

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Раздел 1. Общие указания по курсовому проектированию.....	6
Раздел 2. Технические задания и выбор варианта.....	8
Раздел 3. Пояснения к заданиям.....	11
Раздел 4. Перечень разделов курсовой работы и требования к выполнению и оформлению работы.....	15
Раздел 5. Методические указания по выбору и обоснованию структурной схемы тюнера (ГТП) приемника.....	18
5.1. Выбор и обоснование супергетеродинного принципа построения тюнера (ГТП) и выбор промежуточной частоты тюнера.....	18
5.2. Выбор и обоснование структурной схемы, избирательных цепей и элементной базы преселектора тюнера.....	25
5.3. Выбор вида смесителя преобразователя частоты тюнера.....	30
5.4. Выбор избирательных цепей и элементной базы тракта промежуточной частоты тюнера и определение требуемого усиления УПЧ тюнера.....	29
5.5. Полная структурная схема проектируемого тюнера.....	32
Раздел 6. Методические указания по составлению и расчету узлов принципиальной электрической схемы тюнера.....	34
6.1. Принципиальная электрическая схема тюнера со спецификацией и описанием.....	34
6.2. Расчет принципиальной электрической схемы преселектора тюнера.....	36
Раздел 7. Методические указания по выбору и обоснованию вида демодулятора.....	37
Заключение.....	38
Приложение.....	39
Список литературы.....	50

## ВВЕДЕНИЕ

Данное учебное пособие является вторым изданием ранее опубликованного СибГУТИ (в 2013г.) в печатном виде и хорошо зарекомендовавшего себя одноименного учебного пособия, которому был присвоен гриф УМО: «Рекомендовано УМО по образованию в области инфокоммуникационных технологий и систем связи в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02, 11.04.02 — Инфокоммуникационные технологии и системы связи квалификации (степени) «бакалавр», «магистр» и 11.05.04 — Инфокоммуникационные технологии и системы специальной связи квалификации «специалист». (Решение Совета УМО по образованию в области инфокоммуникационных технологий и систем связи № 756 от 30.10.2014 г. Председатель Совета УМО профессор, д. т. н. А. С. Аджемов.) Учебное пособие написано на высоком научном и методическом уровне.

При подготовке второго издания были устраниены выявленные опечатки первого издания и внесены некоторые правки, позволяющие использовать учебное пособие не только по тем направлениям, которые отмечены в грифе УМО, но и по направлениям 11.03.01 «Радиотехника» и 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» как по очной, так и по заочной, заочно-ускоренной и заочно-дистанционной формам обучения.

Необходимость во втором издании возникла в связи с тем, что первое издание, опубликованное в печатном виде, стало бестселлером, а потребность в нем остается высокой: оно посвящено актуальным вопросам проектирования радиоприемных устройств СВЧ диапазона для систем подвижной сотовой связи в объеме курсовой работы, курсового проекта, выпускной работы и т. д.

Курсовое проектирование призвано прививать навыки проектирования, углублять, расширять и закреплять программные вопросы дисциплины. Поэтому тематика курсового проектирования должна быть посвящена радиоприемным устройствам систем радиосвязи и радиодоступа, входящих в состав множества разновидностей беспроводных сетей (радиосетей), одной из важнейших особенностей которых является осуществление связи между компьютерными устройствами и обеспечение радиодоступа в Интернет. При этом под компьютерными устройствами понимают устройства, имеющие процессор, память и средства взаимодействия с какой-то сетью (сетевые адAPTERы): персональные компьютеры (ПК), ноутбуки, серверы, новейшие сотовые телефоны, смартфоны, принтеры и т. д. и т. п.

Среди множества беспроводных сетей (радиосетей) связи прежде всего надо назвать уже ставшие привычными сотовые сети подвижной связи (ССПС) разных цифровых стандартов: 2-го поколения (2G и 2,5G), 3-го поколения (3G), 4-го поколения (4G), пришедшие на смену аналоговых ССПО (1-го поколения — 1G).

С помощью этих сетей связи реализуется множество услуг: доступ в Интернет, передача компьютерных данных, электронная почта, передача и прием Web-страниц, видеинформации и коротких сообщений, двусторонняя теле-

фонная связь и конференцсвязь, факсимильная связь и др. в масштабах городов, регионов, стран и т. д., в том числе с использованием сетей подвижной спутниковой связи (СПСС) [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Далее, среди беспроводных сетей (радиосетей) связи следует также назвать получающие все большее распространение беспроводные сети Wi-Fi (сокращение от слов Wireless Fidelity — беспроводная точность или точность по радио) стандартов группы IEEE 802.11 (IEEE — Institute of Electrical and Electronics Engineers — Институт инженеров по электронике и радиоэлектронике), с помощью которых с использованием радиосигналов организуется радиодоступ в Интернет, передача данных между локальными компьютерными сетями, передача и прием Web-страниц, электронных писем и аудиовидеоинформации и т. п. в пределах помещений и зданий, между зданиями и предприятиями, в пределах города с использованием точек доступа на расстояниях порядка 100 метров [6].

Целью настоящего учебного пособия является оказание помощи студентам, обучающимся по направлению вузовской подготовки бакалавров, магистров, специалистов очной, заочной, заочно-ускоренной, заочно-дистанционной формам обучения при курсовом проектировании по специфической тематике, поскольку имеющиеся учебные пособия не в полной мере отвечают этим требованиям.

Учебное пособие составлено профессором Г. А. Травиным и аспирантом Д. С. Травиным ФГБОУ ВО «СибГУТИ» с учетом существующих учебников, учебных пособий и информации в Интернете, а также справочной литературы.

Авторы выражают благодарность рецензентам доктору техн. наук, профессору И. Д. Миценко и доктору техн. наук, профессору Ю. А. Пальчуну за внимательное рецензирование учебного пособия.

## РАЗДЕЛ 1

### ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ

Курсовое проектирование носит учебный характер и выполняется по индивидуальным техническим заданиям.

Задание на курсовое проектирование находится по таблицам 2.1...2.4 (см. ниже).

Целью курсового проектирования является составление и электрический расчет схемы тюнера радиоприемника, т. е. главного тракта приемника (ГТП) для заданного стандарта систем и сетей сотовой подвижной связи.

Тюнер должен обеспечивать технические параметры, указанные в задании.

При проектировании ориентируются на супергетеродинный метод построения ГТП с однократным (или двух-трехкратным) преобразованием частоты принятого радиосигнала. Следует отметить, что в большинстве случаев современная элементная база (ИМС, УЭ) и типы современных полосовых фильтров позволяют приведенные в таблицах 2.1...2.4 технические задания выполнить при однократном преобразовании частоты сигнала. Схема тюнера (ГТП) в этом случае будет содержать следующие узлы: входную цепь, УРЧ (усилитель радиочастоты), ПЧ (преобразователь частоты), УПЧ (усилитель промежуточной частоты, который может содержать несколько каскадов). В качестве избирательных цепей в преселекторе (входная цепь и УРЧ) и в тракте промежуточной частоты используются неперестраиваемые полосовые фильтры сосредоточенной избирательности (селекции).

Проектирование ведется в следующем объеме и порядке.

Сначала осуществляется выбор, обоснование и расчет структурной схемы тюнера с учетом одновременно выбираемых типов фильтров сосредоточенной избирательности и элементной базы (ИМС, УЭ), а затем в соответствии с этой выбранной структурной схемой составляется полная принципиальная электрическая схема тюнера и выполняется электрический расчет преселектора тюнера. Наиболее поучительной частью курсовой работы является выбор, обоснование и расчет структурной схемы тюнера.

При проектировании ориентируются на имеющиеся специализированные ИМС и полосовые фильтры, поскольку важнейшими требованиями к устройствам систем и сетей сотовой подвижной связи являются малые габариты, масса и стоимость, высокие надежность и качество работы и высокие энергетические показатели (последнее требование обусловлено использованием аккумуляторов в качестве источников питания). В Интернете приводится широкий ассортимент (особенно зарубежных фирм) ИМС и полосовых фильтров с высоким коэффициентом прямоугольности или, иначе говоря, с высокой избирательностью вне полосы пропускания и малой неравномерностью в полосе пропускания частот. При этом имеются ИМС высокой степени интеграции, которые могут реализовывать функции, выполняемыми несколькими простыми ИМС, использование которых упрощает конструкцию приемника, уменьшает его габариты, массу и стоимость, повышает надежность.

Использование готовых специализированных ИМС и полосовых фильтров существенно упрощает составление и расчет структурной и принципиальной электрической схемы тюнера: после выбора подходящих ИМС и полосовых фильтров остается состыковать и согласовать их друг с другом по сигналу и по цепям питания от общего источника питания. Подробный электрический расчет в курсовой работе выполняется частично. Во всех вариантах нужно рассчитать преселектор, важнейшую часть тюнера. Этот расчет дает возможность студентам в полной мере почувствовать специфику диапазона СВЧ.

В дополнение к этому в курсовой работе следует выбрать и описать схему демодулятора с учетом вида модуляции принимаемых радиосигналов.

По желанию студентов заочников, заочников-ускоренников и заочников-дистанционников им могут быть выданы индивидуальные задания, отличные от приведенных в таблицах 2.1...2.4. Темами таких индивидуальных заданий могут быть различные профессиональные и специальные радиоприемники, с которыми студенты могут иметь дело по роду своей работы.

## РАЗДЕЛ 2

### ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ И ВЫБОР ВАРИАНТА

Технические задания приведены в таблицах 2.1...2.4.

Вариант выбирается по двум последним цифрам номера студенческого билета.

Последняя цифра определяет вариант задания согласно таблице 2.1, где приведены названия стандартов систем и сетей радиосвязи и радиодоступа, для которых нужно спроектировать тюнер. Среди них хорошо известные стандарты радиосетей сотовой подвижной связи, такие как GSM-900, GSM-1800, GSM-1900. Как известно, GSM — это Global System for Mobile Communications (глобальная система мобильной связи).

Следует подчеркнуть, что все эти системы и сети работают в дециметровом диапазоне, который относится к диапазону СВЧ.

Таблица 2.1

Стандарты радиосетей сотовой подвижной связи,  
рекомендуемые для проектирования тюнеров

Последняя цифра номера студенческого билета	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Заданные стандарты радиосетей	GSM-900	GSM-1800	GSM-1900	GSM-1800	GSM-900	GSM-1800	GSM-900	GSM-1800	GSM-1900	GSM-900

Таблица 2.2

Задание на тюнер (ГТП) приемника абонентской станции (АС) радиосети сотовой подвижной связи стандарта GSM-900

Предпоследняя цифра номера студенческого билета	Параметры приемника										
	Для всех вариантов GMSK	Для всех вариантов 0,2	Для всех вариантов 45	Частотный разнос каналов (шаг сетки частот), МГц	Дуплексный разнос частот, МГц	Реальная чувствительность, $P_A$ , дБм	Избирательность по зеркальному каналу $S_{3k}$ , дБ	Избирательность по соседнему каналу $S_{ck}$ , дБ	Полоса пропускания частот тракта промежуточной частоты на уровне $\leq 3$ дБ, МГц	Напряжение источника питания, В (аккумулятора)	Максимальная рабочая температура, °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0; 5	Для всех вариантов 935...960	Для всех вариантов 0,2	Для всех вариантов 45	-100	40	40	0,19	6	50	50	

Продолжение табл. 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1;6	Для всех вариантов 935...960	Для всех вариантов GMSK	Для всех вариантов 0,2	Для всех вариантов 45	-90	45	40	0,18	4,5	40	50
2; 7					-80	45	45	0,2	6	45	50
3; 8					-90	40	40	0,17	4,5	50	50
4; 9					-80	45	45	0,2	6	40	50

Примечание: реальная чувствительность задана при отношении сигнал/шум на выходе тюнера  $h_{\text{вых.}} \text{dB} = 10 \lg \frac{P_{\text{с.вых.}}}{P_{\text{ш.вых.}}} = 10 \text{ dB}$ .

Предпоследняя цифра номера студенческого билета определяет вариант задания по таблицам 2.2...2.4, в которых приведены технические данные (параметры) на проектирование тюнеров для указанных в таблице 2.1 стандартов радиосетей сотовой подвижной связи.

Таблица 2.3

Задание на тюнер (ГТП) приемника абонентской станции (АС) радиосети сотовой подвижной связи стандарта GSM-1800

Предпоследняя цифра номера студенческого билета	Параметры приемника							
	Диапазон частот приемника, МГц	Вид модуляции	Частотный разнос каналов (шаг сетки частот), МГц	Дуплексный разнос частот, МГц	Реальная чувствительность, $P_A, \text{дБм}$	Избирательность по зеркальному каналу $S_{3k}, \text{дБ}$	Избирательность по соседнему каналу $S_{ck}, \text{дБ}$	Полоса пропускания частот тракта промежуточной частоты на уровне $\leq 3 \text{дБ}, \text{МГц}$
0; 5	Для всех вариантов 1805...1880	Для всех вариантов GMSK	-100	45	40	0,18	6	45
1;6		Для всех вариантов 0,2	-80	40	45	0,2	4,5	50
2; 7		Для всех вариантов 95	-90	45	40	0,19	6	40
3; 8			-80	40	45	0,2	4,5	45
4; 9			-100	45	45	0,19	6	50

Примечание: реальная чувствительность задана при отношении сигнал/шум на выходе тюнера  $h_{\text{вых.}} \text{dB} = 10 \lg \frac{P_{\text{с.вых.}}}{P_{\text{ш.вых.}}} = 10 \text{ dB}$ .

Таблица 2.4

Задание на тюнер (ГТП) приемника абонентской станции (АС) радиосети сотовой подвижной связи стандарта GSM-1900

Предпо-след- няя цифра номера студенче- ского билета	Параметры приемника										
	Диапазон частот приемника, МГц	Вид модуляции	Частотный разнос каналов (шаг сетки частот), МГц	Дуплексный разнос частот, МГц	Реальная чувствительность, Р <sub>A</sub> , дБм	Избирательность по зеркальному каналу S <sub>зк</sub> , дБ	Избирательность по соседнему каналу S <sub>ск</sub> , дБ	Полоса пропускания частот тракта промежуточной частоты на уровне ≤ 3дБ, МГц	Напряжение источника питания, В (аккумулятора)	Максимальная рабочая температура, °C	Сопротивление антенны, R <sub>A</sub> , Ом
0; 5	Для всех вариантов 1930...1990				-90	40	45	0,19	4,5	40	50
1; 6	Для всех вариантов GMSK				-80	45	40	0,18	6	45	50
2; 7	Для всех вариантов 0,2				-100	40	40	0,19	4,5	50	50
3; 8	Для всех вариантов 80				-80	45	45	0,19	6	40	50
4; 9					-90	40	45	0,2	4,5	45	50

Примечание: реальная чувствительность задана при отношении сигнал/шум на выходе тюнера  $h_{\text{вых.}}$  дБ =  $10 \lg \frac{P_{\text{с.вых}}}{P_{\text{ш.вых}}}$  = 10 дБ.

Конец ознакомительного фрагмента.  
Приобрести книгу можно  
в интернет-магазине  
«Электронный универс»  
[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)