

Министерство высшего и среднего специального
образования РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева

ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЯ РАДИОЧАСТОТЫ
НА ПОЛЕВОМ ТРАНЗИСТОРЕ

Лабораторная работа 3

Куйбышев 1982

УДК 621.396.62

Приведены общие сведения о построении и основных характеристиках усилителей радиочастоты радиоприемников. Рассмотрены особенности применения полевых транзисторов, а также различные варианты схем; дано описание лабораторного макета.

Рекомендуется студентам специальности 0701.

Составитель Л.И. К а л а к у т с к и й

Утверждена редакционно-издательским советом института 16.12.1981 г.

Ц е л ь р а б о т ы: ознакомление со схемным построением и основными характеристиками усилителя радиочастоты (УРЧ) РПрУ ; исследование схемы УРЧ на полевом транзисторе.

1. УРЧ НА ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРАХ

1.1. О б щ и е с в е д е н и я

Усилитель радиочастоты является первым активным каскадом радиоприемника, расположенным в схеме непосредственно после входного устройства. Основными функциями УРЧ являются:

1 - усиление полезного сигнала во всем диапазоне принимаемых частот, что обуславливает снижение коэффициента шума приемника, т.е. повышение его реальной чувствительности по отношению к собственным шумам;

2 - обеспечение совместно с входным устройством частотной избирательности приемника по отношению к сигналам дополнительных каналов приема (зеркальному, промежуточной частоты, комбинационным).

1.2. О с о б е н н о с т и У Р Ч н а п о л е в ы х т р а н з и с т о р а х

Важным требованием, предъявляемым к УРЧ, является обеспечение линейности усиления в большом динамическом диапазоне амплитуд входных сигналов и ослабление нелинейных явлений, возникающих в условиях одновременного приема сигнала и сильных помех. В современных условиях большой насыщенности частотных диапазонов, используемых для радиовещания и связи ($f_0 = 0,1-30$ МГц), а также значитель-

ного уровня индустриальных помех это требование в значительной степени определяет структуру УРЧ.

Известно, что при воздействии на вход приемника полезного сигнала нормального уровня и мощных помех (мешающих станций), действующих вне результирующей полосы пропускания приемника, но в полосе преселектора, усилительные приборы первых активных каскадов могут перейти в нелинейный режим работы. Это вызывает снижение реальной избирательности приемника за счет:

1) эффекта перекрестной модуляции, проявляющегося в переходе модуляции мешающей станции на полезный сигнал;

2) эффекта блокирования сигнала, проявляющегося в заметном уменьшении уровня полезного сигнала;

3) эффекта взаимной модуляции, возникающего под воздействием на вход активного элемента двух (и более) колебаний и приводящего к появлению паразитного третьего колебания на частоте полезного сигнала или дополнительного канала приема.

При амплитудной модуляции сигнала указанные явления могут привести к большим искажениям полезного сигнала или полному срыву радиоприема. Анализ перечисленных нелинейных эффектов показывает, что степень их действия зависит от параметров нелинейности активного элемента, определяемых отношениями

$$g_{21}''/g_{21}' > g_{21}'/g_{21},$$

где g_{21}' - активная составляющая проводимости прямой передачи (крутизна) активного элемента, а также от амплитуды напряжения помехи.

Таким образом, многосигнальная избирательность УРЧ определяется видом проходной характеристики активного элемента и выбором его рабочей точки. Высокая многосигнальная избирательность профессиональных приемников связи достигается применением в преселекторах полевых транзисторов. В отличие от биполярных транзисторов, для полевых транзисторов с р-п переходом и с изолированным затвором (МДП и МОП-транзисторы) характерным являются малые значения параметров нелинейности в достаточно большом динамическом диапазоне входных сигналов.

Выбор режима полевого транзистора по постоянному току в УРЧ имеет определенные особенности. Крутизна полевого транзистора име-

ет максимальное значение в области открытого перехода, т.е. при больших токах стока. Однако при работе в этой области теряются основные преимущества полевого транзистора – линейная зависимость крутизны от напряжения на затворе и большое входное сопротивление. Поэтому исходное напряжение на затворе выбирают таким, чтобы рабочая точка находилась на линейном участке проходной характеристики в области закрытого р-п перехода и отстояла от точки $U_3 = 0$ на величину, превышающую возможную амплитуду входного сигнала.

Полевые транзисторы обеспечивают также:

большое усиление по напряжению;

высокое значение входного и достаточно большое значение выходного сопротивления;

малый уровень собственных шумов;

высокое быстродействие;

достаточно высокую термостабильность;

радиационную стойкость.

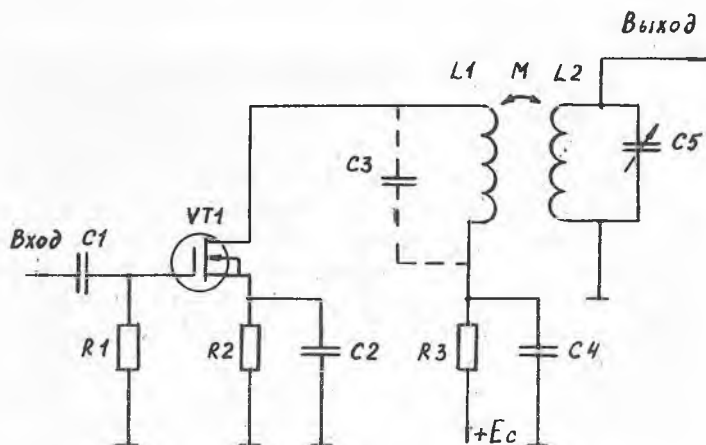
Эти свойства полевых транзисторов позволяют строить малощумящие высокоизбирательные УРЧ.

1.3. С х е м ы У Р Ч

На частотах до 30 МГц наиболее распространены схемы включения транзистора с общим истоком (ОИ), как обеспечивающие наибольшее усиление при достаточной устойчивости.

По виду связи нагрузки с транзистором различают УРЧ с трансформаторной связью, автотрансформаторной (одинарной или двойной), двойной емкостной и комбинированной.

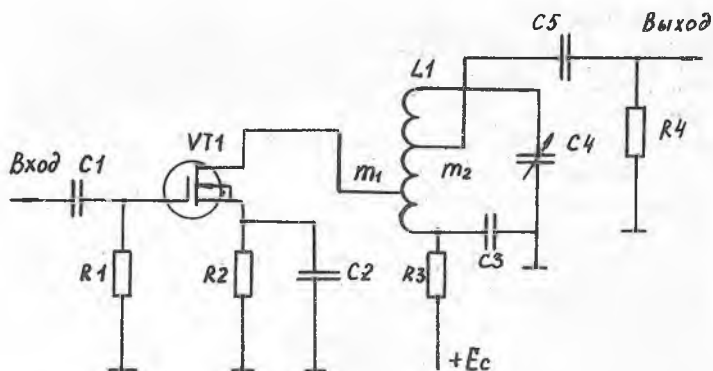
Схема УРЧ с трансформаторной связью представлена на рис.1. Перестраиваемый контур, образованный элементами L_2 , C_5 , обеспечивает настройку УРЧ, начиная с минимальной частоты диапазона $f_{\text{мин}}$ до максимальной $f_{\text{макс}}$. В этой схеме значение коэффициента усиления и его изменение по диапазону будет сильно зависеть от собственной частоты $f_{\text{ос}}$ контура, включенного в цепь стока, образованного L_1 , C_3 . Существует два режима работы стоковой цепи: режим укорочения $f_{\text{ос}} > f_{\text{макс}}$ и режим удлинения $f_{\text{ос}} < f_{\text{мин}}$. В режиме удлинения для получения требуемой резонансной частоты $f_{\text{ос}}$ в стоковую цепь может включаться дополнительная емкость C_3 . В ре-



Р и с. I. Схема УРЧ с трансформаторной связью

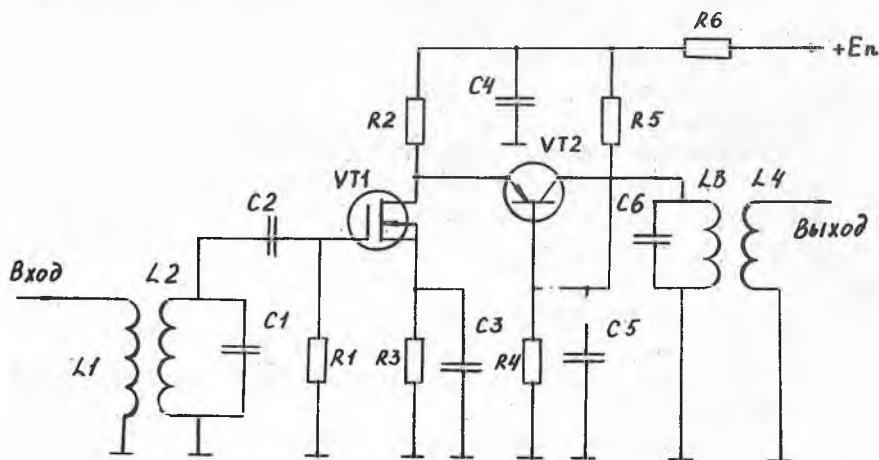
в режиме удлинения обеспечивается постоянный или мало изменяющийся коэффициент усиления в пределах диапазона; в режиме укорочения коэффициент усиления растет с повышением частоты и его абсолютное значение больше, чем в режиме удлинения. Цепочка R_2 , C_2 служит для создания положительного смещения и подачи его в цепь затвора VT_1 . Через резистор R_1 проходит ток утечки в цепи затвора транзистора, R_3 , C_4 — фильтрующая цепочка, емкость C_1 — разделительная, C_2 — блокировочная для токов высокой частоты. Усилители с трансформаторной связью широко применяются в радиоприемниках КВ-, СВ-, ДВ-диапазонов.

При перестройке диапазонных усилителей с трансформаторной связью с относительно большими коэффициентами перекрытия по частоте наблюдается значительное изменение усиления. Для выравнивания усиления используют комбинированную связь транзистора с нагрузкой. Эффективно работает схема с трансформаторной и внешнеемкостной связями. В схеме на рис. I внешнеемкостная связь может быть образована включением конденсатора связи между цепью стока VT_1 и незаземленным выводом контура L_2 , C_5 . Для выравнивания усиления необходимо, чтобы в режиме удлинения напряжения на контуре, создаваемые за счет обоих видов связи, складывались, а в режиме укорочения — вычитались. Это обеспечивается соответствующим фазированием обмоток катушки связи и контурной катушки.



Р и с. 2. Схема УРЧ с автотрансформаторной связью

Схема УРЧ с двойной автотрансформаторной связью с контуром показана на рис. 2. Схема дает возможность повысить избирательность каскада путем соответствующего подбора коэффициента включения m_1 , m_2 в том случае, когда необходимо учитывать шунтирующее действие входных и выходных сопротивлений транзистора. Если последующий активный элемент обладает высоким входным сопротивлением, то применяется одинарная автотрансформаторная связь.



Р и с. 3. Схема каскадного УРЧ

В метровом диапазоне волн широко применяется каскадная схема включения активных элементов, обладающая более высокой устойчивостью, низким коэффициентом шума и большим значением входных и выходных сопротивлений. Для УРЧ на полевых транзисторах распространены соединения ОИ-ОЗ и ОИ-ОБ. Причем последняя схема, использующая гибридное включение полевой-биполярный транзистор, позволяет осуществить взаимную компенсацию температурных дрейфов этих приборов. Повышение термостабилизации режима приводит к повышению устойчивости работы УРЧ. Схема каскадного УРЧ показана на рис. 3. Перечисленные свойства соединения ОИ-ОБ позволили реализовать полные включения контуров L_2 , $С1$ в цепь затвора $VТ1$ и L_3 , $С6$ в цепь коллектора $VТ2$, что в данном случае позволяет сочетать высокое усиление с хорошей избирательностью.

2. ОПИСАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ МАКЕТА

Принципиальная схема макета показана на рис. 4. УРЧ собран на полевом тетраде $VТ1$ КП350Б по схеме с ОИ. Нагрузка каскада - перестраиваемый контур L_1 , $С5$, $С6$. Связь стоковой цепи с контуром - автотрансформаторная; выбор величины коэффициента включения осуществляется с помощью переключателя S_2 .

Входной сигнал через клеммы X_1 , X_2 подводится в цепь первого затвора $VТ1$. Второй затвор используется для регулировки усиления каскада. Выбор напряжения на втором затворе осуществляется с помощью переключателя S_1 . Тумблер S_3 служит для включения питания макета.

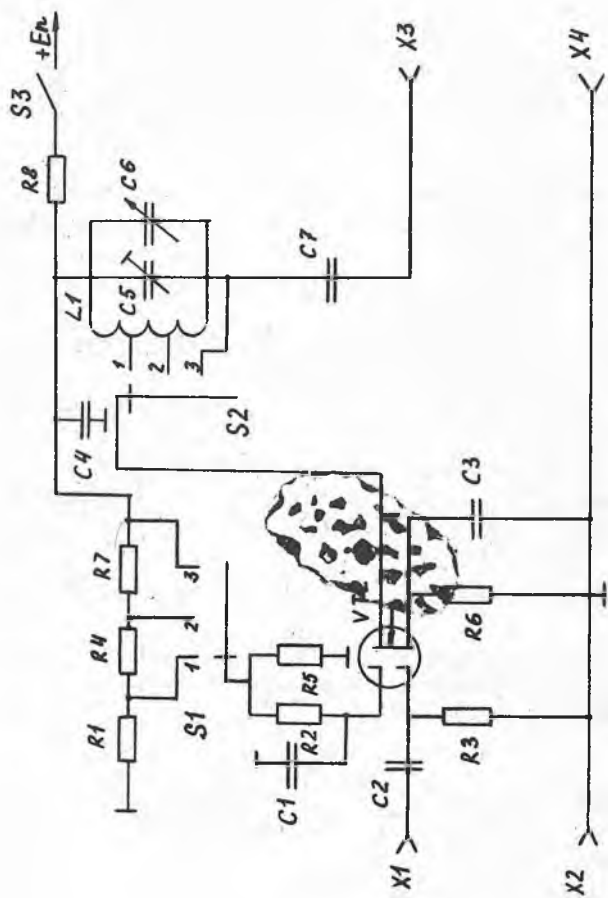
Диапазон рабочих частот макета УРЧ составляет приблизительно 500-1500 кГц. При выполнении работы генератор сигналов подключается к клеммам X_1 , X_2 , милливольтметр и осциллограф - к клеммам X_3 , X_4 .

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Измерить амплитудную характеристику УРЧ на средней частоте диапазона.

1.1. Установить конденсатор $С6$ в положение 3.

1.2. Настроить генератор сигналов на резонансную частоту УРЧ.



Р и с. 4. Принципиальная схема лабораторного стенда

1.3. Измерить амплитудную характеристику при положениях $S1-3$, $S2-3$. Уровень входных сигналов от генератора необходимо изменять от единиц милливольт до значения, при котором появляются нелинейные искажения.

1.4. Построить амплитудную характеристику, определить динамический диапазон и усиление УРЧ.

1.5. Определить усиление УРЧ при $S1-1,2$.

2. Определить зависимость резонансного коэффициента передачи УРЧ от частоты при его перестройке по диапазону.

2.1. Установить переключатель $S1-3$, $S2-3$.

2.2. Установить переменный конденсатор С6 в положение I.

2.3. Перестраивая генератор сигналов, определить значение резонансной частоты и выходного напряжения на резонансе.

2.4. Последовательно устанавливая С6 в положения I-5, повторить п. 2.3.

2.5. Повторить измерения при изменении коэффициента включения контура в стоковую цепь ($S2-1,2$).

3. Определить зависимость полосы пропускания и избирательности УРЧ от частоты при его перестройке по диапазону.

3.1. Измерить резонансную характеристику УРЧ в начале и конце диапазона (С6 - I и V), $S2$ в положении 3. Измерения проводить до уровня -20 дБ относительно напряжения на резонансе, зафиксировав не менее 10 точек.

3.2. Повторить измерения п. 3.1 для различных коэффициентов включения ($S2-1,2$).

3.3. Построить резонансные характеристики. Определить полосу пропускания и избирательность УРЧ по зеркальному каналу приема ($f_{пр} = 465$ кГц).

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Наименование и цель работы.

2. Принципиальная схема макета.

3. Перечень используемых приборов с указанием их основных данных.

4. Таблицы с результатами измерений.

5. Графики зависимостей, определенных в п. 3.1, 3.2, 3.3.

6. Расчетные формулы.
7. Выводы о полученных результатах и их сопоставлении с теорией.

К о н т р о л ь н ы е в о п р о с ы

1. Получите выражение для коэффициента передачи УРЧ для схемы с двойным автотрансформаторным включением контура.
2. Получите уравнение резонансной характеристики УРЧ.
3. Получите зависимость коэффициента передачи диапазонного УРЧ от частоты настройки.
4. Получите условие отсутствия самовозбуждения в транзисторном одноконтурном усилителе.
5. Какие факторы определяют зависимость полосы пропускания и избирательности УРЧ при перестройке по диапазону?
6. Изобразите принципиальные схемы УРЧ и объясните назначение элементов.
7. Изобразите эквивалентную схему одноконтурного УРЧ.
8. В чем заключается преимущества применения в УРЧ полевых транзисторов?
9. В чем заключаются основные функции УРЧ?
10. Какие факторы определяют многосигнальную избирательность УРЧ?
11. В чем заключаются особенности выбора режима полевого транзистора УРЧ по постоянному току?
12. Какие варианты связи контура с транзистором обеспечивают лучшую равномерность зависимости резонансного коэффициента передачи от частоты настройки УРЧ?
13. Объясните зависимость резонансного коэффициента передачи от частоты для различных схем включения контура.
14. В чем заключается суть схемных методов повышения устойчивости УРЧ?
15. Чем объясняется высокая устойчивость, широкополосность и термостабильность УРЧ с использованием каскадного соединения транзисторов (ОЭ-ОБ, ОИ-ОБ, ОИ-ОЭ)?

Л и т е р а т у р а

1. Радиоприемные устройства / Под ред. В.И.Сифорова. М.: Советское радио, 1974, с. 61-64, 67-71, 77-80, 87-91, 103-110.
2. Ч и с т я к о в Н.И., С и д о р о в В.М. Радиоприемные устройства. М.: Связь, 1974, с. 94, 102-117, 122-125.

Составитель Лев Иванович Калакутский

ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЯ РАДИОЧАСТОТЫ НА ПОЛЕВОМ ТРАНЗИСТОРЕ

Лабораторная работа 3

Редактор Л. С о к о л о в а
Техн.редактор Н. К а л е н ю к
Корректор Е. Ф и л и п п о в а

Подписано к печати 30.12.82 г. Формат 60x84^I/₁₆.
Бумага оберточная белая. Оперативная печать.
Усл.п.л. 0,69. Уч.-изд.л. 0,6. Тираж 300 экз.
Заказ № 1100 Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Областная типография имени В.П.Мяги,
г. Куйбышев, ул. Венцека, 60.