

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
З КУРСУ «РАДІОПРИЙМАЛЬНІ ПРИСТРОЇ В РАДІОФІЗИЦІ»**

для студентів спеціальності
7.040204-01 – Радіофізика і електроніка

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 1 від 20.06.2012 р.

Харків
НТУ «ХПІ»
2012

Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Радіоприймальні пристрої в радіофізиці» для студентів спеціальності 7.040204-01 – Радіофізика і електроніка / уклад. В.В. Лізогуб, О.В. Богомаз, Д.В. Котов. – Х. : НТУ «ХП», 2012. – 44 с.

Укладачі: В.В. Лізогуб
О.В. Богомаз
Д.В. Котов

Рецензент Ю.І. Под'ячий

Кафедра радіоелектроніки

ВСТУП

Курс «Радіоприймальні пристрої в радіофізиці» складається з лекційних, практичних та лабораторних занять. Метою лабораторних робіт є закріплення теоретичних знань, отриманих студентами на лекціях та практичних заняттях, набуття практичних навичок роботи з радіоприймальними пристроями і визначення їх характеристик.

Роботи проводяться на лабораторній установці, до складу якої входять: стаціонарний супергетеродинний короткохвильовий радіоприймач Р-399А, генератори високочастотних сигналів Г4-158 та Г4-153, електронний мілівольтметр змінного струму ВЗ-38, двоканальний електронний осцилограф С1-93 і допоміжні пристрої комутації та узгодження.

Кожна лабораторна робота містить: мету, методику виконання, вимоги до звіту з виконання роботи та контрольні запитання.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

ОЗНАЙОМЛЕННЯ З РАДІОПРИЙМАЛЬНИМ ПРИСТРОЄМ Р-399А

Мета роботи

1 Ознайомитися з призначенням, технічними характеристиками та принципом роботи радіоприймального пристрою (РПП) Р-399А.

2. Розглянутим функціональну схему РПП Р-399А, а також особливості електричних принципових схем складових РПП.

1.1 Обладнання

1.1.1. Призначення радіоприймача Р-399А

- Пошук та прийом телеграфних амплітудно-модульованих (АМ), телефонних АМ, односмугових сигналів;
- використання як командного РПП з автоматичною видачею коду частоти настроювання;
- використання як виконавчого РПП, що забезпечує настроювання на будь-яку частоту за зовнішнім кодом за 50 мс;
- панорамний огляд в смугах частот 1,0; 3,0; 4,0; 6,0; 10,0 кГц та індикації настроювання РПП на частоту сигналу, що приймається, з точністю ± 1 кГц;
- спільна робота двох РПП, що забезпечують синхронне настроювання обох РПП при керуванні настроюванням з одного із них.

1.1.2. Технічні характеристики

1. Діапазон частот, що приймаються: від 1,0 до 31,999999 МГц. Діапазон частот розбито на 24 піддіапазони (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Діапазони частот, що приймаються РПП Р-399А

№ піддіапазону	Частота, МГц	№ піддіапазону	Частота, МГц	№ піддіапазону	Частота, МГц
1	1,0–1,2	9	3,5–4,0	17	10,0–11,0
2	1,2–1,4	10	4,0–4,5	18	11,0–13,0
3	1,4–1,7	11	4,5–5,0	19	13,0–15,0
4	1,7–2,0	12	5,0–6,0	20	15,0–17,0
5	2,0–2,3	13	6,0–7,0	21	17,0–20,0
6	2,3–2,6	14	7,0–8,0	22	20,0–23,0
7	2,6–3,0	15	8,0–9,0	23	23,0–27,0
8	3,0–3,5	16	9,0–10,0	24	27,0–32,0

2. Чутливість у режимі прийому телеграфних передач (А1) і передач з однією бічною смугою (А3А та А3J) не більше 0,6 мкВ. Чутливість у режимі прийому телефонних передач (А3) не більше 2 мкВ.

3. Установлення та перестроювання частоти забезпечується вручну за допомогою клавіатури «УСТАНОВКА ЧАСТОТЫ» або ручки «НАСТРОЙКА» з дискретністю 1 Гц (при натиснутій кнопці «1» перемикача «ШАГ НАСТРОЙКИ») та 10 Гц (при натиснутій кнопці «10»). Після натискання кнопки «СБ» (скидання) можна набрати іншу частоту настроювання. Автоматичне перестроювання назад і вперед здійснюється натисканням кнопок «◀» та «▶».

Зупинка перестроювання здійснюється натисканням кнопки «СТОП».

4. Тракт проміжної частоти РПП на частоті 215 кГц має такі номінальні значення смуг пропускання, що формуються електромеханічними фільтрами (ЕМФ): 0,3; 1,0; 3,0; 6,0; 10,0 кГц і чотириланковим LC-фільтром із дзвоноподібною характеристикою і смугою пропускання 4,0 кГц.

5. Динамічний діапазон РПП за комбінацією завад виду

$$2f_1 - f_2 = f_{\text{настр}}$$

не менше 70 дБ.

6. Ослаблення за дзеркальними каналами першого та другого перетворення частоти не менше 80 дБ.

7. Ослаблення на першій і другій проміжних частотах не менше 82 дБ.

8. Атенюатор на вході РПП забезпечує ослаблення сигналу на 10, 20, 30 та 40 дБ. П'яте положення перемикача «ГШ» використовується при оцінюванні чутливості РПП в одиницях « kT_0 ».

9. Автоматичне регулювання підсилення (АРП) з порогом спрацьовування 1–3 мкВ забезпечує зміну напруги на виході РПП не більше 6 дБ, при збільшенні вхідного – на 80 дБ відносно порогу спрацьовування АРП. АРП має постійні часу: 0,05; 0,1; 1,0; 5,0 секунд. У положенні перемикача «РРУ» (ручне регулювання підсилення) АРП вимикається і підсилення на проміжній частоті регулюється ручкою «УСИЛЕНИЕ ПЧ».

10. РПП має вихід низької частоти «ТЕЛЕФОНЫ» з номінальною напругою 1,5 В і опором 600 Ом. Коефіцієнт нелінійних спотворень при $U_{\text{вих}} = 4 \text{ В}$ не перевищує 5 %.

11. Тракт низької частоти має два фільтри, що перемикаються, з граничними частотами зрізу 3,4 та 8,0 кГц за рівнем 6 дБ, що встановлюються ручкою «ПОЛОСА НЧ, кГц».

12. У РПП є ручне регулювання підсилення (РРП) на проміжній частоті, що забезпечує номінальну напругу на виході при зміні вхідної напруги на 80 дБ відносно вхідного, що дорівнює 1 мкВ.

13. РРП на низькій частоті дозволяє зменшувати напругу на вході порівняно з максимальною на 30–40 дБ. Встановлюється ручкою «УСИЛЕНИЕ НЧ».

14. У РПП є третій гетеродин для прийому телеграфних сигналів, що працює в таких режимах:

- плавного перестроювання з межею зміни частоти ± 5 кГц; встановлюється ручкою «ТОН БИЕНИЙ», положення ручки «РОД РАБОТЫ» – «ТЛГ»;
- фіксованого настроювання на частоті 215 кГц, положення ручки «РОД РАБОТЫ» – «ТЛГФ»;
- фіксованих настроювань для прийому передач з однією бічною смугою на частотах $213,15 \pm 0,01$ кГц та $216,65 \pm 0,01$ кГц у положенні ручки «РОД РАБОТЫ» – «НБП», «ВБП».

15. РПП має пристрій, що забезпечує:

- індикацію номінальних значень напруг живлення;
- індикацію номінальних значень напруг низької частоти;
- індикацію працездатності опорного генератора;
- оцінку чутливості до $40 kT_0$ за допомогою внутрішнього генератора шуму. Рівень напруги генератора шуму регулюється ручкою «УРОВЕНЬ ШУМА».

1.1.3. Принцип роботи радіоприймача Р-399А

РПП виконано за супергетеродинною схемою з подвійним перетворенням частоти (інфрадін).

Перша проміжна частота $f_{ПЧ1} = 34\,785$ кГц знаходиться вище діапазону частот, що приймається.

Як перший гетеродин використовується цифровий синтезатор частот, який можливо перестроювати за частотою. Стабільність синтезатора визначається опорним кварцовим генератором з частотою 5 МГц. Опорний генератор поміщено в двокамерний термостат. Перший гетеродин перестроюється в діапазоні частот від 35 785 до 66 785 кГц.

Частота другого гетеродина $f_{Г2} = 35$ МГц синтезується з частоти опорного генератора.

Встановлення частоти РПП проводиться дискретно за допомогою клавіатури або ручкою плавного перестроювання. Частота настроювання відобража-

ється на цифровому табло. Одночасно з перестроюванням першого гетеродина здійснюється автоматичне перемикання фільтрів блока попередньої селекції, настроєних на смугу відповідного піддіапазону.

Фільтри перших одинадцяти піддіапазонів – чотириконтурні, останніх тринадцяти – шестиконтурні.

Фільтр основної селекції першої проміжної частоти – кварцовий зі смугою пропускання 20 кГц на рівні 6 дБ.

Фільтри в тракці другої проміжної частоти, що формують амплітудно-частотну характеристику (АЧХ) приймача, електромеханічні.

Для прийому амплітудної телеграфії (посилки імпульсами несучої частоти) передбачено тональний генератор (третій гетеродин), що дозволяє змінювати тон биття у діапазоні 0–5 кГц.

Для прийому сигналів з однією бічною смугою використовується кварцовий генератор з двома частотами (213,15 та 216,85 кГц), які можливо перемикає.

1.1.4. Опис функціональної схеми

Сигнал з приймальної антени через роз'єм надходить на схему захисту від потужного сигналу завади і далі – на атенюатор. Попередня селекція здійснюється смуговими фільтрами. На вхід смугових фільтрів напруга подається в режимі вимірювання чутливості від генератора шуму, у режимі прийому – з атенюатора. З виходу фільтрів через схему захисту напруга подається на підсилювач високих частот (ПВЧ). ПВЧ зібрано на польовому транзисторі великої потужності і має смугу 1–32 МГц.

З ПВЧ сигнал подається на перший перетворювач частоти (ПерЧ1), який зібрано за кільцевою схемою на польових транзисторах. На перетворювач надходить також напруга від генератора сітки частот у межах 35 785–66 578,5 кГц. Навантаженням ПерЧ1 служить кварцовий фільтр з $f_{01} = 34\,785$ кГц.

Перші дзеркальні канали $f_{дз} = f_c + 2f_{ПЧ1}$ знаходяться в діапазоні частот 70 570–101 570 кГц і заглушуються вхідними фільтрами не менше 80 дБ.

Селективність за дзеркальним каналом другої проміжної частоти визначається кварцовим фільтром на частоті, що відмінна від $f_{01} = 34\,785$ кГц на 430 кГц.

Напруга першої проміжної частоти і напруга другого гетеродина $f_{Г2} = 35$ МГц подається на другий перетворювач частоти ПерЧ2, що зібрано на польових транзисторах за балансною схемою. Напруга другої проміжної частоти виділяється блоком ЕМФ з $f_{0пр2} = 215$ кГц та смугою пропускання 0,3; 1,0; 3,0; 4,0; 6,0 і 10,0 кГц.

Напруга другої проміжної частоти подається на вхід підсилювача з керуванням коефіцієнтом підсилення в межах 80 дБ. Керуюча напруга може зніматися або з системи АРП, або з регулятора «УСИЛЕНИЕ ПЧ». З ППЧ2 сигнал подається на блок детекторів.

У положенні перемикача «РОД РАБОТЫ» «ТЛГ» напруга ПЧ2 подається на амплітудний детектор, у положенні «ТЛГФ» напруги ПЧ2 і 215 кГц подаються на змішувач ПерЧ3 (використовується при настроюванні на частоту сигналу, що приймається, за нульовими биттями тощо). У положенні перемикача «РОД РАБОТЫ» «ТЛГ» на вхід ПЧ3 подається напруга другої проміжної частоти і генератора $f_r = 215 + 5$ кГц (тон биття). У положенні перемикача «РОД РАБОТЫ» «НБП» та «ВБП» на вхід змішувача подаються напруги $f_{проп} = 213,15$ і $f_2 = 216,85$ кГц відповідно.

У блоці детекторів здійснюється попереднє підсилення сигналів низької частоти і формування смуги пропускання $\Delta f_1 = 3,4$ кГц і $\Delta f_2 = 8$ кГц.

З блока детекторів сигнал низької частоти подається на вхід вихідного каскаду ПНЧ, а з нього – на телефони, індикатор виходу та лінію.

Зовнішній вигляд РПП наведено у додатку 1, структурну схему – у додатку 2, основні електричні схеми блоків і каскадів радіоприймача Р-399А – у додатках 3–8.

1.2. Зміст звіту

Звіт складається кожним студентом і має містити:

- розташування органів керування та контролю на передній панелі;
- функціональну схему радіоприймача;
- електричну схему лінійної частини радіоприймача (вказати елементи схеми, які визначають селективність за сусідніми, прямим і дзеркальним каналами, а також ланцюги АРП).

Контрольні запитання

1. Як встановити задану частоту настроювання радіоприймача?
2. Призначення ручки «ОСЛАБЛЕНИЕ, дБ».
3. З яких міркувань вибирається ширина смуги ПЧ і величина постійної часу АРП? Навести приклади.
4. При яких видах прийому використовується перемикач «РОД РАБОТЫ»?
5. Пояснити комутацію кіл, які відповідають за вид роботи РРП («ТЛГ», «ТЛГФ», «ТЛФ», «НБП», «ВБП»).
6. У якому положенні ручки «РОД РАБОТЫ» можна змінити тон биття?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2
ПІДГОТОВКА ДО РОБОТИ ТА ПЕРЕВІРКА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ
РАДІОПРИЙМАЧА Р-399А

Мета роботи

1. Набуття навичок з підготовки РПП до роботи.
2. Навчитися перевіряти працездатність РПП.

2.1. Підготовка до роботи

1. Підключити телефони на до роз'єму «ТЕЛЕФОНЫ».
2. Установити органи управління РПП у наступні положення:
 - перемикач «ОСЛАБЛЕНИЕ, дБ» – «0»;
 - перемикач «ПОЛОСА ПЧ, кГц» – «3»;
 - перемикач «ПОЛОСА НЧ, кГц» – «3,4»;
 - перемикач «РОД РАБОТЫ» – «ТЛГФ»;
 - перемикач «ПОСТОЯННАЯ АРУ, с» – «РРУ»;
 - перемикач «КОНТРОЛЬ» – «ИВ»;
 - ручка «УСИЛЕНИЕ НЧ» – крайнє праве положення;
 - ручка «УСИЛЕНИЕ ПЧ» – середнє положення;
 - клавіатура «АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПЕРЕСТРОЙКА» – «СТОП»;
 - клавіатура «ШАГ НАСТРОЙКИ» – натиснута клавіша «10»;
 - клавіатура «УСТАНОВКА ЧАСТОТЫ» – натиснута клавіша «СБ».

Інші органи керування можуть знаходитися у будь-якому положенні.

3. Увімкнути живлення тумблером «ВКЛ-ОТКЛ» на блоці живлення, при цьому на табло має встановитися частота 1 МГц , а на передній панелі має засвітитися світлодіод «СИНХРОНИЗАЦИЯ, ПИТАНИЕ, ТЕРМОСТАТ».

4. Тумблери «ДУ», «КОД ЧАСТ.» перемикнути у положення «ОТКЛ».

5. Установити перемикач «КОНТРОЛЬ» послідовно в положення «+5 В», «+12 В», «+27 В», «+200 В», «-2 В», «-5 В», «-9 В», «ОГ». У кожному положенні перемикача стрілка контрольного приладу має знаходитися в межах чорного сектора.

6. Установити перемикач «КОНТРОЛЬ» у положення «ИВ», при цьому при збільшенні підсилення ППЧ у телефонах має збільшуватися шум, а стрілка приладу – відхилятися.

2.2. Вимірювання чутливості радіоприймача

в одиницях « kT_0 »

1. Провести вимірювання чутливості на частотах: 2,4; 3,2; 4,2; 4,7; 5,5; 6,5; 7,5; 8,5; 9,5; 12,0; 14,0; 16,0; 18,0; 25,0 та 29,0, МГц. Частоти вказуються викладачем.

2. Порядок вимірювання чутливості:

перемикач «ОСЛАБЛЕНИЕ, дБ» – «0»;

перемикач «ПОЛОСА ПЧ, кГц» – «3»;

перемикач «ПОСТОЯННАЯ АРУ, с» – «РРУ»;

перемикач «РОД РАБОТЫ» – «ТЛФ»;

перемикач «КОНТРОЛЬ» – «ИВ».

3. Установити частоту натисканням відповідних клавiш при кроці на-
строювання 10 Гц.

4. Ручки «УСИЛЕНИЕ ПЧ» та «УСИЛЕНИЕ НЧ» установити в поло-
ження, при якому стрілка приладу відхилиться до першої контрольної точ-
ки «●».

5. Перемкнути ручку «ОСЛАБЛЕНИЕ, дБ» із положення «0» у положен-
ня «ГШ» і ручкою «УРОВЕНЬ ШУМА» установити напругу шумів, що відпо-
відає другій контрольній точці «●» на шкалі приладу.

6. Установити перемикач «КОНТРОЛЬ» у положення «КТ» і за верх-
ньою шкалою приладу відлічити інтенсивність шуму в одиницях « kT_0 ».

7. Обчислити напругу шумів, що перераховано на вхід приймача, мкВ, $U_{\text{ш}} = \sqrt{4KT_0R_A\Delta f}$, де $K = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постійна Больцмана; $T_0 = 300$ К – температура; $R_A = 50$ Ом – опір антени; $\Delta f = 3$ кГц – смуга пропускання приймача.

Тоді $U_{\text{ш}} = \sqrt{4 \cdot 4nR_A\Delta f}$, мкВ, де n – число поділок, що відлічено за верхньою шкалою приладу.

2.3. Дослідження режимів роботи «ТЛГ», «ТЛГФ», «ТЛФ», «НБП» і «ВБП»

1. Вивчити схемне рішення, що забезпечує зазначені режими роботи і характеристики сигналів при роботі в режимах «ТЛГ», «ТЛГФ», «ТЛФ», «НБП» і «ВБП».

2. Визначити точність настроювання приймача на задані викладачем частоти за нульовими биттями в режимі «ТЛГФ». Для цього установити:

- частоту генератора $f_{\text{ген}}$ у режимі немодульованих коливань і ослаблення 60–80 дБ;
- за допомогою клавіатури частоту настроювання приймача, що відповідає $f_c = f_{\text{ген}}$;
- смугу пропускання приймача: «0,3 кГц»; «3,0 кГц»;
- ручку «ОСЛАБЛЕНИЕ, дБ» – у положення «0»;
- перемикач «АРУ» – у положення «РРУ»;
- «КОНТРОЛЬ» – у положення «ИВ».

При цьому в телефонах має прослуховуватися шум, і при ручному настроюванні приймача з кроком 1 Гц з'являється биття, а стрілка приладу відхиляється.

Розстроюючи приймач в одну й іншу сторони відзначаємо моменти зникнення биття у телефонах і за показаннями приладу.

Різниця частот визначає точність настроювання на станцію ($f_1 = f_2$), Гц.

Результат шести вимірювань занести до таблиці.

3. Під час прийому АМ сигналів «ТЛФ» настроювання приймача відбувається або за відомою частотою f_c , або за нульовим биттям. Смуга пропускання встановлюється ручкою «ПОЛОСА ПЧ» і «ПОЛОСА НЧ» відповідно до спектра сигналу, що приймається. У цьому режимі можуть прийматися сигнали тональної телеграфії.

4. Прийом немодульованих телеграфних сигналів здійснюється в положенні ручки «РОД РАБОТЫ» «ТЛГ» при смузі ПЧ 0,3–1,0 кГц. Тональність телеграфних посилок регулюється ручкою «ТОН БИЕНИЙ, кГц».

2.4. Вимірювання чутливості під час прийому амплітудно-модульованого коливання

1. Виміряти чутливість у шести точках діапазону (частота вказується викладачем) при заданому співвідношенні сигнал/шум (3 / 10 дБ) і частоті модуляції 1 кГц. Для цього до вихідного роз'єму «ТЕЛЕФОНЫ» підключити мілівольтметр ВЗ-38.

2. За відсутності вхідного сигналу ручкою «УСИЛЕНИЕ НЧ» установити рівень шумів $U_{ш} = 0,5$ В.

3. Подати на вхід приймача модульований сигнал ($m = 0,3$; $f_{\text{мод}} = 1$ кГц) такої величини, щоб на виході приймача одержати сумарну напругу $\sqrt{U_c^2 + U_{ш}^2} = 1,6$ В. Очікувана напруга на виході генератора – 110 дБ щодо одного вольт.

2.5. Зміст звіту

Звіт складається кожним студентом і має містити опис порядку контролю працездатності радіоприймача.

Контрольні запитання

1. Чому значення температури T_0 вибрано за 300 К?
2. Як у радіоприймачі Р-399А реалізовано детектор телеграфних сигналів?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3
ДОСЛІДЖЕННЯ СЕЛЕКТИВНОСТІ РАДІОПРИЙМАЧА Р-399А
ЗА СУСІДНІМИ КАНАЛАМИ

Мета роботи

1. Дослідити селективність за сусідніми каналами.
2. Навчитися оцінювати якісні показники радіоприймального пристрою.

3.2. ОПИС ЛАБОРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ

Лабораторна установка містить:

- радіоприймач Р-399А;
- генератор ВЧ сигналів Г4-158;
- еквівалент антени з опором 100 Ом;
- електронний осцилограф С1-93;
- мілівольтметр ВЗ-38;
- телефони.

Функціональну схему установки наведено на рис. 3.1.

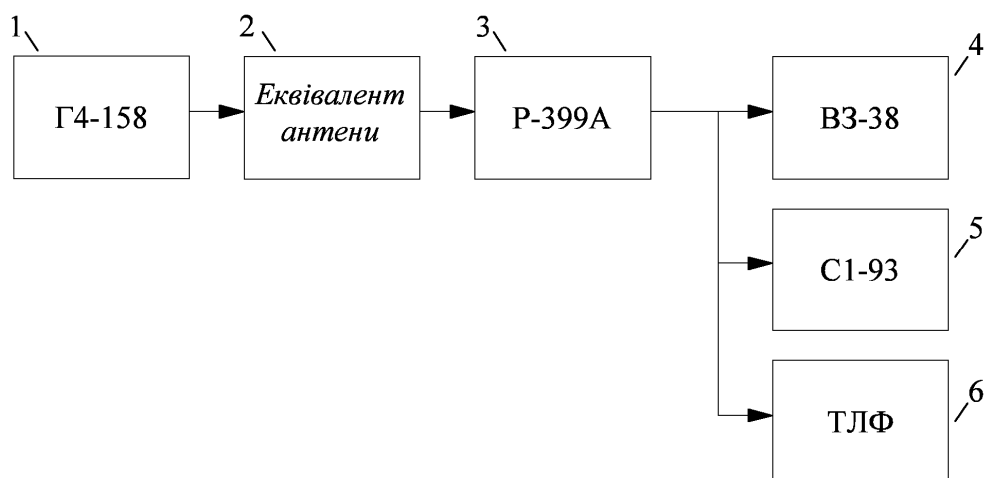


Рисунок 3.1 – Функціональна схема установки для дослідження селективності радіоприймача Р-399А за сусідніми каналами: 1 – генератор ВЧ сигналів Г4-158; 2 – еквівалент антени; 3 – радіоприймач Р-399А; 4 – мілівольтметр ВЗ-38; 5 – електронний осцилограф С1-93; 6 – телефони

3.2. Завдання до роботи та методичні вказівки до її виконання

1. Вивчити функціональну схему лінійної частини радіоприймача Р-399А, звернувши увагу на місце розташування, склад і характеристики селективних елементів, що формують АЧХ лінійної частини радіоприймача до детектора.

2. Підключити до радіоприймача вимірювальні прилади відповідно до схеми (рис. 3.1). Мілівольтметр ВЗ-38, осцилограф С1-93 підключаються до виходу підсилювача низьких частот (ПНЧ) через роз'єм «ТЕЛЕФОНЫ».

3. Увімкнути радіоприймач і вимірювальні прилади. Дати їм прогрітись протягом п'яти хвилин, перевірити працездатність приймача відповідно до методики, що описано у лабораторній роботі 2.

4. Встановити за вказівкою викладача:

- смуги пропускання ПЧ (ручка «ПОЛОСА ПЧ») і відповідно смугу НЧ (ручка «ПОЛОСА НЧ»);
- параметри сигналу (Г4-158): f_c ; $U_c = 20$ мВ; $m = 0,3$; $f_{\text{мод}} = 1$ кГц;
- ручкою «УСИЛЕНИЕ ПЧ» встановити напругу на виході приймача («ТЕЛЕФОНЫ») $U_{\text{вих}} = 100$ мВ за шкалою ВЗ-38.

5. Побудувати АЧХ лінійного тракту. Для цього потрібно:

- настроїти приймач на частоту сигналу f_c ;
- змінювати частоту генератора та заносити до таблиці значення частоти та показання мілівольтметра ВЗ-38.

6. За даними вимірювань побудувати характеристики селективності для смуг, що зазначено вище.

3.3. Зміст звіту

Звіт складається кожним студентом і має містити:

- функціональну схему установки;
- опис методики вимірювань;
- дані вимірювань і обчислень;
- опис елементів, якими визначається селективність за сусідніми каналами;
- характеристики селективності.

Контрольні запитання

1. Назвіть переваги та недоліки схем формування АЧХ ППЧ на п'єзоелектричних фільтрах (ПЕФ), п'єзокерамічних фільтрах (ПКФ) та елементах на поверхневих акустичних хвилях (ПАХ).

2. Чому до тракту ППЧ при використанні ПЕФ, ПКФ та ПАХ входять LC виборчі елементи?

3. Чому характеристики селективності та АЧХ будуються у логарифмічному масштабі?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4

ДОСЛІДЖЕННЯ СЕЛЕКТИВНОСТІ ЗА ПРЯМИМИ ТА ДЗЕРКАЛЬНИМИ КАНАЛАМИ ПЕРШОЇ ТА ДРУГОЇ ПРОМІЖНИХ ЧАСТОТ

Мета роботи

1. Дослідження селективності за прямими каналами.
2. Дослідження селективності за дзеркальними каналами.
3. Набуття навичок вимірювання якісних показників радіоприймального пристрою.

4.1. Опис лабораторної установки

Лабораторна установка містить:

- радіоприймач Р-399А;
- генератор ВЧ сигналів Г4-158;
- еквівалент антени;
- електронний осцилограф С1-93;
- мілівольтметр ВЗ-38.

Функціональну схему установки наведено на рис. 4.1.

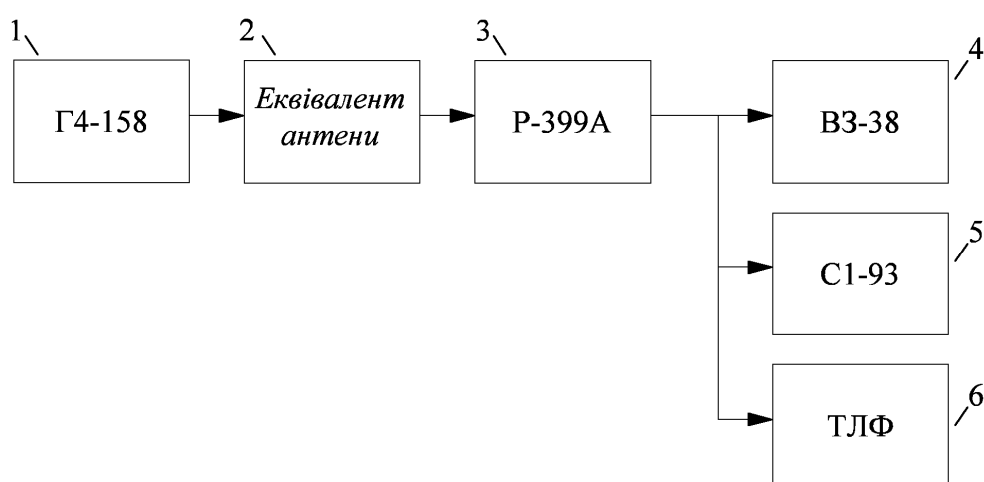


Рисунок 4.1 – Функціональна схема установки для дослідження селективності радіоприймача Р-399А за прямими та дзеркальними каналами першої та другої проміжних частот: 1 – генератор ВЧ сигналів Г4-158; 2 – еквівалент антени; 3 – радіоприймач Р-399А; 4 – мілівольтметр ВЗ-38; 5 – електронний осцилограф С1-93; 6 – телефони

4.2. Завдання до роботи та методичні вказівки до її виконання

1. Вивчити функціональну схему лінійної частини радіоприймача Р-399А, звернувши увагу на місце розташування, склад і характеристики селективних елементів, що формують АЧХ лінійної частини радіоприймача до детектора і селективність за побічними каналами.

2. Підключити до радіоприймача вимірювальні прилади відповідно до схеми (див. рис. 4.1). Мілівольтметр ВЗ-38, осцилограф С1-93 підключаються до виходу ПНЧ (роз'єм «ТЕЛЕФОНЫ»).

3. Увімкнути радіоприймач і вимірювальні прилади. Дати їм прогрітись протягом п'яти хвилин і перевірити працездатність (згідно з методикою, що описано у лабораторній роботі 2).

4. Установити ручки регулювань радіоприймача:

- АРП вимкнено;
- «УСИЛЕНИЕ НЧ» – у положення максимального підсилення;
- «ОСЛАБЛЕНИЕ, дБ» – у положення «0»;
- «ПОЛОСА ПЧ, кГц» – у положення «6» або «10»;
- «УСИЛЕНИЕ ПЧ» – у крайнє ліве положення;
- «РОД РАБОТЫ» – у положення «ТЛГФ».

5. Визначити селективність за прямим каналом першої проміжної частоти ($f_{ПЧ1}=35\ 785$ кГц):

- установити частоту генератора, що дорівнює f_c (за вказівкою викладача $f_c = 10\,010$ кГц; $15\,015$ кГц; 5000 кГц), $U_r = 20$ мкВ; підстроїти приймач для максимуму вихідної напруги;
- ручкою «УСИЛЕНИЕ ПЧ» встановити вихідну напругу $U_{\text{вих}} = 1$ В за шкалою ВЗ-38;
- установити частоту генератора $34\,785$ кГц;
- збільшити напругу генератора (зменшити ослаблення) до одержання $U_{\text{вих}} = 1$ В; різниця рівнів ослаблення у децибелах відповідає селективності за прямим каналом першої проміжної частоти:

$$S_{\text{дБ}} = U_{\text{дБс}} - U_{\text{дБПЧ1}}.$$

6. Визначити селективність за дзеркальним каналом першої проміжної частоти:

- обчислити частоту дзеркального каналу за формулою

$$f_{\text{дз1}} = f_c + 2f_{\text{ПЧ1}};$$

- не змінюючи положення ручок регулювання радіоприймача, збільшити напругу на вході радіоприймача до значення, при якому $U_{\text{вих}} = 1$ В за шкалою ВЗ-38; різниця рівнів ослаблення у децибелах відповідає селективності за дзеркальним каналом першої проміжної частоти.

7. За аналогічною методикою визначити селективність за прямим і дзеркальним каналах другої проміжної частоти ($f_{\text{ПЧ2}} = 215$ кГц). Частота сигналу f_c указується викладачем.

8. Варіант розташування частот сигналу першої і другої проміжної частоти і дзеркальних каналів показано на рис. 4.2.

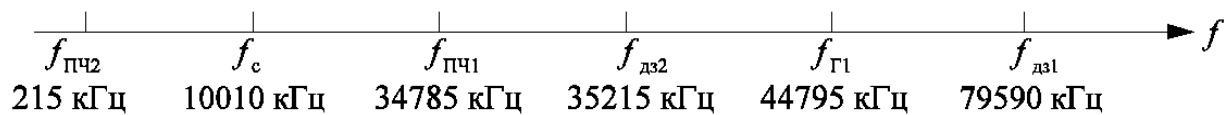


Рисунок 4.2 – Розташування частот першої та другої проміжної частот і дзеркальних каналів

4.3. Зміст звіту

Звіт складається кожним студентом і повинен містити:

- функціональну схему установки;
- дані вимірювань та розрахунків.
- пояснення, якими селективними елементами визначається селективність за прямим і дзеркальним каналах.

Контрольні запитання

1. Якими елементами схеми визначається селективність за прямим та дзеркальним каналами у приймачах з одним та двома перетвореннями частоти?
2. Пояснити механізм утворення дзеркальних каналів у радіоприймачах з одним та двома перетвореннями частоти.
3. Особливості утворення прямих та дзеркальних каналів у інфрадині.
4. Переваги та недоліки супергетеродинного радіоприймача з двома перетвореннями частоти, у якого $f_{ПЧ1} > f_{c \max}$, порівняно з радіоприймачем, у якого $f_{ПЧ1} < f_{c \max}$.
5. Пояснити, чим визначається висока селективність за прямим та дзеркальним каналами другої проміжної частоти.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5
ДОСЛІДЖЕННЯ БАГАТОСИГНАЛЬНОЇ СЕЛЕКТИВНОСТІ
РАДІОПРИЙМАЧА Р-399А

Мета роботи

1. Дослідити двосигнальну селективність.
2. Набути навичок вимірювання багатосигнальної селективності.
3. Навчитися оцінювати якісні показники РПП.

5.1. Опис лабораторної установки

Лабораторна установка містить у собі:

- радіоприймач Р-399А;
- узгоджувальний пристрій;
- генератор ВЧ сигналів Г4-158;
- генератор ВЧ сигналів Г4-153;
- електронний осцилограф С1-93;
- мілівольтметр ВЗ-38;
- телефони.

Функціональну схему установки наведено на рис. 5.1.

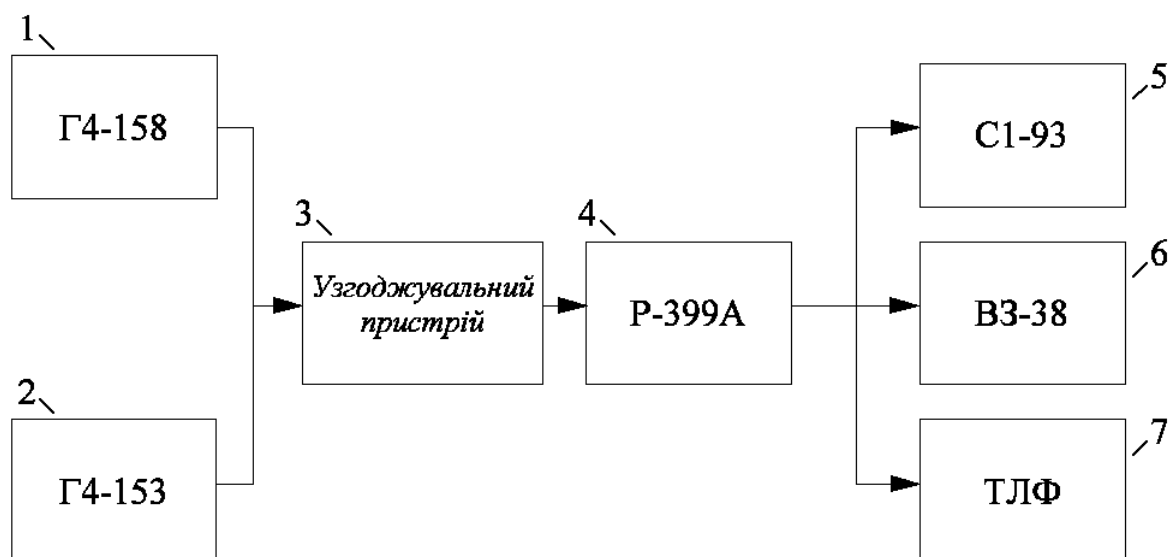


Рисунок 5.1 – Функціональна схема установки для дослідження багатосигнальної селективності радіоприймача Р-399А: 1 – генератор ВЧ сигналів Г4-158; 2 – генератор ВЧ сигналів Г4-153; 3 – узгоджувальний пристрій; 4 – радіоприймач Р-399А; 5 – електронний осцилограф С1-93; 6 – мілівольтметр ВЗ-38; 7 – телефони

5.2. Завдання до роботи і методичні вказівки до її виконання

1. Вивчити функціональну схему лінійної частини радіоприймача Р-399А, звернувши увагу на місце розташування і склад елементів, що визначають багатосигнальну селективність.

2. Підключити до радіоприймача вимірювальні прилади відповідно до схеми (рис. 5.1). Осцилограф С1-93, мілівольтметр ВЗ-38 і головні телефони підключаються до роз'єму «ТЕЛЕФОНЫ».

3. Увімкнути радіоприймач і вимірювальні прилади. Дати їм прогрітисся протягом п'яти хвилин, перевірити працездатність приймача згідно з методикою, що описано у лабораторній роботі 2.

4. Установити ручки регулювань радіоприймача:

- АРП вимкнено («РРУ»);
- «УСИЛЕНИЕ НЧ» – у положення максимального підсилення;

- «ПОЛОСА ПЧ, кГц» – у положення «3» або «6»;
- «ПОЛОСА НЧ, кГц» – у положення «3,4»;
- «ОСЛАБЛЕНИЕ, дБ» – у положення «0»;
- «РОД РАБОТЫ» – у положення «ГЛГФ».

5. Дослідити двосигнальну селективність приймача на частотах завад f_{31} і f_{32} , при цьому частота настроювання радіоприймача f_c :

$$f_c = 2f_{31} - f_{32}.$$

Частоти завад наведено у табл. 5.1.

Розрахувати додатково 4–5 варіантів.

Таблиця 5.1

f_{31} , кГц	f_{32} , кГц	f_c , кГц
5800	5650	5950
3250	3450	3050
10 500	10 950	10 050

Напруги завад U_{31} та U_{32} встановлюються в межах $U_{31} = 1$ В (0 дБ) і зменшуються атенюатором генератора Г4-158 через 2 дБ до -20 дБ. $U_{31} = 2$ В та $U_{32} = 0,5$ В.

Розташування частот f_{31} , f_{32} , f_c та $2f_{31}$ показано на рис. 5.2.

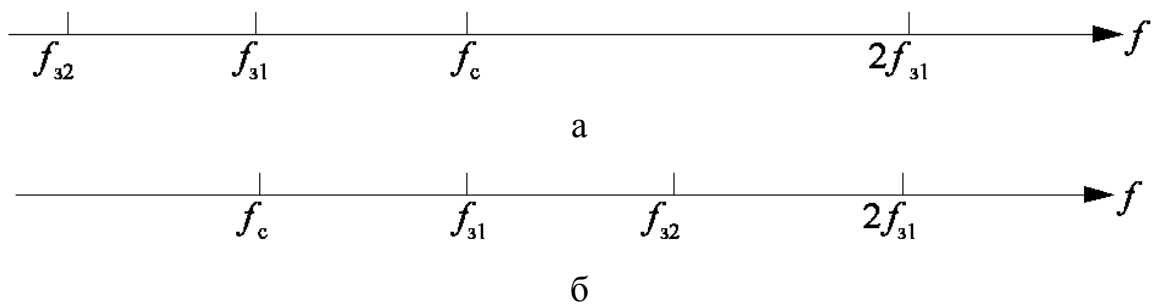


Рисунок 5.2 – Розташування частот: а – частота сигналу розташована вище частот завад; б – частота сигналу розташована нижче частот завад

6. Установити частоти та напруги завад f_{31} , $U_{31} = 1$ В, f_{32} , $U_{32} = 2$ В.

7. Настроїти приймач на частоту f_c , яку обчислено з використанням частот завад. Плавню змінюючи частоту настроювання радіоприймача в межах ± 10 кГц, добитися появи завади на виході радіоприймача (за «свистом» у головних телефонах і появою осцилограми на екрані С1-93), прийнятного зображення осцилограми.

8. Настроїти приймач за нульовими биттями і точно відрахувати частоти f_{31} , f_{32} та f_c . Перевірити виконання співвідношення між частотами завад. Пояснити можливі розбіжності між частотами завад і сигналу.

9. Розстроїти радіоприймач до появи стійкого «свисту» і ручками «УСИЛЕНИЕ НЧ» і «УСИЛЕНИЕ ПЧ» установити рівень вихідної напруги (прилад В3-38) $U_{\text{вих}} = 3$ В.

10. Зняти залежність напруги завади низької частоти від рівня завади (Г4-158) у межах 1–0,1 В (напругу завади U_{31} змінювати через 2 дБ у межах 0–20 дБ). При $U_{32} = \text{const}$; $U_{32} = 2$ В та $U_{32} = 0,5$ В. Результати звести у табл. 5.2.

Таблиця 5.2

	U_{31}			
	1 В (0 дБ)	-2 дБ	-4 дБ	...
$U_{\text{вих}}$ при $U_{32} = 2$ В				
$U_{\text{вих}}$ при $U_{32} = 0,5$ В				

11. За результатами вимірювань побудувати графіки $U_{\text{вих}} = f(U_{31})$ при $U_{32} = \text{const}$ (рис. 5.3).

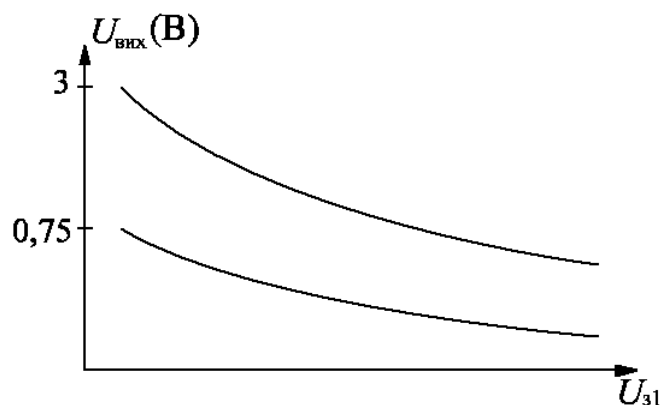


Рисунок 5.3 – Графік залежності напруги завади низької частоти від рівня завади

5.3. Зміст звіту

Звіт складається кожним студентом і повинен містити:

- функціональну схему установки;
- дані вимірювань та обчислень, зведені до таблиць;
- графіки, які побудовано за таблицями.

Контрольні запитання

1. Які причини і механізм виникнення «свистів» та інших завад, частоти яких відрізняються від частоти настроювання приймача?
2. Дати визначення селективності за сусіднім, прямим і дзеркальним каналами проміжної частоти, багатосигнальної селективності.
3. При яких рівнях вхідних позасмугових сигналів на виході приймача з'являються завади?
4. Якими елементами схеми визначається багатосигнальна селективність?
5. Як впливають параметри вхідного кола РПП на селективності за сусіднім, прямим і дзеркальним каналами, а також на багатосигнальну селективність?

6. Як впливають параметри підсилювального елемента на багатосигнальну селективність? Які типи підсилювальних елементів бажано використовувати у ПРЧ?

7. Як впливає вид навантаження ПРЧ (R, LC контур) на багатосигнальну селективність?

8. Як впливають характеристики і параметри підсилювального елемента на динамічний діапазон?

9. Який зв'язок між динамічним діапазоном та багатосигнальною селективністю?

10. З якою метою на вході Р-399А встановлено послаблювач вхідного сигналу на 10, 20, 30 та 40 дБ?

11. На яких ділянках лінійного тракту радіоприймача можуть виникати завади від позасмугових сигналів?

12. Які комбінації позасмугових сигналів можуть спричиняти появу завад на виході приймача?

13. Чому в радіоприймачі Р-399А у ПРЧ використано польовий транзистор великої потужності?

14. З яких міркувань у радіоприймачі Р-399А ПРЧ не охоплено режимною системою АРП?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6
ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОГО ДІАПАЗОНУ
РАДІОПРИЙМАЧА Р-399А

Мета роботи

1. Дослідити динамічний діапазон радіоприймача Р-399А в режимі РРП.
2. Визначити динамічний діапазон радіоприймача Р-399А в режимі АРП.
3. Оцінити динамічний діапазон радіоприймача в режимі АРП з урахуванням вхідного атенюатора.

**6.1. Завдання до роботи
та методичні вказівки до її виконання**

1. Увімкнути радіоприймач і вимірювальні прилади. Дати їм прогрітись протягом п'яти хвилин, перевірити працездатність приймача відповідно до методики, що описано у лабораторній роботі 2.

2. Визначити динамічний діапазон радіоприймача в режимі РРП. Для цього зробити такі зміни в початкові положення органів керування (п. 2.1 лабораторної роботи 2):

- перемикач «РОД РАБОТЫ» – «ТЛФ»;

3. Установити параметри сигналу: $m = 30 \%$; $f_{\text{мод}} = 1$ кГц; ослаблення сигналу 100 дБ; частота сигналу f_c задається викладачем.

4. Налаштувати приймач на задану частоту сигналу f_c .

5. Вимкнути вихід генератора і ручним регулюванням підсилення установити напругу шумів на виході 1 В ($U_{\text{ш}} = 1$ В) за шкалою В3-38, подати сигнал на вихід приймача.

6. Змінити напругу сигналу до одержання вихідної напруги $U_{\text{вих}} = 1,4 \text{ В}$, що відповідає відношенню $U_c / U_{\text{ш}} \approx 1$. Оцінити візуальне зображення сигналу на екрані осцилографа С1-93.

7. Зменшуючи ослаблення сигналу через 5 дБ, вимірювати (В3-38) та оцінювати візуально відношення сигнал/шум. Результати змін занести до таблиці з відміткою про спотворення сигналу в тракці детектора. З появою нелінійних спотворень сигналу зменшувати підсилення НЧ у 5, 10, 20 разів (за показаннями В3-38) до зникнення спотворень. У цьому випадку можна констатувати, що спотворення виникали внаслідок перевантаження ПНЧ. Якщо спотворення залишалися при $U_{\text{вих}} < 2 - 3 \text{ В}$, то це було наслідком обмеження сигналу трактом до детектора.

8. Оцінити динамічний діапазон приймача за відсутності АРП:

$$D_{\text{дБ пр}} = U_{\text{дБ 1}} - U_{\text{дБ 2}},$$

де $U_{\text{дБ 1}}$ – рівень вхідного сигналу до появи нелінійних спотворень лінійного тракту до детектора; $U_{\text{дБ 2}}$ – рівень вхідного сигналу при відношенні $U_c / U_{\text{ш}} = 1$. Якщо потрібно визначити динамічний діапазон при іншому відношенні сигнал/шум у децибелах, то динамічний діапазон зменшується на величину відношення сигнал/шум.

9. Визначити динамічний діапазон радіоприймача із системою АРП:

10. Ручку «ПОСТОЯННАЯ АРУ, с» установити в положення 0,1 с. Ручку «УСИЛЕНИЕ НЧ» установити в крайнє праве положення. На вхід приймача подається сигнал: $m = 30 \%$; $f_{\text{мод}} = 1 \text{ кГц}$; ослаблення сигналу 100 дБ; частота сигналу f_c залишається незмінною. Домогтися виконання умови $U_c / U_{\text{ш}} \approx 1$.

11. Зменшуючи ослаблення сигналу через 5 дБ, вимірювати $U_{\text{вих}}$ (В3-38), оцінювати відношення сигнал/шум і визначити рівень вхідного сигналу, при якому спрацьовує система АРП (помітно знижується рівень шуму в телефонах).

12. Зареєструвати рівень вхідного сигналу, при якому з'являються нелінійні спотворення сигналу.

13. Оцінити динамічний діапазон приймача із системою АРП:

$$D_{\text{дБ АРП}} = U_{\text{дБ 3}} - U_{\text{дБ 4}},$$

де $U_{\text{дБ 3}}$ – рівень вхідного сигналу, при якому з'являються нелінійні спотворення; $U_{\text{дБ 4}}$ – рівень вхідного сигналу, при якому спрацьовує система АРП.

14. Оцінити відношення сигнал/шум, що відповідає моментів спрацьовування системи АРП.

15. Порівняти динамічний діапазон радіоприймача при ручному регулюванні підсилення та АРП при тому самому відношенні сигнал/шум.

16. Оцінити динамічний діапазон приймача при ручному регулюванні «УСИЛЕНИЕ ПЧ» та АРП з урахуванням вхідного ослаблення сигналу атенюатором:

$$D_{\text{дБ пр1}} = D_{\text{дБ РРП}} + D_{\text{дБ ат}},$$

$$D_{\text{дБ пр2}} = D_{\text{дБ АРП}} + D_{\text{дБ ат}},$$

де $D_{\text{дБ пр1}}$ – повний динамічний діапазон при РРП; $D_{\text{дБ пр2}}$ – повний динамічний діапазон при АРП.

6.2. Зміст звіту

Звіт складається кожним студентом і повинен містити:

- функціональну схему установки;
- результати перевірки працездатності приймача;
- опис положення ручок керування на приймачі та генераторі Г4-158;

- опис методики вимірювань;
- дані вимірювань і обчислень;
- графіки;
- короткі висновки.

Контрольні запитання

1. Як визначається динамічний діапазон пристрою?
2. Принцип дії АРП та РРП.
3. На яких ділянках функціональної схеми радіоприймача може статися обмеження сигналу при РРП та АРП?
4. З якою метою на вході радіоприймача ставлять атенюатор?
5. Як впливає атенюатор на багатосигнальну селективність приймача?
6. Чому введення атенюатора на вході радіоприймача Р-399А особливо актуально з погляду багатосигнальної селективності?

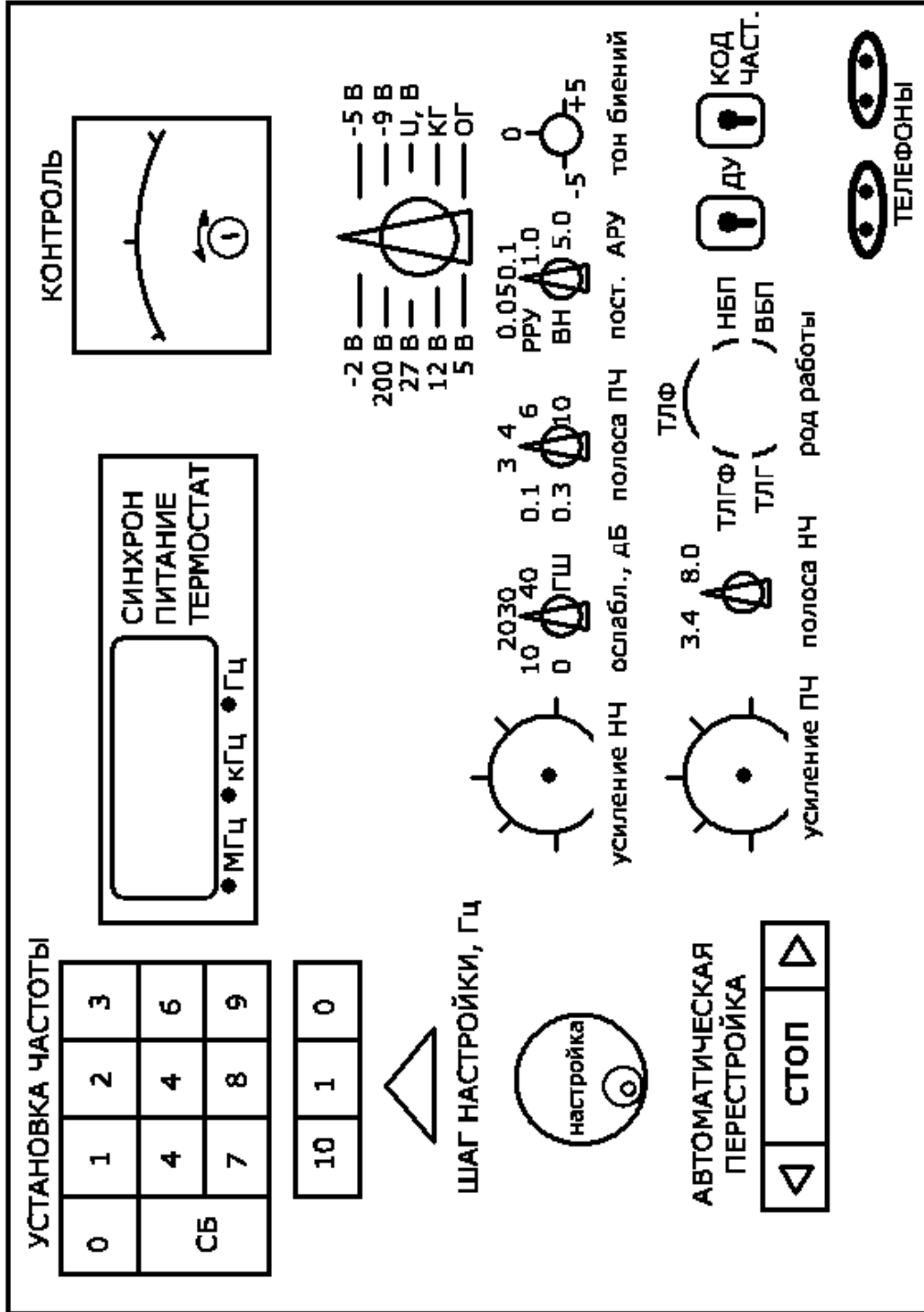


Рис. Д.1 – Зовнішній вигляд передньої панелі радіоприймача Р-399А

ДОДАТОК 2

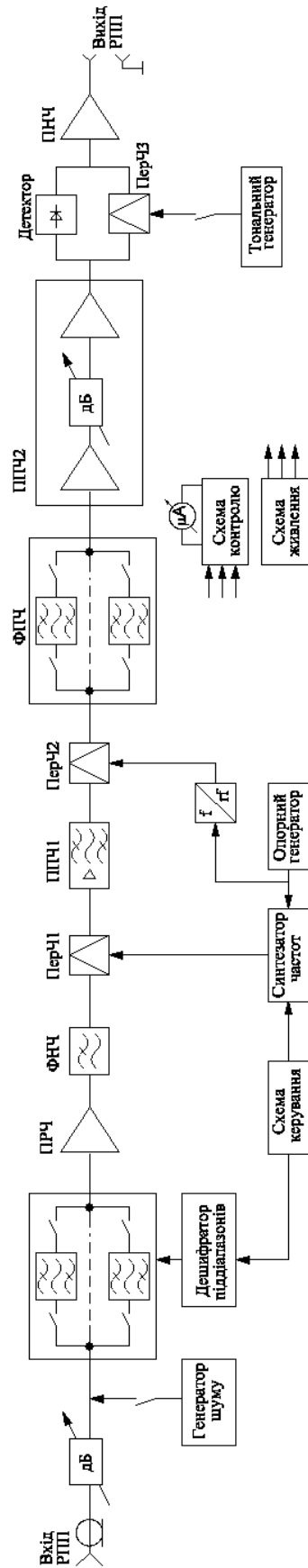


Рис. Д.2 – Структурна схема радіоприймача Р-399А

ДОДАТОК 3

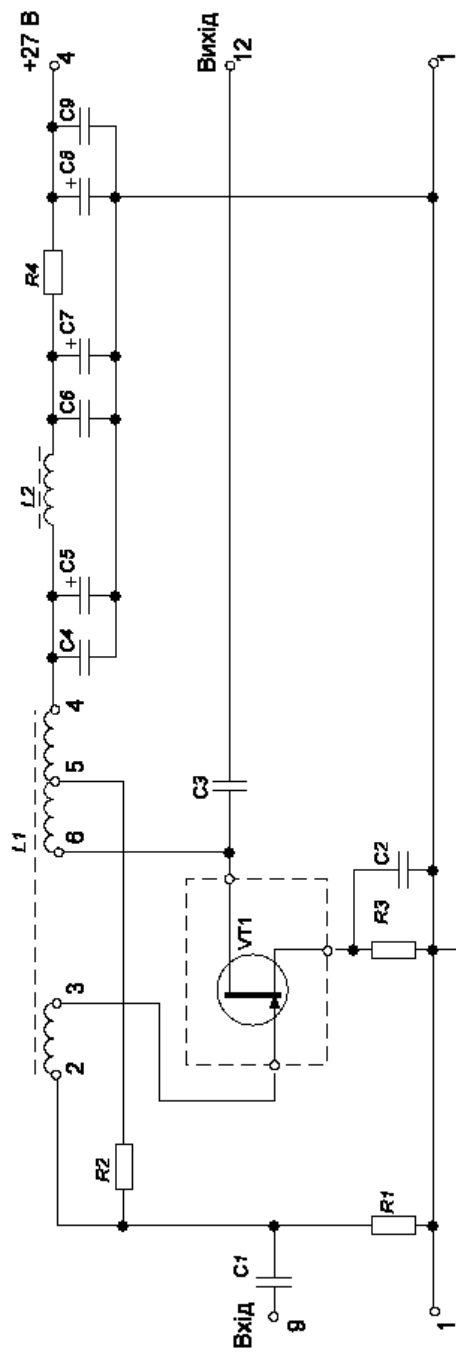


Рис. Д.3 – Принципова електрична схема підсилювача радіочастот (ПРЧ) радіоприймача Р-399А

ДОДАТОК 4

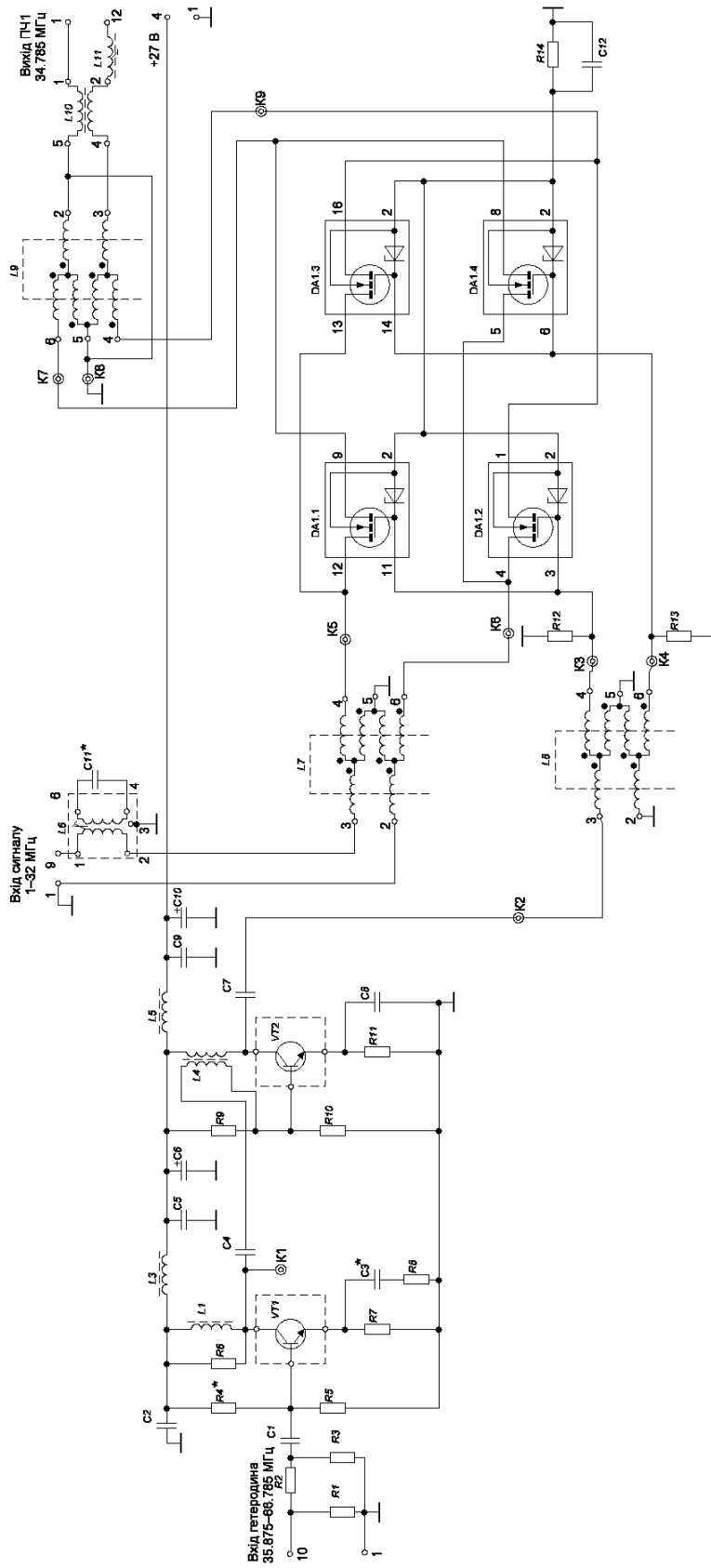


Рис. Д.4 – Принципова електрична схема першого змішувача радіоприймача Р-399А

ДОДАТОК 5

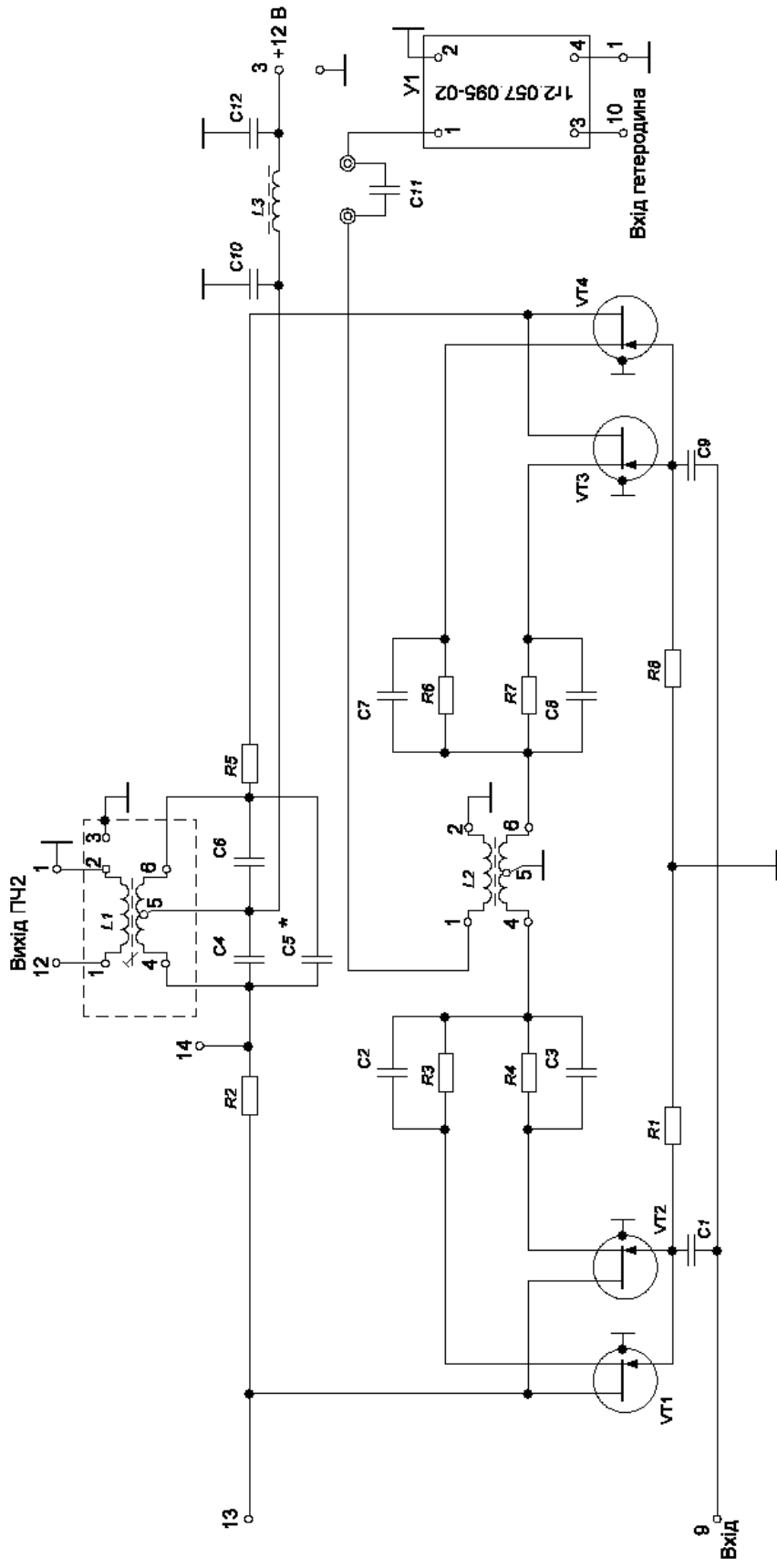


Рис. Д.5 – Принципова електрична схема другого змішувача радіоприймача Р-399А

ДОДАТОК 6

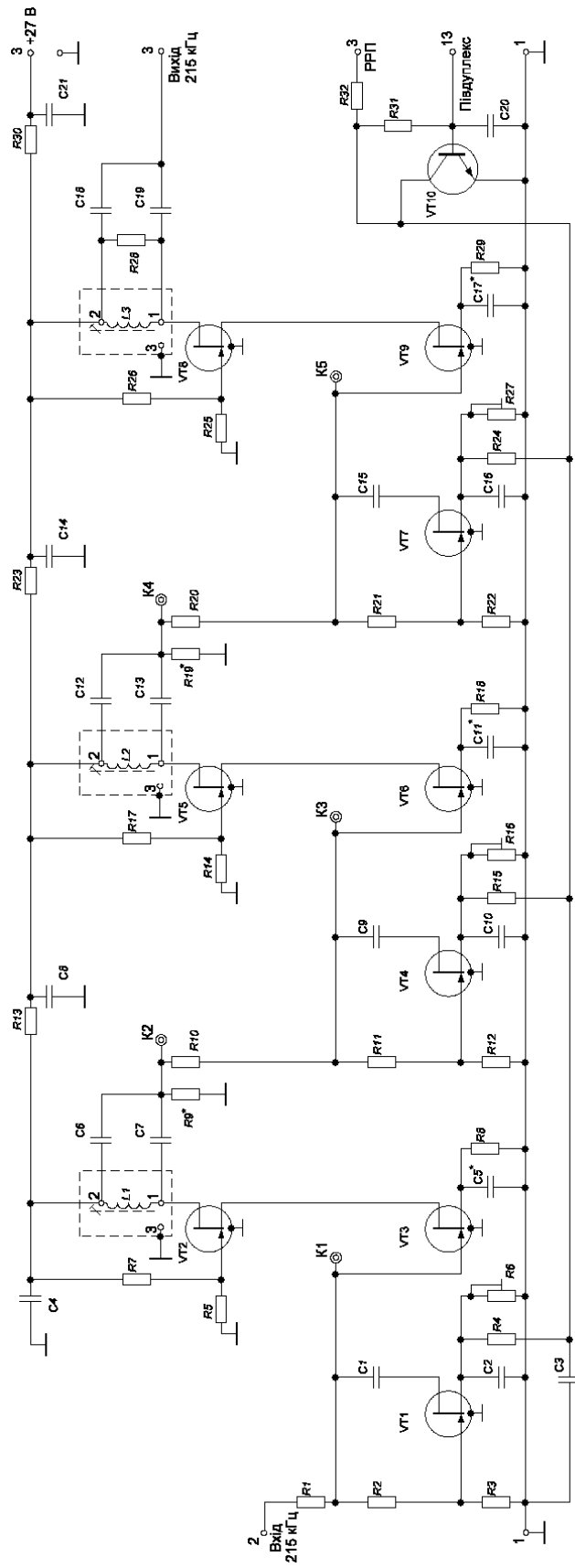


Рис. Д.6 – Принципова електрична схема підсилювача проміжної частоти радіоприймача Р-399А

ДОДАТОК 7

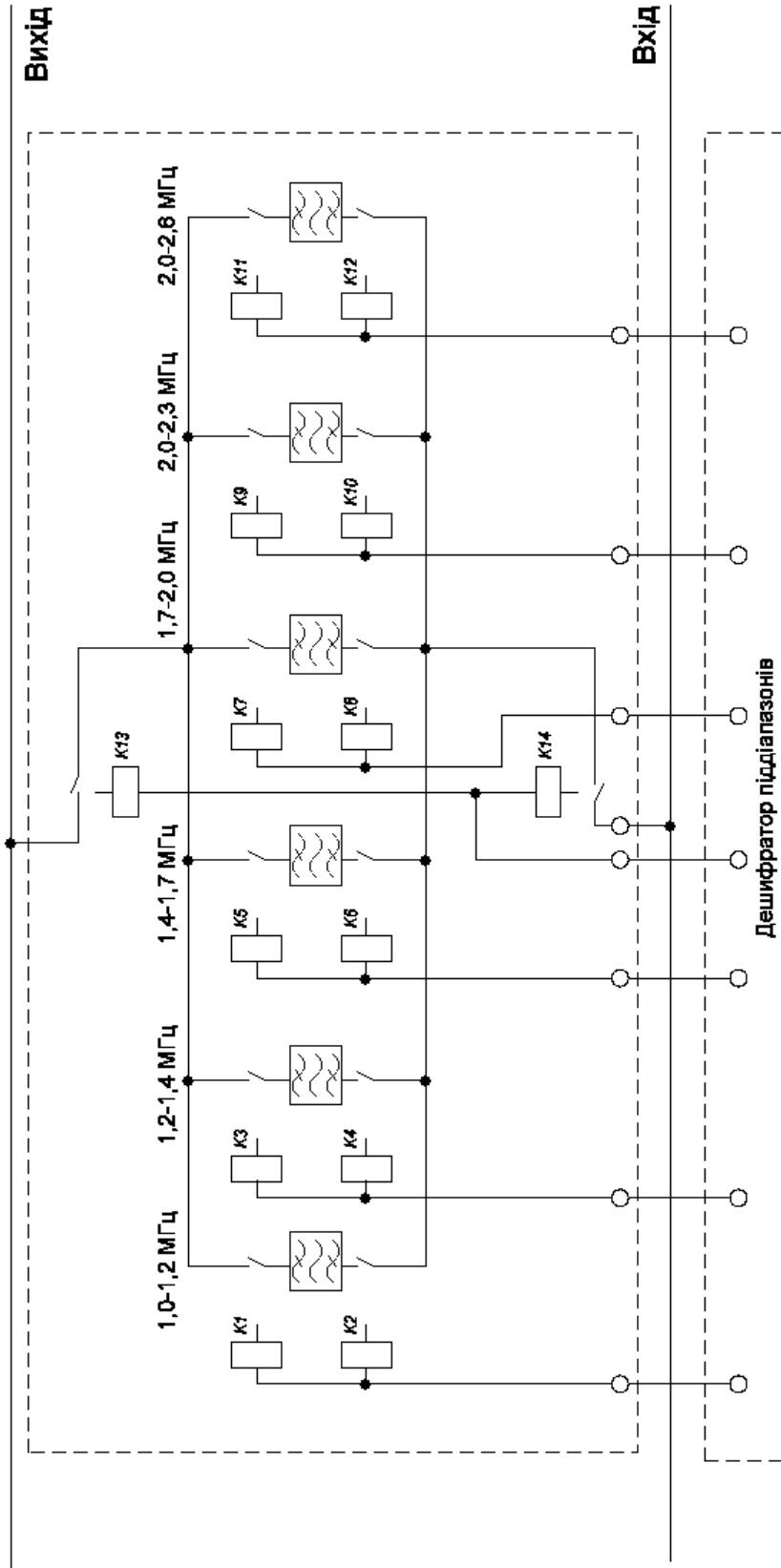


Рис. Д.7 – Структурна схема перемикача піддіапазонів радіоприймача Р-399А

ДОДАТОК 8

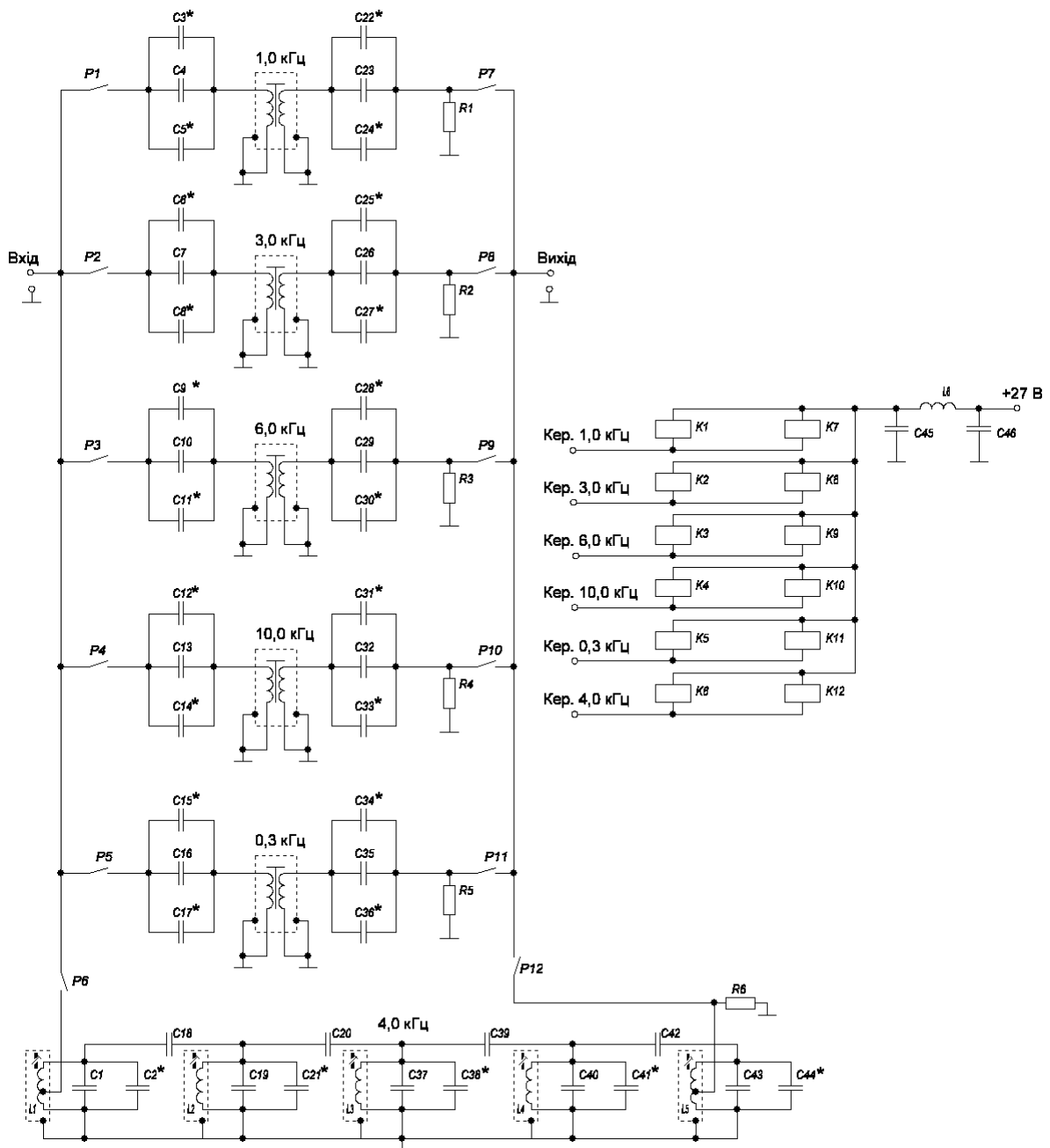


Рис. Д.8 – Принципова електрична схема фільтрів проміжної частоти радіоприймача Р-399А

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

- АМ – амплітудна модуляція;
- АЧХ – амплітудно-частотна характеристика;
- АРП – автоматичне регулювання підсилення;
- ВЧ – високі частоти;
- ЕМФ – електромеханічний фільтр;
- НЧ – низькі частоти;
- ПАХ – поверхневі акустичні хвилі;
- ПВЧ – підсилювач високих частот;
- ПерЧ – перетворювач частоти;
- ПЕФ – п'єзоелектричний фільтр;
- ПКФ – п'єзокерамічний фільтр;
- ПНЧ – підсилювач низьких частот;
- ППЧ – підсилювач проміжної частоти;
- ПРЧ – підсилювач радіочастот;
- ПЧ – проміжна частота;
- РПП – радіоприймальний пристрій;
- РРП – ручне регулювання підсилення;
- ФПЧ – фільтр проміжної частоти.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Головин О.В. Профессиональные радиоприемные устройства декаметрового диапазона / О.В. Головин. – М. : Радио и связь, 1985. – 288 с., ил.
2. Палшков В.В. Радиоприемные устройства: учеб. пособие / В.В. Палшков. – М. : Радио и связь, 1984. – 392 с., ил.
3. Поляков В.Т. Радиолюбителям о технике прямого преобразования / В.Т. Поляков. – М. : Патриот, 1990. – 264 с., ил.
4. Степанов Б.Г. Любительская связь на КВ: справочник / Б.Г. Степанов, Я.С. Ляповок, Г.Б. Ляпин. – М. : Радио и связь, 1991. – 120 с., ил.
5. Банков В.Н. Радиоприемные устройства / В.Н. Банков, Л.Г. Барулин, М.И. Жодзишский и др.; под. ред. Л.Г. Барулина. – М. : Радио и связь, 1984. – 272 с., ил.
6. Поляков В.Т. Приемники прямого преобразования для любительской связи / В.Т. Поляков. – М. : ДОСААФ, 1981. – 80 с., ил.
7. Поляков В.Т. Техника радиоприема: простые приемники АМ сигналов / В.Т. Поляков. – М. : ДМК Пресс, 2001. – 256 с., ил.
8. Бунимович С.Г. Техника любительской однополосной радиосвязи / С.Г. Бунимович, Л.П. Яйленко. – М. : ДОСААФ, 1970. – 312 с., ил.
9. Ред Э.Т. Схемотехника радиоприемников: практич. пособие / Э.Т. Ред. – М. : Мир, 1989г. – 152 с., ил.
10. Музыка З.Н. Чувствительность радиоприемных устройств на полупроводниковых приборах / З.Н. Музыка – М. : Радио и связь, 1981. – 168 с., ил.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1 ОЗНАЙОМЛЕННЯ З РАДІОПРИЙ- МАЛЬНИМ ПРИСТРОЄМ Р-399А	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2 ПІДГОТОВКА ДО РОБОТИ ТА ПЕРЕВІРКА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ РАДІОПРИЙМАЧА Р-399А	11
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3 ДОСЛІДЖЕННЯ СЕЛЕКТИВНОС- ТІ РАДІОПРИЙМАЧА Р-399А ЗА СУСІДНІМИ КАНАЛАМИ	16
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4 ДОСЛІДЖЕННЯ СЕЛЕКТИВНОС- ТІ ЗА ПРЯМИМИ ТА ДЗЕРКАЛЬНИМИ КАНАЛАМИ ПЕРШОЇ ТА ДРУГОЇ ПРОМІЖНИХ ЧАСТОТ	19
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5 ДОСЛІДЖЕННЯ БАГАТОСИГ- НАЛЬНОЇ СЕЛЕКТИВНОСТІ РАДІОПРИЙМАЧА Р-399А	23
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОГО ДІАПАЗОНУ РАДІОПРИЙМАЧА Р-399А	29
ДОДАТОК 1	33
ДОДАТОК 2	34
ДОДАТОК 3	35
ДОДАТОК 4	36
ДОДАТОК 5	37
ДОДАТОК 6	38
ДОДАТОК 7	39
ДОДАТОК 8	40
СПИСОК СКОРОЧЕНЬ	41
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	42

Навчальне видання

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
З КУРСУ «РАДІОПРИЙМАЛЬНІ ПРИСТРОЇ В РАДІОФІЗИЦІ»**

для студентів спеціальності
7.040204-01 – Радіофізика і електроніка

Укладачі: В. В. Лізогуб
О. В. Богомаз
Д. В. Котов

Роботу до видання рекомендувала О. Г. Глєбова

Відповідальний за випуск