

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

*бакалавр*

(назва освітнього ступеня)

на тему: *“Радіоприймач цифровий”*

(назва теми)

(назва теми)

(назва теми)

Виконав (ла): студент (ка) IV курсу групи РАс-41

спеціальності: 172 “Телекомунікації та радіотехніка”

(шифр і назва напряму підготовки)

(підпис)

*Колісник Д.Р.*

(прізвище та ініціали)

Керівник:

(підпис)

*Лесів В.В.*

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль:

(підпис)

*Марценюк А.С.*

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри:

(підпис)

*Дунець В.Л.*

(прізвище та ініціали)

Рецензент:

(підпис)

*Стрембіцький М.О.*

(прізвище та ініціали)

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет: прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра: радіотехнічних систем

(повна назва кафедри, циклової комісії)

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

“ ” червня 20 21 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня: бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю: 172 “Телекомунікації та радіотехніка”

(назва освітнього ступеня)

студенту: Коліснику Дмитру Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема: “Радіоприймач цифровий”

Керівник роботи: Лесів Володимир Васильович, ст. викл.

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання, посада)

затверджена наказом ректора від “ 31 ” травня 20 21 року № 4/7-435

2 Термін подання студентом завершеної роботи: 23 червня 2021 р.

3 Вихідні дані роботи Діапазон частот, МГц 87,5 – 108,0;

Номинальне значення проміжної частоти і допустимі відхилення, МГц: 10,7±0,01;

Чутливість, обмежена шумами, в стерео режимі, при відношенні сигнал/шум  
50 дБ, по напруженості поля для внутрішньої антени, мкВ·м<sup>-1</sup> 24;

Односигнальна селективність, з придушенням шумів, дБ, не менше

а) по проміжній частоті (на частоті 96МГц) 70;

б) по дзеркальному каналу (на частоті 96МГц) 85;

в) по додаткових (побічних) каналах прийому (на частоті 96 МГц) 50;

4 Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Проектування та рахунок схеми електричної структурної

2 Обґрунтування вибору типу та структури ПЛМ

3 Проектування друкованого вузла

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1 Схема електрична структурна (обов'язкове)

2 Схема електрична принципова (обов'язкове)

3 Друкований вузол (деталь) (обов'язкове)

4 Складальне креслення друкованого вузла (обов'язкове)

5 Технічні показники (плакат)



## Анотація

Тема кваліфікаційної роботи: “Радіоприймач цифровий” // Кваліфікаційна робота бакалавра // Колісник Дмитро Романович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, кафедра радіотехнічних систем, група РАС-41 // Тернопіль, 2021 // с. – 60, рис. – 8, табл. – 1, бібліографія – 17, креслення – 4.

Ключові слова: ПІДСИЛЮВАЧ, ЧУТЛИВІСТЬ, ДИНАМІЧНИЙ ДІАПАЗОН, ПОТУЖНІСТЬ, БІПОЛЯРНИЙ ТРАНЗИСТОР, НЕЛІНІЙНІ СПОТВОРЕННЯ, ЗМІШУВАЧ, СМУГА ПРОПУСКАННЯ, ПРОМІЖНА ЧАСТОТА.

В роботі проведено проектування схеми електричної структурної та принципової супергетеродинного приймача “Радіоприймач цифровий” з двома проміжними частотами 10,7 МГц та 455 кГц. Діапазон частот 87,5 – 108,0 МГц з чутливістю обмежену шумами, в стерео режимі, при відношенні сигнал/шум 50 дБ, по напруженості поля для внутрішньої антени, 24 мкВ·м<sup>-1</sup>.

Параметри та технічні характеристики радіоприймача цифрового повністю відповідають технічному завданню та стандартам для даного типу апаратури. Виробі використано сучасну елементну базу, що дозволило підвищити його надійність. Мікроконтролер управляє параметрами радіоприймача та відображенням інформації на рідкокристалічному індикаторі. Радіоприймач працює від мережі змінного струму 220 В та джерела живлення постійної напруги +12 В.

## Annotation

Work qualification theme: “Radio of digital” // Bachelor qualification work // Kolisnyk Dmytro Romanovych // Ivan Pulyuy Ternopil National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, Radio Engineering Systems Department, group RAs-41 // Ternopil 2021 // p. – 60, fig. – 8, table – 1, bibliography – 16, drawing – 4.

Keywords: AMPLIFIER, SENSITIVITY, DYNAMIC RANGE, POWER, BIPO-LAR TRANSISTOR, NONLINEAR DISTORTION, MIXER, MISSING STRIP.

The circuit design of the electrical structural and principle superheterodyne receiver “Radio of digital” with two intermediate frequencies 10, 7 MHz and 455 kHz is carried out. Frequency range 87.5 – 108.0 MHz with noise-limited sensitivity, in stereo mode, at a signal-to-noise ratio of 50 dB, field strength for the internal antenna,  $24 \mu\text{V m}^{-1}$ .

The parameters and technical characteristics of the digital radio receiver fully comply with the technical task and standards for this type of equipment. The microcontroller controls the parameters of the radio and the display of information on the liquid crystal display. The radio operates from 220 V AC mains and a +12 V DC power supply.

## Зміст

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів .....	7
Вступ.....	8
1 Основна частина.....	10
1.1 Аналіз технічного завдання .....	10
1.2 Проектування схеми електричної структурної.....	16
1.2.1 Розрахунок смуги пропускання.....	19
1.2.2 Розрахунок допустимого коефіцієнту шуму.....	20
1.2.3 Вибір засобів селективності.....	21
1.3 Розрахунок каскадів проектованого приймача .....	22
1.3.1 Розрахунок підсилювача радіочастоти .....	22
1.3.3 Розрахунок підсилювача другої проміжної частоти .....	35
1.3.4 Перетворювача частоти .....	39
1.3.6 Розрахунок ЧМ детектора .....	47
1.4 Вибір і обґрунтування компонентної бази .....	50
1.5 Компоновка друкованого вузла пристрою .....	50
2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці .....	52
2.1 Надзвичайні ситуації: визначення причини, класифікація.....	52
2.2 Заходи щодо захисту від ураження електричним струмом в цеху, на ділянці .....	54
Висновки .....	57
Список використаних джерел .....	58
Додатки.....	60

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Радіоприймач цифровий</b>  Пояснювальна записка					
Розроб.		Колісник Д.Р.						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Лесів В.В.						6		55
Реценз.								ТНТУ імені Івана Пулюя, ФПТ, каф. РТ, гр. РАС-41		
Н. Контр.		Марценюк А.С.								
Затверд.		Дунець В.Л.								

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів

ЧМ	частотна модуляція
ЧМС	частотно-модульований сигнал
АМ	амплітудна модуляція
АПЧ	автоматичне підлаштування частоти
ФАПЧ	фазове автопідстроювання частоти
ПРЧ	підсилювач радіочастоти
ФЗС	фільтр зосередженої селекції
ППЧ	підсилювач проміжної частоти
ЧД	частотний детектор
СЕ	спільний емітер
СБ	спільна база
ПЧ	перетворювач частоти
ОА	обмежувач амплітуди
УКХ	ультракороткохвильовий
МС	мікросхема
ГКН	генератор, керований напругою
НЧ	низька частота, низькочастотний
ПЧ	проміжна частота
КСС	комплексний стереосигнал
ПМК	полярно-модульовані коливання
ФНЧ	фільтр низьких частот
МК	мікроконтролер
РКІ	рідкокристалічний індикатор
БЖД	безпека життєдіяльності

					<i>КДРЗ.108.001ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

Винахід радіозв'язку – одне з найбільших відкриттів науки і техніки.

У 1864 р. англійський фізик Максвелл теоретично довів існування електромагнітних хвиль, передбачене ще Фарадеєм, а в 1888 р. німецький вчений Герц експериментально довів існування цих хвиль.

7 травня 1895 р. А.С. Попов в Петербурзі продемонстрував прилад, що приймає електромагнітні коливання.

У 1904 р. англійський учений Флемінг винайшов двохелектродну лампу (діод), а в 1906 р. Форест ввів в неї третій електрод – управляючу сітку. Електронна лампа викликала великі зміни в техніці радіозв'язку. Подальший розвиток техніки радіоприйому був пов'язаний з удосконаленням електронних ламп. З 1918 р. стали застосовувати так звану регенеративну схему, яка дозволила значно підвищити чутливість і вибірковість радіоприймачів.

У 1918 р. Армстронг отримав патент на схему супергетеродинного приймача. На початку 30-х років були створені багатосіткові лампи, в зв'язку з чим супергетеродинні схеми стають основними для більшості радіоприймачів, що випускаються. Розвиток напівпровідникової електроніки привів до нового напрямку в розробці методів і пристроїв прийому і обробки інформації – мікроелектроніки. Успіхи в розвитку сучасної мікроелектроніки дозволяють значно покращити основні параметри радіоприймачів. Заміна цілих функціональних вузлів і блоків радіоприймача інтегральними мікросхемами, заміна конденсаторів змінної ємності варикапними матрицями дозволяють використовувати нові методи конструювання радіоприймачів, а саме: синтез частот, безшумне налагодження, автоматичне регулювання смуги пропускання при зміні рівня вхідних сигналів, програмне управління приймачем.

Сучасна технологія виробництва радіоелектронної апаратури, принципово нові схемні рішення, реалізація яких стала можливою на її основі (оскільки кількість елементів і складність схем при використанні інтегральних мікросхем

					<i>КДРЗ.108.001ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



перестали бути обмежувачами чинниками), дозволили різко підвищити якісні показники всіх видів радіоприймальних пристроїв.

Сучасні радіоприймальні пристрої забезпечують надійний зв'язок з космічними станціями, працюють в системах супутникового зв'язку, в тисячокілометрових радіорелейних лініях, тощо.

Науково-технічна революція на сьогоднішній день знаходить своє яскраве відображення в бурхливому розвитку радіотехніки, зокрема техніки радіоприймальних пристроїв.

Найбільш звичним типом радіоприймача для більшості людей є радіоприймач, який відтворює звук, переданий радіостанціями, що історично є першою радіопрограмою масового ринку. Радіомовний приймач прийнято називати "радіо". Однак радіоприймачі дуже широко використовуються в інших областях сучасних технологій, в телевізорах, стільникових телефонах, бездротових модемах та інших компонентах зв'язку, дистанційному управлінні та бездротових мережевих системах.

					<i>КДРЗ.108.001ПЗ</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 Основна частина

## 1.1 Аналіз технічного завдання

Найбільш звичною формою радіоприймача є радіоприймач, який часто називають радіо, який приймає аудіо програми, призначені для громадського прийому, передані місцевими радіостанціями. Звук відтворюється або гучномовцем радіо, або навушниками, які підключаються до гнізда радіо. Радіо вимагає електричної енергії, яку забезпечують або батареї всередині радіо, або електроживлення від мережі змінного струму. Усі радіостанції мають регулятор гучності для регулювання гучності звуку та певний тип регулювання “налаштування” для вибору радіостанції, яку потрібно приймати.

Два типи модуляції використовуються в аналогових системах радіомовлення: АМ та FM.

Амплітудна модуляція (АМ) амплітуда радіосигналу змінюється пропорційно амплітуді модулюючого сигналу. АМ-мовлення дозволено в довгохвильовому діапазоні від 148,5 до 283,5 кГц та в середньохвильовому діапазоні від 526,5 до 1606,5 кГц радіочастотного спектру. АМ-мовлення також дозволено в короткохвильових діапазонах 3,95 – 4,00 МГц, 5,90—6,20 МГц, 7,20—7,45 МГц, 9,40—9,90 МГц, 11,60—12,10 МГц, 13,57—13,87 МГц, 5,10—15,80 МГц, 17,48—17,90 МГц, 18,90—19,02 МГц, 21,45—21,85 МГц, 25,67—26,10 МГц які використовуються для міжнародного мовлення на великі відстані. [2]

При частотній модуляції (FM) частота радіосигналу змінюється пропорційно амплітуді модулюючого сигналу. FM-мовлення проводиться в діапазонах ультракоротких хвиль 66—74 МГц, 87,5—100 МГц, 100—108 МГц. [3]. Точні діапазони частот дещо відрізняються в різних країнах.

FM-стерео радіостанції транслюються у стереофонічному звуці (стерео), передаючи два звукові канали, що представляють лівий та правий мікрофони. Стерео-приймач містить додаткові схеми та паралельні шляхи передачі сигналу

					<i>КДРЗ.108.001ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для відтворення двох окремих каналів. Навпаки, монофонічний приймач приймає лише один аудіо канал, який є поєднанням (сумою) лівого та правого каналів. Хоча існують стереопередавачі та приймачі АМ, вони не досягли популярності FM-стерео.

Більшість сучасних радіоприймачів можуть приймати як АМ, так і FM радіостанції, і мають перемикач для вибору діапазону прийому; вони називаються АМ / FM радіостанціями.

Потужність сигналу радіохвиль зменшується при віддаленні від джерела сигналу, чим далі тим вона менша. Тому радіостанції можна приймати лише на обмеженій відстані від передавача. Відстань залежить від потужності передавача, чутливості приймача, атмосферних, внутрішніх шумів, а також рельєфу місцевості, таких як пагорби між передавачем та приймачем. Радіохвилі метрового діапазону радіомовлення рухаються навколо землі, тому радіостанції АМ можна надійно приймати на відстані сотні миль. Більш високочастотні радіосигнали FM-діапазону поширюються в межах прямої видимості, обмежуючи відстань прийому до приблизно 100 км, і може бути перекрито пагорбами між передавачем та приймачем. Однак FM-радіо менш сприйнятливим до завад від радіошуму (RFI, сферичні, статичні); краща частотна характеристика і менше спотворення сигналу. Тож у багатьох країнах серйозну музику транслюють лише FM-станції, а АМ-станції спеціалізуються на радіоновинах, розмовному радіо та спорті.

Потужність радіохвиль, на приймальній антені, зменшується обернено пропорційно квадрату відстані від передавальної антени. Тому потужність, що приймається антеною приймача, дуже мала навіть із потужним передавачем. Для збільшення потужності відновлюваного сигналу схема підсилювача використовує електроенергію від акумуляторів або електромережі для збільшення амплітуди сигналу. У сучасних приймачах електронними компонентами, які здійснюють власне підсилення, є транзистори.

					<i>КДРЗ.108.001ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Приймачі зазвичай мають декілька каскадів підсилення: радіосигнал після смугового фільтра підсилюється, щоб збільшити його амплітуду до рівня необхідного для демодулятора, потім демодульований сигнал підсилюється до необхідного рівня нормального функціонування вихідного каскаду. Чутливість радіоприймача це мінімальна величина сигналу на антені, виміряною в мікровольтях, яка необхідна для якісного прийому сигналу з певним співвідношенням сигнал/шум. Оскільки підсилення сигналу до будь-якої величини легко, для сучасних приймачів межею чутливості є не коефіцієнт підсилення, а випадковий електронний шум, присутній у колі, який може заглушити слабкий радіосигнал.

Супергетеродинний приймач, винайдений році Едвіном Армстронгом в 1918 що використовується майже у всіх сучасних системах прийому, крім кількох спеціалізованих.

У супергетеродині радіочастотний сигнал переноситься вниз до нижчої або вверх до вищої “проміжної частоти” (ПЧ), перш ніж він буде оброблятися. Вхідний радіочастотний сигнал в змішувачі змішується з гармонійним синусоїдальним сигналом, генерованим локальним генератором (LO) в приймачі. Змішування проводиться в нелінійній схемі, яка називається “змішувач”. В результаті змішування на виході змішувача отримуємо сигнали з частотою різниці та суми між цими двома частотами. Цю частоту називають проміжною частотою (ПЧ). В сигналі ПЧ присутня інформація, яка була в вихідному РЧ-сигналі. ПЧ-сигнал проходить крізь каскади фільтрації та підсилення [9], потім демодулюється відновлюючи початкову інформацію.

Приймач легко налаштувати щоб приймати іншу частоту для цього необхідно лише змінити частоту гетеродина Після змішувача каскади приймача працюють на фіксованій проміжній частоті (ПЧ), тому смуговий фільтр ПЧ не має необхідності переналаштовувати на різні частоти. Фіксована проміжна частота, для поліпшення селективності, дозволяє використовувати керамічні резонатори.

					<i>КДРЗ.108.001ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

натори або фільтри поверхневої акустичної хвилі (ПАВ), які мають дуже високий коефіцієнт добротності.

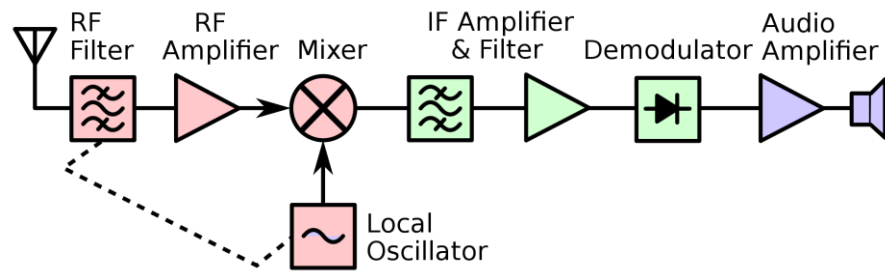


Рисунок 1.1 – Супергетеродинний приймач одна ПЧ

РЧ-фільтр на вході приймача необхідний для запобігання завадам від будь-яких джерел. Без вхідного фільтра приймач буде приймати вхідні РЧ-сигнали з сусідніми частотами. Приймач призначений для прийому на одній частоті, будь-яка інша радіостанція або радіошум на іншій частоті можуть проходити і перешкоджати бажаному сигналу. Один переналаштовуваний ВЧ-фільтр відхиляє ці сигнали оскільки вони відносно далекі від необхідної частоти, простий фільтр забезпечує доволі якісне фільтрування. Фільтрація сусідніх сигналів виконується каскадами підсилювачів проміжної частоти, яким не потрібно змінювати своє налаштування. Цей фільтр не потребує великої вибірконості. Оскільки приймач налаштовується на різні частоти, то фільтр в парі з локальним генератором повинен “відслідковувати” частоту. РЧ-фільтр також служить для обмеження пропускну здатності, запобігаючи перевантаженню його сильними позасмуговими сигналами.

Для якісного подавлення сигналів так і селективності в приймачах використовують дві проміжні частоти це супергетеродином із подвійним перетворенням. Вхідний ВЧ-сигнал спочатку змішується з одним сигналом локального генератора в першому змішувачі, щоб перетворити його на високу частоту ПЧ, щоб забезпечити ефективну фільтрацію частоти сигналу, потім цей перший ПЧ змішується з другим сигналом локального осцилятора в змішувачі для перетворення його на низьку частоту ПЧ для хорошої смугової фільтрації.

					<i>КДРЗ.108.001ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

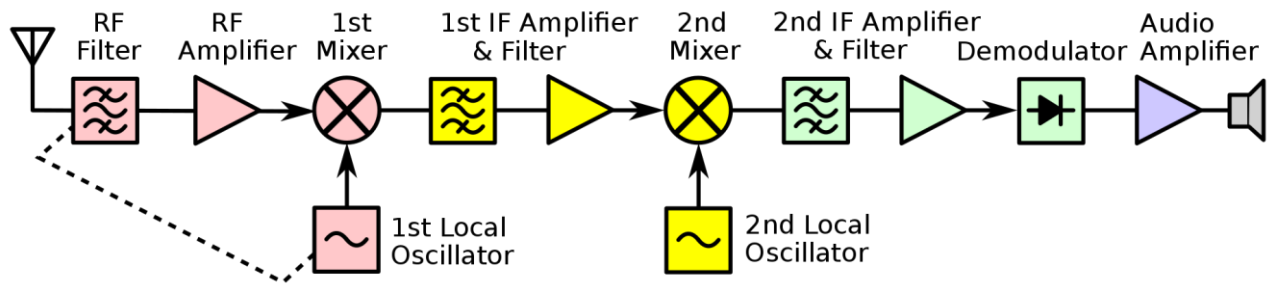


Рисунок 1.2 – Супергетеродинний приймач дві ПЧ

За рахунок додаткових каскадів супергетеродинний приймач забезпечує перевагу більшої селективності, ніж можна досягти за допомогою конструкції TRF. Там, де використовуються дуже високі частоти, лише початковий етап приймача повинен працювати на найвищих частотах, решта каскадів можуть забезпечити значну частину підсилення приймача на нижчих частотах, чим може бути простіше в управлінні. Налаштування спрощено в порівнянні з багату-ступеневою конструкцією TRF, і лише два етапи потребують відстеження в межах діапазону налаштування. Сумарне підсилення приймача ділиться між трьома підсилювачами на різних частотах; ВЧ, ПЧ та звуковий підсилювач. Це зменшує проблеми із зворотним зв'язком та паразитними коливаннями, які виникають у приймачах, де більшість каскадів підсилювача працюють на тій же частоті, що і в приймачі TRF.

Найважливішою перевагою є те що краща селективність досягається шляхом фільтрації на нижній проміжній частоті. Для придушення станцій, що заважають, або шум, необхідна вузька смуга пропускання. Пропускна здатність фільтра збільшується пропорційно частоті, тому, виконуючи фільтрацію на нижній  $f_{IF}$  замість частоти вихідного радіосигналу  $f_{RF}$  досягаємо більш вузької смуги пропускання. [9]

					<i>КДРЗ.108.001ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Діапазон частот, МГц 87,5 – 108,0

Номінальне значення проміжної частоти і допустимі відхилення, МГц: 10,7±0,01

Чутливість, обмежена шумами, в стерео режимі, при відношенні сигнал/шум 50 дБ, по напруженості поля для внутрішньої антени, мкВ·м<sup>-1</sup> 24

Ефективний діапазон частот (частотна характеристика по електричній напрузі всього тракту) при нерівномірності частотної характеристики підсилення ±1,5 дБ відносно рівня сигналу на частоті модуляції 1000 Гц для тюнерів, Гц 31,5 – 15000

Діапазон відтворюваних частот звукового тиску всього тракту при нерівномірності частотної характеристики звукового тиску 14 дБ, Гц, не менше 40 – 15000

Загальні гармонічні викривлення всього тракту по електричній напрузі, в стерео режимі, на частоті модуляції 1000 Гц, про  $M=1,0$ ;  $P_{\text{вих.}}=P_{\text{вих.ном.}} (U_{\text{вих.}}=U_{\text{вих.ном.}})$ , %, не більше 1,0

Перехідне затухання між стереоканалами, дБ, не менше, на частотах:

250 Гц 34,0

1000 Гц 40,0

6300 Гц 34,0

Односигнальна селективність, з використанням заглушення шумів, дБ, не менше

а) по проміжній частоті (на частоті 96МГц) 70

б) по дзеркальному каналу (на частоті 96МГц) 85

в) по додаткових (побічних) каналах прийому (на частоті 96 МГц) 50

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Оскільки проєктований стереоприймач розрахований на роботу в діапазоні хвиль 87,5 – 108,0 МГц, тобто в діапазоні, в якому використовується стереофонічний сигнал з пілот-тоном, то і в схемі потрібно застосувати відповідний стереодекодер.

Параметри, сформульовані в завданні, відповідають параметрам високоякісних приймачів, тому при проєктуванні потрібно використати сучасні схемотехнічні рішення та застосувати мікросхеми, які дозволять забезпечити високі якісні параметри та зробити пристрій економічно конкурентним.

## 1.2 Проєктування схеми електричної структурної

Всі супергетеродинні приймачі складаються з: ВЧ тракту, детектора, НЧ тракту та пристроїв регулювань і управління. ВЧ тракт складається з антени, підсилювача радіочастоти, змішувача, гетеродина, підсилювача проміжної частоти.

Радіоприймальна антена вловлює електромагнітні хвилі і перетворює їх в електричні сигнали. Прийнятий сигнал поступає у ВЧ тракт, призначення якого відділити корисний сигнал від перешкод і підсилити його до рівня, який забезпечить нормальну роботу детектора.

У ВЧ тракті вхідний сигнал проходить через широкопasmовий фільтр, який називають передселектором, де він фільтрується від зовнішніх перешкод та поступає на підсилювач радіочастоти. Передселектор виконує ще одну функцію – він послаблює дзеркальний канал прийому. Далі сигнал поступає на змішувач, де перетворюється (шляхом змішування вхідного сигналу та сигналу гетеродина) в проміжну частоту. Гетеродином є генератор гармонічного сигналу малої потужності. На виході змішувача виникає дві гармонічні складові – сумарна і різницева. Фільтр ПЧ виділяє різницеву складову.

Відфільтрований сигнал ПЧ додатково підсилюється підсилювачем проміжної частоти і поступає на детектор, після якого вже низькочастотний сигнал

					<i>КДРЗ.108.001ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



поступає на НЧ тракт. Для того, щоб забезпечити селективність приймача, фільтр проміжної частоти роблять таким, що не перелаштовується і забезпечує показник селективності, а перелаштовують гетеродин і низько селективний передселектор одночасно.

Оскільки проєктований приймач є стереофонічним, то сигнал з ВЧ тракту поступає на стереодекодер, який виділяє з сигналу радіостанції, які працюють в режимі стереопередачі, сигнали правого і лівого каналів і сигналізують про те, що передача проходить в стереорежимі.

Стереодекодери з полярним детектування не придатні для високоякісного детектування, яке вимагається в завданні, тому що однопівперіодний амплітудний детектор вносить великі спотворення сигналу. Кращі параметри забезпечують сумарно-різницеві стереодекодери та стереодекодери, які використовують принцип часового розділення каналів.

Пропонуємо другий з названих видів стереодекодера. Особливістю такого стереодекодера є те, що в його склад входить генератор з ФАПЧ, синхронізований пілот-тоном. Вхідний сигнал КСС підсилюється в попередньому підсилювачі. Далі він поступає на простий смуговий RC фільтр, який відділяє пілот-тон від інших складових. В схемі також передбачено місцевий генератор підносійної ГПН, частота якого встановлюється близькою до частоти пілот-тону. Відфільтрований сигнал пілот-тону, а також сигнал ГПН подаються на фазовий детектор, який виробляє сигнал фазової похибки між цими сигналами. Сигнал похибки управляє частотою ГПН, таким чином, частота генератора синхронізується з точністю до фази пілот-тоном. Подвоєний в помножувачі сигнал ГПН змішується в суматорі з КСС, таким чином відтворюється ПМК. Крім того, сигнал ГПН керує роботою ключів 1 і 2 так, що під час додатних півперіодів підносійної відкритий Ключ 1, а під час від'ємних – Ключ 2. Індикація про наявність стереосигналу здійснюється блоком, в який входить драйвер світлодіоду.

Важливою особливістю стереодекодерів з ФАПЧ є можливість проєктувати схеми без підстроювальних індуктивних елементів, що спрощує їх налаш-

					<i>КДРЗ.108.001ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тування (в такому випадку достатньо встановити частоту ГНП близькою до частоти захоплення пілот-тону, що здійснюється підстроювальним резистором).

Отже, структурна схема супергетеродинного приймача на основі наведених вище обґрунтувань показана на рисунку 1.3.

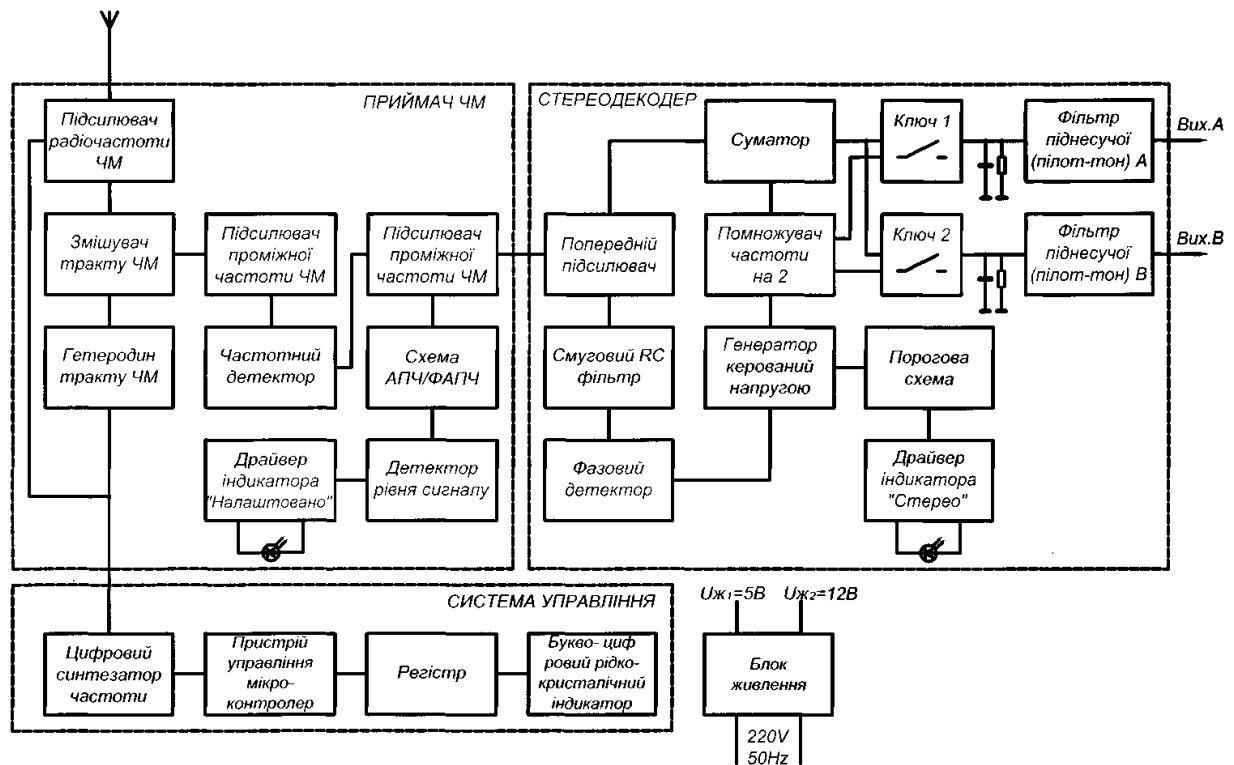


Рисунок 1.3 – Схема електрична структурна

Оскільки на вихід стереодекодера можуть проникати гармоніки пілот-тонна, то для їх відфільтрування використовуємо активний фільтр низьких частот (ФНЧ).

Схема управління пропонується на мікроконтролері, цифровому синтезаторі частоти, для роботи якого необхідний гетеродинний сигнал та букво-цифрового рідкокристалічного індикатора.

Блок живлення забезпечує напруги живлення 5 В і 12 В.

### 1.2.1 Розрахунок смуги пропускання

Ширина смуги пропускання лінійного тракту складається з ширини спектру радіочастот сигналу ( $P_C$ ) і запас смуги, який необхідний для врахування нестабільності налаштувань приймача ( $P_{HC}$ ), по формулі:

$$P = P_C + P_{HC} \quad (1.1)$$

Для ЧМ радіомовних приймачів

$$P_C = 2F_{MB}(1 + m_{\max} + \sqrt{m_{\max}}), \quad (1.2)$$

де:  $F_{MB}$  – максимальна частота модулюючого сигналу,

$m_{\max}$  – максимальне значення індексу частотної модуляції.

У радіомовних приймачах

$$P_{HC} = \delta f_G, \quad (1.3)$$

де:  $\delta$  – відносна нестабільність гетеродина,

$f_G$  – частота гетеродина.  $F_{MB}=15000$  Гц,  $m_{\max}=5$ .

Нестабільність приймаємо рівною  $10^{-4}$ .

Тоді смуга пропускання:

$$P = 2 \cdot 15000 \cdot (1 + 5 + \sqrt{5}) + 10^{-4} \cdot 118.7 \cdot 10^6 = 258.9 \text{ кГц}$$

Приймаємо смугу  $P = 260$  кГц.

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

## 1.2.2 Розрахунок допустимого коефіцієнту шуму

Розрахунок проводимо по методиці в [1].

Визначаємо шумову смугу пропускання

$$P_{ш} = (1,1 \div 1,2)P = 1,15 \cdot 260 \cdot 10^3 = 300,0 \text{ кГц}. \quad (1.4)$$

Розрахуємо необхідне відношення сигнал/шум на вході приймача:

$$\gamma_{вх} = \gamma_{вых} / B_{чд}, \quad (1.5)$$

де:  $B_{чд}$  – внутрішні шуми, що вносяться системою “Обмежувач – частотний детектор”:

$$B_{чд} = \sqrt{3m P_{ш} / K_n^2 F_{MB}} \quad (1.6)$$

де:  $K_n$  – пік-фактор модулюючого повідомлення ( $K_n = 1$ ).

У результаті отримаємо:

$$B_{чд} = \sqrt{3 \cdot 5 \cdot 300 \cdot 10^3 / 1 \cdot 15 \cdot 10^3} = 17.3$$

$$\gamma_{вх} = 30 / 17.3 = 1.73$$

Допустимий коефіцієнт шуму визначається виразом:

$$N_D \leq (E_A^2 / \gamma_{ВХ}^2) / 4kT_0 P_{ш} R_A \quad (1.7)$$

де:  $k = 1.38 \cdot 10^{-23}$  Дж/град. – постійна Больцмана;

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$T_0 = 293^\circ\text{K}$  – номінальне значення температури антени;

$R_A$  – внутрішній опір штир'ювої антени, приймаємо рівним 80 Ом.

Підставляючи значення знаходимо допустимий коефіцієнт шуму:

$$N_D \leq (5 \cdot 10^{-6} / 1.73)^2 / (4 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 293 \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot 80) = 7.5$$

### 1.2.3 Вибір засобів селективності

У супергетеродинних приймачах частотна вибірковість визначається в основному ослабленням дзеркального та сусіднього  $\sigma_3$  і  $\sigma_c$  каналів. У приймачах ослаблення дзеркального каналу забезпечує передселектор ослаблення сусіднього каналу – в основному ПРЧ і частково передселектор.

Знаходимо узагальнене розналаштування для дзеркального каналу по формулі:

$$\xi_{3K} = \frac{1}{d_3} \left( \frac{f_{\Gamma} - f_c}{f_0} - \frac{f_0}{f_{\Gamma} - f_c} \right), \quad (1.8)$$

де:  $f_0 = 97.75$  МГц – середня частота сигналу.

Підставляючи значення, знаходимо  $\xi_{3K}$ :

$$\xi_{3K} = \frac{1}{0.041} \left( \frac{10.7}{97.75} - \frac{97.75}{10.7} \right) = 220 \text{ (46.8 дБ)}$$

По нормованих частотних характеристиках (Рис.1.7 [2]) знаходимо, що для забезпечення необхідного ослаблення дзеркального каналу достатньо вибрати одноконтурний передселектор вхідного кола і ПРЧ з контуром в навантаженні.

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки  $\frac{П}{f_{ПР}} > 0,014$  вибірковість по сусідньому каналу забезпечуємо фільтром зосередженої селекції(ФЗС). Кількість контурів ФЗС вибираємо при розрахунку.

### 1.3 Розрахунок каскадів проектованого приймача

На основі аналізу технічного завдання і структурної схеми приймача будемо принципovu схему приймача.

Для забезпечення необхідної напруги на вході перетворювача частоти і стійкості будемо принципovu схему підсилювача радіочастоти (ПРЧ) за каскадною схемою.

Перетворювач частоти вибираємо на транзисторі і з окремим гетеродинам, що забезпечить вищу стабільність частоти гетеродина.

Вибірковість по сусідньому каналу підсилювача проміжної частоти (ППЧ) забезпечуємо ФЗС. Для забезпечення необхідної чутливості використовуємо другий каскад ППЧ.

Серйозною проблемою може стати проблема взаємних завад, особливо в насичених діапазонах. Вирішуємо цю проблему амплітудним обмежувачем, який проектуємо на діодах (це простіше і не потрібен транзистор).

Частотний детектор (ЧД) проектуємо по диференціальній схемі.

#### 1.3.1 Розрахунок підсилювача радіочастоти

Вихідні дані для розрахунку:

Власне загасання контуру ПРЧ, $d_k$	0,01;
Частота налаштування ПРЧ, $f_c$ , МГц	97.75;
Смуга пропускання $П$ , кГц	260;

Вибираємо транзистор BC3108A. На частоті 98 МГц і при  $I_k = 1$  мА і  $U_{кз} = 5$ В параметри транзистора BC3108A мають наступні значення:

$$g_{11} = 1.35 \text{ мСм};$$

$$C_{11} = 8,3 \text{ пФ};$$

$$g_{22} = 0.094 \text{ мСм};$$

$$C_{22} = 1,4 \text{ пФ};$$

$$a_0 = 0.993;$$

$$r_{б.} = 50 \text{ Ом};$$

$$|Y_{12}| = 0.59 \text{ мСм};$$

$$|Y_{21}| = 37,7 \text{ мСм};$$

З умов забезпечення заданої смуги пропускання і вибіркової по дзеркальному каналу знаходимо еквівалентне загасання контуру:

$$d_{II} \leq d_{\sigma} \leq d_{\sigma}, \quad (1.9)$$

$$d_{II} = \frac{2\Pi}{f_c \sqrt{\sqrt{2} - 1}}, \quad (1.10)$$

$$d_{\sigma} = \frac{4f_{c \max}}{f_{c \min} \sqrt{\sqrt{\sigma_3^2} - 1}}, \quad (1.11)$$

де:  $\sigma_3$  – необхідне ослаблення дзеркального каналу.

Оскільки сигнал у нас фіксованої частоти, то

$$f_{c \max} = f_{c \min} = f_c.$$

Підставляючи значення, знаходимо:

$$d_{II} = \frac{2 \cdot 260 \cdot 10^3}{97.75 \cdot 10^6 \sqrt{\sqrt{2} - 1}} = 0.008,$$

$$d_{\sigma} = \frac{4 \cdot 97.75 \cdot 10^6}{97.75 \cdot 10^6 \sqrt{\sqrt{220^2} - 1}} = 0.018,$$

Вибираємо  $d_{\sigma} = 0,012$ .

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо резонансний коефіцієнт підсилення:

$$K_{01} = \frac{|Y_{21}|}{2\sqrt{g_{11} \cdot g_{22}}} \left(1 - \frac{d_K}{d_{\text{э}}}\right) \quad (1.12)$$

$$K_{01} = \frac{37,7 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot \sqrt{1,35 \cdot 0,094 \cdot 10^{-3}}} \left(1 - \frac{0,01}{0,012}\right) = 8,82$$

Знаходимо стійкий коефіцієнт підсилення:

$$K_{\text{y}} = 0.35 \sqrt{\frac{|Y_{21}|}{|Y_{12}|}} = 0.35 \sqrt{\frac{37.7}{0.59}} = 2.9 \quad (1.13)$$

$K_{01} > K_{\text{y}}$  – підсилювач нестійкий, використовуємо каскодне включення транзисторів по схемі СЕ – СБ (рис. 1.2).

Параметри складеного транзистора стануть рівними:

$$g_{22} = 0.3 \cdot 0.094 = 0.03, \quad Y_{12} = Y_{12} \frac{Y_{22}}{Y_{21}} = 0.59 \cdot \frac{0.94}{37.7} = 0.014 \text{ мСм} \quad (1.14)$$

Тоді

$$K_{01} = \frac{37.7}{2\sqrt{1.35 \cdot 0.03}} \left(1 - \frac{0.01}{0.012}\right) = 15.6,$$

$$K_{\text{y}} = 0.35 \sqrt{\frac{37.7}{0.014}} = 18.1,$$

тобто підсилювач стійкий.

Задаємо мінімальну еквівалентну ємність контуру.

$$C_{\text{эmin}} = (5 \div 10)(C_M + C_L) \quad (1.15)$$

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24



У діапазоні метрових і коротших хвиль зазвичай  $C_M + C_L = (5 - 10)$  пФ.

$$C_{\text{Эmin}} = 5 \cdot 3 = 15 \text{ нФ}$$

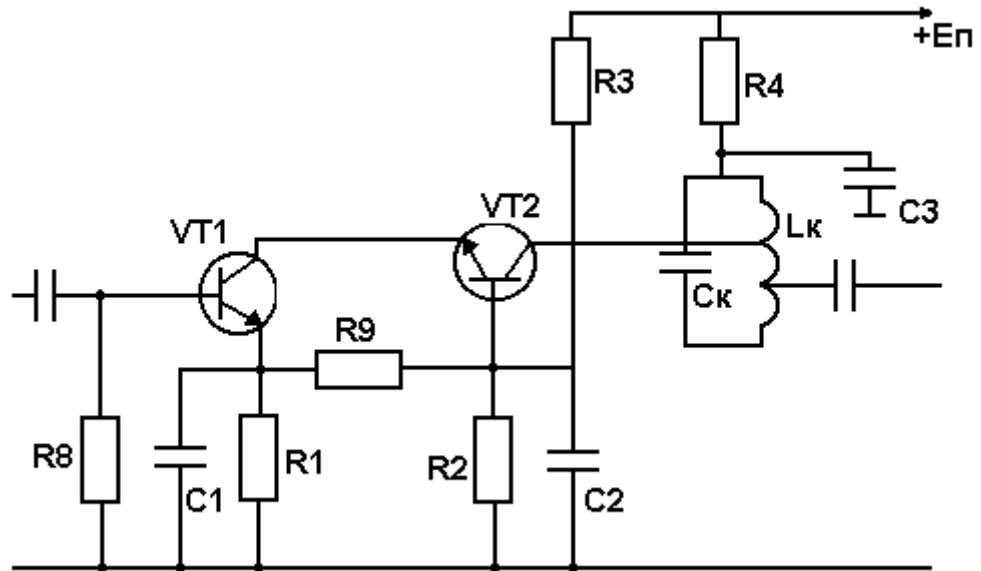


Рисунок 1.4 – Підсилювач радіочастоти

Розрахуємо коефіцієнти трансформації:

$$m_1 = \sqrt{\frac{\pi f_c C_{\text{Эmin}} (d_{\text{Э}} - d_K)}{g_{22}}} \quad (1.16)$$

$$m_1 = \sqrt{\frac{3.14 \cdot 97.75 \cdot 10^6 \cdot 15 \cdot 10^{-12} (0.012 - 0.01)}{0.03}} = 0.018$$

$$m_2 = m_1 \sqrt{\frac{g_{22}}{g_{11}}} = 0.018 \sqrt{\frac{1.35}{0.03}} = 0.12 \quad (1.17)$$

Визначимо власну ємність контуру  $C_K$ :

$$C_K = C_{\text{Эmin}} - m_1^2 C_{22} - m_2^2 C_{11} - (C_M + C_L); \quad (1.18)$$

$$C_K = 15 \cdot 10^{-12} - (0.018)^2 \cdot 1.4 \cdot 10^{-12} - (0.12)^2 \cdot 8.3 \cdot 10^{-12} - 5 \cdot 10^{-12} = 9.8 \text{ пФ}$$

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Вибираємо конденсатор 10 пФ.

Розрахуємо індуктивність котушки контуру:

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f_c^2 C_{\ominus\min}} = \frac{1}{4 \cdot (3.14)^2 \cdot (97.75 \cdot 10^6)^2 \cdot 15 \cdot 10^{-12}} = 0.83 \text{ мкГн} \quad (1.19)$$

Розрахуємо коефіцієнт шуму підсилювача в режимі узгодження  $Ш_c$ :

$$Ш_c = 1 + (r'_o + 4R_{ш})g_{11} + \frac{G_{ш}(1 + r'_o g_{11})^2 + r'_o b_{11}^2}{g_{11}}, \quad (1.20)$$

де:  $R_{ш}$  – еквівалентний шумовий опір транзистора СЕ.

$$R_{ш} = \frac{20 \cdot I_K}{|Y_{21}|^2} = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{(37.7)^2 \cdot 10^{-6}} = 14.07, \quad (1.21)$$

$G_{ш}$  – еквівалентна, шумова провідність транзистора.

$$G_{ш} = 20I_K \frac{1 - a_0}{a_0} = 20 \cdot 10^{-3} \frac{1 - 0.993}{0.993} = 0.14 \text{ мСм}. \quad (1.22)$$

$$Ш_c = 1 + (50 + 4 \cdot 14.07) \cdot 1.35 \cdot 10^{-3} + \frac{0.14 \cdot 10^{-3} (1 + 50 \cdot 1.35 \cdot 10^{-3})^2 + 50 \cdot (3.5)^2 \cdot 10^{-6}}{1.35 \cdot 10^{-3}} = 1.598$$

Переходимо до розрахунку елементів кола температурної стабілізації коефіцієнта підсилення резонансного підсилювача.

Початкові дані для розрахунку:

Діапазон робочих температур  $-40 \dots +60 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

Початковий режим транзисторів:

$$I_{к0} = 1 \text{ мА},$$

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_{кэ1} = U_{кэ2} = 5 \text{ В};$$

Зворотний струм колекторів транзисторів

$$I_{к0} = 0,3 \text{ мкА};$$

Вхідний опір транзистора на робочій частоті

$$r_{11} = 740 \text{ Ом};$$

Визначимо величину зміни зворотного струму колектору і величину теплового зміщення на базі:

$$\Delta I_{к0} = I_{к0} 2^{\frac{T_{\max} - T_0}{5}}, \quad (1.23)$$

$$\Delta U_{\delta} = \gamma (T_{\max} - T_{\min}) \quad (1.24)$$

де  $\gamma = 1,8 \text{ мВ/К}$

$$\Delta I_{к0} = 0,3 \cdot 10^{-6} \cdot 2^{\frac{60-20}{5}} = 76,8 \cdot 10^{-6} \text{ А}$$

$$\Delta U_{\delta} = 1,8 \cdot 10^{-3} (60 + 40) = 0,18 \text{ В}$$

Знаходимо зміну струму колектору в інтервалі температур, необхідну для забезпечення постійності коефіцієнта підсилення:

$$\Delta I_{к} = I_{0к} \frac{T_{\max} - T_{\min}}{T_0} = 10^{-3} \frac{60 + 40}{293} = 0,34 \text{ мА} \quad (1.25)$$

Розрахуємо опір резистора  $R_1$  у колі емітера транзистора  $VT1$ .

$$R_1 = \frac{\Delta U_{\delta} + A r_{11} \Delta I_{к0}}{\Delta I_{к}}, \quad (1.26)$$

де:  $A = 10 \dots 20$ .

$$R_1 = \frac{0,18 + 15 \cdot 740 \cdot 76,8 \cdot 10^{-6}}{0,34 \cdot 10^{-3}} = 3036,8 = 3 \text{ кОм}$$

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Вибираємо резистор 3 кОм.

Розрахуємо опір резистора  $R_4$ :

Задаємося живленням  $E_n = 15$  В.

$$R_4 = \frac{E_K - 2U_{KЭ}}{I_{0K}} - R_1 = \frac{15 - 2 \cdot 5}{10^{-3}} - 3000 = 2000 \text{ Ом} \quad (1.27)$$

Вибираємо резистор 2 кОм

Знайдемо сумарний опір ділянки напруги базового зміщення

$$R_0 = R_8 + R_9 + R_2; \quad (1.28)$$

$$R_0 = \frac{Ar_{11} \cdot E_K^2}{(2U_{KЭ} + R_1 I_{0K}) R_1 I_{0K}} \quad (1.29)$$

$$R_0 = \frac{15 \cdot 740 \cdot 15^2}{(2 \cdot 5 + 3000 \cdot 10^{-3}) \cdot 3000 \cdot 10^{-3}} = 64038.46 \text{ Ом}$$

Визначимо опори резисторів  $R_8$ ,  $R_9$ ,  $R_2$ :

$$R_8 = R_0 R_1 \frac{I_{0K}}{E_K} \quad (1.30)$$

$$R_8 = 64038.46 \cdot 3000 \cdot \frac{10^{-3}}{15} = 12807.692 \text{ Ом}$$

$$R_9 = R_0 \frac{U_{KЭ}}{E_K} \quad (1.31)$$

$$R_9 = 64038.46 \frac{5}{15} = 21346.15 \text{ Ом}$$

$$R_3 = R_0 - R_8 - R_9 \quad (1.32)$$

$$R_3 = 64038.46 - 12807.692 - 21346.15 = 29884.618 \text{ Ом}$$

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо резистори  $R^8 = 13 \text{ кОм}$ ,  $R_9 = 21 \text{ кОм}$ ,  $R_3 = 29 \text{ кОм}$ .

Розрахуємо ємність блокуючих конденсаторів  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ :

$$C_1 = C_2 = \frac{50}{2\pi f_0 R_1} \quad (1.33)$$

$$C_1 = C_2 = \frac{50}{2 \cdot 3.14 \cdot 145.5 \cdot 10^6 \cdot 3000} = 18.38 \text{ нФ}$$

$$C_3 = \frac{50}{2\pi f_0 R_4} \quad (1.34)$$

$$C_3 = \frac{50}{2 \cdot 3.14 \cdot 145.5 \cdot 10^6 \cdot 2000} = 27.74 \text{ нФ}$$

Вибираємо конденсатори  $C_1 = C_2 = 18 \text{ нФ}$ ,  $C_3 = 27 \text{ нФ}$ .

### 1.3.2 Розрахунок першого підсилювача проміжної частоти с фільтром зосередженої селекції

Початкові дані для розрахунку підсилювача проміжної частоти рисунок 1.3, є:

частота налаштування ФЗС $f_0$	10,7 МГц,
необхідна смуга пропускання $\Pi$	260 кГц
вибірковість ППЧ по сусідньому каналу	50 дБ
задане відстроювання сусіднього каналу	500 кГц
власне загасання контурів ФЗС $d_k$	0,007
характеристичний опір контуру, $\rho$	10 кОм

Перевіримо доцільність застосування ФЗС по формулі:

$$d_k \leq \frac{\Pi}{2\sqrt{2}f_0} \quad (1.35)$$

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$d_k \leq \frac{500 \cdot 10^3}{2\sqrt{2} \cdot 10,7 \cdot 10^6} = 0,016$$

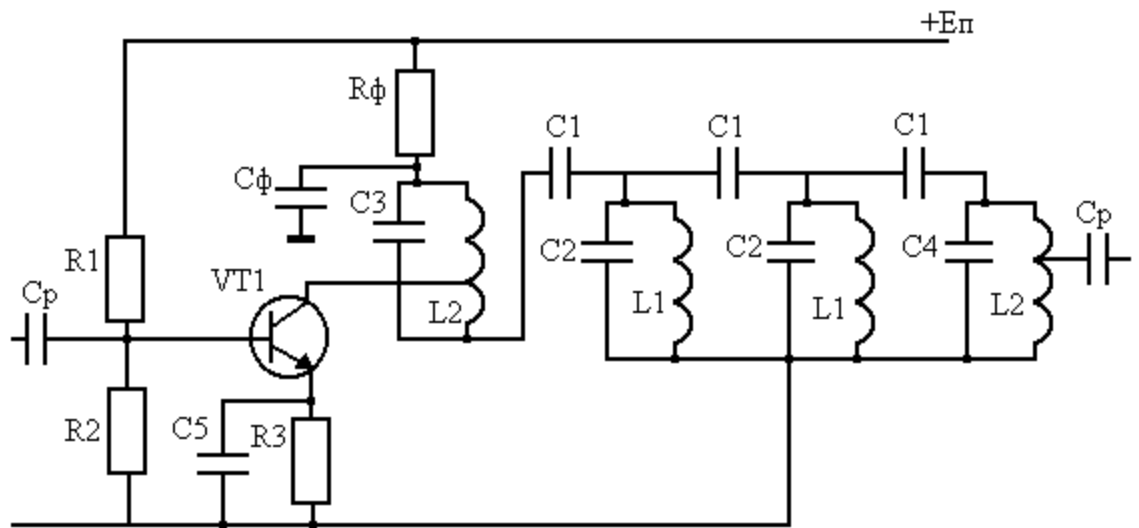


Рисунок 1.5 – Схема підсилювача проміжної частоти з ФЗС

Вибираємо транзистор КТ368А і визначаємо його параметри по частоті 10,7 МГц, при  $I_{к0} = 1 \text{ мА}$  и  $U_{кэ} = 5 \text{ В}$

$$g_{11} = 0,2 \text{ мСм}, C_{11} = 1,1 \text{ нФ}, g_{22} = 0,015 \text{ мСм}, C_{22} = 1,7 \text{ нФ}, Y_{21}| = 31,4 \text{ мСм}$$

Розрахуємо допоміжні величини:

узагальнене загасання ФЗС

$$\beta = \frac{2f_0 d_k}{\Pi} \quad (1.36)$$

$$\beta = \frac{2 \cdot 10,7 \cdot 10^6 \cdot 0,007}{260 \cdot 10^3} = 0,58.$$

Відносне рознаштування по сусідньому каналу

$$a_c = 2 \frac{\Delta f_c}{\Pi} \quad (1.37)$$

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$a_c = 2 \frac{500 \cdot 10^3}{260 \cdot 10^3} = 3.85$$

По графіку [2] визначимо ослаблення, створювані однією ланкою ФЗС

$$\sigma_1 = -12dB$$

визначаємо необхідне число ланок:

$$n = \frac{\sigma_c}{\sigma_1} = \frac{-50}{-12} = 4.16 \quad (1.38)$$

приймаємо  $n=4$

Розрахуємо коефіцієнти трансформації:

$$m_1 = \sqrt{\frac{1}{\rho \cdot g_{22}}}, \quad (1.39)$$

$$m_2 = \sqrt{\frac{1}{\rho \cdot g_{11}}}, \quad (1.40)$$

$$m_1 = \sqrt{\frac{1}{10 \cdot 10^3 \cdot 0,015 \cdot 10^{-3}}} = 0,8,$$

$$m_2 = \sqrt{\frac{1}{10 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3}}} = 0,7$$

По графіку визначимо коефіцієнт передачі напруги ФЗС для  $n=4$  і  $\beta=0,58$

$$K_\phi = 0,14$$

Розрахуємо коефіцієнт підсилення каскаду з ФЗС на резонансній частоті:

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{01} = \frac{K_{\phi} |Y_{21}|}{\sqrt{g_{11} g_{22}}}, \quad (1.41)$$

$$K_{01} = \frac{0,14 \cdot 31,4 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,015 \cdot 10^{-3}}} = 91,6$$

Розрахуємо елементи контурів, утворюючі ланки ФЗС:

$$C1 = \frac{10^6}{\omega_0 \rho}, \quad (1.42)$$

$$C2 = \frac{10^6}{\pi \cdot \Pi \cdot \rho}, \quad (1.43)$$

$$C3 = 0,5C2 - m_1^2 C_{22}, \quad (1.44)$$

$$C4 = 0,5C2 - m_2^2 C_{11} \quad (1.45)$$

$$L1 = \frac{\rho \cdot \Pi \cdot 10^6}{4\pi f_0^2}, \quad (1.46)$$

$$L2 = 2L1 \quad (1.47)$$

де: ємності в мкФ, індуктивності в мкГн, опори в кілоомах, частота в кілогерцах:

$$C1 = \frac{10^6}{6,28 \cdot 10,7 \cdot 10^3 \cdot 10} = 1,48,$$

вибираємо  $C1 = 2 \text{ нФ}$

$$C2 = \frac{10^6}{3,14 \cdot 150 \cdot 10} - 2 \cdot 1,48 = 209,$$

вибираємо  $C2 = 220 \text{ нФ}$

$$C3 = 0,5 \cdot 209 - 0,8^2 \cdot 1,7 = 103,$$

вибираємо  $C3 = 100 \text{ нФ}$

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32



$$C4 = 0,5 \cdot 209 - 0,7^2 \cdot 1,1 = 104,3,$$

вибираємо  $C4 = 100 \text{ нФ}$

$$L1 = \frac{10 \cdot 150 \cdot 10^6}{4\pi \cdot 10700^2} = 1,04 \text{ мкГн},$$

$$L2 = 2 \cdot 1,04 = 2,08 \text{ мкГн}$$

Розрахунок елементів по постійному струму.

Вихідні дані для розрахунку:

напруга живлення $E_k$	15 В
діапазон робочих температур ( $T_{min} - T_{max}$ ),	- 40 ÷ 60 0С
відносна нестабільність струму колектору $\frac{\Delta I_k}{I_{0k}}$	0,1
зворотний струм колектору $I_{k0}$ ,	0,3 мкА
струм колектору $I_{0k}$ ,	1 мА
напруга колектор – емітер, $U_{кэ}$ ,	5 В
робоча частота $f_{np}$	10,7 МГц

Знайдемо зміну зворотного струму колектору  $\Delta I_{k0}$  і величину теплового зміщення напруги бази  $\Delta U_{\delta}$ :

$$\Delta I_{k0} = I_{k0} 2^{\frac{T-T_0}{5}}, \quad (1.48)$$

$$\Delta U_{\delta} = \gamma \Delta T, \quad (1.49)$$

де:  $\gamma = (1,6 \div 2,1) \text{ мВ} / \text{К}$

$$\Delta I_{k0} = 0,3 \cdot 10^{-6} \cdot 2^{\frac{60-20}{5}} = 76,8 \text{ мкА},$$

$$\Delta U_{\delta} = 1,8 \cdot 10^{-3} (60 + 40) = 0,18 \text{ В}$$

Розрахуємо опір резистора  $R3$  за формулою:

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$R3 = \frac{(0,8 \div 1,0)U_{кз}}{I_{0к}}, \quad (1.50)$$

$$R3 = \frac{0,9 \cdot 5}{10^{-3}} = 4,5 \cdot 10^3 \text{ Ом}$$

Вибираємо резистор 4,7 кОм

Розрахуємо опір  $R_{\phi}$  по формулі:

$$R_{\phi} = \frac{E_{к} - U_{кз}}{I_{0к}} - R3, \quad (1.51)$$

$$R_{\phi} = \frac{15 - 5}{10^{-3}} - 4700 = 5,3 \cdot 10^3 \text{ Ом}$$

Вибираємо резистор 5,3 кОм

Знайдемо опори резисторів  $R1, R2$ :

$$R1 = \frac{E_{к}}{I_{0к}} \left( \frac{R3 \Delta I_{к} - \Delta U_{\phi}}{R3 \Delta I_{к0}} - 1 \right), \quad (1.52)$$

$$R2 = \frac{R3(R1 + R_{\phi})I_{0R}}{E_{R} - R3I_{0к}} \quad (1.53)$$

$$R1 = \frac{15}{10^{-3}} \left( \frac{4,7 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-4} - 0,18}{4,7 \cdot 10^3 \cdot 76 \cdot 10^{-6}} - 1 \right) < 0$$

Оскільки  $R1$  негативне, то вибираємо  $R3 = 9,1 \text{ кОм}$ , тоді  $R_{\phi} = 900 \text{ Ом}$

$$R1 = \frac{12}{10^{-3}} \left( \frac{9,1 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-4} - 0,18}{9,1 \cdot 10^3 \cdot 76 \cdot 10^{-6}} - 1 \right) = 832,85 \text{ Ом}$$

$$R2 = \frac{9100(850 + 900) \cdot 10^{-3}}{15 - 9,1 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3} = 2,7 \text{ кОм}$$

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вибираємо  $R2 = 2,7 \text{ кОм}$

Розрахуємо ємності конденсаторів  $C5$  и  $C\phi$ :

$$C5 = \frac{50}{2\pi f_0 R3}, \quad (1.54)$$

$$C\phi = \frac{50}{2\pi f_0 R\phi}, \quad (1.55)$$

$$C5 = \frac{50}{2 \cdot 3,14 \cdot 10,7 \cdot 10^6 \cdot 9,1 \cdot 10^3} = 81,8 \text{ нФ},$$

$$C\phi = \frac{50}{2 \cdot 3,14 \cdot 10,7 \cdot 10^6 \cdot 900} = 827 \text{ нФ}$$

Вибираємо конденсатори  $C5 = 82 \text{ нФ}$ ,  $C\phi = 820 \text{ нФ}$ .

### 1.3.3 Розрахунок підсилювача другої проміжної частоти

Для забезпечення необхідної чутливості розраховуємо додатковий каскад ППЧ. Оскільки вибірковість по сусідньому каналу забезпечує ППЧ з ФЗС, то вибираємо одноконтурний ППЧ, схема якого приведена на рисунку 1.6.

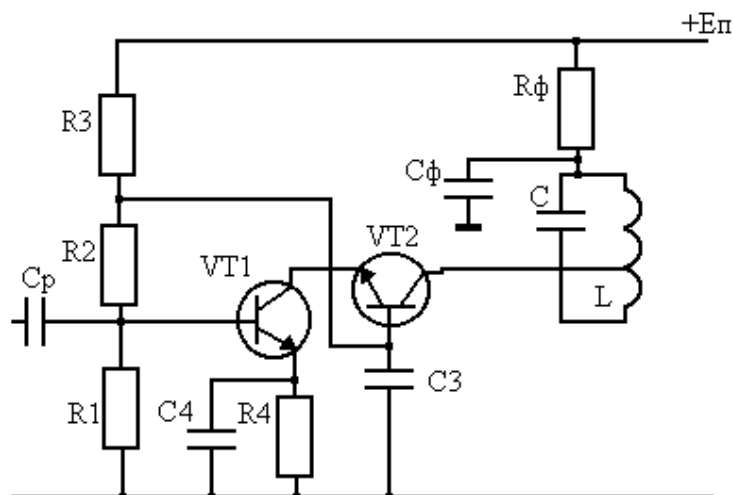


Рисунок 1.6 – Схема підсилювача другої проміжної частоти

Вихідні дані для розрахунку:

частота настройки контуру  $f_{np}$  10,7 МГц,

смуга пропускання  $\Pi$  260 кГц,

власне загасання контуру  $d_k$  0,02

Вибираємо транзистор ВС3108А. Визначаємо параметри на частоті 10,7 МГц, при  $I_k = 1$  мА и  $U_{кз} = 5$  В

$g_{11} = 0,00095$  мСм,  $C_{11} = 13$  нФ,  $g_{22} = 0,057$  мСм,  $C_{22} = 1,74$  нФ,

$|Y_{21}| = 94,25$  мСм,  $|Y_{12}| = 0,065$  мСм,  $|Y_{22}| = 0,13$  мСм  $C_{12} = 0,97$  нФ.

Вибираємо  $m_1 = 1$ , і виходячи з умови забезпечення максимального коефіцієнту підсилення, визначаємо еквівалентну ємність контуру із співвідношення:

$$C_{\text{зонт}} = \frac{g_{22}}{\pi f_0 (d_3 - d_k)} = \frac{0,057 \cdot 10^{-3}}{\pi 10,7 \cdot 10^6 \cdot 0,01} = 0,169 \text{ нФ} \quad (1.56)$$

Розрахуємо власну ємність контуру і його індуктивність L:

$$C_k = C_{\text{зонт}} - C_{22} - \frac{g_{22}}{g_{11}} C_{11}, \quad (1.57)$$

$$L = \frac{1}{\omega_0^2 C_{\text{зонт}}}, \quad (1.58)$$

$$C_k = 169,6 - 1,74 - \frac{0,057}{0,95} 13 = 167 \text{ нФ},$$

Вибираємо конденсатор 180 нФ,

$$L = \frac{1}{(6,28 \cdot 10,7)^2 \cdot 10^{12} \cdot 180 \cdot 10^{-12}} = 1,38 \text{ мкГн}$$

Розраховуємо коефіцієнт трансформації  $m_2$ :

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$m_2 = \sqrt{\frac{g_{22}}{g_{11}}} = \sqrt{\frac{0,057}{0,95}} = 0,24 \quad (1.59)$$

Розраховуємо коефіцієнт підсилення резонансний:

$$K_{01} = \frac{|Y_{21}|}{2\sqrt{g_{11}g_{22}}} \left(1 - \frac{d_{\kappa}}{d_{\rho}}\right), \quad (1.60)$$

$$K_{01} = \frac{94,25}{2\sqrt{0,95 \cdot 0,057}} \cdot 0,5 = 101$$

Вибираємо стійкий коефіцієнт підсилення:

$$K_y = 0,35 \sqrt{\frac{|Y_{21}|}{|Y_{12}|}}, \quad (1.61)$$

$$K_y = 0,35 \sqrt{\frac{94,25}{0,065}} = 13,3$$

Підсилювач нестійкий, вибираємо каскодну схему, тоді стійкий коефіцієнт підсилення рівний:

$$K_y = 0,35 \sqrt{\frac{|Y_{21}|}{|Y_{12}|}} = 0,35 \sqrt{\frac{(94,25)^2}{0,065 \cdot 0,13}} = 358,8 \quad (1.62)$$

Резонансний коефіцієнт підсилення:

$$K_{01} = \frac{94,25}{2\sqrt{0,95 \cdot 0,009}} \cdot 0,5 = 254,8$$

$K_y \geq K_{01}$  – підсилювач стійкий.

Перераховуємо елементи контурів і коефіцієнт включення  $m_2$ :

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{\text{эонт}} = \frac{0,009 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 10,7 \cdot 10^6 \cdot 0,01} = 26,8 \text{ нФ}$$

$$C_{\kappa} = 26,8 - 1,74 - 0,7 = 24,36 \text{ нФ},$$

$$L = \frac{1}{(6,28 \cdot 10,7)^2 \cdot 10^{12} \cdot 26,8 \cdot 10^{-12}} = 8,26 \text{ мкГн}$$

Розрахуємо елементи по постійному струму, аналогічно розрахункам ПРЧ.

$$\Delta I_{\kappa 0} = 0,3 \cdot 10^{-6} \cdot 2^{\frac{60-20}{5}} = 76,8 \text{ мкА},$$

$$\Delta U_{\sigma} = 1,8 \cdot 10^{-3} (60 + 40) = 0,18 \text{ В}$$

$$\Delta I_{\kappa} = 5 \cdot 10^{-3} \frac{100}{293} = 1,7 \text{ мА}$$

$$R_4 = \frac{0,18 + 15 \cdot 1053 \cdot 76,8 \cdot 10^{-6}}{1,7 \cdot 10^{-3}} = 819,4 \text{ Ом}$$

Вибираємо резистор 820 Ом

$$R_{\phi} = \frac{15 - 10}{5 \cdot 10^{-3}} - 820 = 180 \text{ Ом}$$

Вибираємо резистор 180 Ом

$$R_0 = \frac{15 \cdot 1053 \cdot 15^2}{(10 + 820 \cdot 5 \cdot 10^{-3}) 820 \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 60519,8 \text{ Ом}$$

$$R_1 = 60519,8 \cdot 820 \frac{5 \cdot 10^3}{15} = 16748,8 \text{ Ом} = 16,7 \text{ кОм}$$

Вибираємо резистор 16 кОм

$$R_2 = 60519,8 \frac{5}{15} = 20,173 \text{ кОм}$$

Вибираємо резистор 20 кОм

$$R_3 = R_0 - R_1 - R_2 = 60519,8 - 16000 - 20000 = 24519,8 \text{ Ом} \quad (1.63)$$

Вибираємо резистор 24 кОм

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$C3 = C4 = \frac{50}{6,28 \cdot 10,7 \cdot 10^6 \cdot 820} = 901,5 \text{ нФ}$$

$$C_{\phi} = \frac{50}{2\pi \cdot 10,7 \cdot 10^6 \cdot 180} = 3,9 \text{ нФ}$$

Вибираємо конденсатори  $C3 = C4 = 1 \text{ нФ}$ ,  $C_{\phi} = 3,9 \text{ нФ}$ .

### 1.3.4 Перетворювача частоти

Розрахуємо перетворювач частоти з окремим гетеродином, представлений на рисунку 1.5.

Вихідні дані для розрахунку:

робоча частота сигналу  $f_c$  97,75 МГц

номінальна перетворена частота  $f_0$  10,7 МГц,

еквівалентне загасання контуру  $d_s$  0,02

власне загасання контуру  $d_k$  0,01

смуга пропускання  $\Pi$  260 кГц

Вибираємо транзистор КТ368А і визначаємо його параметри по частоті 10,7 МГц, при  $I_k = 1 \text{ мА}$  и  $U_{кэ} = 5 \text{ В}$

$g_{11} = 6,75 \text{ мСм}$ ,  $C_{11} = 9,1 \text{ нФ}$ ,  $g_{22} = 0,47 \text{ мСм}$ ,  $C_{22} = 1,42 \text{ нФ}$ ,

$E_{отс} = 0,2 \text{ В}$ ,  $E_{\max} = 0,38 \text{ В}$ .

Розраховуємо напругу гетеродина і зміщення:

$$U_{mz} = \frac{|E_{\max}| - |E_{отс}|}{1 - \cos(\Theta)}, \quad (1.64)$$

$$|E_{см}| = |E_{\max}| - U_{mz} \quad (1.65)$$

$$U_{mz} = \frac{0,38 - 0,2}{1 - \cos(120)} = 0,12 \text{ В},$$

$$|E_{см}| = 0,38 - 0,12 = 0,26 \text{ В}$$

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

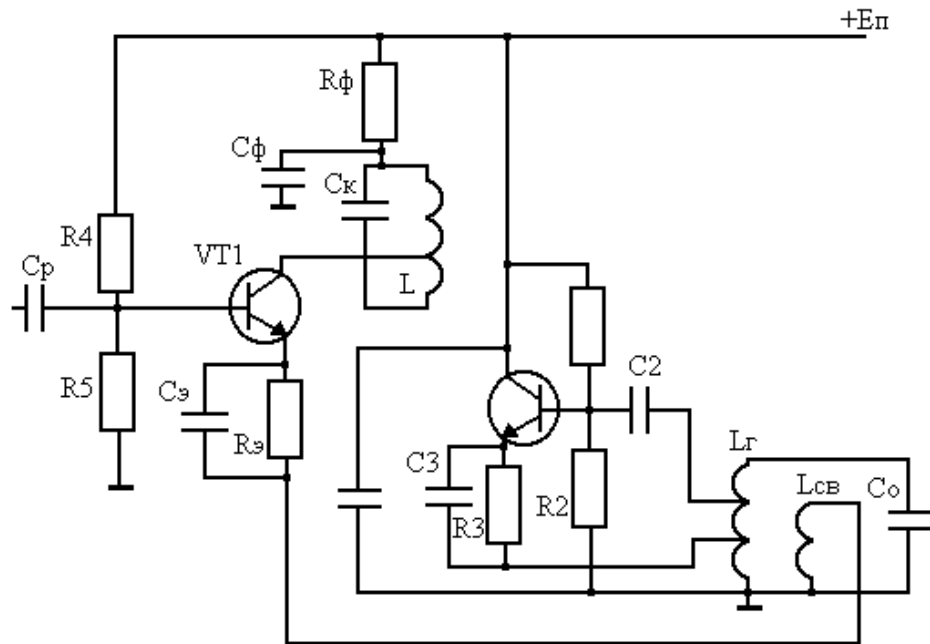


Рисунок 1.7 – Схема перетворювача частоти

Розраховуємо середнє амплітудне значення першої гармоніки колекторного струму по формулах:

$$I_{cp} = I_{к\max} \alpha_0(\Theta), \quad (1.66)$$

$$I_{m1} = I_{к\max} \alpha_1(\Theta), \quad (1.67)$$

де  $\alpha_0, \alpha_1$  – коефіцієнти Берга.

$$I_{cp} = 18 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4 = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$I_{m1} = 18 \cdot 10^{-3} \cdot 0,54 = 9,72 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

При струмі  $I_{m1}$  і частоті  $f_{\Gamma} = 118,7 \text{ МГц}$  по відповідних графіках визначаємо першу гармоніку крутизни:

$$|Y_{21}|_1 = 138,5 \text{ мСм}$$

Крутизну перетворення розраховуємо по формулі:

$$|Y_{21}|_{п1} = 0,5 |Y_{21}|_1 \quad (1.68)$$

$$|Y_{21}|_{п1} = 0,5 \cdot 138,5 = 69,25 \text{ мСм}$$

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40



Розраховуємо елементи вхідного контуру ПЧ:

Оптимальне значення еквівалентної ємності контуру визначаємо по формулі:

$$C_{\text{зонт}} = \frac{g_{22}}{\pi f_0 (d_3 - d_k)} = \frac{0,47 \cdot 10^{-3}}{\pi 10,7 \cdot 10^6 \cdot 0,01} = 1,4 \text{ нФ} \quad (1.69)$$

Розраховуємо власну ємність контуру:

$$C_k = C_{\text{зонт}} - C_{22} - \frac{g_{22}}{g_{11}} C_{11}, \quad (1.70)$$

$$C_k = 1,4 \cdot 10^{-9} - 1,42 \cdot 10^{-12} - \frac{0,47}{6,75} 9,1 \cdot 10^{-12} = 1397 \cdot 10^{-12} = 1,4 \text{ нФ},$$

Вибираємо конденсатор 1500 нФ, індуктивність контуру визначаємо по формулі:

$$L = \frac{1}{\omega_0^2 C_{\text{зонт}}}, \quad (1.71)$$

$$L = \frac{1}{(6,28 \cdot 10,7 \cdot 10^6)^2 \cdot 1,4 \cdot 10^{-9}} = 158,2 \text{ нГн} = 0,158 \text{ мкГн}$$

Розраховуємо коефіцієнт трансформації  $m_2$ :

$$m_2 = \sqrt{\frac{g_{22}}{g_{11}}} = \sqrt{\frac{0,47}{6,75}} = 0,26 \quad (1.72)$$

Розраховуємо коефіцієнт підсилення:

$$K_{01} = \frac{|Y_{21}|}{2\sqrt{g_{11}g_{22}}} \left(1 - \frac{d_k}{d_3}\right), \quad (1.73)$$

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{01} = \frac{69,25}{2\sqrt{6,75 \cdot 0,47}} \cdot \left(1 - \frac{0,01}{0,02}\right) = 9,7$$

Розраховуємо коефіцієнт шуму по формулі:

$$Ш_{nc} = 1 + (r'_o + 4R_{ун})g_{11n} + \frac{G_{ун}(1 + r'_o g_{11n})^2 + r'_o b_{11n}^2}{g_{11n}} \quad (1.74)$$

де:

$$R_{ун} = \frac{20I_{cp}}{|Y_{21}|_{нк}^2}, \quad (1.75)$$

$$G_{ун} = \frac{20I_{cp}(1 - \alpha_0)}{\alpha_0} \quad (1.76)$$

$$\alpha_0 = 0,95 - 0,99.$$

Вибираємо  $\alpha_0 = 0,98$

$$R_{ун} = \frac{20 \cdot 7,2 \cdot 10^{-3}}{(69,25)^2 \cdot 10^{-6}} = 30,03$$

$$G_{ун} = 20 \frac{7,2 \cdot 10^{-3}(1 - 0,98)}{0,98} = 0,0029$$

$$Ш_{nc} = 1 + (50 + 4 \cdot 30,03)6,75 \cdot 10^{-3} + \frac{0,0029(1 + 50 \cdot 6,75 \cdot 10^{-3})^2 + 50 \cdot 0,91^2 \cdot 10^{-6}}{6,75 \cdot 10^{-3}} = 2,92$$

### 1.3.5 Розрахунок гетеродина

Вихідні дані для розрахунку:

Частота генерації  $f_2$ , МГц 118,7;

Параметри навантаження:

$g_n$ , мСм 10;

$C_n$ , пФ 10;

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Амплітуда напруги  $U_{mn}$ , В 0,5;

Напруга живлення  $E_{ж}$ , В 15;

Розрахунок енергетичних параметрів

Вибираємо кут відсічення струму колектору  $\theta_k = 90^\circ$ .

Знаходимо коефіцієнти Берга  $\alpha_0 = 0,32$ ,  $\alpha_1 = 0,43$ .

Вибираємо ККД  $\eta_k = 0,1$ .

Розрахуємо повну потужність коливання, що генерується:

$$P = \frac{U_{mn}^2 g_n}{2\eta_k} = \frac{(0,5)^2 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,1} = 0,0125 \text{ Вт} \quad (1.77)$$

Виберемо транзистор BC3108A з параметрами:

$$S_{кр} = 40 \text{ мА/В. } U_{отс} = 0,22 \text{ В.} \quad (1.78)$$

Розрахуємо коефіцієнт використання напруги живлення:

$$\xi_{кр} = 1 - \frac{2P}{U_{кэ}^2 S_{кр} \alpha} = 1 - \frac{2 \cdot 0,0125}{5^2 \cdot 40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,43} = 0,94 \quad (1.79)$$

Визначимо амплітуду напруги на навантаженні в колекторній ланці:

$$U_{mk} \xi_{mk} |U_{кэ}| = 0,95 \cdot 5 = 4,7 \text{ В} \quad (1.80)$$

Розрахуємо амплітуду першої гармоніки струму колектору:

$$I_{mk1} = \frac{2P}{U_{mk}} = \frac{2 \cdot 0,0125}{4,7} \cdot 0,005 = 5 \text{ мА} \quad (1.81)$$

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знайдемо модуль еквівалентного опору навантаження генератора:

$$Z_{\text{экв}} = \frac{U_{mk}}{I_{mk1}} = \frac{4.7}{0.005} = 940 \text{ Ом} \quad (1.82)$$

Обчислюємо амплітуду імпульсу струму колектору:

$$I_{mk} = \frac{I_{mk1}}{\alpha_1} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0.43} = 11.6 \text{ мА} \quad (1.83)$$

Знайдемо постійну складову струму колектору:

$$I_{0k} = I_{mk} \alpha_0 = 11.6 \cdot 10^{-3} \cdot 0.32 = 3.712 \cdot 10^{-3} \text{ А} \quad (1.84)$$

Визначимо потужність, яка споживається від колекторного джерела живлення:

$$P_0 = I_{0k} |E_k| = 3.712 \cdot 10^{-3} \cdot 15 = 55.68 \cdot 10^{-3} \text{ Вт} \quad (1.85)$$

Потужність, що розсіюється на колекторі:

$$P_k = P_0 - P_a, \quad (1.86)$$

де  $P_a$  – активна складова потужності коливань, що генеруються.

$$P_a = P \cos|\varphi_s| = 0.0125 \cdot 0.95 = 0.012, \quad (1.87)$$

$$\varphi_s = \arctg \frac{b_{21}}{g_{21}} = \arctg \frac{23}{78} = 17^\circ, \quad (1.88)$$

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$P_{\kappa} = 55.68 \cdot 10^{-3} - 0.012 = 0.04368 \text{ Вт}$$

Потужність, що розсіюється на колекторі менша допустимої потужності на колекторі:

$$0.044 = P_{\kappa} \leq P_{\kappa.\text{доп}} = 0.225 - \text{стійкий.}$$

Визначимо кут відсічення струму емітера:

$$\theta_{\text{э}} = \theta_{\kappa} - |\varphi_s| = 90 - 17 = 72.7^{\circ} \quad (1.89)$$

Знайдемо амплітуду напруги збудження на базі транзистора:

$$U_{\text{мб}} = \frac{I_{\text{мк}}}{(1 - \cos \theta_{\text{э}}) |Y_{21}|} = \frac{11.6 \cdot 10^{-3}}{(1 - \cos 72.7) 69.25 \cdot 10^{-3}} = 0.238 \text{ В.} \quad (1.90)$$

Розрахувати напругу зміщення, що забезпечує кут відсічення струму емітера:

$$U_{\text{бэ}} = U_{\text{омс}} + U_{\text{мб}} \cos \theta_{\text{э}} = 0.22 + 0.238 \cos 72.7 = 0.29 \text{ В.} \quad (1.91)$$

Визначимо коефіцієнт ЗЗ:

$$K_{\text{ЗЗ}} = \frac{U_{\text{мб}}}{U_{\text{мк}}} = \frac{0.238}{4.7} = 0.05 \quad (1.92)$$

Розрахунок коливальної системи автогенератора

Визначити еквівалентну провідність контуру:

$$g_{\text{э.кр}} = \frac{1}{Z_{\text{э.кр}}} \cos |\varphi_s| = \frac{1}{940} \cos 17^{\circ} = 1.01 \cdot 10^{-3} \text{ См.} \quad (1.93)$$

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Розрахуємо коефіцієнти включення контуру:

$$m_{\kappa} = \frac{1}{\sqrt{\frac{g_{\text{э.кр}}}{g_0} \left( 1 - K_{\text{сб}}^2 \frac{g_{11}}{g_{\text{э.кр}}} - K_{\text{н}}^2 \frac{g_{\text{н}}}{g_{\text{э.кр}}} \right)}}; \quad (1.94)$$

$$m_{\kappa} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1.01 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 3.14 \cdot 156.7 \cdot 10^6 \cdot 50 \cdot 10^{-12} \cdot 0.01} \left( 1 - 0.05^2 \frac{5.3}{1.01} - (0.1)^2 \frac{10}{1.01} \right)}} = 0.523.$$

де:  $m_{\sigma}$ ,  $m_{\kappa}$ ,  $m_{\text{н}}$  – коефіцієнти включення контуру відповідно в колі бази, колектору і навантаження.

$$\begin{aligned} m_{\sigma} &= K_{\text{сб}} m_{\kappa} = 0.05 \cdot 0.523 = 0.02615 \\ m_{\text{н}} &= K_{\text{н}} m_{\kappa} = 0.1 \cdot 0.523 = 0.0523. \end{aligned} \quad (1.95)$$

Розрахуємо власну ємність контуру:

$$C_0 = C_{\text{э}} - m_{\sigma}^2 C_{11} - m_{\kappa}^2 C_{22} - m_{\text{н}}^2 C_{\text{н}} - C_{\text{м}} = 50 \text{нФ} - 0,017 \text{нФ} - 2,74 \text{нФ} - 0,00014 \text{нФ} - 4 \text{нФ} = 43,24 \text{нФ}$$

Знайдемо індуктивність контуру:

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f_{\Gamma}^2 C_{\text{э}}} \quad (1.96)$$

$$L = \frac{1}{4\pi^2 \cdot 156.7^2 \cdot 10^{12} \cdot 50 \cdot 10^{-12}} = 42.84 \cdot 10^{-9} = 42.8 \text{ нГн} = 0,0428 \text{ мкГн}$$

Розрахуємо опір резистора в колі емітера:

$$R_3 = (0.8 \div 1) \frac{U_{\text{кэ}}}{I_{0\kappa}} = \frac{0.9 \cdot 5}{3.712 \cdot 10^{-3}} = 1212 \text{ Ом}. \quad (1.97)$$

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Виберемо резистор  $R_3 = 1,3 \text{ кОм}$ .

Визначимо опір резисторів дільника базового зміщення:

$$I_D = 0,4 \cdot 3,712 \cdot 10^{-3} = 1,4848 \cdot 10^{-3} \text{ А}, \quad (1.98)$$

$$R_2 = \frac{R_3 I_{0к} - U_{бз}}{I_D} = \frac{1300 \cdot 3,712 \cdot 10^{-3} - 0,29}{0,0014848} = 3054,7 = 3 \text{ кОм}, \quad (1.99)$$

$$R_1 = \frac{E_k}{I_D} - R = \frac{15}{1,4848 \cdot 10^{-3}} - 3000 = 7102 = 7 \text{ кОм. (вибираємо: } 6,8 \text{ кОм)} \quad (1.100)$$

Знайдемо ємності блокуючих конденсаторів:

$$C_3 = \frac{50}{6,28 \cdot 156,7 \cdot 10^6 \cdot 1300} = 33 \text{ мкФ}$$

$$C_2 = \frac{10^6}{6,28 \cdot 156,7 \cdot 10^6 \cdot 10} = 100 \text{ нФ}.$$

### 1.3.6 Розрахунок ЧМ детектора

На рисунку 1.8 представлена схема диференціального детектора.

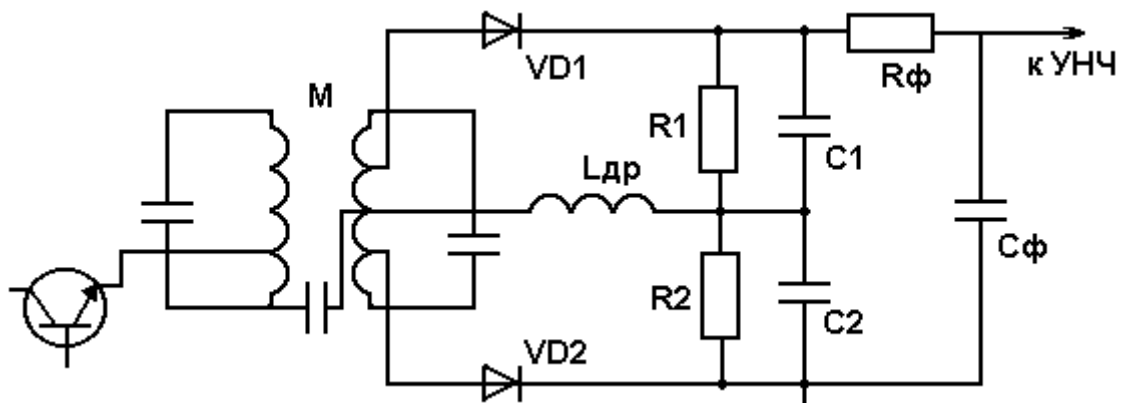


Рисунок 1.8 – Схема ЧМ детектора

Вихідні дані для розрахунку:

$$f_{np} = 10,7 \text{ МГц}$$

$$C_{вхнч} = 0,02 \text{ мкФ};$$

$$d_k = 0,01$$

$$M_H = M_G = 1,1 \text{ В};$$

$$R_{вхнч} = 700 \text{ Ом}$$

$$\Pi = 260 \text{ кГц};$$

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Знаходимо опір резисторів навантажень:

$$R_1 = R_2 \leq (0.8 \div 1.2)(R_\phi + R_{\text{вхнч}}) = 0.8(750 + 700) = 1.160 \text{кОм}. \quad (1.101)$$

$$R_\phi = 750 \text{ Ом}$$

Для забезпечення необхідної смуги пропускання:  $d_3 = 0.02$ .

Знайдемо коефіцієнт включення діодів до контуру:

$$p = \sqrt{0.5 g R_{\text{вхд}} \left( \frac{\delta_3}{\delta} - 1 \right)} = \sqrt{0.5 \cdot 8.7 \cdot 10^{-6} \cdot 900} = 0.062 \quad (1.102)$$

$R_{\text{вхд}}$  визначається по графіку 1. [2]

де  $g$  – власна активна провідність вторинного контуру

Знаходимо коефіцієнт передачі ЧМС:

$$K_{\text{чд}} = 0.23 p K_{\text{д}} \frac{R_{\text{вхнч}}}{R_{\text{вхнч}} + R_\phi} = 0.23 \cdot 0.062 \cdot 0.9 \frac{700}{700 + 750} = 0.006 \quad (1.103)$$

Знаходимо еквівалентну ємність контурів селективної системи:

$$C_3 = \frac{0,0003}{f_{\text{нр}}} = \frac{0,0003}{10,7 \cdot 10^6} = 28 \text{нФ} \quad (1.104)$$

Знаходимо індуктивність контурних котушок:

$$L = \frac{1}{\omega_0^2 C_3} = \frac{1}{(6,28 \cdot 10,7)^2 \cdot 28} = 7,9 \text{мкГн} \quad (1.105)$$

Знаходимо  $C1=C2$ , що задовольняють умовам:

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$C_1 \geq 20C_{д}, \quad (1.106)$$

$$C_1 \geq \frac{5}{(R_1 + R_2)f_{np}}, \quad (1.107)$$

$$C_1 < \frac{5}{(R_1 + R_2)F_{н}}, \quad (1.108)$$

$$C_1 < \frac{\sqrt{1 - m_{\max}^2}}{2\pi F_{\epsilon} (R_1 + R_2)_{\max}} \quad (1.109)$$

$$C_1 \leq \frac{1}{2\pi F_{\epsilon}} \left( \frac{1}{R_{ид}} + \frac{1}{R_1 + R_2} \right) \sqrt{M_{\epsilon}^2 - 1} \quad (1.110)$$

$$C_1 \geq 20n\Phi,$$

$$C_1 \geq \frac{5}{1.6 \cdot 10^3 + 10.7 \cdot 10^6} = 292n\Phi,$$

$$C_1 < \frac{5}{3.2 \cdot 10^3 \cdot 30} = 52\text{мк}\Phi,$$

$$C_1 < \frac{\sqrt{1 - 0.1^2}}{6.28 \cdot 6 \cdot 10^3 \cdot 1.6 \cdot 10^3 \cdot 0.1} = 131n\Phi$$

$$C_1 \leq \frac{1}{6.28 \cdot 6 \cdot 10^3} \left( \frac{1}{180} + \frac{1}{1600} \right) \sqrt{(1.1)^2 - 1} = 67n\Phi.$$

Вибираємо  $C1=C2=150 \text{ н}\Phi$ .

Знаходимо індуктивність дроселя:

$$L_{др} \geq \frac{3}{f_{np}^2 C_1} = \frac{3}{(10.7)^2 \cdot 150} = 17.4\text{мкГн} \quad (1.111)$$

Вибираємо  $L_{др}=20 \text{ мкГн}$ .

Знаходимо ємність перехідного фільтру:

$$C_{\phi} \approx \frac{10^{-4}}{R_{\phi}} - C_{вхнч} = \frac{10^{-4}}{750} - 0.02 = 0.11\text{мк}\Phi. \quad (1.112)$$

					<b>КДРЗ.108.001ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Знаходимо коефіцієнт зв'язку між контурними котушками:

$$M = \eta d_s = 2 \cdot 0.02 = 0.04. \quad (1.113)$$

#### 1.4 Вибір і обґрунтування компонентної бази

Вибір компонентів проводився на етапах проектування схеми структурної електричної та при розрахунках параметрів каскадів з врахуванням вимог технічного завдання.

#### 1.5 Компоновка друкованого вузла пристрою

Вибір матеріалу основи для друкованого вузла залежить від багатьох критеріїв, таких як тип діелектричного основи, товщини основи, товщини фольги, типу фольги, кількості металізованих сторін і т.д. Радіоприймач реалізується на двосторонній друкованій платі. Пристрій працює на високих частотах при досить невеликих струмах. Для цих цілей підходить двосторонній фольгований склотекстоліт СФ-2Н-50Г ГОСТ 10316-78. Даний тип склотекстоліту має товщину 2.5 мм і товщину фольги 50 мкм.

Проектування конструкції пристрою проводиться на підставі аналізу схеми електричної принципової, а так само на підставі вимог технічного завдання. Розробка конструкції пристрою включає в себе наступні елементи:

- 1) Вибір і обґрунтування способів компоновання ЕРЕ;
- 2) Спосіб монтажу;
- 3) Вибір і обґрунтування стандартизованих деталей, флюсів, припоїв для монтажу;
- 4) Вибір способів захисту від статичної електрики, а так же електромагнітна сумісність пристрою.

					<i>КДРЗ.108.001ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

При виборі способу компоновки і монтажу ЕРЕ необхідно враховувати положення ТЗ про серійне виробництво пристрою. Отже, при проектуванні конструкції пристрою необхідно враховувати, що воно буде проводитися в великій кількості в умовах оснащеного сучасним обладнанням і технологіями виробництва.

Сучасні підприємства з виробництва радіоелектронної апаратури мають технологічні лінії для здійснення кожної операції на стадії виробництва РЕА:

- 1) Лінії для виробництва друкованих вузлів і деталей;
- 2) Лінії для нанесення захисних покриттів;
- 3) Лінії для виготовлення корпусів виробів;
- 4) Складальні лінії;
- 5) Лінії контролю якості та випробування РЕА.

Основною вимогою, яка пред'являється при компоновці радіоелементів забезпечення мінімальної довжини провідників та незалежність високочастотної землі та низькочастотної. Параметри вимог до мінімальної довжини та оптимальної ширини задаються конструктором при налаштуванні параметрів в програмному пакеті проектування друкованого вузла.

Оптимізація компоновки виконувалась з врахування вимог електромагнітної сумісності високочастотних пристроїв програмним пакетом Altium в напівавтоматичному режимі що зумовлено вимогою конструктивної сумісності, тобто задається початкове розміщення частини радіоелементів.

					<i>КДРЗ.108.001ПЗ</i>	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

### 2.1 Надзвичайні ситуації: визначення причини, класифікація.

Порушення нормальних умов життя та діяльності людей на окремій території чи об'єкті на ній або на водному об'єкті, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом чи іншою небезпечною подією, зокрема епідемією, епізоотією, епіфітотією, пожежею, що призвело (може призвести) до виникнення великої кількості постраждалих, загрози життю та здоров'ю людей, їх загибелі, значних матеріальних утрат, а також до неможливості проживання населення на території чи об'єкті, ведення там господарської діяльності.

Класифікація надзвичайних ситуацій.

Визначений на державному рівні порядок поділу надзвичайних ситуацій на класи і підкласи залежно від їхнього характеру

Аварія.

Небезпечна подія техногенного характеру, що спричинила ураження, травмування та/чи загибель людей або створює на об'єкті чи окремій території загрозу життю та здоров'ю людей і призводить до руйнування будівель, споруд, устаткування і транспортних засобів, порушення виробничого або транспортного процесу чи завдає шкоди довкіллю.

Надзвичайні ситуації класифікують за характером походження, ступенем поширення, розміром людських втрат і матеріальних збитків.

Залежно від характеру походження подій, що можуть зумовити виникнення надзвичайних ситуацій на території України, визначають такі види надзвичайних ситуацій:

- техногенного характеру;
- природного характеру;
- соціального характеру;
- воєнного характеру.

					<i>КДРЗ.108.001ПЗ</i>	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Надзвичайна ситуація техногенного характеру – порушення нормальних умов життя та діяльності людей на окремій території чи об’єкті на ній або на водному об’єкті унаслідок транспортної аварії (катастрофи), пожежі, вибуху, аварії з викиданням (загрозою викидання) небезпечних хімічних, радіоактивних і біологічно небезпечних речовин, раптового руйнування споруд; аварії в електроенергетичних системах, системах життєзабезпечення, системах телекомунікацій, на очисних спорудах, у системах нафтогазового промислового комплексу, гідродинамічних аварій тощо.

Надзвичайна ситуація природного характеру – порушення нормальних умов життя та діяльності людей на окремій території чи об’єкті на ній або на водному об’єкті, пов’язане з небезпечним геофізичним, геологічним, метеорологічним або гідрологічним явищем, деградацією ґрунтів чи надр, пожежею у природних екологічних системах, зміною стану повітряного басейну, інфекційною захворюваністю та отруєнням людей, інфекційним захворюванням свійських тварин, масовою загибеллю диких тварин, ураженням сільськогосподарських рослин хворобами та шкідниками тощо.

Надзвичайна ситуація соціального характеру – порушення нормальних умов життя та діяльності людей на окремій території чи об’єкті на ній або на водному об’єкті, спричинене протиправними діями терористичного і антиконституційного спрямування, або пов’язане із зникненням (викраденням) зброї та небезпечних речовин, нещасними випадками з людьми тощо.

Надзвичайна ситуація воєнного характеру – порушення нормальних умов життя та діяльності людей на окремій території чи об’єкті на ній або на водному об’єкті, спричинене застосуванням звичайної зброї або зброї масового ураження, під час якого виникають вторинні чинники ураження населення, що її визначають в окремих нормативних документах. У цьому класифікаторі НС воєнного характеру не подано в подробицях, а лише зазначено на найвищому рівні деталізації з кодом 40000.

					<i>КДРЗ.108.001ПЗ</i>	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2 Заходи щодо захисту від ураження електричним струмом в цеху, на дільниці

Електричне обладнання, що застосовується і його експлуатація повинні відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.32-01 [11] та ДНАОП 0.00-1.21-98 [12]. Корпус будь-якої електроустановки необхідно заземлювати. Захисне заземлення і занулення виконується згідно з ПУЕ-2017 [26]. Послідовне включення в заземлюючий провідник декількох апаратів забороняється. Окремі елементи електричного кола, а також відрізки електричних кабелів при нарощуванні довжини повинні бути з'єднані роз'ємними з'єднувальними муфтами. Забороняється з'єднувати зварювальні кола скрутками з оголеним кабелем. Струмопідвідні кабелі електричного кола повинні бути по всій довжині ізольовані та захищені від механічних ушкоджень. Зворотнім проводом, що з'єднує вироби з джерелом струму, можуть слугувати гнучкі, а також металічні шини достатнього перерізу, зварювальні плити і сама зварювана конструкція. Використання в якості зворотного проводу мережі заземлення металевих будівельних конструкцій будівлі, комунікацій і не технологічного обладнання забороняється. З'єднання між собою окремих елементів, що використовуються в якості окремого проводу, повинно виконуватися ретельно. Зажим вторинної обмотки трансформатора, до якого підключається зворотній провід, а також аналогічні зажими випрямлячів і генераторів, в яких обмотки збудження підключаються до розподільчої електричної мережі без розділяючого трансформатора, необхідно заземлювати. Якщо установка має кілька пультів керування, обслуговування яких з одного робочого місця неможливе, кожен пульт повинен бути обладнаний апаратом ручного аварійного відключення. На установках або автоматичних лініях з великим фронтом обслуговування кнопки аварійного відключення повинні розташовуватися одна від одної на відстані не більше 10 м. Кнопки керування, що використовуються у таких випадках, повинні мати защіпки, які забезпечують тільки примусове повернення контактів у початковий стан. Якщо для забезпечення

					<i>КДРЗ.108.001ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

безпеки працюючих установкою необхідно керувати одночасно обома руками, система керування повинна забезпечити дворучне включення, що допускає можливість пуску установки тільки одночасним включенням пускових кнопок (рукояток), які повинні розташовуватися на відстані 300-600 мм одна від одної. В особливо відповідальних випадках для дворучного включення повинна бути передбачена 23 протизаклинна схема, яка виключає можливість роботи на установці, якщо одна з кнопок (рукояток) включення заклинена. Схема приєднання декількох джерел струму, що працюють на одну установку, повинна виключати можливість отримання напруги, що перевищує найбільшу напругу холостого ходу одного з джерел струму. Електричні установки мають бути захищені запобіжниками або автоматами зі сторони мережі живлення. Багатопостове обладнання, крім захисту з боку мережі живлення, повинно мати у загальному проводі кола автоматичний вимикач та запобіжники на кожному проводі. Усі електрозварювальні установки з джерелами змінного і сталого струму у випадках зварювання в особливо небезпечних умовах (зварювання у середині металевих ємностей, колодязів, відсіків, на понтонах тощо) повинні бути обладнані пристроями автоматичного відключення холостого ходу або обмеження його напруги до 12 В не пізніше 1 с після розмикання зварювального ланцюга. Обмежник, виконаний у вигляді окремої приставки, має бути заземлений окремим проводом. Замкнуті простори резервуарів, котлів, металевих ємностей, відсіків і т.д. під час виконання зварювальних робіт, наплавлення і різання повинні освітлюватися світильниками з напругою не вище 42 В, установленими ззовні зварюваного виробу, або ручними переносними світильниками закритого виконання з напругою не більш 12 В. Трансформатор для переносних світильників необхідно встановлювати поза зварюваним виробом, а його вторинну обмотку – заземлити. Застосування автотрансформаторів для зниження напруги живлення світильників забороняється. Електрозварювальний інструмент (електродотримачі, електропаяльники, електрорізаки) не повинні мати відкритих струмоведучих частин, а рукоятки необхідно виготовляти із струмоізолюючих матеріалів.

					<i>КДРЗ.108.001ПЗ</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Забороняється залишати на робочому місці електрозварювальний інструмент, що знаходиться під напругою. Пересувні електрозварювальні установки під час їх пересування необхідно відключати від мережі. Приєднання і від'єднання від мережі електрозварювальних установок, переключення зварювального струму рукоятками, розташованими в середині установки за дверцятами, що не мають пристрою блокування, а також спостереження за справним станом установок у процесі експлуатації повинно виконуватися електротехнічним персоналом. Весь персонал, що обслуговує електрозварювальні установки, повинен періодично проходити інструктаж про безпеку електричного струму і способи надання першої допомоги.

					<i>КДРЗ.108.001ПЗ</i>	Арк.
						56
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



## Висновки

Результатом кваліфікаційної роботи є за проєктована схема електрична структурна, а на її основі розроблена та розрахована схема електрична принципова. Параметри та технічні характеристики радіоприймача цифрового повністю відповідають технічному завданню та стандартам для даного типу апаратури. В виробі використано сучасну елементну базу, що дозволило підвищити надійність виробу.

Розроблено друкований вузол (деталь). Розроблено та оптимізовано розміщення та трасування провідників з врахуванням вимог до радіоприймальної апаратури. Проєктування та оптимізація виконано за допомогою САПР Altium.

Проаналізовано визначення надзвичайної ситуації та її класифікацію. Проаналізовано заходи щодо захисту від ураження електричним струмом в цеху, на ділянці.

Проведено аналіз як виробу так і технології його виготовлення на навколишнє середовище та людину.

Проєктування виробу схемотехнічне та конструкторське проводилось з використанням САПР.

					<i>КДРЗ.108.001ПЗ</i>	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаних джерел

1. Музыка З.Н. и др. Расчет высококачественных каскадов радиоприемных устройств на транзисторах.
2. Бобров Н.В. Расчет радиоприемников. – М.: Радио и Связь, 1981.
3. Радиоприемные устройства. Под. ред. Барулина Л.Г. – М.: Радио и Связь, 1984. – 272 с.
4. Проектирование радиоприёмных устройств. Под. ред. Сиверса А.П. – М.: Советское радио, 1976. – 487 с.
5. Палшков В.В. Радиоприемные устройства.– М.: Радио и Связь, 1984. – 392 с.
6. Схемотехніка електронних систем: У 3кн.Кн.1. Аналогова схемотехніка та імпульсні пристрої: Підручник / В.І.Бойко, А.М.Гужій, В.Я. Жуйков та ін. – 2 – ге вид., допов. і переробл. – К.: Вища шк., 2004. – 366с.; іл.
7. Радіотехніка: Енциклопедичний навчальний довідник: Навч. Р15 посібник / За ред. Ю.Л.Мазора, Є.А. Мачунського, В.І.Правди. – К.: Ви-ща шк., 1999. – 838с.
8. Електроніка і мікросхемотехніка. / В. І. Сенько, М. В. Панасенко, Є. В. Сенько та ін. - К.: Обереги, 2000. - Т. 1. - 299 с.
9. Схемотехника устройств на мощных полевых транзисторах. Под ред. Дьяконова В.П. – М.: Радио и связь, 1994. – 280 с.
10. Окснер Э.С. Мощные полевые транзисторы и их применение. Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1985. – 288 с.
11. Титце У, Шенк А. Полупроводниковая схемотехника. – М.: Мир, 1982. – 512 с.
12. Терещук Р.М, Терещук К.М., Седов С.А. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства. – К.: Наукова думка, 1981. – 672 с.
13. Козинцева Л.П. Усилители на полевых транзисторах. М.: Связь, 1975. – 96 с.

					<i>КДРЗ.108.001ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

14. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. - Львів: Афіша, 2000 – 350с.

15. Винокурова Л.Е., Васильчук М.В., Гаман М.В. Основи охорони праці. – К.: Факт, 2005. – 344 с.

16. Дорогунцов С.І. Екологія. – К.: КНЕУ. – 1999 – 152с.

17. Гайченко В. А., Коваль Г. М. Основи безпеки життєдіяльності людини. – К.: В-во МАУП. – 2004.

					<i>КДРЗ.108.001ПЗ</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					КДРЗ.108.001ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Дунець В.Л.  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ червня 20 21 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

на тему: \_\_\_\_\_  
“*Радіоприймач цифровий*”  
(назва теми)

Узгоджено

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ Лесів В.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20 21 р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”

Студент групи РАС-41

\_\_\_\_\_ Колісник Д.Р.  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20 21 р.

# 1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ТА ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: “Радіоприймач цифровий”

1.2 Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ університету про затвердження кваліфікаційної роботи “ 31 ” травня 20 21 року № 4/7-435

## 2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1 Студент Колісник Дмитро Романович групи Рас-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

### 3 Метою кваліфікаційної роботи є:

- проектування схеми електричної структурної;
- проектування схеми електричної принципової;
- розрахунок параметрів каскадів проектованого виробу;
- проектування друкованого вузла;
- розрахунок собівартості проектованого виробу;

### 4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ:

Номинальне значення проміжної частоти і допустимі відхилення, МГц: 10,7±0,01;

4.1 Чутливість, обмежена шумами, в стерео режимі, при відношенні сигнал/шум 50 дБ, по напруженості поля для внутрішньої антени, мкВ·м<sup>-1</sup> 24;

4.2 Односигнальна селективність, з придушенням шумів, дБ, не менше

а) по проміжній частоті (на частоті 96МГц) 70;

б) по дзеркальному каналу (на частоті 96МГц) 85;

в) по додаткових (побічних) каналах прийому (на частоті 96 МГц) 50;

### 5 ВИМОГИ ДО ДОКУМЕНТАЦІЇ:

5.1 Конструкторська документація має відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

5.2 Комплект конструкторської документації:

- пояснювальна записка;
- схема електрична структурна;
- схема електрична принципова;
- друкована плата (деталь);
- друкований вузол (складальне креслення).

## 6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ:

Таблиця 6.1 – Етапи виконання кваліфікаційної роботи

№ етапу	Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання
1.	Розробка та затвердження технічного завдання	
2.	Проектування схеми електричної структурної	
3.	Розрахунок каскадів схеми електричної принципової	
4.	Обґрунтування вибору компонентної бази	
5.	Компоновка друкованого вузла	
6.	Розділ охорона праці та безпека життєдіяльності	
7.	Нормоконтроль	
8.	Попередні захист кваліфікаційної роботи	
9.	Захист кваліфікаційної роботи	

Термін виконання кваліфікаційної роботи узгоджується з керівником і з графіком виконання.

## 7 ДОДАТКОВІ УМОВИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

7.1 Під час виконання кваліфікаційної роботи в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Перш. викорис.	Поз. познач.	Найменування			Кіл.	Примітка	
		<u>Конденсатори:</u>					
		K10-19 ОЖО.460.172ТУ					
		SSL SAMSUNG					
Добіт. №	C1	K10 -19 -H90 - 1000			1		
	C2	K10 -19 -H90 - 0,022 мкФ			1		
	C3	SSL - 6,3В -3,3 мкФ			1		
	C4	K10 -19 -H90 -6800			1		
	C5	K10 -19 -H90 - 0,022 мкФ			1		
	C6	K10 -19 -H90 -2200			1		
	C7	K10 -19 -H90 - 0,01 мкФ			1		
	C8	SSL - 25В -47 мкФ			1		
	C9	SSL - 6,3В -3,3 мкФ			1		
	C10	K10 -19 -H90 - 0,01 мкФ			1		
	C11	K10 -19 -H90 -27			1		
	C12, C13	K10 -19 -H90 -82			2		
	C14	K10 -19 -H90 -51			1		
	C15	K10 -19 -H90 -15			1		
	C16	K10 -19 -H90 -82			1		
	C17	SSL - 6,3В -33 мкФ			1		
	C18	K10 -19 -H90 -330			1		
	C19	SSL - 6,3В -10 мкФ			1		
	C20	SSL - 6,3В -3,3 мкФ			1		
	C21	K10 -19 -H90 - 0,22 мкФ			1		
	C22	K10 -19 -H90 - 0,33 мкФ			1		
	Підпис і дата						
Підпис і дата							
Зам. інв. №							
Інв. № дубл.							
Підпис і дата							
Інв. № ориг.	Розроб.	Колісник Д.Р.					
	Перевір.	Лесів В.В.					
	Реценз.	Стрембіцький М.О.					
	Н. Контр.	Марекнюк А.С.					
	Затверд.	Дунець В.Л.					
<b>КДРЗ.108.001 ПЕ</b>							
Радіоприймач цифровий					Літ.	Арк.	Аркушів
						1	5
					ТНТУ імені Івана Пулюя, ФПТ, гр. РАС-41 м. Тернопіль		







Перш. викорис.	Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
		<u>Резистори:</u>		
		MF-12 YAGEO		
		PV36 muRata		
Добір. №	R1...R3	MF-12 - 10 кОм ±5%	3	
	R4	MF-12 - 5,1 кОм ±5%	1	
	R5	MF-12 - 18 кОм ±5%	1	
	R6	MF-12 - 180 Ом ±5%	1	
	R7, R8	MF-12 - 470 кОм ±5%	2	
	R9	MF-12 - 1 кОм ±5%	1	
	R10...R12	MF-12 - 510 Ом ±5%	3	
	R13	MF-12 - 330 кОм ±5%	1	
	R14	PV36 10 кОм ±10%	1	
	R15	MF-12 - 1 кОм ±5%	1	
	R16	MF-12 - 12 кОм ±5%	1	
	R17, R18	MF-12 - 510 Ом ±5%	2	
	R19	MF-12 - 3,9 кОм ±5%	1	
	R20	MF-12 - 100 кОм ±5%	1	
	Підпис і дата	R21	MF-12 - 3,9 кОм ±5%	1
R22		MF-12 - 10 Ом ±5%	1	
R23, R24		MF-12 - 10 кОм ±5%	2	
R25		MF-12 - 100 кОм ±5%	1	
R26		MF-12 - 510 Ом ±5%	1	
R27, R28		MF-12 - 3,9 кОм ±5%	2	
R29		MF-12 - 510 Ом ±5%	1	
Зам. інв. №	R30	MF-12 - 4,7 кОм ±5%	1	
	R31	MF-12 - 100 кОм ±5%	1	
Підпис і дата				
Інв. № ориг.				
				Арк.
<b>КДРЗ.108.001 ПЕ</b>				4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

		Перш. викорис.		Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка				
Добір. №				R32	MF-12 - 4,7 кОм ±5%	1					
				R33, R34	MF-12 - 510 Ом ±5%	2					
				R35...R38	MF-12 - 4,7 кОм ±5%	4					
				R39	MF-12 - 10 кОм ±5%	1					
				R40, R41	MF-12 - 4,3 кОм ±5%	2					
				R42...R44	MF-12 - 10 кОм ±5%	3					
				R45	PV36 10 кОм ±10%	1					
				SA1	Вимикач кнопочний PBS-14A ЧЕРВОНИЙ						
				SP1...SP4	Кнопки тактові TS-A3PV-130	4					
				Підпис і дата				VD1...VD4	Варикан BB153 Philips Semiconductors	4	
VD5, VD6	Діодний міст W006M BRIDGE RECTIFIERS	2									
VD7	Стабілізатор LM7805 Fairchild Semiconductor	1									
VD8	Стабілізатор LM7812 Fairchild Semiconductor	1									
VD9	Стабілізатор BZT52C3V3 VISHAY	1									
VT1	Транзистор 2N5484 Fairchild Semiconductor	1									
VT2	BC547A Philips Semiconductors	1									
Зам. інв. №								XS1	Роз'єм F-7222 типу JB3	1	
								XS2	Роз'єм MJ-2-348B0	1	
								XS3	Роз'єм BH-16 XINYA	1	
Підпис і дата				ZQ1	Резонатор CSTLS 1M00 E58-B0 MURATA	1					
				ZQ2	Фільтр смужовий SFELF10M7HA00-B0 MURATA	1					
				ZQ3	Дискримінатор CDALA10M7CA040-B0 MURATA	1					
				ZQ4	Резонатор CSBLA 400K E58-B0 MURATA	1					
				Інв. № ориг.							Арк.
			5								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис					Дата			
								КДРЗ.108.001 ПЕ			

Перш. викорис.	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка	
Добід. №	A1			КДР6.108.001 СК	Складальне креслення	1		
	A1			КДР3. 108.012.000 ЕЗ	Схема електрична принципова	1		
	A4			КДР3. 108.012.000 ПЕ	Перелік елементів	1		
	A4			КДР3. 108.012.000 ПЗ	Пояснювальна записка	1		
					<u>Складальні одиниці</u>			
			1	КДР6.108.012.000	Трансформатор			
	A3		2	КДР6.108.012.000.01	Котушка	1	L1	
	A3		3	КДР6.108.012.000.02	Котушка	1	L2	
	A3		4	КДР6. 108.012.00003	Котушка	1	L3	
					<u>Деталі</u>			
Підпис і дата	A1		5	КДР7.108.012.000	Плата друкована	1		
	A4		7	КДР8.108.012.000.00	Перемичка L=7,5 мм	1	П5	
	A4		8	КДР8.108.012.000.01	Перемичка L=12,5 мм	2	П1,П2, П6,П8	
	A4		10	КДР8.108.012.000.02	Перемичка L=20 мм	1	П3,П4,П7	
Підпис і дата	Стрембіцький М.О.							
	<b>КДР6.108.001 СК</b>							
Інв. № ориг.	Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
	Розроб.	Колісник Д.Р.					Літ.	Арк.
	Перевір.	Лесів В.В.						1
	Реценз.	Стрембіцький М.О.						5
	Н. Контр.	Марценюк А.С.					ТНТУ імені Івана Пулюя ФПТ гр. РАС-41 м. Тернопіль	
Затверд.	Дунець В.Л.							

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
<i>Перш. викорис.</i>						
<i>Добів. №</i>						
		14		<i>Варикап BB153 Philips</i>		VD1...VD4
		15		<i>Вимикач кнопочний PBS-14A</i>		SA1
<i>Інші виробу</i>						
		18		<i>Дискримінатор CDALA10M7CA040</i>		ZQ3
		19		<i>Діодний міст W006M</i>	2	VD5,VD6
		21		<i>Кнопка тактова TSA3PV-130</i>	4	SP1...SP4
<i>Конденсатори</i>						
				<i>K10 -19 OЖO.460.160 TУ</i>		
		24		<i>K10 -19 -H90 -15 нФ ±5%</i>	2	C15
		25		<i>K10 -19 -H90 -27 нФ ±5%</i>	2	C11
		26		<i>K10 -19 -H90 -51 нФ ±5%</i>	2	C14
		27		<i>K10 -19 -H90 -68 нФ ±5%</i>	2	C45,C49
		28		<i>K10 -19 -H90 -82 нФ ±5%</i>	2	C12,C13,
					1	C16
		29		<i>K10 -19 -H90 -330нФ ±5%</i>	2	C18
		30		<i>K10 -19 -H90 -620нФ ±5%</i>	2	C50,C51
		31		<i>K10 -19 -H90 -620нФ ±5%</i>	2	C50,C51
		32		<i>K10 -19 -H90 -1000нФ ±5%</i>	2	C1,C28
		33		<i>K10 -19 -H90 -1500нФ ±5%</i>	2	C42,C44
		35		<i>K10 -19 -H90 -2200нФ ±5%</i>	2	C6
<i>Інв. № ориг.</i>						
<b>КДР6.108.001 СК</b>						Арк.
<b>КДР6.108.001 СК</b>						2
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		







