

Министерство высшего и среднего специального  
образования РСФСР

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

ИССЛЕДОВАНИЕ УЗКОПОЛОСНОГО УСИЛИТЕЛЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ  
НА ИНТЕГРАЛЬНОЙ МИКРОСХЕМЕ

Лабораторная работа 4

Куйбышев 1982

УДК 621.396.62

Приведены общие сведения по построению узкополосных усилителей промежуточной частоты. Рассмотрены особенности применения интегральных микросхем различных серий, дано описание лабораторного макета.

Рекомендуется студентам специальности 0701.

Утверждена редакционно-издательским советом института 16.12.1981 г.

Составитель Лев Иванович Калакутский

ИССЛЕДОВАНИЕ УЗКОПОЛОСНОГО УСИЛИТЕЛЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ  
НА ИНТЕГРАЛЬНОЙ МИКРОСХЕМЕ

Лабораторная работа 4

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<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага оберточная белая. Оперативная печать.  
Усл.п.л. 0,93. Уч.-изд.л. 0,9. Тираж 300 экз.  
Заказ № 1101 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.

**Ц е л ь р а б о т ы:** ознакомление со схемным построением и основными характеристиками усилителя промежуточной частоты(УПЧ) радиоприемника; изучение интегральных микросхем, применяемых в УПЧ; исследование схемы УПЧ на интегральной микросхеме серий К237.

## 1. УПЧ НА ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМАХ

### 1.1. О б щ и е с в е д е н и я

Усилитель промежуточной частоты (УПЧ) представляет собой избирательный усилитель с большим коэффициентом усиления, расположенный в схеме супергетеродинного приемника после преобразователя частоты.

Основными функциями УПЧ являются:

1) обеспечение основного усиления сигнала в приемнике на промежуточной частоте до уровня, необходимого для работы детекторного каскада;

2) обеспечение основной избирательности приемника по отношению к сигналам, несущие частоты которых близки к несущей частоте принимаемого сигнала (обеспечение избирательности по соседнему каналу);

3) формирование, в основном, полосы пропускания приемника.

По характеру распределения избирательности в каскадах различают УПЧ с распределенной и сосредоточенной избирательностью.

## 1.2. У П Ч с распределенной избирательностью

В УПЧ с распределенной избирательностью функции усиления и избирательности обеспечиваются в каждом каскаде. При этом резонансные контуры, создающие требуемую избирательность, одновременно определяют также и усиление тракта. Равномерное распределение избирательности вдоль тракта приводит к тому, что каждый каскад имеет в среднем невысокую избирательность. Этот фактор создает для приемников связи и радиовещания, работающих в условиях большой загрузки частотных диапазонов, опасность появления перекрестных искажений одновременно в нескольких каскадах усиления, что снижает помехоустойчивость приемника. Кроме того, в УПЧ с распределенной избирательностью изменение селективных свойств и усиления оказывается взаимосвязанным. Это вызывает трудности как при реализации регулировки полосы пропускания приемника, так и при использовании в УПЧ режимной АРУ.

## 1.3. У П Ч с сосредоточенной избирательностью

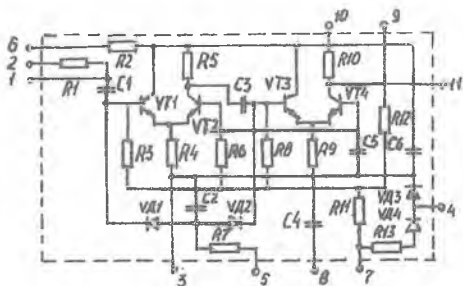
В усилителях с сосредоточенной избирательностью необходимая избирательность обычно создается резонансной системой — фильтром сосредоточенной селекции (ФСС), включенной между преобразователем и УПЧ или после первого каскада УПЧ, а требуемое усиление — последующими за ним апериодическими или слабоизбирательными каскадами. В качестве ФСС могут быть использованы многозвенные  $LC$  — фильтры, пьезоэлектрические, электромеханические или кварцевые фильтры, отличающиеся высоким коэффициентом прямоугольности частотной характеристики. Тракт с ФСС имеет существенные преимущества по сравнению с системой с распределенной избирательностью. Так, ФСС из  $n$  связанных контуров может обеспечить большую селективность, а также лучшую устойчивость характеристик к расстройкам, чем система каскадно соединенных  $k$  одинаково настроенных фильтров с  $n/k$  количеством контуров в каждом из них. Амплитудно- и фазо-частотные характеристики тракта менее подвержены воздействию разброса параметров активных элементов; УПЧ с ФСС более устойчив,

так как при изменениях входных и выходных проводимостей активных элементов апериодических каскадов в них менее вероятно появление фазовых сдвигов, способных вызвать самовозбуждение УПЧ. Кроме того, УПЧ с ФСС легко строятся на современной элементной базе — интегральных микросхемах (ИМС). Функции усиления в УПЧ с ФСС может выполнять одна специализированная ИМС, часто включающая цепи АРУ и детекторный каскад.

#### 1.4. Особенности построения каскадов УПЧ на ИМС

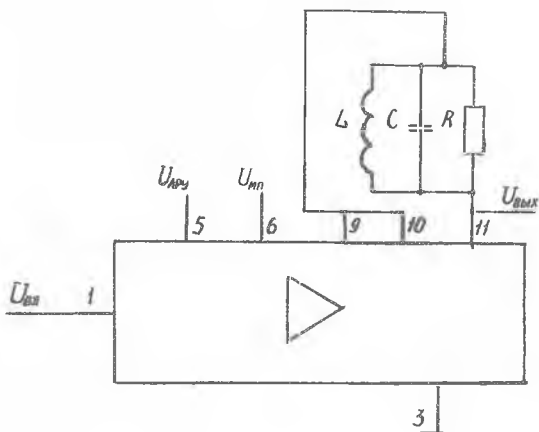
Для построения узкополосных УПЧ применяются ИМС, входящие в состав серий, которые используются в приемно-передающей аппаратуре связи, например; 219, 235, 157, 175, а также в радиовещательной и телевизионной бытовой аппаратуре, например; К224, К237, К174. ИМС серии 235 характеризуются сочетанием высокой функциональной законченности с многоцелевым назначением. Эта серия содержит более 20 гибридных микросхем с использованием бескорпусных транзисторов 2Т307. Рассмотрим, в качестве примера, микросхему 235 УРЗ, предназначенную для использования в УПЧ с апериодической или селективной нагрузкой.

Принципиальная схема ИМС 235УРЗ приведена на рис. 1, схема ее включения в УПЧ — на рис. 2. В микросхеме имеется два одинаковых усилительных каскада, собранных по схеме ОК—ОБ.



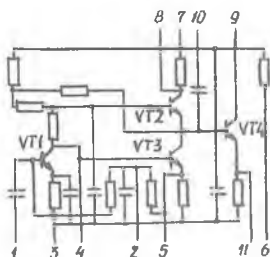
Р и с. 1. Схема ИМС 235УРЗ

Транзисторы  $VT1$ ,  $VT3$ , включенные по схеме с ОК, предназначены для целей согласования каскадов, а транзисторы  $VT2$ ,  $VT4$  обеспечивают основное усиление по напряжению. Напряжение АРУ подается на базы  $VT1$ ,  $VT3$  через диоды  $VD1$ ,  $VD2$ . Максимальная глубина регулирования — 86 дБ. На диодах  $VD3$ ,  $VD4$  выполнена схема, которая позволяет менять характер температурной зависимости

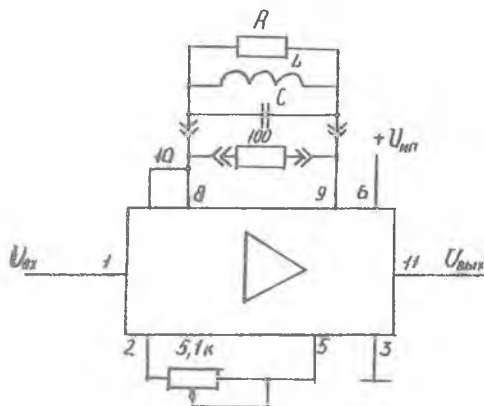


Р и с. 2. Каскад УПЧ на ИМС 235 УРЗ

крутизна характеристики ИМС путем коммутации внешних выводов. Микросхема работает на частотах до 30 МГц. Крутизна проходной характеристики на частоте 30 МГц не менее  $30 \text{ мА/В}$ , а на частоте 1,6 МГц – не менее  $70 \text{ мА/В}$ ; на этой частоте  $R_{\delta x} \geq 2,5 \text{ кОм}$ ,  $R_{\delta_{\text{вых}}} \geq 10 \text{ кОм}$ ,  $C_{\delta x} \leq 20 \text{ пФ}$ ,  $C_{\delta_{\text{вых}}} \leq 10 \text{ пФ}$ ; коэффициент усиления, при коэффициенте устойчивости не более 0,8, превышает 400. В качестве выходных каскадов УПЧ используется ИМС 235УР2, принципиальная схема которой приведена на рис. 3, схема включения – на рис. 4. Микросхема содержит трехкаскадный усилитель на транзисторах  $VT1$  (ОЭ),  $VT2$ ,  $VT3$  (ОЭ-ОБ),  $VT4$  (ОК). Наличие глубокой ОС по постоянному току позволяет изменять питающее напряжение от 4 до 16 В. Коэффициент усиления ИМС регулируется с глубиной 18 дБ изменением сопротивления резистора, подключаемого между выводами 2, 5. Наличие вывода 4 позволяет подавать входной сигнал непосредственно на базу  $VT3$ , минуя входной каскад. На частоте 1,6 МГц крутизна проходной характеристики не менее  $75 \text{ мА/В}$ ,  $R_{\delta x} \geq 3 \text{ кОм}$ ,  $C_{\delta x} \leq 35 \text{ пФ}$ . При коэффициенте устойчивости 0,9 коэффициент усиления превышает 300.

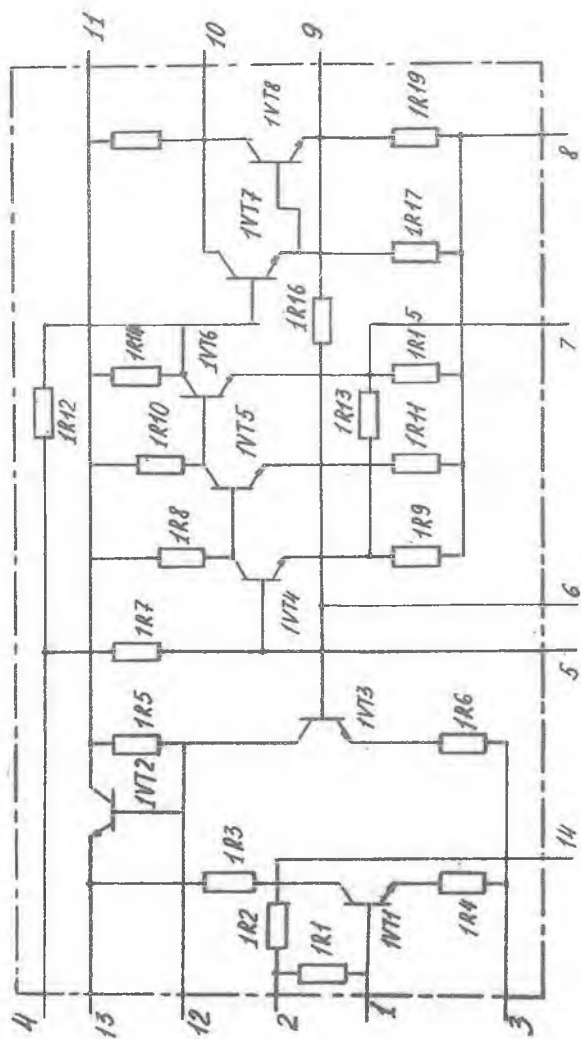


Р и с. 3. Схема ИМС  
235УР2



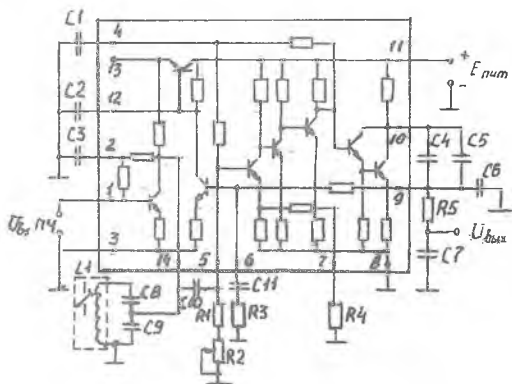
Р и с. 4. Каскад УПЧ на ИМС 235УР2

Более высокий уровень интеграции реализован в ИМС К237ХК2, принципиальная схема которой приведена на рис. 5, схема включения на рис. 6. Микросхема предназначена для усиления и детектирования напряжения промежуточной частоты в радиовещательных приемниках АМ-сигналов. Микросхема содержит регулируемый усилительный каскад на транзисторе  $IVT1$ , аperiodический усилитель с отрицательной ОС на  $IVT4-IVT6$ , детектор АМ-сигналов на  $IVT7, IVT8$ . Продетектированный сигнал с резистора  $IR19$  подается через внешний фильтр на предварительный УНЧ, а также через резистор  $IR16$  на базу транзистора  $IVT3$ , являющегося усилителем АРУ. Усиленное напряжение АРУ, пропорциональное среднему уровню сигнала, снимается с эмиттера  $IVT2$  и через вывод 13 может быть подано на регулируемые каскады, находящиеся вне данной ИМС, например на УРЧ, входящей в состав ИМС той же серии К237ХК1. Таким образом, при возрастании выходного сигнала микросхемы, снимаемого с резистора  $IR19$ , ток транзистора  $IVT3$  увеличивается, а  $IVT2$  — уменьшается, т.е. уменьшается напряжение питания  $IVT1$ , что приводит к падению его усиления. Если входной сигнал изменяется от 0,05 до 3 мВ, изменение выходного напряжения не превышает 6 дБ. На частоте 465 кГц при входном напряжении 12–25 мкВ и глубине модуля-



Р и с. 5. Схема ИМС К237ХК2





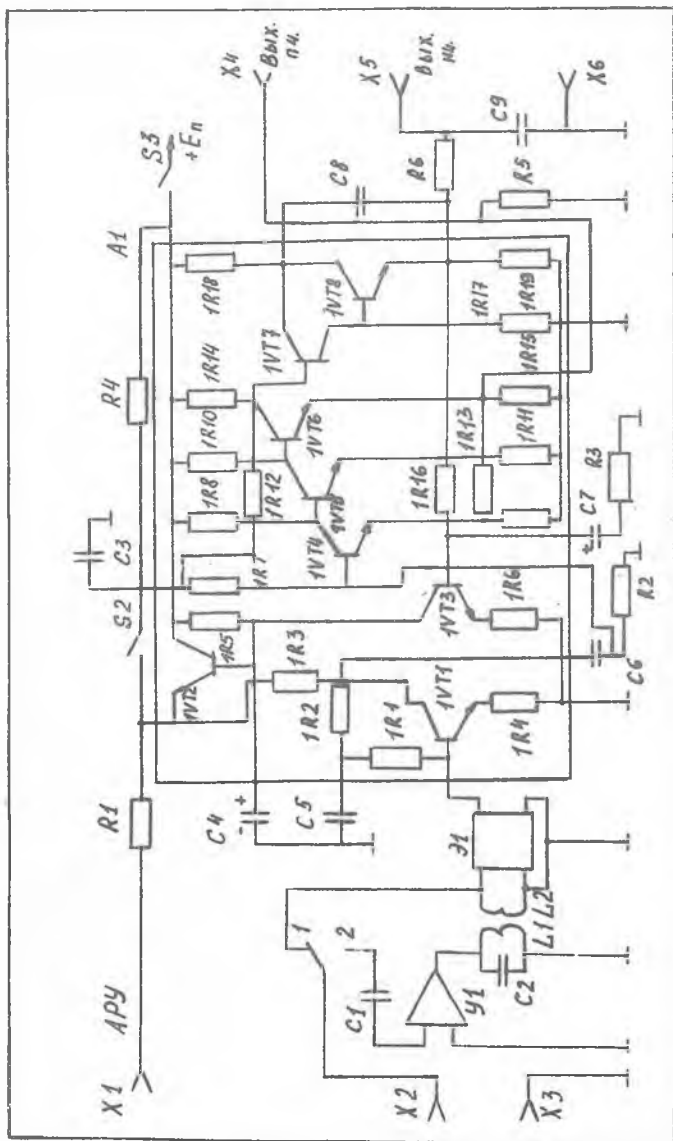
Р и с. 6. Схема включения ИМС К237ХК2

ции 30%, выходное напряжение ИМС составляет 30 мВ, что является достаточным для нормальной работы ИМС К237УН2, выполняющей в этой серии микросхем функцию предварительного УНЧ.

## 2. ОПИСАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ МАКЕТА

Принципиальная схема макета показана на рис. 7. УПЧ собран по схеме с сосредоточенной избирательностью и включает пьезоэлектрический фильтр ЭИ типа ПФИП и ИМС А1 типа К237ХК2. Подобное построение имеют тракты ПЧ ряда радиовещательных приемников II класса.

Входной сигнал через переключатель  $S1$  (положение 2) и разделительный конденсатор  $C1$  поступает на вход согласующего каскада У1, служащего для согласования входного сопротивления пьезофильтра ЭИ и выходного сопротивления генератора сигналов. В случае работы макета УПЧ совместно с макетом преобразователя частоты, переключатель  $S1$  устанавливается в положение I. Широкополосный контур  $L1, C2$  согласующего каскада индуктивно связан со входом пьезофильтра ЭИ. Выход пьезофильтра непосредственно связан со входом усилителя ИМС А1.  $C3, C4, C5$  – конденсаторы, фильтрующие по цепям питания;  $C6, R2$  – переходная цепочка;



Р и с. 7. Принципиальная схема магнеты

C7 - емкость фильтра АРУ; C8, R6, C9 - фильтр детектора. Тумблер S2 служит для включения и отключения схемы АРУ в АГ. Включение питания макета осуществляется тумблером S3.

Средняя частота макета УПЧ составляет около 465 кГц. При выполнении работы генератор сигналов подключается к клеммам X2, X3, а милливольтметр и осциллограф - к клеммам X4, X6 ("выход ПЧ") или X5, X6 ("выход НЧ").

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

#### 1. Измерить амплитудную характеристику УПЧ.

1.1. Отключить схему АРУ, для чего тумблер S2 установить в положение "Выкл".

1.2. Настроить генератор сигналов на резонансную частоту УПЧ.

1.3. Измерить амплитудную характеристику для уровня входных сигналов от единиц мкВ до значений, при которых появляются нелинейные искажения, зафиксировав не менее 10 точек.

1.4. Построить амплитудную характеристику; определить динамический диапазон и усиление УПЧ без АРУ.

#### 2. Измерить резонансную характеристику УПЧ.

2.1. Перестраивая генератор сигналов, зафиксировать не менее чем по 10 точек резонансной характеристики УПЧ по обе стороны от резонанса, при абсолютной максимальной расстройке не менее  $\pm 20$  кГц.

2.2. Построить резонансную характеристику; определить полосу пропускания, коэффициент прямоугольности по уровню 20 дБ, избирательность по соседнему каналу УПЧ.

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Наименование и цель работы.

2. Принципиальная схема макета, включая схему ИМС.

3. Перечень используемых приборов с указанием их основных данных.

4. Таблицы с результатами измерений.

5. Графики зависимостей, определенных в п. 1, 2 (см. порядок выполнения работы).

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. В чем заключаются основные функции УПЧ?
2. Дайте сравнительную характеристику узкополосных УПЧ, выполненных по схемам с распределенной и сосредоточенной избирательностью.
3. Изобразите схему каскада УПЧ на транзисторе; объясните назначение элементов.
4. Изобразите схему УПЧ на ИМС серии 235; объясните назначение элементов.
5. Изобразите схему УПЧ на ИМС серии К237; объясните назначение элементов.
6. Получите выражение, связывающее полосу пропускания УПЧ по схеме с распределенной избирательностью с числом каскадов.
7. Получите выражение, связывающее коэффициент прямоугольности УПЧ по схеме с распределенной избирательностью с числом каскадов.
8. Получите выражение для коэффициента передачи двухконтурного УПЧ.
9. Объясните форму резонансной характеристики двухконтурного УПЧ при различных значениях обобщенного фактора связи.
10. Объясните, почему двухконтурный УПЧ позволяет формировать более прямоугольную резонансную характеристику, чем одноконтурный.
11. Назовите основные правила размещения элементов в конструкции многокаскадного УПЧ.
12. Как осуществляется развязка каскадов УПЧ по цепям питания?
13. Дайте характеристику ФСС, применяемых в УПЧ с сосредоточенной избирательностью.
14. В чем заключается принцип работы и особенности применения пьезоэлектрических и электромеханических ФСС?

### Л и т е р а т у р а

1. Радиоприемные устройства / Под ред. В.И. Сифорова. М.: Советское радио, 1974, с. 159-162, 186-192.
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. 60-67, 102-106, 111-117.