

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: "Радіоприймач метрового діапазону"

(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)

Яроцький М.З.

(прізвище та ініціали)

Керівник:

(підпис)

Марценюк А.С.

(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)

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: Яроцькому Миколі Зіновійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема: “Радіоприймач метрового діапазону”

Керівник роботи: Марценюк Анатолій Сергійович, 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: 25 червня 2021 р.

3 Вихідні дані роботи: Діапазон робочих частот, МГц	144-146;
Чутливість радіоприймача при співвідношенні с/ш 12 дБ не гірше, мкВ	0,3;
Вибірність приймача	
сусідньому каналу не менше, дБ	40;
дзеркальному каналу не менше, дБ	70;
Напруга живлення, В	12 В

4 Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Проектування та рахунок схеми електричної структурної

2 Проектування та рахунок схеми електричної принципової

3 Проектування друкованого вузла

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

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

5 Схема електрична структурна (обов'язкове)

6 Схема електрична принципова (обов'язкове)

7 Друкований вузол (деталь) (обов'язкове)

8 Складальне креслення друкованого вузла (обов'язкове)

9 Технічні показники (плакат)

6 Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис (дата)	
		завдання	
		видав	прийняв

Дата видачі завдання “ 31 ” травня 20 21р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання	Примітка
1	<i>Розробка та затвердження технічного завдання</i>	<i>17.02.2021</i>	
2	<i>Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи</i>	<i>24.02.2021</i>	
3	<i>Розробка та розрахунок схеми електричної структурної</i>	<i>03.03.2021</i>	
4	<i>Розробка та розрахунок схеми електричної принципової</i>	<i>17.03.2021</i>	
5	<i>Проектування конструкторське</i>	<i>19.04.2021</i>	
6	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>05.05.2021</i>	
7	<i>Нормоконтроль</i>	<i>12.05.2021</i>	
8	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>16.05.2021</i>	
9	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>09.06.2021</i>	
		<i>23.06.2021</i>	

Студент

_____ (підпис)

Яроцький М.З.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Марценюк А.С.

_____ (прізвище та ініціали)

Анотація

Тема кваліфікаційної роботи: “Радіоприймач метрового діапазону” // Кваліфікаційна робота бакалавра // Яроцький Микола Зіновійович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, кафедра радіотехнічних систем, група РАС-41 // Тернопіль, 2021 // с. – 59, рис. – 4, табл. – 1, бібліографія – 11, креслення – 4.

Ключові слова: АНТЕНА, ДИНАМІЧНИЙ ДІАПАЗОН, ДИСТАНЦІЙНЕ УПРАВЛІННЯ, МІКРОКОНТРОЛЕР, ПРОТОКОЛ, ЧУТЛИВІСТЬ.

Проведено аналіз радіоприймачів метрового діапазону та їх схемотехнічних рішень. Обґрунтовано вибір структурної схеми радіоприймач з двома проміжними частотами. Проведено розрахунок схеми електричної структурної. Розроблено схему електричну принципів та проведено розрахунок каскадів.

Прийняті схемотехнічні рішення та проведені розрахунки дозволили отримати виріб технічні характеристики, якого відповідають радіоприймачам вищого класу.

Діапазон робочих частот 144-146 МГц, чутливість радіоприймача при співвідношенні сигнал/шум 12 дБ не гірше 0,3 мкВ, вибірність приймача сусідньому каналу не менше 40 дБ, дзеркальному каналу не менше 70 дБ, напруга живлення 12 В.

Annotation

Work qualification theme: “Radio of meter band” // Bachelor qualification work // Yarotskii Mykola Zinoviiovych // Ivan Pulyuj Ternopil National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, Radio Engineering Systems Department, group RAs-41 // Ternopil 2021 // p. – 59, fig. – 4, table – 1, bibliography – 11, drawing – 4.

Keywords: VIDEO PULSE, DISCRETIZATION, DYNAMIC RANGE, FIELD-PROGRAMMABLE GATE ARRAY, PERIOD, TIMER, POWER, PHOTO-ELECTRIC MULTIPLIER, SENSITIVITY.

Analysis was performed of radio receivers of meter band and their circuit solutions. The choice is justified of the structural scheme of the radio receiver with two intermediate frequencies is substantiated. The calculation was performed of the electrical structural scheme is carried out. The electric circuit diagram is developed and the calculation of cascades is carried out.

The adopted circuit solutions and calculations allowed to get the product technical characteristics, which correspond to the highest-class radio receiver.

Frequency range 144-146 MHz, sensitivity of the radio at a signal-to-noise ratio of 12 dB is not worse than 0.3 μV , selectivity of the receiver to the next channel not less than 40 dB, to the mirror channel not less than 70 dB, supply voltage +12 V.

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.....	12
1.2.1 Вибір на обґрунтування схеми структурної електричної.....	12
1.2.2 Схема електрична структурна	16
1.2.3 Розрахунок наскрізної смуги пропускання радіоприймача.....	17
1.2.4 Вибір селективних систем та розрахунок їх добротності.....	20
1.2.5 Вибір і розрахунок селективних систем радіо тракту.....	22
1.2.6 Вибір селективних систем та розрахунок їх добротності.....	27
1.3 Розрахунок схеми електричної принципової.....	32
1.3.1 Розрахунок підсилювача радіочастоти	33
1.3.2 Розрахунок фільтра зосередженої селекції першої проміжної частоти з підсилювачем.....	40
1.3.3 Розрахунок змішувача першої проміжної частоти.....	46
1.3.4 Вибір та обґрунтування вузлів схеми електричної принципової	49
1.4 Проектування конструкторське.....	49
1.4.1 Розробка компоновки і конструкції друкованого вузла	49
1.4.2 Оптимізація компоновки, друкованого вузла	51
2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	52
2.1 Заходи щодо зменшення впливу електромагнітних полів.....	52
2.2 Навчання з питань охорони праці.	55
Висновки	57
Список використаних джерел	58
Додатки.....	59

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Радіоприймач мет- рового діапазону Пояснювальна записка					
Розроб.		Яроцький М.З.						Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Марценюк А.С.							6	54
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

АЧХ – амплітудно-частотна характеристика;

ФЧХ – фазочастотна характеристика;

МП – мікроконтролер;

ОБР – область безпечної роботи;

ПЧ – проміжна частота;

ЕСКД – єдина система конструкторської документації;

ЕСПД – єдина система програмної документації;

САПР – система автоматизованого проектування;

БЖД – безпека життєдіяльності.

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Завдання приймача полягає в тому, щоб приймати енергію з середовища, в якому вона існує, і перетворювати енергію у форму, в якій вона може бути використана користувачем приймача. Функціонально приймач повинен виконати ряд завдань:

1. Відповідність перетворювача (антен тощо) ;
2. Вибір необхідних сигналів;
3. Відхилення небажаних сигналів;
4. Підсилення;
5. Демодуляція;
6. Виявлення та / або виправлення помилок;
7. Перетворення інформація зручною для виведення.

Основне завдання, яке виконує приймач, полягає у виборі корисного сигналу при відхиленні всіх наявних, але небажаних сигналів. Основними методами, що використовуються приймачами для розрізнення сигналів, є вибір за частотою, вибір за часом та вибір за кодом. Модуляція також може застосовуватися для розрізнення сигналів, але здатність приймача диференціювати лише на основі модуляції, як правило, недостатня для забезпечення надійного вибору сигналу. Наприклад, станції широкомовної передачі та FM-станції легко вибираються недорогими приймачами, але не на основі їх модуляції. Насправді вибір здійснюється на основі їх частоти, оскільки станції AM і FM працюють в смугах частот, що знаходяться в багатьох діапазонах частот.

Вибір частоти в приймачах здійснюється за допомогою смугових фільтрів і точних джерел частоти. Ступінь точності, що вимагається, дуже залежить від застосування. Як звичайні фільтри, які зазвичай використовуються на частоті, що використовується в середовищі передачі, так і фіксовані фільтри, що використовуються на проміжних частотах, знаходяться приймачах. Історично дифе-

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ренціація користувачів за вибором частоти за допомогою фільтрів була основним методом, що застосовувався.

Коли присутні більше одного передавача і передавачі працюють на окремих частотах, правильно спроектований приймач може відхиляти сигнали на сусідніх частотах на 80 дБ або більше, використовуючи налаштовані смугові фільтри. Протягом багатьох років це (використання фільтрів для відбору та / або відхилення) було єдиним методом, що застосовувався у радіозв'язку.

На цьому була побудована вся радіопромисловість. Так само діяла комісія зв'язку, яка існує з метою регулювання використання наявного спектру, який вона ретельно розробила.

Нещодавно, через необхідність розгляду інших підходів до відокремлення багатьох користувачів один від одного, загальний метод, за допомогою якого частота використовується для диференціації користувачів, став називатися частотним розподілом або FDMA.

Коли всі найбажаніші частоти були видані, розподіл частот було розширено за допомогою просторового розділення частотних користувачів, але мобільність багатьох користувачів сьогодні призвела до необхідності спільного використання частот. Це означає, що користувачів необхідно відрізнити за допомогою інших засобів, крім частоти, хоча частота є і завжди буде важливою характеристикою сигналу (ми не можемо обійтися без поділу частоти між сигналами).

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Основна частина

1.1 Аналіз технічного завдання

Найважливішим функціональним вузлом радіотехнічних систем є радіоприймальний пристрій, який приймає слабкі радіосигнали і перетворює їх до виду, що забезпечує використання інформації, яка міститься в них. Радіоприймальний пристрій включає власне радіоприймач (надалі просто приймач), антену і вихідний пристрій. Антена приймає електромагнітну хвилю і перетворює її в електричний сигнал. Радіоприймачем називається пристрій, на вхід якого з антени поступає високочастотний сигнал, модульований по якомусь закону, а на виході – вихідного пристрою, на якому виділяється напруга, яка міняється за законом модуляції. Радіоприймачі можна класифікувати за різними ознаками, наприклад за діапазоном частот, за характером модуляції сигналів, що приймаються, по вигляду використовуваних підсилюючих елементів і т.д. Найбільшого поширення набула класифікація за призначенням. У цьому випадку їх можна розділити на такі види: професійні приймачі зв'язку, радіомовні, телевізійні, радіонавігаційні, радіо - і гідролокаційні, систем управління, радіометри. Приймач виділяє корисні сигнали із вхідних електромагнітних хвиль, підсилює, здійснює обробку, зменшує дію завад, наявних у вхідному сигналі; детектує радіочастотні сигнали, формуючи сигнал, що відповідає повідомленню, яке передається. У вихідному пристрої електричний сигнал перетворюється в сигнал зручний для відображення: звуковий (гучномовець або телефон), візуальний (кінескоп), механічний (телеграфний апарат) і т.д. Вихідний пристрій може бути поєднаний з приймачем або представляти собою окремий пристрій.

Тобто потреба в даного виду апаратури відповідно є затребуваною і для радіолюбителів, тобто людей які займаються радіозв'язком і прослуховуванням радіоефіру в дозволеному діапазоні частот.

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У даній кваліфікаційній роботі проектуємо радіомовний приймач з наступними параметрами:

Діапазон частот, МГц	144 – 146
Номінальне значення першої проміжної частоти і допустимі відхилення, МГц:	10,7±0,01
Номінальне значення другої проміжної частоти і допустимі відхилення, кГц:	455±0,01
Чутливість, обмежена шумами, в стерео режимі, при відношенні сигнал/шум 50 дБ, по напруженості поля для внутрішньої антени, мкВ·м ⁻¹	24
Ефективний діапазон частот (частотна характеристика по електричній нарузі 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 спотворення всього тракту по електричній нарузі, в стерео режимі, на частоті модуляції 1000 Гц, про М=1,0; Рвих.=Рвих.ном.(Uвих.=Uвих.ном.), %, не більше	1,0
Односигнальна селективність, з використанням придушення 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
Двосигнальна селективність по сусідніх каналах приймання, при відношенні сигнал/завада виході 20 дБ, не менше, дБ	
при розладі на ± 120 кГц	46
при розладі на ± 180 кГц	50

Оскільки проєктований приймач розрахований на роботу в діапазоні хвиль 144 – 146 МГц, тобто в діапазоні, який призначений для радіолюбителів тому і відповідний виріб проєктується в основному для радіолюбителів.

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

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

1.2 Проектування схеми електричної структурної

1.2.1 Вибір на обґрунтування схеми структурної електричної

Схеми структурні приймачів розрізняються структурою тракту радіочастоти (ТРЧ), в якому здійснюється безпосереднє підсилення радіосигналів і підсилення з перетворенням частоти. Приймач прямого підсилення рисунок 1.1.

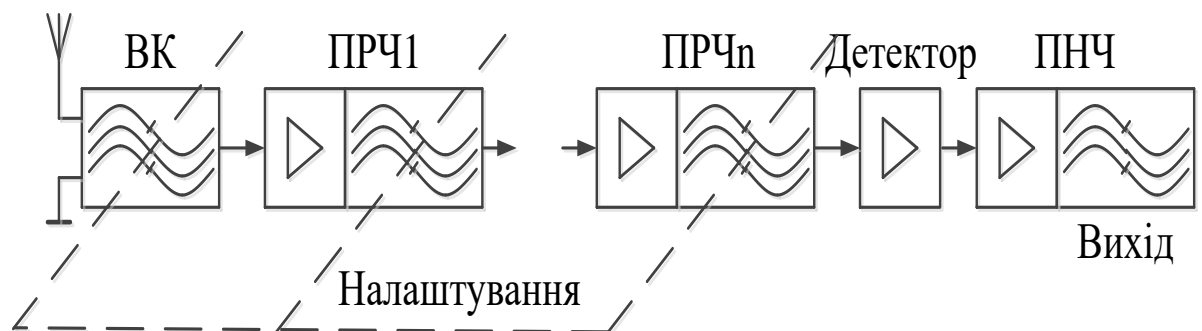


Рисунок 1.1 – Приймач прямого підсилення схема електрична структурна

ТРЧ включає вхідне коло (ВК) та підсилювач на вхід якого надходить з антени радіосигнали – підсилювач радіочастоти (ПРЧ). Для цього типу приймача всі вхідні кола налаштовані на частоту радіосигналу (радіочастоту), де здійснюється підсилення. Вхідне коло забезпечує попередню селекцію частоти до першого каскаду ПРЧ, а ПРЧ проводить основну селекцію частоти та підсилення сигналу до детектора. Вхідні контури ВК і ПРЧ перелаштовуються в межах потрібного робочого діапазону частот. Оскільки необхідні високі селективність і підсилення (коефіцієнт підсилення по напрузі ПРЧ може бути порядку

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

($10^6 \dots 10^7$), то знадобиться кілька каскадів підсилення і коливальних контурів. Практична реалізація не перевищує 3...5 оскільки є складним налаштування контурів. Оскільки смуга пропускання $P_{кк.}$ коливального контуру пов'язана з добротністю $Q_{кк.}$ та резонансною частотою $f_0 = f_{сигн.}$ співвідношенням $P_{кк.} = f_0 / Q_{кк.}$ тому підсилення на радіочастоті $f_{сигн.}$ може бути нестійким, а селективність недостатньою. При змінному налаштуванні селективність і коефіцієнт підсилення змінюються (із збільшенням $f_{сигн.}$ смуга $P_{кк.}$ розширюється і, отже, селективність зменшується).

Спрощення конструкції зменшення кількості підсилювальних каскадів в ТРЧ приймачів прямого підсилення досягали використанням регенеративних і суперрегенеративних підсилювачів. Регенеративний приймач з підсилювачем за рахунок додатного зворотного зв'язку в коливальний контур вноситься від'ємний опір, який частково компенсує втрати. Такі приймачі мають низьку стійкістю, оскільки режим наближений до самозбудження. Тому можливе проникнення сигналів генераторів в антену, а їх випромінювання призведе до виникнення завад іншим приймачам, що є небажаним для ЕМС. У суперрегенеративному приймачі додатний зворотний зв'язок з ПРЧ періодично зміщується з проміжною частотою, яка значно вища частоти модуляції сигналу. При цьому протягом частини періоду внесений опір стає негативним і в коливальному контурі самозбуджуються коливання. Амплітуди цих коливань перевищують амплітуду прийнятих сигналів в 104 разів і більше. Інтенсивність їх пропорційна чинним на коливальний контур прийнятою сигналам, тобто генеруються коливання, по суті, є підсиленням сигналом. Суперрегенеративні, як і регенеративні приймачі спотворюють сигнал і створюють паразитні випромінювання, що не задовольняє вимогам ЕМС. Найбільшого поширення набули супергетеродинні приймачі рисунок 1.2. У них відбувається змішування сигналу додаткового гетеродина з сигналом радіочастоти та перенесення спектру сигналу в на проміжну частоту.

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

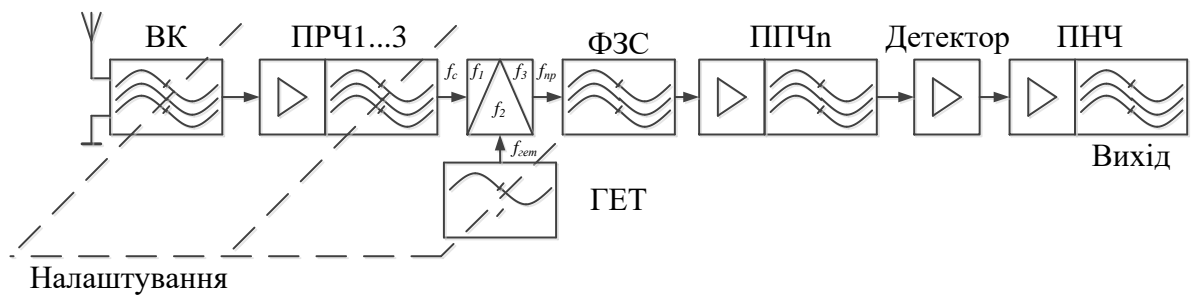


Рисунок 1.2 – Супергетеродинний приймача схема електрична структурна

Для того щоб не спотворювалася огибаюча високочастотного сигналу це перетворення має бути лінійним. За цієї умови перенесений, підсилений у ППЧ сигнал буде таким же, як і детектований сигнал з виходу підсилювача радіо частоти приймача прямого посилення. Оскільки підсилення здійснюється ще й на проміжній частоті то супергетеродин володіє високою чутливістю і селективністю. В перетворювачі проміжної частоти радіо сигнали $f_{\text{сигн.}}$ перетворюються в коливання проміжної частоти $f_{\text{пр.}}$, на якій і здійснюються основне підсилення і селекція. Перетворювач включає гетеродин G і змішувач частот $ЗМ$. Тракт до детектора включає:

1. тракт радіочастоти:
 - а) вхідне коло;
 - б) підсилювач радіочастоти.
2. тракт проміжної частоти (ТПЧ):
 - а) перетворювач частоти ПЧ;
 - б) підсилювач проміжної частоти (ППЧ).

Перетворювачі частоти проектуються на нелінійних елементах. Він міняє тільки частоту сигналу, не міняючи на форму модулюючого сигналу, діє на прийнятий сигнал, як лінійне параметричне коло. При подачі на входи перетворювача радіосигналу $f_{\text{сигн.}}$ і сигналу гетеродина $f_{\text{пр.}}$ на виході отримують

сигнал з комбінаційними частотами $\alpha f_{\text{СИГН.}} + \beta f_{\text{ГЕТ.}}$, де α і β рівні $\pm 1, \pm 2, \dots, n$. Коливальний контур на виході перетворювача налаштований на частоту $f_{\text{ПР.}}$, що представляє собою різницю (різницеве перетворення), або суму (сумарне перетворення) частот $f_{\text{СИГН.}}$ і $f_{\text{ПР.}}$ (в окремих випадках $2 f_{\text{ПР.}}$, $3 f_{\text{ПР.}}$ і т.п.). При різницевому перетворенні $f_{\text{ПР.}} = f_{\text{СИГН.}} - f_{\text{ГЕТ.}}$ або $f_{\text{ПР.}} = f_{\text{ГЕТ.}} - f_{\text{СИГН.}}$. При $\alpha = 1, \beta = -1$ має місце “нижнє” налаштування гетеродина, коли $f_{\text{ГЕТ.}} < f_{\text{СИГН.}}$, а при $\alpha = -1, \beta = 1$ – “верхнє” налаштування, коли $f_{\text{ГЕТ.}} > f_{\text{СИГН.}}$. В обох випадках частоту $f_{\text{ГЕТ.}}$ можна вибрати так, щоб $f_{\text{ПР.}}$ була нижче межі діапазону робочих частот $f_{\text{ПР.}} < f_{\text{СИГН. min.}}$. Іноді частоту перетворюють з перенесенням спектру сигналу вгору, коли $f_{\text{ПР.}} < f_{\text{СИГН. max.}}$. Це можливо як при різницевому, так і при сумарному перетворенні. Супергетеродинний приймач в цьому випадку називають інфрадін. Однак високу проміжну частоту зазвичай доводиться потім знижувати в іншому перетворювачі, тобто в інфрадінне застосовується кількаразове перетворення частоти. Якщо сигнали приймаються в діапазоні частот $f_{\text{СИГН.}}$, для збереження сталості частоти $f_{\text{ПР.}}$ повинна відповідно змінюватися частота $f_{\text{ГЕТ.}}$. Це досягається шляхом сполучення налаштування вхідного кола, резонансного кола підсилювача радіочастоти і гетеродина за допомогою єдиного органу управління. Перетворення змінної частоти прийнятих сигналів $f_{\text{СИГН.}}$ в постійну проміжну частоту $f_{\text{ПР.}}$ забезпечує супергетеродину ряд переваг:

- резонансні кола тракту проміжної частоти не потрібно перелаштовувати, що спрощує їх конструкцію; завдяки постійності коефіцієнта підсилення послаблюється залежність загального коефіцієнта підсилення приймача від частоти налаштування;
- при перетворенні частоти з перенесенням спектру сигналу вниз паразитні ємнісні і індуктивні зворотні зв’язки проявляються слабше;

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- це дозволяє збільшити коефіцієнт підсилення без погіршення стійкості;
- використання низької частоти $f_{пр}$ дозволяє зменшити смугу пропускання без ускладнення конструкції резонансних кіл. Зі сказаного впливають функціональні відмінності резонансних кіл радіо – і проміжної частоти: кола радіочастоти мають у більшості випадків відносно широку смугу пропускання, в межах якої крім спектрів радіосигналу можуть виявитися завади сусідніх каналів. Ці кола здійснюють попередню селекцію, тому частина приймача, що містить ВК і ПРЧ, називають передселектором; кола проміжної частоти мають смугу пропускання, відповідну ширині спектру сигналу, і пригнічують завади за межами цього спектру.

Приймачі супергетеродинного типу дозволяють забезпечити вузькі смуги пропускання, високу чутливість і вибірковість в широкому діапазоні частот, мають малий рівень спотворень сигналу і високу стабільність роботи. Однак це досягається значним ускладненням схеми, що з успіхом компенсується використанням спеціалізованих інтегральних схем. РПрП супергетеродинного типу є основним типом сучасного приймача.

1.2.2 Схема електрична структурна

Схема електрична структурна зображена на рисунку 1.3 приладу включає наступні основні вузли:

- вхідний смуговий фільтр;
- підсилювач радіочастоти;
- фільтр зосередженої селекції радіочастоти;
- змішувач першої проміжної частоти;
- цифровий синтезатор частоти (гетеродин першої проміжної частоти);
- фільтр зосередженої селекції гетеродина;
- фільтр першої проміжної частоти;

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підсилювач першої проміжної частоти;
- змішувач другої проміжної частоти;
- мікроконтролер (гетеродин другої проміжної частоти);
- фільтр зосередженої селекції гетеродина;
- фільтр другої проміжної частоти;
- підсилювач другої проміжної частоти;
- квадратурний демодулятор;
- схема подавлювача шумів;
- підсилювач низької частоти;
- пристрій управління (мікроконтролер).

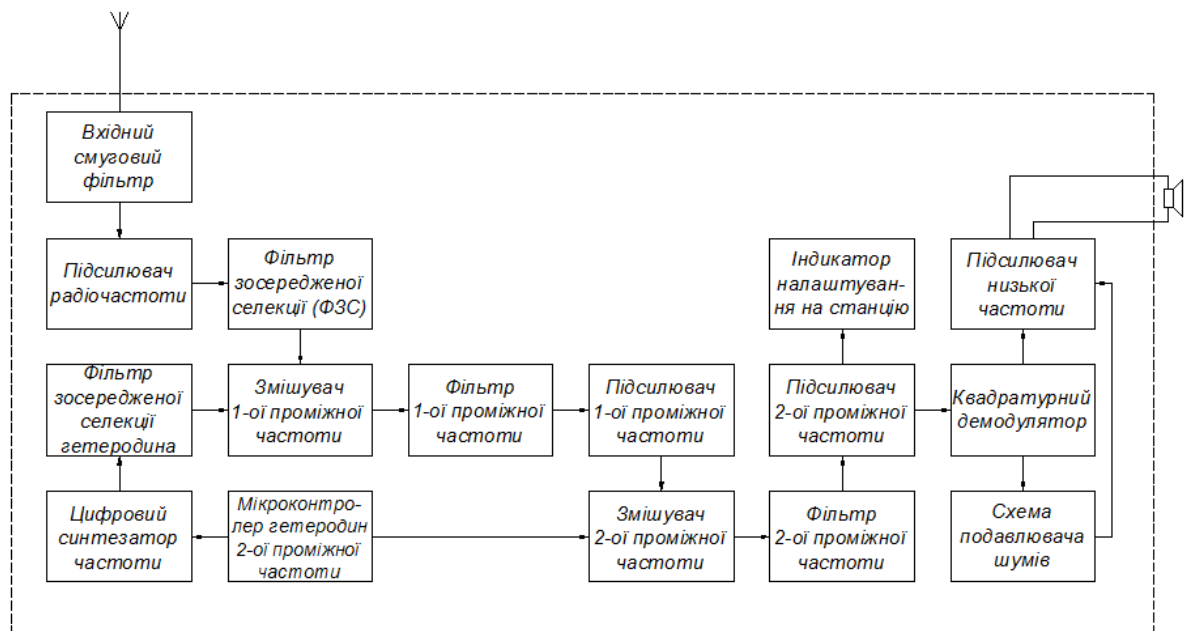


Рисунок 1.3 – Схема електрична структурна

1.2.3 Розрахунок наскрізної смуги пропускання радіоприймача

Коефіцієнт передачі вхідного кола змінюється як квадрат коефіцієнта перекриття діапазону $k_{\text{ДИАП.}}$, тому важливо, що б він був близький до одиниці.

$$k_{\text{ДИАП.}} = \frac{f_{\text{MAX.}}}{f_{\text{MIN.}}} \quad (1.1)$$

Розрахуємо коефіцієнт перекриття діапазону за формулою (1.1):

$$k_{\text{ДИАП.}} = \frac{146 \cdot 10^6}{144 \cdot 10^6} = 1,014$$

Як видно, коефіцієнт перекриття діапазону близький до одиниці, отже, вплив нерівномірності коефіцієнта передачі для даних умов буде незначним. Відповідно і нема потреби проектувати багато діапазонний приймач, який проектується при $k_{\text{ДИАП.}} \geq 3$.

Смуга пропускання всього височастотного тракту приймача ПВЧ від антени до детектора повинна бути більше ширини спектру сигналу через можливих відхилень частот і похибок узгодження контурів сигналу і гетеродина, тобто $\Pi_{\text{ПРМ.}} > \Pi_{\text{СИГН.}}$. При проектуванні радіомовних приймачів треба врахувати, що робочі частоти радіомовних станцій мають дуже високу стабільність, і тому відхилення частоти прийнятого сигналу не враховується. Найкраща якість прийому спостерігається при точному налаштуванні приймача на станцію, а саме при збігу перетвореної в проміжну частоти сигналу з центральною частотою смуги пропускання тракту проміжної частоти (ТПЧ). При цьому розрахунку необхідно врахувати можливі відхилення частоти гетеродина, тобто взяти $2\Delta f_{\text{ГЕТ.}}$. Таким чином, знайдемо:

$$\Pi_{\text{ПРМ.}} = \Pi_{\text{СИГН.}} + 2\Delta f_{\text{ГЕТ.}} \quad (1.2)$$

Для ЧМ сигналів смуга частот спектру сигналу $\Pi_{\text{СИГН.}}$ дорівнює:

					ЯМ33.126.001ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\text{СИГН.ЧМ}} = 2F_B \left(1 + M + \sqrt{M} \right) \quad (1.3)$$

$$P_{\text{СИГН.ЧМ}} = 2 \cdot 3400 \left(1 + 2,94 + \sqrt{2,94} \right) = 38,451 \text{ (кГц)}$$

де M – коефіцієнт частотної модуляції, який дорівнює;

$$M = \frac{\Delta f_{\text{MAX.}}}{F_B} \quad (1.4)$$

$$M = \frac{10 \cdot 10^3}{3400} = 2,94$$

де $\Delta f_{\text{MAX.}} = \text{кГц}$ – максимальне відхилення девіації частоти;

F_B – верхня модулююча частота 3,4 кГц.

Абсолютну величину нестабільності частоти гетеродина $\Delta f_{\text{ГЕТ.}}$ розраховуємо знаючи його відносну стабільність частоти. Відносна нестабільність частоти цифрового синтезатор частоти:

$$\delta f_{\text{ГЕТ.}} = \frac{\Delta f_{\text{ГЕТ.}}}{f_{\text{ГЕТ.}}} \quad (1.5)$$

$$\delta f_{\text{ГЕТ.}} = 10^{-6}$$

в якості частоти гетеродина беремо верхню, максимальну частоту даного діапазону, плюс проміжна частота

$$f_{\text{ГЕТ.}} = f_{\text{ГЕТ.МАКС.}} = f_{\text{СИГН.}} + f_{\text{ПР.ЧМ}} \quad (1.6)$$

$$f_{\text{ГЕТ.}} = f_{\text{ГЕТ.МАКС.}} = 146 \cdot 10^6 + 10,7 \cdot 10^6 = 156,80 \text{ (МГц)}$$

					ЯМ33.126.001ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Абсолютне відхилення частоти гетеродина розраховуємо за формулою:

$$\Delta f_{ГЕТ.} = f_{ГЕТ.} \cdot \delta f_{ГЕТ.} \quad (1.7)$$

$$\Delta f_{ГЕТ.} = 156,80 \cdot 10^6 \cdot 10^{-6} = 156,80 \text{ (Гц)}$$

Таким чином, підставляємо знайдені значення в (1.1), отримуємо:

$$P_{ПРМ.} = 40 \cdot 10^3 + 156,80 = 40156,80 \text{ (Гц)}$$

Розрахунок смуги пропускання радіо тракту (преселектора), проводимо з врахуванням похибку спряження $\Delta f_{СПР.} = 100 \text{ кГц}$ частот налаштувань контурів кіл сигналу гетеродина. Тоді, остаточно:

$$P_{ПР.} = P_{ПРМ.} + 2\Delta f_{СПР.} \quad (1.8)$$

$$P_{ПР.} = 40156,80 + 100000 = 140156,80 \text{ (Гц)}$$

1.2.4 Вибір селективних систем та розрахунок їх добротності

Метою цього етапу проектування є вибір числа і типу селективних вузлів радіо тракту приймача, розрахунок еквівалентної добротності $Q_{ЕКВ.}$, виходячи із заданої вибіркової приймача по дзеркальному каналу $S_{ЕДЗК.} = 44 \text{ дБ}$ і забезпечення необхідної смуги пропускання тракту при допустимій нерівномірності АЧХ. У цьому випадку розраховуємо $Q_{ЕКВ.}$, враховуючи допустиму нерівномірність АЧХ в смузі пропускання $Q_{ЕП.}$. Потім із врахуванням заданої вибіркової по дзеркальному каналу $Q_{ЕЗК.}$, і приймаємо значення $Q_{ЕКВ.}$, щоб виконувались обидва ці умови, тобто

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{EP.} \geq Q_{EKB.} \geq Q_{EЗK.} \quad (1.9)$$

Після проведеного розрахунку смуги пропускання зручно розрахувати добротність $Q_{EP.}$.

Для цього треба розподілити загальну допустиму нерівномірність АЧХ 14 дБ [4] по блоках приймача і задатися допустимою нерівномірністю АЧХ в смузі радіочастотного тракту. Скориставшись наведеними орієнтованими даними в табл. 1.2 [4]. вибираємо, $\sigma = 1,1$ (раз). Як правило, в передселекторі використовуються два одиночних контури: один у вхідному колі і один в підсилювачі радіочастоти. Якщо ці контури однакові, то їх добротність розраховується за формулою:

$$Q_{EP.} = \frac{f_{H.} \sqrt{\sigma - 1}}{\Pi_{PP.}} \quad (1.10)$$

$$Q_{EP.} = \frac{144000000 \sqrt{1,1 - 1}}{140156,80} = 267,62$$

де $\sigma = 1,1$ (раз). в відносних одиницях (разах)

$f_{H.} = 144$ МГц нижня частота заданого діапазону.

Маючи на увазі, що мікросхеми і біполярні транзистори мають малий вхідний опір і при підключенні до контуру вони істотно (в 1,5-3 рази) знижують його власну добротність. Тому значення $Q_{EЗK.}$ не повинно бути великим і повинно лежати в межах $Q_{EЗK.} = 50-80$. Тому застосуємо 2 одиночних однакових контури в передселекторі, при цьому необхідна еквівалентна добротність визначається за формулою:

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

$$Q_{ЕЗК.} = \frac{\sqrt{S_{ЕЗК.} - 1}}{y} \quad (1.11)$$

де y – відносне частотне розлаштування

$$y = \frac{f_{Б.} + 2f_{ПР.}}{f_{Б.}} - \frac{f_{Б.}}{f_{Б.} + 2f_{ПР.}} \quad (1.12)$$

$$y = \frac{146,00 + 2 \cdot 10,7}{146,00} - \frac{2 \cdot 146,00}{146,00 + 2 \cdot 10,7} = 0,2744$$

$$S_{ЕЗК.} = 44 \text{ дБ} = 10^{44/20} = 158,489 \text{ раз}$$

По формулі (1.10):

$$Q_{ЕЗК.} = \frac{\sqrt{158,5 - 1}}{0,2744} = 45,376$$

Для виконання умови (1.7) $Q_{ЕКВ.}$ приймається $Q_{ЕКВ.} = 46$.

1.2.5 Вибір і розрахунок селективних систем радіо тракту

Метою є визначення типу і числа резонансних систем тракту радіочастоти частоти (ТРЧ). Тракт радіочастоти представлено на рисунку 1.3. Для того, щоб забезпечити необхідну кількість фільтрів зосередженої селекції (ФЗС), які також називають також фільтрами зосередженої вибірконості (ФЗВ).

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

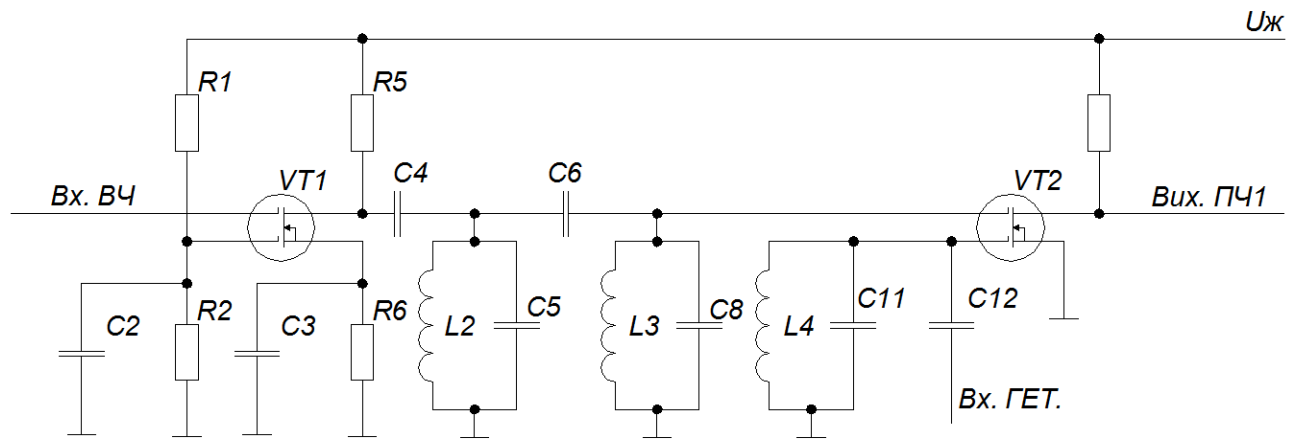


Рисунок 1.3 – Тракт радіочастоти

Розрахунок ТРЧ почнемо з ФЗС. Вибір і розрахунок ФЗС у приймачах різних груп складності, що мають як середні, так і високі якісні показники, застосовуються багатоланкові ФСС на LC-елементах.

В схемі кожен контур фільтра з урахуванням елементів зв'язку налаштований на середню частоту смуги пропускання, тобто на проміжну частоту $2f_{пр.}$. Для отримання якісно можливого коефіцієнта прямокутності АЧХ використовують фільтри з характеристиками Чебишева. Однак, з метою зменшення сплесків АЧХ смуги пропускання і зменшення нелінійності ФЧХ використовуємо ФЗС з максимально гладкою АЧХ, тобто з характеристикою Баттерворта [4]:

$$\sigma(\alpha) = \sqrt{1 - \nu \cdot \alpha} \quad (1.13)$$

де

ν – параметр, який визначає;

σ_{II} – нерівномірність АЧХ на межі смуги пропускання;

n – число контурів ФЗС.

$$\alpha = \Delta f / \Pi \quad (1.14)$$

де α – узагальнене розлаштування;

$$\Delta f = 170 \text{ кГц [4], } \Pi = 50 \text{ кГц [7, с.24]}$$

$$\text{Тоді по (1.12): } \alpha = 170 / 50 = 6,8$$

Допустиму нерівномірність 14 дБ в діапазоні УКХ всього тракту по звуковому тиску діапазону відтворюваних частот розподіляємо таким чином, щоб на тракт радіочастоти частоти припадала нерівномірність АЧХ смуги пропускання не більше 6 дБ, тому візьмемо $\sigma_{\Pi} = 3 \text{ дБ} = 1,51$ (разах). Нерівномірність АЧХ на краях смуги пропускання дорівнює [1]:

$$\sigma(\alpha) = \sqrt{1 - \nu} \Rightarrow \nu = \sigma^2 - 1 \quad \nu = 1,41^2 - 1 \quad 0,9881 \approx 1$$

Для приймачів ЧМ розузгодження сусіднього каналу приймаємо:

$$f_{\text{ск.}} \pm 100 \text{ кГц. [4]}$$

Переведемо задану селективність з дБ в рази: $S_{\text{ЕСК.}} = 26 \text{ дБ} = 10^{26/20} = 44,668$

Необхідна кількість контурів, при нерівномірності АЧХ смуги $\sigma_{\Pi} = 2 \text{ дБ}$, при $\nu = 1$ и $\alpha > 1$, знаходимо: $n \geq \lg S_{\text{ЕСК.}} / \lg \alpha$
 $n \geq \lg 44,668 / \lg 6,8 = 1,562 \approx 2$

Вибираємо 2 контури.

СФ можна реалізувати, якщо [3, с. 213]:

					ЯМ33.126.001ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = \frac{1}{d} > \frac{f_{\text{пр}} \sqrt[2n]{V}}{\Pi \sin\left(\frac{\pi}{2n}\right)} \quad (1.15)$$

$$f_{\text{пр}} = 5,5 \cdot 10^6 \text{ Гц},$$

$$Q = \frac{10,7 \cdot 10^6 \sqrt[4]{1}}{50 \cdot 10^3 \sin\left(\frac{\pi}{6}\right)} = 428$$

Конструктивне згасання:

$$d = \frac{1}{Q} \quad (1.16)$$

$$d = \frac{1}{428} = 0,00234$$

Нормоване значення згасань [3]:

$$D = \frac{d f_{\text{пр.}}}{\Pi} \quad (1.17)$$

$$D = \frac{0,00234 \cdot 10700000}{50000} = 0,5$$

Вибираємо $D < 0,5 = 0,2$

Тоді

$$D_i = A - (n - 1) D \quad (1.18)$$

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$D_1 = 2 - (3 - 1) \cdot 0,2 = 1,6$$

де $A = 2$, при $n = 3$ [3, с.213].

З рисунка 7.10 [3] визначаємо при $D = 0,2$ нормовані значення коефіцієнтів зв'язку:

$$K_{12} = 1,8; K_{23} = 0,87; K_{34} = 0,61; K_{45} = 0,58; K_{56} = 0,35; K_{67} = 0,88.$$

Абсолютні значення коефіцієнтів зв'язку та згасання [3]:

$$k_{i,i+1} = K_{i,i+1} \cdot \Pi / f_{\text{пр.}} \quad (1.19)$$

$$d_i = D_i \cdot \Pi / f_{\text{пр.}} \quad (1.20)$$

$$k_{12} = 1,8 \cdot 50000 / 10700000 = 0,0084$$

$$k_{23} = 0,87 \cdot 50000 / 10700000 = 0,0041$$

$$d_1 = 1,6 \cdot 5 / 1070 = 0,0075$$

Задавши еквівалентну ємність $C_{1\text{ЕКВ.}} = C_{2\text{ЕКВ.}} = 500 (n\Phi)$, знаходимо

$$C_{12} = k_{12} C_{1\text{ЕКВ.}}$$

$$C_{12} = 0,0084 \cdot 500 = 4,2 (n\Phi)$$

$$C_{23} = 0,0041 \cdot 500 = 2,05 (n\Phi)$$

$$d_{12} := d_1 \cdot 0,025$$

$$d_{12} = 5,607 \times 10^{-4}$$

$$d_{23} := d_1 \cdot 0,012$$

$$d_{23} = 2,692 \times 10^{-4}$$

Тоді $C_1 = C_3 - C_{12}$

$$C_1 := 500 - 12,5 \quad C_1 = 487,5$$

$$C_2 := 500 - 6 \quad C_2 = 494 \quad \text{пФ}$$

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Еквівалентне згасання контуру:

$$\rho = 1 / (\omega_{np} C_e) = 1 / (2 \pi 10,7 500 10^{-6}) = 29,749 \cdot \text{Ом} ,$$

$$y_{21} = 30 10^{-3} , m_H = 0,023 , m_U = 0,33$$

Резонансний коефіцієнт включення дорівнює:

$$K_0 := m_r \cdot m_H \cdot y_{21} \cdot \rho \cdot \frac{k_{12} \cdot k_{23}}{d_{12} \cdot d_{23}} \quad K_0 = 13.812$$

1.2.6 Вибір селективних систем та розрахунок їх добротності

Визначення типу і числа резонансних каскадів тракту проміжної частоти (ТПЧ). Тракт проміжної рисунок 1.4. Знаходимо кількість фільтрів зосередженої селекції (ФЗС).

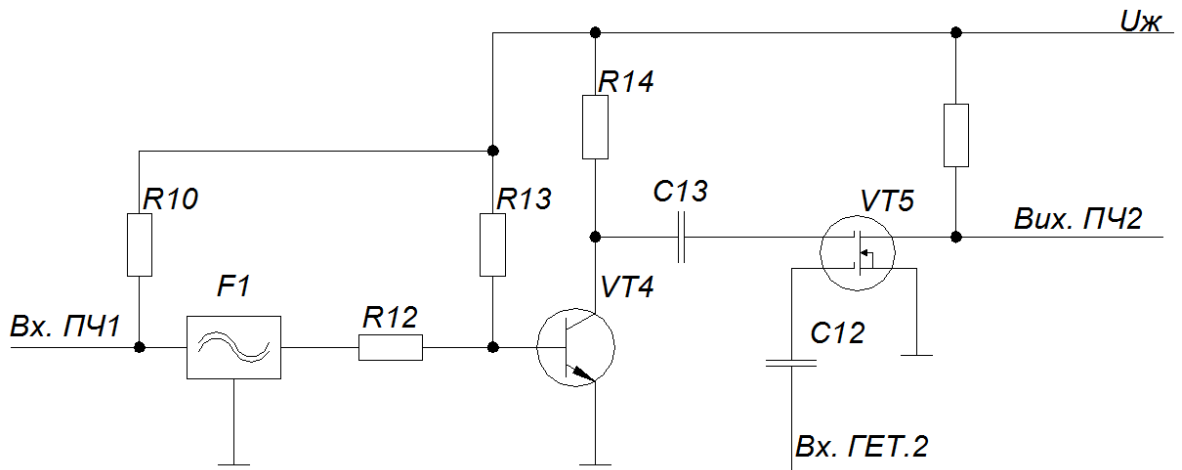


Рисунок 1.4 – Тракт першої проміжної частоти

Для отримання якісно можливого коефіцієнта прямокутності АЧХ використовують фільтри з характеристиками Чебишева. Однак, з метою зменшення

сплесків АЧХ смуги пропускання та зменшення нелінійності ФЧХ використовуємо ФЗС з максимально гладкою АЧХ, тобто з характеристикою Баттерворта [4]:

$$\sigma(\alpha) = \sqrt{1 - \nu \cdot \alpha} \quad (1.21)$$

де

ν – параметр, який визначає;

σ_{II} – нерівномірність АЧХ на границях смуги пропускання;

n – число контурів ФЗС.

$$\alpha = \Delta f / \Pi \quad (1.22)$$

де α – узагальнена розладка;

$$\Delta f = 170 \text{ кГц} [4], \quad \Pi = 50 \text{ кГц} [7, \text{с.24}]$$

$$\text{Тоді по (1.12): } \alpha = 170 / 50 = 6,8$$

Допустиму нерівномірність 14 дБ в діапазоні УКХ всього тракту по звуковому тиску діапазону відтворюваних частот розподіляємо таким чином, щоб на тракт проміжної частоти припадала нерівномірність АЧХ смуги пропускання не більше 6 дБ, тому візьмемо $\sigma_{II} = 3 \text{ дБ} = 1,41$ (разах). Нерівномірність АЧХ на межі смуги пропускання дорівнює [1]:

$$\sigma(\alpha) = \sqrt{1 - \nu} \Rightarrow \nu = \sigma^2 - 1 \quad \nu = 1,41^2 - 1 = 0,9881 \approx 1$$

Для приймачів ЧМ розузгодження сусіднього каналу приймаємо:

$$f_{СК.} \pm 10 \text{ кГц.} [4]$$

Переведемо задану селективність з дБ в рази: $S_{ЕСК.} = 26 \text{ дБ} = 10^{26/20} = 44,668$

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідна кількість контурів, при нерівномірності АЧХ смуги $\sigma_{II} = 2$ дБ, при $\nu = 1$ и $\alpha > 1$, знаходимо: $n \geq \lg S_{\text{ЕСК.}} / \lg \alpha$
 $n \geq \lg 19,95 / \lg 6,8 = 1,562 \approx 2$

Вибираємо 2 контури.

СФ можна реалізувати, якщо [3, с. 213]:

$$Q = \frac{1}{d} > \frac{f_{\text{ПР}} \sqrt[2n]{V}}{\Pi \sin \left(\frac{\pi}{2n} \right)} \quad (1.23)$$

$$f_{\text{ПР}} = 455 \cdot 10^3 \text{ Гц,}$$

$$Q = \frac{455,0 \cdot 10^3 \sqrt[4]{1}}{50 \cdot 10^3 \sin \left(\frac{\pi}{6} \right)} = 18,2$$

Конструктивне згасання:

$$d = \frac{1}{Q} \quad (1.24)$$

$$d = \frac{1}{18,2} = 0,0549$$

Нормоване значення згасань [3]:

$$D = \frac{d f_{\text{ПР.2}}}{\Pi} \quad (1.25)$$

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D = \frac{0,0549 \cdot 455000}{10000} = 2,5$$

Вибираємо $D < 2,5 = 2,0$

Тоді

$$D_i = A - (n - 1) D \quad (1.26)$$

$$D_1 = 4 - (2 - 1) 2,0 = 2,0$$

де $A = 5$, при $n = 2$ [3, с.213].

З рисунка 7.10 [3] визначаємо при $D = 2,0$ нормовані значення коефіцієнтів зв'язку:

$$K_{12} = 1,8; K_{23} = 0,87; K_{34} = 0,61; K_{45} = 0,58; K_{56} = 0,35; K_{67} = 0,88.$$

Абсолютні значення коефіцієнтів зв'язку та згасання [3]:

$$k_{i,i+1} = K_{i,i+1} \cdot \Pi / f_{\text{пр.}} \quad (1.27)$$

$$d_i = D_i \cdot \Pi / f_{\text{пр.}} \quad (1.28)$$

$$k_{12} = 1,8 \cdot 50000 / 10700000 = 0,0084$$

$$k_{23} = 0,87 \cdot 50000 / 10700000 = 0,0041$$

$$d_1 = 1,6 \cdot 5 / 1070 = 0,0075$$

Задавши еквівалентну ємність $C_{1\text{ЕКВ.}} = C_{2\text{ЕКВ.}} = 500 (нФ)$, знаходимо

$$C_{12} = k_{12} C_{1\text{ЕКВ.}}$$

$$C_{12} = 0,0084 \cdot 500 = 4,2 (нФ)$$

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$C_{23} = 0,0041 \cdot 500 = 2,05 \text{ (нФ)}$$

$$d_{12} := d_1 \cdot 0.025 \quad d_{12} = 5.607 \times 10^{-4}$$

$$d_{23} := d_1 \cdot 0.012 \quad d_{23} = 2.692 \times 10^{-4}$$

Тоді $C_1 = C_3 - C_{12}$

$$C_1 := 500 - 12.5 \quad C_1 = 487.5$$

$$C_2 := 500 - 6 \quad C_2 = 494 \text{ пФ}$$

Еквівалентне згасання контуру:

$$\rho = 1/(\omega_{\text{пр}} * C_3) = 1/(2 \cdot \pi \cdot 10,7 \cdot 500 \cdot 10^{-6}) = 29,749 \text{ Ом,}$$

тоді при $y_{21} := 30 \cdot 10^{-3} \quad m_H := 0.023 \quad m_r := 0.33$

Резонансний коефіцієнт включення дорівнює:

$$K_0 := m_r \cdot m_H \cdot y_{21} \cdot \rho \cdot \frac{k_{12} \cdot k_{23}}{d_{12} \cdot d_{23}} \quad K_0 = 13.812$$

Розрахуємо необхідне співвідношення сигнал/шум приймача:

$$\gamma_{\text{ex}} = \gamma_{\text{вых}} / B_{\text{чД}}, \quad (1.29)$$

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

$$B_{\text{чД}} = \sqrt{3m \Pi_w / K_n^2 F_{\text{МВ}}} \quad (1.30)$$

де: K_n – пікфактор модулюючого повідомлення ($K_n=1$).

У результаті маємо:

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$\gamma_{\text{ex}} = 30 / 17.3 = 1.73$$

Допустимий коефіцієнт шуму визначається виразом:

$$N_{\text{д}} \leq (E_{\text{А}}^2 / \gamma_{\text{ВХ}}^2) / 4kT_0 \Pi_{\text{ш}} R_{\text{А}} \quad (1.31)$$

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

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

$R_{\text{А}}$ – внутрішній опір штирової антени, приймаємо рівним 80 Ом.

Підставляючи значення знаходимо допустимий коефіцієнт шуму:

$$N_{\text{д}} \leq (5 \cdot 10^{-6} / 1.73)^2 / (4 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 293 \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot 80) = 7.5 \quad (1.32)$$

1.3 Розрахунок схеми електричної принципової

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

Для забезпечення необхідної напруги на вході перетворювача частоти і стійкості як підсилювач радіочастоти (ПРЧ) використовуємо польовий транзистор з двома заслонами.

Польовий транзистор з двома заслонами використовуємо як змішувач першої частоти. Гетеродин на мікросхемі цифрового синтезатора частоти, що забезпечить вищу стабільність частоти гетеродина.

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

Серйозною проблемою може стати проблема взаємних завад, особливо в густонасичених діапазонах. Вирішити цю проблему можна з допомогою амплі-

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тудного обмежувача, який будуюмо на діодах (це простіше і не потрібен транзистор).

Частотний детектор (ЧД) побудуємо по схемі квадратурного демодулятора.

1.3.1 Розрахунок підсилювача радіочастоти

Вихідні дані для розрахунку:

Власне загасання контуру ПРЧ, $d_k 0,01$;

Частота настроювання ПРЧ, f_c , МГц 145;

Смуга пропускання Π , кГц 260;

Вибираємо транзистор ВF998. На частоті 146 МГц і при $I_k = 1$ мА і $U_{CB} = 5$ В параметри транзистора ВF998 мають наступні значення:

$g_{11} = 1.35$ мСм; $C_{11} = 8,3$ пФ;

$g_{22} = 0.094$ мСм; $C_{22} = 1,4$ пФ;

$a_0 = 0.993$; $r_{\sigma} = 50$ Ом;

$|Y_{12}| = 0.59$ мСм; $|Y_{21}| = 37,7$ мСм;

Задану смугу пропускання і вибіркості по дзеркальному каналу забезпечуємо коливальними системами. Знаходимо еквівалентне загасання контуру:

$$d_{\Pi} \leq d_{\sigma} \leq d_{\sigma}, \quad (1.33)$$

$$d_{\Pi} = \frac{2\Pi}{f_c \sqrt{\sqrt{2}-1}}, \quad (1.34)$$

$$d_{\sigma} = \frac{4f_{c\max}}{f_{c\min} \sqrt{\sqrt{\sigma_3^2}-1}}, \quad (1.35)$$

де: σ_3 – необхідне ослаблення дзеркального каналу.

Оскільки сигнал у нас фіксованої частоти, то $f_{c\max} = f_{c\min} = f_c$.

Підставляючи значення, знаходимо:

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$d_{\pi} = \frac{2 \cdot 100 \cdot 10^3}{146.00 \cdot 10^6 \sqrt{\sqrt{2} - 1}} = 0.0011,$$

$$d_{\sigma} = \frac{4 \cdot 146.00 \cdot 10^6}{144.00 \cdot 10^6 \sqrt{\sqrt{220^2} - 1}} = 0.274,$$

Вибираємо $d_E = 0,012$.

Розраховуємо резонансний коефіцієнт підсилення:

$$K_{01} = \frac{|Y_{21}|}{2\sqrt{g_{11} \cdot g_{22}}} \left(1 - \frac{d_K}{d_3} \right) \quad (1.36)$$

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

Знаходимо стійкий коефіцієнт підсилення:

$$K_Y = 0.35 \sqrt{\frac{|Y_{21}|}{|Y_{12}|}} = 0.35 \sqrt{\frac{37.7}{0.59}} = 2.9 \quad (1.37)$$

$K_{01} > K_Y$ – підсилювач нестійкий, використовуємо підсилювач на польовому транзисторі з двома заслонами з спільним витоком рис. 1.5.

Параметри транзистора стануть рівними:

$$Y_{12} = Y_{12} \frac{Y_{22}}{Y_{21}} \quad (1.38)$$

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

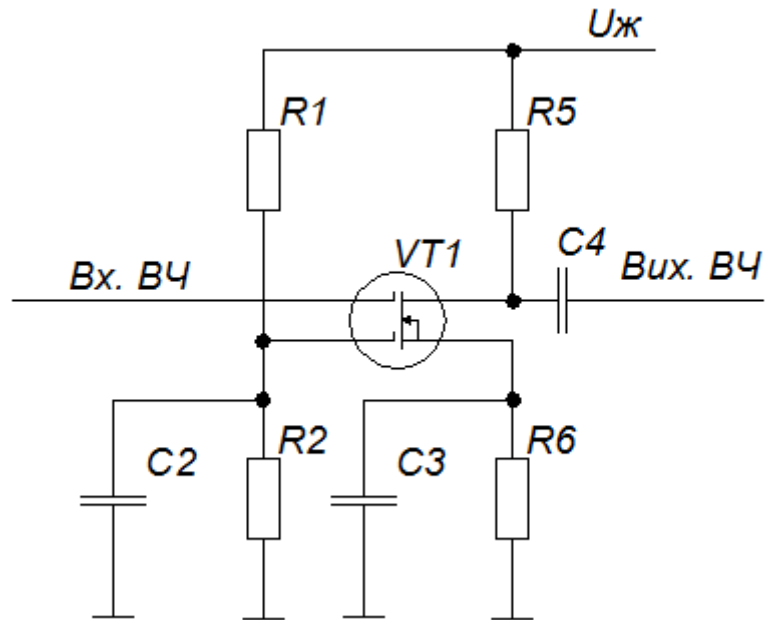


Рисунок 1.5 – Підсилювач радіочастоти

Тоді

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

$$K_y = 0.35 \sqrt{\frac{37.7}{0.014}} = 18.1,$$

тобто підсилювач стійкий.

Задаємося мінімальною еквівалентною ємністю контуру.

$$C_{\text{Эmin}} = (5 \div 10)(C_M + C_L) \quad (1.39)$$

У діапазоні метрових і коротших хвиль зазвичай $C_M + C_L = (1 - 5)$ пФ.

$$C_{\text{Эmin}} = 1 \cdot 3 = 3 \text{ нФ}$$

Розрахуємо коефіцієнти трансформації:

$$m_1 = \sqrt{\frac{\pi f_c C_{\ominus \min} (d_{\ominus} - d_K)}{g_{22}}} \quad (1.40)$$

$$m_1 = \sqrt{\frac{3.14 \cdot 97.75 \cdot 10^6 \cdot 3 \cdot 10^{-12} (0.012 - 0.01)}{0.03}} = 0.0036$$

$$m_2 = m_1 \sqrt{\frac{g_{22}}{g_{11}}} = 0.018 \sqrt{\frac{1.35}{0.03}} = 0.12 \quad (1.41)$$

Визначимо власну ємність контуру C_K :

$$C_K = C_{\ominus \min} - m_1^2 C_{22} - m_2^2 C_{11} - (C_M + C_L); \quad (1.42)$$

$$C_K = 3 \cdot 10^{-12} - (0.0036)^2 \cdot 1.4 \cdot 10^{-12} - (0.12)^2 \cdot 8.3 \cdot 10^{-12} - 5 \cdot 10^{-12} = 4.8 \text{ пФ}$$

Вибираємо конденсатор 4,7 пФ.

Розрахуємо індуктивність котушки контуру:

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f_c^2 C_{\ominus \min}} \quad (1.43)$$

$$L = \frac{1}{4 \cdot (3.14)^2 \cdot (97.75 \cdot 10^6)^2 \cdot 15 \cdot 10^{-12}} = 0.83 \text{ мкГн}$$

Розрахуємо коефіцієнт шуму підсилювача в режимі узгодження $Ш_C$:

$$Ш_C = 1 + (r_{\sigma} + 4R_{ш})g_{11} + \frac{G_{ш}(1 + r_{\sigma}^2 g_{11})^2 + r_{\sigma}^2 b_{11}^2}{g_{11}}, \quad (1.44)$$

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

$$R_{ш} = \frac{20 \cdot I_K}{|Y_{21}|^2}, \quad (1.45)$$

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{ш} = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{(37.7)^2 \cdot 10^{-6}} = 14.07 (\text{Ом})$$

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

$$G_{ш} = 20I_{к} \frac{1 - a_0}{a_0}. \quad (1.46)$$

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

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

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:

$$I_{к0} = 1 \text{ мА},$$

$$U_{CB1} = U_{CB2} = 5 \text{ В};$$

Зворотний струм колекторів транзисторів $I_{B0} = 0,3 \text{ мкА}$;

Вхідний опір транзистора на робочій частоті $r_{11} = 1400 \text{ Ом}$;

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

$$\Delta I_{B0} = I_{к0} 2^{\frac{T_{\max} - T_0}{5}}, \quad (1.47)$$

$$\Delta U_3 = \gamma (T_{\max} - T_{\min}) \quad (1.48)$$

де $\gamma = 1,8 \text{ мВ/К}$

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta I_{c0} = 0.3 \cdot 10^{-6} \cdot 2^{\frac{60-20}{5}} = 76.8 \cdot 10^{-6} \text{ A}$$

$$\Delta U_3 = 1.8 \cdot 10^{-3} (60 + 40) = 0.18 \text{ B}$$

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

$$\Delta I_B = I_B \frac{T_{max} - T_{min}}{T_0} \quad (1.49)$$

$$\Delta I_B = 10^{-3} \frac{60 + 40}{293} = 0.34 \text{ (мА)}$$

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

$$R_1 = \frac{\Delta U_3 + A r_{11} \Delta I_{B0}}{\Delta I_{B0}}, \quad (1.50)$$

де: $A = 10 \dots 20$.

$$R_1 = \frac{0.18 + 15 \cdot 740 \cdot 76.8 \cdot 10^{-6}}{0.34 \cdot 10^{-3}} = 3036.8 = 3 \text{ кОм}$$

Вибираємо резистор 3 кОм.

Розрахуємо опір резистора R_4 :

Задаємося живленням $E_{Ж} = 3,3 \text{ В}$.

$$R_4 = \frac{E_K - 2U_{CB}}{I_{0B}} - R_1 \quad (1.51)$$

$$R_4 = \frac{3,3 - 2 \cdot 5}{10^{-3}} - 3000 = 2000 \text{ Ом}$$

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Вибираємо резистор 2 кОм

Знайдемо сумарний опір ділянки напруги зміщення заслону

$$R_0 = R_8 + R_9 + R_2; \quad (1.52)$$

$$R_0 = \frac{Ar_{11} \cdot E_K^2}{(2U_{KЭ} + R_1 I_{0K}) R_1 I_{0K}} \quad (1.53)$$

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

Визначимо опори резисторів R_8 , R_9 , R_2 :

$$R_8 = R_0 R_1 \frac{I_{0K}}{E_K} \quad (1.54)$$

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

$$R_9 = R_0 \frac{U_{KЭ}}{E_K} \quad (1.55)$$

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

$$R_3 = R_0 - R_8 - R_9 \quad (1.56)$$

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

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 :

$$C_1 = C_2 = \frac{50}{2\pi f_0 R_1} \quad (1.57)$$

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

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$C_3 = \frac{50}{2\pi f_0 R_4} \quad (1.58)$$

$$C_3 = \frac{50}{2 \cdot 3.14 \cdot 145.5 \cdot 10^6 \cdot 2000} = 27,74 \text{ нФ}$$

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

1.3.2 Розрахунок фільтра зосередженої селекції першої проміжної частоти з підсилювачем

Початкові дані для розрахунку підсилювача проміжної частоти, представленого на рисунку 1.4, є:

частота настроювання ФЗС, f_0 10,7 МГц,
 необхідна смуга пропускання Π 60 кГц
 вибірковість ППЧ по сусідньому каналу 50 дБ
 задане відстроювання сусіднього каналу 50 кГц
 власне загасання контурів ФЗС d_k 0,007
 характеристичний опір контуру, ρ 10 кОм

Перевіримо доцільність застосування ФЗС по формулі:

$$d_k \leq \frac{\Pi}{2\sqrt{2}f_0} \quad (1.59)$$

$$d_k \leq \frac{60 \cdot 10^3}{2\sqrt{2} \cdot 10,7 \cdot 10^6} = 0,0018$$

Вибираємо транзистор BFS17A і визначаємо його параметри по частоті 10,7 МГц, при $I_{к0} = 1 \text{ мА}$ и $U_{кэ} = 3,3 \text{ В}$

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

Розрахуємо допоміжні величини:

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

узагальнене загасання ФЗС

$$\beta = \frac{2f_0 d_{\kappa}}{\Pi} \quad (1.60)$$

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

Відносне розлаштування по сусідньому каналу

$$a_c = 2 \frac{\Delta f_c}{\Pi} \quad (1.61)$$

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

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

$$\sigma_1 = -12dB$$

визначаємо необхідне число ланок:

$$n = \frac{\sigma_c}{\sigma_1} = \frac{-50}{-12} = 4.16 \quad (1.62)$$

приймаємо $n=4$

Розрахуємо коефіцієнти трансформації:

$$m_1 = \sqrt{\frac{1}{\rho \cdot g_{22}}}, \quad (1.63)$$

$$m_2 = \sqrt{\frac{1}{\rho \cdot g_{11}}}, \quad (1.64)$$

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

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

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

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

$$K_\phi = 0,14$$

Розрахуємо резонансний коефіцієнт підсилення каскаду з ФЗС:

$$K_{01} = \frac{K_\phi |Y_{21}|}{\sqrt{g_{11} g_{22}}}, \quad (1.65)$$

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

Розрахуємо елементи контурів, утворюючі ланки ФЗС:

$$C1 = \frac{10^6}{\omega_0 \rho}, \quad (1.66)$$

$$C2 = \frac{10^6}{\pi \cdot \Pi \cdot \rho}, \quad (1.67)$$

$$C3 = 0,5C2 - m_1^2 C_{22}, \quad (1.68)$$

$$C4 = 0,5C2 - m_2^2 C_{11} \quad (1.69)$$

$$L1 = \frac{\rho \cdot \Pi \cdot 10^6}{4\pi f_0^2}, \quad (1.70)$$

$$L2 = 2L1 \quad (1.71)$$

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: ємності в мікрофарадах, 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 $C3 = 100 \text{ нФ}$

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

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 джерела живлення E_k3,3 В

діапазон робочих температур ($T_{min} - T_{max}$),..... 40 ÷ 60 0С

відносна нестабільність струму колектора $\frac{\Delta I_k}{I_{0k}}$ 0,1

зворотний струм колектора I_{k0} , 0,3 мкА

струм колектора I_{0k} , 1 мА

напруга колектор – емітер, $U_{кэ}$, 5 В

робоча частота f_0 10,7 МГц

Знайдемо зміну зворотного струму колектору ΔI_{k0} і величину теплового зміщення напруги бази $\Delta U_б$:

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$\Delta I_{\kappa 0} = I_{\kappa 0} 2^{\frac{T-T_0}{5}}, \quad (1.72)$$

$$\Delta U_{\delta} = \gamma \Delta T, \quad (1.73)$$

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

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

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

Розрахуємо опір резистора $R3$ за формулою:

$$R3 = \frac{(0,8 \div 1,0) U_{\kappa \delta}}{I_{0\kappa}}, \quad (1.74)$$

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

Вибираємо резистор $4,7 \text{ кОм}$

Розрахуємо опір R_{ϕ} по формулі:

$$R_{\phi} = \frac{E_{\kappa} - U_{\kappa \delta}}{I_{0\kappa}} - R3, \quad (1.75)$$

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

Вибираємо резистор $5,3 \text{ кОм}$

Знайдемо опори резисторів $R1, R2$:

$$R1 = \frac{E_{\kappa}}{I_{0\kappa}} \left(\frac{R3 \Delta I_{\kappa} - \Delta U_{\delta}}{R3 \Delta I_{\kappa 0}} - 1 \right), \quad (1.76)$$

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$R2 = \frac{R3(R1 + R\phi)I_{0R}}{E_R - R3I_{0K}} \quad (1.77)$$

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

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

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

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

вибираємо $R2 = 2,7 \text{ кОм}$

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

$$C5 = \frac{50}{2\pi f_0 R3}, \quad (1.78)$$

$$C\phi = \frac{50}{2\pi f_0 R\phi}, \quad (1.79)$$

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

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

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

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

1.3.3 Розрахунок змішувача першої проміжної частоти

Розрахуємо змішувача першої проміжної частоти з окремим гетеродином, представлений на рисунку 1.3 елементи L4C11, C12, VT2, R11.

Вихідні дані для розрахунку:

робоча частота сигналу f_c 145 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 Π кГц 260

Вибираємо транзистор ВФ998 і визначаємо його параметри по частоті 10,7 МГц, при $I_k = 1$ мА и $U_{кз} = 3,3$ В

$g_{11} = 6,75$ мСм, $C_{11} = 9,1$ нФ, $g_{22} = 0,47$ мСм, $C_{22} = 1,42$ нФ,
 $E_{вдс} = 1,2$ В, $E_{max} = 0,38$ В.

Розраховуємо напругу гетеродина і зміщення:

$$U_{m2} = \frac{|E_{max}| - |E_{omc}|}{1 - \cos(\Theta)}, \quad (1.80)$$

$$|E_{cm}| = |E_{max}| - U_{m2} \quad (1.81)$$

$$U_{m2} = \frac{0,38 - 0,2}{1 - \cos(120)} = 0,12 \text{ В},$$

$$|E_{cm}| = 1,38 - 0,12 = 1,26 \text{ В}$$

Розраховуємо середнє значення і амплітуду першої гармоніки струму витоку по формулах:

$$I_{cp} = I_{Bmax} \alpha_0(\Theta), \quad (1.82)$$

$$I_{m1} = I_{Bmax} \alpha_1(\Theta), \quad (1.83)$$

де α_0, α_1 – коефіцієнти Берга.

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

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

При струмі I_{m1} і частоті $f_{\Gamma} = 147,7$ МГц по відповідних графіках визначимо першу гармоніку крутизни:

$$|Y_{21}|_1 = 138,5 \text{ мСм}$$

Крутизну перетворення розраховуємо по формулі:

$$|Y_{21}|_{п1} = 0,5 |Y_{21}|_1 \quad (1.84)$$

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

Розраховуємо елементи вхідного контуру ПЧ:

Оптимальне значення еквівалентної ємності контуру визначаємо по формулі:

$$C_{\text{опт}} = \frac{g_{22}}{\pi f_0 (d_3 - d_k)} = \frac{0,47 \cdot 10^{-3}}{\pi 10,7 \cdot 10^6 \cdot 0,01} = 1,4 \text{ нФ} \quad (1.85)$$

Розраховуємо власну ємність контуру:

$$C_k = C_{\text{опт}} - C_{22} - \frac{g_{22}}{g_{11}} C_{11}, \quad (1.86)$$

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

Вибираємо конденсатор 1500 нФ, індуктивність контуру визначаємо по формулі:

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L = \frac{1}{\omega_0^2 C_{\text{эонм}}}, \quad (1.87)$$

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

Розраховуємо коефіцієнт трансформації m_2 :

$$m_2 = \sqrt{\frac{g_{22}}{g_{11}}} = \sqrt{\frac{0,47}{6,75}} = 0,26 \quad (1.88)$$

Розраховуємо коефіцієнт підсилення:

$$K_{01} = \frac{|Y_{21}|}{2\sqrt{g_{11}g_{22}}} \left(1 - \frac{d_{\kappa}}{d_{\rho}}\right), \quad (1.89)$$

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

Розраховуємо коефіцієнт шуму по формулі:

$$III_{nc} = 1 + (r'_o + 4R_{ун})g_{11n} + \frac{G_{ш}(1 + r'_o g_{11n})^2 + r'_o b_{11n}^2}{g_{11n}} \quad (1.90)$$

де:

$$R_{ун} = \frac{20I_{cp}}{|Y_{21}|_{нк}^2}, \quad (1.91)$$

$$G_{1ун} = \frac{20I_{cp}(1 - \alpha_0)}{\alpha_0} \quad (1.92)$$

$$\alpha_0 = 0,96 - 0,99.$$

Вибираємо $\alpha_0 = 0,98$

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

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

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

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

1.3.4 Вибір та обґрунтування вузлів схеми електричної принципової

ВА4116 – інтегральна схема з внутрішнім колом змішувача, колом частотного детектування, колом детектування сигналу, і колом детектування шуму. Мікросхема працює при низькій напрузі 3,3В. Технічні характеристики на сайті фірми виробника <http://www.discriminator.nl/ic/ba4116.pdf>.

Підсилювач низької частоти MC34119 технічні характеристики <http://www.unisonic.com.tw/datasheet/MC34119.pdf>. Синтезатор частоти с ФАПЧ LMX2306TMX/NOPB <http://www.ti.com/product/lmx2306>. Мікроконтролер для управління роботою приймача технічні характеристики на сайті фірми виробника <http://www.atmel.com/images/doc2543.pdf>.

1.4 Проектування конструкторське

1.4.1 Розробка компоновки і конструкції друкованого вузла

При розбитті пристрою на складові частини основним критерієм є принцип функціональної закінченості. Це забезпечує мінімальну кількість зовнішніх з'єднань, зменшує інтенсивність відмов за рахунок зменшення кількості контактів між вузлами, покращує масо-габаритні і технічні показники. На одній платі може розташовуватися одна або кілька функціонально закінчених схем.

					ЯМ33.126.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Товщину вихідного матеріалу вибираємо в залежності від використовуваної елементної бази і діючих механічних навантажень.

Кращими значеннями номінальних товщин одно- і двосторонніх ПП є 0,8; 1,0; 1,5; 2,0 мм. Допуск на товщину ПП Н встановлюють згідно з відповідними стандартами або ТУ на вихідний матеріал (ГОСТ 23751-86).

Розміщення навісних елементів рекомендовано здійснювати в такий спосіб: принципова електрична схема розбивається на функціонально пов'язані групи, складається таблиця з'єднань, проводиться розміщення навісних елементів в кожній групі; група елементів, що має найбільшу кількість зовнішніх зв'язків, розміщується поблизу з'єднувача; група елементів, що має найбільше число зв'язків з уже розміщеною групою навісних елементів, розміщується поруч і т.д. За ГОСТ 25751-83 необхідно виконати раціональне розміщення '- навісних елементів з урахуванням електричних зв'язків і теплового режиму із забезпеченням мінімальних значень довжин зв'язків, кількості переходів друкованих провідників із шару на шар, паразитних зв'язків між навісними елементами; крім цього, якщо можливо, то доцільно виконати рівномірний розподіл мас навісних елементів по поверхні плати з установкою елементів з більшою масою поблизу місць механічного кріплення плати.

При установці елементів на ДП рекомендується врахувати наступні правила установки елементів:

□ для забезпечення можливості групової пайки все ЕРЕ встановлюються тільки з одного боку плати, виключаючи тим самим впливу припою на елементи;

□ при установці елементів їх висновки кріплять в монтажних отворах плати, причому в кожному отворі можна розміщувати лише один висновок елемента;

□ центри монтажних і перехідних отворів повинні розташовуватися у вузлах координатної сітки (то ж рекомендується і для кріпильних отворів);

					ЯМ33.126.001ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

□ навісні двовивідні елементи необхідно розміщувати на ПП паралельно лініям координатної сітки. Для зручності автоматизації процесу встановлення ЕРЕ на плату доцільно розташовувати їх рядами;

□ необхідно дотримуватися певної відстані від корпусу елемента до місця пайки, регламентований ТУ на даний елемент;

□ відстань між корпусами сусідніх ЕРЕ вибирають з умови найкращого тепловідведення і допустимої різниці потенціалів (щодо виводів);

□ конструктивні деталі механічного кріплення (скоби, власники, хомути та ін.) вибираються з числа рекомендованих або конструюються знову з урахуванням механічних перевантажень, що діють на виріб.

1.4.2 Оптимізація компоновки, друкованого вузла

Оптимізація компоновки виконувалась з врахуванням рекомендацій наведених в 1.4.1 програмним пакетом Altium в напівавтоматичному режимі що зумовлено вище згаданою вимогою до друкованого вузла.

Креслення друкованої плати та друкованого вузла з оптимальною компоновкою та трасуванням провідників виконувалось програмою Autodesk.

					ЯМ33.126.001ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

2.1 Заходи щодо зменшення впливу електромагнітних полів

Найбільшого поширення отримали наступні методи захисту від ЕМВ:

1 Зменшення потужності випромінювання в джерелі. інтенсивність опромінення прямо пропорційна потужності випромінювача й обернено пропорційна квадрату відстані між джерелом і робочим місцем.

Зменшення параметрів випромінювання безпосередньо у самому джерелі досягається раціональним вибором генератора, застосуванням узгоджених навантажень і спеціальних пристроїв-поглиначів потужності (еквівалент антени і навантаження). Останні застосовують як навантаження генераторів замість відкритих випромінювачів. Поглиначі потужності – це коаксіальні та хвилеводні лінії, частково заповнені поглинаючими матеріалами (чистим графітом або графітом у суміші з цементом, піском і гумою; пластмасами; порошковим залізом у бакеліті; керамікою; деревом; водою тощо).

2 Захист відстанню. Якщо неможливо послабити інтенсивність опромінення цими методами, використовують захист відстанню і її збільшенням. Уже зазначалося, що напруженості електричних і магнітних полів убують у міру збільшення відстані. Захист відстанню забезпечується за рахунок механізації й автоматизації виробничих процесів, застосуванням дистанційного управління і спеціальних маніпуляторів, раціональним розміщенням устаткування та робочих місць.

На підставі інструментальних вимірювань характеристик ЕМП для кожного конкретного випадку розміщення апаратури виділяють зони випромінювання, межі яких позначають яскравою фарбою на підлозі. Передбачаються сигнальні кольори та знаки безпеки відповідно до ГОСТу 12.4.026-76 ССБТ “Цвета сигнальные и знаки безопасности”.

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для захисту від електричних полів промислової частоти, що утворюються ЛЕП, збільшують висоту підвішування фазних проводів і встановлюють санітарно-захисні зони. Наприклад, для повітряних ліній електропередач напругою 330 кВ установлюють межу санітарно-захисної зони в один бік на відстані 20 м; для 500 кВ - 30 м; для 750 кВ - 40 м; для 1150 кВ - 55 м. У межах цих зон забороняється розміщати житлові та громадські будівлі, дачні ділянки й інші місця для перебування людей, майданчики для стоянки чи зупинки всіх видів транспорту, підприємства з обслуговування автомобілів, сховища нафти і нафтопродуктів.

Відстань від ліній електропередач до меж населених пунктів має бути не меншою ніж 250 м при напрузі 750 кВ і 300 м при напрузі 1150 кВ.

Архітектурно-планувальні рішення. Діючі установки потужністю понад 10 кВт слід розміщати у спеціально виділених приміщеннях регламентованої площі з капітальними стінами і перекриттями, покритими матеріалами, що поглинають ЕМП радіочастотного діапазону – цеглою, шлакобетоном; а також матеріалами, що здатні відбивати ці випромінювання, наприклад, олійними фарбами. Такі приміщення мають бути обладнані безпосереднім виходом у коридор чи назовні. Для цього підходять кутові приміщення першого й останнього поверхів будинку.

При використанні радіолокаційних антен для захисту персоналу від опромінення на відкритій території за межами будинків необхідно раціонально розпланувати територію радіоцентру і винести службові приміщення за межі антенного поля, встановити безпечні маршрути людей, та екранувати окремі приміщення і будинки, а також ділянки території.

3 Екранування джерел випромінювання та робочих місць. Екранування – одне з найбільш ефективних і найчастіше застосовуваних засобів захисту від ЕМВ.

Екрани поділяють на відбивальні і поглинальні. Відбивальні екрани виготовляють у вигляді листа чи сітки з металів, що добре проводять струм

					ЯМ33.126.001ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– міді, латуні, алюмінію, сталі. Захисна дія ґрунтується на тому, що ЕМП створює в екрані струми Фуко, які наводять вторинне поле, за амплітудою майже рівне, а за фазою протилежне первинному полю. Сумарне поле, що виникає при дії цих двох полів, дуже швидко убуває в екрані, проникаючи в нього на незначну глибину. Чим більша магнітна проникність екрана і вища частота випромінювання, тим меншою буде глибина проникнення. Екран потрібно заземляти.

Відбивальні екрани роблять у вигляді камер чи шаф, у які вміщують передавальну апаратуру, а також у вигляді кожухів, ширм, захисних козирків. Так, для відкритих розподільних пристроїв промислової частоти поряд із комутаційними апаратами, шафами управління і контролю рекомендують розміщувати стаціонарні й тимчасові екрани у вигляді козирків, навісів і перегородок з металевої сітки, яку обов'язково заземляють.

Для візуального спостереження за джерелами ЕМВ обладнують оглядові вікна, захищені металевою сіткою.

Поглиналильні екрани, кожухи та інші засоби виготовляють із матеріалів, що здатні поглинати енергію ЕМП. Це можуть бути тонкі гумові килимки; тверді аркуші поролону чи волокнистої деревини, які просочені відповідною речовиною; феромагнітні пластини. Для зазначених матеріалів коефіцієнт відбиття не перевищує 1-3%.

4 Установлення раціональних режимів роботи. Коли немає можливості знизити інтенсивність опромінення до нормативних значень, застосовують захист часом, тобто обмежують час перебування персоналу в ЕМП.

5 Застосування індивідуальних засобів захисту. До них належать переносні парасолі, халати, куртки з каптуром, комбінезони, фартухи з металізованої тканини, які захищають організм людини за принципом сітчастого екрана із заземленням.

Для захисту очей від ЕМВ у діапазоні частот $3 \cdot 10^7$ - $3 \cdot 10^{11}$ Гц призначені захисні окуляри з металізованими стеклами, що містять двоокис

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

олова (ГОСТ 12.4.013-85 ССБТ. “Очки защитные. Общие технические условия”).

6 Організаційні заходи. Необхідно регулярно проводити дозиметричний контроль (не менше одного разу на 6 місяців); медогляд не менше одного разу на рік). Робітникам, що працюють із джерелами ЕМВ, має бути надана додаткова відпустка, скорочений робочий день та ін.

Для захисту персоналу від ЕМВ вимірювача амплітудно-частотної характеристики чотириполюсника апаратно-програмного використовується екранування вузлів, які є джерелами цього випромінювання.

2.2 Навчання з питань охорони праці.

Навчання та інструктаж працівників з питань охорони праці є складовою частиною системи управління охороною праці. Ці заходи проводяться із:

- учнями, вихованцями і студентами навчально-виховних закладів;
- працівниками в процесі їхньої трудової діяльності.

Усі працівники при прийомі на роботу та під час роботи проходять на підприємстві навчання, а також інструктаж з охорони праці, надання першої допомоги потерпілим унаслідок нещасних випадків, про правила поведінки при виникненні аварій.

Працівники, що виконують роботи з підвищеною небезпекою чи працюють там, де є необхідність у професійному відборі, проходять попереднє спеціальне навчання і перевірку знань з питань охорони праці в терміни, встановлені відповідними галузевими нормативними актами про охорону праці, але не рідше одного разу на рік.

Особи, які займаються індивідуальною трудовою діяльністю або суміщають професії, навчаються та інструктуються як за їх основною професією, так і за тією, що суміщається.

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати перевірки знань працівників з охорони праці оформлюються протоколом.

Організація навчання і перевірки знань з охорони праці на підприємстві покладається на працівників відділу кадрів або іншої служби роботи з персоналом.

Ураховуючи сучасні соціально-економічні умови і реальні потреби, актуальними в СУОП є забезпечення органів державного управління охороною праці та служб підприємств, організацій кваліфікованими фахівцями з відповідною професійною орієнтацією.

Реалізація цієї функції покладена на вищі навчальні заклади Міністерства науки і освіти, Держнаглядохоронпраці та Національний НДІ охорони праці.

Підвищення кваліфікації працівників Держнаглядохоронпраці проводиться за модульною системою при Національному НДІ охорони праці.

					ЯМ33.126.001ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Проведено аналіз схемотехнічних рішень радіоприймачів метрового діапазону. Обґрунтовано вибір структурної схеми радіоприймача з подвійним перетворенням частоти. Розраховано схему електричну структурну. Розроблено схему електричну принципову. Проведено розрахунок каскадів схеми електричної принципової. Прийнято рішення про використання інтегральних мікросхем для реалізації відповідних каскадів схеми електричної принципової. Відповідно до прийнятого розроблено друкований вузол проектованого пристрою. Оптимізація компоновки ЕРЕ та трасування провідників проводилась з врахуванням вимог до високочастотних виробів. В результаті проведених робіт отримано радіоприймач параметри та технічні характеристики якого повністю відповідають технічному завданню та стандартам для даного типу апаратури.

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

Проаналізовано заходи щодо зменшення впливу електромагнітних полів, опрацьовано питання навчання з охорони праці.

Конструкторське проектування проводилось з використанням САПР AutoCAD.

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

- 1 Бобров Н.В. Расчет радиоприемников. – М.: Радио и Связь, 1981.
- 2 Радиоприемные устройства. Под. ред. Барулина Л.Г. – М.: Радио и Связь, 1984. – 272 с.
- 3 Проектирование радиоприемных устройств. Под. ред. Сиверса А.П. – М.: Советское радио, 1976. – 487 с.
- 4 Титов А.А., Бабак Л.И., Черкашин М.В. Расчет межкаскадной согласующей цепи транзисторного полосового усилителя мощности // Электронная техника. Сер. СВЧ-техника. – 2000. – Вып. 1. – С. 46–50.
- 5 Радіотехніка: Енциклопедичний навчальний довідник: Навч. Р15 посібник / За ред. Ю.Л.Мазора, Є.А. Мачунського, В.І.Правди. – К.: Ви-ща шк., 1999. – 838с.
- 6 Титце У, Шенк А. Полупроводниковая схемотехника. – М.: Мир, 1982. – 512 с.
- 7 Методичні вказівки по виконанню організаційно-економічної частини дипломних проектів науково-дослідницького характеру для студентів спеціальності 7.080401 “Інформаційні управляючі системи та технології” 7.090901 “Прилади точної механіки” – Тернопіль, ТДТУ, 2008. – 39- с. Укладачі: д.е.н., доц. Кирич Н.Б., Старший викладач Шевчук Я. М.
- 8 Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. - Львів: Афіша, 2000 – 350с.
- 9 Винокурова Л.Е., Васильчук М.В., Гаман М.В. Основи охорони праці. – К.: Факт, 2005. – 344 с.
- 10 Дорогунцов С.І. Екологія. – К.: КНЕУ. – 1999 – 152с.
- 11 Гайченко В. А., Коваль Г. М. Основи безпеки життєдіяльності людини. – К.: В-во МАУП. – 2004.

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					ЯМЗЗ.126.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

ДОДАТКИ

Перш. викорис.	Поз. познач.	Найменування			Кіл.	Примітка		
Добір. №	BA1	Динамік Mainland YD78-1			1			
		<u>Конденсатори:</u>						
	C1	Samsung 0805 18nФ±10%			1			
	C2, C3	Samsung 0805 1nФ ±10%			2			
	C4	Samsung 0805 2nФ±10%			1			
	C5	Samsung 0805 30nФ±10%			1			
	C6	Samsung 0805 1nФ±10%			1			
	C7	Samsung 0805 10...24nФ			1			
	C8	Samsung 0805 27nФ±10%			1			
	C9	Samsung 0805 10nФ±10%			1			
Підпис і дата	C10, C11	Samsung 0805 30nФ±10%			2			
	C12	Samsung 0805 2nФ±10%			1			
	C13	Samsung 0805 1nФ±10%			1			
	C14	Samsung 080539nФ±10%			1			
	C15, C16	Samsung 0805 0,1±10%			2			
	C17	Samsung 0805 68nФ±10%			1			
	C18	Samsung 0805 0,1±10%			1			
	C19	Samsung 0805 100nФ±10%			1			
	C20	Samsung 0805 4nФ7±10%			1			
	C21, C22	Samsung 0805 470nФ±10%			2			
	C23	Samsung 0805 100nФ±10%			1			
Зам. інв. №	C24	Samsung 0805 0,1±10%			1			
	C25	Samsung 0805 33nФ±10%			1			
Підпис і дата	ЯМ33.126.001ПЕ							
	Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Інв. № ориг.	Розроб.	Яроцький М.З.			Радіоприймач метрового діапазону	Літ.	Арк.	Аркушів
	Перевір.	Марценюк А.С.					1	4
	Реценз.					ТНТУ імені Івана Пулюя ФПТ гр.РАС-41 м. Тернопіль		
	Н. Контр.	Марценюк А.С.						
	Затверд.	Дунець В.Л.						

		Перш. викорис.			
		Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
Добір. №		C26	Samsung SSL-25B 47мФ	1	
		C27 C28	Samsung 0805 0,1мФ±10%	2	
		C29	Samsung SSL-25B 2,2 мкФ±10%	1	
		C30	Samsung SSL-25B 10 мкФ±10%	1	
		C31	Samsung 0805 0,1мкФ±10%	1	
		C32	Samsung 0805 4н7±10%	1	
		C33	Samsung 0805 0,1мкФ	1	
		C34	Samsung 0805 270нФ±10%	1	
			<u>Мікросхеми:</u>		
		DA1	BA4116	1	
		DA2	LMX2306	1	
		DA3	MC34119	1	
Підпис і дата		DD1	Attiny2313	1	
		F1	SFPKA10700KD4A-R1	1	
		F2	SFPKA455KD4A-R1	1	
		HL1	Світлодіод АЛ307А ФЫЮ.336.015 ТУ	1	
			<u>Резистори:</u>		
Зам. інв. №		R1	Samsung 0805 - 47 кОм ±5%	1	
		R2	Samsung 0805 - 100 кОм ±5%	1	
		R3	Samsung 0805 - 10 кОм ±5%	1	
		R4	Samsung 0805 - 15 кОм ±5%	1	
		R5	Samsung 0805 - 330 Ом ±5%	1	
		R6	Samsung 0805 - 150 Ом ±5%	1	
Підпис і дата					
Інв. № ориг.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
ЯМ33.126.001ПЕ					Арк.
					2

Перш. викорис.		Поз. познач.	Найменування			Кіл.	Примітка		
		R7,R8	Samsung 0805 - 10 кОм ±5%			2			
Добір. №		R9...R11	Samsung 0805 - 330 Ом ±5%			3			
		R12	Samsung 0805 - 2,2 кОм ±5%			1			
		R13	Samsung 0805 - 160 кОм ±5%			1			
		R14	Samsung 0805 - 1,5 кОм ±5%			1			
		R15	Samsung 0805 - 330 Ом ±5%			1			
		R16	Samsung 0805 - 560 Ом ±5%			1			
		R17	Samsung 0805 - 100 кОм ±5%			1			
		R18 R19	Samsung 0805 - 1 кОм ±5%			2			
		R20	Samsung 0805 - 100 Ом ±5%			1			
		R21	Samsung 0805 - 100 кОм ±5%			1			
		R22	Samsung 0805 - 270 кОм ±5%			1			
		R23	Samsung 0805 - 1,5 кОм ±5%			1			
		R24	Samsung 0805 - 22 кОм ±5%			1			
		R25	Samsung 0805 - 6,2 кОм ±5%			1			
		Підпис і дата		R26	PV36 270 кОм ±5%			1	
				R27	Samsung 0805 - 56 кОм ±5%			1	
				R28	Samsung 0805 - 10 кОм ±5%			1	
R29	Samsung 0805 - 56 кОм ±5%			1					
R30	PV36 - 50 кОм ±5%			1					
Інв. № дубл.		R31	Samsung 0805 - 150 Ом ±5%			1			
		R32	Samsung 0805 - 330 Ом ±5%			1			
		R33	Samsung 0805 - 4,3 кОм ±5%			1			
Зам. інв. №		R34	Samsung 0805 - 82 кОм ±5%			1			
		R35	Samsung 0805 - 3,3 кОм ±5%			1			
Підпис і дата		SA1	Перемикач Wealth Metal Factory SS12F124			1			
		SA2	Перемикач Wealth Metal Factory SS12F27			1			
		SP1	Кнопка тактова TS-A3PV-130			1			
Інв. № ориг.									
		Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
ЯМ33.126.001ПЕ						Арк.	3		

Перш. викорис.	Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка	
	Добір. №	SW1	Роз'єм PF-50	1	
VD1		Стабілізатор LP2950 National Semiconductor	1		
VT1, VT2		BF998	2		
VT3. VT4		BFS17A			
VT5. VT6		BC847			
XS1		Роз'єм MJ-2-348B0	1		
<u>Кварцовий резонатор:</u>					
ZQ1		Резонатор CSBLA 10,240 M00 E58-B0 MURATA	1		
ZQ2		Резонатор CSBLA 455 K00 E58-B0 MURATA	1		
Підпис і дата					
Інв. № ориг.					
	Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
ЯМ33.126.001ПЕ				Арк.	4

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка														
Перш. викорис.																				
Добід. №																				
				<u>Документація</u>																
A1			ФРК6.126.009.000СК	Складальне креслення	1															
A1			ФРК3.126.009.000ЕЗ	Схема електрична																
				принципова	1															
A4			ФРК3.126.009.000ПЕ	Перелік елементів	1															
A4			ФРК3.126.009.000ПЗ	Пояснювальна записка	1															
<u>Складальні одиниці</u>																				
A3		12	ФРК6.108.012.000.01	Котушка	1	L1														
A3		13	ФРК6.108.012.000.02	Котушка	1	L2														
A3		14	ФРК6. 108.012.00003	Котушка	1	L3														
A3		15	ФРК6. 108.012.00004	Котушка	1	L4														
<u>Деталі</u>																				
A1		19	ФРК7.126.009.000ПЗ	Плата друкована	1															
<u>Інші вироби</u>																				
		25		Динамік Mainland YD78-1	1	BA1														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ЯМ33.126.001 ПЗ</td> </tr> <tr> <td>Змн.</td> <td>Арк.</td> <td>№ докум.</td> <td>Підпис</td> <td>Дата</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>												ЯМ33.126.001 ПЗ		Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
					ЯМ33.126.001 ПЗ															
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата																
Інв. № ориг.	Розроб.			Яроцький М.З.		Радіоприймач метрового діапазону	Літ.	Арк.	Аркушів											
	Перевір.			Марценюк А.С.				1	4											
	Реценз.						ТНТУ імені Івана Пулюя ФРК гр.РАс-41 м. Тернопіль													
	Н. Контр.			Марценюк А.С.																
	Затверд.			Дунець В.Л.																

Перш. викорис.		Формат	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка	
		Зона						
Добір. №								
			29		CSBLA 10,240 M00 E58-B0 MURATA	1	ZQ1	
			30		CSBLA 455 K00 E58-B0 MURATA	1	ZQ2	
			31					
			32		Кнопка тактова TS-A3PV-130	1	SP1	
						<u>Конденсатори</u>		
			36		Samsung 0805 1nФ±10%	1	C6	
			37		Samsung 0805 2nФ±10%	2	C4, C12	
	38		Samsung 0805 10nФ±10%	1	C9			
	39		Samsung 0805 18nФ±10%	1	C1			
	40		Samsung 0805 27nФ±10%	1	C8			
	41		Samsung 0805 30nФ±10%	2	C5, C11, C12			
	42		Samsung 0805 39nФ±10%	1	C14			
	43		Samsung 0805 27nФ±10%	1	C8			
	44		Samsung 0805 68nФ±10%	1	C17			
	45		Samsung 0805 100nФ±10%	1	C19, C23			
	46		Samsung 0805 270nФ±10%	1	C34			
	47		Samsung 0805 470nФ±10%	1	C21, C22			
	48		Samsung 0805 1nФ±10%	1	C2, C3, C13			
	49		Samsung 0805 4,7nФ±10%	1	C20, C32			
	50		Samsung 0805 33nФ±10%	1	C25			
	51		Samsung 0805 0,1мкФ±10%	2	C24, C27,			
			Samsung 0805 0,1мкФ±10%	2	C28, C31			
Інв. № ориг.							Арк.	
		ЯМ33.126.001 ПЗ					2	
	Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Перш. викорис.		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка	
Добід. №						<u>Мікросхеми</u>			
				58		BA4116	1	DA1	
				59		LMX2306	1	DA2	
				60		MC34119	1	DA3	
				61		Attiny2313	2	DD1	
							<u>Резистори</u>		
				67		MF-12 - 100 Ом ±5%	1	R20	
		68		MF-12 - 150 Ом ±5%	2	R6, R31			
		69		MF-12 - 330 Ом ±5%	4	R5, R9...R11			
				MF-12 - 330 Ом ±5%	2	R15, R32			
		70		MF-12 - 560 Ом ±5%	1	R16			
		71		MF-12 - 1 кОм ±5%	2	R18, R19			
		72		MF-12 - 1,5 кОм ±5%	2	R14,R23			
		73		MF-12 - 2,2 кОм ±5%	1	R12			
		74		MF-12 - 3,3 кОм ±5%	1	R35			
		75		MF-12 - 4,3 кОм ±5%	1	R33			
		76		MF-12 - 6,2 кОм ±5%	1	R25			
		77		MF-12 - 10 кОм ±5%	2	R3,R7,			
				MF-12 - 10 кОм ±5%	2	R8,R28			
		78		MF-12 - 15 кОм ±5%	1	R4			
		79		MF-12 - 22 кОм ±5%	1	R24			
		80		MF-12 - 47 кОм ±5%	1	R1			
		81		MF-12 - 56 кОм ±5%	2	R27,R29			
		82		MF-12 - 82 кОм ±5%	1	R34			
Інв. № ориг.								Арк.	
								3	
		Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

ЯМ33.126.001 ПЗ

