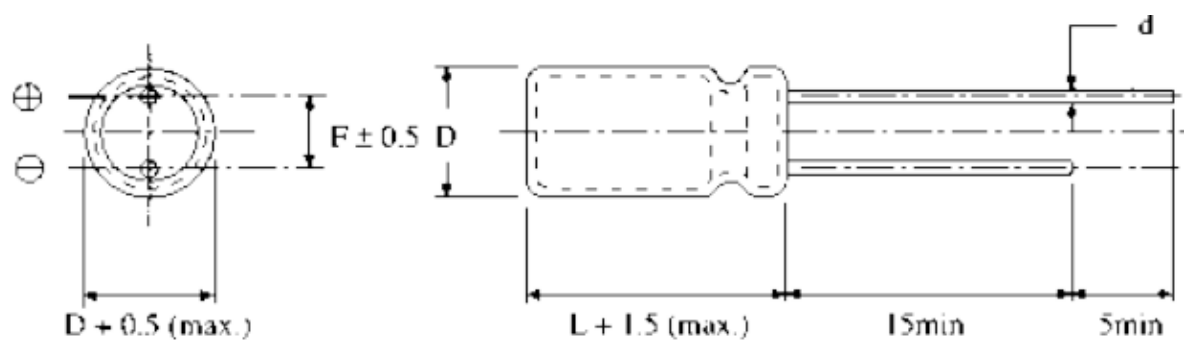


Рисунок 4.1 – Конденсатори К50-35

### Конденсатори К10-17а (С2, С3)

Конденсатори К10-17 призначені для роботи в ланцюгах постійного, змінного струмів та імпульсних режимах. К10-17А – правильної форми, ізольовані керамічні конденсатори у всекліматичному виконанні.

Параметри конденсаторів представлені в таблиці 4.2, а зовнішній вигляд корпусу – на рисунку 4.2.

Таблиця 4.2 – Параметри електролітичних конденсаторів К10-17а

Параметри	Значення параметру
Номінальна ємність, мкФ	0,33
Допуск ємності, %	10
Робоча напруга, В	50
Тангенс кута втрат	0,035
Робоча температура, °С	-60...125

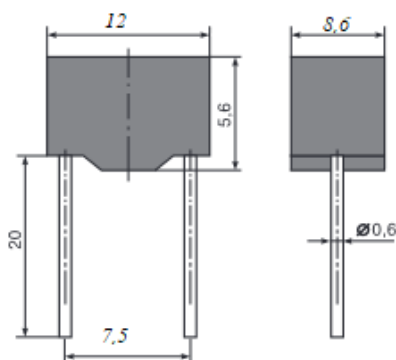


Рисунок 4.2 – Конденсатори К10-17а

### Резистори С2-23-0,125Вт (R1, R3... R5)

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

Металлоксидні 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 4.3, а зовнішній вигляд корпусу – на рисунку 4.3.

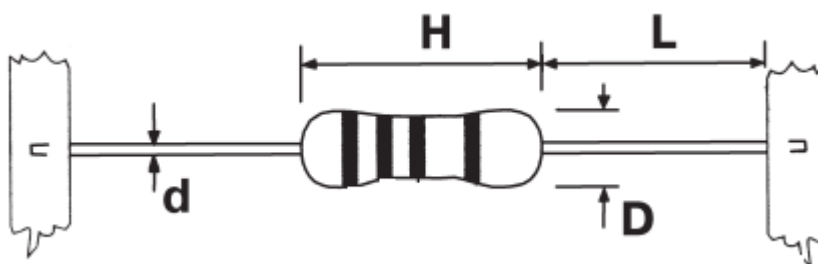


Рисунок 4.3 – Резистори С2-23

Таблиця 4.3 - Параметри постійних резисторів С2-23

Найменування параметрів	Значення параметру
Допустиме відхилення від номінального значення, %	5
Гранична робоча напруга, В	500
Номінальна потужність розсіювання, Вт	0,125
Діаметр корпусу, D, мм	2,3
Довжина корпусу, Н, мм	6,0
Діаметр виводу, d, мм	0,6
Максимальна довжина виводу, L, мм	28
Робоча температура, °С	-55...125

### РЕЗИСТОР СПЗ-38а (R2, R6)

Резистори змінні дротяні підстроювальні з круговим переміщенням рухомої системи призначені для використання як вбудовані елементи внутрішнього монтажу комплектних виробів для роботи в ланцюгах постійного та змінного струмів, у безперервних та імпульсних режимах. Параметри змінного резистору представлені в таблиці 4.4, а зовнішній вигляд корпусу – на рисунку 4.4.

Таблиця 4.4 - Параметри резисторів СПЗ-38

Найменування параметрів	Значення параметру
Номінальний опір	33 кОм
Функціональна характеристика	А
Гранична робоча напруга, В	150
Номінальна потужність розсіювання, Вт	0,125
Робоча температура, °С	-45...70

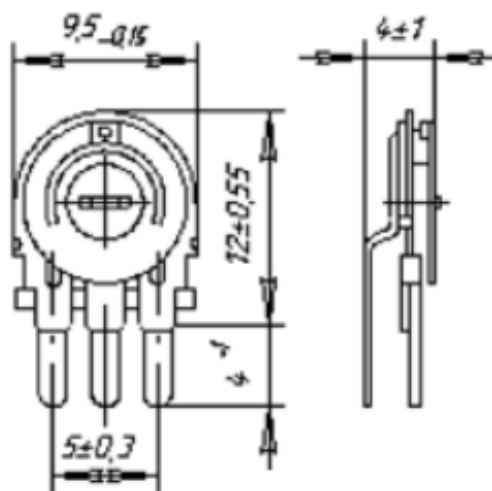


Рисунок 4.4 – Резистори СПЗ-38а

### ТРАНЗИСТОР КТ3102ЕМ (VT1, VT5)

КТ3102ЕМ - транзистор n-p-n кремнієвий, в пластмасовому корпусі призначений для використання в низькочастотних пристроях апаратури широкого застосування з малим рівнем шумів і іншій радіоелектронній апаратури, що виготовляється для народного господарства. Параметри біполярних транзисторів КТ3102ЕМ представлені в таблиці 4.5. Конструкція корпусів представлена на рисунку 4.5.

Таблиця 4.5 – Параметри біполярних транзисторів КТ3102ЕМ

Найменування параметра, одиниці вимірювання	Значення
Максимальна напруга колектор - база, В	20
Максимальна напруга емітер – база, В	20
Максимальний струм, А	0,2
Коефіцієнт передачі струму	400...1000
Гранична частота, МГц	200
Потужність, Вт	0,25
Максимальна робоча температура, °С	125

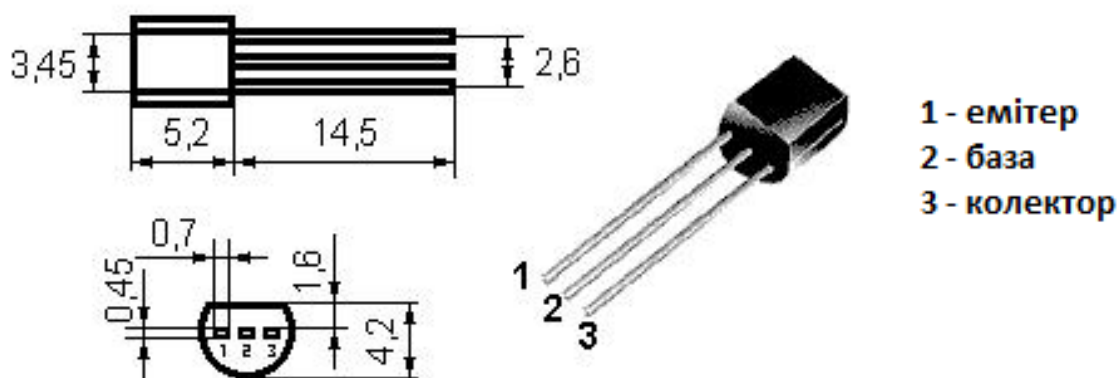


Рисунок 4.5 – Транзистор КТ3102ЕМ та КТ315Б1

### ТРАНЗИСТОР КТ315Б1 (VT2, VT4)

Транзистори КТ315Б1 кремнієві епітаксійно-планарні структури n-p-n підсилювальні. Призначені для застосування у підсилювачах високої, проміжної та низької частоти. Випускаються у пластмасовому корпусі з гнучкими виводами. Параметри біполярних транзисторів КТ315Б1 представлені в таблиці 4.6. Конструкція корпусів представлена на рисунку 4.5.

Таблиця 4.6 – Параметри біполярних транзисторів КТ315Б1

Найменування параметра, одиниці вимірювання	Значення
Максимальна напруга колектор - база, В	20
Максимальна напруга емітер – база, В	20
Максимальний струм, А	0,1
Коефіцієнт передачі струму	50...350
Гранична частота, МГц	250
Потужність, Вт	0,15
Максимальна робоча температура, °С	125



## Транзистор КТ815Г (VT3)

Транзистор КТ815Г – кремнієвий епітаксійно-планарний біполярний транзистор. Призначений для використання в ключових та лінійних схемах, блоках та вузлах радіоелектронної апаратури широкого застосування. Параметри транзисторів представлені у таблиці 4.7. Зовнішній вигляд корпусу транзисторів представлений на рисунку 4.6.

Таблиця 4.7 – Параметри біполярних транзисторів КТ815Г

Найменування параметра, одиниці вимірювання	Значення
Максимальна напруга колектор - база, В	100
Максимальна напруга колектор – емітер, В	100
Максимальний струм, А	1,5
Коефіцієнт передачі струму	40
Гранична частота, МГц	3
Максимальна потужність, Вт	10
Діапазон робочих температур, °С	-60...125

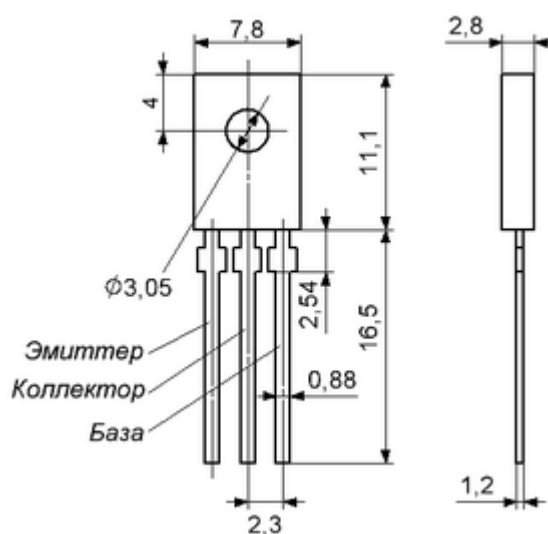


Рисунок 4.6 – Транзистор КТ815Г

Для підключення напруги живлення та навантаження на платі пристрою будуть використані з'єднувачі на 2 контакти типу PLS-2 з розмірами  $5,08 \times 2,54$  мм.

## 5 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

Основні етапи розробки конструкції друкованої плати можна описати наступним чином:

1. Вибір і обґрунтування типу друкованої плати, тобто визначення форми, розмірів та конфігурації плати, враховуючи вимоги проекту.

2. Вибір і обґрунтування класу точності друкованої плати згідно з ГОСТ 23751-86, що відповідає вимогам проекту та потребам виробництва.

3. Вибір матеріалу, розмірів та конфігурації друкованої плати відповідно до технічних вимог, таких як механічна міцність, електричні властивості та теплові характеристики.

4. Попереднє розміщення навісних елементів, тобто визначення взаємного розташування елементів на поверхні плати з урахуванням ергономіки, функціональності та електричних з'єднань.

5. Трасування провідників і розміщення елементів, тобто розробка оптимального маршруту провідників з урахуванням електричних, електромагнітних та теплових вимог, а також властивостей матеріалу плати.

6. Розробка конструкторської документації друкованої плати, включаючи відповідну документацію, креслення, специфікації та технічні вимоги до виготовлення, монтажу та експлуатації плати.

В даному дипломному 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 вісей отворів  $Td = 0,15$  мм;
- допуск на розташування центрів контактних площадок  $TD =$

0,25 мм.

Для виготовлення друкованої плати у цьому дипломному проекті використовується матеріал на основі склотекстоліту, який облицьований мідною оксидованою фольгою типу СФ-2-35 [9]. Товщина цієї фольги складає 35 мікрметрів. Загальна товщина друкованої плати становить 1,5 міліметра. Робочий діапазон температур для цієї плати становить від мінус 60°C до 85°C. Габаритні розміри друкованої плати складають 55×30 мм. Діаметр отвору під вивід вибирають з умови отримання зазору між виводом і стінкою отвору, що забезпечує капілярне проникнення припою в процесі пайки, тобто  $d_{\text{отв}} = d_{\text{вив}} + (0,1 \dots 0,4) \text{ мм}$  [10].

Діаметри виводів  $d_{\text{вив}} - 0,6 \text{ мм}, 0,7 \text{ мм}, 1,0 \text{ мм}, 1,2 \text{ мм}$ .

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

Приймаємо  $d_{\text{отв1}} = 0,9 \text{ мм}$

Приймаємо  $d_{\text{отв2}} = 1,3 \text{ мм}$

Мінімальний діаметр контактної площадки  $D$  навколо монтажного отвору з відомим діаметром  $d$  визначається за формулою (5.1).

$$D = (d + \Delta d_g) + 2b + \Delta t_g + 2\Delta d_T + \sqrt{T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_n^2} \quad (5.1)$$

де  $d$  - діаметр отвору;

$\Delta d_g$  - 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

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

$\Delta d_T$  - 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 0,9 мм визначається за формулою

$$D_1 = (0,9 + 0,1) + 2 \times 0,2 + 0,1 + 2 \times 0,03 + \sqrt{0,15^2 + 0,25^2 + 0,1^2} \\ = 1,9 \text{ мм}$$

Мінімальний діаметр контактної площадки  $D$  навколо монтажного отвору з відомим діаметром 1,3 мм визначається за формулою




$$D_2 = (1,3 + 0,15) + 2 \times 0,2 + 0,1 + 2 \times 0,03 + \sqrt{0,15^2 + 0,25^2 + 0,1^2} \\ = 2,3 \text{ мм}$$

Правила виконання креслень друкованої плати як деталі встановлені ГОСТ 2.417-91 [6]. Розміри на кресленні друкованої плати вказані за допомогою координатної сітки в прямокутній системі координат. Крок сітки 1,25 мм.

Координатна сітка нанесена на частину поверхні друкованої плати. За початок відліку прийнятий лівий нижній кут друкованої плати [11].

Діаметр отвору, його умовний знак, діаметр контактної площинки, наявність металізації, кількість отворів об'єднані в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 - Параметри монтажних отворів і контактних площадок.

Умовне позначення	Діаметр отворів, мм	Наявність металізації	Кількість отворів	Мінімальний діаметр контактної площинки, мм
	0,9	Є	32	1,9
	1,3	Є	9	2,3
	3,0	-	2	-

## 6 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ДРУКОВАНОГО ВУЗЛА

У друкованого вузла є дві основні складові: друкована плата та начіпні елементи. На складальному кресленні електрорадіоелементи можна зображати спрощено зовнішніми обрисами. Позиційні позначення для складових частин, які є елементом принципової електричної схеми, наносять на кресленні.

Установка начіпних елементів на друкованій платі відбувається в отвори друкованої плати згідно зі стандартом ДСТУ 2779-94. Установка резисторів, конденсаторів, напівпровідникових приладів, інтегральних мікросхем та інших елементів на друкованих платах передбачає, що мінімальний розмір від корпусу елемента до центру кола вигину при формуванні виводів повинен становити 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 6.1, а креслення друкованої плати – на рисунках 6.2, 6.3.

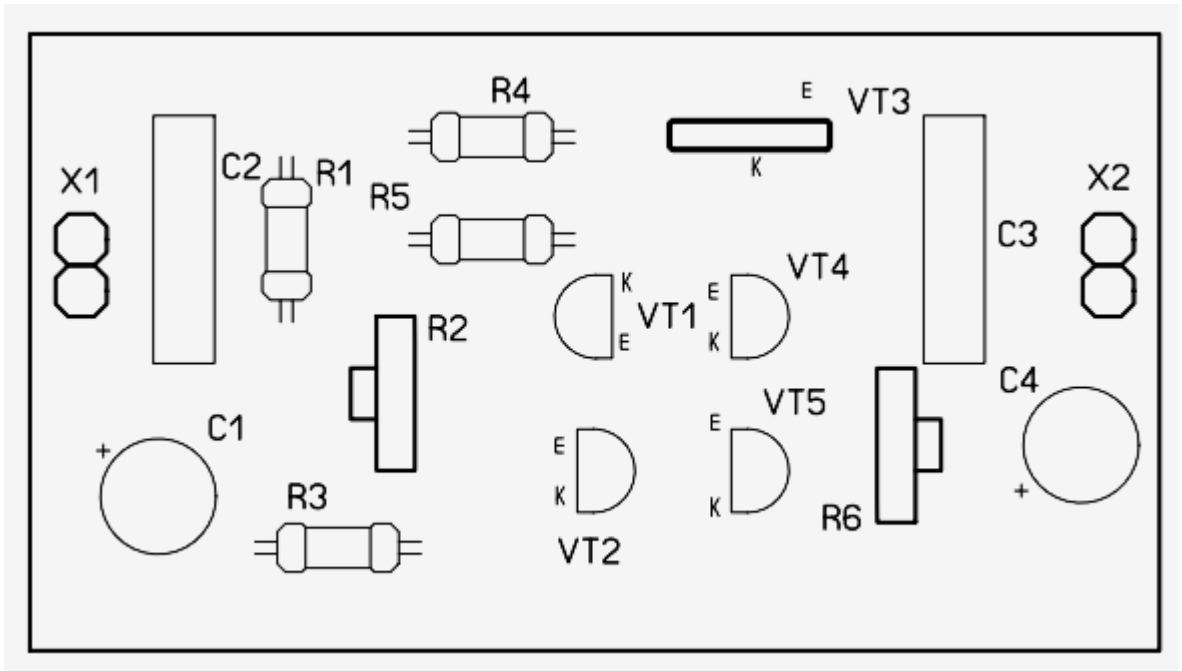


Рисунок 6.1 – Складальне креслення стабілізатору напруги

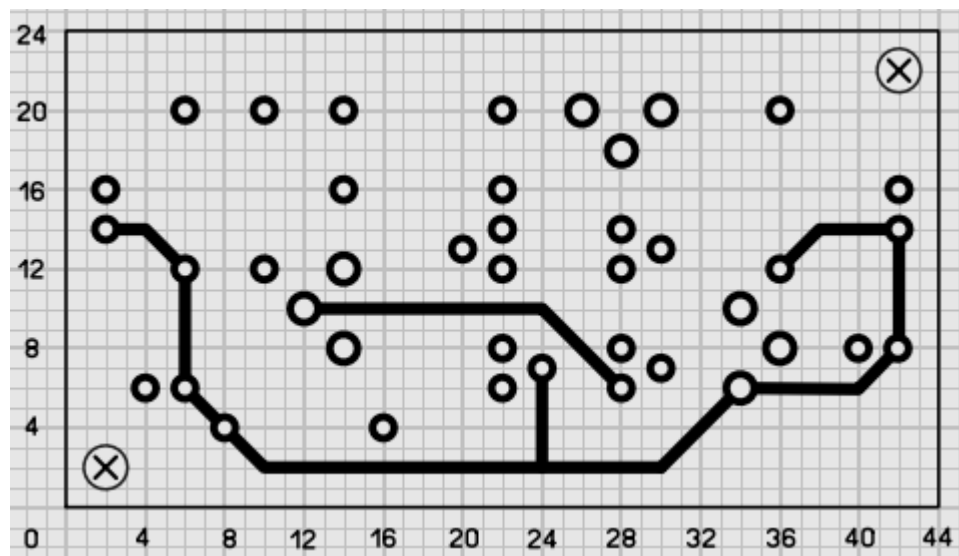


Рисунок 6.2 – Креслення друкованої плати  
стабілізатору напруги (сторона 1)

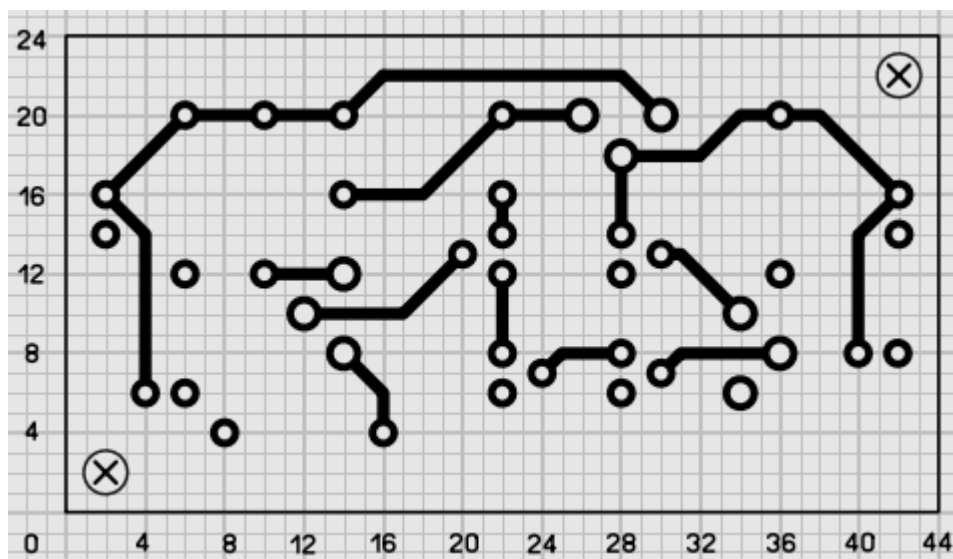


Рисунок 6.3 – Креслення друкованої плати  
стабілізатору напруги (сторона 2)



## 7 ВИБІР УМОВ ОХОЛОДЖЕННЯ І РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ

Під час роботи електронного пристрою важливо, щоб температура його елементів не перевищувала допустимих значень, встановлених технічними умовами. Для досягнення необхідних температурних умов під час конструювання застосовуються відповідні методи охолодження та раціональна компоновка елементів на пристрої.

Попередній вибір системи охолодження здійснюється за допомогою графіків, які показують оптимальні способи охолодження в залежності від розміру теплового потоку, який надходить на одиницю площі теплообміну. Оцінка виконується на основі попередніх даних щодо величини теплового потоку, використовуючи відповідну формулу (7.1):

$$p = \frac{P \times k_p}{S_{\Pi}}, \quad (7.1)$$

де  $P$  – сумарна розсіювальна потужність електронного пристрою;

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

$S_{\Pi}$  – поверхня теплообміну, що визначається геометричними розмірами корпусу електронного пристрою.

$$P = \sum p_i, \quad (7.2)$$

де  $p_i$  – потужність кожного елемента окремо.

$$P = 0,125 \times 4 + 0,5 \times 2 + 0,25 \times 2 + 0,15 \times 2 = 2,3 \text{ Вт.}$$

Корпус проектованого пристрою прямокутної форми з розмірами: 100×60×60 мм (0,1×0,06×0,06 м).

Коефіцієнт заповнення обсягу  $k_3 = 0,8$ .

Поверхня теплообміну

$$S_{II} = 2 \times [l_1 l_2 + (l_1 + l_2) l_3 k_3] = 2 \times [0,1 \times 0,06 + (0,1 + 0,06) \times 0,06 \times 0,8] = 0,027 \text{ м}^2 \quad (7.3)$$

Величина теплового потоку на одиницю площі за формулою (7.1) становить

$$p = \frac{2,3 \times 1}{0,027} = 84,1 \text{ Вт / м}^2$$

$$\lg p = 1,92$$

Другим вхідним параметром є величина мінімально припустимого перегріву елементів пристрою

$$\Delta T_{i \min} = T_{i \min} - T_C = 70 - 40 = 30^\circ \text{C} \quad (7.4)$$

де  $T_{i \min}$  – припустима температура корпусу найменш теплостійкого елемента (підлаштувальний резистор,  $70^\circ \text{C}$ );

$T_C$  – температура навколишнього середовища ( $40^\circ \text{C}$ ).

З аналізу графіків, що містяться в методичних вказівках до дипломного проекту [4], видно, що найбільш ефективним методом охолодження є природне повітряне охолодження. Площа поверхні корпусу пристрою визначається за формулою (7.5):

$$S_K = 2 \times [l_1 l_2 + (l_1 + l_2) l_3] = 2 \times [0,1 \times 0,06 + (0,1 + 0,06) \times 0,06] = 0,03 \text{ м}^2 \quad (7.5)$$

Питома потужність розсіювання блоку пристрою

$$p_K = \frac{P}{S_K} = \frac{2,3}{0,03} = 73,7 \text{ Вт} / \text{м}^2 \quad (7.6)$$

Питома потужність розсіювання блоку пристрою

$$p_3 = \frac{P}{S_{II}} = \frac{2,3}{0,024} = 84,1 \text{ Вт} / \text{м}^2 \quad (7.7)$$

Перегрів корпусу електронного пристрою, який працює в нормальних кліматичних умовах, порівняно з навколишнім середовищем визначається залежністю між величиною теплового потоку, що надходить на пристрій, та умовами оточення (7.8):

$$\begin{aligned} \Theta_1 &= 0,1472p_K - 0,2962 \times 10^{-3} p_K^2 + 0,3127 \times 10^{-6} p_K^3 = \\ &= 0,1472 \times 73,7 - 0,2962 \times 10^{-3} \times 73,7^2 + 0,3127 \times 10^{-6} \times 73,7^3 = 9,4^\circ\text{C} \end{aligned} \quad (7.8)$$

Перегрів нагрітої зони визначається залежністю (7.9):

$$\begin{aligned} \Theta_2 &= 0,1390p_3 - 0,1223 \times 10^{-3} p_3^2 + 0,0698 \times 10^{-6} p_3^3 = \\ &= 0,1390 \times 84,1 - 0,1223 \times 10^{-3} \times 84,1^2 + 0,0698 \times 10^{-6} \times 84,1^3 = 10,9^\circ\text{C} \end{aligned} \quad (7.9)$$

Перегрів повітря в пристрої визначається за формулою (7.10):

$$\Theta_B = 0,6\Theta_3 = 0,6 \times 10,9 = 6,5^\circ\text{C} \quad (7.10)$$

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

### Постійні резистори С2-23

Потужність елемента  $P_{\text{ел}} = 0,025 \text{ Вт}$

Площа поверхні елемента  $S_{ел} = 0,0000138 \text{ м}^2$ . Питома розсіювальна потужність за формулою (7.11):

$$p_{ел} = \frac{P_{ел}}{S_{ел}} = \frac{0,025}{0,0000138} = 1812 \text{ Вт / м}^2 \quad (7.11)$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю (7.12):

$$\Theta_{ел} = \Theta_3 \times (0,75 + 0,25 \frac{p_{ел}}{p_3}) = 10,9 \times (0,75 + 0,25 \times \frac{1812}{84,1}) = 66,7^\circ\text{C} \quad (7.12)$$

Перегрів навколишнього середовища елемента визначається залежністю (7.13):

$$\Theta_{сп} = \Theta_B \times (0,75 + 0,25 \frac{p_{ел}}{p_3}) = 6,5 \times (0,75 + 0,25 \times \frac{1812}{84,1}) = 40^\circ\text{C} \quad (7.13)$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю (7.14):

$$T_{ел} = \Theta_{ел} + T_C = 66,7 + 40 = 106,7^\circ\text{C} \quad (7.14)$$

Температура навколишнього середовища елемента визначається залежністю (7.15):

$$T_{сп} = \Theta_{сп} + T_C = 40 + 40 = 80^\circ\text{C} \quad (7.15)$$

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

### **Підлаштувальні резистори СЗ-38**

Потужність елемента  $P_{ел} = 0,025 \text{ Вт}$

Площа поверхні елемента  $S_{ел} = 0,0000475 \text{ м}^2$ .

Питома розсіювальна потужність за формулою (7.11):

$$p_{el} = \frac{P_{el}}{S_{el}} = \frac{0,025}{0,0000475} = 526 \text{ Вт} / \text{м}^2 \quad (7.11)$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю (7.12):

$$\Theta_{el} = \Theta_3 \times (0,75 + 0,25 \frac{p_{el}}{p_3}) = 10,9 \times (0,75 + 0,25 \times \frac{526}{84,1}) = 25,1^\circ\text{C} \quad (7.12)$$

Перегрів навколишнього середовища елемента визначається залежністю (7.13):

$$\Theta_{cp} = \Theta_B \times (0,75 + 0,25 \frac{p_{el}}{p_3}) = 6,5 \times (0,75 + 0,25 \times \frac{526}{84,1}) = 15,1^\circ\text{C} \quad (7.13)$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю (7.14):

$$T_{el} = \Theta_{el} + T_C = 25,1 + 40 = 65,1^\circ\text{C} \quad (7.14)$$

Температура навколишнього середовища елемента визначається залежністю (7.15):

$$T_{cp} = \Theta_{cp} + T_C = 15,1 + 40 = 55,1^\circ\text{C} \quad (7.15)$$

Так як температура поверхні елемента менше максимальної робочої температури ( $70^\circ\text{C}$ ), то елемент не перегрівається і працює нормально.

### **Транзистори КТ3102ЕМ та КТ315Б1**

Потужність елемента  $P_{el} = 0,05 \text{ Вт}$

Площа поверхні елемента  $S_{el} = 0,000021 \text{ м}^2$ . Питома розсіювальна потужність за формулою (7.11):

$$P_{el} = \frac{P_{el}}{S_{el}} = \frac{0,05}{0,000021} = 2381 \text{ Вт} / \text{м}^2 \quad (7.11)$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю (7.12):

$$\Theta_{el} = \Theta_3 \times (0,75 + 0,25 \frac{P_{el}}{P_3}) = 10,9 \times (0,75 + 0,25 \times \frac{2381}{84,1}) = 85,1^\circ\text{C} \quad (7.12)$$

Перегрів навколишнього середовища елемента визначається залежністю (7.13):

$$\Theta_{cp} = \Theta_B \times (0,75 + 0,25 \frac{P_{el}}{P_3}) = 6,5 \times (0,75 + 0,25 \times \frac{2381}{84,1}) = 51^\circ\text{C} \quad (7.13)$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю (7.14):

$$T_{el} = \Theta_{el} + T_C = 85,1 + 40 = 125,1^\circ\text{C} \quad (7.14)$$

Температура навколишнього середовища елемента визначається залежністю (7.15):

$$T_{cp} = \Theta_{cp} + T_C = 51 + 40 = 91^\circ\text{C} \quad (7.15)$$

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

### Транзистори КТ815Г

Потужність елемента  $P_{el} = 0,05 \text{ Вт}$

Площа поверхні елемента  $S_{el} = 0,0000218 \text{ м}^2$ . Питома розсіювальна потужність за формулою (7.11):

$$P_{el} = \frac{P_{el}}{S_{el}} = \frac{0,05}{0,0000218} = 2289 \text{ Вт} / \text{м}^2 \quad (7.11)$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю (7.12):

$$\Theta_{el} = \Theta_3 \times (0,75 + 0,25 \frac{P_{el}}{P_3}) = 10,9 \times (0,75 + 0,25 \times \frac{2289}{84,1}) = 82,1^\circ\text{C} \quad (7.12)$$

Перегрів навколишнього середовища елемента визначається залежністю (7.13):

$$\Theta_{cp} = \Theta_B \times (0,75 + 0,25 \frac{P_{el}}{P_3}) = 6,5 \times (0,75 + 0,25 \times \frac{2289}{84,1}) = 49,3^\circ\text{C} \quad (7.13)$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю (7.14):

$$T_{el} = \Theta_{el} + T_C = 82,1 + 40 = 122,1^\circ\text{C} \quad (7.14)$$

Температура навколишнього середовища елемента визначається залежністю (7.15):

$$T_{cp} = \Theta_{cp} + T_C = 49,3 + 40 = 89,3^\circ\text{C} \quad (7.15)$$

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

## 8 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ ПРИСТРОЮ

Для визначення надійності пристрою використовується методика розрахунку на основі раптових експлуатаційних відмов з використанням відомих показників надійності елементів пристрою із наступними припущеннями: відмови елементів вважаються статистично незалежними, і відмова будь-якого елемента призводить до відмови всього пристрою. Інтенсивність відмов пристрою визначиться за формулою (8.1).

$$\lambda_c = k_\lambda \sum_{i=1}^n \alpha_i \lambda_{0i} \quad (8.1)$$

де  $\lambda_{0i}$  - інтенсивність відмови  $i$ -го елемента;

$\alpha_i$  - 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 керамічні:

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

Конденсатор електролітичний:

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



- поправочний коефіцієнт  $\alpha = 1,24$ ;
- кількість елементів – 2.

Постійні резистори:

- інтенсивність відмов  $\lambda_0 = 0,1 \times 10^{-6}$  1/год;
- коефіцієнт навантаження  $k_n = 0,5$ ;
- поправочний коефіцієнт  $\alpha = 0,6$ ;
- кількість елементів – 4.

Підлаштувальні резистори:

- інтенсивність відмов  $\lambda_0 = 0,5 \times 10^{-6}$  1/год;
- коефіцієнт навантаження  $k_n = 0,5$ ;
- поправочний коефіцієнт  $\alpha = 0,6$ ;
- кількість елементів – 2.

Транзистори:

- інтенсивність відмов  $\lambda_0 = 1,0 \times 10^{-6}$  1/год;
- коефіцієнт навантаження  $k_n = 0,5$ ;
- поправочний коефіцієнт  $\alpha = 0,4$ ;
- кількість елементів – 5.

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 – 41.

Інтенсивність відмови пристрою за формулою (8.1) становить:

$$\lambda_c = 1,07 \times 1 \times 1 \times (0,35 \times 0,1 \times 2 + 1,24 \times 0,5 \times 2 + 0,6 \times 0,1 \times 4 + 0,6 \times 0,5 \times 2 + 0,4 \times 1,0 \times 5 + 0,1 \times 1 + 0,002 \times 41) \times 10^{-6} = 5,07 \times 10^{-6} \text{ 1/год}$$

Середній наробіток на відмову всього пристрою розраховуємо за формулою (8.2):

$$T_c = \frac{1}{\lambda_c} = \frac{1}{5,07 \times 10^{-6}} = 197238 \text{ год} \approx 22,5 \text{ років}$$

## ВИСНОВОК

У дипломному проекті було досліджено та вивчено стабілізатори напруги як важливий елемент електроенергетичних систем. Були розглянуті принципи роботи стабілізаторів напруги, їх використання та основні переваги.

Основна перевага стабілізатора напруги полягає в тому, що він забезпечує стабільний рівень напруги в електричній мережі, захищаючи підключені пристрої від можливих пошкоджень від надлишкової або зниженої напруги. Це особливо важливо для електронних приладів, які можуть бути чутливі до змін напруги, таких як комп'ютери, медична апаратура, аудіо-відео техніка та інші.

Крім того, стабілізатори напруги можуть застосовуватися в різноманітних галузях, включаючи виробництво, телекомунікації, домашнє використання, та багато інших. Вони можуть бути використані як окремі пристрої, так і вбудовані в складі різних систем та обладнання.

Однак, слід враховувати також і недоліки стабілізаторів напруги, такі як енергетичні втрати, вартість та обмежена шкала регулювання. Вибір відповідного стабілізатора напруги повинен бути здійснений з урахуванням конкретних вимог та потреб системи або пристрою.

Отже, в дослідженні стабілізаторів напруги було встановлено їх важливу роль у забезпеченні стабільної роботи електричних пристроїв та систем. Враховуючи переваги та недоліки цих пристроїв, рекомендується вибрати відповідний клас точності таб функціональні характеристики стабілізатора напруги з урахуванням конкретних вимог та потреб проекту або системи, в якій він буде застосовуватися. При використанні стабілізаторів напруги слід дотримуватися рекомендацій виробника та стандартів електробезпеки, забезпечувати належне обслуговування та технічне обслуговування.

Дослідження стабілізаторів напруги дозволило зрозуміти важливість

їх використання в різних сферах життєдіяльності, де важлива стабільність електропостачання. Вони можуть допомогти запобігти можливим збоїв у роботі електронної техніки та знизити ризик пошкодження від неправильного рівня напруги.

Загалом, дослідження стабілізаторів напруги є важливим кроком у розумінні їх ролі та застосуванні у різних сферах. Правильний вибір та належне використання стабілізатора напруги може забезпечити стабільність роботи електричних систем та пристроїв, підвищити їх надійність та тривалість експлуатації.

У даному дипломному проекті було виконано наступні завдання:

- Розраховано параметри стабілізатора напруги.
- Розроблено конструкцію друкованого вузла для стабілізатора напруги.
- Розроблено друковану плату для стабілізатора напруги.
- Проведено тепловий розрахунок для друкованого вузла.
- Розраховано надійність друкованого вузла блоку.

Основні конструктивні параметри:

- розміри друкованої плати -  $55 \times 30 \times 1,5$  мм;
- середнє напрацювання на відмову - 197238 годин.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Норми точності вимірювань фізичних величин: довідник / За ред. О. О. Ковальова, В. А. Рогача - К .: Метрологія та вимірювальна техніка, 1985. - 392 с.
2. ГОСТ 23216-78. Інтегральні мікросхеми. Загальні технічні вимоги. - Введ. 01.01.80.
3. Керамічні конденсатори: Довідник / Под ред. Л. В. Седової. - М.: Радіо та зв'язь, 1988. - 224 с.
4. ГОСТ 30296-96. Взаємозамінність електронних компонентів. Вимоги до маркування, упаковки, транспортування та зберігання. - Введ. 01.01.97.
5. ДСТУ 2386-94. Радіоелектронні засоби. Вимоги до документації в технічному проектуванні. - Введ. 01.01.95.
6. ГОСТ 15588-86. Пластини листові цирконієві. Технічні умови. - Введ. 01.01.87.
7. ГОСТ 2.723-68. ЕСКД. Основні норми. - Введ. 01.07.69.
8. Довідник конструктора-електроніка / Под ред. В. М. Лубарцева. - М.: Радіо і зв'язь, 1988. - 520 с.
9. Резистори: Довідник. / Под ред. І.І. Четверткова і В.М. Терехова - М.: Радіо та зв'язок, 1991. - 528 с.
10. ДСТУ 3731-98. Технічні умови на електричну та радіоелектронну апаратуру. - Введ. 01.01.99.
11. Друковані плати: технологія, проектування, виготовлення - Річард Гаузер, Фредерік Герінг, Вернер Мельлвіль. Книга, яка охоплює процес розробки друкованих плат, включаючи технологію, проектування та виготовлення.
12. Електроніка: проектування електронних пристроїв та плат - У. Отто, Г. Рот. Посібник, який надає вичерпну інформацію про проектування

електронних пристроїв та друкованих плат, включаючи розрахунки, вибір компонентів та технічні аспекти.

13. Друковані плати: проектування, технологія, виробництво - Ральф Гассманн, Детлеф Гюнтер. Книга, яка описує процес проектування, технології та виробництва друкованих плат, включаючи розрахунки, вибір матеріалів та технічні вимоги.

14. Тепловий аналіз електронних пристроїв - Д. К. Детлефсен. Книга, яка розглядає тепловий аналіз електронних пристроїв, включаючи розрахунки та рекомендації щодо вирішення теплових проблем.

15. Надійність електронних пристроїв - Майкл Печт, Майкл Лайфлі. Книга, яка детально розглядає питання надійності електронних пристроїв, включаючи методи оцінки надійності, причини відмов та вирішення проблем надійності.

16. Иванов А. А. Гибкие производственные системы в приборостроении. – М.: Машиностроение, 1988. – 304 с.

17. Медведев А. М. Надёжность и контроль качества печатного монтажа. – М.: Радио и связь, 1986. – 216 с.