

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
Інженерно-технічний факультет
кафедра електронних систем


кваліфікаційна бакалаврська робота

На тему: Імпульсний компенсаційний стабілізатор напруги

Студента 4 курсу


Добєя Сергія Сергійовича

(прізвище та ініціали)


(підпис)

Керівник кандидат фіз.-мат. наук Заяць Тарас Михайлович


(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)


(підпис)

Голова ЕК:

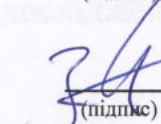
Лоя В.Ю. канд. тех.наук., ст. н. с. ІЕФ НАНУ.

(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання.)


(підпис)

Заяць Т.М.- канд. фіз.-мат наук, доц. кафедри ЕС.

(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання.)


(підпис)

Юркін І.М.- канд. фіз.-мат наук, доц. кафедри ЕС.

(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання)



(підпис)

Спесивих О.О.-канд. фіз.-мат наук, доц. кафедри ЕС.

(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання)


(підпис)

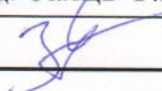

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент 

(підпис)

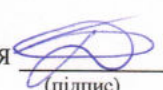
Ужгород – 2023

5. Консультанти роботи, вказати з яких розділів.

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
		доц. Заяць Т.М.	Добей С.С.
Нормоконтроль	доц. Спесивих О.О.		

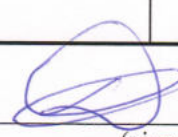
6. Дата видачі завдання 23 листопада 2022 року.

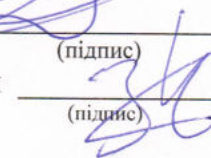
Керівник роботи  (доц. Т.М. Заяць)
(підпис)

Завдання прийняв на виконання  (С.С. Добей)
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів виконання КБР	Термін виконання етапів	Примітки
1.	Пошук та аналіз аналогів об'єкта досліджень.	до 20.12.2022 року	
2.	Огляд та аналіз аналогів.	до 20.02.2023 року	
3.	Вибір технічного рішення та обґрунтування технічної пропозиції.	до 20.03.2023 року	
4.	Синтез структурної та принципової схем, їх розрахунок.	до 20.04.2023 року	
5.	Виготовлення конструкторської документації.	до 20.05.2023 року	
6.	Оформлення кваліфікаційної бакалаврської роботи.	до 10.06.2023 року	
7.	Захист на державній екзаменаційній комісії.	Згідно з графіком захисту	

Студент  (С.С. Добей)
(підпис)

Керівник роботи  (доц. Т.М. Заяць)
(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна бакалаврська робота на тему «Імпульсний компенсаційний стабілізатор напруги» / УжНУ; Керівник Заяць Т.М.; Студент Добей С.С., група ЕС.

Пояснювальна записка: 47 сторінок, 9 рисунків, 3 таблиці, 18 джерел, 4 додатки.

Графічна частина: 2 листи формату А1.

Об'єкт розробки – розробка структурної та принципової схеми імпульсного компенсаційного стабілізатора напруги.

Метод дослідження – аналіз прототипу та аналогів, синтез електричної структурної схеми та її реалізація у вигляді електричної принципової схеми.

При виконанні даного бакалаврської роботи було проведено пошук та аналіз аналогів об'єкту проектування і загальні принципи побудови. На основі цих даних і вимог технічного завдання розроблено структурну та принципову схеми. Проектно-конструкторський розділ містить синтез структурної та принципової схеми, опис дії пристрою і розрахунки.

**СТАБІЛІЗАТОР НАПРУГИ, ІМПУЛЬСНИЙ СТАБІЛІЗАТОР НАПРУГИ,
КОМПЕНСАЦІЙНИЙ СТАБІЛІЗАТОР НАПРУГИ**

ABSTRACT

Diploma project of the “Bachelor” degree: «Pulse compensating voltage regulator» / UzhNU; Supervisor: Zayats T. M.; Student: Dobey S.S., ES group.

Explanatory note: 47 pages, 9 figures, 3 tables, 18 sources, 4 appendixes.

Graphic part: 2 A1 sheets.

The aim of this project is to develop the structural and schematic diagram for the pulse compensation voltage regulator.

The subsequent approach involves analyzing the prototype and similar devices, synthesizing an electrical block diagram, and implementing a visual representation of the electrical circuit.

Upon completion of this bachelor's project, an extensive search and analysis of analogues related to the design objective and fundamental principles was conducted. Based on this information and the technical specifications, the structural principles of the scheme were deconstructed. The design and engineering division was tasked with synthesizing a comprehensive structural and schematic diagram, along with providing a detailed description of the construction and design.

Keywords:

**VOLTAGE REGULATOR, IMPULSE VOLTAGE REGULATOR, COMPENSATION
VOLTAGE REGULATOR**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
 Інженерно-технічний факультет
 Кафедра електронних систем

ВСТУП

1. Огляд і аналіз існуючих методів та схем

1.1 Аналіз технічного завдання

1.2 Огляд і аналіз існуючих методів та схем технічних поставлених завдань

2. Проекція – конструкторський розділ

2.1 Технічна пропозиція та її обґрунтування

2.2 Синтез та аналіз структурної схеми

2.3 Синтез та аналіз принципової схеми

2.4 Розрахунок

3. Висновки

4. Список використаних джерел

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою,
 доц. Заяць Т. М. (Заяць Т. М.)
 “15” червня 2023 року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

На кваліфікаційну бакалаврську роботу

на тему:

ІМПУЛЬСНИЙ КОМПЕНСАЦІЙНИЙ СТАБІЛІЗАТОР НАПРУГИ

Додаток А. Структурна схема КБР.ЕС.19050040.001.Б1

Додаток В. Принципова схема КБР.ЕС.19050040.001.Е2

Додаток В. Перелік елементів КБР.ЕС.19050040.001.ПФ

Додаток Г. Специфікація КБР.ЕС.19050040.001.СП

КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Добей С.С.	<u>С.С. Добей</u>	15.06	Імпульсний компенсаційний стабілізатор напруги	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Заяць Т. М.	<u>Т.М. Заяць</u>	15.06		У	6	47
Т.Контр.					Пояснювальна записка	УжНУ, ІТФ 4 курс, гр. ЕС		
Н.Контр		Снесивих О.О	<u>О.О. Снесивих</u>	15.06				
Затверд.		Заяць Т. М.	<u>Т.М. Заяць</u>	15.06				

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. Огляд і аналіз існуючих аналогів об'єкту проектування	11
1.1 Аналіз технічного завдання	11
1.2 Огляд і аналіз існуючих методів та схемотехнічних рішень поставленого завдання	13
2. Проектно – конструкторський розділ	27
2.1 Технічна пропозиція та її обґрунтування	27
2.2 Синтез та аналіз структурної схеми	28
2.3 Синтез та аналіз принципової схеми	29
2.4 Розрахунок окремих блоків пристрою	32
3. Висновки	45
4. Список використаних джерел	46

ДОДАТКИ

Додаток А. Структурна схема КБР.ЕС.19050040.001.Е1

Додаток Б. Принципова схема КБР.ЕС.19050040.001.Е2

Додаток В. Перелік елементів КБР.ЕС.19050040.001.ПЕ

Додаток Г. Специфікація КБР.ЕС.19050040.001.СП

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		7

ВСТУП

Електрична енергія використовується в усіх сферах життєдіяльності людини, вона безпосередньо бере участь в створенні інших видів енергії (механічної, теплової) і має багато інших специфічних властивостей. Електроприлади працюють добре лише тоді, коли параметри електричної енергії (частота, напруга, форма сигналу) перебувають у певних допустимих межах, тому для їх нормальної роботи потрібна “якісна” електрична енергія.

Однією із найрозповсюдженіших причин, що призводить до відмови або виводу з ладу електрообладнання, є нестабільність напруги мережі. Це трапляється, наприклад, через аварії на підстанціях та лініях електропередач, застаріле високовольтне обладнання тощо. У промислових мережах змінного струму часто виникають недопустимі відхилення напруги (перевищенням верхньої межі напруги – 242 В й нижньої – 187 В), імпульсні перешкоди амплітудою в одиниці кВ, внаслідок віялоподібного вимкнення електроенергії. Надійним захистом від неякісного електроживлення зазвичай є стабілізатори напруги – апарати для її автоматичного підтримання. Стабілізатор автоматично підтримує заданий рівень напруги 220 В при відхиленнях від норми величини вхідної напруги мережі живлення.

Для вибору точності стабілізації необхідно визначити діапазон напруг, допустимих для живлення електрообладнання. Для живлення складної медичної апаратури й точних вимірювальних приладів бажано встановлювати стабілізатор точністю до 3%. Освітлювальну апаратуру (люстри, прожектори тощо) рекомендується підключати через стабілізатор з точністю, не меншою 3%. Чим вища точність стабілізації, тим менший розкид вхідної напруги, і відповідно, менша видима інтенсивність світла при різких стрибках вхідної напруги. Електроживлення більшості побутових приладів й апаратів можливо здійснювати напругою $220 \pm (10)\%$.

Для вибору стабілізатора напруги необхідно передусім вимірювати фазну та лінійну напругу мережі декілька разів на добу протягом декількох

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		8

днів (наприклад двох будніх і вихідних). Для вимірювання слід використати прилад, що вимірює діючі значення напруг. За результатами вимірювань можливі такі варіанти:

– якщо за час вимірювань фазна напруга не виходила за межі 205-235 В, то встановлення стабілізатора виправдане лише для живлення відповідальних електроприладів (медичне обладнання, точні вимірювальні прилади тощо), причому використовувати потрібно стабілізатори напруги високої точності, з можливістю регулювання вихідної напруги. Встановлювати стабілізатори напруги з точністю підтримання вихідної напруги $\pm 5\%$ не слід, натомість краще встановити трифазний пристрій контролю напруг, який захищає від перепаду напруг. Якщо в одній із фаз напруга помітно відрізняється, і це відбувається постійно, то стабілізатор необхідно встановити тільки на одну фазу;

– якщо напруга виходить за межі 205–235 В, відбуваються її різкі зміни, помітне мерехтіння джерел світла, але значення фазної напруги лежить в межах 195-245 В, то в такому випадку встановлення стабілізатора напруги бажані для усіх електроспоживачів, а для джерел світла – обов'язкове;

– напруга мережі може необмежено довго бути нижчою 195 або вищою 245 В, при цьому протягом доби рівень напруги може неодноразово змінюватись від мінімального значення до максимального. У такій мережі користуватись електрообладнанням без стабілізатора напруги неможливо.

Завдяки високому ККД імпульсні компенсаційні стабілізатори напруги (ІКСН) одержують останнім часом більш широке поширення, хоча вони, як правило, складніше традиційних, і містять більше число елементів.

Серед імпульсних стабілізаторів напруги особливий клас створюють пристрої із широтно-імпульсним (ШІ) принципом регулювання вихідної напруги. Їхня відмітна властивість – сталість рівня пульсації у всьому інтервалі струму навантаження. Можлива синхронізація стабілізатора разом із цифровими пристроями, що дозволяє в ряді випадків спростити рішення питання про їхню сумісність.

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		9

За функціональним призначенням ІКСН є перетворювачем електричної енергії. Силова частина ІКСН працює в ключовому режимі. Цей режим не обумовлюється завданням, а обирається для покращення енергетичних показників. Тому ІКСН можна розглядати як імпульсний УПТ, охоплений загальною ОЗЗ.

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		10

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ АНАЛОГІВ ОБ'ЄКТУ

ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Аналіз технічного завдання

Метою даного курсового проекту є розробка конструкції та опис структурної та принципової схеми, електричний розрахунок та вибір елементів схеми імпульсного компенсаційного стабілізатора напруги.

Пристрій повинен характеризуватися такими параметрами:

Напруга на виході $U_{ст}$	62 В
діапазон зміни вхідної напруги	від 50 до 90 В
Струм споживання	30...50 мА
Струм споживання I_{max}	200 мА
$\Delta U_{ст} / \Delta U_{вх}$	0,03%
$\Delta U_{ст} / \Delta T$	0,3% °C
ККД стабілізатора	> 70%

Задачею аналізу є розшифрування всіх даних, що містяться в технічному завданні.

Аналіз виконаний в наступній послідовності по пунктах:

1. Назва виробу – імпульсний компенсаційний стабілізатор напруги.
2. Призначення – стабілізування напруги.
3. Розроблений пристрій відноситься до наземної апаратури, що експлуатується в опалюваних приміщеннях (клас виконання 4.2 УХЛ).
4. Для класу виконання 4.2.УХЛ характерні наступні значення параметрів зовнішніх дій:

Діапазон температур: +10...+35 °C

Відносна вологість: 45...90 %

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	11
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тиск:

100,3 кПа

Виробництво – масове, це означає, що більшість технологічних процесів виробництва приладу повинні піддаватись автоматизації. Деталі і вузли повинні бути уніфіковані.

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		12

1.2 Огляд і аналіз існуючих методів та схемотехнічних рішень поставленого завдання

1.2.1 Стабілізатор напруги

Головне призначення стабілізаторів напруги – це автоматична підтримка в мережі споживача напруги, що не виходить за рамки, які визначені ГОСТ 13109-97 і недопущення збоїв електроживлення при аварійних ситуаціях (різкому підвищенні або зниженні вхідної напруги).

Стабілізатора напруги поділяються на параметричні та компенсаційні .

Особливості роботи параметричного стабілізатора напруги базуються на тому, що напруга стабілітрона на зворотній ділянці його вольт-амперної характеристики $U_{ст. доп}$ незначно змінюється в широкому діапазоні зміни зворотного струму стабілітрона. Тобто коливання напруги на вході стабілізатора зумовлюють значну зміну струму стабілітрона при незначних змінах напруги на ньому.

Робота компенсаційних (транзисторних) стабілізаторів напруги базується на порівнянні вихідної напруги стабілізатора з еталонною. Якщо вони не рівні між собою, то різниця цих напруг підсилюється й подається на регулювальний елемент, який відновлює вихідну напругу до стабілізованої величини. Такі стабілізатори дозволяють розширити діапазон стабілізованих напруг та забезпечити вищу якість стабілізації.

За способом вмикання регулюючого елемента відносно навантаження, компенсаційні стабілізатори поділяють на послідовні та паралельні.

Типи стабілізаторів

Ферорезонансні стабілізатори з перерозподілом напруги характеризуються надійністю, здатністю одночасно стабілізувати лінійну і фазну напругу. Цей тип стабілізаторів функціонує в діапазоні температур від –

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	13
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

40 до +40 °С, тому може встановлюватись у неопалюваних приміщеннях. Ферорезонансні стабілізатори мають такі переваги: висока швидкодія, регулювання напруги без розриву фази, відносна простота схеми й, відповідно, висока її надійність, висока точність стабілізації напруги (3%). Однак мають і суттєві недоліки: велика маса й габарити, високий рівень шуму, значне споживання енергії, вузький діапазон вхідної напруги (176-256 В), спотворення синусоїдної кривої напруги й створення перешкод (тому підключення цифрової апаратури можливе тільки з встановленням фільтру перешкод), обмеження навантажувальної здатності (недопустимість роботи в режимі неробочого ходу й навантаженнях, менших 20%), обмеження $\cos(\varphi)$ навантаження. Потужність ферорезонансних стабілізаторів становить від 10 до 20 кВа.

Ступеневі стабілізатори – найбільш розповсюджений тип стабілізаторів. Вторинна обмотка їх трансформатора має виводи з різними коефіцієнтами трансформації, які перемикаються автоматично при зміні напруги мережі. Схема базується на комутації виводів автотрансформатора за допомогою силових ключів. За типом силових ключів ці стабілізатори поділяються на дві групи: з напівпровідниковими й релейними ключами. Переваги першої є безшумність роботи, можливість створення швидкодіючих схем регулювання напруги. До переваг релейних ключів належить висока стійкість до імпульсних перенапруг. Виробники сучасних реле гарантують у середньому до 6 млн. перемикань при номінальному струмі, це забезпечує безаварійну роботу стабілізатора протягом тривалого часу. За принципом керування ключами можна виділити два типи стабілізаторів. У стабілізаторах першого типу розрив фази при перемиканні обмоток у процесі регулювання складає до 12 мс (семістор може закриватись тільки при нульовому значенні струму, для запобігання короткого замикання в обмотках трансформатора вводять затримку на вмикання наступної ступені). У системах іншого типу реалізовано схему з перемиканням при нульовому значенні струму: розрив фази не перевищує 1 мс. До переваг даного типу стабілізаторів напруги належать: малі габарити, відносно низька вартість, незначні перешкоди та спотворення

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	14
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ситнусоїдної напруги, широкий діапазон вхідної напруги. До недоліків такого типу можуть належати переривання напруги в процесі регулювання (обмеження застосування для високоіндуктивних та високоємнісних навантажень, скажімо, у лампах денного світла, блоках керування газовими котлами тощо), дискретність регулювання (напруга на виході змінюється “ступенево” у межах заданого діапазону). Потужність таких стабілізаторів від 100 ВА до 100 кВА.

Електромеханічні стабілізатори. Основу схеми цих пристроїв складає регульований автотрансформатор, який вмикається в первинну обмотку вольтододавального трансформатора. Вторинна обмотка вмикається в розрив фази мережі. Контроль вхідної напруги відбувається постійно, при відхиленні її від номінального значення змінюється характеристика автотрансформатора. Така схема дозволяє плавно регулювати напругу без переривання фази й без спотворення синусоїди. Цей стабілізатор достатньо компактний і придатний для будь-якого навантаження. Застосовується в силових мережах житлових будівель, банків, промислових об'єктів, медичних закладів. Перевагами цих стабілізаторів є найвищий коефіцієнт віддачі (98 – 99 %), великий робочий ресурс, висока точність утримання вихідної напруги $220 \pm 1\%$, відсутність завад та спотворень синусоїди, велика навантажувальна здатність, широкий діапазон корекції напруги 140 – 260 В, відсутність електронних блоків, можливість організації систем з широким діапазоном потужностей від 4 кВА до 2 МВА. Недоліками такого типу стабілізаторів є висока вартість, великі масо-габаритні показники порівняно із ступеневими коректорами напруги, обмежена швидкість регулювання.

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	15
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.2.2 Імпульсний стабілізатор 12,6 В при 1,5 А із захистом

Цей стабілізатор призначений для живлення магнітофона “Весна-205”. При тестуванні практично все перевищення напруги на вході використовувалось для підтримки вихідної напруги рівним заданому. Величина струму захисту повністю визначається номіналом опору R6.

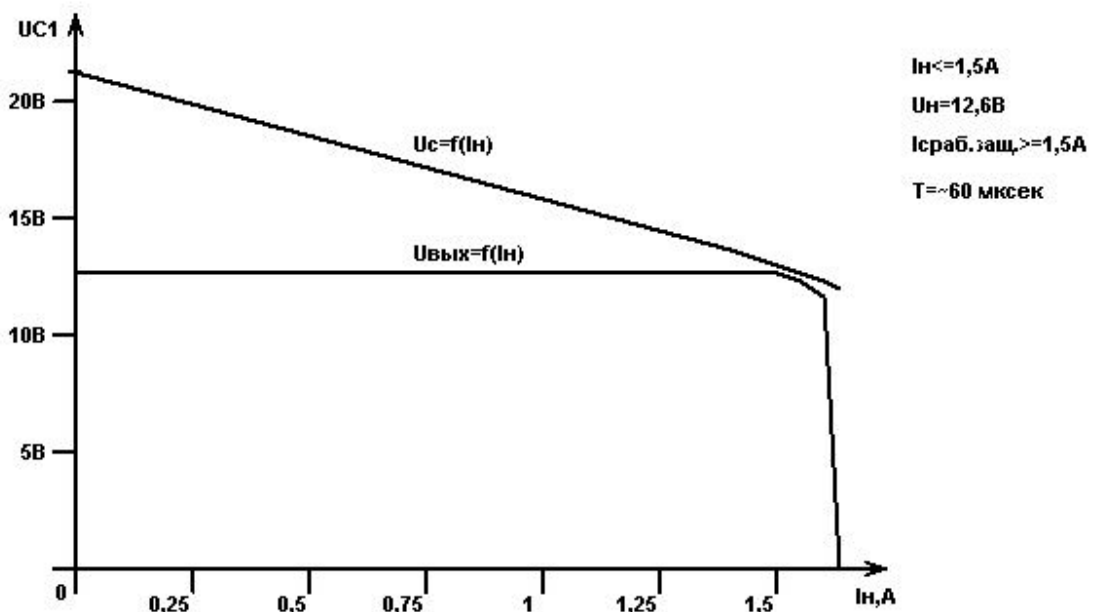
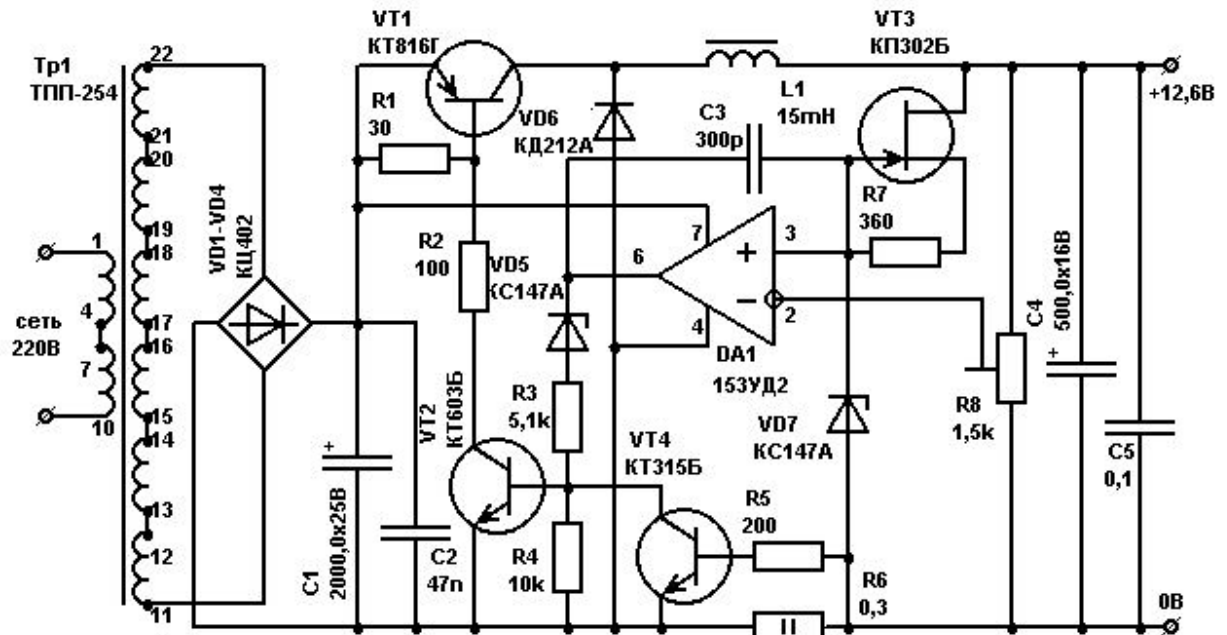


Рис.1.1 Імпульсний стабілізатор 12,6 В при 1,5 А із захистом [2]

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1.2.3 Простий імпульсний стабілізатор

Для схеми знадобився блок живлення мікросхем 155-ї серії, 5В при 400 мА. А обмотка трансформатора, з якого все це можна було живити, розрахована всього лише на 148 мА. Міркування, чи не можна запас по напрузі «перекачати» у додатковий струм, і привели до створення цієї схеми. Застосування діода VD2 різко підвищило ККД схеми. Всі транзистори холодні й без радіаторів.

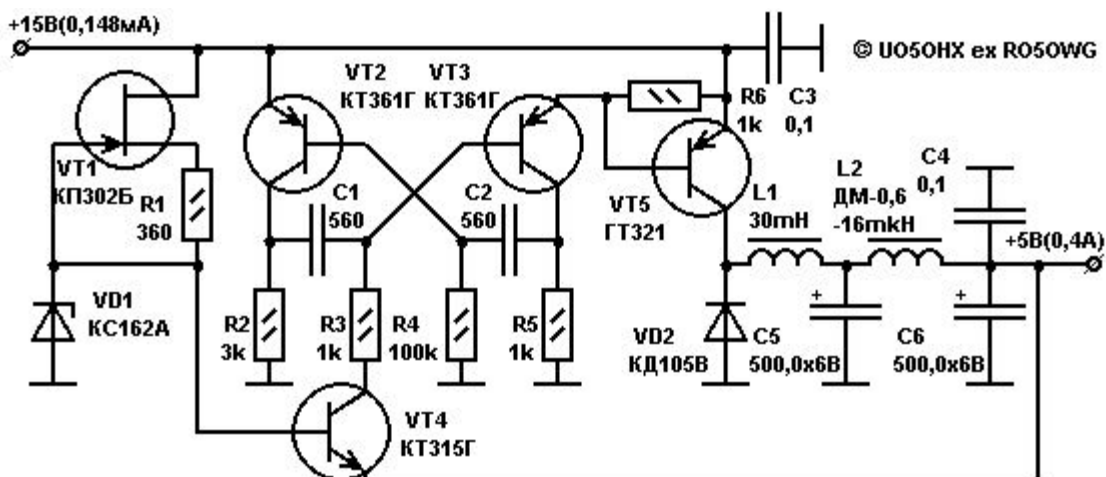


Рис.1.2 Простий імпульсний стабілізатор [3]

1.2.4 Потужний імпульсний стабілізатор постійної напруги

Серед імпульсних стабілізаторів напруги особливий клас створюють пристрої із широтно-імпульсним (ШИ) принципом регулювання вихідної напруги. Їхня відмітна властивість – сталість рівня пульсації у всьому інтервалі струму навантаження. Можлива синхронізація стабілізатора разом із цифровими пристроями, що живлять, що дозволяє в ряді випадків спростити рішення питання про їхню сумісність.

Стабілізатор [4] призначений для живлення радіоелектронних апаратури виконаної на цифрових мікросхемах. Він має м'який запуск без викидів вихідної напруги, двоступеневий захист по навантажувальному струмі з автоматичним поверненням у робочий режим після зняття перевантаження й здатний тривалий час перебувати в режимі замикання вихідного ланцюга.

Принципова схема стабілізатора зображена на рис.1.3. На елементах DD1.1, DD1.2 виконаний тактовий генератор прямокутних імпульсів. Ланцюг, що складається з резистора R9 і входної ємності елемента DD2.2, створює деяку тимчасову затримку імпульсів. Таким чином, на виході елемента DD2.2 діє сигнал прямокутної форми, затриманий щодо сигналу на виході елемента DD1.1 на 0,4...0,5 мкс.

Вузол широтно-імпульсного регулювання побудований на елементах DD1.3, DD2.1, DD2.2 і тригері DD3.1. Імпульси керування ключовим елементом стабілізатора формує тригер DD3.1. По фронті затриманого імпульсу генератора тригер перемикається в одиничний стан. Ланцюг R2C2 формує на верхньому за схемою вході елемента DD2.1 трикутні імпульси напруги з амплітудою близько 100 мВ. Тригер перемикається в стан 0 по входу R.

При запуску вихідна напруга в перший момент дорівнює нулю й на вході (вивід 2) елементи DD2.1 діють тільки трикутні імпульси, амплітуда яких менше граничної напруги елемента (для застосовуваних у стабілізаторі КМОП мікросхем воно дорівнює 0,55...0,6 від їхньої напруги живлення). На нижньому вході елемента DD1.3 діє одиничний сигнал і тригер DD3.1 перемикається в нульовий стан з появою сигналу низького рівня на виході елемента DD1.1. При цьому тривалість одиничного стану тригера DD3.1 максимальна й близька до напівперіоду коливань генератора, що відповідає максимальному часу відкритого стану ключового елемента.

Коли вихідна напруга досягне зони регулювання, напруга на верхньому вході елемента DD2.1 буде встигати збільшуватися до граничного значення раніше, ніж з'являється спад імпульсу на верхньому вході елемента DD1.3, і тривалість одиничного стану тригера DD3.1 зменшується до значення в сталому режимі. Із цього моменту збільшення вихідної напруги припиняється – пристрій переходить у режим стабілізації.

Якщо за якимись причинами (наприклад, у різке зменшення струму навантаження) вихідна напруга збільшується, то одиничний вихідний імпульс

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	18
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

тригера стає ще коротше й вихідна напруга стабілізатора знову наближається до свого сталого значення.

Вихід вузла III регулювання підключений до входу підсилювача імпульсів на транзисторах VT2, VT3, що представляє собою керований генератор стабільного струму із трансформаторним виходом. Струм через вторинну обмотку трансформатора T3 визначається опором резистора R11 і дорівнює приблизно 1,5 А. Керування ключовим транзистором VT4 від генератора струму дозволяє форсувати процеси його перемикання й одержати мале значення напруги насичення.

При одиничному стані тригера DD3.1 генератор струму забезпечує сталість струму через первинну обмотку трансформатора T3 протягом вихідного імпульсу вузла регулювання. У первинній обмотці з'являється лінійно, що збільшується складова, струму намагнічування. Індуктивність первинної обмотки трансформатора T3 обрана такий, щоб максимальне значення струму намагнічування не перевищувало 10...15 % від струму колектора транзистора VT2. Таким чином, струм бази транзистора VT4, поки він відкритий, залишається практично незмінним.

Після того, як транзистор VT2 закриється, трансформатор T3 відключається від джерела живлення й складова струму намагнічування починає зменшуватися, протікаючи по ланцюзі VD8VD9R15. Це приводить до зміни полярності напруги на обох обмотках трансформатора. Подача негативної напруги на емітерний перехід транзистора VT4 забезпечує форсоване його закривання.

Коли транзистор VT4 закритий, до дроселя L3 прикладена різниця вхідної й вихідної напруги, і струм через нього збільшується. Після закривання транзистора VT4 струм у дроселі не може перерватися миттєво, тому відкриваються діоди VD11, VD12, створюючи ланцюг для протікання струму. При зазначеному значенні індуктивності амплітуда змінної складового струму дроселя (а отже, і конденсаторів C10-C13 фільтра) дорівнює 3 А при середнім значенні струму до 15 А. Для того, щоб зменшити пульсації вихідної напруги, необхідно набирати фільтр паралельним з'єднанням декількох конденсаторів.

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		19

Для кращого згладжування встановлений додатковий фільтр L4C14, що зменшує амплітуду пульсації в 3...5 разів і перешкоджає проникненню високочастотних перешкод у навантаження.

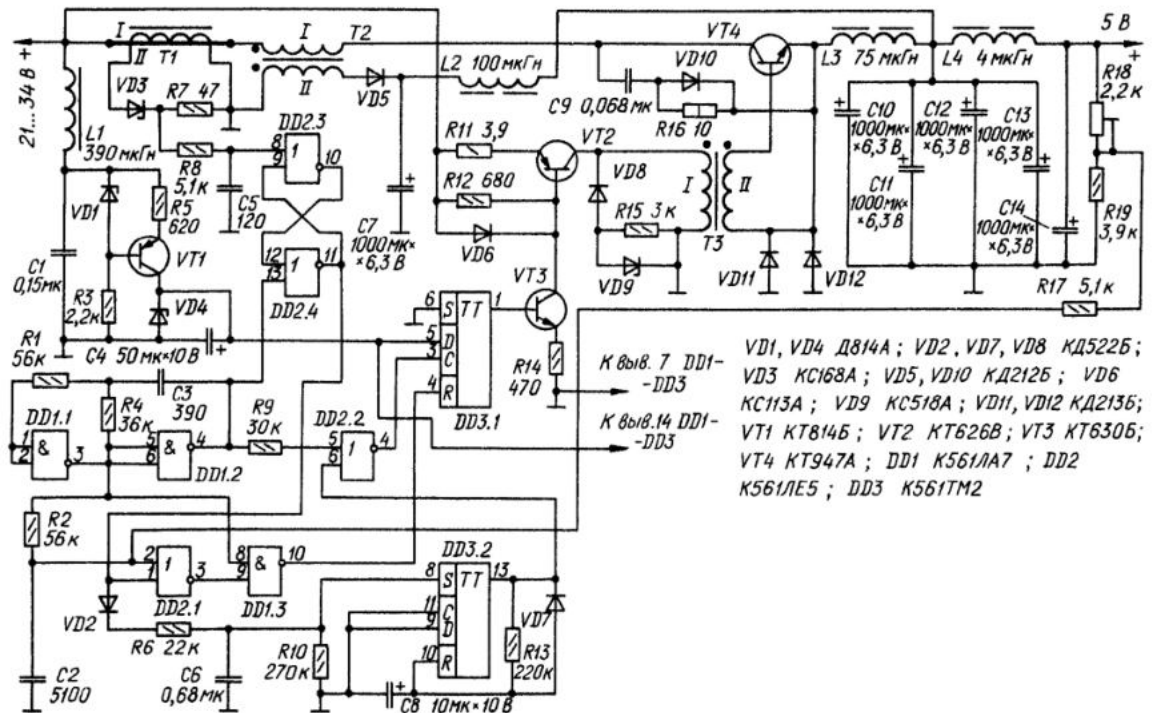


Рис.1.3 Потужний імпульсний стабілізатор постійної напруги [4]

1.2.5 Економічний стабілізатор напруги [5]

Стабілізатор напруги – по самому своєму призначенню вузол допоміжний, у мікропотужних пристроях нерідко виявляється основним енергоспоживачем. На рис. 1.4 наведена принципова схема стабілізатора, що володіє малим власним енергоспоживанням.

Його основні параметри:

Напруга на виході $U_{ст}$ 5...10 В
 Мінімальна напруга на вході $U_{вх\ min}$ $U_{ст} + (0,03...0,1)$ В
 Споживаний струм 30...50 мкА

Відмінна риса стабілізатора – безструмове формування опорної напруги: як свій рід «стабілітрона» у ньому використаний n-канальний польовий транзистор з ізольованим затвором, що працює в режимі збагачення. Транзистор різко змінює свою провідність при напрузі на затворі, близькому до граничного.

резистора може бути кожним у цих межах. Власний струм такого стабілізатора не перевищить 0,04 мА.

Але ця умова здійсненна не при будь-яких сполученнях $U_{вх}$ тах, $U_{ст}$, R_H , відповідно, стабілізатор не завжди може бути переведений у режим статичного самозапуску.

При статичному самозапуску стабілізатора резистор R_2 і конденсатор C_1 у роботі стабілізатора не беруть участь і можуть бути вилучені. Ланцюг стік-джерело транзистора VT_2 варто розірвати, відключивши вивід 12 мікросхеми.

1.2.6 Економічний імпульсний стабілізатор напруги

Відмінна риса цього імпульсного стабілізатора – невеликий струм, що споживає його вузол керування. Це в якомусь ступені компенсує зниження ККД, властиве таким стабілізаторам при малих струмах навантаження. За принципом дії ці пристрої – послідовні транзисторні стабілізатори безперервного регулювання. Від звичайних вони відрізняються тільки тим, що вузли формування зразкової напруги й порівняння виконані на елементах, що допускають роботу в режимі мікрострумів, за рахунок чого досягається деяка економія енергоспоживання. Однак ККД таких стабілізаторів – невисокий. Інший клас цих пристроїв – імпульсні стабілізатори. Вони володіють більше високим ККД при середньому й великому струмі навантаження, однак при малому струмі ККД у них зменшується. Описаний пристрій позбавлений такого недоліку. Це дозволяє використати його практично в будь-якій апаратурах: від різних цифрових до звуковідтворюючих і радіоприймальних пристроїв. Технічні характеристики наведені в таблиці 1.1:

Таблиця 1.1

Струм холостого ходу, мА, не більше	0,25
Тривалий струм навантаження, мА: номінальний	100
максимальний	200
Вихідна стабілізована напруга, В	9
Вхідна напруга, В	11...15

КПД, %	
при вхідній напрузі 11 В і номінальному струмі навантаження	82
при вхідній напрузі 13 В і струмі навантаження	
10 мА	65
100 мА	72
200 мА	69
Коефіцієнт стабілізації при номінальному струмі навантаження, не менш	300
Амплітуда пульсацій, мВ, не більше, при максимальному струмі навантаження	2

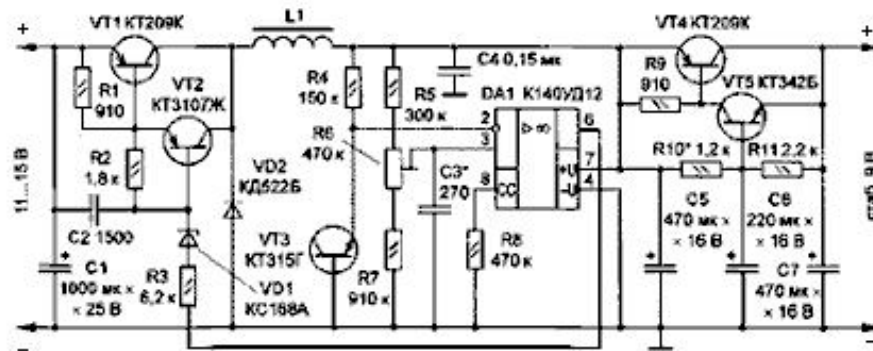


Рис.1.5 Економічний імпульсний стабілізатор напруги [6]

Стабілізатор містить (Рис.1.5) комутуючий складений транзистор (VT1, VT2), комутуючий діод (VD2) і дросель (L1). У вузол керування входять джерело зразкової напруги (VT3) і компаратор (DA1). На виході стабілізатора включений транзисторний фільтр (VT4, VT5). Принцип роботи пристрою відповідає звичайному імпульсному регулюванню.

Основа вузла керування – компаратор, виконаний на ОП К140УД12. До його входу, що інвертує, підключене мікропотужне джерело зразкової напруги, виконаний на зворотньоозміщеному емітерному переході транзистора VT3 [1]. Напруга його стабілізації (7...7,5 В) забезпечується при струмі 20...30 мкА. На вхід, що не інвертує, ОП поданий сигнал порівняння від резистивного дільника R5-R7. Підстроєчним резистором R6 регулюють вихідну напругу. Конденсатор C3 збільшує фазове зрушення сигналу зворотного зв'язку, що необхідно для циклічного характеру роботи пристрою. Він же визначає частоту робочих циклів і значною мірою впливає на розмах пульсацій.

Вихід компаратора підключений до бази складеного транзистора VT1, VT2 через резистор R3, що задає струм керування, і стабілітрон VD1, що забезпечує відсічення керуючого струму й надійне закривання комутуючого транзистора у всьому інтервалі вхідної напруги. Конденсатор C2 згладжує

фронти імпульсів і тим самим придушує високочастотні перешкоди, що виникають при роботі.

На відміну від традиційних імпульсних стабілізаторів, на виході включений не LC-фільтр, а транзисторний. Справа в тому, що LC-фільтр різко погіршує динамічні характеристики пристрою: при зміні струму навантаження виникають викиди вихідної напруги. Транзисторний же фільтр вільний від цього недоліку, не вимагає намотувальних виробів й ефективно придушує пульсації не менш чим на 40 дБ.

Завдяки високому коефіцієнту передачі складеного транзистора VT4, VT5 (не менш 1500) і режиму роботи транзистора VT4 з малою напругою колектор-емітер, ККД фільтра досить високий і знижує загальний ККД стабілізатора всього на 6...8%, що є зовсім невисокою платою за малий рівень пульсацій.

У транзисторного фільтра є ще одна перевага – "м'яке" включення стабілізатора: вихідна напруга плавно наростає протягом 2...4 з у міру зарядки конденсатора С6. У звуковідтворюючих апаратах це усуває характерні неприємні щиглики при включенні живлення.

1.2.7 Імпульсний стабілізатор напруги

Завдяки високому ККД імпульсні стабілізатори напруги одержують останнім часом більш широке поширення, хоча вони, як правило, складніше традиційних, і містять більше число елементів. Однак, якщо не пред'являти надмірних вимог до стабільності й пульсацій вихідної напруги, то їхня схема може бути значно спрощена. Так, наприклад, стабілізатор з вихідною напругою, меншою вхідного, можна зібрати всього на трьох транзисторах (Рис.1.7), два з яких (VT1, VT2) утворять ключовий регулюючий елемент, а третій (VT3) є підсилювачем сигналу неузгодженості.

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		24

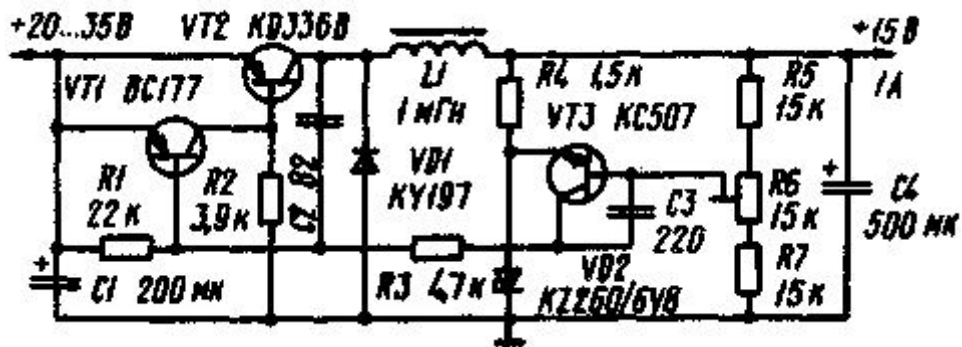


Рис.1.6. Імпульсний стабілізатор напруги [7]

Пристрій працює в автоколивальному режимі. Напруга додатнього зворотного зв'язку з колектора транзистора VT2 (він складовий) через конденсатор C2 надходить у ланцюг бази транзистора VT1. Транзистор VT2 періодично відкривається до насичення струмом, що протікають через резистор R2. Тому що коефіцієнт передачі струму бази цього транзистора дуже великий, то він насичується при відносно невеликому базовому струмі. Це дозволяє вибрати опір резистора R2 досить великим, отже, збільшити коефіцієнт передачі регулюючого елемента. Напруга між колектором й емітером насиченого транзистора VT10020 менше, ніж напруга відкривання транзистора VT2 (у складеному транзисторі, як відомо, між виходами бази й емітера включено послідовно два р-п переходи), тому, коли транзистор VT1 відкритий. VT2 надійно закритий.

Елементом порівняння й підсилювачем сигналу неузгодженості є каскад на транзисторі VT3. Його емітер підключений до джерела зразкової напруги – стабілітрону VD2, а база – до дільника вихідної напруги R5-R7.

В імпульсних стабілізаторах регулюючий елемент працює в ключовому режимі, тому вихідна напруга регулюється зміною шпаруватості роботи ключа, У розглянутому пристрої відкриванням і закриванням транзистора VT2 по сигналі транзистора VT3 управляє транзистор VT1. У моменти, коли транзистор VT2 відкритий, у дроселі L1, завдяки протіканню струму навантаження, запасається електромагнітна енергія. Після закривання транзистора запасена енергії через діод VD1 віддається в навантаження. Пульсації вихідної напруги стабілізатора згладжуються фільтром L1C4.

Незважаючи на простоту, стабілізатор має досить високий ККД. Наприклад при вхідній напрузі 13 В та номінальному значенні струму навантаження 10мА, ККД – 65%, а при вхідній напрузі 13 В та номінальному значенні струму навантаження 100мА ККД – 72%.

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		26

2 ПРОЕКТНО – КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічна пропозиція та її обґрунтування

З аналізу схем раніше приведених аналогів зрозуміло, що універсальних і найбільш ефективних імпульсних компенсаційних стабілізаторів напруги не існує. Якщо переслідувати цю мету, то реалізація такої схеми потягне за собою значне збільшення її складності і в той же час, збільшення мобільності використання, збільшення вартості самого пристрою.

Враховуючи технічне завдання пропонується структурна схема імпульсного компенсаційного стабілізатора напруги

В базовому варіанті даний пристрій дозволяє виконувати такі функції:

Напруга на виході $U_{ст}$	62 В
діапазон зміни вхідної напруги	від 50 до 90 В
Номінальний струм навантаження	100 мА
Максимальний струм навантаження	200 мА
$\Delta U_{ст}/\Delta U_{вх}$	0,03%
$\Delta U_{ст}/\Delta T$	0,3% °C
ККД стабілізатора	> 70%

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	27
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Синтез та аналіз структурної схеми

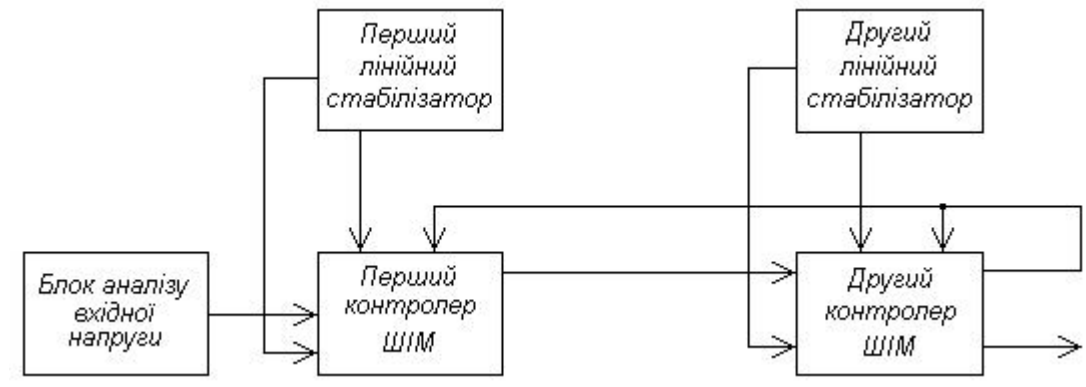


Рис. 2.1 Структурна схема імпульсного компенсаційного стабілізатора напруги

Структурна схема рис. 2.1. складається з:

1. Блоку аналізу вхідної напруги;
2. Першого лінійного стабілізатора;
3. Першого контролера ШІМ;
4. Другого лінійного стабілізатора;
5. Другого контролера ШІМ.

2.3 Синтез та аналіз принципової схеми

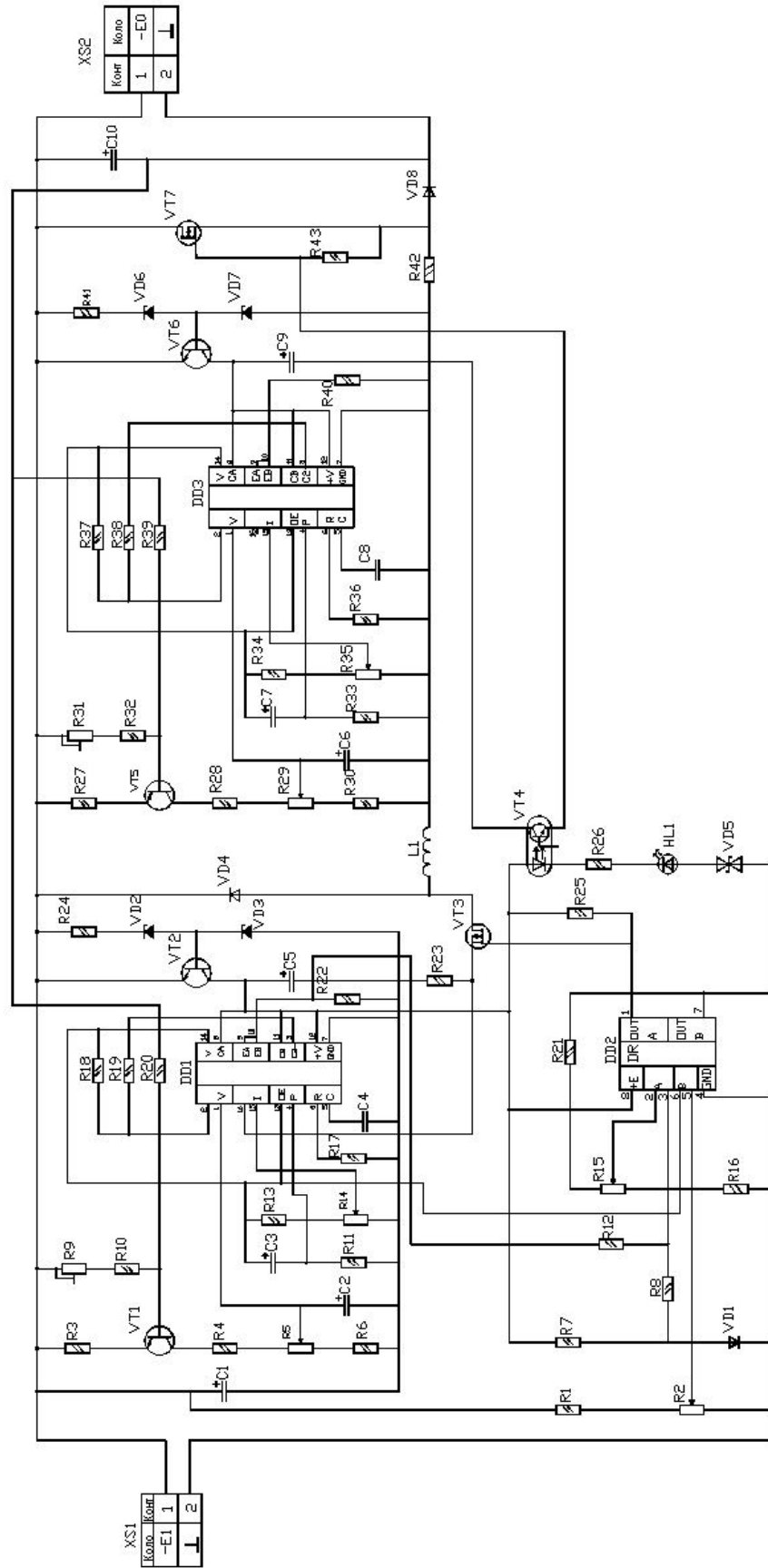


Рис. 2.2 Принципова схема імпульсного компенсаційного стабілізатора напруги

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ

Вузол аналізу вхідної напруги реалізовано на другому компараторі мікросхеми DD2. Вхідна напруга надходить на резистивний дільник R1, R2. Напруга на середньому виводі резистора R2 повинна бути приблизно рівна опорній напрузі першого контролера ШІМ, реалізованого на мікросхемі DD1 при вхідній напрузі, рівній вихідній. Якщо вхідна напруга буде нижча заданої вихідної напруги, напруга на виході другого компаратора буде близькою до нуля, що приведе до включення світлодіодів HL1 й оптрона VT4. Світлодіод HL1 індукує режим підвищувального імпульсного стабілізатора. Стабілітрон VD5 необхідний для виключення раннього спрацьовування оптрона при рівності вхідних напруг компаратора. Якщо ж вхідна напруга стабілізатора буде вище, ніж задана вихідна напруга, напруга на виході другого компаратора буде близькою до напруги живлення першого контролера ШІМ.

Контролери ШІМ виконані на мікросхемах DD1, DD3. На транзисторах VT2 й VT6 виконані малопотужні лінійні стабілізатори напруги для їхнього живлення. На транзисторах VT1 й VT3 виконані ланцюги зворотного зв'язку. На відміну від схеми, описаної в [4], у контролер введено ланцюги плавного запуску R11 й C3 для першого контролера та R33, C7 для другого контролера. Крім того, уведено ланцюги захисту по струму, що складаються з дільників опорної напруги R13, R14 для DD1 та R34, R35 для DD3 і струмовимірювальних дротяних резисторів R23 й R42, відповідно.

Вони мають опір близько 0,01 Ом. Необхідно звернути увагу на те, що всі силові з'єднання в таких стабілізаторах варто виконувати товстими проводами. В даній конструкції всі силові ланцюги виконані у два проведення МГШВ-2,5 (для струмів близько 25 А). Як видно з рис 2.2, колектори обох внутрішніх транзисторів мікросхем DD1, DD3 з'єднані з живленням, а емітери об'єднані й навантажені на резистори R22 й R40.

Вихідні імпульси амплітудою близько 14 В першого контролера DD1 з резистора R22 надходять на резистивний дільник R12, R8, на якому відбувається розподіл напруги приблизно на 2,5.

Крім того, нижній потенціал дільника піднятий приблизно на 0,6 В за рахунок введення ланцюжка VD1, R7. Середня крапка дільника R12, R8

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	30
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з'єднана із входом, що не інвертує, першого компаратора DD2. Інвертуючий вхід, цього компаратора з'єднаний з резистивним дільником R29, R15, R16, вхід якого підключений до виходу другого компаратора, а напруга на виході цього дільника встановлюється приблизно в середині розмаху імпульсів на інвертую чому вході першого компаратора. Таке включення забезпечує комутацію вихідних імпульсів першого контролера.

Якщо вхідна напруга схеми менша заданої вихідної, на виході першого компаратора присутня нульова напруга, на вході, що інвертує, першого компаратора також присутня нульова напруга. На вхід, що не інвертує, першого компаратора надходять вихідні імпульси першого контролера, підняті приблизно на 0,6 В. При цьому, на виході першого компаратора буде напруга, близьке до напруги живлення (близько 14 В).

Якщо вхідна напруга схеми більше заданої вихідної, на виході першого компаратора присутня напруга живлення. На вході першого компаратора напруга приблизно дорівнює середині розмаху імпульсів напруги на вході, що не інвертує. При цьому, на виході першого компаратора будуть присутні не інвертовані вихідні імпульси контролера DD1 з амплітудою напруги живлення.

Таким чином, на виході першого компаратора формується керуюча напруга для першого регулюючого елемента польового транзистора VT3. Коли вхідна напруга схеми менше заданого вихідного, напруга на затворі приблизно дорівнює 14 В, транзистор повністю відкритий, комбінований імпульсний стабілізатор працює в режимі підвищення напруги. У іншому випадку (вхідна напруга схеми більше заданого вихідного), транзистор, а також і весь комбінований імпульсний стабілізатор працює в режимі зниження напруги.

Транзистор оптрона VT4 включений як ключ другого регулюючого елемента VT7. Коли вхідна напруга схеми менше заданого вихідного, напруга на виході другого компаратора близько до нуля, світлодіод оптрона включений, транзистор оптрона відкритий, і вихідні імпульси другого контролера ШІМ з виводів 9, 10 мікросхеми DD3 надходять на затвор другого

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	31
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

регулюючого елемента VT7, імпульсний стабілізатор працює в режимі підвищення напруги. У іншому випадку, оптрон закритий, тому що напруга на виході другого компаратора близько до напруги живлення, другий регулюючий елемент – транзистор VT7 закритий через резистор R43, і весь комбінований імпульсний стабілізатор працює в режимі зниження напруги.

У схемі комбінованого стабілізатора застосовані імпульсні високоточні GaAs діоди VD4, VD8 виробництва АТ Informinstrument (м. Кишинів). Описана схема забезпечує стабілізацію вихідної напруги 62 В при струмі до 25 А і пульсаціях на виході не більше 50 мВ (нормальний робочий струм 20 А). Діапазон зміни вхідної напруги від 50 до 90 В. ККД стабілізатора не гірше 70%.

2.4 Розрахунок окремих блоків пристрою

Розрахунок схеми компенсаційного стабілізатора.

Порядок розрахунків приводиться відповідно до методики наведеної в [10].

Відповідно до схеми (рис 2.2) знаходимо найменшу напругу на виході стабілізатора:

$$U_{\text{вх min}} = U_{\text{н}} + U_{\text{кз min}} = 15 + 3 = 18 \text{ В}, \quad (2.1)$$

де $U_{\text{кз min}}$ – мінімальна напруга на регулюючому транзисторі VT3.

Виходячи з того, що VT3 кремнієвий, то $U_{\text{кз min}}$ вибираємо в межі 3.5 В.

З огляду на нестабільність вхідної напруги на вході стабілізатора $\pm 10\%$, знаходимо середню й максимальну напругу на вході стабілізатора:

$$U_{\text{вх}} = U_{\text{вх min}} / 0.9 = 18/0.9 = 20 \text{ В}, \quad (2.2)$$

$$U_{\text{вх max}} = 1.1 \times U_{\text{вх}} = 1.1 \times 20 = 22 \text{ В}. \quad (2.3)$$

Визначаємо максимальне значення на регулюючому транзисторі

$$U_{\text{вих max}} = U_{\text{вх max}} - U_{\text{н}} = 22 - 15 = 7 \text{ В}. \quad (2.4)$$

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	32
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність, що розсіюється на колекторі транзистора VT3, дорівнює

$$P = U_{вх \max} \times I_n = 7 \times 5 = 35 \text{ Вт.} \quad (2.5)$$

За отриманим значенням $U_{вх \max}$, I_n , P вибираємо тип регулюючого транзистора й виписуємо його параметри:

Марка транзистора	КТ827АМ
Тип транзистора	NPN
Припустимий струм колектора, I_k доп	20 А
Прип. напруга колектор-емітер, U_k доп	100 В
Потужність колектора, що розсіює, P	125 Вт
Мінімальний коеф. передачі струму бази, $h_{21E3 \min}$	750

По статичним ВАХ обраного транзистора знаходимо:

$$h_{11E3} = 33.0 \text{ Ом,}$$

$$m_3 = 1 / h_{12E3} = 1/0.23 = 4.20,$$

де h_{11E3} – вхідний опір транзистора, Ом; m_3 – коефіцієнт передачі напруги;

h_{12E3} – коефіцієнт зворотного зв'язку.

Знаходимо струм бази транзистора VT3

$$I_{B3} = I_n / h_{21E3 \min} = 5 / 750 = 6.67 \times 10^{-3} \text{ А.} \quad (2.6)$$

Визначаємо початкові дані для вибору транзистора VT2. Розраховуємо напругу колектор-емітер VT2

$$U_{к2 \max} = U_{к3 \max} - U_{бэ3} = 7 - 0.7 = 6.3 \text{ В,} \quad (2.7)$$

де $U_{бэ3}$ – спадання напруги на емітерному переході транзистора VT3 (0.7 В).

Струм колектора VT2 складається зі струму бази VT3 і струму втрат, що протікає через резистор R_3 ,

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
						33

$$I_{k2} = I_{б3} + IR_3 = 5 \times 10^{-4} + 6.7 \times 10^{-3} = 7.2 \times 10^{-3} \text{ А.} \quad (2.8)$$

Потужність, що розсіює на колекторі транзистора VT2, дорівнює

$$P_2 = I_{k2} \times U_{k2 \text{ max}} = 7.2 \times 10^{-3} \times 6.3 = 45.2 \times 10^{-3} \text{ Вт.} \quad (2.9)$$

За отриманим значенням $U_{k2 \text{ max}}$, I_{k2} , P_2 вибираємо тип транзистора й виписуємо його параметри:

Марка транзистора	КТ851А
Тип транзистора	NPN
Припустимий струм колектора, I_k доп	300 ма
Прип. напруга колектор-емітер, U_k доп	30 В
Потужність колектора, що розсіює, $P_{\text{пред}}$	0.5 Вт
Мінімальний коеф. передачі струму бази, $h_{21E2 \text{ min}}$	60

По статичним ВАХ обраного транзистора знаходимо:

$$h_{11}E_2 = 36.36 \text{ Ом,}$$

$$m_3 = 1 / h_{12}E_2 = 1/0.022 = 45.45.$$

Розраховуємо струм бази VT2

$$I_{B2} = I_{k2} / h_{21}E_{2 \text{ min}} = 7.2 \times 10^{-3} / 60 = 1.2 \times 10^{-4} \text{ А.} \quad (2.10)$$

Знаходимо опір резистора R_3

$$R_3 = (U_H + U_{б33}) / IR_3 = (15 + 0.7) / 5 \times 10^{-4} = 31400 \text{ Ом.} \quad (2.11)$$

Вибираємо найближчий по стандарті номінал з обліком потужності, що розсіює на резисторі

$$PR_3 = (U_H + U_{б33}) \times IR_3 = (15 + 0.7) \times 5 \times 10^{-4} = 7.85 \times 10^{-3} \text{ Вт.} \quad (2.12)$$

Відповідно до поруч Е24 вибираємо резистор типу МЛТ- 0.125 33 кОм $\pm 5\%$.

Джерелом еталонної напруги беремо параметричний стабілізатор напруги на кремінному стабілітроні VD9 з розрахунку

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_{VD2} = 0.7 U_H = 0.7 \times 15 = 10.5 \text{ В.} \quad (2.13)$$

Вибираємо тип стабілітрона й виписуємо його основні параметри:
стабілітрон КС191А;

$I_{VD9} = 5 \times 10^{-3} \text{ А}$ – середній струм стабілізації;

$r_{VD9} = 25 \text{ Ом}$ – диференціальний опір стабілітрона.

Обчислюємо опір резистора R_4 , задавши середній струм стабілітрона ($I_{R_4} = I_{VD2}$)

$$R_4 = 0.3 U_H / I_{R_4} = 0.3 \times 15 / 5 \times 10^{-3} = 900 \text{ Ом.} \quad (2.14)$$

Потужність, що розсіює на резисторі R_4 , рівняється

$$P_{R_4} = 0.3 U_H \times I_{R_4} = 0.3 \times 15 \times 5 \times 10^{-3} = 22.5 \times 10^{-3} \text{ Вт.} \quad (2.15)$$

Відповідно до поруч Е24 вибираємо резистор типу МЛТ- 0.125 910 Ом $\pm 5\%$.

Визначаємо початкові дані для вибору транзистора VT4. Розраховуємо напругу колектор-емітер транзистора

$$U_{K4\max} = U_H + U_{бэ3} + U_{бэ2} - U_{VD2} = 2.90 \text{ В} \quad (2.16)$$

Задаємо струм колектора VT4 меншим ніж середній стабілітрона VD2

$$I_{D04} = 4 \times 10^{-3} \text{ А.}$$

Потужність, що розсіює на колекторі транзистора VT4

$$P_2 = I_{K4} \times U_{K4\max} = 4 \times 10^{-3} \times 2.90 = 11.6 \times 10^{-3} \text{ Вт} \quad (2.17)$$

За отриманим значенням $U_{K4\max}$, I_{K4} , P_4 вибираємо тип транзистора й виписуємо його параметри:

Марка транзистора

КТ851А

Тип транзистора

NPN

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	35
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Припустимий струм колектора, $I_{к доп}$	30 мА
Прип. напруга колектор-емітер, $U_{к доп}$	15 В
Потужність колектора, що розсіює, $P_{пред}$	0.22 Вт
Мінімальний коеф. передачі струму бази, $h_{21E4 min}$	50

По статичним ВАХ обраного транзистора знаходимо:

$$h_{11E4} = 208,3 \text{ Ом},$$

$$m_3 = 1 / h_{12E4} = 1/0.034 = 29.41$$

Розраховуємо струм бази VT4

$$I_{Б4} = I_{к4} / h_{21E4 min} = 4 \times 10^{-3} / 50 = 8 \times 10^{-5} \text{ А.} \quad (2.18)$$

Струм послідовно з'єднаних резисторів R5, R6, R7 беремо рівним 5164 і визначаємо сумарний опір дільника

$$R_{дел} = U_H / I_{дел} = 15 / (5 \times 8 \times 10^{-5}) = 37500 \text{ Ом.} \quad (2.19)$$

Знаходимо опору резисторів:

$$R_5 = 0.3 R_{дел} = 0.3 \times 37500 = 11250 \text{ Ом};$$

$$R_6 = 0.1 R_{дел} = 0.1 \times 37500 = 3750 \text{ Ом};$$

$$R_7 = 0.6 R_{дел} = 0.6 \times 37500 = 22500 \text{ Ом.} \quad (2.20)$$

Відповідно до поруч E24 вибираємо резистор R5 типу МЛТ- 0.125 11 кОм $\pm 5\%$, резистор R7 типу МЛТ- 0.125 22 кОм $\pm 5\%$. Резистор R6 вибираємо СПЗ-44 0.25Вт 3.3 кОм.

Робочу напругу стабілітрона VD1 визначаємо зі співвідношення

$$U_{VD1} = 0.1 U_{вх max} = 0.1 \times 22 = 2.2 \text{ В.} \quad (2.21)$$

Вибираємо тип стабілітрона й виписуємо його основні параметри:

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	36
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стабілітрон 2С119А;

$I_{VD1} = 5 \times 10^{-3}$ А - середній струм стабілізації;

$r_{VD1} = 15$ Ом – диференціальний опір стабілітрона.

Обчислюємо опір резистора R1, задавши середній струм стабілітрона ($I_{R1} = I_{VD1}$)

$$R_1 = 0.9 U_{BX \max} / I_{R1} = 0.9 \times 22 / 5 \times 10^{-3} = 3960 \text{ Ом.} \quad (2.22)$$

Потужність, що розсіює на резисторі R1, дорівнює

$$P_1 = 0.9 U_{BX \max} \times I_{R1} = 0.9 \times 22 \times 5 \times 10^{-3} = 99 \times 10^{-3} \text{ Вт} \quad (2.23)$$

Відповідно до поруч Е24 вибираємо резистор типу МЛТ- 0.125 3.9кОм $\pm 5\%$.

Визначаємо початкові дані для вибору транзистора VT1. Розраховуємо струм колектора транзистора VT1

$$I_{k1} = I_{k4} + I_{b2} = 4 \times 10^{-3} + 12 \times 10^{-5} = 412 \times 10^{-5} \quad (2.24)$$

Знаходимо напругу колектор-емітер VT1

$$U_{k1 \max} = U_{BX \max} - UR_2 + U_{k4 \max} - U_{VD2} = 4.1 \text{ В} \quad (2.25)$$

де $UR_2 = U_{VD1} - U_{бэ1}$ – спадання напруги на резисторі R2.

Потужність, що розсіює на колекторі транзистора VT1

$$P_1 = U_{k1 \max} \times I_{k1} = 4.1 \times 412 \times 10^{-5} = 16 \times 10^{-3} \text{ Вт.} \quad (2.26)$$

За отриманим значенням $U_{k1 \max}$, I_{k1} , P_1 вибираємо тип транзистора й виписуємо його параметри:

Марка транзистора	КТ852А
Тип транзистора	PNP
Припустимий струм колектора, I_k доп	350 мА
Прип. напруга колектор-емітер, U_k доп	30 В

Потужність колектора, що розсіює, $P_{\text{пред}}$ 0.30 Вт

Мінімальний коеф. передачі струму бази, $h_{21E1 \text{ min}}$ 50

Розраховуємо опір резистора R_2

$$R_2 = U_{R2} / I_{K1} = 1.5 / 412 \times 10^{-5} = 364 \text{ Ом}, \quad (2.27)$$

$$P_{R2} = U_{R2} \times I_{K1} = 1.5 \times 412 \times 10^{-5} = 618 \times 10^{-5} \text{ Вт}. \quad (2.28)$$

Відповідно до поруч E_{24} вибираємо резистор типу МЛТ- 0.125 360 Ом $\pm 5\%$.

Розраховуємо основні параметри складового транзистора:

вхідний опір транзистора

$$h_{11}E_{\text{ск}} = h_{11}E_2 + h_{11}E_3 h_{21}E_{2\text{min}} = 36.36 + 33 \times 60 = 2016 \text{ Ом}; \quad (2.29)$$

коефіцієнт передачі напруги транзистора

$$m_{\text{ск}} = m_2 m_3 / (m_2 + m_3) = 45.4 \times 4.2 / (45.4 + 4.2) = 3.84 \quad ; \quad (2.30)$$

вихідний опір транзистора

$$r_{\text{ск}} = m_{\text{ск}} h_{11}E_{\text{ск}} / h_{21}E_{2\text{min}} h_{21}E_{3\text{min}} = 0.1723 \text{ Ом}. \quad (2.31)$$

Розраховуємо вхідний опір джерела стабільного струму

$$R_{\text{TD}} = R_1 \times R_2 / r_{\text{VD1}} = 3900 \times 360 / 15 = 57024 \text{ Ом}. \quad (2.32)$$

Розраховуємо параметри підсилювача зворотного зв'язку:
опір навантаження підсилювача

$$R_K = h_{11}E_{\text{ск}} R_{\text{TD}} / (h_{11}E_{\text{ск}} + R_{\text{TD}}) = 1947.49 \text{ Ом}; \quad (2.33)$$

коефіцієнт підсилення напруги підсилювача

$$K_u = 0.7 h_{21}E_{4\text{min}} R_K / (h_{11}E_4 + h_{21}E_{4\text{min}} r_{\text{VD2}}) = 71.13. \quad (2.34)$$

Розраховуємо коефіцієнт стабілізації розрахованого стабілізатора напруги, а також величину пульсацій на виході

$$K_{\text{ст}} = m_{\text{ск}} K_u U_H / U_{\text{вх}} = 3.845 \times 71.13 \times 15 / 22 = 186.4, \quad (2.35)$$

$$DU_{\text{вих}} = DU_{\text{вх}} / m_{\text{ск}} K_u = 4 / 3.845 \times 71.13 = 12 \times 10^{-4}, \quad (2.36)$$

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Розраховуємо коефіцієнт пульсацій

$$K_{\Pi} = DU_{\text{вих}} \times 100 / U_{\text{вх}} = 12 \times 10^{-4} \times 100 / 15 = 8 \times 10^{-3} \% \quad (2.37)$$

Вихідний опір компенсаційного стабілізатора буде

$$R_{\text{вих}} = r_{\text{ск}} / m_{\text{ск}} K_{\Pi} = 0.17 / 3.845 \times 71.13 = 63 \times 10^{-5} \text{ Ом.} \quad (2.38)$$

Перевіряємо відповідність розрахованих параметрів заданим умовам:

$$K_{\text{ст}} = 186.4 > K_{\text{ст.зад}} = 100;$$

$$K_{\Pi} = 8 \times 10^{-3} \% < K_{\Pi, \text{зад}} = 10 \times 10^{-3} \%.$$

Знайдені параметри задовольняють заданим умовам.

Схема захисту компенсаційного стабілізатора від перевантаження реалізована на елементах VT5 й R8.

Для розрахунку приймаємо струм спрацьовування захисту рівний 110% від I_н.

$$I_{\text{н max}} = 1.1 I_{\text{н}} = 1.1 \times 0.2 = 0.22 \text{ А.}$$

Розраховуємо опір R8 відповідно до методики викладеної в [11]:

$$R_8 = U_{\text{бе5}} / I_{\text{н max}} = 0.7 / 5.5 = 0.127 \text{ Ом.} \quad (2.39)$$

Розраховуємо потужність дротяного резистора

$$PR_8 = U_{\text{бе5}} \times I_{\text{н max}} = 0.7 \times 5.5 = 3.85 \text{ Вт.} \quad (2.40)$$

Обирано транзистор VT5 з умови I_{к5} = I_{б3} ;

$$U_{\text{к5 max}} = U_{\text{б33}} + R_8 \times I_{\text{н max}} = 0.7 + 0.127 \times 5.5 = 1.4 \text{ В;} \quad (2.41)$$

$$P_5 = U_{\text{к5 max}} \times I_{\text{б3}} = 1.4 \times 6.7 \times 10^{-3} = 9.38 \times 10^{-3} \text{ Вт.} \quad (2.42)$$

За отриманим значенням U_{к5 max} , I_{к5} , P₅ вибираємо тип транзистора й виписуємо його параметри:

Марка транзистора	KT827AM
Тип транзистора	NPN
Припустимий струм колектора, I _{к доп}	100 мА

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	39
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Прип. напруга колектор-емітер, U_k доп	20 В
Потужність колектора, що розсіює, $P_{\text{пред}}$	0.15 Вт
Мінімальний коеф. передачі струму бази, $h_{21E5 \text{ min}}$	20

2.5 Розрахунок характеристик надійності пристрою

Основною кількісною характеристикою надійності є функція надійності $P(t)$, або скорочено надійність, яка по визначенню рівна імовірності того, що в заданому інтервалі часу або в межах заданого напрацювання при заданих режимах і умовах експлуатації відмов в системі не виникає, тобто $P(t) = W\{T>t\}$, де T – час безвідмовної роботи системи, t – заданий час, $W\{A\}$ – імовірність події A , у даному випадку подія A заключається у тому, що $T>t$.

Непередбачувані експлуатаційні відмови представляють собою непередбачувані відмови повнонадійної РЕА, які виникають в період нормальної експлуатації, коли проробка пристрою вже закінчилася, а зношування і природне старіння ще не настали. Ці відмови обумовлені лише випадковими факторами, такими як: приховані внутрішні дефекти, які не можуть бути виявлені системою технологічного контролю; рівно імовірні, і тому не передбачені схемою та конструкцію технологічні дефекти; відхилення режимів роботи; співставлення параметрів концентрації зовнішніх навантажень і внутрішніх напружень; помилки операторів у період експлуатації. У зв'язку з перерахованими причинами поява таких відмов принципово не виключена і рівноймовірна в часі: $\lambda_0 = \text{const}$.

Розрахунок характеристик надійності полягає у визначенні показників надійності виробу за відомими характеристикам надійності складових компонент і умовам експлуатації [7].

Приблизний розрахунок отримують за формулою:

$$P(t) = \exp\left(-t \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j\right), \quad (2.43)$$

Напрацювання системи на відмову отримуємо за формулою:

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	40
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{cp.c} = 1 / \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j, \quad (2.44)$$

При уточненому розрахунку надійності враховують зовнішні дії, впливи теплових і електричних навантажень елементів пристрою. Розрахунок проводять за формулою:

$$P(t) = \exp\left(-k_{\lambda} t \sum_{j=1}^m \lambda_j N_j\right), \quad (2.45)$$

де $\lambda_j = \alpha_j \lambda_{0j} k_n$,

$k_{\lambda} = k_{\lambda 1} k_{\lambda 2} k_{\lambda 3}$,

$P(t)$ — імовірність безвідмовної роботи;

λ_j — інтенсивність відмов елементів j -ої рівнонадійної групи при заданих експлуатаційних даних;

λ_{0j} — інтенсивність відмов елементів j -ої рівнонадійної групи в номінальному режимі;

α_j — поправочний коефіцієнт інтенсивності відмов j -ої групи, що враховує вплив температури навколишнього середовища і електричне навантаження елемента;

k_n — коефіцієнта навантаження елемента;

k_{λ} — враховує умови експлуатації радіоелектронної апаратури;

$k_{\lambda 1}$ — вплив механічних факторів (вібрація, ударні навантаження);

$k_{\lambda 2}$ — вплив кліматичних факторів (температура, вологість);

$k_{\lambda 3}$ — умови роботи при пониженому тиску.

Значення поправочного коефіцієнта α_j в залежності від температури і коефіцієнта навантаження k_n знаходять в довіднику, коефіцієнти $k_{\lambda 1}$ — $k_{\lambda 3}$ також.

При цьому під коефіцієнтом навантаження k_n розуміють відношення робочого навантаження, встановленого по визначеному параметру, який діє на елемент, до цього номінального навантаження, що встановлене нормативно-технічною документацією.

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	41
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно ТЗ умови експлуатації приладу стаціонарні. Для стаціонарних умов характерно:

$t = +15 \dots +35 \text{ } ^\circ\text{C}$;

вологість 45...75%;

атмосферний тиск 86...104 кПа.

По відповідних таблицях [7] знаходять коефіцієнти:

$$K_M=1; k_B=1; k_{a.t.}=1$$

Отже, $k_c = 1$.

Коефіцієнт α_j знаходять для кожної групи окремо, знаючи температуру (+15...+35 °C) і рекомендовані значення k_n .

Далі складається таблиця згідно електричного розрахунку принципової схеми і вибраної елементної бази. Довідникові дані про λ_{oj} знаходять з відомих джерел. Примітка: розрахунок надійності проводили без врахування монтажу. Інтенсивності відмов елементів приведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Інтенсивності відмов елементів [8]

№ п/п	Назва	Наймен. типомінали елементів	п, шт.	$\lambda_0, 10^{-8}$ год ⁻¹	k_c	t°С	k_n	$k_{тн}$	$\lambda, 10^{-8}$ год ⁻¹
Ємності									
1.	С1	К50-6	10	2	1	50	0,31	1	20
Мікросхеми									
2.	DD1	КМ1114Е4	1	4	1	50	0,04	1	4
3.	DD2	LM393	2	7	1		0,04	1	14
Світлодіод									
4.	HL1	ЗЛ336	1	8	1	50	0,08	1	8
Котушка									
5.	L1	К30x50x0.35 М2000НМ	1	45	1	50	0,01	1	45
Резистори									
6.	R1... R43	МЛТ – 0,125	35	2,2	1	50	0,6	0,92	67
7.	R2,R5 , R29	СП5-22	3	2	1		0,6	0,92	6
8.	R9, R31	СП5-2	5	2	1		0,6	0,92	20
Діоди									

					КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ					
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						42

9.	VD1	2Д522	1	14	1	50	0,3	1	14
10.	VD2	КЦ282	4	14	1	50	0,3	1	56
11.	VD4	AD3520P	2	14	1	50	0,3	1	28
12.	VD5	КС191А	1	38	1	50	0,3	1	38
Транзистори									
13.	VT1	КТ851А	2	11	1	50	0,06	0,18	22
14.	VT2	КТ827АМ	2	4	1		0,06	0,42	8
15.	VT3	IRFP150	1	8			0,06	0,42	8
16.	VT4	4N35	1	15			0,06	0,42	15
17.	VT7	IRFP250	1	7	1		0,06	0,42	7
Роз'єми									
18.	XSI	РГІН-2-2К 2 pin	2	1,4	1	50	0,05	1	2,8
19.		Пайка	213	1	1		0,2	1	215
	Всього, $\Sigma\lambda, 10^{-8}$ 1/год.								598
	Напрацювання на відмову, год								24000

Напрацювання на відмову

$$T = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}} = \frac{1}{598 * 10^{-8}} [\text{год}] = 167224 [\text{год}]$$

В таблиці 2.1. наведено дані про використовувані елементи, їх кількість та сумарне значення інтенсивності відмов. Карта робочих режимів приведена у таблиці 2.2.

З врахуванням часу наробітки приладу 24000 год., отримаємо:

$$P(24000) = e^{-\lambda_{\Sigma} * t} \approx 1 - \lambda_{\Sigma} * t \approx 1 - 598 * 10^{-8} * 24000 \approx 0.86$$

В результаті розрахунку характеристик надійності будуємо графік залежності імовірності роботи пристрою від часу рис.2.3.

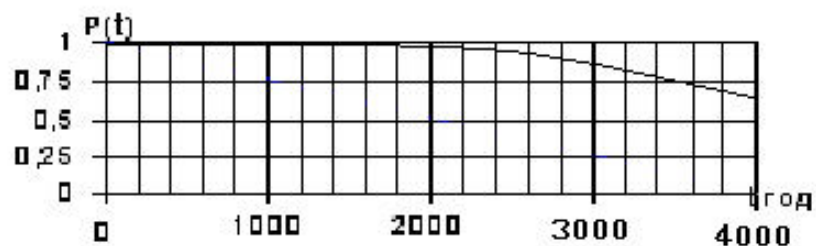


Рис. 2.3. Імовірність безвідмовної роботи.

Карта робочих режимів

Позн.	Типоно- мінал	Напруга, В			Струм, А		P _{роз} , Вт	k _i	k _u	k _p
		пост.	зм.	макс.	пост.	зм.				
<i>C1-C10</i>	<i>K50-6</i>			$\frac{100}{160}$				0.6		
<i>DD1- DD3</i>	<i>KM1114E4</i>			$\underline{5}$		0,0015	$\frac{0.0075}{0.2}$		0.037	
<i>DD2</i>	<i>LM393</i>			$\underline{5}$		0,0015	$\frac{0.0075}{0.2}$		0.037	
<i>HL1</i>	<i>3Л336</i>			$\underline{2}$		0,01				
<i>L1</i>	<i>K30x50x0.3 5M2000HM</i>			$\underline{20}$		1				
<i>R1</i>	<i>MJT-0,125</i>			$\underline{220}$		0,015	$\frac{0.075}{0.125}$		0.6	
<i>R2</i>	<i>СП5-22</i>			$\underline{220}$		0,002	$\frac{0.04}{0.125}$		0,32	
<i>R9</i>	<i>СП5-2</i>			$\underline{220}$		0,002	$\frac{0.04}{0.125}$		0,32	
<i>VD1</i>	<i>2Д522</i>			$\frac{1}{600}$	$\frac{0.005}{0.01}$		$\frac{0.005}{6}$	0,006	0,3	
<i>VD2</i>	<i>КЦ282 16В</i>			$\frac{1}{400}$	$\frac{0.005}{0.03}$		$\frac{0.005}{12}$	0,006	0,3	
<i>VD4</i>	<i>AD352OP</i>			$\frac{1.5}{300}$	$\frac{0.002}{0.03}$		$\frac{0.003}{9}$	0,006	0,3	
<i>VD5</i>	<i>KC191A</i>			$\frac{2.5}{220}$	$\frac{0.003}{0.015}$		$\frac{0.015}{6}$	0,006	0,3	
<i>VT1</i>	<i>KT851A</i>			$\underline{250}$	$\underline{3.5}$		0,5	0,06		
<i>VT2</i>	<i>KT827AM</i>			$\underline{100}$		20	125	0,06		
<i>VT3</i>	<i>IRFP150</i>			$\underline{150}$		40	0,22	0,06		
<i>VT4</i>	<i>4N35</i>			$\underline{25}$		30	0,30	0,06		
<i>VT7</i>	<i>IRFP250</i>			$\underline{250}$		33	0,15	0,06		
<i>XS1</i>	<i>РГ1Н-2-2К</i>			$\frac{60}{200}$				0.3		

ВИСНОВКИ

При виконанні проекту проведено літературний огляд та аналіз аналогів об'єкту проектування – різноманітних стабілізаторів напруги. Також проаналізовано існуючі методи побудови стабілізаторів напруги.

Згідно із поставленими у технічному завданні вимогами, та в результаті аналізу завдання та існуючих аналогів об'єкту проектування було виконано проектування електричної структурної та принципової схеми. Проведено повний електричний розрахунок принципової схеми.

Отримано такі результати: розроблено імпульсний компенсаційний стабілізатор з наступними параметрами:

- напруга на виході 62В;
- діапазон змінної вхідної напруги 50 - 90 В;
- $\Delta U_{ст}/\Delta U_{вх}$ рівне 0,03 %;
- $\Delta U_{ст}/\Delta T$ рівне 0,3 %/°С;
- ККД стабілізатора 70%;
- прилад призначений для експлуатації в УХЛ 1.4. ДСТУ EN

60335-1:2015.

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	45
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гершунский Б.С. “Довідник з розрахунку електронних схем”- Київ : Вища школа 1983 р.
2. Джерела електроживлення РЕА./ під ред. Г.С.Найвельта. М., Радіо й зв'язок, 1986.
3. О. Николайчук. Потужний імпульсний стабілізатор напруги понижуючого типу із загальним плюсом. Схемотехніка, № 9/2001
4. Нечаєв И. Економічний стабілізатор. Радіо, 1984, №12, с. 53.
5. У.Титце, К.Шенк. Напівпровідникова схемотехніка. М: Мир, 1982р.
6. Б. Р. Левин. Теоретичні основи статистичної радіотехніки. — М.: Радянське радіо, 1968.
7. Федичкин С. Мікропотужні стабілізатори напруги. Радіо, 1988, №2, с. 56.
8. Електроніка і мікросхемотехніка: Навч. посібник / Долбня В.Т., Сакара Ю.Д., Миланіч Т.В. - Харків: НТУ "ХП", 2006. – 204 с.
9. Довідкова книга радіоаматора-конструктора. М: Радіо й зв'язок, 1990 р.
10. Дмитрів В.Т., Шиманський В.М. Електроніка і мікросхемотехніка: Навч. посібник. – Львів: Афіша, 2004.
11. Основи схемотехніки електронних систем. Підручник В. І. Бойко, А. М. Гуржій, В. І. Жуйков та ін. – Вища школа, 2004.
12. Ціфрові та аналогові інтегральні мікросхеми: Довідник/С. В. Якубовський, Л. И. Ниссельсон, В. И. Кулешова та інші; Під. ред. С. В. Якубовського.— М.: Радіо та зв'язок, 1990.— 496 с.
13. Електротехніка та електроніка. Теоретичні відомості, розрахунки та дослідження за підтримкою комп'ютерних технологій: Навч. посіб. /Щерба А.А., Рябенський В.М., Кучеренко М.Є., Победаш .К.К. та ін. –К.: "Корнійчук", 2007, - 488 с. з іл.

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

14. А.К. Шидловський, К.О. Липківський Розвиток досліджень по перетворенню та стабілізації параметрів електромагнітної енергії. Інститут електродинаміки НАН України. 2007 р.
15. Розробка та оформлення конструкторської документації радіоелектронної апаратури: Довідник Э. Т. Романичевої, - М.; Радіо та за'язок, 1989.
16. Радіотехніка: Енциклопедичний навчальний довідник / За ред. Мазора Ю.Л., Мачуського Є.А., Правди В.І. - К.: Вища шк., 1999. - 838 с
17. Електроперетворюючі пристрої: Навчальний посібник / Укл. Браїловський В.В., Ластівка ГЛ., Шпатар П.М. - Чернівці: Рута, 2005. - 70 с
18. Основи теорії електронних кіл: підручник / Ю.Я.Бобало, Б..А..Манддзій, П.Г.Стахів, Л.Д.Писаренко, Ю.І. Якименко; за ред.. проф. Ю.Я. Бобало. — Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2008. — 332с

					<i>КБР.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>	
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
<u>Конденсатори ОЖО.460.172ТУ</u>			
C1	K50-6 33000 мкФ 100В ± 10%	1	
C2, C3	K50-6 100 мкФ 16В ± 10%	2	
C4, C8	K50-6 1,5 нФ ± 10%	1	
C5, C9	K50-6 1000 мкФ 16В ± 10%	2	
C6, C7	K50-6 100 мкФ 16В ± 10%	2	
C10	K70-6 2x47000 мкФ 63В ± 10%	1	
<u>Мікросхеми</u>			
DD1	KM1114E4 БКО.348.006-01 ТУ	1	
DD2-DD3	LM393 БКО.348.006-01 ТУ	2	
<u>Світлодіод</u>			
HL1	3Л336	1	
<u>Котушка</u>			
L1	K30x50x0.35 M2000HM	1	
<u>Резистори ОЖО.467.180 ТУ</u>			
R1	МЛТ-0,125 56 кОм ± 10%	1	
R2	СП5-22-0,125 6 кОм ± 10%	3	R5, R29
R3	МЛТ-0,125 1 кОм ± 10%	4	R22, R27, R40
R4	МЛТ-0,125 82 кОм ± 10%	4	R20, R28, R39
R6, R7	МЛТ-0,125 10 кОм ± 10%	6	R11, R12, R25, R33
R8	МЛТ-0,125 3,6 кОм ± 10%	1	
R9, R31	СП5-2-0,125 470 Ом ± 10%	2	

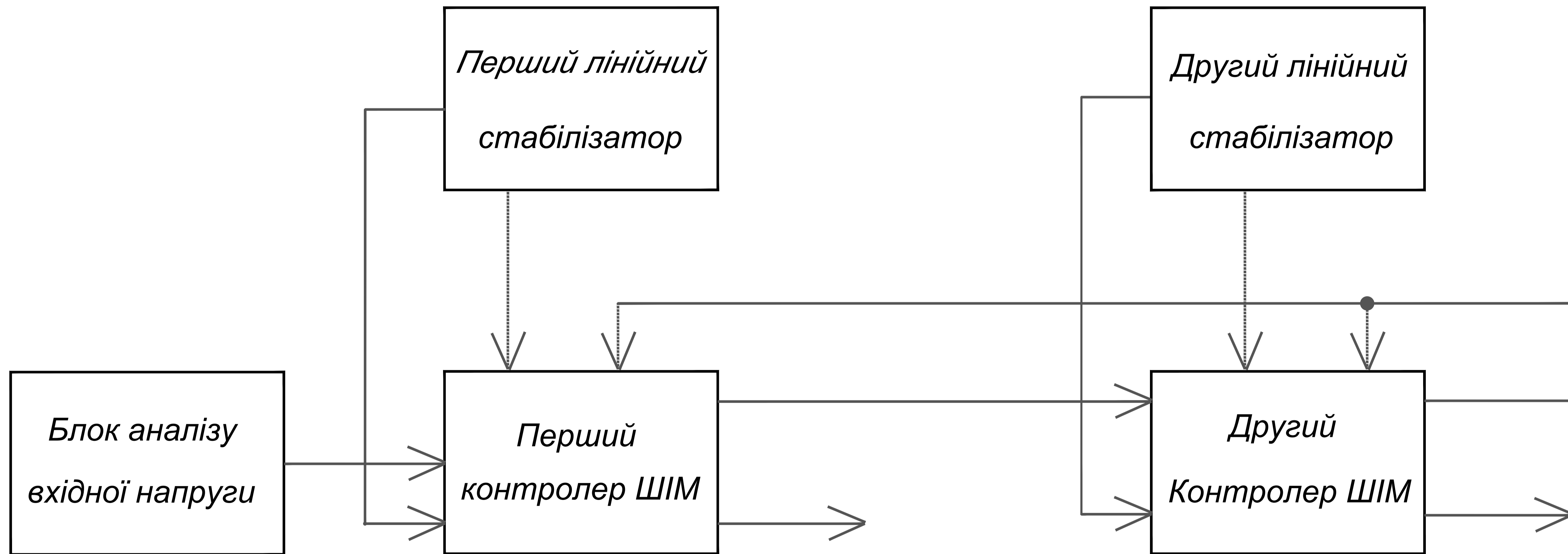
КП.ЕС.19050040.001.ПЕ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		Добей С.С.		15.06
Перевірів		Зяць Т.М.		15.06
Т.Контр.				
Н.Контр.		Снесивих О.О.		15.06
Затвердив		Зяць Т.М.		15.06

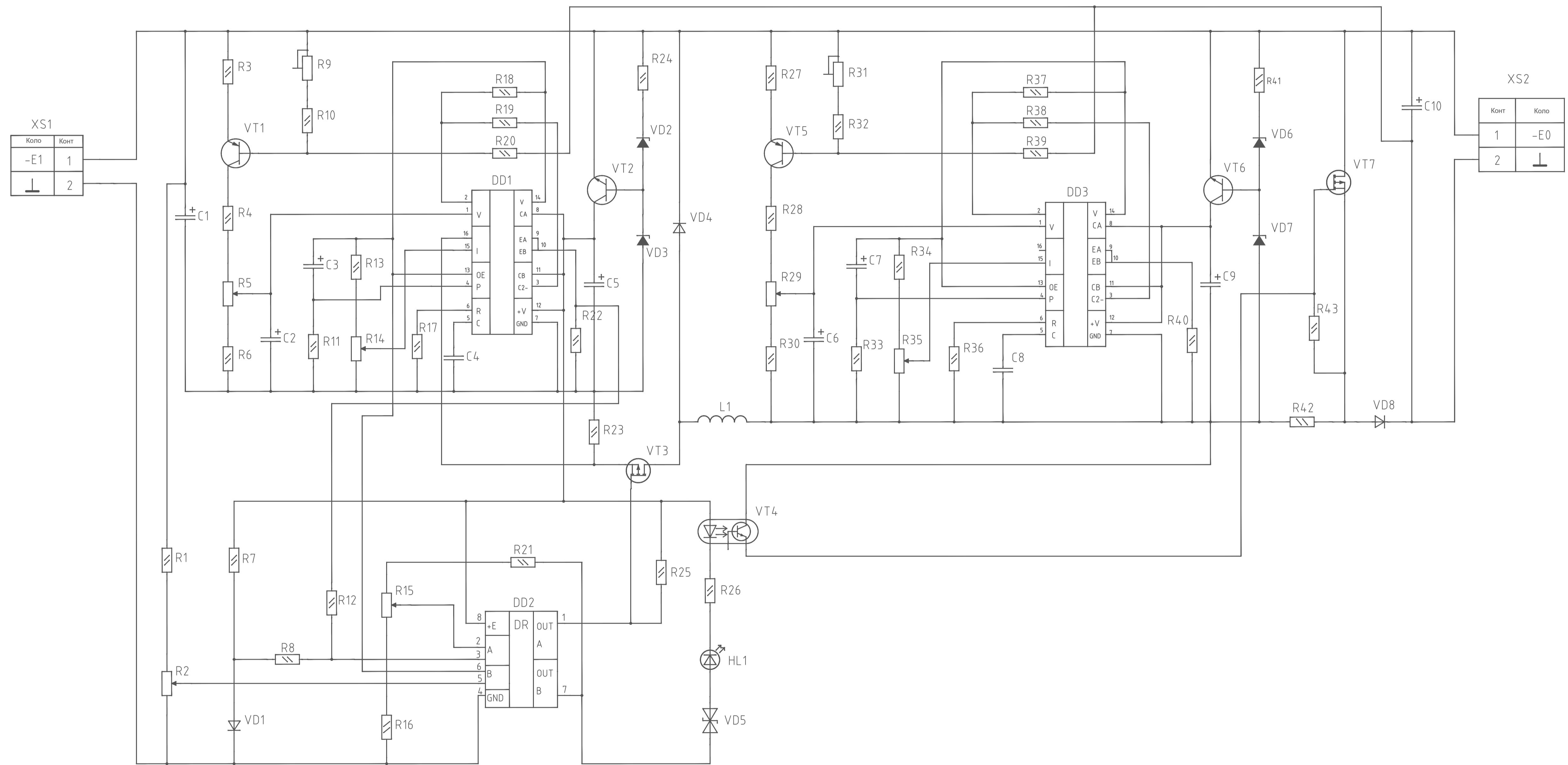
Імпульсний компенсаційний
стабілізатор напруги
Перелік елементів

Літера	Аркуш	Аркушів
У	1	2

УжНУ, ІТФ, гр. ЕС 4 курс



					КБР ЕС 1905004.0.001Е1			
Зм.	Арх.	№ документа	Підпис	Дата	Імпульсний компенсційний стабілізатор напруги	Літера	Маса	Масштаб
Розробив	Заяць Т.М.					у		1:1
Перевірив	Заяць Т.М.					Аркци 1		Аркци 1
Т. контр.								
Н. контр.	Слесидих О.В.				Структурна схема	УжНУ, ІТФ, гр. ЕС, 4 курс		
Затвердив	Заяць Т.М.							



КБР ЕС 19050040.001Е2						Литера	Маса	Масштаб
Эк. Арх.	№ документа	Подпис	Дата	Импульсный компенсационный стабилизатор напряжения		у		1:1
Разработчик	Ладен С. С.			Архив 1				Архив 1
Проверил	Зяць Т. М.			УжНУ, ІТФ, гр. ЕС, 4 курс				
Т. контр.				Схема електрична принципова				
Н. контр.	Слесидих О. О.			Затвердив				
Затвердив	Зяць Т. М.							

Додаток 1

Завідувачу кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ

К.Ф. - М.Н. Загуба Тарас Михайлович

Студента (-ки) 4 курсу
спеціальності 171 Електроніка
Добей С.С.
(прізвище, ініціали)

ЗАЯВА

щодо самостійного виконання
навчальної/кваліфікаційної роботи здобувачем освіти

Я, Добей Сергій Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові),

Студент(-ка) оскв (денна), інженерно технічний
(форма навчання, факультет, курс)

заявляю: моя письмова робота на тему: Інтегрований компенсаційний
стабілізатор потужності

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату.

Всі запозичення з друкованих та електронних джерел, а також із захищених раніше робіт мають відповідні посилання. Я ознайомлений(а) з діючим Положенням, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску навчальної/кваліфікаційної роботи до захисту та притягнення до академічної відповідальності.

15.06.23

Дата



Підпис

Додаток 2.

ДОВІДКА
про результати перевірки на унікальність
кваліфікаційної, навчальної (курсової) роботи

Автор роботи	Добий Сергій Сергійович
Назва роботи	Дипломний комплексний стабілізатор напруги
Спеціальність	141 Електроніка
Курс	4-й курс
Факультет	Університетський
Кафедра	Електронні системи
Керівник роботи	Зозуль Тарас Михайлович
Роботу перевірено в програмі	Unicheck
Додано до бази даних	
Ідентифікаційний номер роботи	
Результати перевірки	
Показник унікальності тексту через перевірку роботи у внутрішній базі кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ	-
Показник унікальності тексту в мережі Інтернет	75,7 %

Відповідальна особа/
Науковий керівник роботи

15.06.23
Дата

Тарас Зозуль
(прізвище, ініціали)
ЗЗ
Підпис

Ім'я користувача:
приховано налаштуваннями конфіденційності

ID перевірки:
1015610466

Дата перевірки:
15.06.2023 11:11:54 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
15.06.2023 11:13:01 EEST

ID користувача:
100006217

Назва документа: 2023-КБР-Добей,Сергій,Сергійович

Кількість сторінок: 34 Кількість слів: 6860 Кількість символів: 44489 Розмір файлу: 961.13 KB ID файлу: 1015258315

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

24.7% Схожість

Найбільша схожість: 6.62% з Інтернет-джерелом (<http://www.electrotema.com.ua/content/detail/3339>)

24.2% Джерела з Інтернету

174

Сторінка 36

14.3% Джерела з Бібліотеки

57

Сторінка 37

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

157

Підозріле форматування

11
сторінок