

Державний університет телекомунікацій

Кафедра радіотехнологій

Генерування та формування сигналів

Методичні матеріали до практичних занять

Для підготовки бакалаврів за напрямом 6.050901 “Радіотехніка”

Київ 2015 р

ЗМІСТ:

1. Призначення та технічні характеристики збуджувача „БОТ”.....	3
2. Склад збуджувача „БОТ”	5
3. Призначення та технічні характеристики передавача „БРИГ”.....	7
4. Структурна схема передавача „БРИГ”	9
5. Розрахунок тракту підсилення радіопередавача.....	11
5.1 Вибір структури ТРЧ передавача.....	11
5.2 Вибір схеми підсилювача потужності.....	13
5.3 Розрахунок граничного режиму підсилювача потужності для класу В	13
5.4 Розрахунок узгоджуючого ланцюга.....	16
5.5 Розрахунок фільтрів гармонік.....	19
6. Додаток 1. Питання до модульного контролю №1.....	21
7. Додаток 2. Питання до модульного контролю №2.....	22

1. Призначення та технічні характеристики збуджувача «БОТ»

Возбудитель «БОТ» построен по схеме диапазонно-кварцевой стабилизации частоты, что позволяет при помощи одного опорного кварцевого генератора получать на выходе сетку частот, имеющую такую же стабильность частоты, какую имеет кварцевый генератор.

Возбудитель «БОТ» является задающим генератором эксплуатационных радиопередатчиков промежуточных и коротких волн типа «БРИГ» и «КОРВЕТ».

Возбудитель работает в следующих диапазонах частот:

1605-1999,9 кГц; 2000-2999,9 кГц; 3000-3800 кГц; 4063-4650 кГц; 6200-6525 кГц; 8195-8815 кГц; 12 330-13 200 кГц; 16 460-17 360 кГц; 22 000-22 720 кГц; 25 010-25 600 кГц.

В каждом диапазоне обеспечивается сетка частот с равномерным шагом через 100 Гц.

Возбудитель обеспечивает работу следующими типами излучений:

A3J – однополосную телефонию на верхней боковой полосе с подавлением несущей частоты не менее 40 дБ;

A3A – однополосную телефонию на верхней боковой полосе с уровнем несущей частоты – (11-2) дБ;

A3H – однополосную телефонию на верхней боковой полосе с уровнем несущей частоты – (6-2) дБ;

A2H – тональное телеграфирование на верхней боковой полосе со скоростью до 40 бод и частотой тона 1000 –1 Гц;

A1 – телеграфирование посредством амплитудной манипуляции незатухающих колебаний со скоростью до 40 бод;

F1 – телеграфирование посредством частотной манипуляции при частотных сдвигах и скоростях работы, приведенных в таблице 1.

Таблица 1

Частотный сдвиг, Гц	Скорость работы
170	100
250	125
500	250
1000	500

ОФТ – относительное фазовое телеграфирование со скоростью 500 бод.

Выходное напряжение возбудителя составляет 1,5-0,15 В на нагрузке 50 Ом.

Отклонение частоты возбудителя от номинального значения при работе излучениями типов A1, A2H, A3J, A3A, A3H и ОФТ не превышает 15 Гц (определяется стабильностью опорного генератора). Дополнительное отклонение частоты при работе в режиме F1 (за счет блока частотной манипуляции) составляет при сдвигах до 500 Гц не более 20 Гц, при сдвиге до 1000 Гц – не более 30 Гц.

Предусмотрена возможность коррекции частоты опорного генератора (ОГ) и номинальной частоты блока частотной манипуляции (БЧМ) по опорному генератору.

Время прогрева термостатов ОГ и БЧМ не более 30 минут. Включение прогрева термостатов обеспечивается с момента подачи сети на радиопередающее устройство.

Напряжение побочных излучений на выходе возбуждителя ниже напряжений основной частоты не менее чем на 46 дБ. Величина нелинейных искажений при однополосной телефонной работе не превышает 3%. Номинальная величина модулирующего напряжения низкой частоты составляет 0,775 В при входном сопротивлении 600 Ом.

Частотный и фазовый манипуляторы обеспечивают нормальную работу от оконечной аппаратуры, которая выдает положительные прямоугольные посылки напряжением 5 – 1 В. входное сопротивление манипулятора 1000 Ом. Амплитудная манипуляция осуществляется напряжением – 12, 6 В.

Все другие технические данные возбуждителя «БОТ» приводятся в описаниях радиопередающих устройств «БРИГ» и «КОРВЕТ».

2. Склад збуджувача «БОТ»

Конструктивно возбудитель “БОТ” состоит из отдельных функциональных блоков, расположенных на шасси. Реле, источники питания и другие элементы, обеспечивающие работу возбудителя, размещены в корпусе передатчика. Все сведения по устройству и работе этих элементов приводятся в техническом описании радиопередающих устройств «БРИГ» и «КОРВЕТ».

Рассмотрим более подробно составные части возбудителя с точки зрения их взаимодействия для образования той или иной частоты.

Напряжение эталонной частоты 5 МГц от опорного генератора ОГ поступает на делитель частоты ДЧ-1, на преобразователи – усилители ПУ-9 и ПУ-8. В ДЧ-1 частота 5 МГц делится на 5 и 10; с одного выхода ДЧ-1 частота 1 МГц поступает на селектор гармоник СГ, с другого – удвоенная частота, т.е. 2 МГц поступает на ПУ-1, с третьего – 500 кГц, т.е. частота 5 МГц, поделенная на 10, поступает на ДЧ-2 и ПУ-2.

В ДЧ-2 частота 500 кГц делится на 5, полученные 100 кГц подаются на блок фазовой манипуляции БФМ, на блок однополосного сигнала БОС и на делитель частоты ДЧ-3. Кроме этого, в блоке ДЧ-2 выделяется 4-я гармоника 100 кГц.

В ДЧ-3 частота 100 кГц делится на 10, полученные 10 кГц подаются на усилитель – формирователь (УФ) датчика опорных частот, кроме этого 10 кГц подается на ДЧ-6.

С выхода УФ импульсное напряжение частотой 10 кГц поступает на пьезоэлектрические фильтры фильтров – коммутаторов ФК-1 – ФК-10. Последние через систему коммутации подключены к преобразователям частоты ПУ.

ПУ-1 выдает частоту 2400 кГц, образованную сложением частот 2 МГц (поступающую от ДЧ-1) и 400 кГц (поступающую от ДЧ-2).

ПУ-2 выдает частоту 2900 кГц, образованную сложением 500 кГц (от ДЧ-1) и 2400 кГц (от ПУ-1).

ПУ-3 выдает частоту 2700 кГц, образованную сложением 2400 кГц (от ПУ-1) и 300 кГц (от ФК-1).

Последующие преобразования происходят в ПУ-3а, ПУ-3б, ПУ-3в, ПУ-4а, ПУ-4б, ПУ-4в, ПУ-4г с участием делителей частоты ДЧ-4а, ДЧ-4б, ДЧ-4в. Последней ступенью преобразования является ПУ-5, на выходе которого получается сетка частот с шагом 10 Гц в диапазоне 300-399,99 кГц.

Выходные частоты СГ имеют значения 6, 7, 8, 9, 10, 11, 19 МГц. Диапазоны частот 3 управляемых генераторов (генераторы плавного диапазона) соответственно находятся в пределах 9-12, 12-15, 19-23 МГц.

Напряжения соответствующих выходных частот СГ и ГУ подаются на ПУ-6, с выхода которого разностное значение этих частот, равное 3 – 4 МГц, подается на ДЧ-5 (делитель частоты на 10). С выхода ДЧ-5 частота 300-400 кГц подается на вход фазового детектора (ДФ); на другой вход ДФ поступает опорная частота 300-399,99 кГц от ПУ-5. С выхода ДФ напряжение, пропорциональное разности сравниваемых частот, подается на ГУ для управления его частотой.

В блоках однополосного сигнала БОС, частотной манипуляции (БЧМ) и фазовой манипуляции (БФМ) формируются сигналы информации.

Напряжение низкой частоты на БОС подается от блока низкой частоты (БНЧ), предназначенного для усиления и ограничения сигналов, поступающих на его вход с микрофонного усилителя (УМТ) или с двухпроводной симметричной линии. Электрическое напряжение разговорной речи поступает на УМТ с микротелефонной трубки МТ-40.

При работе тональным телеграфом А2Н в качестве тональной частоты используется частота 1 кГц, подаваемая с делителя ДЧ-6.

В блоке БЧМ напряжения частот манипуляции выдаются кварцевым генератором, заключенным в термостат. Несущей частотой кварцевого генератора (относительно которой осуществляется манипуляция) принята частота 5100 кГц. Это означает, что при сдвиге (например, 1000 Гц) частоты на выходе БЧМ будут иметь значение 5100,5 кГц и 5099,5 кГц, а на выходе ПУ-9 – соответственно 100,5 и 99,5 кГц. Из тракта формирования сигналов информации напряжение поступает на ПУ-7 и ПУ-8. от ПУ-7 на выходной преобразователь (ПВ) поступает напряжение с частотой 3 МГц, от ПУ-8 – с частотой 8 МГц. На другой вход ПВ поступает напряжение от ГУ. После преобразования выходное напряжение, усиленное выходным усилителем (УВ), поступает на выход возбuditеля. В возбuditеле обеспечивается корректировка частоты кварцевого генератора БЧМ по опорному генератору возбuditеля.

3. Призначення та технічні характеристики передавача «БРИГ»

Передатчик «БРИГ» предназначен для использования на судах морского и промышленного флота в качестве связного передатчика служебных сообщений эксплуатационного характера, частной корреспонденции и др.

Судовые радиопередатчики и радиостанции нового поколения «Корвет», «Бриг», «Муссон», «Корабль-3», «Ласточка», «Порт-3» и др. отличаются следующими особенностями. Все они имеют кварцевую стабилизацию частоты с дискретной сеткой рабочих частот или со стандартными фиксированными частотами. Введены новые перспективные виды модуляции и манипуляции: однополюсная модуляция АЗJ, АЗА, частотное F1 и относительное фазовой ОФТ телеграфирование. В передатчиках широко используются полупроводниковые приборы.

Радиопередатчик «БРИГ» работает в диапазоне частот: 1,6-3,8; 4,063-4,650; 6,2-6,525; 8,195-8,815; 12,33-13,2; 16,46-17,36; 22-22,72; 25,01-25,6 МГц с номинальной пиковой мощностью 300 Вт. Коэффициент нелинейных искажений 3-го порядка, измеренный двухтоновым методом – 28 дБ. Полоса модулирующих частот 350-2700 Гн. Неравномерность в полосе НЧ 6 дБ. Средняя мощность побочных излучений 50 мВт.

Самый длинноволновый – диапазон промежуточных волн (ПВ) 1600-3800 кГц (187-79) разбит на три стыкующихся поддиапазона, которые также называют диапазонами: 1605-1999,9; 2000-2999,9; 3000-3800 кГц. Следовательно, всего имеется 10 диапазонов. Каждый диапазон перекрывается не непрерывно, а скачкообразно, дискретно в виде фиксированных волн с интервалом 100 Гц. Число фиксированных волн, например, на всем диапазоне ПВ, равно: $3800-1600=2200$ кГц; $22 \cdot 10^5$ Гц: $100=22000$, а на всех диапазонах 68120. При работе на любой волне дискретной сетки появляется полоса частот, захватывающая области соседних фиксированных волн, которых, однако, в данный момент нет. Существует лишь одна выбранная рабочая частота. Установка и отсчет частоты декадные.

Передатчик обеспечивает работу на семи типах излучений:

1. А1 – телеграфирование посредством амплитудной манипуляции незатухающих колебаний со скоростью до 40 Бод. Ширина полосы излучения при этой скорости равна 200 Гц.
2. А2Н – тональное телеграфирование по верхней боковой полосе со скоростью до 40 Бод и частотой тона 1000 Гц. Ширина полосы излучения 1200 Гц. Уровень несущей -6 ± 2 дБ. Обратим внимание на следующее. Во-первых, в этих же условиях при А2 ширина полосы была бы равной 2000 Гц, во-вторых, уровень несущей при А2Н понижен -6 дБ, т.е. вдвое по сравнению с А1. Вследствие этого, мощности несущей и боковой примерно одинаковы.

3. АЗJ – однополосная телефония на верхней боковой полосе (ВБП) с подставлением несущей не менее чем на 40 дБ. Ширина полосы 2800 Гц.
4. АЗА – однополосная телефония на ВБП с уровнем несущей - 16 ± 4 дБ (10-15%). Ширина полосы 3000 Гц.
5. АЗН – однополосная телефония на ВБП с уровнем несущей - 6 ± 2 дБ.
6. ОФТ – относительная разностная фазовая телеграфия со скоростью до 500 Бод.
7. F1 – частотная телеграфия со следующими градациями сдвига, скоростей и ширины полосы излучения соответственно:
 - а) 170 Гц; 100 Бод; 500 Гц; б) 250 Гц; 125 Бод; 725 Гц; в) 500 Гц; 250 Бод; 1450 Гц; г) 1000 Гц; 500 Бод; 2900 Гц.

Как видно, с увеличением скорости работы возникает сдвиг и расширяется полоса. **Частотным сдвигом называется** удвоенное значение девиации частоты. **Девиацией частоты $\Delta\omega$ называется** уход частоты от номинального значения в сторону увеличения при положительной посылке либо в сторону уменьшения при отрицательной посылке (активной паузе). Вход частотной телеграфии имеет сопротивление 1 кОм. Работоспособность обеспечивается при манипуляционных посылках прямоугольной формы с амплитудной +5 В, поступающих от аппарата СТ или иного датчика (имитируется тумблером СТ на лабораторном стенде БОТ).

Стабильность частоты не хуже $3 \cdot 10^{-7}$. Время прогрева термостата для обеспечения указанной стабильности – 30 минут. Допустимое отклонение частоты от номинального значения при воздействии всех дестабилизирующих факторов, включая долговременную нестабильность 5 Гц, на любой частоте должно быть не более 15 Гц.

Для первичного включения передатчика требуется 2 минуты на прогрев ламп. Длительность перестройки определяется временем, необходимым для установки декадных переключателей частоты и составляет 5 с.

4. Структурна схема передавача «БРИГ»

Структурная схема передатчика «БРИГ» состоит из:

1. Типового для корабельных коротковолновых передатчиков возбuditеля «БОТ»
2. Тракта линейного усиления мощности, состоящего из трех ступеней и системы фильтров.
3. Блока реле системы управления и коммутации.
4. Пульта управления.
5. Системы сигнализации.
6. Системы электропитания.
7. Системы охлаждения.

Рабочие частоты и все виды модуляции и манипуляции передатчика формируются в возбuditеле.

Питание передатчика «БРИГ» производится от бортовой сети переменного трехфазного тока через выпрямители, некоторые из них стабилизированные.

Передатчик «БРИГ» оборудован сложной системой местного и дистанционного управления, сигнализации об исполнении команд, принудительной последовательности операций включения и выключения, выдержки времени для прогрева катодов ламп при включении и остывании при выключении, выключении питающих напряжений при некоторых неисправностях, сигнализации о готовности передатчика к работе или неисправности.

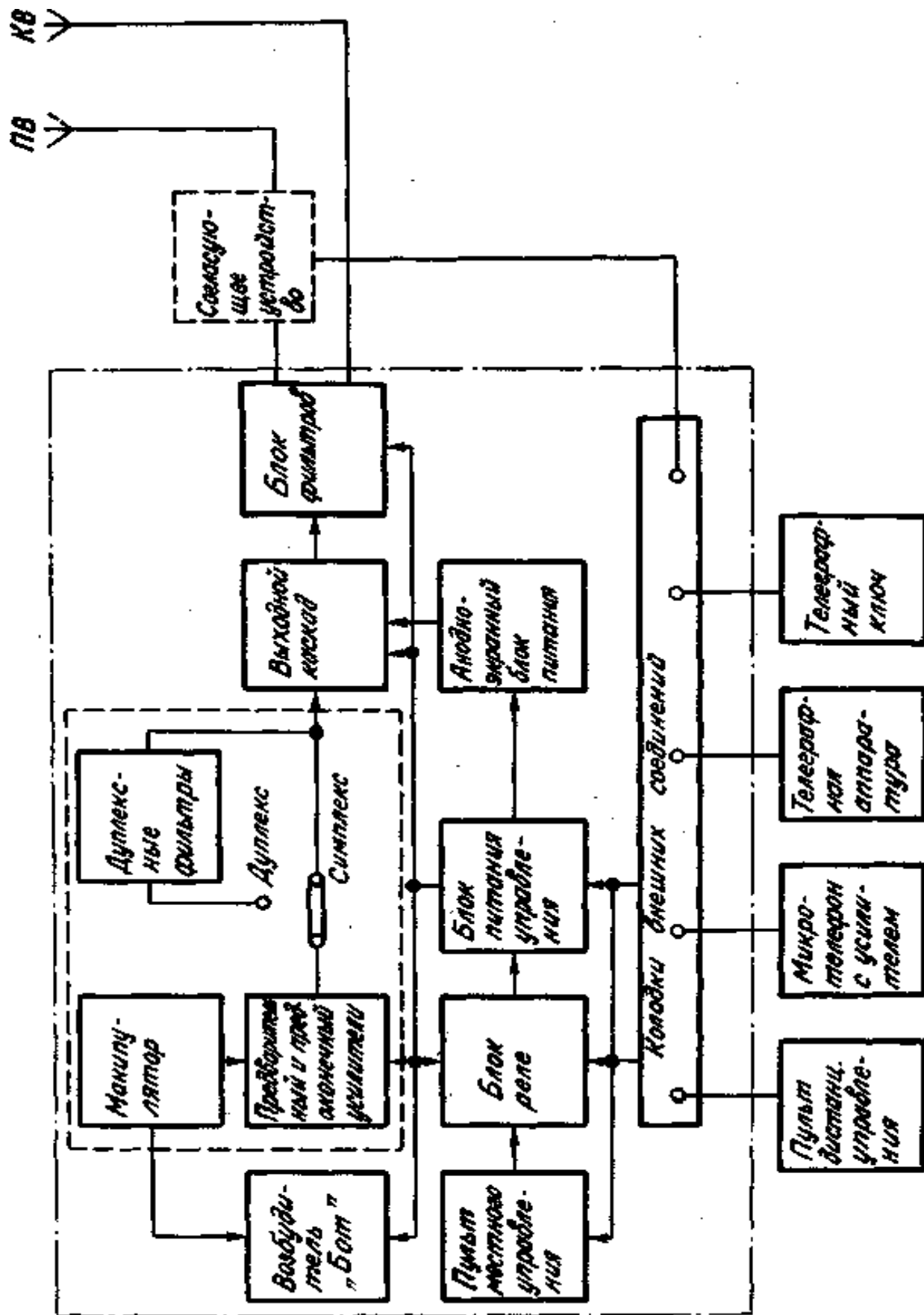


Рис.1 Структурная схема радиопередающего устройства

5. Розрахунок тракту підсилення радіопередавача

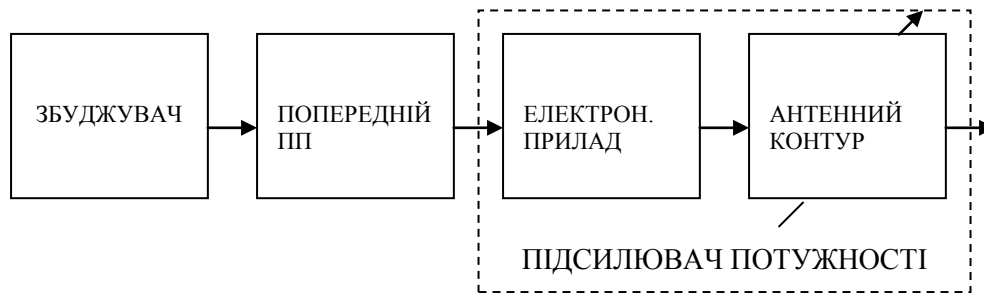
5.1. Вибір структури ТРЧ передавача

Структура тракту радіочастоти передавача визначається в основному наступними факторами:

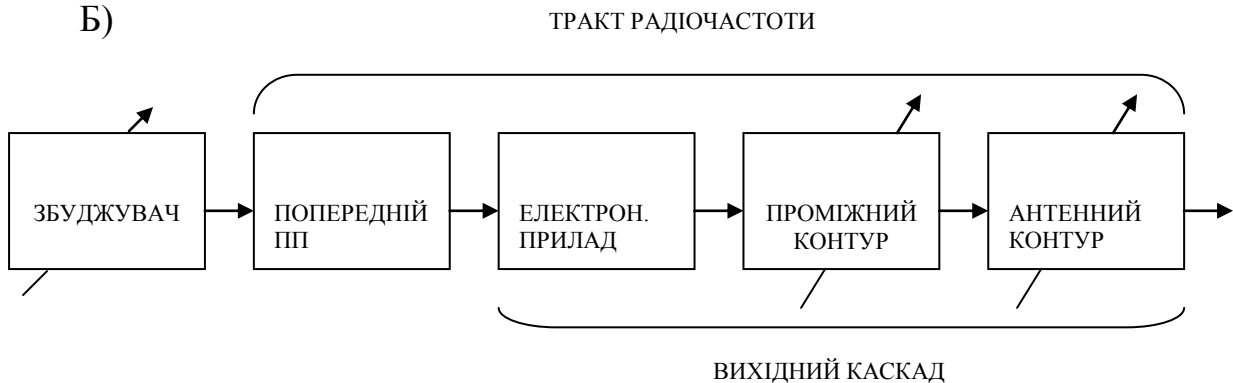
- діапазоном робочих частот передавача (коефіцієнтом перекриття діапазону);
- потрібною потужністю на виході передавача;
- потрібною швидкістю перестройки з однієї частоти на іншу.

Розглянуті з цих позицій різні структури ТРЧ представлені на рис.2.

А)



Б)



В)

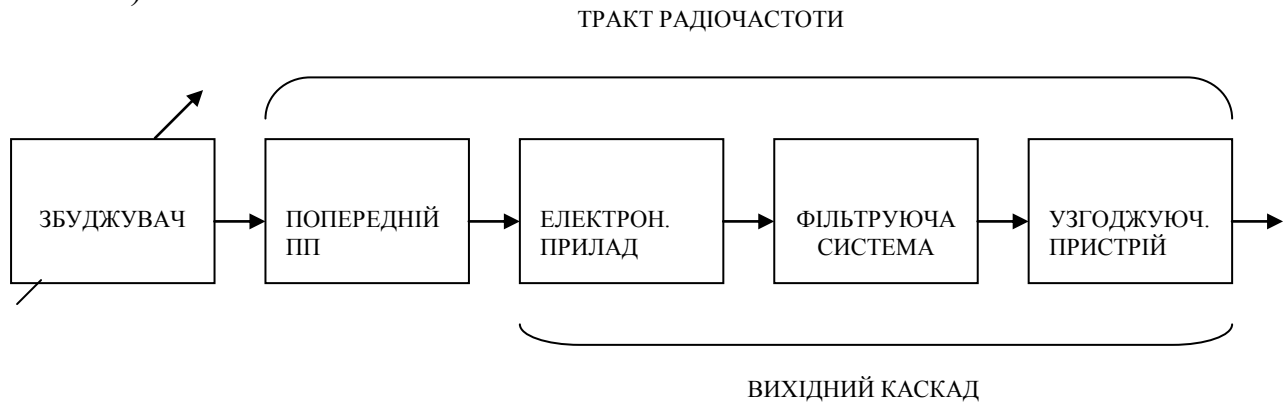


Рис. 2.

Структура тракту радіочастоти на рис.2а є характерною для передавачів малої потужності (до 1 Вт), які працюють у вузькому діапазоні частот (на декількох фіксованих частотах) з одним типом антени (наприклад феритова) і одним видом сигналу (F3E). Перестройка передавача і узгодження опору антени з електронним приладом здійснюється елементами настройки і зв'язку антенного контуру (зазвичай переключенням їх параметрів).

При роботі в широкому діапазоні частот (КХ), де використовуються декілька антен, а вимоги до швидкості перестройки передавача не жорсткі доцільна побудова передавача за структурою рис. 2б. Вихідний каскад побудований за складною схемою. На кожній робочій частоті окремо настроюються проміжний та антенний контури. Узгодження вихідного каскаду з антенною здійснюється регулюванням зв'язку антенного контуру з проміжним контуром. В автоматизованих передавачах ця настройка здійснюється заздалегідь з допомогою системи ППЧ, за рахунок чого скорочується час перестройки при роботі.

Структура передавача рис. 2в, реалізується при високих вимогах до швидкості перестройки і невеликої кількості передавальних антен з малою зміною їх параметрів в діапазоні частот. Фільтруюча система і узгоджуючий пристрій виконуються ширококутовими. Тому час перестройки визначається часом перестройки збуджувача.

Враховуючи вихідні дані ($t_{\text{пер}} \leq 3\text{с}$, антенна АШ-10м) вибираємо варіант на рис.2.в.

5.2. Вибір схеми підсилювача потужності

Обрана структура тракту радіочастоти передавача є основою для вибору схеми підсилювача потужності (ПП).

В першу чергу необхідно визначити елементну базу яка використовується для побудови ГРЧ. В теперішній час ГРЧ передавачів з потужністю до 250...500Вт як правило будують на транзисторах. При більш великих потужностях перспективним є комбінований варіант: вихідний каскад будується на радіолампі, а попередні – на транзисторах.

Лампові каскади можуть бути як з резонансним, так і широкопasmовим вихідним ланцюгом. Типи радіоламп, які використовуються в каскадах: тріод, тетрод, пентод. Вони найчастіше включаються за схемою з загальним катодом.

Транзисторні каскади виконуються, як правило, з широкопasmовим вихідним ланцюгом за схемою з загальним емітером (стоком).

З урахуванням потужності проектує мого передавача вибираємо комбіновану схему з попередніми транзисторними та вихідним ламповим каскадами. Вихідний каскад за умов підсилення однопasmового сигналу повинен працювати в режимі з кутом відсічки $\psi=90^0$ (клас В) або $\psi=180^0$ (клас А). Для досягнення високого електронного ККД вихідного каскаду вибираємо режим підсилення класу В.

5.3. Розрахунок граничного режиму підсилювача потужності для класу В

Початкові дані:

- Діапазон робочих частот ПП $D_f=1.5 \dots 60$ МГц;
- Вихідна потужність визначається як

$$P_{гр} = P_A / \eta_k \eta_{cy} = 1.85 \text{ кВт}$$

$\eta_k \approx 0.75 \dots 0.8$ (з досвіду проектування);

$\eta_{cy} = 0.72$ (найгірший для антени АШ-10м на частоті 1.5 МГц, розрахунок дивись нижче).

- Тип електронного приладу – радіолампа.
- Тип вихідного ланцюга – резонансний.
- Схема включення радіолампи – з загальним катодом.

5.3.1 Вибір типу радіолампи

Виходячи з діапазону робочих частот та вихідної потужності обираємо за довідником радіолампу ГУ – 78Б. Параметри та статичні характеристики наведені на рис.3.

5.3.2. Принципова схема ПП

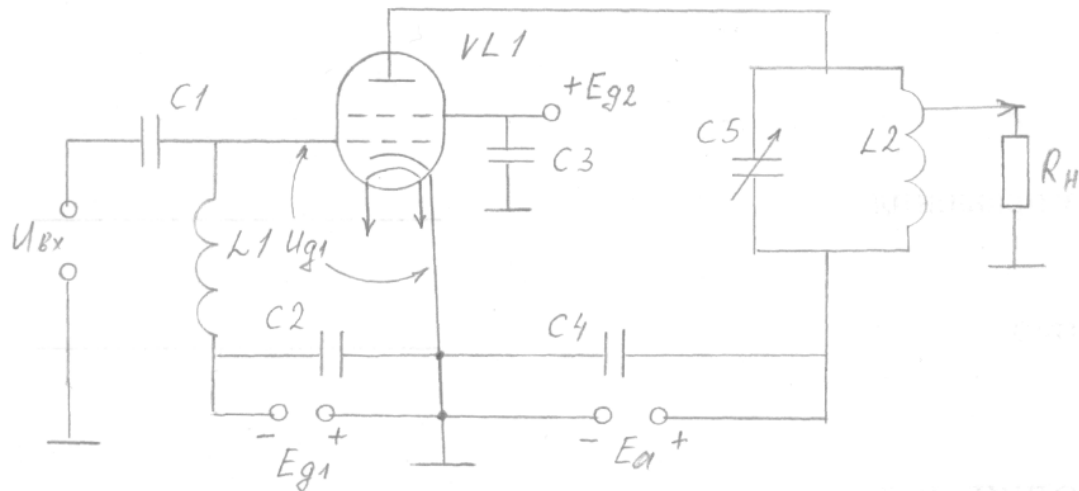


рис 4

5.3.3. Розрахунок анодного ланцюга радіолампи

1. По анодним статичним характеристикам радіолампи $i_A = \varphi(U_A)$ величина імпульсу анодного струму для граничного режиму класу В. Максимальна величина імпульсу буде при $U_{d1}=0$ на ізгині характеристики

$$I_{ам} = 4.1 \text{ А.}$$

При цьому визначається мінімальна напруга на аноді лампи:

$$U_{Амін} = 400 \text{ В.}$$

2. Амплітуда першої гармоніки анодного струму:

$$I_{a1} = \alpha_1 I_{ам} = 0.5 * 4.1 = 2.05 \text{ А,}$$

де $\alpha_1 = 0.5$ – коефіцієнт розкладання імпульсу анодного струму для кута відсічки $\psi = 90^\circ$.

3. Визначається еквівалентний опір навантаження лампи, при якому вона віддає задану коливальну потужність (опір граничного режиму), тобто вважається, що $R_e = R_{гр}$

$$P_{гр} = 0.5 I_{a1}^2 R_{гр}$$

$$R_{гр} = 2 P_{гр} / I_{a1}^2 = 2 * 1.85 / (2.05)^2 = 881 \text{ Ом.}$$

4. Амплітуда напруги 1-й гармоніки на контурі

$$U_{мк} = I_{a1} R_{гр} = 2.05 * 881 = 1806 \text{ В.}$$

5. Потрібна величина напруги джерела анодного живлення

$$E_A = U_{\text{Амін}} + U_{\text{мк}} = 400 + 1806 = 2206 \text{ В.}$$

Ця величина порівнюється з допустимою величиною напруги на аноді лампи:

$$E_A \leq E_{\text{Адоп}} = 3200 \text{ В}$$

6. Постійна складова анодного струму визначається:

$$I_{a0} = \alpha_0 I_{\text{ам}} = 0.3 * 4.1 = 1.23 \text{ А,}$$

де коефіцієнт α_0 – є коефіцієнтом розкладання імпульсу анодного струму.

7. Потужність, яка споживається підсилювачем від джерела анодного живлення

$$P_0 = I_{a0} E_A = 1.23 * 2206 = 2713.38 \text{ Вт}$$

8. Потужність яка розсіюється на аноді лампи

$$P_A = P_0 - P_{\text{гр}} = 2713.38 - 1850 = 863.38 \text{ Вт.}$$

Ця величина порівнюється з допустимою

$$P_A \leq P_{\text{Адоп}} = 2500 \text{ Вт.}$$

9. ККД анодного ланцюга (електронний ККД)

$$\eta_A = P_{\text{гр}} / P_0 = 1850 / 2713.38 = 0.68$$

5.3.4. Розрахунок ланцюга управляючої сітки

1. Визначення напруги зсуву. Напруга зсуву $-E_{д1}$ визначається по вхідній (анодно-сітковій) статичній характеристиці, яка має відповідати анодній напрузі E_A , що розрахована та прийнятому куту відсічки $\psi = 90^\circ$. В режимі класу В робоча точка вибирається на нижньому ізгині статичної характеристики, тобто при $i_A = 0$ $-E_{д1} = -70 \text{ В}$.

2. Амплітуда напруги збудження не повинна перевищувати

$$U_{\text{мд1}} \leq E_{д1} / 70 \text{ В.}$$

При цьому струм першої сітки відсутній, відсутня і потужність, що на ній розсіюється.

5.3.5. Розрахунок ланцюга екрануючої сітки

Напруга екрануючої сітки задана у характеристиках радіолампи, яка обрана $E_{д2} = 300 \text{ В}$.

1. Імпульс струму екрануючої сітки $I_{\text{мд2}}$ визначається за вхідною характеристикою при

$$U_{д1} = 0; U_A = U_{\text{Амін}} = 400 \text{ В}; I_{\text{мд2}} = 0.4 \text{ А.}$$

2. Визначається постійна складова струму екрануючої сітки за формулою

$$I_{0д2} = 0.66 \alpha_0 I_{\text{мд2}} = 0.66 * 0.3 * 0.4 = 0.079 \text{ А.}$$

3. Потужність, що розсіюється на екранній сітці

$$P_{д2} = I_{0д2} E_{д2} = 0.079 * 300 = 23.7 \text{ Вт.}$$

Ця величина порівнюється з допустимою потужністю

$$P_{д2} \leq P_{д2доп} = 30 \text{ Вт.}$$

5.3.6. Розрахунок ланцюга накала

$$P_{нак} = U_{нак} I_{нак} = 27\text{В} * 4\text{А} = 108 \text{ Вт.}$$

5.3.7. Розрахунок промислового ККД підсилювача

$$\eta_{пром} = P_{гр} / (P_0 + P_{д2} + P_{нак}) = 1850 / (2713 + 23 + 108) = 0.65$$

5.4. Розрахунок узгоджувача ланцюга

1. Вибір типу узгоджувача пристрою

Раніше було розглянуті різні структури трактів радіочастоти передавачів, які задовольняють певним вимогам. При цьому було визначено, що узгоджувачі пристрої (УП) вихідних каскадів радіопередавачів будується в основному, за двома принципами: вузько смугові і широко смугові.

Вузькосмугові УП використовуються в передавачах, які працюють у широкому діапазоні частот на декількох типах антен. Вони будуються на основі резонансних коливальних систем, які настроюються при переході на кожну робочу частоту. Для зменшення часу перестройки використовується система попередньо підготовлених частот (ППЧ). При цьому настройка УП на декілька робочих частот здійснюється при підготовці передавача до роботи і запам'ятовується.

Під час роботи при переході з однієї частоти на іншу система ППЧ відтворює настройку.

Широко смугові УП використовуються при обмеженій кількості антен з відносно невеликою зміною їх параметрів у діапазоні частот. Задача покриття широкого діапазону частот вирішується шляхом використання декількох широко смугових УП, які комутуються. В порівнянні з вузько смуговими УП широко смугові забезпечують більш високу швидкість перестройки передавача, але вони мають меншу точність узгодження, менший кпд і гірше придушують побічне колювання.

З розглянутого випливає, що при виборці типу узгоджувача пристрою необхідно урахувати такі фактори:

- діапазон робочих частот передавача;
- кількість типів антен і діапазон зміни їх параметрів;
- вимоги до швидкості перестройки передавача;

- допустиму помилку узгодження і вимоги до коефіцієнта корисної дії передавача;
- вимоги до подавлення побічних коливань.

2. Вибір схеми узгоджуючого пристрою

Принципова схема УП синтезується відповідно з прийнятим рішенням про його тип:

Розглянемо синтез схеми вузько смугового УП КХ діапазону. Оскільки для перекриття КХ діапазону використовується декілька типів антен, в тому числі з симетричним і не симетричним входом обмежимо задачу антеною з несиметричним входом.

Для дальнішого синтезу принципів схеми УП необхідно:

1) задається параметрами входу УП - це величина узгодження входу, яка для рівно сопряжения нагрзуки промезуточного контура $R_{сц} = R_H = 50...100$ ом задається добротність добротністю узгодженого кола $Q_{сц} = 50...100$

Визначимось з величиною вхідного опору узгоджуючого ланцюга, який повинен бути рівним потрібному опору навантаження проміжного контуру $R_H = R_{сц} = 100$ Ом.

Нормуємо параметри антени в розрахункових крапках для антени АШ-10м.

Розрахунок елементів узгоджуючого кола

Необхідно визначити величини L_H ; C_1 і C_3 і $\eta_{сц}$

Для області узгодження

$$\frac{R_A}{R_H} > 1 \quad C_3 = \frac{1}{2\pi f X_3} ;$$

X_3 - визначається із формули:

$$\frac{X_3}{R_H} = \left\{ \frac{X_A}{R_H} - \sqrt{\frac{X_A^2}{R_H^2} + \left[\frac{R_A^2}{R_H^2} + \frac{X_A^2}{R_H^2} \right] \cdot \left[\frac{X_A^2}{R_H^2} - 1 \right]} \right\} \cdot \left[\frac{R_A}{R_H} - 1 \right]^{-1}$$

$$L_H = \frac{X_2}{2\pi f}$$

X_2 - - визначається із формули:

$$\frac{X_2}{R_H} = - \left[\frac{R_A^2}{R_H^2} + \frac{X_A}{R_H} \cdot \frac{X_3}{R_H} + \frac{X_A^2}{R_H^2} \right] \cdot \left[\frac{R_A}{R_H} \cdot \frac{X_3}{R_H} \right]^{-1}$$

кпд узгоджуючого кола:

$$\eta_{сц} = \frac{1}{1 + \frac{X_2}{Q_H R_A}}$$

для областей узгодження $\frac{R_A}{R_H} < 1$

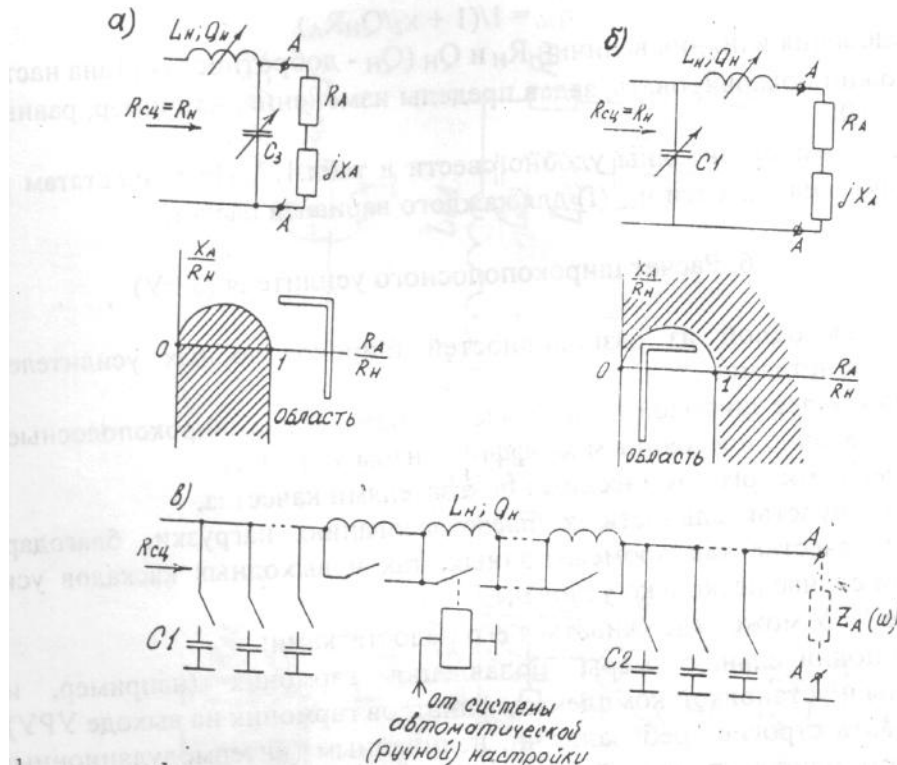
визначимо величину опору індуктивності настрійки X_2 із формули:

$$\frac{X_2}{R_H} = -\frac{X_A}{R_H} + \sqrt{\frac{R_A}{R_H} - \frac{R_A^2}{R_H^2}} \quad L_H = \frac{X_2}{2\pi f}$$

величина ємності C_1 визначається із согласованість X_1

$$\frac{X_1}{R_H} = -\frac{R_A}{R_H} + \left[\sqrt{\frac{R_A}{R_H} - \frac{R_A^2}{R_H^2}} \right]^{-1} \quad C_1 = \frac{1}{2\pi f X_1} \quad \eta_{cq} = \frac{1}{1 + \frac{X_2}{Q_H R_A}}$$

F MHz	1.5	2	3	4	5	7	8	10	12
R_A	40	30	20	35	45	90	200	700	1400
$R_A \backslash R_H$	0.4	0.3	0.2	0.35	0.45	0.9	2	7	14
X_A	-	-	-700	-400	-200	-20	30	55	90
$X_A \backslash R_H$	-15	-10	-7	-4	-2	-2	3	5.5	9
Γ	$C_1, \text{пф}$	1300	1220	1061	570	353.8	76		
	$L_H, \text{мкГн}$	164	83.3	39.28	17.9	7.95	1.14		
Υ	L_H						3.85	25.79	316
	C_3						173	364	2250
η_{cy}	0.72	0.74	0.73	0.89	0.95	0.99	0.98	0.86	0.29



Таким чином, до частоти 8 МГц узгоджуючий ланцюг має вигляд як на рис.3б, а на більш високих частотах – рис.3а. Для узгодження АШ-10м в усьому

діапазоні частот узгоджуючий ланцюг повинен мати вигляд як на рис.3в. Так як антена АШ-10м несиметрична, то й узгоджуючий ланцюг повинен мати несиметричний вихід.

5.5. Розрахунок фільтрів гармоник

1. Коефіцієнт перекриття по частоті передавача

$$K_{fi} = \frac{60}{1,5} = 40$$

2. Кількість фільтрів, що переключуються

$$(K_{fi} = 1,6)$$

$$K = \frac{\lg 40}{\lg 1,6} = \frac{1,602}{0,2552} = 6,277$$

Округлюємо до $K = 7$

3 Коефіцієнт перекриття по частоті окремих фільтрів:

$$K_{fi} = 40^{\frac{1}{7}} = 1,695$$

4. Граничні частоти окремих фільтрів:

$$f_{H1} = (1,695)^0 \times 1,5 = 1,5 \text{ МГц}$$

$$f_{B1} = (1,695)^1 \times 1,5 = 2,55 \text{ МГц}$$

$$f_{H2} = 2,55 \text{ МГц}$$

$$f_{B2} = (1,695)^2 \times 1,5 = 4,31 \text{ МГц}$$

$$f_{H2} = 4,31 \text{ МГц}$$

$$f_{B3} = (1,695)^3 \times 1,5 = 7,31 \text{ МГц}$$

$$f_{H4} = 7,31 \text{ МГц}$$

$$f_{B4} = (1,695)^4 \times 1,5 = 12,4 \text{ МГц}$$

$$f_{H4} = 12,4 \text{ МГц}$$

$$f_{B5} = (1,695)^5 \times 1,5 = 21,1 \text{ МГц}$$

$$f_{H6} = 21,1 \text{ МГц}$$

$$f_{B6} = (1,695)^6 \times 1,5 = 35,77 \text{ МГц}$$

$$f_{H7} = 35,77 \text{ МГц}$$

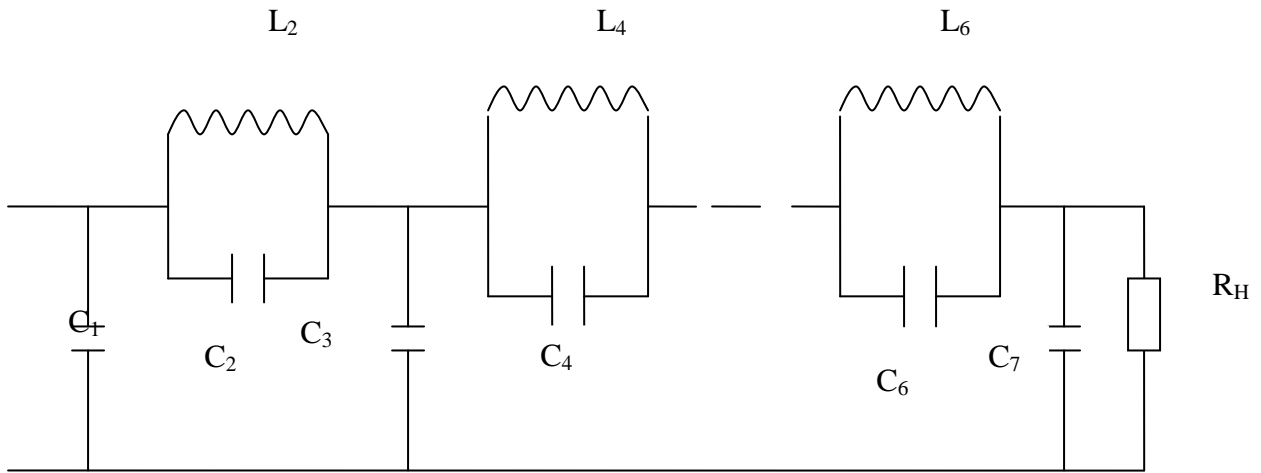
$$f_{B7} = (1,695)^7 \times 1,5 = 60 \text{ МГц}$$

$$f_{H8} = 60 \text{ МГц}$$

Нормована частота в смузі затримки:

$$\Omega_{ci} = \frac{n}{K_{fi}} = \frac{2}{1,695} = 1,18$$

При $a_0 \geq 40$ дБ і $\Omega_{ci} \leq 1,26$ доцільно вибрати ФНЧ Кауера. За графіком ([4], рис. п 2.31) вибираємо фільтр Кауера 7^{го} порядку з $\Delta a = 0.011$ дБ, $\Omega_c = 1,195$, $a_0 = 45$ дБ.



Параметри ([4], рис. п 1.14):
 $\tilde{C}_1 = 0,6744$; $\tilde{C}_2 = 0,1712$; $\tilde{l}_2 = 1,202$;
 $\tilde{C}_3 = 1,197$; $\tilde{C}_4 = 8,8734$; $\tilde{l}_4 = 0,7840$;
 $\tilde{C}_5 = 1,049$; $\tilde{C}_6 = 0,6973$; $\tilde{l}_6 = 0,7512$; $\tilde{C}_7 = 0,3467$;

По формулі:

$$C_1 = \frac{\tilde{C}_1}{2\pi(f_{Bi} - f_{Hi}) \cdot R_H}$$

$$L_1 = \frac{l_2 R_H}{2\pi(f_{Bi} - f_{Hi})}$$

Визначимо значення L і C елементів $1^{-го}$ фільтру, при цьому $f_{Hi} = 0$, так як вибрано ФНЧ:

$$C_1 = 4,518 \cdot 10^{-4} \text{ мкФ}$$

$$C_2 = 1,147 \cdot 10^{-4} \text{ мкФ}$$

$$L_2 = 2,012 \text{ МкГн}$$

$$C_3 = 8,2 \cdot 10^{-4} \text{ мкФ}$$

$$C_4 = 8,2 \cdot 10^{-4} \text{ мкФ}$$

$$L_4 = 1,312 \text{ МкГн}$$

$$C_5 = 7,03 \cdot 10^{-4} \text{ мкФ}$$

$$C_6 = 4,67 \cdot 10^{-4} \text{ мкФ}$$

$$L_6 = 1,257 \text{ МкГн}$$

$$C_7 = 2,323 \cdot 10^{-4} \text{ мкФ}$$

Значення L і C елементів $2^{-го}$ фільтру необхідно відповідно зменшити в 1, 695 рази і т.п.

Питання до модульного контролю №1

1. З чого складається радіопередавальний пристрій (РПП)?
2. У чому полягає різниця оцінки вірогідності передачі безперервних повідомлень?
3. У чому полягає різниця оцінки вірогідності передачі дискретних повідомлень?
4. Які основні вимоги загального характеру пред'являються до радіопередавального пристрою (РПП)?
5. Які функції виконує радіопередавач?
6. Призначення узгоджуючого пристрою.
7. Призначення збуджувача.
8. Абсолютна стабільність частоти сигналу передавача (Δf).
9. Відносна стабільність частоти сигналу передавача (δf).
10. Що таке необхідна смуга частот радіопередавача?
11. Чим обумовлені побічні випромінювання в радіопередавачі?
12. Недоліки способу формування ЧТ сигналів без розриву фази.
13. Переваги одно смугових радіосигналів
14. Які вимоги пред'являються до тракту формування одно смугових сигналів?
15. Які вимоги пред'являються до модуляторів при формуванні ЧМ сигналів?
16. Як забезпечується перенос первинного радіосигналу у діапазон робочих частот?
17. В чому полягає сутність прямого методу синтезу частот?
18. В чому полягає сутність непрямого методу синтезу частот?
19. Які проблеми мають місце при формуванні сітки частот методом генератора гармонік?
20. Від чого залежить крок сітки (Δf_c)
21. У чому полягає сутність інтерполяційного методу формування сітки частот?
22. У чому полягає сутність фільтрації складових сітки частот з використанням додаткового автогенератора?
23. Що таке генератори гармонік?
24. Що таке селектори гармонік?

Питання до модульного контролю №2

1. Підсилювач потужності.
2. Загальний коефіцієнт корисної дії підсилювача потужності.
3. Склад підсилювача потужності.
4. Смуга частот.
5. Ширина смуги частот.
6. Діапазон робочих частот.
7. Потужність радіопередавача.
8. Надійність радіозв'язку.
9. Режими роботи ПП.
10. Які умови необхідно виконати для отримання в антені максимальної потужності?
11. Проста схема включення антени у вихідному каскаді передавача?
12. Основні вимоги, що пред'являються до проміжних каскадів.
13. Складна схема вихідного каскаду.
14. Переваги складної схеми вихідного каскаду.
15. За яким критерієм поділяються підсилювачі на вузько смугові та широкосмугові?
16. Що обмежує смугу підсилення в лампових підсилюючих каскадах?
17. Чим визначається нерівномірність коефіцієнта підсилення в смугі підсилення резонансного ПП?
18. Призначення та вимоги до узгоджуючи пристроїв.
19. Широкосмугові узгоджуючи пристрої.
20. Резонансні узгоджуючи пристрої.
21. Чим визначається необхідність використання узгоджуючого пристрою?
22. Вихідний каскад радіопередавача.
23. Проміжний каскад радіопередавача.