



В. С. Плаксиенко
Н. Е. Плаксиенко

Методы передачи сообщений

учебное пособие



УДК 621.391.262(075.8) + 621.391.24(075.8)

ББК 32.811.3

ПЗ71

Печатается по решению кафедры встраиваемых и радиоприемных систем Института радиотехнических систем и управления Южного федерального университета (протокол № 7 от 14 января 2020 г.)

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры САУ Института радиотехнических систем и управления *А. Р. Гайдук*

кандидат технических наук, старший научный сотрудник, начальник службы качества, ученый секретарь АО «ТНИИС» *А. Ф. Гришков*

Плаксиенко, В. С.

ПЗ71 Методы передачи сообщений : учебное пособие / В. С. Плаксиенко, Н. Е. Плаксиенко ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2020. – 93 с.

ISBN 978-5-9275-2955-1

В учебном пособии изложены принципы построения радиоприемных устройств, в том числе с цифровой обработкой сигналов. Значительная часть пособия включает разделы по основам телевидения: вещательным системам цветного телевидения, телевизионным системам высокого качества изображения.

Предназначено для студентов высших учебных заведений радиотехнических специальностей, обучающихся по направлениям «Радиотехника» и «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», изучающих курсы «Радиоприемные устройства и телевидение», «Устройства приема и обработки сигналов».

УДК 621.391.262 (075.8) + 621.391.24 (075.8)

ББК 32.811.3

ISBN 978-5-9275-2955-1

© Южный федеральный университет, 2020

© Плаксиенко В. С., Плаксиенко Н. Е., 2020

© Оформление. Макет. Издательство

Южного федерального университета, 2020

1. МЕТОДЫ ПЕРЕДАЧИ АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ

Передачу сообщений по радиоканалу можно осуществить с помощью аналоговых сигналов. Аналоговые методы модуляции основаны на изменении одного из параметров гармонической несущей пропорционально уровню информационного сигнала. Модулирующий сигнал изменяет амплитуду, частоту либо фазу несущего колебания.

Структура преселектора современного супергетеродинного приемника определяется его назначением. В инфрадинном супергетеродинном приемнике фильтр нижних частот (ФНЧ) не перестраивается и пропускает все частоты диапазонов АМ, вплоть до коротковолнового, но подавляет более высокие частоты, на которых работают телевидение, УКВ-радиовещание и служебные радиостанции.

Преселектор реализует реальную чувствительность приемника и избирательности по комбинационным каналам. К преселектору предъявляется также требование обеспечения необходимого динамического диапазона сигнала, подаваемого на вход преобразователя частоты, т. е. преселектор совместно с другими цепями и устройствами приемника должен реализовывать автоматическую регулировку усиления.

Необходимая чувствительность определяется внутренними шумами приемника. Избирательность по зеркальному и прямому каналам обеспечивается селективными элементами преселектора, включая фильтры-пробки. Важное значение имеет выбор промежуточной частоты супергетеродинного приемника. Так, в настоящее время даже в вещательных приемниках применяется преобразование вверх, когда величина промежуточной частоты выше значения частоты сигнала.

Основной проблемой при приеме АМ-сигналов является получение высокой избирательности и помехоустойчивости при значительной нагрузке эфира. При этом преселектор, входная цепь (ВЦ) и усилитель радиочастоты (УРЧ) обеспечивают ослабление посторонних сигналов, достаточное для того, чтобы они не нарушали нормальной работы смесителя, т. е. не создавали побочных каналов приема и перекрестной модуляции. Высокие требования предъявляются к автоматической регулировке усиления (АРУ). Система АРУ должна предотвратить возможность перегрузки смесителя и совместно с другими каскадами приемника (усилителем промежуточной частоты) поддерживать неизменным уровень сигнала на выходе при изменяющихся условиях приема, включая замирания.

Дальнейшее совершенствование тракта приема АМ-сигналов связано с увеличением количествамоточных изделий – катушек индуктивности, необходимых для улучшения избирательности и помехоустойчивости приема. Существенной является проблема переключения большого количества катушек индуктивности в ВЦ и УРЧ. Перспективным направлением является переход к так называемой "широкополосной преселекции" (ШП). В этом случае широкополосный преселектор состоит из ВЦ в виде входного. Если установить ряд переключающихся полосовых фильтров, рассчитанных на пропускание полосы частот, соответствующей принимаемому диапазону, то схема будет более помехоустойчивая, но и более сложная. Усилитель преселектора в такой схеме обычно широкополосный и не содержит селективных элементов.

Для защиты от зеркального канала в приемниках с ШП выбирается высокая промежуточная частота (например, 24,975 КГц) с дальнейшим переходом на более низкую промежуточную частоту, т. е. используются схемы с двойным преобразованием частоты.

При ШП реальная чувствительность приемника, при прочих равных условиях, остается такой же, как при узкополосной селекции (УРЧ). При этом динамический диапазон приемника с ШП должен быть шире на величину подавления преселектора на частоте мешающего сигнала. Это означает, что для обеспечения равного качества динамический диапазон тракта высокой частоты приемника с ШП должен быть значительно шире тракта приемника с узкополосным преселектором.

Приемник с ШП не защищен от прохождения помехи по зеркальному каналу, если частота этой помехи находится в пределах полосы принимаемых частот, т.е. в полосе прозрачности преселектора. Поэтому обязательным условием для приемника с ШП следует считать использование инфрадинного приема, т.е. метода приема, при котором промежуточная частота располагается выше диапазона принимаемых частот. Использование инфрадинного приема позволяет вывести большое количество паразитных каналов за область прозрачности входного ФНЧ и таким образом, обеспечить по ним высокую избирательность, даже превышающую избирательность обычного приемника с узкополосным преселектором.

Однако приемник с ШП остается незащищенным от комбинационных паразитных каналов приема, образующихся без участия гетеродина, за счет взаимодействия сильных проходящих сигналов. Для обеспечения защиты

от этих паразитных каналов, кроме повышения линейности УП и смесителя, может быть использовано автоматическое регулирование усиления по помехе (АРУП). В отличие от обычной системы АРУ, когда усиление тракта изменяется в соответствии с изменением полезного сигнала, система АРУП управляет коэффициентом усиления высокочастотного тракта в зависимости от уровня поступающих мешающих напряжений или, в более простом случае, в зависимости от суммарного напряжения сигнала и помех на входе смесителя. Недостаток такого АРУ в том, что при слабом полезном сигнале прием может стать невозможным, хотя без АРУ прием был бы возможен с удовлетворительным качеством.

Структура узкополосного преселектора строится с учетом основных положений теории цепей и широкого применения сочетания двухконтурных и одноконтурных фильтров. В случае неперестраиваемых преселекторов применяют многоконтурные системы, а в случае перестраиваемых преселекторов количество контуров ограничено конструктивными сложностями и проблемами сопряжения перестроек по диапазону.

Таким образом, различают две основные структуры преселекторов – узкополосные и широкополосные.

Аналоговые системы радиосвязи нашли применение для передачи сигналов телефонии. Были разработаны многоканальные системы с использованием частотного разделения каналов. Развитие импульсной техники позволило создать аналоговые многоканальные системы с импульсными видами модуляции и временным разделением каналов. Системы с временным разделением каналов имеют преимущество по сравнению с системами с частотным разделением каналов. Для них требуется более простая аппаратура выделения отдельных каналов. В высокочастотных диапазонах для передачи сигналов телеграфии используются системы связи с манипуляцией параметров гармонического колебания.

В системах радиосвязи и вещания для передачи сигналов может применяться либо амплитудная (АМ), либо частотная (ЧМ) модуляции. Амплитудную модуляцию вначале использовали только для передачи речи в диапазонах низких, средних и высоких частот. В дальнейшем стали применять радиосигналы с амплитудной модуляцией как в радиовещании, так и в других видах радиосвязи. Аналоговую амплитудную модуляцию используют вещательные радиостанции, работающие в диапазонах длинных волн (ДВ), средних волн (СВ) и коротких волн (КВ). Диапазоны частот для ве-

шания выделяются географическим зонам согласно международным соглашениям. В первую географическую зону входят азиатская часть России, территория Европы, территория Африки и Монголия. Во вторую географическую зону входят Гренландия, Северная Америка и Южная Америка. В третью географическую зону входят Австралия и территория Азии. В диапазонах ДВ и СВ принята единая сетка с разносом несущих 9 кГц. В диапазоне КВ в пределах одной географической зоны разнос несущих частот равен 10 кГц. Если передатчики работают в разных зонах, то разнос несущих частот равен 5 кГц. Модулирующая частота для диапазона КВ имеет значение от 150 Гц до 4,5 кГц. В диапазоне ДВ энергия излучения передатчика распространяется с помощью поверхностных волн. В этом диапазоне применяются передатчики большой мощности до 1000 кВт для передачи на большие расстояния. Вызвано это тем, что энергия поверхностных волн сильно поглощается почвой. Энергия поверхностных волн не зависит от состояния ионосферы, но атмосферные и промышленные помехи могут оказывать сильное влияние. Дальность распространения поверхностных волн зависит от времени суток: ночью больше, днем меньше. На дальность распространения поверхностных волн также влияет время года: зимой больше, летом меньше. В диапазоне СВ применяются передатчики мощностью 5 ... 1000 кВт для регионального радиовещания. С ростом частоты увеличивается поглощение почвой энергии поверхностных волн. Дальность распространения поверхностных волн зависит от времени суток: ночью больше, днем меньше. Ночью уменьшается зона уверенного приема, так как возникают помехи от удаленных станций, работающих на тех же или соседних частотах. В диапазоне КВ (декаметровые волны) радиоволны распространяются, отражаясь от ионосферы. При ионосферном распространении поглощение энергии сравнительно мало, поэтому применяются передатчики небольшой мощности до 500 кВт. В передатчиках и приемниках используют простые антенные устройства. Радиоволны распространяются на большие расстояния за счет поочередного отражения скачками от ионосферы и земной поверхности. Скачки имеют длину до 4 000 км. Между скачками прием невозможен, это «мертвая зона». Радиус реальной «мертвой зоны» может достигать 180 км. Диапазон КВ используется для радиосвязи дипломатическими ведомствами и военными разных стран, а также международными организациями (ООН, «Красный Крест», Международная организация гражданской авиации). В этом диапазоне передаются

данные агентств новостей и информация метеослужб, также выделен диапазон для личной радиосвязи Citizen's Band (CB). Диапазон ДКМ используют для радиосвязи с морскими судами и с самолетами, несмотря на наличие спутниковых систем связи. В этом диапазоне ведется внутригосударственное и международное радиовещание. В диапазоне КВ устанавливают связь радиолюбители. Основным недостатком радиоприема в диапазоне КВ являются быстрые и медленные замирания сигнала в десятки раз. Причиной появления замираний является интерференция нескольких пространственных волн, которые отразились от разных точек меняющейся ионосферы и претерпели различное число отражений. При детектировании замирания вызывают появление случайно зависимых линейных и нелинейных искажений. Замирания несущей частоты радиосигнала приводят к максимальному ухудшению качества радиовещания. Чтобы повысить надежность приема радиопрограмму передают одновременно в различных поддиапазонах. К недостаткам систем связи КВ-диапазона относят также неустойчивость канала связи и ограничение по канальной емкости.

Связные радиостанции КВ-диапазона широко используют сигналы с однополосной амплитудной модуляцией. Переход на работу с амплитудно-модулированными сигналами с ОБП позволил уменьшить в два раза полосу канала, необходимую для передачи вещательных сигналов. Используется либо нижняя боковая полоса (LSB), либо верхняя боковая полоса (USB) амплитудно-модулированного сигнала. В результате добились повышения эффективности использования полосы частот канала связи. При работе с АМ-сигналами с одной боковой полосой (ОБП) значительно уменьшаются искажения. АМ-сигналы с ОБП применяются в аналоговых многоканальных системах и в телевизионном вещании. Эти сигналы широко используют службы связи в морских и сухопутных войсках, а также радиолюбители. Однако не все сети АМ вещания перевели на работу с сигналами с ОБП. Это объясняется тем, что для приема сигналов с ОБП существующие приемники не подходили, поэтому требовалась их замена. Чтобы использовать имеющиеся радиоприемники был разработан новый вид АМ с ОБП одной боковой полосой. Сокращение ширины его спектра в два раза получали за счет дополнительной фазовой модуляции амплитудно-модулированного сигнала. Однако сигналы с этим видом модуляции на практике не нашли применения. В КВ-диапазоне работают аналоговые системы передачи изображений (факсимиле), использующие сигналы с ОБП. У таких сигнала-

лов с ОБП несущая частота частично или полностью подавлена. Сигнал получают в два этапа. Вначале сигнал с разверткой изображения модулирует поднесущую по частоте. Далее эта поднесущая модулирует по амплитуде основную несущую частоту.

Аналоговая модуляция сигналов применяется для передачи сигналов стереовещания с полярной модуляцией (ПМК). Сообщения двух разнесенных в пространстве микрофонов передавались с помощью одной поднесущей частоты 31,25 кГц. Положительная полуволна несущей частоты модулируется по амплитуде одним сообщением, а отрицательная – другим.

В диапазоне УКВ используют аналоговую частотную модуляцию. Метод ЧМ для передачи сообщений изобрели в начале XX в. С целью уменьшения полосы канала, необходимой для передачи ЧМ-сигналов, были разработаны сигналы с однополосной ЧМ. Однако они не нашли применения на практике из-за сложности построения приемных устройств. Радиосигналы с ЧМ широко используются в системах связи и в вещании. В УКВ различные системы связи применяют сигналы с ЧМ. Действуют автоматические сети связи с аналоговой и цифровой передачей речевой информации. Системы связи с подвижными объектами, например, в железнодорожном транспорте. Работают системы спутниковой и радиорелейной связи. Развернуты системы беспроводной передачи данных. Функционирует связь на основе обычных радиостанций с узкополосной ЧМ, которая используется в технологических целях и радиолюбителями.

При обеспечении связи между небольшими группами людей на территории протяженностью не более 4 км – выход в эфир осуществляется поочередно и используется одна и та же частота. В этих условиях могут использовать системы индивидуального или группового вызова, например тональной. Если требуется обеспечить связь на расстоянии порядка 30–50 км на территории больших производственных комплексов в пределах крупного города, то используют диспетчерскую станцию или ретранслятор с высоко установленной антенной. При ретрансляции осуществляется прием сигнала удаленной станции и перенос его на другую частоту с усилением. При этом необходимо использование двух частот, разнесенных на 3...10 МГц. Таким системам связи выделяются определенные участки диапазонов радиочастот. Для технологической радиосвязи на подъездных путях крупных промышленных предприятий выделена полоса радиочастот

154,025–154,775 МГц. Для радиосвязи управления автомобильным транспортом в транспортно-дорожном комплексе выделена полоса радиочастот 168,100–168,225 МГц. Для гражданской связи дальностью до 1 км выделена полоса радиочастот 433,075–434,775 МГц с ограничением мощности радиопередающих устройств 10 мВт. Для авиасвязи выделена полоса радиочастот 117,975–137 МГц с шагом сетки 19,025 кГц.

В УКВ работают транкинговые (стволовые) системы связи. Транкинговые системы относятся к системам профессиональной подвижной связи. Они обслуживают главным образом ведомственных или корпоративных пользователей. К таким системам связи предъявляются высокие требования по оперативности и надежности установления связи. Они должны обеспечивать конфиденциальность передачи информации и гибкую конфигурацию связи между группами абонентов. Транкинговые системы объединяют пользователей в одну группу. Каждый пользователь имеет равный автоматический доступ к системе (стволу) радиоканалов связи по принципу обычной телефонной сети. В результате лучше используется ограниченный частотный ресурс.

Транкинговые системы классифицируют, используя следующие основные параметры.

1. Аналоговый или цифровой способ передачи речи. При аналоговом способе используется частотная модуляция и разнос каналов составляет 12,5/25 кГц. При цифровом способе скорость передачи речевых данных не превышает 4,8 кбит/с.

2. Доступ к системе без канала управления или с распределенным каналом управления. Если работают без канала управления, то используется сканирование для нахождения свободной линии. Если работают с выделенным каналом управления, то по нему передаются данные со скоростью до 9,6 кбит/с.

3. Канал может удерживаться на весь сеанс связи, либо только на время одной передачи.

4. Однозональная или многозональная конфигурация радиосети. При однозональной радиосети дальность работы не превышает 70 км. При многозональной радиосети коммутация базовых станций может осуществляться либо центральным коммутатором, либо используют непосредственное соединение.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. МЕТОДЫ ПЕРЕДАЧИ АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ ..	4
2. МЕТОДЫ ПЕРЕДАЧИ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ	15
3. МЕТОДЫ ПЕРЕДАЧИ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ	54
4. МЕТОДЫ ПЕРЕДАЧИ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ	86
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	89
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	90