

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДВНЗ « Ужгородський національний університет»

Інженерно-технічний факультет

кафедра електронних систем

кваліфікаційна робота магістра

На тему: Імпульсний компенсаційний стабілізатор напруги

Студента 2 курсу

Добеля Сергія Сергійовича

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник кандидат фіз.-мат. наук Юркін І. М.

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

(підпис)

Голова ЕК:

Ремета Є. Ю. доктор фіз.-мат. наук, зав.відділу 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)

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

Студент _____
(підпис)

Ужгород – 2024

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою,

доц. _____ (Заяць Т. М.)

“ ____ ” _____ 2023 року

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА

На кваліфікаційну роботу магістра

на тему:

ІМПУЛЬСНИЙ КОМПЕНСАЦІЙНИЙ СТАБІЛІЗАТОР НАПРУГИ

Студента групи ЕС: Сергія ДОБЕЯ

Керівник: канд. фіз.-мат наук, доц. кафедри ЕС

Ігор ЮРКІН

Ужгород - 2024

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою,

доц. _____ (Заяць Т. М.)

“ ____ ” _____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я
на кваліфікаційну роботу магістра
студенту **Добею Сергію Сергійовичу**

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра: “Імпульсний компенсаційний стабілізатор напруги”.
Затверджена на засіданні кафедри (протокол №3 від 10.10 2023р.)
Термін закінчення студентом кваліфікаційної роботи магістра:
10 грудня 2024 року.
2. Вихідні дані до курсової роботи.
 - Провести пошук імпульсних компенсаційних стабілізаторів напруги.
 - Проаналізувати переваги та недоліки різних аналогів об’єкту досліджень.
 - Розробити технічну пропозицію із наступними параметрами:
 - напруга на виході 62В;
 - діапазон змінної вхідної напруги 50 – 90 В;
 - $\Delta U_{ст}/\Delta U_{вх}$ рівне 0,03 %;
 - $\square U_{ст}/\square T$ рівне 0,3 %;
 - ККД стабілізатора 70%;
 - прилад призначений для експлуатації в УХЛ 4.2. ГОСТ 15150-64.
3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці).

Вступ.

 1. Огляд і аналіз існуючих аналогів об’єкту проектування.
 - 1.1 Аналіз технічного завдання.
 - 1.2 Огляд і аналіз існуючих методів та схемотехнічних рішень поставленого завдання.
 2. Проектно – конструкторський розділ.
 - 2.1 Технічна пропозиція та її обґрунтування.
 - 2.2 Розробка структурної схеми.
 - 2.3 Синтез принципової схеми.
 - 2.4 Розрахунок окремих блоків пристрою.
 - 2.5 Розрахунки теплового режиму, надійності та вартості виробу

3. Заходи з охорони праці і техніки безпеки.
4. Висновки.
5. Перелік посилань
6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
 - 6.1 Структурна (функціональна) електрична схема.
 - 6.2 Принципова електрична схема.
 - 6.3 Креслення друкованої плати.
 - 6.4 Складальне креслення.
 - 6.5 Перелік елементів.
 - 6.6 Специфікація.
7. Консультанти роботи, вказати з яких розділів.

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

Дата видачі завдання 10 жовтня 2024 року.

Керівник роботи _____ (доц. І. М. Юркін)
(підпис)

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів виконання КРМ	Термін виконання етапів	Примітки
1.	Пошук та аналіз аналогів об'єкта досліджень.	до 20.12.2023 року	
2.	Огляд та аналіз аналогів.	до 20.02.2024 року	
3.	Вибір технічного рішення та обґрунтування технічної пропозиції.	до 20.03.2024 року	
4.	Синтез структурної та принципової схем, їх розрахунок.	до 20.04.2024 року	
5.	Виготовлення конструкторської документації.	до 20.10.2024 року	
6.	Оформлення кваліфікаційної бакалаврської роботи.	до 10.12.2024 року	
7.	Захист на державній екзаменаційній комісії.	Згідно з графіком захисту	

Студент _____ (С.С. Добей)
(підпис)

Керівник роботи _____ (доц. І. М. Юркін)
(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра на тему «Імпульсний компенсаційний стабілізатор напруги» / УжНУ; Керівник Юркін І. М.; Студент Добей С.С., група ЕС.

Пояснювальна записка: 81 сторінка, 11 рисунків, 8 таблиць, 23 джерела, 7 додатків.

Графічна частина: 5 листів формату А1.

Об'єкт розробки – імпульсного компенсаційного стабілізатора напруги.

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

При виконанні кваліфікаційної роботи магістра 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 “Magister” degree: «Pulse compensating voltage regulator» / UzhNU; Supervisor: Yurkin I. M.; Student: Dobey S.S., ES group.

Explanatory note: 81 pages, 11 figures, 8 tables, 23 sources, 5 appendixes.

Graphic part: 5 A1 sheets.

The aim of this project is to develop a pulse-compensated voltage regulator.

The 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 Master's project, a thorough review and analysis of related analogues were carried out, based on the design objectives and fundamental principles. Drawing from this research and the technical specifications, the structural principles of the system were broken down. The design and engineering team was tasked with synthesizing a comprehensive structural and schematic diagram, alongside providing a detailed description of the construction and design.

Keywords:

VOLTAGE REGULATOR, IMPULSE VOLTAGE REGULATOR, COMPENSATION
VOLTAGE REGULATOR

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1. Огляд і аналіз існуючих аналогів об'єкту проектування	12
1.1 Аналіз технічного завдання	12
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	27
2.3 Синтез та аналіз принципової схеми	28
2.4 Розрахунок окремих блоків пристрою	31
2.5 Розрахунок характеристик надійності пристрою	39
2.6 Розрахунок вібраційної витривалості плати	44
2.7 Проектування та розрахунок друкованої плати	46
2.8 Визначення контактних площадок, розмірів друкованих провідників	48
2.9 Розрахунок конструкції друкованої плати	51
2.10 Вибір варіантів встановлення елементів РЕА	54
3. Розрахунки теплового режиму, надійності та вартості виробу	55
4. Техніко-економічний розділ	59

					<i>КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Імпульсний компенсаційний стабілізатор напруги</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Добей С. С.</i>				<i>У</i>	<i>7</i>	<i>81</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Юркін І. М.</i>				<i>УжНУ, ІТФ 2 курс, гр. ЕС</i>		
<i>Т.Контр.</i>								
<i>Н.Контр</i>		<i>Папп О.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Заяць Т. М.</i>			<i>Пояснювальна записка</i>			

5. Заходи з охорони праці і техніки безпеки. 62

Висновки 78

Список використаних джерел 79

ДОДАТКИ

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

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

Додаток В. Креслення друкованої плати КРМ.ЕС.19050040.001.ДП

Додаток Г. Складальне креслення КРМ.ЕС.19050040.001.СК

Додаток Д. Габаритне креслення КРМ.ЕС.19050040.001.Е5

Додаток Е. Перелік елементів КРМ.ЕС.19050040.001.ПЕ

Додаток Ж. Специфікація КРМ.ЕС.19050040.001.СП

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

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 $220 \pm (10)\%$.

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	9
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	10
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цифровими пристроями, що дозволяє в ряді випадків спростити рішення питання про їхню сумісність.

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.

ЕС
ІТФ
УЖНУ
2024

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	11
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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
$\square U_{ст} / \square U_{вх}$	0,03%
$\square U_{ст} / \square T$	0,3%
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 °С

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	12
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відносна вологість: 45....90 %

Тиск: 100,3 кПа

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

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.

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	13
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 -40 до $+40$ °C, 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 синусоїдальної 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

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	14
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 синусоїдної напруги, широкий діапазон вхідної напруги. До недоліків такого типу можуть належати переривання напруги в процесі регулювання (обмеження застосування для високоіндуктивних та високоемнісних 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

					<i>KPM.EC.19050040.001.ПЗ</i>	15
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.

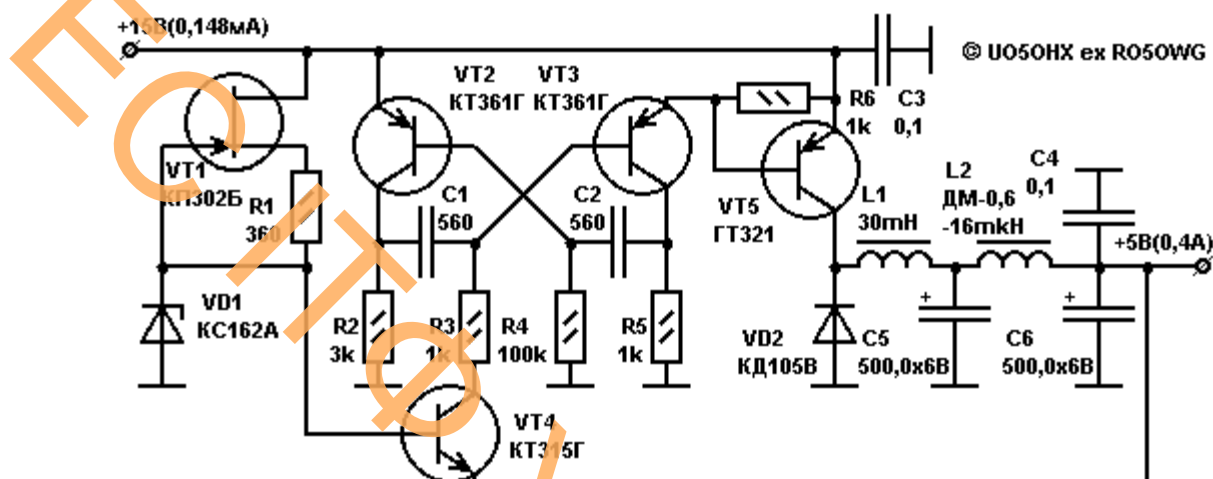


Рис.1.2 Простий імпульсний стабілізатор [3]

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

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	18
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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,

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	19
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідно набирати фільтр паралельним з'єднанням декількох конденсаторів. Для кращого згладжування встановлений додатковий фільтр L4C14, що зменшує амплітуду пульсації в 3...5 разів і перешкоджає проникненню високочастотних перешкод у навантаження.

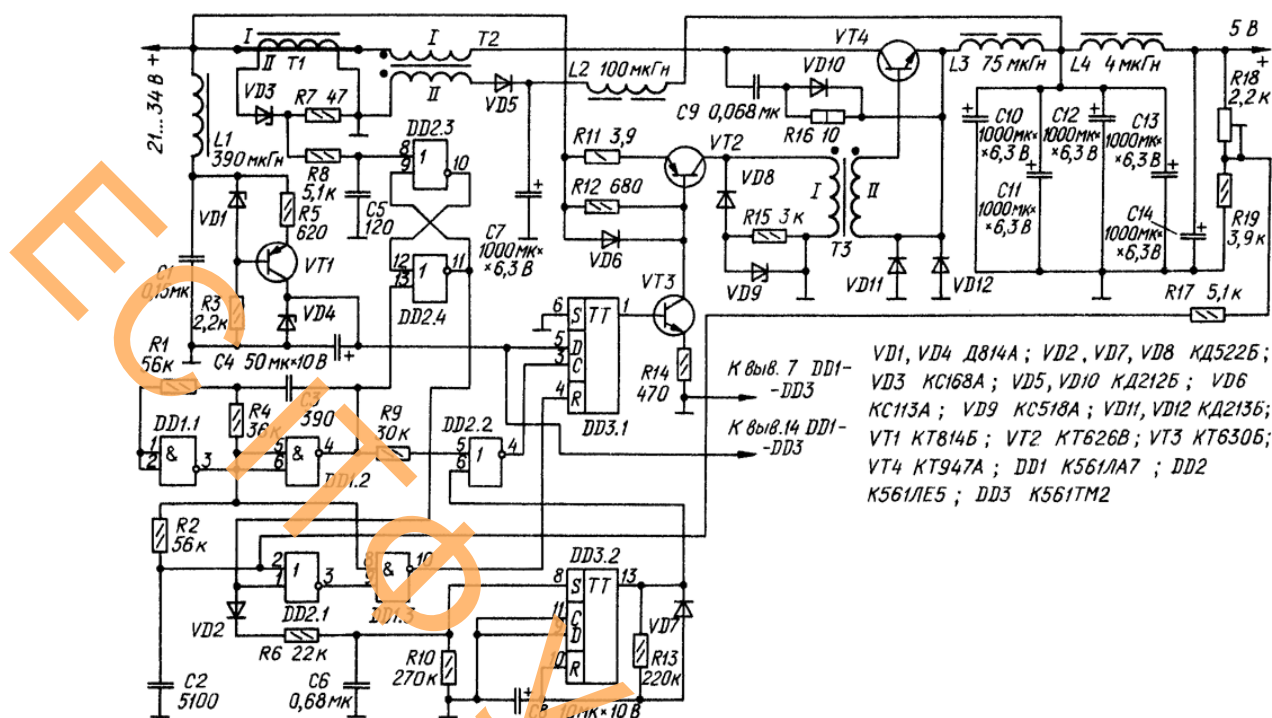


Рис.1.3 Потужний імпульсний стабілізатор постійної напруги [4]

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.

Стабілізатор має динамічний самозапуск: при підключення джерела живлення транзистор VT1 відкривається як ключ на час $t \approx R_2 \cdot C_1$. Воно повинно бути достатньо для того, щоб напруга на конденсаторі C2 достигло 3...3,5 В. Запуск буде стійким у всіх режимах, якщо $R_2 \cdot C_1 > (2...3) R_{и} \cdot C_2$, де $R_{и}$ - внутрішній опір джерела живлення у стані, близькому до виснаження.

Струм навантаження стабілізатора може змінюватися в досить широких межах — від декількох десятків мікроамперів до 20...30 мА.

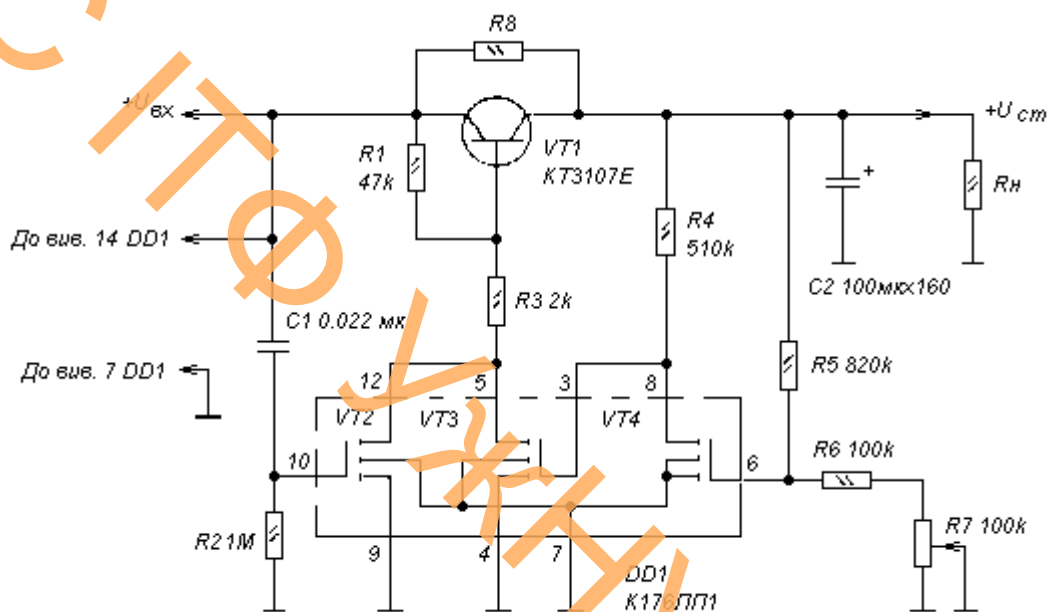


Рис.1.4 Економічний стабілізатор напруги [5]

Його граничні значення залежать в основному від теплового режиму й струму I_{k0} транзистора VT1.

Опір ізоляції конденсатора C1 повинне бути не менш 50 МОм. Виводи незадіяних транзисторів в DD1 можна залишити вільними.

Стабілізатор здатний працювати й у звичайному режимі статичного самозапуску, У цьому випадку треба лише зашунтувати транзистор VT1 резистором (на схемі – RS), Його опір розраховують, виходячи з нерівності;

$R_H[(U_{вх\ max}/U_{ст}) - 1] < R_8 < R_H[(U_{ст}/3,5) - 1]$, де R_H – опір навантаження, кому; $U_{вх\ max}$ – напруга свіжого джерела живлення, В; $U_{ст}$ – напруга на виході стабілізатора, В.

Так, при $U_{вх\ max}=9$ В (свіжий «Корунд»), $U_{ст}=6$ В и $R_H=4$ кОм (гетеродин приймача) маємо $2\ кОм < R_8 < 2,85\ кОм$, і номінал шунтуючого 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 $U_{вх\ max}$, $U_{ст}$, 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 V_{T2} 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 апаратурі: від різних цифрових до звуковідтворюючих і радіоприймальних пристроїв. Технічні характеристики наведені в таблиці 1.1:

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	22
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1

Струм холостого ходу, мА, не більше	0,25
Тривалий струм навантаження, мА: номінальний максимальний	100 200
Вихідна стабілізована напруга, В	9
Вхідна напруга, В	11...15
КПД, % при вхідній напрузі 11 В і номінальному струмі навантаження при вхідній напрузі 13 В і струмі навантаження 10 мА 100 мА 200 мА	82 65 72 69
Коефіцієнт стабілізації при номінальному струмі навантаження, не менш	300
Амплітуда пульсацій, мВ, не більше, при максимальному струмі навантаження	2

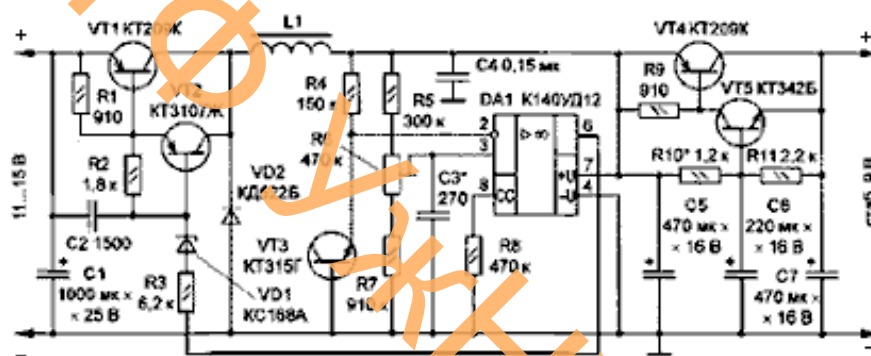


Рис.1.5 Економічний імпульсний стабілізатор напруги [6]

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 зворотньоємному емітерному переході транзистора VT3 [2]. 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. Підстроечним резистором R6 регулюють вихідну напругу.

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	23
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конденсатор С3 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 С2 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

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	24
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.1.6), два з яких (VT1, VT2) утворять ключовий регулюючий елемент, а третій (VT3) є підсилювачем сигналу неузгодженості.

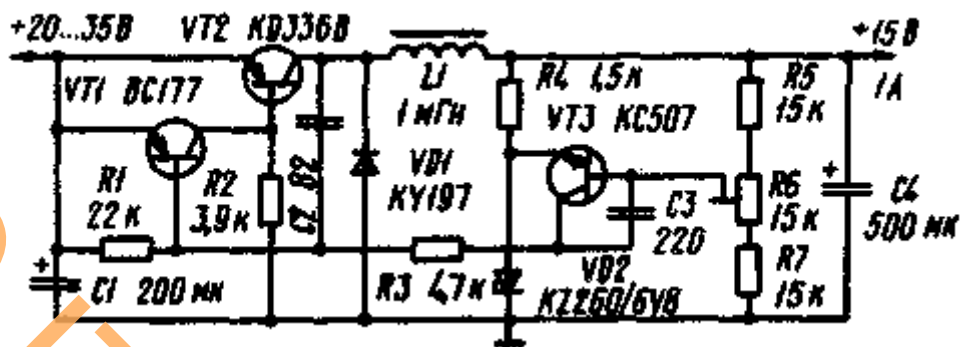


Рис.1.6. Імпульсний стабілізатор напруги [7]

Пристрій працює в автоколебальному 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 енергія через діод VD1 віддається в навантаження. Пульсації вихідної напруги стабілізатора згладжуються фільтром L1C4 [8].

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%.

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		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%
ККД стабілізатора	> 70%

2.2 Синтез та аналіз структурної схеми

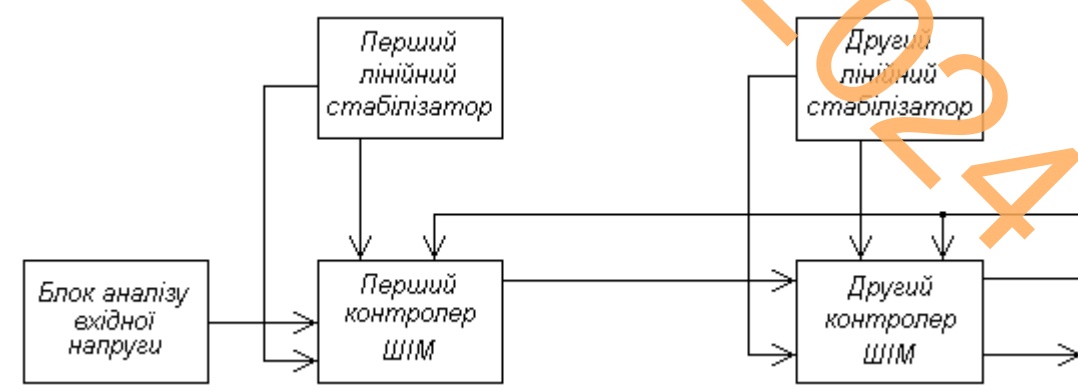


Рис. 2.1 Структурна схема імпульсного компенсаційного стабілізатора напруги [11]

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

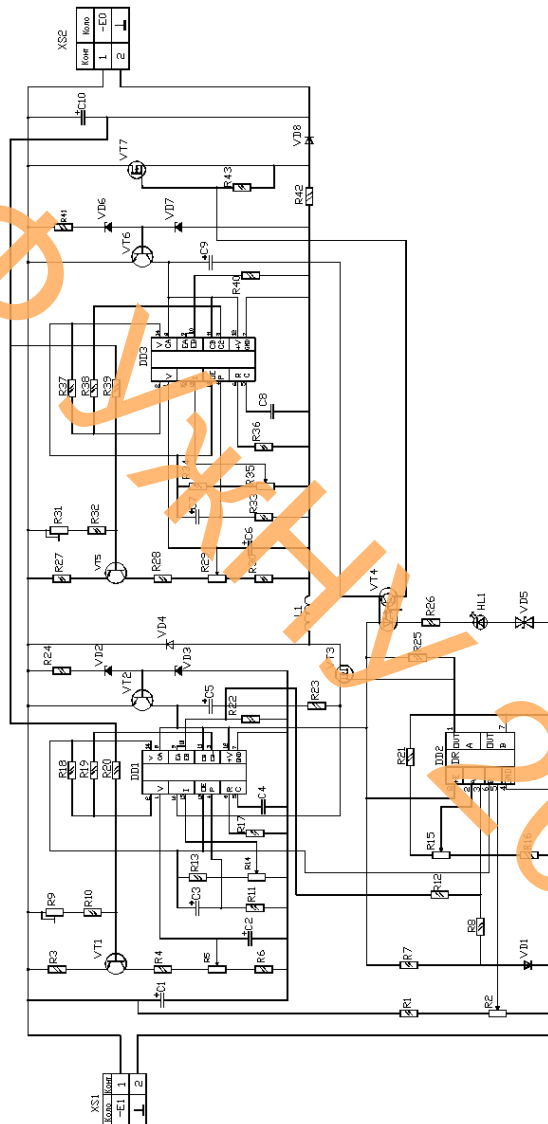


Рис. 2.2 Принципова схема імпульсного компенсаційного стабілізатора напруги [9]

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, уведені ланцюги захисту по струму, що складаються з дільників опорної напруги R13, R14 для DD1 та R34, R35 для DD3 і струмовимірювальних дрітятих 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

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	29
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рахунок введення ланцюжка VD1, R7. Середня крапка діляника R12, R8 з'єднана із входом, що не інвертує, першого компаратора DD2. Інвертуючий вхід, цього компаратора з'єднаний з резистивним діляником R29, R15, R16, вхід якого підключений до виходу другого компаратора, а напруга на виході цього діляника 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

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	30
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

включений, транзистор оптрона відкритий, і вихідні імпульси другого контролера ШІМ з виводів 9, 10 мікросхеми DD3 надходять на затвор другого 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 AT 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 межах 3.5 В.

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

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

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

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	31
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо максимальне значення на регулюючому транзисторі

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

Потужність, що розсіюється на колекторі транзистора VT3, дорівнює

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

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

Марка транзистора	KT827AM
Тип транзистора	NPN
Припустимий струм колектора, $I_{\text{к доп}}$	20 А
Прип. напруга колектор-емітер, $U_{\text{к доп}}$	100 В
Потужність колектора, що розсіює, P	125 Вт
Мінімальний коеф. передачі струму бази, $h_{21E3 \text{ min}}$	750

По статичним ВАХ обраного транзистора знаходимо:

$$h_{11E3} = 33.0 \text{ Ом,}$$

$$m3 = 1 / h_{12E3} = 1/0.23 = 4.20,$$

де h_{11E3} – вхідний опір транзистора, Ом; $m3$ – коефіцієнт передачі напруги;
 h_{12E3} – коефіцієнт зворотного зв'язку.

Знаходимо струм бази транзистора VT3

$$I_{\text{Б3}} = I_{\text{н}} / h_{21E3 \text{ min}} = 5 / 750 = 6.67 \times 10^{-3} \text{ А.} \quad (2.6)$$

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

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	32
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_{k2 \max} = U_{k3 \max} - U_{633} = 7 - 0.7 = 6.3 \text{ В}, \quad (2.7)$$

де U_{633} – 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 ,

$$I_{k2} = I_{63} + IR_3 = 5 \times 10^{-4} + 6.7 \times 10^{-3} = 7.2 \times 10^{-3} \text{ А}. \quad (2.8)$$

Потужність, що розсіює на колекторі транзистора VT2, дорівнює

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

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

Марка транзистора	KT851A
Тип транзистора	NPN
Припустимий струм колектора, $I_k \text{ доп}$	300 ма
Прип. напруга колектор-емітер, $U_k \text{ доп}$	30 В
Потужність колектора, що розсіює, $P_{\text{ред}}$	0.5 Вт
Мінімальний коеф. передачі струму бази, $h_{21E2 \min}$	60

По статичним ВАХ обраного транзистора знаходимо:

$$h_{11E2} = 36.36 \text{ Ом},$$

$$m_3 = 1 / h_{12E2} = 1/0.022 = 45.45.$$

Розраховуємо струм бази VT2

$$I_{B2} = I_{k2} / h_{21E2 \min} = 7.2 \times 10^{-3} / 60 = 1.2 \times 10^{-4} \text{ А}. \quad (2.10)$$

Знаходимо опір резистора R_3

$$R_3 = (U_n + U_{633}) / IR_3 = (15 + 0.7) / 5 \times 10^{-4} = 31400 \text{ Ом}. \quad (2.11)$$

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

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	33
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$PR_3 = (U_H + U_{633}) \times IR_3 = (15 + 0.7) \times 5 \times 10^{-4} = 7.85 \times 10^{-3} \text{ Вт.} \quad (2.12)$$

Відповідно до поруч E24 вибираємо резистор типу МЛТ- 0.125 33 кОм $\pm 5\%$.
Джерелом еталонної напруги беремо параметричний стабілізатор напруги на кремінному стабілітроне VD9 з розрахунку

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

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

$$PR_4 = 0.3 U_H \times I R_4 = 0.3 \times 15 \times 5 \times 10^{-3} = 22.5 \times 10^{-3} \text{ Вт.} \quad (2.15)$$

Відповідно до поруч E24 вибираємо резистор типу МЛТ- 0.125 910 Ом $\pm 5\%$.

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

$$U_{K4\max} = U_H + U_{633} + U_{632} - U_{VD2} = 2.90 \text{ В} \quad (2.16)$$

Задаємо струм колектора VT4 меншим ніж середній стабілітрона VD2

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

Потужність, що розсіює на колекторі транзистора VT4

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

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	34
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Марка транзистора	КТ851А
Тип транзистора	NPN
Припустимий струм колектора, $I_{K \text{ доп}}$	30 мА
Прип. напруга колектор-емітер, $U_{K \text{ доп}}$	15 В
Потужність колектора, що розсіює, $P_{\text{пред}}$	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

$$I_{B4} = I_{K4} / h_{21E4 \min} = 4 \times 10^{-3} / 50 = 8 \times 10^{-5} \text{ А.} \quad (2.18)$$

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

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

Знаходимо опору резисторів:

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

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

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

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	35
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Робочу напругу стабілітрона VD1 визначаємо зі співвідношення

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

Вибираємо тип стабілітрона й виписуємо його основні параметри:

стабілітрон 2С119А;

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

$r_{VD1} = 15 \text{ Ом}$ – 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 E₂₄ вибираємо резистор типу МЛТ- 0.125 3.9кОм ±5%.

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

$$I_{K1} = I_{K4} + I_{B2} = 4 \times 10^{-3} + 12 \times 10^{-5} = 412 \times 10^{-5} \text{ А} \quad (2.24)$$

Знаходимо напругу колектор-емітер VT1

$$U_{K1\max} = U_{BX \max} - U_{R2} + U_{K4\max} - U_{VD2} = 4.1 \text{ В} \quad (2.25)$$

де $U_{R2} = U_{VD1} - U_{\phi 1}$ – спадання напруги на резисторі R₂.

Потужність, що розсіює на колекторі транзистора VT1

$$P_1 = U_{K1\max} \times I_{K1} = 4.1 \times 412 \times 10^{-5} = 16 \times 10^{-3} \text{ Вт.} \quad (2.26)$$

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	36
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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, $h_{21E1 \min}$	50

Розраховуємо опір резистора R_2

$$R_2 = U_{R2} / I_{k1} = 1.5 / 412 \times 10^{-5} = 364 \text{ Ом}, \quad (2.27)$$

$$PR_2 = U_{R2} \times I_{k1} = 1.5 \times 412 \times 10^{-5} = 618 \times 10^{-5} \text{ Вт}. \quad (2.28)$$

Відповідно до поруч Е24 вибираємо резистор типу МЛТ- 0.125 360 Ом $\pm 5\%$.

Розраховуємо основні параметри складового транзистора:

вхідний опір транзистора

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

коефіцієнт передачі напруги транзистора

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

вихідний опір транзистора

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

Розраховуємо вхідний опір джерела стабільного струму

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

Розраховуємо параметри підсилювача зворотного зв'язку:
опір навантаження підсилювача

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	37
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

коефіцієнт підсилення напруги підсилювача

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

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

$$K_{CT} = m_{CK} K_u U_H / U_{BX} = 3.845 \times 71.13 \times 15 / 22 = 186.4, \quad (2.35)$$

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

Розраховуємо коефіцієнт пульсацій

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

Вихідний опір компенсаційного стабілізатора буде

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

Перевіряємо відповідність розрахованих параметрів заданим умовам:

$$K_{CT} = 186.4 > K_{CT, \text{зад}} = 100;$$

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

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_H .

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

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

$$R_8 = U_{BE5} / I_{H \max} = 0.7 / 5.5 = 0.127 \text{ Ом}. \quad (2.39)$$

Розраховуємо потужність дротяного резистора

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	38
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$PR_8 = U_{6e5} \times I_{H \max} = 0.7 \times 5.5 = 3.85 \text{ Вт.} \quad (2.40)$$

Обирано транзистор VT5 з умови $I_{k5} = I_{63}$;

$$U_{k5 \max} = U_{633} + R_8 \times I_{H \max} = 0.7 + 0.127 \times 5.5 = 1.4 \text{ В;} \quad (2.41)$$

$$P_5 = U_{k5 \max} \times I_{63} = 1.4 \times 6.7 \times 10^{-3} = 9.38 \times 10^{-3} \text{ Вт.} \quad (2.42)$$

За отриманим значенням $U_{k5 \max}$, I_{k5} , P_5 вибираємо тип транзистора й виписуємо його параметри:

Марка транзистора	KT827AM
Тип транзистора	NPN
Припустимий струм колектора, I_k доп	100 мА
Прип. напруга колектор-емітер, U_k доп	20 В
Потужність колектора, що розсіює, $P_{\text{пред}}$	0.15 Вт
Мінімальний коеф. передачі струму бази, $h_{21E5 \min}$	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;

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	39
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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:

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

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 $\lambda_j = \alpha_j \lambda_{0j} k_\lambda$,

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

$P(t)$ — 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;

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	40
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.

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:

$$K_m=1; k_r=1; k_{a.t.}=1$$

Отже, $k_e = 1$.

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.

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	41
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1

Інтенсивності відмов елементів [8]

№ п/п	Назва	Наймен. типономінали елементів	п, шт.	$\lambda_0, 10^{-8}$ год ⁻¹	k _e	t°C	k _n	k _{тн}	$\lambda,$ 10 ⁻⁸ год ⁻¹
Ємності									
1.	CI	K50-6	10	2	1	50	0,31	1	20
Мікросхеми									
2.	DD1	KM1114E4	1	4	1	50	0,04	1	4
3.	DD2	LM393	2	7	1		0,04	1	14
Світлодіод									
4.	HL1	3ЛЗ36	1	8	1	50	0,08	1	8
Котушка									
5.	L1	K30x50x0.35 M2000HM	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									
9.	VD1	2Д522	1	14	1	50	0,3	1	14
10.	VD2	КЦ282	1	14	1	50	0,3	1	56
11.	VD4	AD352OP	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	РГ1Н-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

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

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.

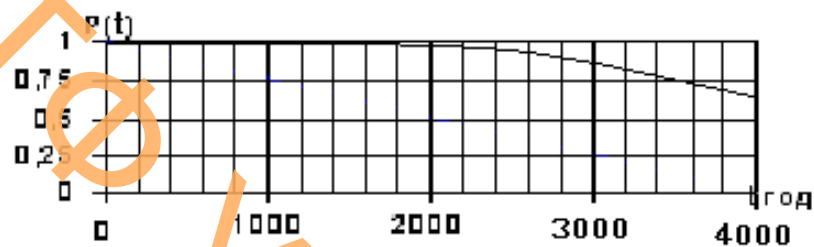


Рис. 2.3. Імовірність безвідмовної роботи [12].

Таблиця 2.2

Карта робочих режимів

Позн.	Типоно- мінал	Напруга, В			Струм, А		Р _{роз} , Вт	k _i	k _ц	k _р
		пост.	зм.	макс.	пост.	зм.				
C1-C10	K50-6			<u>100</u> 160					0.6	
DD1- DD3	KM1114E4			<u>5</u>		0,0015	<u>0.0075</u> 0.2			0.037
DD2	LM393			<u>5</u>		0,0015	<u>0.0075</u> 0.2			0.037
HL1	3Л336			<u>2</u>		0,01				
L1	K30x50x0.3 5M2000HM			<u>20</u>		1				
R1	МЛТ-0,125			<u>220</u>		0,015	<u>0.075</u> 0.125			0.6
R2	СП5-22			<u>220</u>		0,002	<u>0.04</u> 0.125			0,32
R9	СП5-2			<u>220</u>		0,002	<u>0.04</u> 0.125			0,32
КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ										
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						43

Позн.	Типоно- мінал	Напруга, В			Струм, А		Р _{роз} , Вт	k _i	k _u	k _p
		пост.	зм.	макс.	пост.	зм.				
VD1	2Д522			$\frac{1}{600}$	$\frac{0,005}{0,01}$		$\frac{0,005}{6}$	0,006	0,3	
VD2	KЦ282 16В			$\frac{1}{400}$	$\frac{0,005}{0,03}$		$\frac{0,005}{12}$	0,006	0,3	
VD4	AD352OP			$\frac{1,5}{300}$	$\frac{0,002}{0,03}$		$\frac{0,003}{9}$	0,006	0,3	
VD5	KC191A			$\frac{2,5}{220}$	$\frac{0,003}{0,015}$		$\frac{0,015}{6}$	0,006	0,3	
VT1	KT851A			$\frac{250}{}$	$\frac{3,5}{}$		0,5	0,06		
VT2	KT827AM			$\frac{100}{}$		20	125	0,06		
VT3	IRFP150			$\frac{150}{}$		40	0,22	0,06		
VT4	4N35			$\frac{25}{}$		30	0,30	0,06		
VT7	IRFP250			$\frac{250}{}$		33	0,15	0,06		
XS1	РГ1Н-2-2К			$\frac{60}{200}$					0.3	

2.6 Розрахунок вібраційної витривалості плати

Всі радіоелектронні засоби (РЕЗ) піддаються впливу зовнішніх механічних навантажень, які передаються до кожної деталі, що входить у конструкцію. Механічний вплив на розроблювальний пристрій має місце при його транспортуванні в неробочому стані. Тому важливим є визначити або чи достатня міцність розроблювального пристрою й чи може конструкція витримати механічні навантаження при транспортуванні.

Тому що розроблювальний пристрій ставиться до наземного РЕЗ, те при транспортуванні, випадкових падіннях і т. й ін. він може піддаватися динамічним впливам. Зміна загальних параметрів механічних впливів яким піддається наземна РЕЗ є наступні:

- вібрації: (10...70)Гц.;
- віброперегрузки: $n = (1...4)g$;
- удари, тряска: $n_y = (10...15)g$, тривалість $t = (5...10)мс$;
- лінійні перевантаження $n_l = (2...4)g$.

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	44
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок на вібровитривалість несучої конструкції зводиться до визначення найбільшої напруги виходячи з виду деформації, що викликана дією вібрації в певному діапазоні частот, і порівнянням отриманого значення із припустимим.

Розрахунок частоти коливань зробимо по методу, викладеному в [2].

Власна частота коливань рівномірно навантаженої пластини (друкованої плати) визначається по формулі:

$$f = \frac{\kappa_M \cdot \kappa_B \cdot Ch}{a^2} \cdot 10^4 \text{ Гц}, \text{ де} \quad (2.46)$$

κ_M – поправочний коефіцієнт для матеріалу;

κ_B – поправочний коефіцієнт для РЕЗ, рівномірно розподілених на друкованій платі;

a – довжина друкованої плати.

$$\kappa_B = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{Q_E}{Q_P}}}, \text{ де} \quad (2.47)$$

Q_E – вага елементів рівномірно розподілених на друкованій платі;

Q_P – вага друкованої плати.

Визначимо вага друкованої плати:

$$Q_P = \rho \cdot a \cdot b \cdot h, \text{ де} \quad (2.48)$$

ρ – щільність стеклотекстоліту, $\rho = 2.67 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$

a – довжина друкованої плати;

b – ширина друкованої плати;

h – висота друкованої плати.

$$Q_P = 2.67 \cdot 10^3 \cdot 0.125 \cdot 0.125 \cdot 0.004 = 0.167 \text{ кг}$$

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$\kappa_B = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{2}{0.167}}} = 0.27$$

Розрахуємо поправочний коефіцієнт κ_M :

$$\kappa_M = \sqrt{\frac{E}{E_c} \cdot \frac{\rho_c}{\rho}}, \text{ де} \quad (2.49)$$

E і ρ – модуль потужності й щільності матеріалу, що застосовується;

E_c і ρ_c – модуль пружності й щільності сталі.

$$\kappa_M = 1.67 \cdot 10^{-5} \sqrt{\frac{1.98 \cdot 10^3}{3.5 \cdot 10^{-5}}} = 0.13;$$

$$f = \frac{0.13 \cdot 0.27 \cdot 86 \cdot 0.002}{0.125^2} \cdot 10^4 = 3864 \text{ Гц} \rightarrow 4 \text{ кГц}.$$

З розрахунку можна зробити висновок, що плата не вимагає використання демпферів і частотного настроювання, і вона повинна витримувати зовнішній механічний вплив при транспортуванні.

2.7 Проектування та розрахунок друкованої плати

Розрахунок по визначенню геометричних розмірів плати проводиться у такій послідовності.

Знаходиться сумарна установочна площа: $S_{мг}$, $S_{сг}$, $S_{кг}$ відповідно для малогабаритних, середньо габаритних і крупно габаритних електрорадіоелементів (ЕРЕ).

Розраховується площа монтажно́ї зони S_B для середньої щільності монтажу за формулою:

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	46
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{\text{роб}} = 4S_{\text{мг}} + 3S_{\text{сг}} + 1,5S_{\text{кг}} . \quad (2.50)$$

Коректуються і знаходяться розміри монтажно́ї зони у відповідності із можливостями встановлення в корпус і стандартними лінійними розмірами друкованої плати (ДП).

Під установочними площами ЕРЕ розуміють площі прямокутників, в які вписані ЕРЕ разом із виводами і контактними площадками при встановленні їх на друковану плату.

Таблиця 2.1

Вихідні дані та результати розрахунку установочних площ

Позначення	Тип	Діам. вив., мм	Діам. конт.п лощадки, мм	Кількість, шт.	Габарит розміри, мм	$S_{\text{уст}}, \text{мм}^2$	$V_{\text{уст}}, \text{мм}^3$
<i>C1 – C10</i>	<i>K50-6</i>	0,6	1,8	10	D8×10	502,40	5024
<i>DD1-DD3</i>	<i>KM1114E4</i>	0,6	1,8	2	17,8×7,6×5	268	1350
<i>DD2</i>	<i>LM393</i>	0,6	1,8	1	10×6×5	60	300
<i>HL1</i>	<i>3Л336</i>	0,6	1,8	1	D5,3×9	22	198
<i>L1</i>	<i>K30x50x0.35 M2000HM</i>	0,8	2,3	1	12×5×9	60	540
<i>R1... R43</i>	<i>МЛТ – 0,125</i>	0,6	1,8	35	12.5×4×3	1750	5250
<i>R4, R11</i>	<i>СП5-22</i>	0,6	1,8	2	D8×10	100,48	1004,8
<i>R9</i>	<i>СП5-2</i>	0,6	1,8	5	15×5×12	375	4500
<i>VD1</i>	<i>2Д522</i>	0,6	1,8	1	D3.5×5.2	9,61	49,97
<i>VD2</i>	<i>КЦ282</i>	0,6	1,8	4	5.2×2.7×5	56	280
<i>VD4</i>	<i>AD352OP</i>	0,6	1,8	2	4×9×5	72	360
<i>VD5</i>	<i>KC191A</i>	0,6	1,8	1	4×6×5,4	24	129,6
<i>VT1</i>	<i>KT851A</i>	0,6	1,8	2	10,7×4,8×9,9	103	680
<i>VT2</i>	<i>KT827AM</i>	0,6	1,8	2	D26×10,3	1061,32	10932
<i>VT3</i>	<i>IRFP150</i>	0,6	1,8	1	10×4,5×15	45	675
<i>VT4</i>	<i>4N35</i>	0,6	1,8	1	10×5×5	50	250
<i>VT7</i>	<i>IRFP250</i>	0,6	1,8	1	10×4,5×15	45	675
<i>XSI, XS2</i>	<i>PG1H-2-2K</i>	0,8	2,3	2	15×10×17	300	5100
						4146,17	34291,4

Необхідні для конструювання ДП, дані про елементи зведені до таблиці 2.1.

$$S_{\text{роб}} = 4S_{\text{мг}} + 3S_{\text{сг}} + 1,5S_{\text{кг}} = 4 \cdot 3274,49 + 3 \cdot 568 + 1,5 \cdot 1061,32 = 13097,96 + 1704 + 1591,98 = 16393,94 \text{ [мм}^2\text{]}$$

Вибираємо для ДП розмір згідно ГОСТ 10317-79 Плати друковані. Основні розміри 125×125 [мм]. Найвищий елемент 17 мм.

Загальна площа цієї плати $S_{\text{дп}} = 15625 \text{ [мм}^2\text{]}$, що задовольняє умові розрахунку.

2.8 Визначення контактних площадок, розмірів друкованих провідників

Процес конструювання друкованої плати в загальному випадку передбачає виконання ряду взаємозв'язаних операцій: вибір типорозміру плати, способу її кріплення, кількість шарів, розробка друкованого монтажу[8].

При розміщенні ЕРЕ виходять частіше всього із критерію двох мінімумів і мінімуму довжини зв'язків. Перша умова означає мінімум перехідних отворів, що забезпечує технологічність по мінімальному числу шарів; друга умова означає мінімум зв'язків між сусідніми елементами. Можливе також застосування і інших критеріїв: мінімуму числа з'єднань, довжина яких більша заданої; максимум числа схем простої конфігурації; мінімуму сумарної зваженої довжини з'єднань.

Розміщення ЕРЕ на платі регламентується умовно координатною сіткою із взаємно перпендикулярних систем паралельних ліній, розташованих на однаковій відстані одна від одної.

Крок координатної сітки 2,5 мм.

Центри монтажних отворів контактних площадок під виводи навісних ЕРЕ розташовані у вузлах координатної сітки.

Навісні елементи мають виводи прямокутного або круглого перерізу. Діаметр отвору під вивід вибирають із умови отримання зазору між виводом і

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	48
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стілкою отвору з урахуванням, якщо треба, подальшої металізації отвору, який би забезпечував капілярні проникнення припою в процесі пайки.

Діаметр монтажного отвору d_0 вибирають із таких умов: якщо діаметр виводу ($d_B > 1$ мм, то $d_0 = [(d_B + (0.3 \div 0.4))]$; якщо $d_B \leq 1$ мм, то $d_0 = [d_B + (0.2 \div 0.3)]$. Номенклатурний отвір на кресленні показують умовним знаком, що визначає його діаметр.

Згідно ГОСТ 10317-79 номінальний діаметр монтажного отвору з урахуванням його металізації для виводів діаметром

0,4÷0,6 мм становить 0,8±0,1 мм,

0,6÷0,8 мм становить 1,0±0,1 мм.,

0,8÷1,3 мм становить 1,5 мм,

1,3÷1,7 мм становить 2 мм,

1,7÷2,2 мм становить 2,5 мм.

Діаметр металізованого отвору залежить і від товщини плати. Це пов'язано з тим, що при гальванічному осадженні металу на стінках отвору малого діаметру зробленого в товстій платі, товщина шару металу вийде нерівномірною і при великому відношенні товщини плати до діаметра отвору деякі місця можуть залишитись непокритими. Діаметр металізованого отвору повинен складати не менше половини товщини плати, отже повинна виконуватись наступна умова:

$$0,4h \leq d_{\min}, \quad (3.2)$$

де h – товщина плати;

$d_{\min}$ – найменшого із металізованих отворів.

З цього співвідношення можна вибрати товщину плати і для нашого випадку, вона складає 1,5 мм при діаметрі найменшого отвору 0,6 мм.

Щоб забезпечити надійне з'єднання металізованого отвору з друкованим провідником, навколо отвору навколо отвору робиться контактна площадка. Контактні площадки отворів рекомендується виготовляти у вигляді кільця. Діаметр контактної площадки вибирається з таблиці 3.2.

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	49
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2

Рекомендовані діаметри контактних площадок

Діаметр отворів	0,6	0,8	1	1,3	1,5	2
Контактних площадок	1,8	2,3	2,5	2,8	3	3,5

Діаметр перехідних отворів залежить від товщини плати і від виду електроліту, що використовується для металізації отворів

$$D_{\text{пер}} = N \cdot \gamma, \quad (3.3)$$

де N – товщина плати;

γ – залежить від складу електроліту.

Для пірофосфатного електроліту, що використовується для металізації отворів $\gamma = 0,25$. Тому $D_{\text{пер}} = 1,5 \cdot 0,25 = 0,3$ мм.

Згідно ГОСТ 10317-79 вибирається $D_{\text{пер}} = 0,3$ із ряду.

По ГОСТу вибирається клас густини рисунка: другий. Для цього класу ширина провідників $t_{\text{min}} = 0,25$ мм. Відстань між провідниками 0,25 мм.

Розраховується ширина провідників шин живлення. Струм споживання складає 0,025 А. Враховуючи, що густина струму у друкованих провідників

має бути не більше $2 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ і вибравши переріз провідника 50 мкм, ширина провідника шини буде:

$$t = \frac{I_{\text{заг}}}{h \cdot p_1} = \frac{0,025}{0,05 \cdot 2} = 0,25 \quad (3.4)$$

Де $I_{\text{заг}}$ – сумарний струм, що споживається пристроєм; h – товщина перерізу друкованого провідника; p_1 – густина струму.

Шини землі вибираємо в 1 мм.

Максимальний струм, який при проходженні по доріжці викликає її перегрів на температуру 25°C становить:

$$I_{\text{max}} = 25 \cdot ab = 25 \cdot 1 \cdot 0,05 = 1,25 \text{ А.}$$

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	50
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.9 Розрахунок конструкції друкованої плати

Вихідні дані розрахунку:

- друкована плата виготовляється хімічним методом;
- розмір плати 125×125;
- четвертий клас точності із кроком координатної сітки 1.25;
- друкована плата одnobічна;
- матеріал друкованої плати – СФ-2-50;
- максимальний постійний струм, що протікає в провіднику $I_{\max} = 22 \text{ A}$;

Параметри стеклотекстоліта:

- товщина фольги $h_{\text{фол}} = 50 \text{ мкм}$;
- товщина матеріалу з фольгою $1,5 \text{ мм}$;
- припустима щільність струму $I_{\text{доп}} = 20 \text{ А/мм}^2$;
- питомий опір $\rho = 0,05 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$;
- максимальна довжина провідника $l = 0,18 \text{ м}$.

Розрахунок проводиться за методикою [1].

Мінімальна ширина друкованого монтажу по постійному струмі:

$$b_{\min} = \frac{I_{\max}}{I_{\text{доп}} \cdot h_{\text{ф}}} = \frac{22}{20 \cdot 50 \cdot 10^{-3}} = 22 \text{ мм} \quad (3.5)$$

Мінімальна ширина провідника, виходячи із припустимого спадання напруги на ньому:

$$b_{\min} = \rho \cdot l \cdot \frac{I_{\max}}{I_{\text{доп}} \cdot h_{\text{ф}}} = 0,05 \cdot 0,18 \frac{22}{20 \cdot 50 \cdot 10^{-3}} = 18 \text{ мм} \quad (3.6)$$

Електрорадіоелементи (ЕРЕ) розміщені на платі мають три типорозміри діаметрів виводів:

$$d_{E1} = 0,5 \text{ мм};$$

$$d_{E1} = 0,8 \text{ мм};$$

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	51
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_{E1} = 1.0 \text{ мм}.$$

Номинальні значення діаметрів монтажних отворів визначимо по формулі:

$$d = d_E + |\Delta d_{H.П.O}| + r,$$

де $\Delta d_{H.П.O}$ – нижнє граничне відхилення від номінального діаметра монтажного отвору

r – різниця між мінімальним діаметром отвору й максимальним діаметром виводу $r = 0.2 \text{ мм}$.

$$d1 = 0.5 + 0.1 + 0.2 = 0.8 \text{ мм};$$

$$d2 = 0.8 + 0.1 + 0.2 = 1.1 \text{ мм};$$

$$d3 = 1.0 + 0.1 + 0.2 = 1.3 \text{ мм}.$$

Розрахуємо діаметр контактної площадки.

Мінімальний діаметр контактної площадки навколо монтажного отвору визначимо по формулі:

$$D_{\min} = D_{1\min} + 1.5h_\phi$$

$D_{1\min}$ – мінімальний ефективний діаметр площадки;

h_ϕ – товщина фольги $h_\phi = 0.05 \text{ мм}$;

$$D_{1\min} = 2 \cdot \left(b_m + \frac{d_{\max}}{2} + \delta d + \delta \rho \right), \quad (3.7)$$

де b_m – відстань від краю висвердленого отвору до краю контактної площадки $b_m = 0.05 \text{ мм}$;

δd – допуск на розташування отворів $\delta d = 0.05 \text{ мм}$;

$\delta \rho$ – допуск на розташування контактних площадок $\delta \rho = 0.15 \text{ мм}$;

$d_{\max}$ – максимальний діаметр просвердленого отвору:

$$d_{\max} = d + \Delta d + (0.1 \dots 0.5),$$

де Δd – допуск на отвір $\Delta d = 0.05 \text{ мм}$;

$$d_{\max 1} = 0.8 + 0.05 + 0.1 = 0.95 \text{ мм};$$

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	52
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_{\max 2} = 1.1 + 0.05 + 0.1 = 1.25 \text{ мм},$$

$$d_{\max 3} = 1.3 + 0.05 + 0.1 = 1.45 \text{ мм},$$

$$D_{1\min 1} = 2 \cdot \left(0.05 + \frac{0.95}{2} + 0.05 + 0.15 \right) = 1.5 \text{ мм};$$

$$D_{1\min 2} = 2 \cdot \left(0.05 + \frac{1.25}{2} + 0.05 + 0.15 \right) = 1.75 \text{ мм};$$

$$D_{1\min 3} = 2 \cdot \left(0.05 + \frac{1.45}{2} + 0.05 + 0.15 \right) = 1.95 \text{ мм};$$

$$D_{\min 1} = 1.5 + 1.5 \cdot 0.05 = 1.6 \text{ мм},$$

$$D_{\min 2} = 1.75 + 1.5 \cdot 0.05 = 1.8 \text{ мм},$$

$$D_{\min 3} = 1.95 + 1.5 \cdot 0.05 = 2.0 \text{ мм}.$$

Визначимо максимальний діаметр контактних площадок по формулі:

$$D_{\max} = D_{\min} + 0.03$$

$$D_{\max 1} = 1.6 + 0.03 = 1.6 \text{ мм};$$

$$D_{\max 2} = 1.8 + 0.03 = 1.8 \text{ мм};$$

$$D_{\max 3} = 2.0 + 0.03 = 2.0 \text{ мм}.$$

Визначимо мінімальну ширину провідників:

$$b_{\min} = b_{1\min} + 1.5h_{\phi},$$

(3.8)

де $b_{1\min}$ – мінімальна ефективна ширина провідника;

для плат 4-го класу точності $b_{1\min} = 0.15 \text{ мм}$.

$$b_{\min} = 0.15 + 1.5 \cdot 0.05 = 0.23 \text{ мм}$$

Визначимо максимальну ширину провідників:

$$b_{\max} = b_{\min} + 0.06;$$

$$b_{\max} = 0.23 + 0.06 = 0.28 \text{ мм}.$$

Визначимо мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою:

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	53
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{1\min} = h_0 - \left[\left(\frac{D_{\max}}{2} + \delta\rho \right) + \left(\frac{b_{\max}}{2} + \delta l \right) \right]; \quad (3.9)$$

$$h_0 = 1.25 \text{ мм}.$$

$$S_{1\min} = 1.25 - \left[\left(\frac{1.6}{2} + 0.15 \right) + \left(\frac{0.28}{2} + 0.03 \right) \right] = 0.13 \text{ мм}; \quad (3.10)$$

Визначимо мінімальна відстань між двома контактними площадками:

$$S_{2\min} = h_0 - (D_{\max} + 2\delta\rho);$$

$$S_{2\min} = 1.25 - (1.6 - 2 \cdot 0.15) = 0.35 \text{ мм}.$$

Визначимо мінімальна відстань між двома провідниками:

$$S_{3\min} = h_0 - (b_{\max} + 2\delta l);$$

$$S_{3\min} = 1.25 - (0.28 + 2 \cdot 0.03) = 0.97 \text{ мм}.$$

2.10 Вибір варіантів встановлення елементів РЕА

Між корпусами сусідніх елементів повинна бути певна відстань, яку вибирають з урахуванням умов тепловідводу і допустимої різниці потенціалів між ними.

Для даного пристрою застосовано друкований та об'ємний монтаж. У промислових умовах навісні елементи кріплять до плати шляхом пайки виводів (у тому числі і незадіяних) хвилею припою ПОС-61 у металізованих і неметалізованих отворах.

Для всіх навісних елементів, які встановлюються на друкованій платі по ОСТ 4 ГО.010.030-81 регламентовано декілька варіантів встановлення, що слід використовувати згідно технічних вимог складального креслення.

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	54
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Тепловий розрахунок пристрою

Тепловий режим апаратури характеризується залежністю температури нагріву відносно навколишнього середовища від розсіювання потужності джерела енергії.

Однією з умов експлуатації є температура навколишнього середовища, яка може вплинути на надійність роботи блока. Такий вплив пояснюється максимально допустимою температурою інтегральних мікросхем. Розрахунок проведемо для температури навколишнього середовища $+35^{\circ}\text{C}$.

При аналізі теплових режимів враховують густину упаковки, форму приладу і вид корпусу.[7].

Задамося необхідними даними. До розміру ДП додаємо 10 мм, для встановлення в корпус. Візьмемо розмір корпус з врахуванням розмірів ДП і додаткову відстань: 135×135 (мм), а висота корпусу $H = 50$ (мм).

Нехай маємо блок у вигляді прямокутного паралелепіпеда з такими параметрами: $L_1=135$ мм; $L_2=135$ мм; $L_3=50$ мм.

Розрахунок теплових режимів проводять наступним чином:

- 1) знаходять об'єм корпусу (кожуха, РЕА) за формулою:

$$V = a * b * h \quad (3.11)$$

- 2) знаходять коефіцієнт форми

$$K(f) = h / \sqrt[3]{V} \quad (3.12)$$

- 3) визначають коефіцієнт заповнення

$$K_{\text{зап}}^V = 0.7 K^V_{\text{(вст)}} \quad (3.13)$$

- 4) робимо припущення, що плата розподіляє тепло рівномірно. Кожний елемент має свою потужність розсіювання, а сумарна потужність визначається

					KPM.EC.19050040.001.ПЗ	55
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P(\delta i_{\zeta}) = \sum_{i=1}^n P_i(\delta i_{\zeta}) \quad (3.14)$$

5) знаходимо питому потужність на одиницю площі

$$q' = P(\text{роз})/S \quad (3.15)$$

В значення S входить як фізична площа самих РЕА, так і площа доріжок.

6) використовуючи номограми Глушицького за розрахованими даними V , S , K_{ϕ} і $K_{\text{зап}}^V$ наближено знаходимо температуру навколишнього середовища і повітря

7) з одержаних даних визначаємо вид корпусу, конвекції і якщо потрібно тип вентилятора.

Проведемо розрахунки теплових режимів згідно прийнятих кроків

1. знаходять об'єм кожуха згідно формули (3.5):

$$V = 135 \cdot 135 \cdot 50 = 911250 \text{ (мм}^3\text{)};$$

2. Коефіцієнт форми визначаємо згідно формули (3.6):

$$K_o = \frac{50}{\sqrt[3]{911250}} = \frac{50}{96,9} = 0,51$$

3. Коефіцієнт заповнення визначаємо:

$$\hat{E}_{\hat{a}\hat{n}\hat{o}}^V = \frac{\sum V_{\hat{a}\hat{n}\hat{o}}}{V} = \frac{34291,4}{911250} = 0,03$$

$$K(\text{зап}) = 0,7V(\text{вст}) = 0,7 \cdot 0,03 = 0,02 \approx 0,1$$

4. Сумарна потужність визначається:

$$P_{\text{рез}} = 0,075 \cdot 35 + 8 \cdot 0,04 = 2,63 + 0,32 = 2,95 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{мікр.сх}} = 0,1 \cdot 3 + 0,01 = 0,31 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{транз}} = 0,5 + 35 + 0,22 + 0,30 + 0,15 = 36,17 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{діод}} = 0,006 \cdot 8 = 0,048 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{інш.елем}} = 0,093 \text{ Вт}$$

Отже максимальна потужність, що може виділятися схемою рівна

$$P_{\text{роз}} = P_{\text{рез}} + P_{\text{мікр.сх}} + P_{\text{діод}} + P_{\text{інш.елем}} + P_{\text{транз}} + P_{\text{тран}} = 40 \text{ Вт}$$

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	56
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Виходячи з номограми зображеної на рис.3.1., знаходимо площу умовно нагрітої зони::

$$S = 0,2 \text{ (м}^2\text{)} ;$$

Знаходимо питому потужність на одиницю площі:

$$Q = P_{\text{роз}} / S = 40 / 0,2 = 200 \text{ Вт/м}^2$$

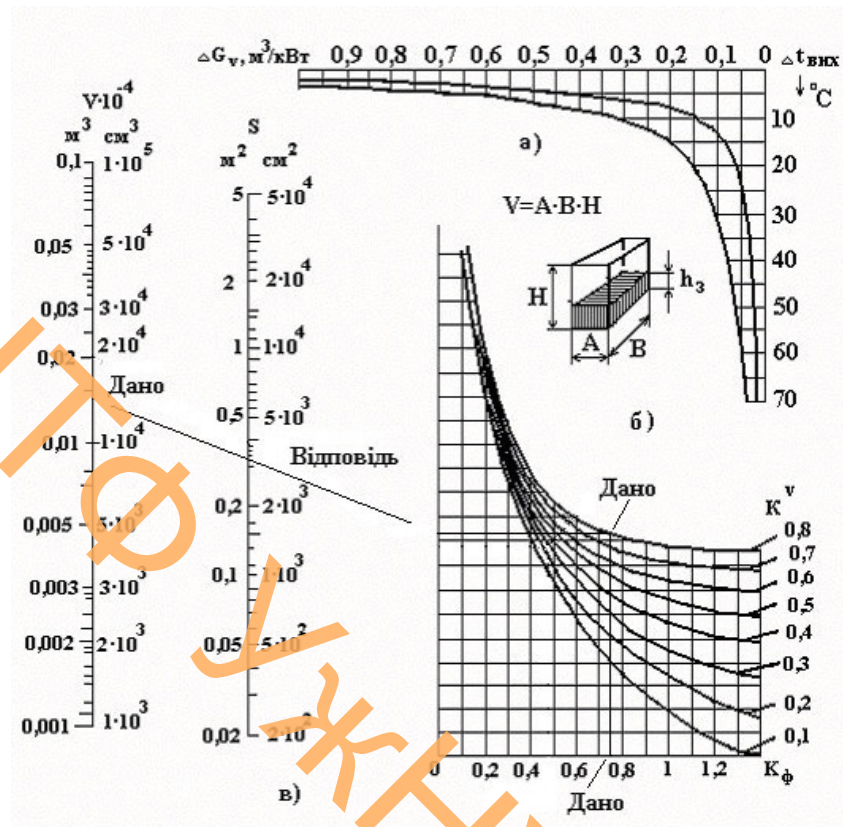


Рис. 3.1. Номограма для визначення поверхні нагрітої зони [11]

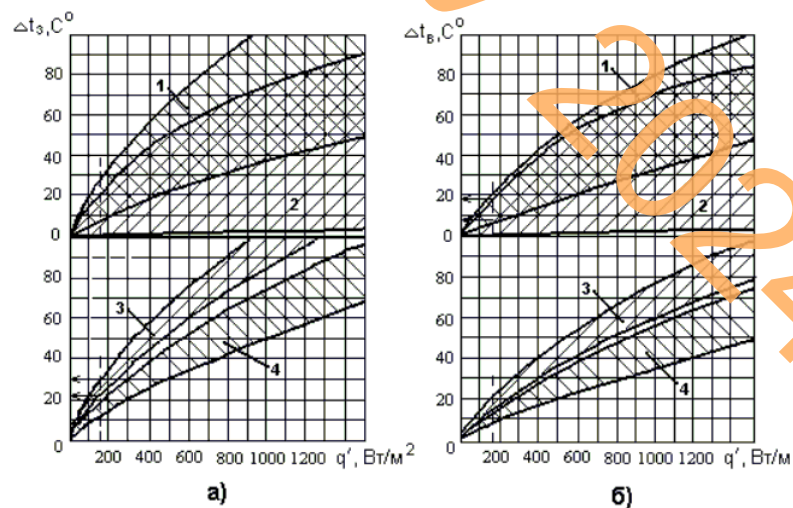


Рис. 3.2. Визначення перегріву Δt_z нагрітої зони [11]

З врахуванням отриманого коефіцієнту по графіку рис.3.2. визначимо температуру нагрітої зони. Вона буде рівна $\Delta t_3 = 22^\circ\text{C}$. Додамо цю температуру до температури навколишнього середовища.

$$35^\circ\text{C} + 22^\circ\text{C} = 57^\circ\text{C}$$

При розрахунку імовірності поправочні коефіцієнт будемо брати при 50°C .

Розрахуємо тепловідвод для транзистора – VT2 $P_{розс.} = 35\text{Вт}$,

1. Згідно довідникових даних VT2 (КТ827АМ), має параметри:

$U_{макс} = 100\text{В}$, $I_{имп.} = 40\text{А}$, $F_{гр.} = 4\text{МГц}$, $t_{макс} = 100^\circ\text{C}$, $R_{пк} = 1.4^\circ\text{C/Вт}$, $R_{кр} = 1.2^\circ\text{C/Вт}$, $R_{пр}$ (слюдяна прокладка 50 мкм з термопастою КТП - 8) $= 0.8^\circ\text{C/Вт}$.

Виберемо радіатор в вигляді пластини (для спрощення розрахунку) з охолодженням конвекцією, товщина пластини рівна $d = 3\text{ мм}$.

Тепловий опір p-n перехід – радіатор

$$R_{np} = R_{пк} + R_{кр} + R_{пр} = 1.4 + 1.2 + 0.8 = 3.4^\circ\text{C/Вт}$$

Допустима температура радіатора

$$t_{рад} = t_{макс} - P \cdot R_{np} = 100 - 35 \cdot 3.4 = 81^\circ\text{C}$$

Допустимий перегрів радіатора

$$\Delta t = t_{рад} - t_c = 81 - 35 = 46^\circ\text{C}$$

Потужність, що розсіюється радіатором:

$$P_1 = \frac{\Delta t}{R_{pc}}, \text{ звідки } R_{рад} = \frac{\Delta t}{P_1} = \frac{46}{35} = 1.3^\circ\text{C/Вт}, \text{ радіатора-пластини}$$

$$R_{рад} = R_{1t} + R_{2t} = 1.3^\circ\text{C/Вт};$$

де: $R_{1t} = \frac{738}{0.94S}$ для вертикального положення пластини з охолодженням природною конвекцією (табличні дані);

$$R_{2t} \approx \frac{0.25}{d} = \frac{0.25}{0.3} = 0.83^\circ\text{C/Вт}, \text{ де } d - \text{товщина пластини радіатора.}$$

звідки площа радіатора S:

$$S = \frac{738}{0.94(R_{рад} - R_{2t})} = \frac{738}{0.94(1.3 - 0.83)} \approx 1600\text{ см}^2$$

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

4. ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Виробництвом буде займатись мале підприємство, яке орендує необхідну площу для виробництва. Дане підприємство закуповує необхідні радіо компоненти, а також замовляє виготовлення друкованої плати. Далі монтажники проводять збірку приладу, а контролер перевіряє працездатність готового приладу.

Заплановане виробництво приладу – 2000 шт/рік. Робочий колектив організації складається із директора фірми, 2-х інженерів-монтажників та програміста-контролера.

Інженер-монтажник проводить збірку даного приладу. Технолог-контролер –проводить перевірку зібраного приладу на працездатність.

Розрахуємо спочатку витрати на річне виробництво (2000 шт) приладу.

Загальні витрати складаються із:

1. виплати по заробітній платі:

а) 2 інженера-монтажника (1000 грн. +91 грн.) x 2=2182 грн. x 12 міс = 26184 грн.;

б) технолог-контролер (1300 грн. + 78 грн.)=1378 грн. x 12 міс = 16536 грн.;

Сума виплат – 42720 грн.

2. виплати на замовлення:

а) 2 монтажні столи – 570 грн. x 2 = 1140 грн.;

б) 1 стіл для комп'ютера – 800 грн.;

в) 2 паяльні станції – 950 грн x 2 = 1900 грн.;

г) 1 персональний комп'ютер – 3800 грн.;

д) 1 програматор – 500 грн.;

е) 4 стільчики – 70 грн x 4 = 280 грн.;

є) допоміжні матеріали (припій, паяльна паста, рукавиці, ...) – 2000 грн.;

ж) друкована плата 5 гр (оптове замовлення) x 2000 шт. =10 000 грн.;

Сума виплати на замовлення – 20420 грн.

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	59
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. виплати за послуги:

а) електроенергія (16 кВт/день x 255 роб. днів) = 4080кВт x 0,53грн. = 2162,40 грн.

б) оренда приміщення: S – загальна площа, $S_{\text{роб}}$ – робоча, $S_{\text{доп}}$ – допоміжна. $S=S_{\text{роб}}+S_{\text{доп}}=S_{\text{роб}}+0,3S_{\text{роб}}=40\text{ м}^2$. вартість оренди у рік – 1400 грн. x 12 = 16800 грн.;

в) опалення ($S=40\text{ м}^2$) = 877 грн.

г) проектування пристрою 1700 грн.

Сума виплат за послуги – 21540 грн.

4. собівартість радіоелементів приладу в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Собівартість комплектуючих

№ п/п	Найменування	К-ть, шт	Ціна 1 шт., грн.	Ціна, грн.
1	K50-6-1-16B	10	1,35	13,50
2	KM1114E4	2	13,25	26,50
3	LM393	1	4,50	4,50
4	3Л336	1	3,75	3,75
5	K30x50x0.35 M2000HM	2	4,60	9,20
6	МЛТ – 0,125	35	0,90	2,75
7	СП5-22	3	19,50	58,50
8	СП5-2	5	13,30	66,50
9	2Д522	1	5,75	5,75
10	КЦ282	4	2,85	11,40
11	AD352OP	2	3,60	7,20
12	КС191А	1	4,25	4,25
13	КТ851А	2	8,25	16,50

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	60
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14	KT827AM	2	10,50	21,00
15	IRFP150	1	20,50	20,50
16	4N35	1	1,90	1,90
17	IRFP250	1	23,50	23,50
18	PG1H-2-2K 2 pin	2	6,50	13
46	Корпус	1	60	60
Всього				370,20

Відповідно річні витрати становлять $370,20 \text{ грн.} \times 2000 = 740400 \text{ грн.}$

Загальні витрати (Заг. витр.) рівні сумі витрат на рік.

$$\text{Заг.витр.} = n.1 + n.2 + n.3 + n.4$$

$$\text{Заг.витр.} = 42720 + 20420 + 21540 + 740400 = 825080 \text{ грн.}$$

Таким чином загальна річна собівартість приладу становить:

$$C = \frac{\text{Заг.витр.}}{\text{кількість}} = \frac{825080 \text{ грн}}{2000 \text{ шт}} = 412,54 \text{ грн.}$$

Ціна спроектованого приладу розраховується наступним чином:

$$V = C + 0.3C = 413 + 0.3 \cdot 413 = 536,90 \text{ грн}$$

Прибуток підприємства за рік становить:

$$P = 0.3C \cdot 2000 = 247800 \text{ грн.}$$

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	61
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Заходи з охорони праці і техніки безпеки

Метою цього розділу дипломної роботи є визначення шкідливих і небезпечних виробничих факторів при розробці, налагодженні й експлуатації пристрою, а також розробка заходів, які спрямовані на створення умов праці, які відповідають вимогам норм і стандартів по охороні праці й техніку безпеки.

Особлива увага буде направлено на фактори, які можуть подіяти на працездатність і безпеку монтажника й наладчика окремих блоків і всього апарата разом. Це пов'язане з тим, що при виконанні цих робіт необхідно виконувати пайку, вимір режиму роботи схеми, налагодження, контроль і т.д.

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

До основних шкідливих і небезпечних факторів, що впливають на працівників, які задіяні на виробництві РЕЗ, відносять:

- Підвищені рівні електромагнітного поля (рівні випромінювань повинні відповідати ДЕРЖСТАНДАРТ 12.1.006-84);
- Недостатня освітленість робочої зони (умови освітленості виробничих приміщень повинні задовольняти нормам, відзначеним у Сніп ИИ-4-79/85);
- Небезпека поразки електричним струмом;
- Незадовільні параметри мікроклімату робочої зони (величини показників мікроклімату у виробничих приміщеннях повинні задовольняти нормам, відзначеним у ДЕРЖСТАНДАРТ 12.1.005-88 і ДСН 3.3.6.042-99);
- Зміст (у повітрі робочої зони) шкідливих речовин різного характеру в небезпечних концентраціях, що перевищують гранично припустимі (ГДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони повинна задовольняти нормам, відзначеним у ДЕРЖСТАНДАРТ 12.1.005-88 і ДЕРЖСТАНДАРТ 12.1.007-80, для аерозолів свинцю див. п. 1.1.2);

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	62
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Підвищений рівень шуму на робочому місці (припустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку й еквівалентні рівні звуку на робочих місцях варто приймати відповідно до санітарним нормам припустимих рівнів шуму на робочих місцях ДСН 3.3.6.037-99);

- Підвищена напруженість електричного поля промислової частоти на робочому місці (напруженість електричних полів промислової частоти на робочих місцях повинна задовольняти нормам, відзначеним у ДЕРЖСТАНДАРТ 12.1.002-88).

5.2 Умови праці на робочому місці

Приміщення, у якому відбуваються технологічні операції по виготовленню й налагодженню виробу перебуває в панельному будинку. Вібрації й шкідливі речовини відсутні. Покриття підлоги керамічна плитка.

Геометричні розміри приміщення:

- довжина $a = 10.0$ м;
- ширина $b = 5$ м;
- висота $h = 3.4$ м;

Кількість осіб, що працюють у приміщенні, – 6 чоловік.

Визначимо значення площі й обсягу приміщення:

$S_1 = a \cdot b = 10 \cdot 5 = 50$ м² – площа приміщення;

$S_{\Pi} = 8,5$ м² – загальна площа столів і шафи;

$S = S_1 - S_{\Pi} = 41,5$ м²;

$V = S \cdot h = 141,1$ м³;

Розрахуємо значення площі й обсягу приміщення на одну особу, результати внесемо в таблицю 5.1.

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	63
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1.

Параметр	Норматив	Існуючі
Площа, S	Не менш 4,5 м ²	6,9 м ²
Обсяг, V	Не менш 15 м ³	23,5 м ³
Висота	Не менш 3 м.	3,4 м.

Обсяг приміщення, що доводиться на одну людину й корисну площу більше нормативного значення відповідно до СН245-82 й ОНТП-24-86.

5.3 Мікроклімат

Скористаємося ДЕРЖСТАНДАРТ 12.1.005-88 і ДСН 3.3.6.042-99, що встановлюють такі параметри мікроклімату як температура, вологість і рухливість повітря залежно від виду виконуваних робіт, періоду року.

Роботу, що виконується в розглянутому приміщенні можна віднести до категорії 1а, тому що вона виконується сидячи й не вимагає фізичних зусиль. Енерговитрати організму людини при такому виді робіт становлять до 120 ккал/рік.

Джерелом теплового випромінювання є радіатор центрального опалення, що складається із семи секцій.

Нормовані значення параметрів мікроклімату відповідно ДСН 3.3.6.042-99 представлені в табл.5.2.

Оптимальні й припустимі норми температури, відносній вологості й швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень наведені в таблиці 5.2:

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	64
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.2.

Період року	Температура повітря, 0С		Відносна вологість повітря %		Швидкість руху повітря, м/с	
	Оптим альна	Припус тима	Оптим альна	Припуст има	Оптим альна	Припустима
Холодний	22-24	21-25	40-60	не більше 75	0.1	не більше 0.1
Теплий	22-24	22-28	40-60	55 при 28 0С	0.1	0. 1-0.2
Існуючий	22-24		55		0.1	

Параметри мікроклімату підтримуються системами кондиціонування й обігріву.

5.4 Оцінка санітарних норм умов праці при пайку елементів

При зборці використовується ручна пайка, виконувана електричним паяльником потужністю 20...40 Вт. Питоме утворення аерозолі свинцю при цьому становить 0,02...0,04мг/100 пайок.

Відповідно до складального креслення, як припій використовується олов'яно-свинцевий припій марки ПОС-61 ДЕРЖСТАНДАРТ 21931-76, а флюс використовується безкислотний КЕ ДЕРЖСТАНДАРТ 1797-64. Для видалення залишків флюсу застосовується етиловий спирт або ацетон. До складу припою входить олово Sn у кількості 60-62% і свинець Pb у кількості 38-40%.

Флюс складається із соснової каніфолі в кількості 15-28%, і етилового спирту в кількості 72-85%.

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	65
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Свинець є надзвичайно небезпечною речовиною (клас 1), ГДК у повітрі робочої зони 0,01мг/м. Олово є речовиною помірковано небезпечним (клас 3) ГДК 10мг/м. Спирт етиловий є безпечною речовиною (клас 4) ГДК у повітрі робочої зони 1000мг/м.

Визначимо концентрацію аерозолі свинцю:

Сфакт.=0,6(в(n(N(t/V = 0,6(0,03(2(4(8/141=0,00817 мг/м, де

в – питоме утворення аерозолі свинцю ($y=0,03\text{мг}/100$ пайок);

n – кількість пайок у хвилину ($n=2$);

N – кількість робочих місць ($N=4$);

V – обсяг приміщення, м ($V=141$ м);

t – тривалість зборки виробу, година. ($t=8$ годин);

Отже, при заданих умовах технологічного процесу концентрація аерозолі свинцю в повітрі робочої зони не буде перевищувати гранично допустимі концентрації 0,01 мг/м. Так, як пари свинцю не перевищують ГДК, те немає необхідності в додатковій вентиляції ділянок по роботі з пайкою.

5.5 Освітлення

5.5.1 Розрахунок природного освітлення

При монтажі друкованих плат рівень освітленості повинен бути оптимальним. При дуже яскравому освітленні виникають неприємні відчуття в очах, як наслідок швидка втома й втрата працездатності.

Природне освітлення приміщення здійснюється бічним світлом крізь світлові прорізи (вікна) у зовнішніх стінах або через прозорі частини стін (наприклад, що пропускають світло стіноблоки).

Основним для розрахунку природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО), що залежить від широти місцевості, пори року, а також погоди, і по яких приводиться нормування природного освітлення.

При однобічному бічному освітленні нормується мінімальне значення КПО в крапці, що розташована на відстані 1 м від стіни, що найбільш

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	66
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

віддалена від світлових прорізів, на перетинанні вертикальної площини характерного розміру приміщення й умовний робочої поверхні.

Згідно СНиП ИИ-4-79/85 нормоване значення КПО для робіт високої точності для третього пояса $e_n^{III}=2\%$ вибираємо для природного освітлення в районах з малим сніжним покривом.

Тому що Київ розташований в IV поясі світлового клімату, то значення КПО визначимо по формулі:

$$e_n^{IV} = e_n^{III} \cdot m \cdot c$$

де e_n^{III} – значення КПО для III пояса;

$m=0,9$ – коефіцієнт світлового клімату для Києва;

$c=0,75$ – коефіцієнт сонячності клімату.

$$e_n^{IV} = 2,0 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,35$$

Фактичне значення e_ϕ при бічному освітленні визначимо по формулі:

$$e_\phi = e_n \cdot q \cdot r_1 \cdot T_0 / K_3$$

де $q=0,75$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірну яскравість неба й залежить від кутової висоти γ світлового прорізу над робочою поверхнею;

$K_3 = 1,3$ – коефіцієнт запасу (виробничі приміщення з повітряним середовищем, що містить менш 1 мг/м^3 пилу);

r_1 – коефіцієнт, що враховує відбиття світла від внутрішніх поверхонь приміщення. Даний коефіцієнт залежить від ряду факторів:

- відношення глибини приміщення $b=5 \text{ м}$ до висоти вікна від рівня робочої поверхні до верху краю вікна $h = 2,9 \text{ м}$;
- відношення відстані $l=1 \text{ м}$ – розрахункової крапки від зовнішньої стіни до глибини приміщення;
- відношення довжини приміщення $l_{\text{п}}=10 \text{ м}$ до його глибини;
- середньозваженого коефіцієнта приміщення, що розраховується по формулі:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_1 S_1 + \rho_2 S_2 + \rho_3 S_3}{S_1 + S_2 + S_3},$$

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

де $\rho_1 \rho_2 \rho_3$ – коефіцієнт відбиття відповідно стелі, стін і підлоги, і, знайдений по таблиці: $\rho_1 = 0,7$; $\rho_2 = 0,6$; $\rho_3 = 0,1$;

S_1, S_2, S_3 – площі стелі, стін, підлоги.

Для розглянутого приміщення: $S_1 = 50 \text{ м}^2$, $S_2 = 84 \text{ м}^2$, $S_3 = 50 \text{ м}^2$.

$$P_{\phi} = \frac{0,7 \cdot 50 + 0,6 \cdot 84 + 0,1 \cdot 50}{50 + 84 + 50} = 0,49$$

При відношенні

$$b/h = 5/2,9 = 1,7;$$

$$l/b = 1/5 = 0,2;$$

$$l_{\text{п}}/b = 10/5 = 2;$$

$$\rho_{\text{зрівняний}} = 0,4;$$

$$\text{Одержимо } r_1 = 2,1.$$

e_6 – геометричний КПО в розрахунковій крапці при бічному освітленні.

$$e_6 = 0,01 \cdot (n_1 \cdot n_2)$$

де $n_1 = 6$ – кількість променів за графіком Данилюка І., які проходять від неба через світлові прорізи в розрахункову крапку на поперечному розрізі приміщення;

$n_2 = 42$ – кількість променів за графіком Данилюка І., які проходять від неба через світлові прорізи в розрахунковій крапці.

$$e_6 = 0,01 \cdot 6 \cdot 42 = 2,52$$

T_0 – загальний коефіцієнт світло пропускання, що визначається по формулі:

$$T_0 = T_1 \cdot T_2 \cdot T_3 \cdot T_4 \cdot T_5$$

Де T_1 – коефіцієнт світло пропускання матеріалу скла (подвійний склопакет – $T_1 = 0,8$);

T_2 – коефіцієнт, що враховує втрати світла в перегородках віконних прорізів (перегородки дерев'яні спарені $T_2 = 0,7$);

T_3 – коефіцієнт, що враховує втрати світла в несучих конструкціях (при бічному освітленні $T_3 = 1$);

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	68
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

T_4 – коефіцієнт враховуючої втрати світла в сонцезахисних пристроях (при регульованих жалюзях $T_4=1$);

T_5 – коефіцієнт враховуючої втрати світла в захисній сітці (при бічному освітленні $T_5=1$);

$$T_0=0,8 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1=0,56$$

Підставимо отримані результати у формулу:

$$e_{\phi}=e_6 \cdot q \cdot r_1 \cdot T_0 / K_3 = 2,52 \cdot 0,75 \cdot 2,1 \cdot 0,56 / 1,3 = 1,71$$

Із проведеного розрахунку видно, що значення необхідне по природному освітленню виконується, тому що розрахункове значення КПО для робочої крапки більше нормованого значення КПО.

5.5.2 Розрахунок штучного освітлення

У розглянутому приміщенні, використовується система загального рівномірного освітлення. Як джерело світла використовуються люмінесцентні лампи низького тиску ЛБ 40 у кількості 32 штук, розміщені в шістнадцятих світильниках, розташовані на стелі в чотири ряди.

Перевіримо освітленість, забезпечувану загальним рівномірним штучним освітленням. Для визначення освітленості застосуємо метод коефіцієнта використання світлового потоку:

$$E = \frac{N \cdot n \cdot \Phi_{\Lambda} \cdot \mu \sum_{i=1}^m \epsilon_i \psi_i}{1000 \cdot K_3 \cdot h^2 \cdot l_p},$$

де N – кількість світильників у приміщенні;

n – кількість ламп в одному світильнику ($n = 4$);

Φ_{Λ} – світловий потік лампи, лм $\Phi_{\Lambda} = 3120$ лк. по для світильників ЛБ-40;

μ – коефіцієнт, що враховує збільшення освітленості за рахунок відбиття (($= 1.2$);

m – кількість напіврядів світильників ($m = 4$);

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	69
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ε_i – відносна освітленість за рахунок i -го напівряду світильників у розглянутій крапці;

ψ_i – коефіцієнт переходу від горизонтального освітлення, створюваного i -м напіврядом у розглянутій крапці до освітлення в похилій площині;

K_3 – коефіцієнт запасу (при використанні люмінесцентних ламп у приміщеннях з повітряним середовищем, що містить менш 1 мг/м^3 пилку, $K_3 = 1.5$);

h – висота підвісу світильників щодо поверхні робочого місця ($h=2.6\text{м}$);

l_p – довжина ряду світильників, м ($l_p = 10 \text{ м}$);

Для визначення табличного значення функції (знаходимо відношення r й l):

$$r = p / n ,$$

де p – відстань розрахункової крапки до проекції ряду світильників на горизонтальну площину;

$$p = 1/4 = 0.25;$$

$$l = l_2 / n, \text{ де}$$

l_2 – відстань розрахункової крапки від стіни (2.5 м).

$$l = 2.5 / 4 = 0.62.$$

Для кута $\alpha = 25^\circ$ падіння світла $I_\alpha = 162 \text{ Лм.}$ по I_α для світильників 9-ї групи визначимо $f(p, l) = 0.55$

$$\varepsilon = f(p, l) \cdot I_\alpha = 0.55 \cdot 162 = 89;$$

$$E = \frac{16 \cdot 14 \cdot 3120 \cdot 1.2 \cdot 89}{1000 \cdot 1.5 \cdot 2.6^2 \cdot 10} = \frac{74640384}{101400} = 736 \text{ Лк}$$

Норма загального освітлення робочих місць (контраст об'єкта розрізнення середній, розряд зорової роботи 3в; робота високої точності) становить 300 Лк. Тому, $E_{\text{фактичне}} > E_{\text{необхідне}}$, СНиП 11-4-79/85 виконуються.

Також кожне робоче місце обладнане джерелом місцевого висвітлення, для виконання можливих робіт пов'язаних з виконанням операцій високої точності.

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	70
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.5.3 Оцінка інтенсивності інфрачервоного випромінювання (ІВ)

ІВ робить на організм людини тепловий вплив, ефект якого залежить від довжини хвилі, що є умовою для глибини проникнення. Дія ІВ при поглинанні в різних шарах шкіри зводиться до її нагрівання, що спричиняється переповнення кровоносних посудин кров'ю й посиленню обміну речовин. Збільшується зміст фосфору й натрію в крові, відбувається поляризація шкіри людини. ІВ впливає на функціональний стан центральної нервової системи, викликаючи зміни в серцево-судинній системі. Довгохвильове ІВ, проникаючи в очні яблука, викликають ряд патологічних змін: кон'юктиви, помутніння роговиці, депігментація райдужної оболонки, спазм зіниць й інших.

Джерелами ІВ у розглянутому випадку є паяльники. Температуру паяльників знайдемо наступні. Припій ПОС-61 має температуру плавлення + 190 С. Температура паяльника повинна бути вище на 50-70 С. Тому паяльник нагрівається до температури + 260 С. Для оцінки відповідності рівня ІВ припустимим значенням санітарних норм необхідно визначити довжину хвилі цього випромінювання:

$$\lambda = 2.88/T;$$

λ – довжина хвилі, мм;

T – температура випромінюючої поверхні.

$$\lambda = 2.88/503 = 5.73 \text{ мкм};$$

Згідно норм ДЕРЖСТАНДАРТ12.1. 005-88 і ДСН 3.3. в. 042 - 99 при опроміненні $S_{\text{доп}} < 25\%$ припустимою щільністю потоку енергії:

$$S = \pi(d_1 \cdot l_1 + d_2 \cdot l_2 + d_3 \cdot l_3)$$

де S – випромінювана поверхня паяльника. Знайдемо випромінювану поверхню паяльника, як суму поверхонь трьох циліндрів:

$$d_1 = 0,004 \text{ м}; l_1 = 0,03 \text{ м};$$

$$d_2 = 0,01 \text{ м}; l_2 = 0,03 \text{ м};$$

$$d_3 = 0,005 \text{ м}; l_3 = 0,05 \text{ м};$$

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	71
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S=3,14 \cdot (0,004 \cdot 0,03 + 0,01 \cdot 0,03 + 0,005 \cdot 0,05) = 0,0021 \text{ м}^2;$$

Визначимо інтенсивність опромінення. Тому що відстань від джерела випромінювання до людини $r=0,2\text{м} > \sqrt{S} = 0,046\text{м}$, те застосуємо крапковий метод:

$$q=0,91 \cdot S \cdot ((T/100)^4 - A) / r^2;$$

$A = 85$ для шкірного покриву людини;

$$q=0,91 \cdot 0,0021 \cdot ((503/100)^4 - 85) / 0,22 = 26,5 \text{ Вт/м}^2;$$

При довжині хвилі $\lambda = 5,76 \text{ мкм}$ $q_{\text{доп}} = 120 \text{ Вт/м}^2$. Тому що $q < q_{\text{доп}}$, те додаткових заходів захисту застосовувати не потрібно.

5.6 Заходи щодо пожежної безпеки

Розглянуте приміщення відповідно до ОНТП 24-86 і Сніп 2.09.02-85 можна віднести до категорії “В” по вибухопожарної небезпеки, робоча зона приміщення згідно з ПУЕ ставиться до класу П-Па по пожежній небезпеці. Тобто, це приміщення в якому перебувають тверді й волокнисті горючі речовини (дверні рами, двері, меблі й т.д.).

У розглянутому приміщенні перебувають дорогі прилади, тому пожежа може привести до більших матеріальних втрат. Отже, проведення робіт зі створення умов, при яких імовірність виникнення пожежі зменшується, має важливе значення.

Можливими причинами виникнення пожежі можуть бути :

- коротке замикання проводки;
- паління в недозволених місцях, користування побутовими електронагрівальними приладами.

У зв'язку із цим, відповідно ПУЕ, необхідно передбачити наступні заходи:

- ретельна ізоляція всіх струмоведучих провідників до робочих місць;
- періодичний огляд і перевірка ізоляції;
- строге дотримання норм протипожежної безпеки на робочому місці.

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	72
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проводяться організаційно-технологічні заходи (заборона паління, інструктаж).

На випадок виникнення пожежі – забезпечення можливості безпечної евакуації людей через евакуаційні виходи. У приміщенні є план евакуації. Мінімальний час евакуації повинне відповідати вимозі СНиП 2.01. 02-85, а максимальна віддаленість робочих місць від евакуаційних виходів відповідає вимогам СНиП 2.09. 02-85. Необхідна кількість евакуаційних виходів, ширина проходів і ступінь вогнестійкості будинку також відповідає вимогам СНиП 2.01.02- 85 і СНиП 2.09.02- 85.

У приміщенні лабораторії перебувають:

- вогнегасник ОУБ-3 – 1шт.;
- вогнегасник ОП-1 "Момент" – 1шт.

Така кількість вогнегасників відповідає вимогам ISO3941–87, якими передбачене обов'язкова наявність двох вогнегасників на 100 м² площі приміщень.

По вогнестійкості приміщення лабораторії ставляться до II-й ступеня вогнестійкості (ДЕРЖСТАНДАРТ 12.1. 004- 76), тобто механічні конструкції в приміщенні, стіни виконані з вогнетривких матеріалів. Робочі місця, для виконання робіт, у положенні сидіння, організовані відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТ 12.2. 032- 78. Висота робочого стола 0.8 м.

На випадок виникнення пожежі на сходовій площадці встановлений пожежний щит, обладнаний пожежним інвентарем і вогнегасником марки ОУ– 5 відповідно вимогам ISO3941- 77 (вогнегасник вуглекислий, ручний) для гасіння загоряння різних матеріалів й установок під напругою до 1000У и хімічний, пінні ОХП- 10 – вогнегасник для гасіння твердих матеріалів. Згідно ОНТП 24- 86 і ДЕРЖСТАНДАРТ 12.4. 009-83 у пожежний щит входять:

- азбест;
- ящик з піском;
- пожежний інвентар.

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	73
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, на сходових площадках є водопровід із внутрішніми пожежними кранами. Для зв'язку з пожежною охороною служить внутрішній телефон. У робочому приміщенні виконуються всі вимоги по пожежній безпеці відповідно вимогам НАПБ.А. 01.001- 95 “Правила пожежної безпеки”.

З робітниками й обслуговуючим персоналом передбачаємо проведення протипожежного інструктажу, занять і бесід.

5.7 Заходи по техніці безпеки та захисту навколишнього середовища

Монтаж електричних схем приладів, радіоапаратури ведеться із застосуванням пайки. Кожному різновиду пайки характерні певні шкідливі і небезпечні фізичні фактори, що відрізняються як кількістю так і якістю характеристик. При цьому деякі види пайки продукують декілька таких фізичних факторів, що ведуть до погіршення здоров'я працівників, підвищення травматизму, погіршення умов праці, виникнення пожеж і вибухів. Такими потенційно-шкідливими є запиленість і загазованість повітря робочої зони; інфрачервоне випромінювання від розплавленого припою; високочастотне електромагнітне випромінювання; ультразвукове випромінювання від паяльника при пайці хвилею; дія електростатичного заряду; неоптимальна освітленість робочих зон; незадовільні метеорологічні умови в робочій зоні; вплив бризг капель розплавленого припою; ураження електричним струмом.

При даному виробництві використовується паяльна станція, при роботі з якою можна також травмуватись.

Враховуючи не абияку шкідливість вихідних компонентів, до приміщення, де виконується паяння пред'являють особливі вимоги: НАОП 1.4.32-2.87-81 (ОСТ 25 2191-81); “Паяння свинцево олов'яними припоями. Вимоги безпеки”.

					<i>KPM.EC.19050040.001.ПЗ</i>	74
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні заходи безпеки та вилучення передбачуваних шкідливих факторів на всіх етапах технологічного процесу, монтажу і експлуатації

Для створення безпечних умов праці необхідно виконання відповідних заходів у відповідності з ГОСТ 12.3.008-75.

Основні вимоги безпеки технологічних процесів включають слідуючі аспекти:

- усунення безпосереднього контакту працюючих з матеріалами, що мають шкідливий вплив;
- заміна небезпечних і шкідливих технологічних процесів і операцій на менш небезпечні, чи зовсім безпечні;
- використання комплексної механізації і автоматизації виробництва, дистанційне управління особливо шкідливими процесами і операціями;
- раціональна організація праці і відпочинку;
- впровадження систем контролю і управління технологічними процесами, що забезпечують захист працівників (аварійне відключення виробничого обладнання);
- своєчасне видалення і знешкодження шкідливих відходів виробництва.

Важлива і обов'язкова умова забезпечення безпеки – викладення умов безпеки в технологічній документації. Повнота викладу контролюється методичними вказівками: “РД 50-134-78”.

Існує ряд загальних стандартів, якими треба користуватися:

- для приміщень: “Будівельні норми і правила”;
- для обладнання – ГОСТ 12.2.003-74: “Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки”;
- ГОСТ 12.1.004-76 “Пожежна безпека. Загальні вимоги”;
- ГОСТ 12.1.010-76 “Вибухобезпека. Загальні вимоги”.

При всіх операціях пайки в повітря можуть попадати пари олова та свинцю, пари соляної кислоти, окис вуглецю, вуглеводень та інше. Особливо шкідливий свинець та його сполуки. При попаданні в організм він акумулюється в кістках, м'язах, печінці. Результатом є свинцеве отруєння.

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	75
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пайка з використанням флюсів і їх біологічний вплив залежить від складу:

- каніфоль – подразнюючий вплив;
- спирти – наркотичний ефект;
- етиленгліколь – токсичний вплив.

Основні заходи:

1. Водонепроникна підлога з нахилом для стоку в каналізацію.
2. При ручній пайці використовувати паяльники живленням до 42 В.
3. Різні технологічні операції виконувати в різних приміщеннях.
4. Використані серветки спалюють і повторно не використовують,
5. Експлуатація цехів і приміщень тільки при наявності приточно-відточної вентиляції.
6. Не допускати до роботи з припоями осіб до 18 років і вагітних.

При нашому виробництві, в додаток до вищенаведених заходів, будуть використовуватись різні найменш шкідливі для здоров припої.

Для захисту шкіри рук від речовин, що входять до складу флюсів, використовують захисні мазі і пасти (мазь “Миколан”, пасти – ІЕП-1, казеїнова). Все вищеописане відповідає наступним НАОП:

- НАОП 1.4.32-2.67-84 (ОСТ 11 073.062-84);
- НАОП 1.4.32-2.39-85 (ОСТ 11 120005-85);
- НАОП 1.4.32-2.21-80 (ОСТ 11 091.700-80);
- НАОП 1.4.32-2.63-77 (ОСТ 4ГО. 091.228-77).

5.8 Захист навколишнього середовища

Охороні навколишнього середовища з кожним роком приділяється все більше уваги, що обумовлено в першу чергу різким зростанням шкідливих викидів, що наносять біосфері великих, часто не відновлюваних втрат.

В електронній техніці використовується широка гамма матеріалів. Вже на етапі розробки нових видів продукції слід передбачити можливість її

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	76
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повторної переробки. Вироби повинні мати тривалий строк використання, піддаватися ремонту та демонтажу або повторному використанню.

Одним із завдань дипломного проекту була розробка друкованої плати. Але при організації даного виробництва було вирішено замовляти виготовлення готової друкованої плати на іншому підприємстві, тому дане виробництво не наносить шкоду навколишньому середовищу речовинами, які використовуються при виготовленні друкованих плат.

Обладнання для пайки та робочі місця мають відповідати вимогам "Санітарні правила організації процесів пайки дрібних виробів сплавами, що містять свинець". Вони повинні мати місцеву витяжну вентиляцію, оснащену звуковою або світловою сигналізацією, що попереджає про припинення вентиляції.

Всі пристрої для підключення та перемикання електричних кіл повинні бути заземлені.

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	77
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 %;
- $\square U_{ст}/\square T$ рівне 0,3 %/°C;
- ККД стабілізатора 70%;
- прилад призначений для експлуатації в УХЛ 1.4. ДСТУ EN

60335-1:2015.

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	78
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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. Нечаев И. Економічний стабілізатор. Радіо, 1984, №12, с. 53.
5. V.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>KPM.EC.19050040.001.ПЗ</i>	79
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 зв'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
19. Хоровиц П., Хилл У. Мистецтво схемотехніки. — Вид.5-е, перероб. — М. : Мир, 1998. — 698 с.
20. Електроживлення електронних засобів: Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 171 «Електроніка», спеціалізації «Електронні та інформаційні системи і технології телебачення, кінематографії та звукотехніки» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. В. Пілінський, В. Б. Швайченко. — Електронні текстові дані (1 файл: 1,86 Мбайт). — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. — 50 с.
21. Строкань О. В. С 32 Комп'ютерна електроніка та електротехніка: лабораторний практикум / О. В. Строкань, М. Ю. Мірошніченко. — Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2020. — 111 с 3.
22. Захарченко М.В. Електроживлення систем зв'язку. Лабораторний практикум: Частина 1: Теоретичні положення; Частина 2: Методичні вказівки / М.В. Захарченко, А.Ф. Кадацький, О.П. Русу, І.П. Малявін,

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	80
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В.Б. Русаловський, О.А. Грабовий. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2011.
– 312 с.

23. Чорний О.П. Віртуальні лабораторні комплекси для навчального процесу і наукових досліджень / О.П.Чорний, Д.Й.Родькін, В.О.Євстіфєєв, А.Л.Перекрест, Т.В.Величко/ Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М. Остроградського, Випуск № 3(50)/2008, ч. 1 м. Кременчук С. 28-43.

ЕСТИФУЖНУ 2024

					КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ	81
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завідувачу кафедри ЕС ІТФ ДВНЗ УжНУ

Тарасу Заяць

Студента (-ки) II курсу

спеціальності 171 Електроніка

Добea С. С.

(прізвище, ініціали)

ЗАЯВА

щодо самостійного виконання навчальної/кваліфікаційної роботи здобувачем освіти

Я, Добей Сергій Сергійович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Студент(-ка) денної форми навчання, ІТФ, II курсу маг.

(форма навчання, факультет, курс)

заявляю: моя письмова робота на тему:

Імпульсний компенсаційний стабілізатор напруги

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.

грудня 2024

(дата)

(підпис)

Додаток 2.

ДОВІДКА

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

Автор роботи	Добес Сергій Сергійович
Назва роботи	Умпульсний компенсаційний стабілізатор напруги
Спеціальність	Електроніка 171
Курс	2
Факультет	Інженерно-технічний
Кафедра	Електронних систем
Керівник роботи	Юрчик Т. М.
Роботу перевірено в програмі	Unicheck
Додано до бази даних	
Ідентифікаційний номер роботи	2024-КРМ-Добес.С.С..pdf
Результати перевірки	
Показник унікальності тексту через перевірку роботи у внутрішній базі кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ	
Показник унікальності тексту в мережі Інтернет	99 %



Автентифіковано засобом перевірки на плагіат ANTIPLA
Дата видачі: середа, 11 грудня 2024, 11:12
Доступно через www.antip.la

Плагіатограма

Результат (відсоток плагіату)	1%
Назва документу	2024-КРМ-Добей С.С..pdf
Кількість символів	15,000
Кількість спеціальних символів	59
Кількість слів	1,923
Унікальна кількість слів	1,111
Кількість речень	174
Найпоширеніші слова	напруги, в, на, , з
Найдовше слово	КРМ.ЕС.19050040.001.ПЗ
Середня довжина слова	6.8
Середня кількість слів у реченні	11.1
Всього посилань	0
Кількість слів із плагіатом	15

11.12.2024

(дата)

Добей Сергій

(перевірів)

CERTIFICATE

is awarded to

Dobei Serhii

for being an active participant in

II International Scientific and Practical Conference

**“SCIENCE IN THE MODERN WORLD:
INNOVATIONS AND CHALLENGES”**

24 Hours of Participation

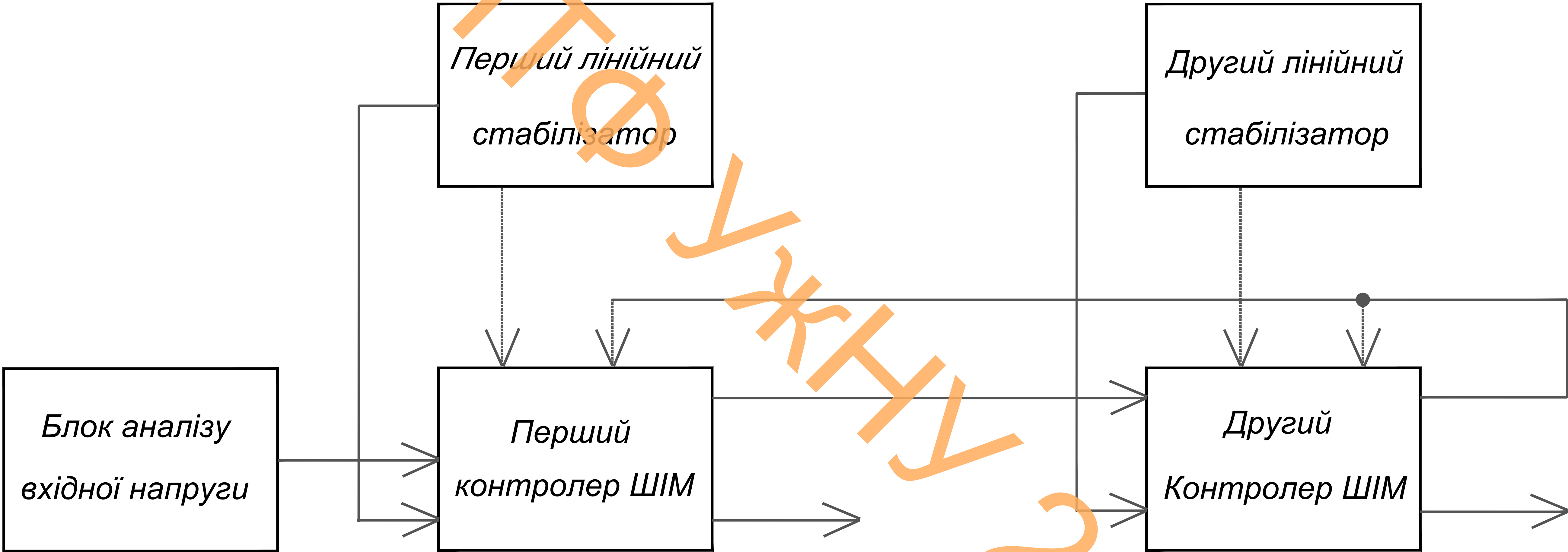
(0,8 ECTS credits)

TORONTO

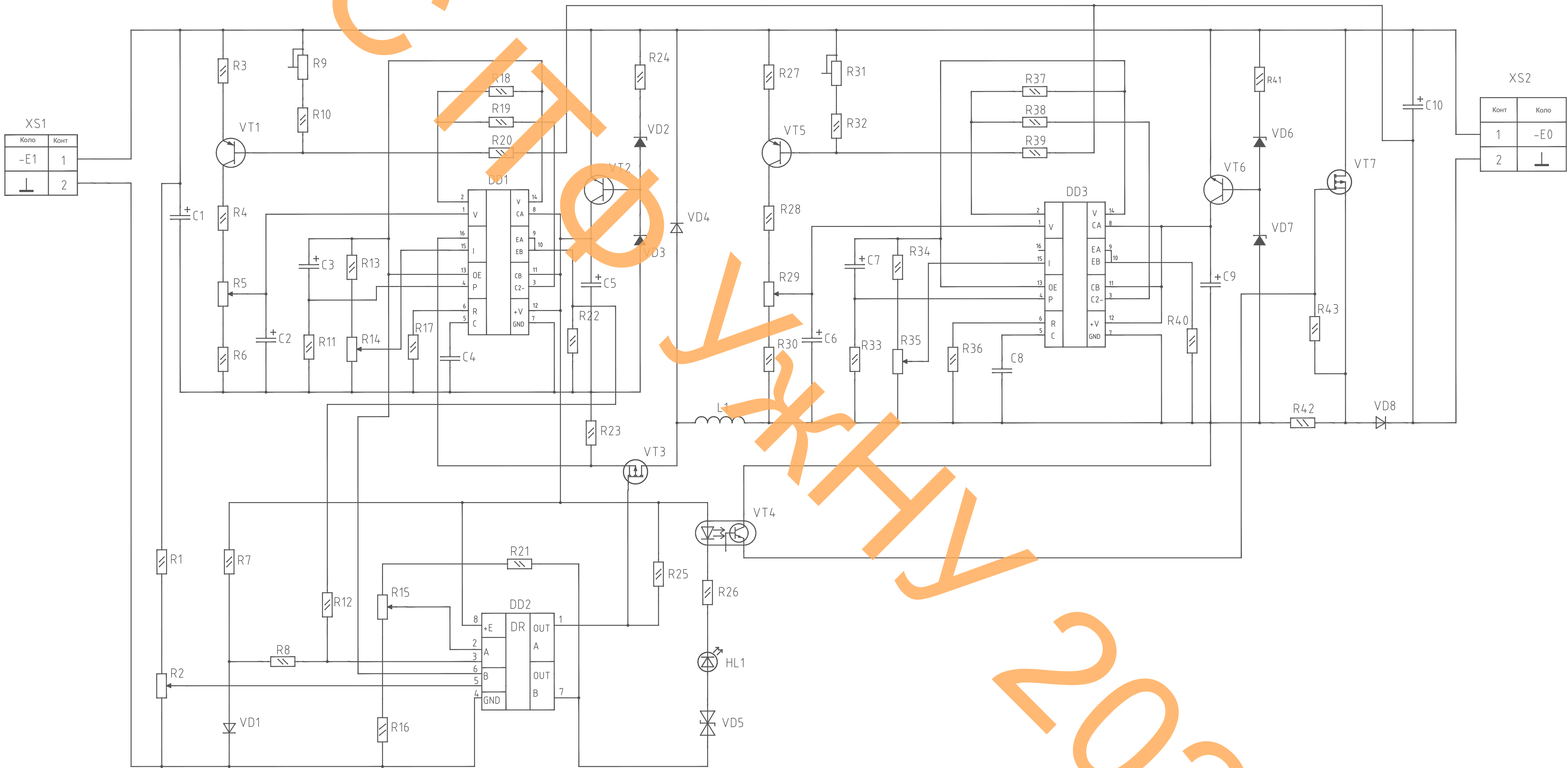
24-26 October 2024

sci-conf.com.ua





						КРМЕС.19050040.001Е1		
Зм.	Арх.	№ документа	Підпис	Дата	Імпульсний компенсційний стабілізатор напруги	Літера	Маса	Масштаб
Розробив	Попен С. С.					у		1 : 1
Перевірив	Ворон І. М.					Архив 1		Архив 1
Т. контр.								
Н. контр.	Попен О. В.				Структурна схема	УжНУ, ІТФ, гр. ЕС, 2 курс		
Випробував	Зайць Т. М.							

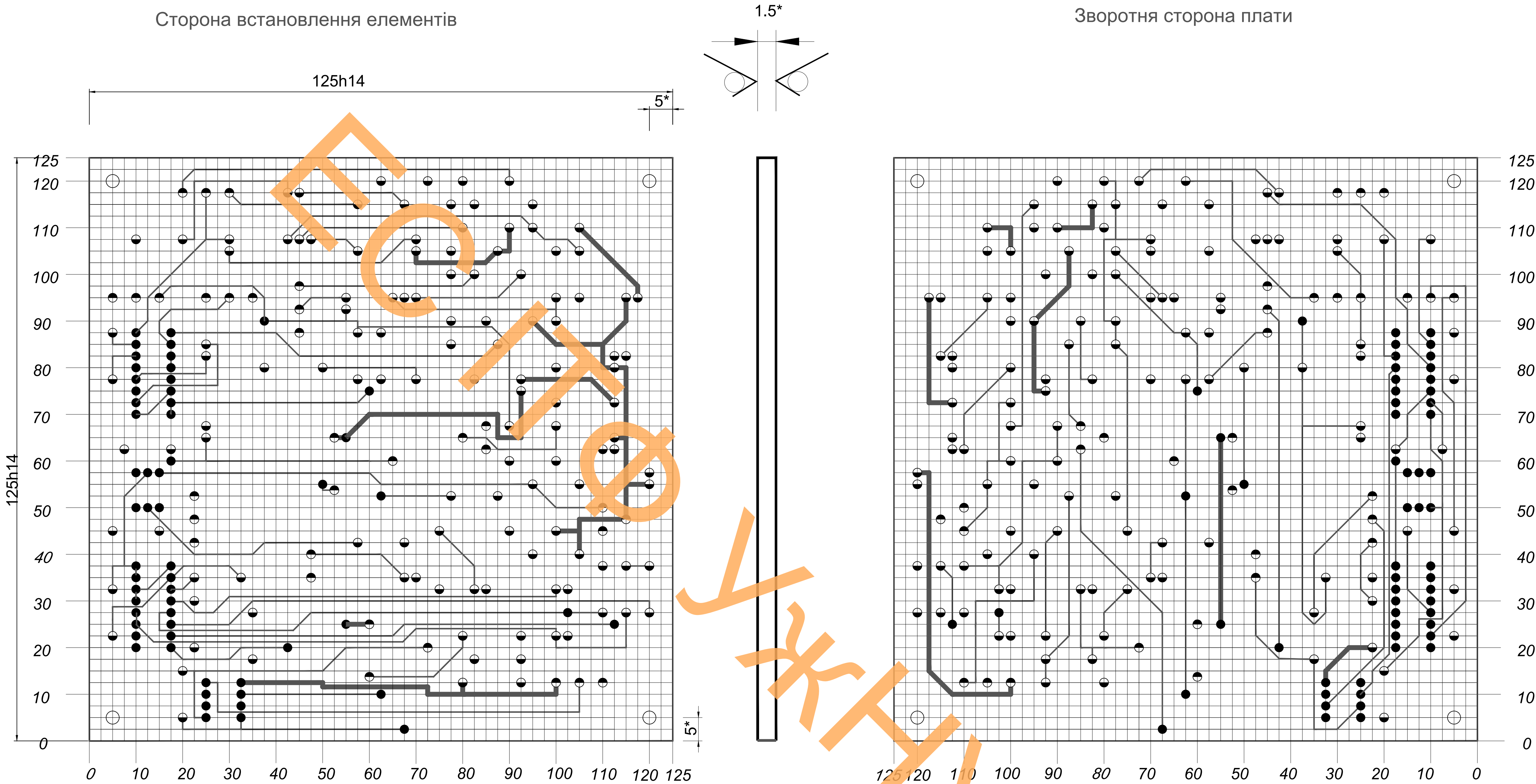


						КРМЕС.19050040.001Е2			
Зм.	Арх.	№ документа	Підпис	Дата	Імпульсний компенсаційний стабілізатор напруги		Літера	Маса	Масштаб
Розробив	Лобачев С. С.						у		1:1
Перевірив	Ворон І. М.						Аркуш 1		Аркушів 1
Т. контр.					Схема електрична принципова		УЖНУ, ІТФ, гр. ЕС, 2 курс		
Н. контр.	Попт О. В.								
Затвердив	Зайць Т. М.								

Сторона встановлення елементів

Зворотня сторона плати

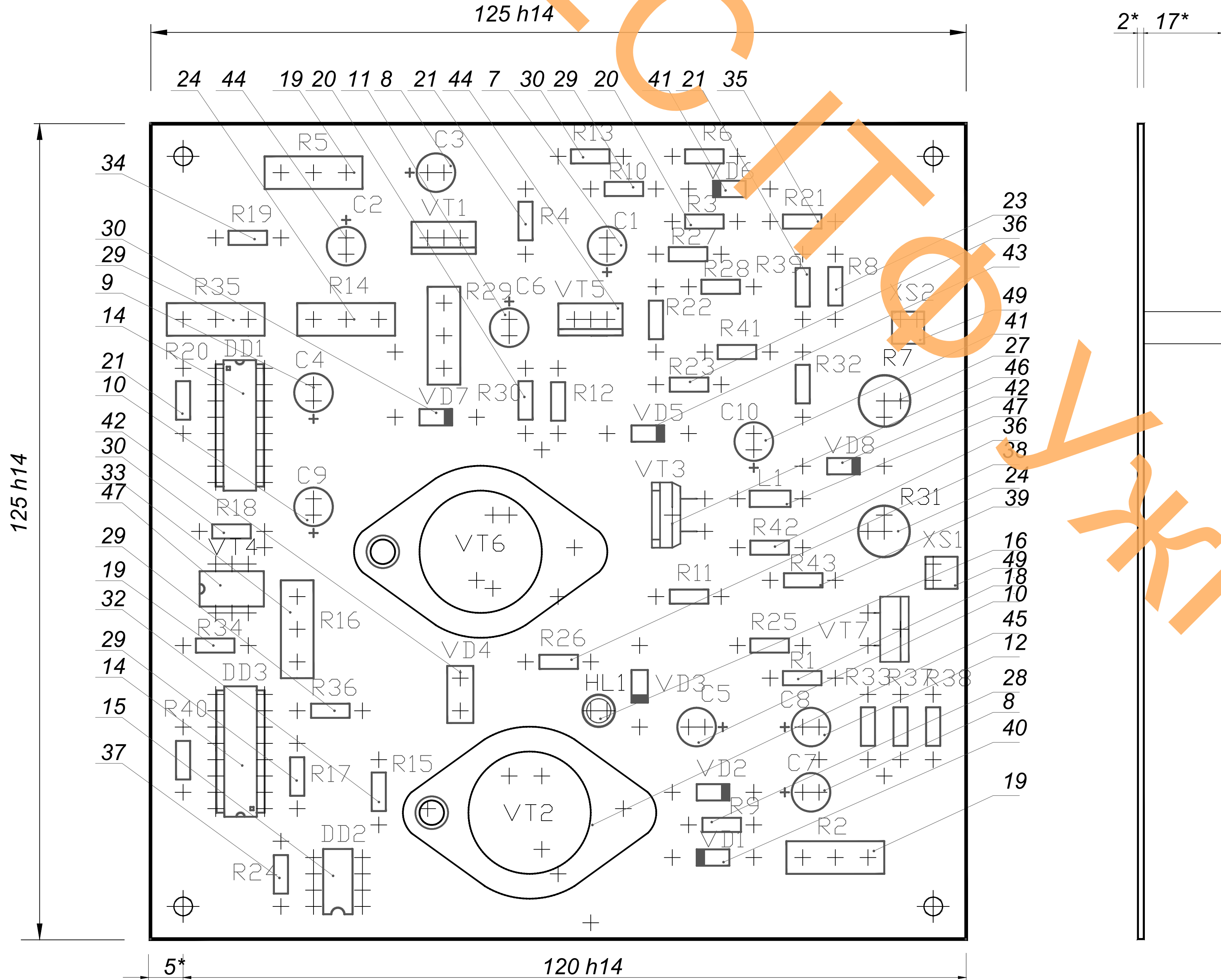
Rz⁵⁰ ()



Умовне позначення отворів	Діаметр отворів мм	Наявність металізації в отворах	Діаметр контактної площадки, мм	Кількість отворів
	0,6 ^{+0,1}	метал.	1,8	127
	0,8 ^{+0,1}	метал.	2,3	40
	3,0	не метал.	---	4
	0,6 ^{+0,1}	метал.	---	50

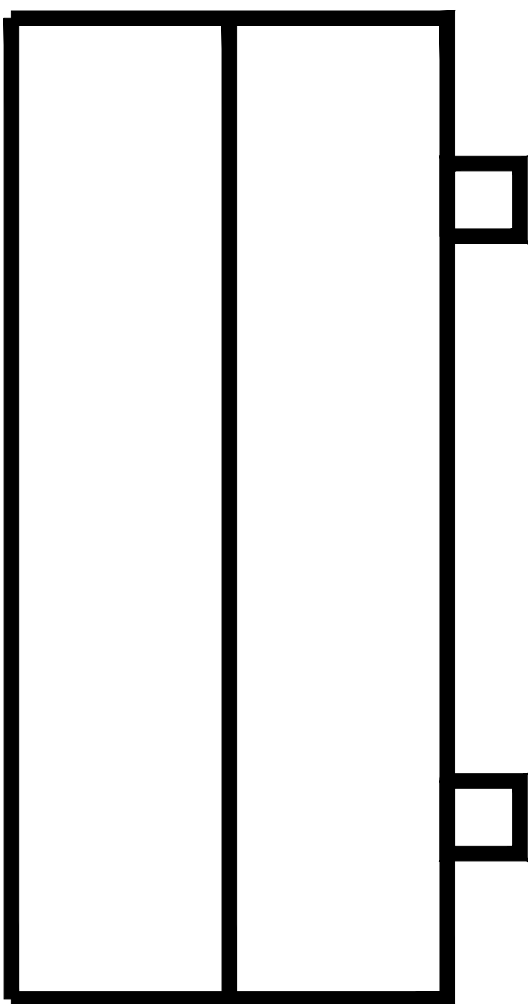
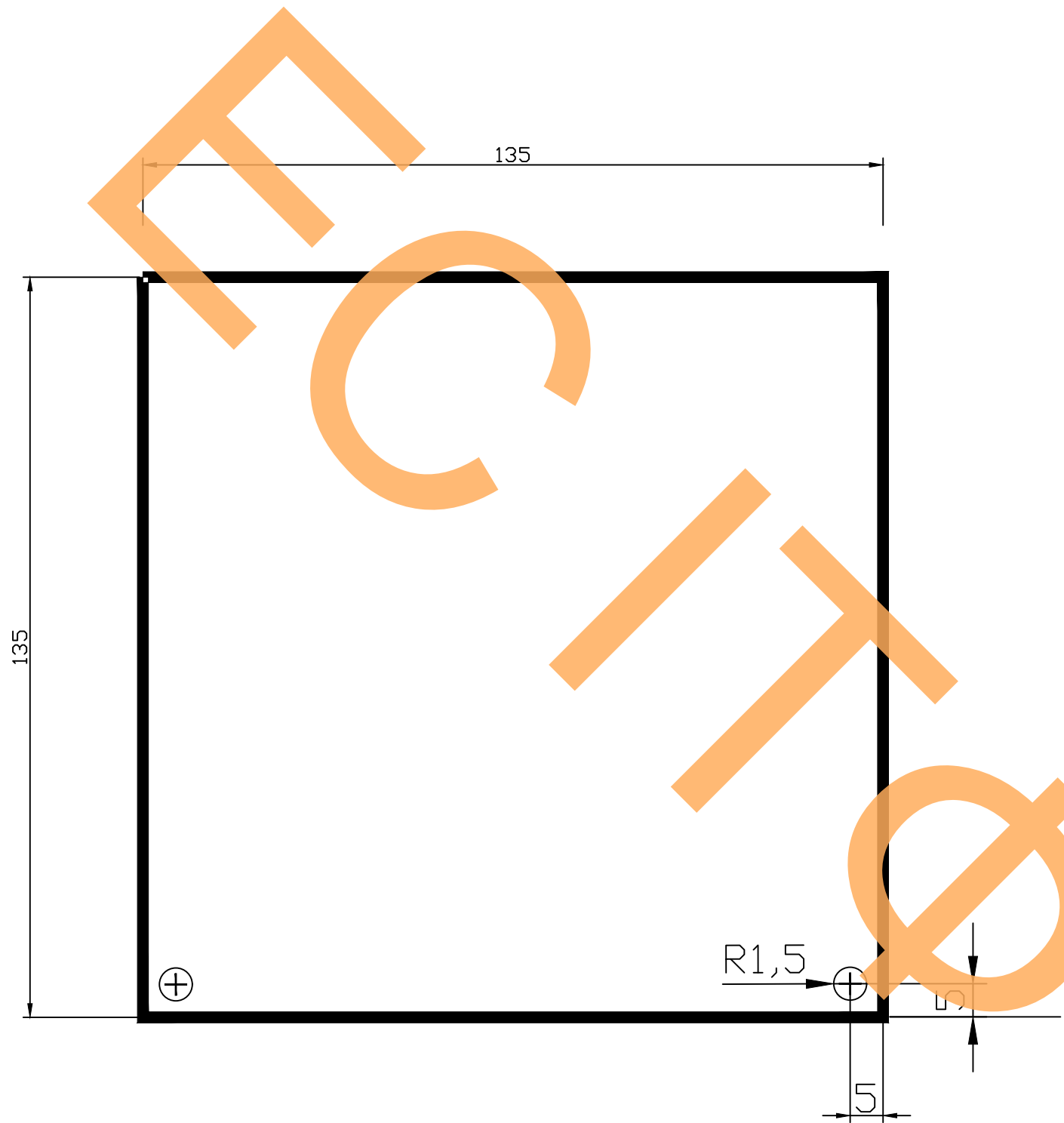
- Плату виконувати комбінованим методом
- Крок кординатної сітки 2.5 мм.
- Конфігурацію провідників витримувати по кординаційній сітці.
- Провідники що умовно позначені суцільними лініями виконувати шириною не менше 0.25±0.1 і 1.5 мм ±0.1 відповідно
- Провідники покрити сплавом "Розе".
- Плата повинна відповідати ГОСТ23752-79, загальні технічні вимоги згідно ОСТ4ГО.070.015.

КРМЕС.1905004.0.001.ДП					Імпульсний компенсаційний стабілізатор напруги		
Зм.	Арх.	№ документа	Підпис	Дата	Літера	Маса	Масштаб
Розробив	Лобачев С. С.				у		1:1
Перевірив	Юркін І. М.				Архив 1		Архив 1
Т. контр.							
Н. контр.	Попт О. В.				Креслення друкованої плати		
Затвердив	Зайць Т. М.				УжНУ, ІТФ, гр. ЕС, 2 курс		

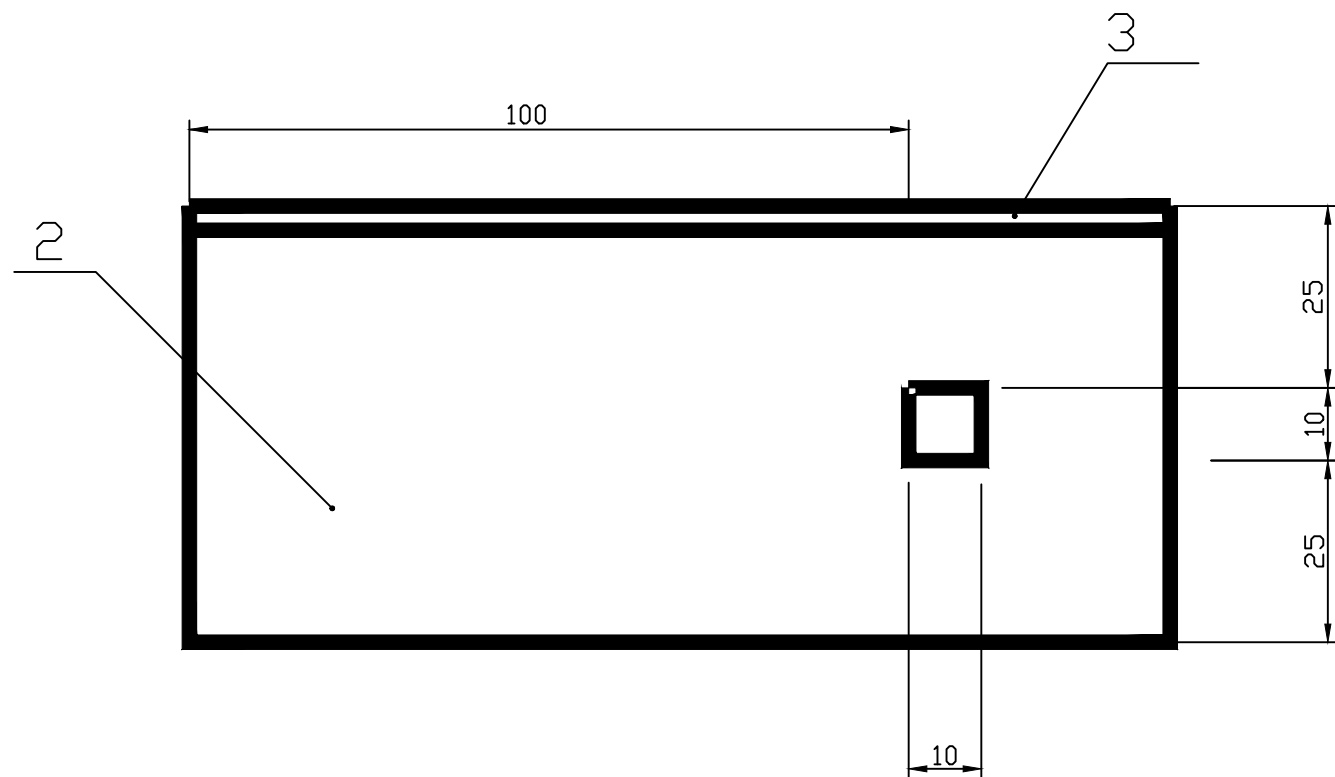


1. Електромонтаж виконувати згідно ДП.ЕС.980741. 01. 000 ЕЗ.
2. Паяти припоєм ПОС-61 ГОСТ 1499-70.
3. *Розміри для довідок.
4. Друковані провідники умовно не показані.
Плату після зборки покрити емаллю ЭП 572, білий ТУ6-10-1539-76.
5. Елементи встановити R1...R11; VD1...VD2; VT1...VT2; по варіанту Ia; DA1, DA2; XS1...XS2; по варіанту VIIa.
6. Позначення елементів маркувати краскою ЧМ, чорний , БМ, білий, ТУ 029-02 029 -02-859-78.
Шрифт 2.5 згідно НО. 010.007.
Місця розміщення маркування показані умовно.

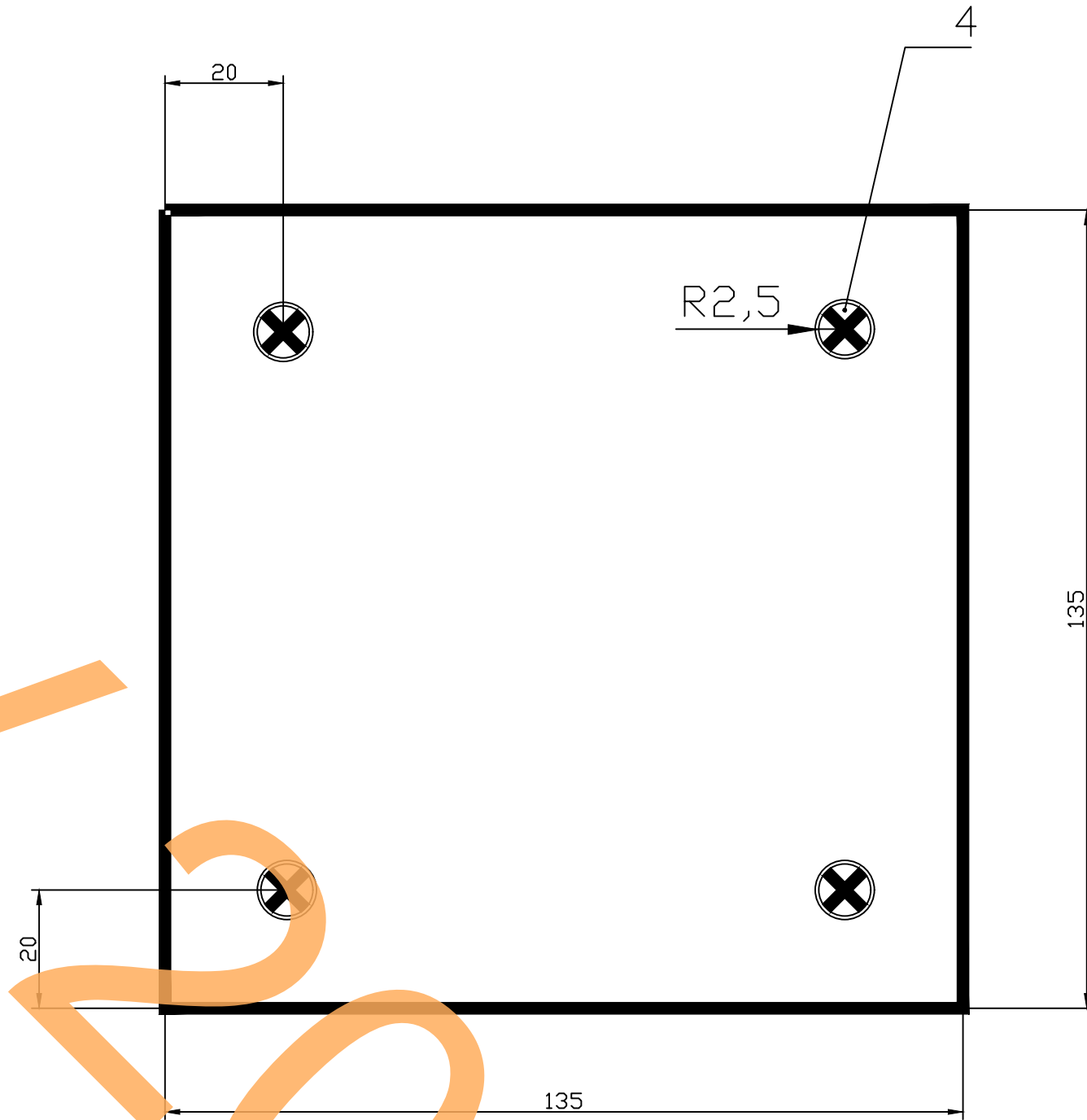
					КРМ.ЕС.19050040.001СК				
					Імпульсний компенсаційний стабілізатор напруги	Літера	Маса	Масштаб	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		у		1 : 1	
Розробив		Лобачев С. С.				Аркуш 1		Аркушів 1	
Перевірив		Юркін І. М.							
Т. контр.					Складальне креслення	УЖНУ, ІТФ, гр. ЕС, 2 курс			
Н. контр.		Попт О. В.							
Випробував		Зайць Т. М.							



Вид А



A



					КРМЕС.1905004.0.001Е5			
					Импульсный компенсационный стабилизатор напряжения	Литера	Маса	Масштаб
Экз.	Арх.	№ документа	Подпис	Дата		У		1 : 1
Разработчик		Доблев С. С.				Архив 1		Архив 1
Проверщик		Воронин Г. М.						
Т. контр.								
Н контр.		Попов О. В.			Габаритные кресления	УжНУ, ИТФ, гр. ЕС, 2 курс		
Ватерштадт		Заяцев Т. М.						

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 6КО.348.006-01 ТУ			1	
DD2-DD3		LM393 6КО.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	
		КРМ.ЕС.19050040.001.ПЕ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Імпульсний компенсаційний стабілізатор напруги Перелік елементів	
Розробив		Добей С.С.				
Перевірів		Юркін І. М				
Т.Контр.						
Н.Контр.		Папп О. В.				
Затвердив		Заяць Т.М..			УжНУ, ІТФ, гр. ЕС 2 курс	
					Літера	Аркуш
					У	І
					Аркушів	
					2	

Поз. Позна- чення	Найменування	Кіл.	Примітки
R10	МЛТ-0,125 12 кОм $\pm 10\%$	4	R17, R32, R36
R13	МЛТ-0,125 5,1 кОм $\pm 10\%$	4	R18, R34, R37
R14, R35	СП5-2-0,125 220 Ом $\pm 10\%$	2	
R15	СП5-2-0,125 22 кОм $\pm 10\%$	1	
R16	МЛТ-0,125 13 кОм $\pm 10\%$	1	
R19, R38	МЛТ-0,125 1,2 МОм $\pm 10\%$	2	
R21	МЛТ-0,125 47 кОм $\pm 10\%$	1	
R23, R42	МЛТ-0,125 0,01 кОм 10Вт $\pm 10\%$	2	
R24, R41	МЛТ-0,125 2 кОм 5Вт $\pm 10\%$	2	
R26	МЛТ-0,125 2 кОм $\pm 10\%$	1	
R43	МЛТ-0,125 10 кОм $\pm 10\%$	1	
	<u>Діоди</u>		
VD1	2Д522 ДРЗ.362.035 ТУ	1	
VD2	КЦ282 16В ДРЗ.362.035 ТУ	4	VD3, VD6, VD7
VD4	AD352ОР ДРЗ.362.035 ТУ	2	VD8
VD5	КС191А ДРЗ.362.035 ТУ	1	
	<u>Транзистори ААО.336.302ТУ</u>		
VT1	КТ851А	2	VT5
VT2	КТ827АМ	2	VT6
VT3	IRFP150	1	
VT4	4N35	1	
VT7	IRFP250	1	
	<u>Роз'єми НЩО.364.003ТУ</u>		
XS1	Роз'єм РГ1Н-2-2К 2 pin	2	XS2

Вим

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

KPM.EC.19050040.001.ПЕ

Арк.

2

[illegible]