

МИНИСТЕРСТВО ВНУТРЕННИХ ДЕЛ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное казенное образовательная организация высшего
образования «Казанский юридический институт
Министерства внутренних дел Российской Федерации»

Е.П. Шляхтин
П.В. Матижев
С.В. Ненароков

**Основы применения технических средства и
систем радиосвязи в борьбе с преступностью**

Учебно-практическое пособие

КАЗАНЬ 2017

Основы применения технических средства и систем радиосвязи в борьбе с преступностью: Учебно-методическое пособие / Шляхтин Е.П., Матижев П.В., Ненароков С.В. – Казань: Казанский юридический институт МВД России, 2017 – с. 74.

В учебном пособии рассматриваются вопросы, использования технических средств и систем радиосвязи в ОВД. Пособие предназначено для слушателей, проходящих обучение в системе вузов МВД России, преподавателей и практических работников органов внутренних дел.

Рецензенты:

Начальник отдела МВД России по Высокогорскому району полковник полиции Р.Г. Минзянов;

Доцент кафедры уголовного процесса и криминалистики Казанского федерального университета, к.ю.н., доцент П.Н. Мазуренко;

Доцент кафедры оперативно-розыскной деятельности Казанского юридического института МВД России, к.ю.н. полковник полиции А.И. Музеев.

© Казанский юридический институт МВД России, 2017

© Шляхтин Е.П.

© Матижев П.В.

© Ненароков С.В.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СРЕДСТВ СВЯЗИ	4
История создания и развития систем связи.	4
История развития фототелеграфной связи	5
История развития радиосвязи	6
2. ФИЗИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ РАДИОСВЯЗИ.....	9
Электромагнитные волны.....	9
Смысл уравнений электродинамики (уравнений Максвелла)	10
Электромагнитные волны.....	11
Гармонические колебания и их характеристики.....	12
3. ИОНОСФЕРА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН.....	15
4. ВИДЫ МОДУЛЯЦИИ	18
Амплитудная модуляция (АМ)	18
Частотная модуляция, фазовая модуляция	24
Импульсная модуляция (ИМ).....	27
5. ВРЕМЕННОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ КАНАЛОВ (ВРЕМЕННОЕ УПЛОТНЕНИЕ ЛИНИИ СВЯЗИ).....	32
6. СИСТЕМЫ СВЯЗИ	37
7. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ СВЯЗИ В ОРГАНАХ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ.....	42
8. ОРГАНИЗАЦИЯ СВЯЗИ ОРГАНОВ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ.....	44
Организация радиосетей	44
Основные способы организации радио связи.....	48
9. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА РАДИОСВЯЗИ ОВД	52
Общая характеристика радиостанций	52
Усилительно-генераторный блок радиостанции.....	53
АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА	54
ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА	61
Классификация химических источников тока.....	61
Параметры ХИТ	61
Первичные ХИТ.....	63
Обзор современных аккумуляторов	67
ЛИТЕРАТУРА	71

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СРЕДСТВ СВЯЗИ

В практической деятельности органов внутренних дел используются практически все виды технических средств связи. Наиболее активно из них применяются средства радиосвязи и средства проводной связи.

В современных условиях, как правило используются комбинированные системы связи, поэтому для успешного их освоения необходимо знать и понимать сущность физических процессов, протекающих при использовании соответствующих систем связи, знать историю возникновения и развития каждого вида связи.

История создания и развития систем связи.

Хронологически первой была освоена телеграфная связь. Основы телеграфии были заложены в России в работах русского ученого-электротехника Павла Львовича Шиллинга, который в 1832 году изобрел и сконструировал телеграфный аппарат электромагнитной системы. Им же были созданы и первые телеграфные коды. Разработанная Шиллингом система телеграфного сигнала использовалась в Великобритании и Германии с 1837 года. В 1836 году Шиллинг построил экспериментальную линию телеграфа, проходившую вокруг здания Адмиралтейства в Петербурге. В 1841 году построена телеграфная связь Зимнего дворца с Главным штабом и Главным управлением путей сообщений. В 1843 году была построена телеграфная линия протяженностью 25 км между Петербургом и Царским Селом. Около десяти типов телеграфных аппаратов было сконструировано русским физиком Б.С.Якоби. Им же впервые был создан в 1850 году буквопечатающий телеграфный аппарат.

В 1844 году в США была введена в эксплуатацию линия телеграфной связи, оборудованная электромеханическими телеграфными аппаратами конструкции С. Морзе, соединившая Вашингтон и Балтимор.

Морзе - американский художник и изобретатель который в 1837 году изобрел электромагнитный телеграфный аппарат, а в 1838 году разработал для него телеграфный код, состоящий из комбинаций коротких (точка) и длинных (тире) токовых посылок. Этот код получил название "код Морзе" и используется по настоящее время.

Развитие телеграфной связи во второй половине XIX века было связано с ростом промышленности и сети железных дорог. Если, в 1860 г. в России эксплуатировалось около 27000 км. телеграфных линий связи и 160 телеграфных станций, то к 1870 году протяженность телеграфных сетей достигла 91000 км, а количество станций – 714. В 1871 году была открыта самая длинная в мире телеграфная линия Москва - Владивосток (около 12 тыс. км).

Основная часть расходов в телеграфии приходилась на сооружение телеграфных линий. Поэтому исследования в области телеграфной связи были направлены на увеличение эффективности её использования. В 1858 году русский изобретатель З.Я.Слонимский разработал метод одновременной передачи по одному проводу двух пар телеграфных сообщений (в противоположных направлениях).

В 1872 году Ж.Бодо изобрел многократный телеграфный аппарат, пере-

дающий по одному проводу одновременно два (или более) сообщения в одну сторону.

Примененный Бодо принцип временного уплотнения линии остается одним из основных и в современной телеграфии. Сам аппарат Бодо имел настолько удачную конструкцию, что с небольшими изменениями он эксплуатировался до 50-х годов нашего столетия.

В 1869 году русский изобретатель Г.И.Морозов разработал аппаратуру частотного уплотнения линий связи - сейчас этот принцип является одним из основных в построении телеграфной и телефонной связи. В 1880 году русским изобретателем Г.Г.Игнатьевым был предложен способ одновременного телеграфирования и телефонирования по одной линии.

Эффективность использования телеграфных линий возрастает также с увеличением скорости передачи сообщений. В период с 1858 по 1867 годы Ч. Уитстон (Англия) сконструировал перфоратор и трансмиттер, которые стали использоваться не только для кодирования и передачи информации, но и как средства "запоминания" телеграфной информации (запись на перфоленге).

Большой вклад в развитие телеграфии внесли также наши соотечественники - ученые и изобретатели Г.Б. Дашкевич, А.Ф. Шорин, П.А. Азбукин, А.Д. Игнатьев, Л.И. Тремль и др.

В настоящее время применяются стандартные системы, обеспечивающие эксплуатационную скорость передачи 1600, 3200 и 6300 слов в час.

История развития фототелеграфной связи

Впервые передачу на расстояние неподвижного изображения осуществил итальянский физик Д. Ж. Казелли в 1855 году. Сконструированный им электромеханический аппарат мог передавать изображение текста, чертежа или рисунка, предварительно нанесенного на свинцовую фольгу специальным изолирующим лаком так, что оригинал представлял собой совокупность перемещающихся элементов с большой (фольга) и ничтожно малой (лак) электропроводностью. Передающее устройство посредством контактного штифта, скользящего по оригиналу, "считывало" элементы изображения, передавая в линию связи токовые и бестоковые сигналы. Принятое изображение записывалось электрохимическим способом на увлажненной бумаге, пропитанной раствором железосинеродистого калия (ферицианида калия). Аппараты Казелли использовались на линиях связи Москва - Петербург (1866 - 1868 гг.), Париж - Марсель Париж - Лион. Однако несовершенство таких аппаратов и, главным образом, необходимость переноса передаваемого изображения на фольгу ограничили область их применения.

В 1868 году немецкий изобретатель Б.Мейер предложил способ записи принимаемого изображения с помощью одновитковой спирали, покрытой слоем типографской краски. На обычной бумаге, прижимаемой в определенные моменты времени к вращающейся спирали, оставались мелкие штрихи, из которых и складывалось изображение. Этот способ применяется в усовершенствованном виде и в современной факсимильной связи.

Качественно новые способы и технические средства фототелеграфной связи начали развиваться с 20-х годов нашего столетия после открытия фото-

эффекта, изобретения электронных ламп, усилителей электрических колебаний и создания разветвленной сети линий и каналов связи, по которым осуществляется факсимильная передача.

В 30-х годах в СССР были разработаны и получили распространение фототелеграфные аппараты ЗФТ-А4, ФТ-37, ФТ-38, в которых запись информации осуществлялась фотоспособом.

В Германии подобная аппаратура носила название "бильдтелеграф", в США – "телефакс", "телеавтограф". С 50-х-60-х гг. фототелеграфная связь применяется для передачи не только фототелеграфом, но и изображений картографических материалов и газетных полос. Кроме фотографического, появились и другие методы записи изображения, поэтому ранее использовавшийся термин "фототелеграфная связь" по рекомендации Международного консультативного комитета по телефонии и телеграфии (ЖКТТ) в 1953 году был заменен более общим - "факсимильная связь".

История развития радиосвязи

Радио было изобретено в 1895 г. замечательным русским ученым Александром Степановичем Поповым (1859 - 1906). Датой изобретения радио считается 7 мая 1895 г., когда на заседании физического отделения Русского физико-химического общества в Петербурге А.С. Попов продемонстрировал изобретенный им первый в мире радиоприемник.

А.С. Попов сделал свое изобретение в результате многолетнего труда над решением задачи практического использования электромагнитных волн. Он пришел к выводу о возможности такого использования электрических колебаний после длительных исследований и научного обобщения достижений в области физики и электротехники, имевшихся к тому времени в разных странах мира. Выдающиеся работы таких ученых, как Фарадей, Максвелл, Герц, и наших русских ученых-электротехников Б.С. Якоби, П.Н. Яблочкова, А.Н. Лодыгина, В.В. Петрова, Д.А. Лачинова и др. во многом определили успех А. С. Попова.

24 марта 1896 г. в Петербургском университете на заседании Русского физико-химического общества А.С. Попов вместе со своим ближайшим помощником П.Н. Рыбкиным продемонстрировал первую радиотелеграфную передачу. Знаками телеграфной азбуки с записью на ленту была передана на расстояние 250 м радиограмма, содержащая слова "Генрих Герц".

А.С. Попов неустанно совершенствовал свое изобретение и в очень короткий срок добился больших успехов. Весной 1897 г. он осуществил связь с кораблями на Кронштадтском рейде. В 1899 г. во время маневров Черноморского флота дальность радиосвязи между кораблями достигала 22 км. Через два года А. С. Попов добился дальности радиосвязи уже на 150 км.

В 1899 г. А.С. Попов вместе с П.Н. Рыбкиным сконструировал первый в мире приемник, позволяющий принимать радиосигналы на слух.

В начале 1900 г. при организации работ по спасению потерпевшего аварию броненосца "Генерал-адмирал Апраксин" Попов установил радиосвязь между берегом Финского залива и островом Гогланд на расстоянии 45 км. Это

была первая в мире практическая линия радиосвязи. Со времени использования этой радиолинии радиосвязь получила признание в России и за границей и начала широко применяться на практике.

Вскоре А. С. Попов с помощью своих учеников и группы первых русских военных радиоспециалистов провел успешные опыты по применению радиосвязи в сухопутных войсках русской армии. Сконструированные им первые в мире переносные армейские радиостанции были испытаны летом 1900 г. на маневрах Петербургского военного округа и показали отличные результаты. Эти станции выдержали испытание в боевой обстановке во время Русско-японской войны.

Заслуги А. С. Попова как изобретателя радио были признаны не только в России, но и далеко за ее пределами.

После смерти А. С. Попова, его ученики стремились к дальнейшему развитию отечественного радио. В 1908 г. их усилиями в Петербурге, в Гребном порту, было создано Радиотелеграфное депо морского ведомства, ставшее впоследствии одним из самых крупных предприятий зарождавшейся радиопромышленности.

В 1908-1911 гг. В.П. Вологдин разработал конструкцию высокочастотного машинного генератора, который был использован для сооружения машинных передатчиков, впервые обеспечивших прямую радиосвязь через Атлантический океан. В 1911 г. у нас была впервые сконструирована и испытана самолетная радиостанция. В 1914 г. М.В. Шулейкин опубликовал свою работу о применении генератора высокой частоты для радиотелефона.

Как показывает практика внедрения новых изобретений в области связи, в первую очередь они внедрялись в армии или в государственных структурах, а затем уже получала развитие область гражданского применения изобретения.

На начало XX столетия имевшиеся на вооружении Российской Армии радиостанции были в основном иностранного производства и очень несовершенны. Аппаратура была громоздкой. Так, даже наиболее совершенная из имевшихся тогда войсковых радиостанций Сименс и Гальске, перекрывавшая расстояния до 200-300 км и работавшая только телеграфом, перевозилась на пяти пароконных двуколках и имела обслуживающую команду из 40 человек. Антенна этой станции подвешивалась к металлической мачте высотой 25 м. Но и этих несовершенных радиосредств было крайне мало. Даже к концу Первой мировой войны радиостанции имелись, как правило, только в корпусах, а число их достигало всего нескольких десятков на каждую действующую армию трех-корпусного состава.

Первая лаборатория по разработке отечественных средств радиосвязи была создана в Нижнем Новгороде во главе с талантливым русским инженером профессором М.А. Бонч-Бруевичем. Она стала первым научно-исследовательским радиотехническим институтом в нашей стране. Заслуги ее огромны.

В 1919-1920 гг. в России впервые началась передача по радио речи и музыки. Построенная для этой цели в Москве в 1920 г. радиотелефонная станция имела рекордную для того времени мощность. За границей таких станций еще

не было. Когда проводилось испытание передатчика на дальность действия, немцы предоставили для связи самую лучшую берлинскую правительственную радиостанцию. Отлично услышав Москву, они, однако, не смогли ответить, так как не имели передатчика такой мощности, как московский. Центральная радиовещательная станция, открытая в Москве в 1922 г., была самой мощной в мире. Станции Америки, Франции, Германии и других стран, построенные после этого, имели в несколько раз меньшую мощность. Начиная с 1922 г. наша страна неизменно занимала первое место в мире по мощности своих передатчиков.

Во время гражданской войны 1918-1919 гг. для разработки и производства новых типов военных радиостанций и подготовки армейских радистов были созданы специальные радиобазы во Владимире и Казани, а к концу гражданской войны была создана Центральная военная радиолaborатория.

В период с 1918 по 1920 гг. в нашей стране была сконструирована первая самолетная радиотелефонная станция. Тогда же были проведены опыты радиотелефонной связи самолета с землей.

В канун Второй мировой войны развитие отечественной радиотехники быстрыми темпами шло вперед. Вместо нескольких лабораторий и небольшой группы специалистов было создано много научных институтов и лабораторий, занимающихся вопросами радиотехники. Большое число высших и средних учебных заведений (гражданских и военных), подготовило тысячи высококвалифицированных инженеров, техников, офицеров-радиоспециалистов. Была создана передовая отечественная радиопромышленность, способная производить все виды современной радиоаппаратуры. Основоположники советской радиотехники - М.А. Бонч-Бруевич, М.В. Шулейкин, Л.И. Мандельштам, Н.Д. Папалекси, В.П. Вологдин, Б.А. Введенский и др., а также молодые ученые-радисты своими трудами продвинули вперед отечественную радиотехнику.

В ряде областей радиотехника России превзошла радиотехнику остальных стран. Например, на протяжении многих лет СССР удерживал мировое первенство по мощности радиовещательных станций, достигнутое еще в первые годы существования Советского государства. Именно нашими учеными был разработан ряд основных научных вопросов, необходимых для инженерного расчета элементов радиостанций, понимания природы электромагнитных волн и их распространения. По своему уровню многие научные работы и исследования наших радиоспециалистов были выше аналогичных работ зарубежных ученых.

Достижения в развитии отечественной радиотехники и создание мощной радиопромышленности способствовали успеху наших Вооруженных Сил в годы Великой Отечественной войны. К 1941 г. наша армия имела первоклассные средства радиосвязи.

После войны отечественное радио развивалось и совершенствовалось еще более бурными темпами. Достаточно сказать, что только за период с 1948 по 1958 гг. радиоэлектронная промышленность Советского Союза выросла в 20 раз.

Крупные успехи достигнуты в области электроники, в производстве но-

вых типов электровакуумных приборов, малогабаритных радиодеталей, новых радиотехнических деталей. Освоено производство полупроводниковых приборов, которые способствуют резкому изменению техники радиосвязи. Внедрены нового вида связи на ультракоротких волнах – радиорелейных линий связи, системы спутниковой связи.

Ярким свидетельством успехов отечественной радиотехники является ее роль в освоении космического пространства автоматическими станциями, успешный полет и автоматическая посадка корабля "Буран".

2. ФИЗИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ РАДИОСВЯЗИ

Электромагнитные волны.

Согласно открытому М. Фарадеем закону электромагнитной индукции, изменение во времени магнитного поля влечет за собой появление переменного вихревого электрического поля. Ключевым шагом к пониманию природы электромагнитных явлений была гипотеза Дж. К. Максвелла: переменное электрическое поле вызывает в свою очередь появление переменного магнитного поля. Таким образом, Максвелл восстановил полную симметрию электрического и магнитного полей и показал, что они взаимопревращаемы, так что на самом деле следует говорить о едином электромагнитном поле.

Для качественного обоснования гипотезы Максвелла можно рассмотреть заряженный плоский конденсатор, нагруженный активным сопротивлением и подключенный к батарее.

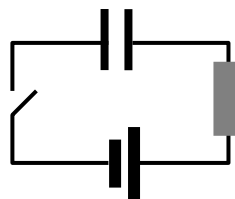


Рис. 1

После замыкания ключа происходит постепенная зарядка конденсатора, при этом ток в цепи $I(t)$ уменьшается от максимального значения до нуля, одновременно заряд на конденсаторе растет от нуля до максимального значения. Напряжение на конденсаторе

$$U = q/C$$

также оказывается зависящим от времени. Однако в плоском конденсаторе

$$U = dE,$$

где E – поле между пластинами, d – расстояние между пластинами. Поэтому

$$q(t) = CU(t) = CE(t)d.$$

Отсюда изменение заряда равно

$$\Delta q/\Delta t = C d\Delta E/\Delta t.$$

Как известно,

$$C = \varepsilon_0 S/d$$

(см. Емкость конденсатора). Кроме того, изменение заряда в единицу времени по определению равно току во внешней цепи I . Поэтому

$$I = \Delta q/\Delta t = C d\Delta E/\Delta t = \varepsilon_0 S \Delta E/\Delta t.$$

Полученное соотношение связывает ток во внешней цепи при зарядке конденсатора с изменением электрического поля внутри конденсатора. Логично предположить, что ток непрерывен и между обкладками конденсатора возникает такой же по направлению ток между пластинами, который замыкает линии тока во внешней цепи. Если принять эту гипотезу, то становится объяснимым протекание переменного тока в цепи, содержащей конденсатор. (см. R , L и C в цепи переменного тока. Резонанс).

Таким образом, возникающий между обкладками конденсатора ток смещения равен

$$I_{см} = \varepsilon_0 S \Delta E/\Delta t.$$

Эта формула может быть записана в несколько иной форме, позволяющей лучше уяснить происхождение тока смещения. В конденсаторе линии электрического поля перпендикулярны пластинам, поэтому произведение $S \Delta E$ есть не что иное, как поток вектора электрического поля через пластину конденсатора. Формула принимает вид:

$$I_{см} = \varepsilon_0 \Delta \Phi/\Delta t$$

Следовательно, ток смещения возникает в результате изменения потока вектора электрического поля через какую-то поверхность. Всякий ток порождает магнитное поле (см. Магнитное поле. Закон Ампера). Таким образом, изменение потока электрического поля порождает переменное во времени магнитное поле, индуцируемое током смещения.

Смысл уравнений электродинамики (уравнений Максвелла)

Уравнения, которые объединили все известные экспериментальные факты об электричестве и магнетизме, были написаны Дж. К. Максвеллом в 1856 г. Этих уравнений четыре, и они отражают четыре фундаментальных опытных факта:

1. Электрические заряды создают электрическое поле, величина которого определяется законом Кулона.

2. В природе не существует магнитных зарядов, поэтому силовые линии магнитного поля замкнуты.

3. Всякий ток (включая и ток смещения) порождает магнитное поле,

определяемое законом Био-Савара.

4. Меняющееся во времени магнитное поле порождает вихревое электрическое поле (закон электромагнитной индукции Фарадея).

Математическая запись этих четырех законов сложна. Однако даже из их словесной формулировки следует, что меняющиеся во времени электрическое и магнитное поля могут распространяться в пространстве, оторвавшись от своих источников. Как теоретически показал Максвелл, это должно приводить к существованию электромагнитных волн в пустом пространстве – периодически изменяющихся в пространстве и во времени электрических и магнитных полей, переносящих энергию с постоянной скоростью.

Электромагнитные волны

В монохроматической плоской электромагнитной волне, распространяющейся с циклической частотой в направлении вдоль оси z , векторы напряженности электрического и магнитного полей перпендикулярны друг другу и направлению распространения. Следовательно, электромагнитные волны поперечны. Как доказал Максвелл, скорость распространения электромагнитных волн в вакууме постоянна (т.е. не зависит от частоты волны). Принятое обозначение скорости света – c . Численное значение скорости света в вакууме, полученное в результате последних измерений:

$$c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ м/с} \approx 300\,000 \text{ км/с}.$$

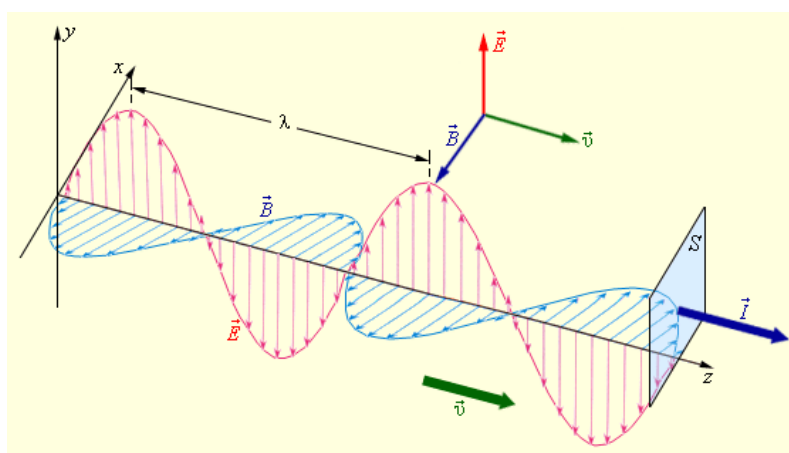


Рис. 2.

Математически изменение напряженностей электрического и магнитного полей в плоской монохроматической электромагнитной волне можно записать в виде (ось x выбрана в направлении распространения волны):

$$E_y = E_0 \sin(kx - \omega t),$$

$$B_x = B_0 \sin(kx - \omega t).$$

Здесь $\omega = 2\pi\nu$ – круговая частота волны, ν – частота. Длина волны определяется соотношением $\lambda = c/\nu = cT$, где $T = 1/\nu = 2\pi/\omega$ – период волны. Волновое число $k = \omega/c = 2\pi/\lambda$.

Электромагнитные волны характеризуются:

1. Скоростью распространения в пространстве. Скорость распростране-

ния электромагнитной волны конечна.

2. Частотой гармонических колебаний.
3. Длиной электромагнитной волны.
4. Мощностью излучения электромагнитной волны.

Гармонические колебания и их характеристики

Колебаниями называются движения или процессы, которые характеризуются определенной повторяемостью во времени. Колебательные процессы широко распространены в природе и технике, например качания маятника часов, переменный электрический ток и т.д. При колебательном движении маятника изменяется координата его центра масс, в случае переменного тока колеблются напряжение и ток в цепи. Физическая природа колебаний может быть разной, поэтому различают колебания механические, электромагнитные и др. Однако различные колебательные процессы описываются одинаковыми характеристиками и одинаковыми уравнениями. Отсюда следует целесообразность единого подхода к изучению колебаний различной физической природы. Например, единый подход к изучению механических и электромагнитных колебаний применялся английским физиком Д.У. Релеем (1842-1919), А.Г. Столетовым, русским инженером-экспериментатором П.Н. Лебедевым (1866-1912). Большой вклад в развитие теории колебаний внесли Л.И. Мандельштам (1879-1944) и его ученики.

Колебания называются свободными (или собственными), если они совершаются за счет первоначально совершенной энергии при последующем отсутствии внешних воздействий на колебательную систему (систему, совершающую колебания). Простейшим типом колебаний являются гармонические колебания - колебания, при которых колеблющаяся величина изменяется со временем по закону синуса (косинуса). Рассмотрение гармонических колебаний важно по двум причинам:

1. Колебания, встречающиеся в природе и технике, часто имеют характер, близкий к гармоническому;
2. Различные периодические процессы (процессы, повторяющиеся через равные промежутки времени) можно представить как наложение гармонических колебаний.

Гармонические колебания величины s описываются уравнением типа

$$s = A \cos (\omega_0 t + \varphi), \quad (1)$$

где: A - максимальное значение колеблющейся величины, называемое амплитудой колебания, ω_0 - круговая (циклическая) частота, φ - начальная фаза колебания в момент времени $t=0$, $(\omega_0 t + \varphi)$ - фаза колебания в момент времени t .

Фаза колебания определяет значения колеблющейся величины в данный момент времени. Так как косинус изменяется в пределах от 1 до -1, то s может принимать значения от $+A$ до $-A$.

Определенные состояния системы, совершающей гармонические колеба-

ния, повторяются через промежуток времени T , называемый периодом колебания, за который фаза колебания получает приращение равное 2π , т.е.

$$\omega_0(t+T) + \varphi = (\omega_0 t + \varphi) + 2\pi,$$

откуда

$$T = 2\pi / \omega_0 \quad (2)$$

Величина, обратная периоду колебаний,

$$\nu = 1/T \quad (3)$$

т.е. число полных колебаний, совершаемых в единицу времени, называется частотой колебаний. Сравнивая уравнения (2) и (3), получим

$$\omega_0 = 2\pi \nu.$$

Единица частоты - герц (Гц): 1 Гц - частота периодического процесса, при которой за 1 секунду совершается 1 цикл процесса.

Запишем первую и вторую производные по времени от гармонически колеблющейся величины s :

$$\frac{ds}{dt} = -A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi) = A\omega_0 \cos(\omega_0 t + \varphi + \pi/2), \quad (4)$$

$$, \quad (5)$$

т. е. имеем гармонические колебания с той же циклической частотой. Амплитуды величин (5) и (4) соответственно равны $A\omega_0^2$ и $A\omega_0$. Фаза величины (4) отличается от фазы величины (1) на $\pi/2$, а фаза величины (5) отличается от фазы величины (1) на π . Следовательно, в моменты времени, когда $s=0$, $\frac{ds}{dt}$ приобретает наибольшие значения; когда же s достигает максимального отрицательного значения, то $\frac{d^2s}{dt^2}$ приобретает наибольшее положительное значение (см. рис. 3).

Из выражения (5) следует **дифференциальное уравнение гармонических колебаний**

$$\frac{d^2s}{dt^2} + \omega_0^2 s = 0 \quad (6)$$

$$\text{где } s = A \cos(\omega_0 t + \varphi).$$

Решением этого уравнения является выражение (1).

Гармонические колебания изображаются графически методом вращающегося вектора амплитуды, или методом векторных диаграмм.

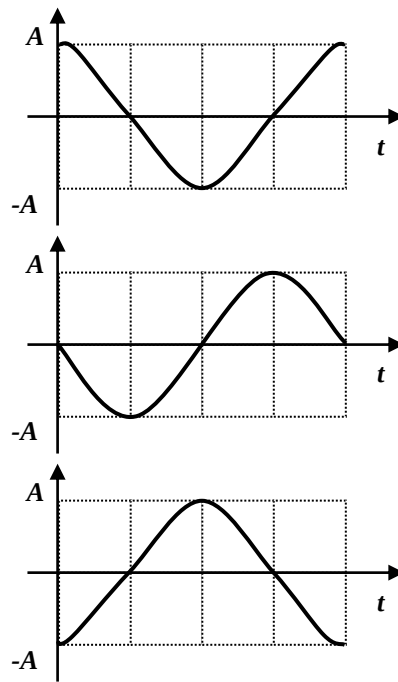


Рис. 3

Для этого из произвольной точки O , выбранной на оси x под углом φ , равным начальной фазе колебания, откладывается вектор A , модуль которого равен амплитуде A рассматриваемого колебания (см. рис. 4).

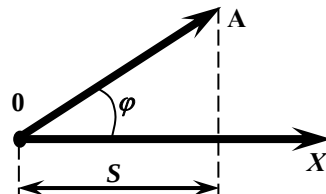


Рис. 4

Если этот вектор привести во вращение с угловой скоростью ω_0 , равной циклической частоте колебаний, то проекция конца вектора будет перемещаться по оси x и принимать значения от $-A$ до $+A$, а колеблющаяся величина будет изменяться со временем по закону $s = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$. Таким образом, гармоническое колебание можно представить проекцией на некоторую произвольно выбранную ось вектора амплитуды A , отложенного из произвольной точки оси под углом φ , равным начальной фазе, и вращающегося с угловой скоростью ω_0 вокруг этой точки.

В физике часто применяется другой метод, который отличается от метода вращающегося вектора амплитуды лишь по форме. В этом методе колеблющуюся величину представляют комплексным числом. Согласно формуле Эйлера, для комплексных чисел

$$e^{i\alpha} = \cos\alpha + i \sin\alpha \quad (7)$$

где $i = \sqrt{-1}$ - мнимая единица. Поэтому уравнение гармонического колебания (1) можно записать в комплексной форме:

$$\tilde{s} = Ae^{i(\omega_0 t + \varphi)} \quad (8)$$

вещественная часть выражения (8)

$$\operatorname{Re}(\tilde{s}) = A \cos(\omega_0 t + \varphi) = s$$

представляет собой гармоническое колебание. Обозначение Re вещественной части опускают и записывают в виде

$$s = Ae^{i(\omega_0 t + \varphi)}.$$

В теории колебаний принимается, что колеблющаяся величина s равна вещественной части комплексного выражения, стоящего в этом равенстве справа.

Гармонические колебания позволяют охарактеризовать электромагнитные волны:

1. Вводится тригонометрическая формула процесса распространения электромагнитной волны.
2. Процесс распространения электромагнитной волны - периодичный процесс.
3. Вводятся количественные показатели электромагнитной волны.

3. ИОНОСФЕРА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

Солнечная активность существенно влияет на состояние ионосферы - оболочки Земли, состоящей из разряженного и ионизированного газа. Эта оболочка простирается на 1000 и более километров от поверхности Земли, но для коротких волн существенной является та её часть, которая расположена на высоте от 50 до 400 км.

Радиоволны КВ радиостанций распространяются прямолинейно. Но они могут преодолевать многие тысячи километров, огибая земной шар от нескольких сотен до 3000 км и более, отражаясь попеременно от слоя ионизированного газа от поверхности Земли или воды.

Ещё в 20-х годах нашего столетия считалось, что радиоволны короче 200 м вообще не пригодны для дальнейшей связи из-за сильного поглощения. Когда были проведены первые эксперименты по дальнейшему приёму коротких волн через Атлантику между Европой и Америкой, английский физик Оливер Хэвисайд и американский инженер-электрик Артур Кеннели независимо друг от друга предположили, что где-то вокруг Земли существует ионизированный слой атмосферы, способный отражать радиоволны. Этот слой получил название Хэвисайда - Кеннели, или ионосферы.

По современным представлениям ионосфера состоит из отрицательно заряженных свободных электронов и положительно заряженных ионов, в основном молекулярного кислорода O^+ и окиси азота NO^+ . Ионы и электроны образуются в результате ионизации, которая заключается в отрыве электрона от

нейтральной молекулы газа. А для того, чтобы оторвать электрон, необходимо затратить некоторую энергию - энергию ионизации, основным источником которой для ионосферы является Солнце, точнее, его ультрафиолетовое, рентгеновское и корпускулярное излучения.

Пока газовая оболочка Земли освещена Солнцем, в ней непрерывно образуются всё новые и новые электроны, но одновременно часть электронов, сталкиваясь с ионами, вновь образует нейтральные частицы - атомы и молекулы. После захода Солнца образование новых электронов почти прекращается и число свободных электронов начинает убывать. Вообще, чем больше свободных электронов в ионосфере, тем лучше от неё отражаются волны высокой частоты. А если электронов мало, то дальнейшее прохождение наблюдается только на низкочастотных КВ-диапазонах. Вот почему ночью, как правило, возможен приём дальних станций лишь в диапазонах 75, 49, 41 и 31 м.

Электроны распределены в ионосфере неравномерно. На высоте от 50 до 400 км имеется несколько слоёв или областей повышенной концентрации электронов. Эти области плавно переходят одна в другую и по-разному влияют на распространение радиоволн КВ диапазона.

Самая верхняя область, (кстати, самая плотная), получила название области F. Она расположена на высоте более 150 км над поверхностью Земли и играет основную отражательную роль при дальнем распространении радиоволн высокочастотных КВ-диапазонов. Иногда в летние месяцы область F распадается на два слоя - F1 и F2. Слой F1 может занимать высоты от 200 до 250 км, а слой F2 как бы "плавает" в интервале высот 300 ... 400 км. Обычно слой F2 ионизирован значительно сильнее слоя F1. Ночью слой F1 исчезает, а слой F2 остаётся, медленно теряя до 60% своей ионизации.

Ниже области F на высотах от 90 до 150 км расположена область E, ионизация которой происходит под воздействием мягкого рентгеновского излучения Солнца. Обычно степень ионизации области E ниже, чем области F. Однако днём приём станций низкочастотных КВ-диапазонов 31 и 25 м происходит при отражении сигналов от области E. Обычно это станции, расположенные на расстоянии 1000 ... 1500 км. Ночью в области E ионизация резко уменьшается, но и в это время она продолжает играть заметную роль в приёме сигналов станций диапазонов 41, 49 и 75 м.

Большой интерес для приёма сигналов высокочастотных КВ диапазонов 16, 13 и 11 м представляют образующиеся в области E прослойки (точнее, облака) сильно повышенной ионизации. Площадь этих облаков может изменяться от единиц до сотен квадратных километров. Этот слой повышенной ионизации получил название спорадический слой E и обозначается Es. Облака Es могут перемещаться в ионосфере под воздействием ветра и достигать скорости до 250 км/ч. Летом в средних широтах в дневное время происхождение радиоволн за счёт облаков Es за месяц бывает 15 ... 20 дней. В районе экватора он присутствует почти всегда, а в высоких широтах обычно появляется ночью. В годы низкой солнечной активности, когда нет прохождения на высокочастотных КВ-диапазонах, иногда, как подарок, на диапазонах 16, 13 и 11 м с хорошей громкостью вдруг появляются дальние станции, сигналы которых многократно от-

разились от Es.

Самая нижняя область ионосферы - область D, расположенная на высотах между 50 и 90 км. Здесь сравнительно мало свободных электронов. От области D хорошо отражаются длинные и средние волны, а вот сигналы станций низкочастотных КВ-диапазонов сильно поглощаются. Это днём, а после захода Солнца ионизация очень быстро исчезает и появляется возможность принимать дальние станции в диапазонах 41, 49 и 75 м, сигналы которых отражаются от слоёв F2 и E.

Из изложенного выше стала понятна роль отдельных слоёв ионосферы в распространении сигналов КВ-радиостанций. Необходимо добавить, что если сигнал отразился от слоя E (или Es), то скачок не превышает 2000 км, а от слоя F (точнее, F2) - 4000 км. Скачков может быть несколько, и тогда к вашему радиоприёмнику приходят сигналы от вещательных станций, отстоящих на тысячи километров. На дневной стороне Земли такой сигнал довольно сильно ослабляется при многократном прохождении через область D. За один скачок это случается дважды. Чем ниже частота, тем это ослабление заметнее.

Но это единственный путь волны в ионосфере от передатчика к вашему приёмнику. Иногда создаются такие условия, при которых волна, отразившаяся от слоя F2, не возвращается обратно к Земле, а распространяется, отражаясь попеременно от слоёв E (Es) и F2. Волна как бы попала в ионосферный волновод и проходит многие тысячи километров при относительно малом ослаблении.

Подходящие условия для выхода волны из этого волновода обычно образуются в месте приёма при восходе или заходе Солнца, что даёт возможность принимать станции, расположенные на противоположной точке земного шара. Это явление наиболее явно выражено на низкочастотных КВ-диапазонах. Продолжительность такого приёма в диапазоне 75 м может быть около часа. При переходе на более коротковолновые диапазоны это время сокращается.

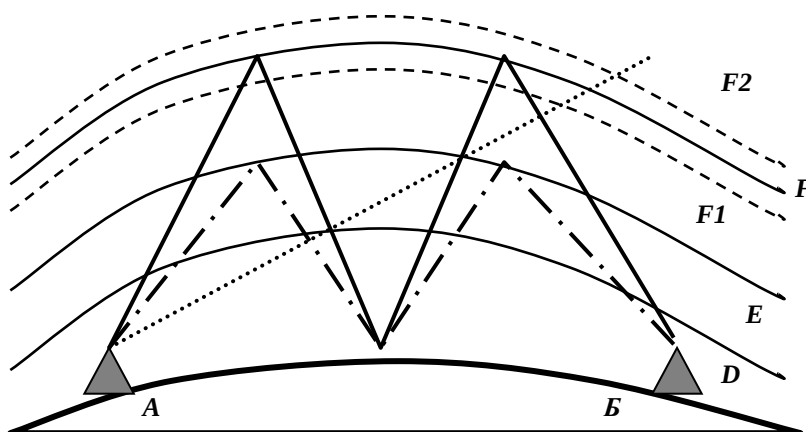


Рис. 5

Радиоволны могут преодолевать многие тысячи километров, огибая земной шар громадными скачками, попеременно отражаясь от различных областей ионосферы и поверхности Земли.

Радиоволны разной частоты от передатчика в пункте А попадают в пункт В, где расположен приёмник. Волна *m* делает два скачка, дважды отразившись от области F и Земли в пункте Б. Волна *n* делает те же два скачка, но отражается от области Е. А вот волна *k* попала в волновод между областями F и Е.

Конечно, здесь изображена идеальная картина распространения радиоволн. В реальных условиях всё значительно сложнее.

4. ВИДЫ МОДУЛЯЦИИ

В основе принципа радиопередачи используется свойство распространения электромагнитного излучения в пространстве.

Сигнал, подлежащий передаче, преобразуется в приемлемый для передачи электромагнитным излучением вид. Данный процесс преобразования в технике радиосвязи называется модуляцией. При приеме радиосигнала происходит обратное преобразование, называемое в технике демодуляцией или детектированием.

Существуют три основные схемы модуляции: 1) амплитудная модуляция (АМ); 2) угловая модуляция, подразделяющаяся на два очень похожих метода: частотную модуляцию (ЧМ) и фазовую модуляцию (ФМ); 3) импульсная модуляция (ИМ). Различные схемы модуляции совмещают два названных метода или более, образуя сложные системы связи. Телевидение, например, использует как АМ, так и ЧМ для различных типов передаваемой информации. Импульсная модуляция совмещается с амплитудной, образуя импульсную амплитудную модуляцию (АИМ), и т.д. Не всегда возможно найти четко выраженные основания для использования того или иного метода модуляции. В некоторых случаях этот выбор предписывается законом (в США контроль осуществляет Федеральная комиссия по связи – ФКС). Необходимо строго придерживаться правил и инструкций независимо от того, какая схема модуляции используется.

Во всех методах модуляции несущей служат синусоидальные колебания угловой частоты ω_n , которые выражаются в виде

$$e_n = A_n \sin(\omega_n t + \theta_n) \quad (9)$$

где A_n - амплитуда, а $\omega_n t + \theta_n$ - мгновенная фаза (отметим, что $\omega_n t$, так же как и θ_n , измеряется в градусах или радианах). Фазовый сдвиг θ_n введен для придания уравнению (1а) большей общности. Аналогично модулирующий сигнал может быть представлен как

$$e_m = A_m \sin(\omega_m t + \theta_m) \quad (10)$$

для АМ, ЧМ и ФМ или в виде импульса в случае импульсной модуляции. Выражение ω_m может быть использовано для обозначения, скорее, полосы частот, чем единичной частоты. Например, мы будем рассматривать АМ в радиовещании, где модулирующий сигнал состоит из полосы звуковых частот (20–16 000 Гц).

Амплитудная модуляция (АМ)

С качественной стороны амплитудная модуляция (АМ) может быть опре-

делена как изменение амплитуды несущей пропорционально амплитуде модулирующего сигнала (рис. 6,а). Для модулирующего сигнала большой амплитуды соответствующая амплитуда модулируемой несущей должна быть большой и для малых значений A_M .

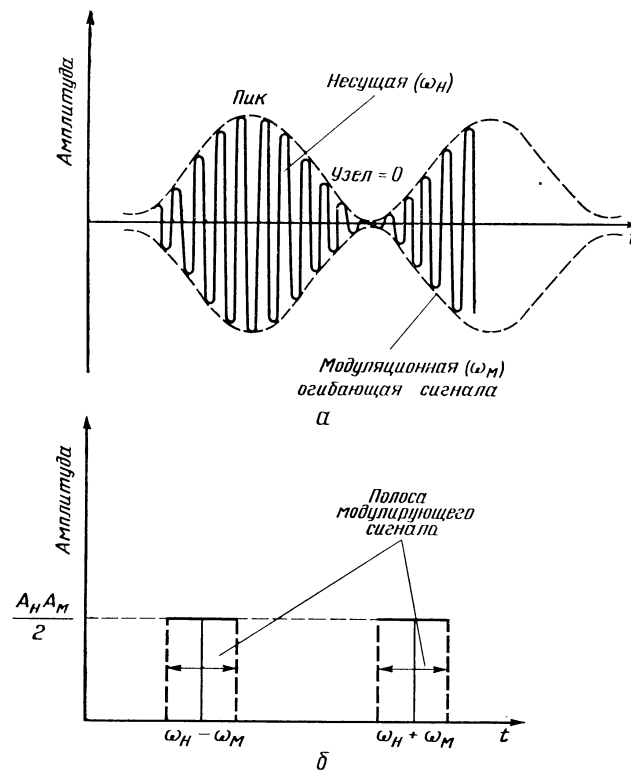


Рис. 6. Амплитудная модуляция ($\omega_M \ll \omega_n$).
а - форма сигнала; б - спектр частот.

Эта схема модуляции может быть осуществлена умножением двух сигналов: $e_n e_m$. Как будет видно из дальнейшего, это является особым случаем более общего метода модуляции. Для упрощения последующих математических преобразований видоизменим уравнения (9) и (10), опустив произвольные фазы θ_n и θ_m :

$$e_n = A_n \cos(\omega_n t) \quad (\theta_n = \pi/2) \quad (11)$$

$$e_m = A_m \cos(\omega_m t) \quad (\theta_m = \pi/2) \quad (12)$$

Произведением этих двух выражений является:

$$e_n e_m = A_n \cos(\omega_n t) \cdot A_m \cos(\omega_m t) \quad (13)$$

Уравнение (13) показывает, что амплитуда модулированной несущей будет изменяться от нуля (когда $\omega_m t = 90^\circ$, $\cos(\omega_m t) = 0$) до $A_n A_m$ (когда $\omega_m t = 0^\circ$, $\cos(\omega_m t) = 1$). Член $A_m \cos(\omega_m t) \cdot A_n$ является амплитудой модулированных колебаний и прямо зависит от мгновенного значения модулирующей синусоиды. Уравнение (3) может быть преобразовано к виду:

$$\begin{aligned} e_{nm} = e_n e_m &= \frac{A_n A_m}{2} [\cos(\omega_n + \omega_m)t + \cos(\omega_n - \omega_m)t] = \\ &= \frac{A_n A_m}{2} \cos(\omega_n + \omega_m)t + \frac{A_n A_m}{2} \cos(\omega_n - \omega_m)t \end{aligned} \quad (14)$$

Это преобразование основано на тригонометрическом тождестве

$$\cos\alpha \cos\beta = \frac{1}{2}[\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)] \quad (15)$$

Уравнение (14) представляет собой сигнал, состоящий из двух колебаний с частотами $\omega_1 = \omega_n + \omega_m$ и $\omega_2 = \omega_n - \omega_m$ и амплитудами $A_n A_m / 2$. Переписывая выражение для модулированного колебания (14), получим

$$e_{nm} = \frac{A_n A_m}{2} [\cos(\omega_1 t) + \cos(\omega_2 t)] \quad (16)$$

где ω_1 и ω_2 называются боковыми полосами частот, так как ω_m обычно является полосой частот, а не одиночной частотой. Следовательно, ω_1 и ω_2 представляют собой две полосы частот – выше и ниже несущей (рис. 6), т.е. верхнюю и нижнюю боковую полосу соответственно. Вся информация, которую необходимо передать, содержится в этих боковых полосах частот.

Уравнение (16) было получено для особого случая, когда модулированный сигнал был результатом прямого перемножения e_n на e_m . В результате оно не содержит компонента на частоте несущей, т.е. частота несущей полностью подавлена. Такой тип модуляции с подавленной несущей иногда преднамеренно проектируется в системах связи, так как это ведет к снижению излучаемой мощности. В большинстве таких систем излучается некоторая часть мощности на частоте несущей, позволяя тем самым приемному устройству настраиваться на эту частоту. Можно также передавать лишь одну боковую полосу, так как она содержит всю существенную информацию о модулирующем сигнале. Приемное устройство затем восстанавливает e_m по модуляции одной боковой полосы.

Полное выражение, представляющее амплитудно-модулированное колебание в общем виде, имеет вид

$$e_n e_m = A_n \cos(\omega_n t) + A_m \cos(\omega_n t) \cos(\omega_m t). \quad (17)$$

Это выражение описывает как неподавленную несущую (первый член в правой части уравнения), так и произведение, т. е. модуляцию (второй член справа). Уравнение (17) можно переписать в виде

$$e_n e_m = [A_n + A_m \cos(\omega_m t)] \cos(\omega_n t) = A_{nm} \cos(\omega_n t). \quad (18)$$

Последнее выражение показывает, как амплитуда несущей изменяется в соответствии с мгновенными значениями модулирующего колебания. Амплитуда модулированного сигнала A_{nm} состоит из двух частей: A_n – амплитуды немодулированной несущей и $A_m \cos(\omega_m t)$ – мгновенных значений модулирующего колебания:

$$A_{nm} = A_n + A_m \cos(\omega_m t). \quad (19)$$

Отношение A_m к A_n определяет степень модуляции. Для $A_m = A_n$ значение A_{nm} достигает нуля при $\cos(\omega_m t) = -1$ ($\omega_m t = 180^\circ$) и $A_{nm} = 2A_n$ при $\cos(\omega_m t) = 1$ ($\omega_m t = 0^\circ$). Амплитуда модулированной волны изменяется от нуля до удвоенного значения амплитуды несущей. Отношение

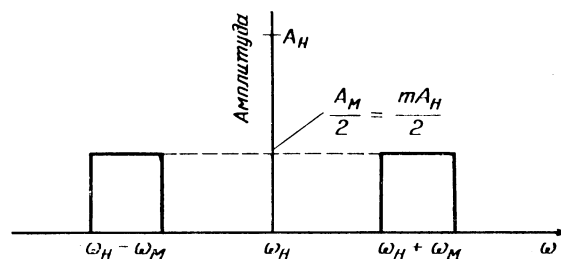
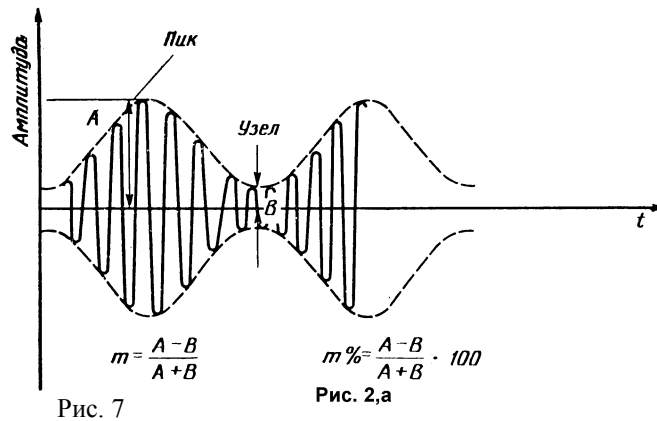
$$m = A_M/A_H \quad (20)$$

определяет коэффициент модуляции. Для предотвращения искажений передаваемой информации – модулированного сигнала – значение m должно быть в пределах от нуля до единицы: $0 \leq m \leq 1$. Это соответствует $A_M \leq A_H$. (Для $m=0$ $A_M=0$, т.е. нет модулирующего сигнала.) Уравнение (6а) может быть переписано с введением m :

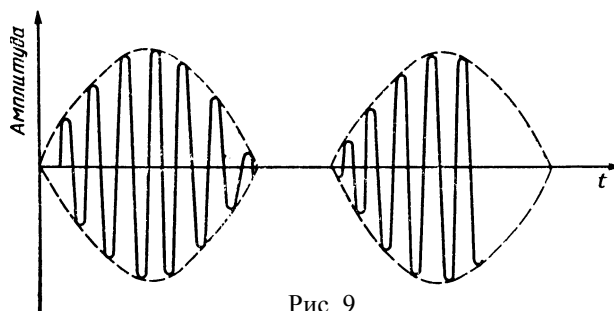
$$e_H e_M = A_H \cos(\omega_H t) [1 + m \cdot \cos(\omega_M t)]. \quad (21)$$

На рис. 7 показана форма модулированных колебаний и коэффициент модуляции m выражен через максимальное и минимальное значения ее амплитуды (пикового и узлового значений). Рис. 8 дает представление о спектре модулированных колебаний, который может быть выражен преобразованием уравнения (6):

$$e_{HM} = A_H \cos(\omega_H t) + \frac{A_M}{2} \cos([\omega_H + \omega_M]t) + \frac{A_M}{2} \cos([\omega_H - \omega_M]t) \quad (22)$$



На рис. 9 показан результат модуляции с коэффициентом m , превышающим 100%, $m > 1$.



В таблице приведены амплитуда и мощность для каждой из трех частотных компонент модулированного колебания.

Таблица 1. Мощность и амплитуда АМ-колебаний.

	Угловая частота	Амплитуда	Относительная амплитуда	Относительная мощность
Несущая	ω_n	A_n	1	1
Верхняя боковая полоса	$\omega_n + \omega_m$	$A_m/2$	$m/2$	$(m/2)^2$
Нижняя боковая полоса	$\omega_n - \omega_m$	$A_m/2$	$m/2$	$(m/2)^2$

Для 100 процентной модуляции ($m=1$) и мощности несущей 1 кВт полная мощность модулированных колебаний составляет $1 \text{ кВт} + (1/2)^2 \text{ кВт} + (1/2)^2 \text{ кВт} = 1,5 \text{ кВт}$. Отметим, что при $m=1$ мощность, заключенная в обеих боковых полосах, составляет половину мощности несущей, при $m=0,5$ мощность в обеих боковых полосах составляет $1/8$ мощности несущей. Это характерно лишь для синусоидальной формы АМ. Амплитудная модуляция может быть использована в передаче импульсных значений.

При обычной модуляции с двумя боковыми полосами, используемой в радиовещании, информация передается исключительно в боковых полосах. Для того чтобы получить, например, хорошее качество звука, необходимо работать в полосе частот шириной $2M$, где M – ширина полосы высококачественного воспроизведения звука (20–20 000 Гц). Это означает, что стандартное АМ-радиовещание, к примеру, с частотами до 20 кГц должно иметь ширину полосы $\pm 20 \text{ кГц}$ (всего 40 кГц), учитывая верхнюю и нижнюю боковые полосы. Однако на практике ширина полосы частот по правилам ФКС ограничивается величиной 10 кГц ($\pm 5 \text{ кГц}$), которая предусматривает для радиопередачи звука ширину полосы всего лишь 5 кГц, что далеко от условий высококачественного воспроизведения. Радиовещание с частотной модуляцией, как это будет показано ниже, имеет более широкую полосу частот.

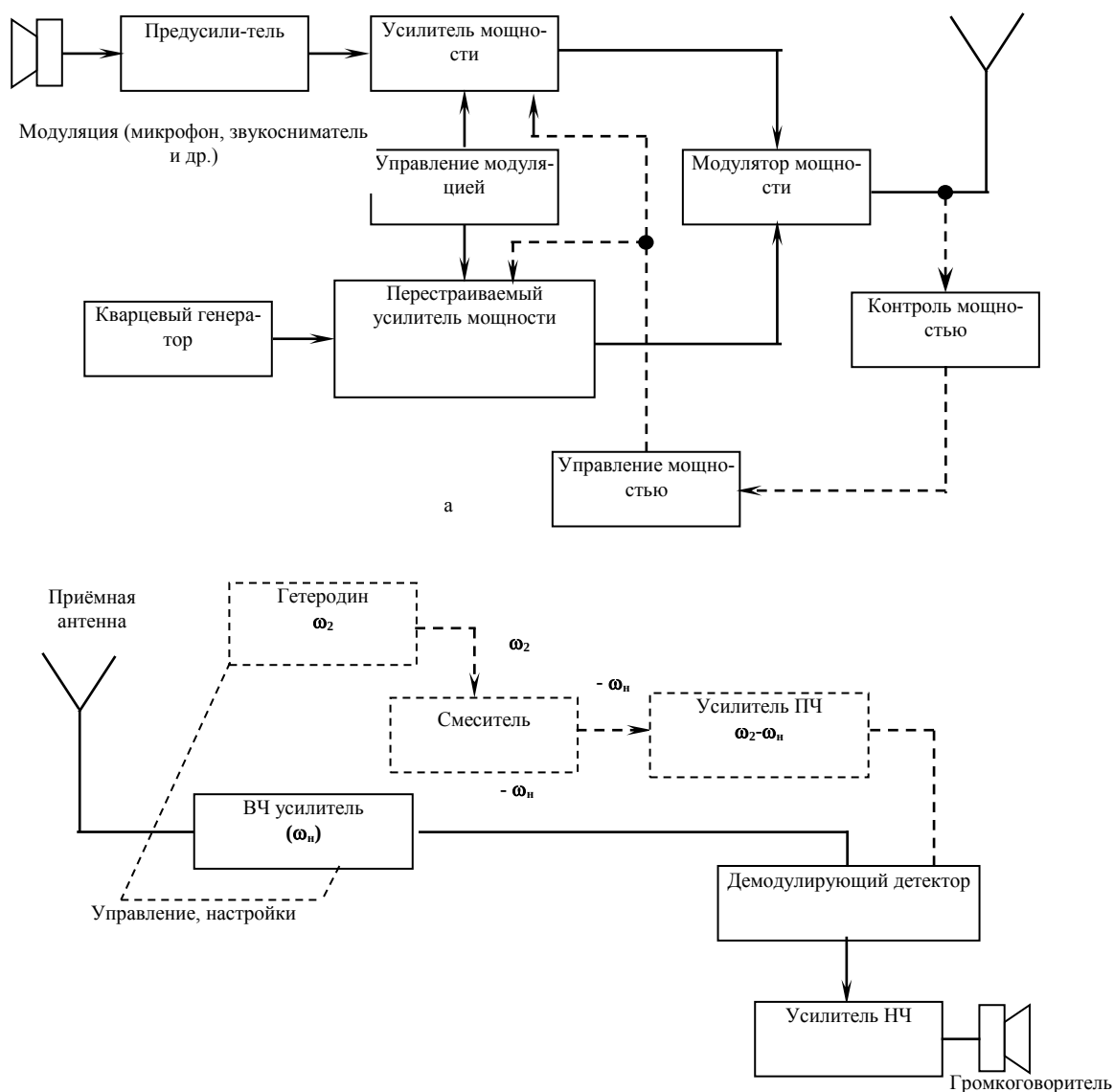
Федеральная комиссия связи также устанавливает допуски частоты всех распределений частот в США. Все АМ-радиовещание (535–1605 кГц) имеет допустимые отклонения в 20 Гц, или около 0,002%. Эта точность и стабильность частоты может быть достигнута путем использования кварцевых генераторов.

Детектирование, или демодуляция, АМ-колебаний требует выпрямления модулированного сигнала, сопровождаемого исключением несущей частоты с помощью соответствующей фильтрации. Эти две стадии воспроизведения модулирующего сигнала могут быть продемонстрированы на примере колебания, изображенного на рис. 7. После выпрямления остается лишь половина колебания, а после фильтрации присутствует лишь его огибающая, которая является воспроизведенным сигналом.

На рис. 10 приведены функциональные схемы передающей и приемной систем с амплитудной модуляцией.

Передатчик содержит два источника: сигнала модуляции – от микрофона,

проигрывателя и т.д. и несущей – от генератора с кварцевой стабилизацией. Модулирующий сигнал и несущая вводятся в модулятор, вырабатывающий модулированный сигнал, который затем передается через антенну. В большинстве передатчиков большой мощности модуляция осуществляется в последнем каскаде системы, для того чтобы избежать необходимости усиливать модулированный сигнал. Усиление несущей и модулирующего сигнала происходит раздельно. Степень модуляции контролируется изменением амплитуды модуляции и поддержанием постоянной амплитуды несущей. С тех пор как передаваемая мощность стала лимитироваться ФКС, большинство радиовещательных станций имеет автоматическое управление и контроль мощности, как это показано штриховыми линиями на рис. 10.



б

Рис. 10. АМ-система.
а - функциональная схема передатчика;
б - функциональная схема приемника.

Приемник (рис. 10) содержит высокочастотный усилитель, который усиливает сигнал, принятый антенной. ВЧ-усилитель настраивается; его частота

настройки может быть изменена (в диапазоне радиовещания для АМ-приёмников) для выбора нужной станции. Термин "избирательность", примененный к приемнику, относится к способности приемника выбирать отдельную станцию (частоту), не принимая при этом сигналов от примыкающих к ней станций. Например, если приемник имеет плохую избирательность, то при настройке на станцию WQXP (1560 кГц) может быть также принята другая, смежная станция WWRL (1600 кГц). Ясно, что приемник с такой плохой избирательностью является непригодным. Нужно также помнить, что ВЧ-усилитель должен иметь ширину полосы 5 кГц для звуковых сигналов (две боковые полосы требуют ширину полосы ± 5 кГц вокруг частоты несущей). Таким образом, требуется полоса частот 10 кГц совместно с высокой избирательностью, которая означает очень крутые спады частотной характеристики перестраиваемого контура, обеспечивающие существенное ослабление сигналов вблизи выбранной частоты, но находящиеся вне полосы частот ± 5 кГц.

Приемник, показанный на рис. 10, является приемником или прямого усиления (сплошные линии), или гетеродинного типа (штриховые линии). В последнем принятый ВЧ-сигнал ω_n смешивается с колебаниями от местного генератора-гетеродина ω_r . В результате возникают два сигнала — с частотами $\omega_r - \omega_n$ и $\omega_r + \omega_n$. Сигнал с разностной частотой $\omega_r - \omega_n$ усиливается усилителем промежуточной частоты (УПЧ) и затем подводится к детектору. На рис. 10 штриховыми линиями вместо сплошных линий между ВЧ-усилителем и детектором представлена функциональная схема гетеродинного приемника. Такой метод приема позволяет настраиваться на любую станцию, в то время как промежуточная частота остается равной 455 кГц и легко усиливается усилителями с фиксированной частотой настройки. Отметим, что для того, чтобы настроиться на станцию, нужно изменять ω_r и ω_n одновременно, и, таким образом, разность $\omega_r - \omega_n$ остается неизменной. Приемник гетеродинного типа имеет лучшую избирательность и гораздо большую чувствительность. Минимально различимый им сигнал составляет 10 мкВ на антенне. Когда мы говорим "различимый", то подразумеваем превышающий уровень шумов приемника.

Частотная модуляция, фазовая модуляция

В методе частотной модуляции (ЧМ) амплитуда модулирующего сигнала управляет мгновенной частотой несущей. Идеальная ЧМ не вносит изменений в амплитуду несущей. Следовательно, форма напряжения модулированной несущей может быть выражена в виде

$$e_{чм} = A_n \cos[\omega_n t + \delta \sin(\omega_m t)], \quad (23)$$

где ω_n и ω_m - соответственно несущая частота и частота модуляции, а δ - индекс модуляции. Частоты модулированного колебания могут быть получены из выражения $\cos[\omega_n t + \delta \sin(\omega_m t)]$ с использованием тригонометрических формул и специальных таблиц (функции Бесселя).

Индекс модуляции δ определяется как $\Delta\omega_n/\omega_m = \Delta f_n/f_m$ - отношение максимальной девиации частоты (за один период модулирующего сигнала) к частоте модуляции. Детальный анализ частотной модуляции сложен. Рассмотрим на

примерах основные черты этого метода. Будем предполагать наличие одиночной частоты модуляции ω_m ($e_m = A_m \sin(\omega_m t)$).

Девияция частоты $\Delta\omega_n$ прямо пропорциональна мгновенному значению модулирующего сигнала $e_m = A_m \sin(\omega_m t)$. Таким образом, $\Delta\omega_n$ можно выразить через e_m :

$$\Delta\omega_n = k_f A_m \sin(\omega_m t) \quad (24)$$

где k_f - коэффициент пропорциональности, аналогичный по своему характеру чувствительности; он дает девияцию частоты на 1 В ($\Delta\omega/V$). Следовательно, при $\omega_m t = 90^\circ$ ($\sin(\omega_m t) = 1$) $\Delta\omega_n = k_f A_m$ - максимальная девияция частоты синусоидального модулирующего сигнала. Например, если $\sin(\omega_m t) = 0,5$, $k_f = 2\pi \cdot 1000$ (рад/с)/В = 1000 Гц/В и $A_m = 10$ В, то мы получаем $\Delta\omega_n = 2\pi \cdot 1000 \cdot 10 \cdot 0,5 = 2\pi \cdot 5000$ рад/с, т.е. девияцию частоты несущей 5 кГц. Максимальное значение Δf_n при этих условиях ($\sin(\omega_m t) = 1$) будет составлять 10 кГц. Отметим, что так как $\sin(\omega_m t)$ может быть равным +1 или -1, то $\Delta f_{\text{н макс}} = \pm 10$ кГц. Если задано значение f_m , то можно вычислить индекс модуляции δ . Для $f_m = 2000$ $\delta = 10000/2000$ ($\Delta f_n/f_m$), таким образом, $\delta = 5$. Индекс модуляции должен быть всегда возможно большим, чтобы получить свободное от шумов верное воспроизведение модулирующего сигнала. Девияция частоты Δf_n в ЧМ-радиовещании ограничена величиной до +75 кГц. Это приводит к значению $\delta = 75/15 = 5$ для звукового модулирующего сигнала с максимальной частотой 15 кГц.

Исследуя изменения частоты несущей с ЧМ, можно прийти к однозначному выводу о том, что ширина полосы, необходимой для ЧМ-передачи, составляет $\pm\Delta\omega_n$, или $2\Delta\omega_n$, так как несущая меняется по частоте в пределах $\pm\Delta\omega_n$, т.е. $\omega_{\text{чм}} \rightarrow \omega_n \pm \Delta\omega_n$. Этот вывод, однако, полностью ошибочен. Может быть показано, что ЧМ-колебания состоят из несущей и боковых полос аналогично АМ с одним лишь существенным различием: при ЧМ существует множество боковых полос (рис. 11). Амплитуды боковых полос связаны весьма сложным образом с индексом модуляции. Отметим, что частоты боковых полос связаны лишь с частотой модулирующего сигнала ω_m , а не с девией частоты $\Delta\omega_n$. Для предыдущего примера, когда $\delta = 5$ и $\omega_m = 15$ кГц (максимум), мы получаем семь пар полос ($\omega_n \pm \omega_m$, $\omega_n \pm 2\omega_m$, $\omega_n \pm 3\omega_m$ и т.д.) с изменяющимися амплитудами, но превышающими значение $0,04A_n$. Все другие пары за пределами $\omega_n \pm 7\omega_m$ имеют амплитуды ниже уровня $0,02A_n$.

Первая пара боковых полос может быть описана как $0,33A_n [\sin(\omega_n + \omega_m)t + \sin(\omega_n - \omega_m)t]$. Она имеет амплитуду $0,33 A_n$; вторая пара - $\omega_n \pm 2\omega_m$ - имеет амплитуду $0,047A_n$. Отметим, что амплитуды различных боковых полос не являются монотонно убывающими по мере того, как их частоты все более и более удаляются от ω_n . Фактически в приведенном примере с $\delta = 5$ наибольшей по амплитуде ($0,4 A_n$) является четвертая пара боковых полос. Амплитуды различных боковых полос получены из специальных таблиц, описывающих эти полосы для различных значений δ . Очевидно, что ширина полосы, необходимая для передачи семи пар боковых полос, составляет $\pm 7 \cdot 15$ кГц, или

$14 \cdot 15 \text{ кГц} = 210 \text{ кГц}$ (для $f_m = 15 \text{ кГц}$). На этом же основании ширина полосы, необходимая для $\delta = 10$ ($\Delta\omega_n/\omega_m = 10$), равна $26f_m$; 13 боковых полос в этом случае составят $26 \cdot 15 = 390 \text{ кГц}$. Таким образом, частотная модуляция требует значительной ширины полосы частот и, как следствие, используется только при несущих с частотами 100 МГц и выше.

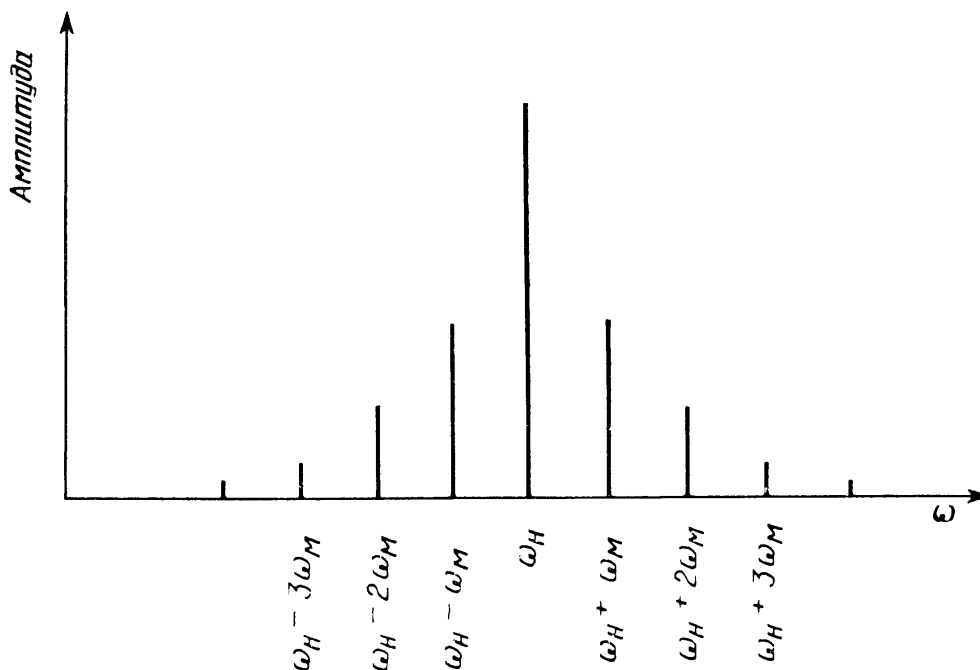


Рис. 11. Боковые полосы ЧМ: ω_n -несущая частота; ω_m -частота модуляции.

Частотно-модулированная связь гораздо менее чувствительна к помехам. Шумы, попадающие в ЧМ-сигнал, будь то атмосферные возмущения (статические), тепловые шумы в лампах и сопротивлениях или любые другие шумы, имеют меньшую возможность влиять на прием, чем в случае АМ. Основной причиной этого является тот факт, что большинство шумов амплитудно модулируют несущую. Делая приемник нечувствительным к изменениям амплитуды, практически устраняем эту нежелательную модуляцию. Восстановление информационного сигнала из ЧМ-волны связано лишь с частотным детектированием, при котором выходной сигнал зависит лишь от изменений частоты ЧМ-сигнала, а не от его амплитуды. Большинство приемников содержит усилитель-ограничитель, который поддерживает постоянную амплитуду ЧМ-колебаний, устраняя тем самым любой АМ-сигнал.

Существуют различные методы ЧМ-детектирования и селекции. В основе большинства методов лежит использование наклона частотной характеристики резонансного контура (рис. 12). Амплитуда отклика изменяется с частотой. Для $\omega_n + \Delta\omega_n$ получаем амплитуду A_1 , для $\omega_n - \Delta\omega_n$ - амплитуду A_2 , а для частот между $\omega_n + \Delta\omega_n$ и $\omega_n - \Delta\omega_n$ имеем все промежуточные амплитуды между A_1 и A_2 . Выходной сигнал соответствует девиации частоты входного сигнала (хотя и не совсем линейно в простом резонансном контуре) и тем самым воспроизводит первоначальный модулирующий сигнал.

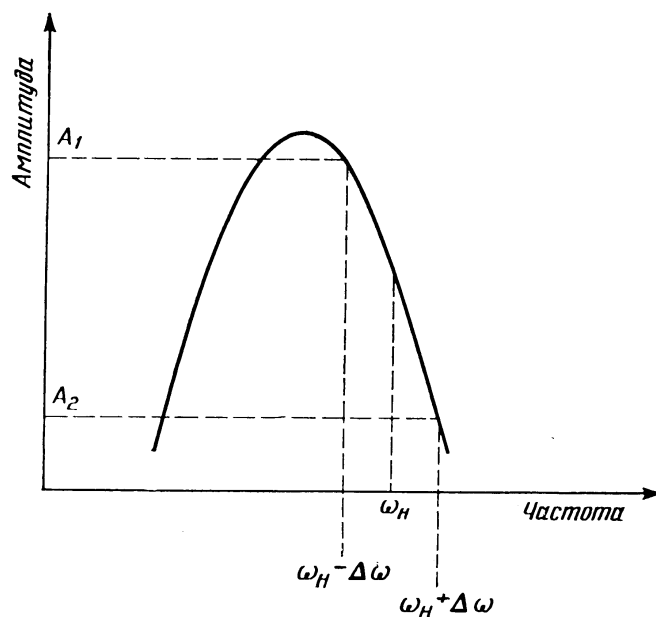


Рис. 12. Принцип использования резонансного контура в качестве частотного детектора.

Цепь фазовой автоподстройки (ФАП) – одно из наиболее распространенных средств ЧМ-детектирования, особенно применительно к импульсным модулирующим сигналам. Некоторые схемы ФАП снабжены логическими выходными схемами, согласованными с соответствующими входными сигналами импульсной формы.

Как отмечалось ранее, ЧМ – лишь один тип угловой модуляции. Другим является фазовая модуляция, очень похожая на ЧМ. При фазовой модуляции мгновенная фаза несущей изменяется пропорционально мгновенной амплитуде модулирующего сигнала. Это приводит к изменению несущей частоты ω_n , как видно из уравнения:

$$\omega_{\text{фаз}} = \omega_n + k_{\text{ф}} \omega_m A_m \sin(\omega_m t) \quad (25)$$

где $k_{\text{ф}}$, – коэффициент пропорциональности, измеряемый в единицах рад/В. Фазовая и частотная модуляция часто используются в одной системе модуляции, так как прием и детектирование обеих идентичны.

Функциональные схемы передатчика и приемника с ЧМ почти те же, что и для АМ. Ширина полосы частот ЧМ существенно шире, а несущая частота значительно выше (100 МГц и более). Более широкая полоса частот приводит к более верному воспроизведению входных звуковых сигналов, так что звуки с частотами выше 5 кГц должны передаваться системами ЧМ. В приемниках с частотной модуляцией иногда используется двойное гетеродинирование с двумя промежуточными частотами – 5 МГц и 455 кГц.

Импульсная модуляция (ИМ)

Импульсная модуляция (ИМ) не является в действительности каким-то особым типом модуляции. Этот термин характеризует, скорее, вид модулирующего сигнала. Далее различают импульсную амплитудную и импульсную частотную модуляции. Здесь учитывают то, каким образом информация представлена — с помощью импульса или ряда импульсов. Можно рассматривать в

качестве модулируемой величины амплитуду импульса, его ширину, или положение в последовательности импульсов и т.д. Следовательно, существует большое разнообразие методов импульсной модуляции. Все они используют в качестве формы передачи АМ или ЧМ.

Импульсная модуляция может быть использована для передачи как цифровых, так и аналоговых форм сигнала. Когда речь идет о цифровых сигналах, мы имеем дело с логическими уровнями – высоким и низким – и можем модулировать несущую (с помощью АМ или ЧМ) рядом импульсов, который представляет цифровое значение. Например, если для числа 37 передается код ДКД (двоично-кодированное десятичное число) 00110111, то для модуляции несущей просто должна использоваться указанная последовательность нулей и единиц. Каждый нуль может быть представлен уровнем 0В, а каждая единица – уровнем, например, 5В. Образованная в результате последовательность импульсов показана на рис. 13 вместе с совпадающим рядом синхронизирующих импульсов, необходимых для идентификации положения единиц и нулей. В указанной последовательности важен порядок импульсов. Сначала передается МЗДР (младший значащий десятичный разряд) 7, а затем СЗДР (старший значащий десятичный разряд) 3. В каждом десятичном разряде на первом месте старший двоичный разряд (бит).

Отметим, что, если даже все импульсы имеют полную амплитуду 5 В, обычно допускается изменение цифровых уровней в широком диапазоне напряжений, что не приводит к нарушению нормальной работы системы. Например, логический уровень "1" может изменяться в пределах от 2,4 до 5,5 В.

При использовании импульсных методов для передачи аналоговых сигналов необходимо сначала преобразовать аналоговые данные в импульсную форму. Это преобразование также относится к модуляции, так как аналоговые данные используются для модулирования (изменения) последовательности импульсов или импульсной поднесущей. На рис. 14 показана модуляция синусоидальным сигналом амплитуд последовательности импульсов.

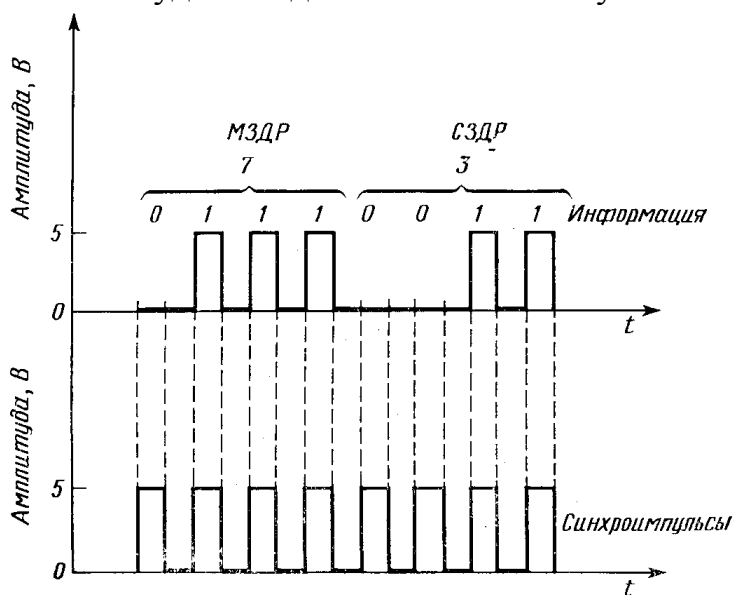


Рис. 13. Последовательность импульсов, отображающих число 37 в двоично-десятичном коде (младший значащий разряд первый)

Амплитуда каждого импульса в модулированной последовательности зависит от мгновенного значения аналогового сигнала. Синусоидальный сигнал может быть восстановлен из последовательности модулированных импульсов путем простой фильтрации. На рис. 14 графически показан процесс восстановления первоначального сигнала путем соединения вершин импульсов прямыми линиями. Однако восстановленная на рис. 14 форма колебаний не является хорошим воспроизведением первоначального сигнала из-за того, что число импульсов на период аналогового сигнала невелико. При использовании большего числа импульсов, т.е. при большей частоте следования импульсов по сравнению с частотой модулирующего сигнала, может быть достигнуто более лучшее воспроизведение (рис. 14).

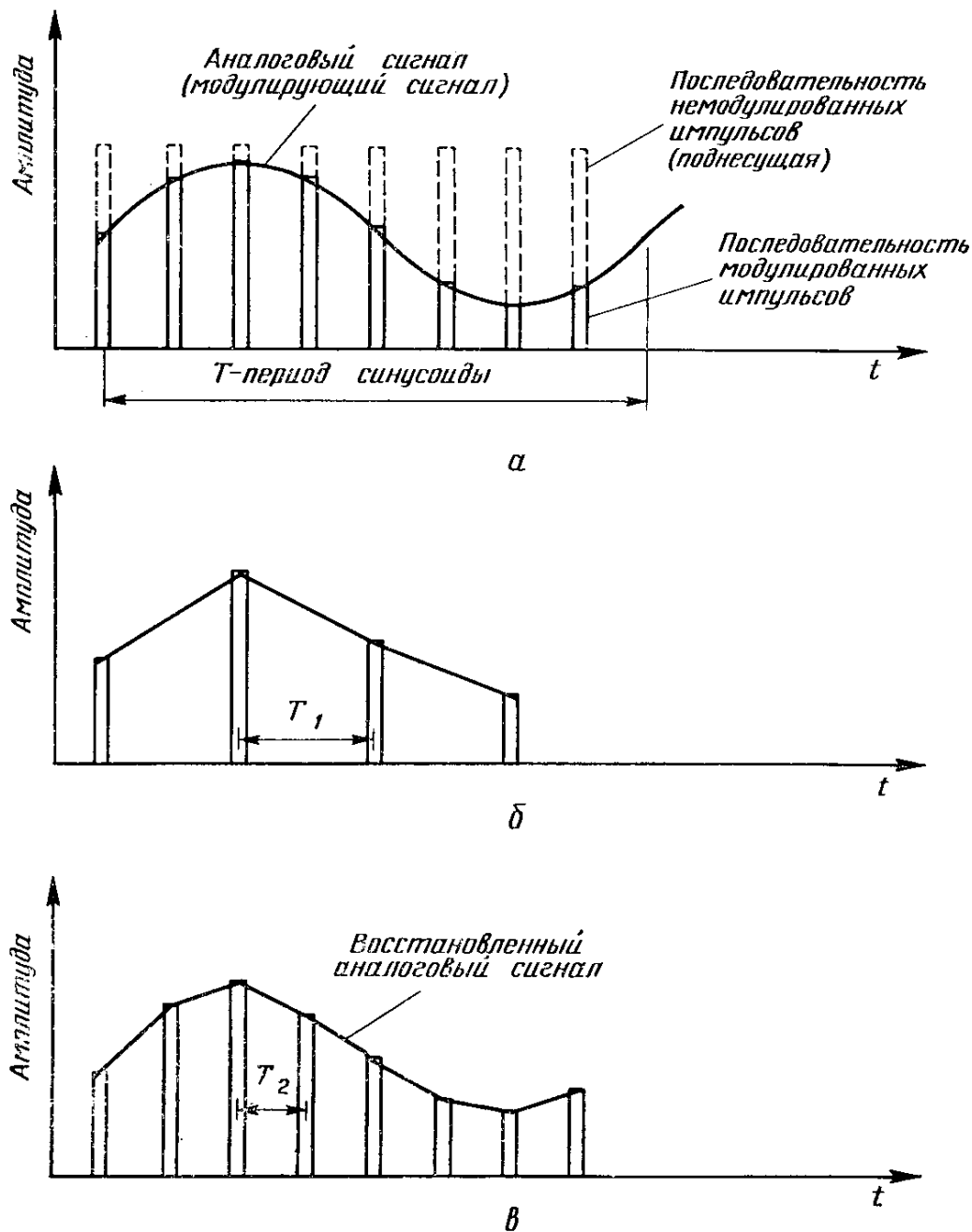


Рис. 14. Форма сигналов амплитудно-импульсной модуляции: *а* – форма модулированного сигнала; *б* – воспроизведенная форма сигнала при низкой частоте следования импульсов, T_1 – период последовательности импульсов; *в* – воспроизведенная форма сигнала при высокой частоте следования импульсов, T_2 – период последовательности импульсов.

Этот процесс амплитудно-импульсной модуляции (АИМ), относящийся к модуляции поднесущей последовательности импульсов, может быть выполнен путем выборки аналогового сигнала через постоянные интервалы времени импульсами выборки с фиксированной длительностью. Импульсы выборки – это импульсы, амплитуды которых равны величине первоначального аналогового сигнала в момент выборки. Частота выборки (число импульсов в секунду) должна быть, по крайней мере, в два раза большей, чем самая высокая частота аналогового сигнала. Для лучшей воспроизводимости частота выборки обычно устанавливается в 5 раз больше самой высокой частоты модуляции.

АИМ является только одним типом импульсной модуляции. Кроме него существуют:

ШИМ – широтно-импульсная модуляция (модуляция импульсов по длительности);

ЧИМ – частотно-импульсная модуляция;

КИМ – кодово-импульсная модуляция.

Широтно-импульсная модуляция преобразует уровни выборок напряжений в серии импульсов, длительность которых прямо пропорциональна амплитуде напряжений выборок (рис. 15). Отметим, что амплитуда этих импульсов постоянна; в соответствии с модулирующим сигналом изменяется лишь длительность импульсов. Интервал выборки – интервал между импульсами – также фиксирован.

Частотно-импульсная модуляция преобразует уровни выборок напряжений в последовательность импульсов, мгновенная частота которых, или частота повторения, непосредственно связана с величиной напряжений выборок. И здесь амплитуда всех импульсов одинакова, изменяется только их частота. По существу, все аналогично обычной частотной модуляции, лишь несущая имеет несинусоидальную форму, как в случае обычной ЧМ. Она состоит из последовательности импульсов.

Кодово-импульсная модуляция преобразует выборки напряжения в кодированное сообщение. К примеру, дискретный уровень, равный 5,5 В, может быть представлен двоичным числом $101.101=5,5$ с помощью аналого-цифрового преобразователя. Кодовое сообщение 101.101 представляет собой некоторую выборку напряжения V_s . Подобным кодированием (в данном случае двоичным кодом) преобразуют каждую выборку. Последовательность таких кодовых сообщений представляет собой серию чисел, описывающих последовательные выборки. Код может быть любым: двоичным с шестью разрядами, как представленный выше, или двоичным кодом с N разрядами, или двоично-кодированным десятичным и т.д. (рис. 13).

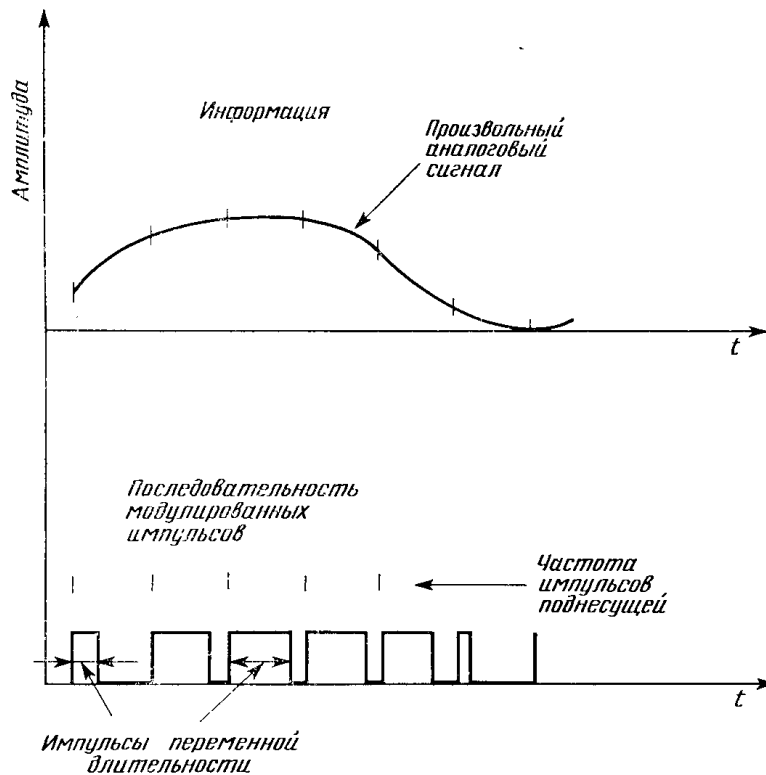


Рис. 15. Широтно-импульсная модуляция

Приведенные выше модуляционные схемы – лишь некоторые представители большого числа используемых методов. Подчеркнем, что рассмотренная здесь ИМ-модуляция относится к модуляции поднесущей, т.е. модуляции последовательности импульсов, которые затем используются в системах АМ или ЧМ. Речь идет о двух следующих друг за другом модуляциях. Во-первых, информация модулирует последовательность импульсов. Здесь может быть использована АИМ, ШИМ, ЧИМ, КИМ или любой другой вид модуляции. Во-вторых, содержащая информацию поднесущая модулирует синусоидальную несущую.

Частотно-импульсная модуляция синусоидальной несущей приводит к $\Delta\omega_n$ - девиации частоты несущей скачкообразным отклонением от несущей. Например, частотная модуляция логических уровней "0" и "1" (0В и 5В) дает две частоты – ω_n (для логического уровня "0") и $\omega_n + \Delta\omega_n$ (для уровня "1"). По существу, мы просто сдвигаем частоту несущей от ω к $\omega_n + \Delta\omega_n$ для изображения логического уровня "1". Этот тип частотной модуляции называется также и частотной манипуляцией и обычно используется в передаче сигналов с помощью телеграфа и других цифровых устройств связи. Для восстановления логических уровней из частотно-манипулированной несущей может быть использована цепь фазовой автоподстройки (ФАП).

5. ВРЕМЕННОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ КАНАЛОВ (ВРЕМЕННОЕ УПЛОТНЕНИЕ ЛИНИИ СВЯЗИ)

Метод временного уплотнения используется в многоканальных линиях связи с временным разделением каналов. По таким линиям связи передаются импульсные сигналы, в то время как непрерывные сигналы типичны для линий связи с частотным разделением. При медленно изменяющихся телеметрических данных сигнал будет узкополосным (например, данные о температуре можно передавать с малой скоростью; скажем, один раз в 10 с), и крайне неэкономно занимать таким сигналом всю линию радиосвязи. Для увеличения эффективности передачи эту же линию связи можно использовать для передачи других измерений в паузах между передачей значений температуры. Ясно, что эффективное использование линии связи может быть достигнуто за счет временного разделения канала связи между несколькими измеряемыми параметрами, каждый из которых передается с частотой, соответствующей скорости его изменения. При таком временном разделении каждой измеряемой величине отводится свой повторяющийся временной интервал. В нашем примере в течение 10 с должно быть передано некоторое число разнообразных групп данных. Значения различных измеряемых величин передаются одна за другой через одну и ту же линию связи, каждая величина в свои промежутки времени. Приемное устройство должно быть в состоянии разделить поток значений по каналам так, чтобы в каждом из каналов образовались последовательности значений, соответствующие первичной измеряемой величине. Для этого необходимо обеспечить временную синхронизацию или метить каждый временной промежуток для того, чтобы на приемном конце можно было распознать каждый источник данных. На рис. 16 показаны временное уплотнение каналов и функциональная схема типичной телеметрической системы с разделением каналов по времени.

Общим методом опознавания каждого временного промежутка является отсчет его положения по отношению к синхронизирующим импульсам, которые имеются в начале цикла передаваемых значений данных, – "тактовые импульсы". На рис. 17,а показаны более подробные функциональные схемы коммутатора и декоммутатора.

Коммутатор собирает множество входных каналов от источников сигналов в одну линию передачи. Счетчик задает каждый временной промежуток и, следовательно, место в цикле для каждого источника данных. Например, пятый канал данных в приведенной схеме подключен к линии радиосвязи в то время, когда счетчик находится в положении 5, или при счете 5. На рис. 17,б показана упрощенная схема коммутации и декоммутации. Когда переключатель коммутатора находится в положении 1, в том же положении находится и переключатель декоммутатора, роль которого играет коммутатор, работающий в обратном направлении. Следовательно, данные первого канала передаются и принимаются. Оба переключателя работают синхронно.

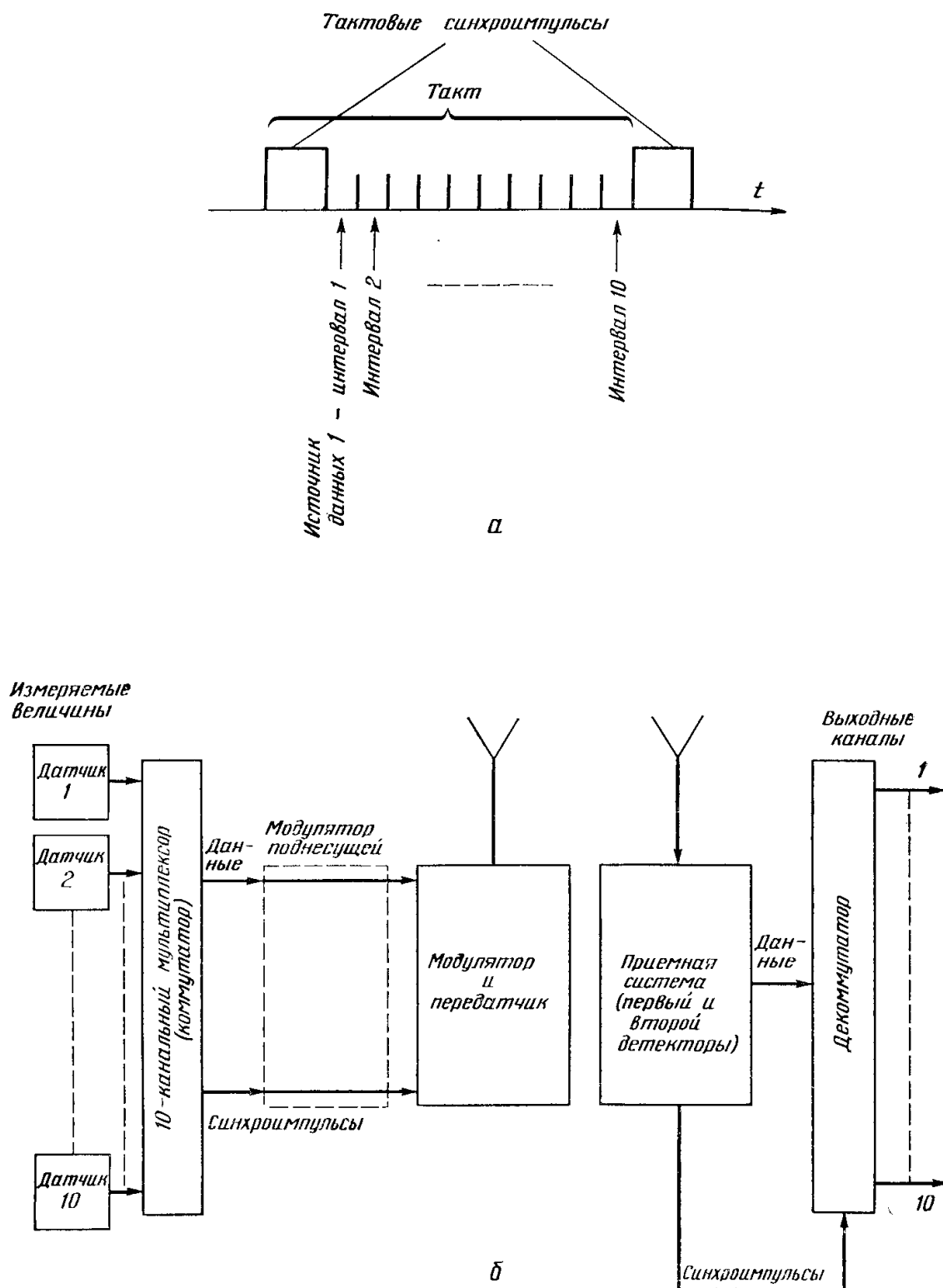


Рис. 16. Временное уплотнение линии с временным разделением каналов. а - распределение временных интервалов (10 каналов); б - упрощенная функциональная схема системы.

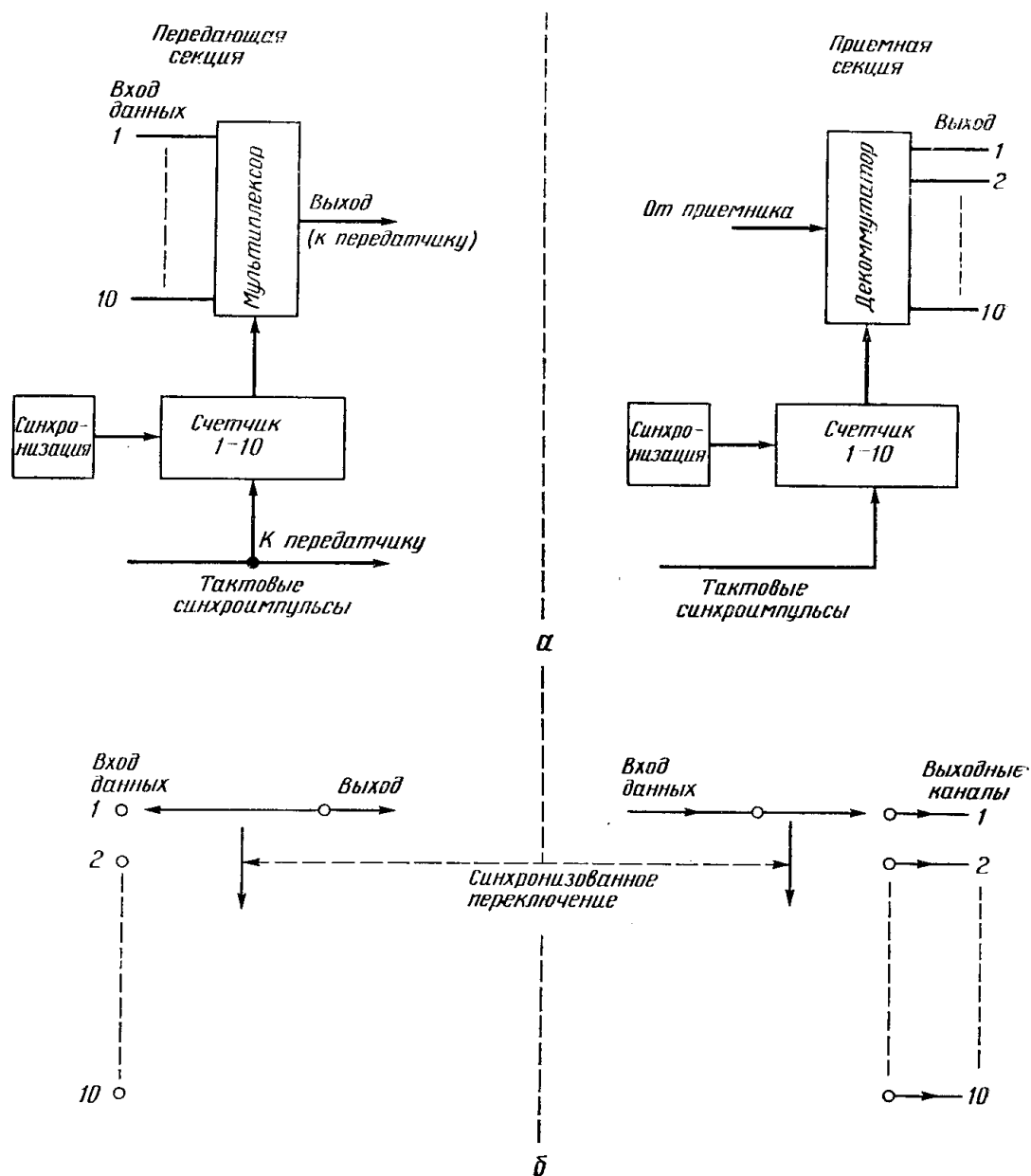


Рис. 17. Коммутатор - декоммутатор.
а - функциональная схема; б - схема взаимодействия.

Синхронизирующий сигнал в приемном устройстве может быть извлечен из передаваемых по линии связи синхроимпульсов или образован местным генератором.

Тактовый синхроимпульс обеспечивает точную синхронизацию начала цикла, гарантирующего согласованные переключения коммутатора и декоммутатора. Отметим, что в коммутаторе и декоммутаторе используется одинаковая аппаратура; различие заключается лишь в направлении движения данных.

Так как коммутация и декоммутация управляются фиксированной частотной синхронизацией, частота переключений также стабильна и длительность каждого временного промежутка одинакова. Однако это может быть невыгодным в случаях, когда для различных источников данных требуются существенно разные полосы частот. Для того чтобы понять связь между полосой ча-

стот и частотой переключений, необходимо рассмотреть процесс выборки данных.

Как отмечалось ранее, синусоида может быть восстановлена из последовательности выборок ее мгновенных значений. Для воспроизведения синусоиды частоты 1 кГц с высокой верностью (искажения менее 1%) требуется по меньшей мере 5 выборок из каждого периода сигнала. Следовательно, сигнал с частотой 1 кГц должен быть подвергнут дискретизации со скоростью 5000 значений в секунду, т.е. 5 выборок на период измеряемой величины. Если мы предполагаем коммутировать сигналы от 10 источников данных (имеющих полосы частот по 1 кГц), для каждого из которых требуется скорость дискретизации 5000 выборок в секунду, то необходима скорость коммутации $10 \cdot 5000$ выборка/с = 50000 выборка/с. Коммутатор должен переключаться от источника к источнику с частотой 50 кГц (через 20 мс), так что каждый источник сигналов будет опрошен один раз за каждые 10 переключений, т. е. один раз каждые 20 мс, но с частотой 5 кГц. Частота тактов, т. е. число тактов в секунду, будет равна 5000 такт/с. Частота переключений равна тактовой частоте, умноженной на число источников данных в системе, или тактовой частоте, умноженной на число импульсов в такте ($5000 \cdot 10 = 50000$ имп./с). Линия связи должна быть в состоянии передавать импульсные данные с такой высокой частотой (50000 имп./с) без ощутимых искажений. Это означает, что необходима система связи с шириной полосы пропускания гораздо больше 50000 Гц.

Выборки данных от различных источников в системе, показанной на рис. 16,б, непосредственно модулируют несущую. Наряду с такой непосредственной модуляцией часто бывает, что выборки данных используются для модуляции поднесущей, которая в свою очередь модулирует несущую, как это показано штриховыми линиями на рис. 16,б. Выборки данных от группы источников передаются, таким образом, на одной из поднесущих в системе с частотным уплотнением каналов. Это позволяет применять оба метода уплотнения каналов в одной линии связи. Сами по себе выборки данных это не что иное, как импульсные значения сигнала при амплитудно-импульсной модуляции (АИМ), т.е. информация является амплитудно-импульсно-модулированной. Так как такие АИМ-сигналы модулируют поднесущую (например, путем ЧМ), которая затем модулирует несущую (к примеру, также путем ЧМ), то в результате получается АИМ/ЧМ/ЧМ-система.

Теперь рассмотрим пример, демонстрирующий влияние дискретизации сигнала на ширину полосы частот системы связи.

Рассмотрим несущую с частотой 100 МГц, которая модулируется (ЧМ) поднесущей с центральной частотой 70 кГц. Информация переносится с помощью частотной модуляции поднесущей 70 кГц. Таким образом, имеем ЧМ/ЧМ-канал связи. Чтобы соответствовать стандартам, необходимо ограничить девиацию частоты поднесущей до $\pm 15\%$. Это означает, что при индексе модуляции 5 ширина полосы информации ограничена до 2100 Гц, т. е. получается гораздо уже полосы 50000 Гц, необходимой для предложенной системы с уплотнением каналов. Если число выборок в такте было бы сокращено до одной, что означает оставление одного из источников данных, то потребовалась бы частота пере-

ключений 5 кГц, т. е. по-прежнему шире полосы 2100 Гц, которой располагает поднесущая 70 кГц. Отметим, что в случае одного источника данных не требуется никакого уплотнения каналов и, следовательно, возможна прямая непрерывная передача (без выборки). В этом случае ширина полосы 2100 Гц в два раза больше полосы, необходимой для сигнала от одного источника (1 кГц в предыдущем примере). Такое ухудшение эффективности использования полосы частот (при дискретизации требуется полоса 5 кГц, без дискретизации – только 1 кГц) обусловлено свойствами самой дискретизации сигнала. При формировании пяти выборок мгновенных значений сигнала на каждый период непрерывного сигнала мы расширяем полосу частот сигнала более чем в пять раз, а, следовательно, и требуемую полосу канала. Хотя при использовании одной поднесущей для передачи сигналов от большого числа источников полоса частот используется неэффективно, но это имеет и свои достоинства, проявляющиеся при узкополосных сигналах от источников. Поэтому временное разделение, требующее дискретизации сигнала, в основном используется в приложениях с низкими требованиями к полосе частот. Однако широкополосные сигналы тоже могут быть переданы с использованием длительных выборок. Длительность каждой выборки в таком методе гораздо больше, чем период информации, и составляет 5 и более ее периодов. Это просто означает, что выборка содержит не одно мгновенное значение, а конечный отрезок значений сигнала, передаваемый в данный тактовый интервал времени. При таком методе необходимо быть уверенным в отсутствии потерь данных за время перерыва передачи информации от определенного источника.

Выше предполагалось, что способом передачи является ЧМ/ЧМ. Следовательно, в каждый отдельный интервал времени изменяющаяся частота поднесущей представляет собой значение измеряемой величины, подвергнувшейся выборке в это время. В течение этого интервала времени отклонение частоты от центра поднесущей соответствует напряжению выборки, которое модулирует частоту поднесущей. Ширина этих временных интервалов фиксирована, а такт их последовательности задается синхроимпульсом. Синхроимпульс вызывает максимальное отклонение частоты и имеет длительность, равную удвоенному обычному временному промежутку. Уширение необходимо для выделения импульса синхронизации из импульсов выборок сигналов.

Установление стандартов и контроль характеристик линий передачи осуществляются различными государственными или международными органами (в зависимости от характера линий: спутниковая телеметрия – международными соглашениями, промышленная телеметрия – органами государственного контроля и т.д.). Например, тактовая частота должна поддерживаться постоянной с точностью $\pm 5\%$ (долговременная стабильность); длина такта ограничена не более 128 временными интервалами и т.д. (IRIG, "Стандарты телеметрии"). Отметим еще, что при высоких частотах поднесущих полоса часто оказывается шире; значит, частота переключений может быть выше.

Для повышения эффективности иногда полезно иметь неодинаковую частоту выборки для разных источников.

Источник широкополосной информации должен опрашиваться чаще, чем

узкополосный. Это легко достигается простыми изменениями во внутренних соединениях коммутатора и декоммутатора. Например, если мы соединим положения 1 и 5 в десятиточечном коммутаторе (уплотнителе каналов), то источник данных, соединенный с положениями 1 и 5, будет опрошен дважды за один такт, т.е. с удвоенной частотой. Возможно также произвести подкоммутацию, т.е. выделить один или более временных интервалов, длительность которых разбивается на части для передачи данных от дополнительного ряда источников. Длительность интервала основного такта становится при этом подтактом для подкоммутатора.

Эти методы позволяют легко приспособить систему к широкому диапазону требований к полосе частот.

6. СИСТЕМЫ СВЯЗИ

Наиболее общими системами связи являются радиовещание и телевидение. Федеральной комиссией по связи (ФКС) для радиовещания отведены две области частот. Коммерческое радиовещание использует для АМ-передач частоты 535–1605 кГц с полосой 10 кГц на один канал. Для частотной модуляции используется диапазон 88–108 МГц с шириной полосы канала 200 кГц: всего 100 каналов, начиная с номера 201 (88,1 МГц) по номер 300 (107,9 МГц). Коммерческое ЧМ-радиовещание в противоположность другим ЧМ-передачам ограничено каналами 221–300. Коммерческое телевидение располагает 82 каналами (от номера 1 до 83) в диапазоне частот 44–890 МГц. Распределение ТВ-каналов приводится в табл. 2.

Таблица 2. Распределение ТВ-каналов

Канал	Полоса частот, МГц	Канал	Полоса частот, МГц	Канал	Полоса частот, МГц	Канал	Полоса частот, МГц
1	44-50	22	518-524	43	644-650	64	770-776
2	54-60	23	524-530	44	650-656	65	776-782
3	60-66	24	530-536	45	656-662	66	782-788
4	66-72	25	536-542	46	662-668	67	788-794
5	76-82	26	542-548	47	668-674	68	794-800
6	82-88	27	548-554	48	674-680	69	800-806
7	174-180	28	554-560	49	680-686	70	806-812
8	180-186	29	560-566	50	686-692	71	812-818
9	186-192	30	566-572	51	692-698	72	818-824
10	192-198	31	572-578	52	698-704	73	824-830
11	198-204	32	578-584	53	704-710	74	830-836
12	204-210	33	584-590	54	710-716	75	836-842
13	210-216	34	590-596	55	716-722	76	842-848
14	470-476	35	596-602	56	722-728	77	848-854
15	476-482	36	602-608	57	728-734	78	854-860

16	482-488	37	608-614	58	734-740	79	860-866
17	488-494	38	614-620	59	740-746	80	866-872
18	494-500	39	620-626	60	746-752	81	872-878
19	500-506	40	626-632	61	752-758	82	878-884
20	506-512	41	632-638	62	758-764	83	884-890
21	512-518	42	638-644	63	764-770		

Ширина полосы телевизионного канала составляет 6 МГц. Максимальная девиация частоты для коммерческого ЧМ-вещания равна ± 75 кГц. Это означает, что индекс модуляции для модулированного сигнала на частоте 15 кГц равен 5 (15 кГц – верхняя граница звуковых частот). Индекс модуляции 5 дает 7 пар боковых полос значительной амплитуды или общую полосу $7 \cdot 2 \cdot 15 = 210$ кГц. Таким образом, предназначенная для одного канала полоса 200 кГц почти достаточна для полной передачи звукового сигнала 15 кГц. Полоса 10 кГц АМ-передач (фактическая полоса по уровню -3 дБ составляет около 9 кГц) допускает максимум звуковой частоты 5 кГц. Как видно, ЧМ-передача обеспечивает гораздо более широкую полосу и, следовательно, более полное воспроизведение звукового диапазона в целом (20 Гц–15 кГц). Для сравнения будет показано ниже, что звуковое ТВ-сопровождение обеспечивается максимальной девиацией ± 25 кГц, что приводит к коэффициенту модуляции $25/15 = 1,67$ (для звуковой частоты 15 кГц). Это в свою очередь приводит к трем парам боковых полос со значительной амплитудой и к необходимой полосе частот $2 \cdot 3 \cdot 15 = 90$ кГц. Фактическая передаваемая полоса составляет от 50 до 80 кГц и недостаточна для полного воспроизведения звукового диапазона в целом.

АМ- и ЧМ-радиовещание следует стандартным методам. Функциональные схемы АМ- и ЧМ-систем представлены на рис. 18 и 19.

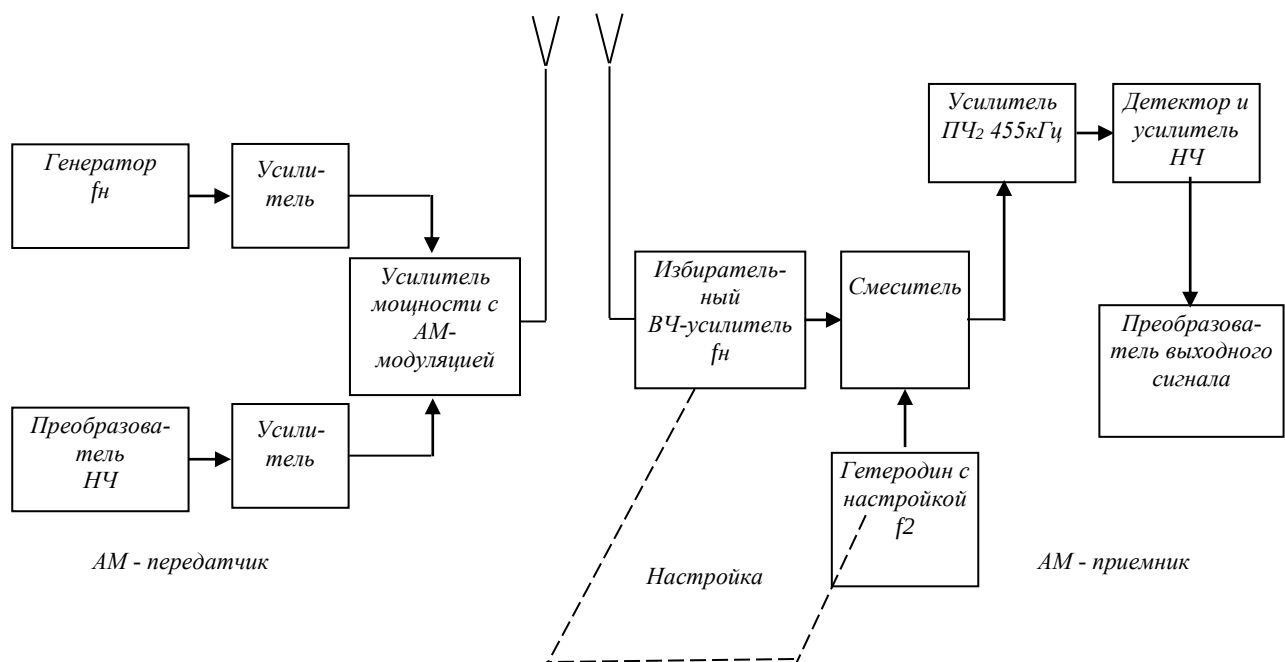


Рис. 18. Функциональная схема системы амплитудной модуляции.

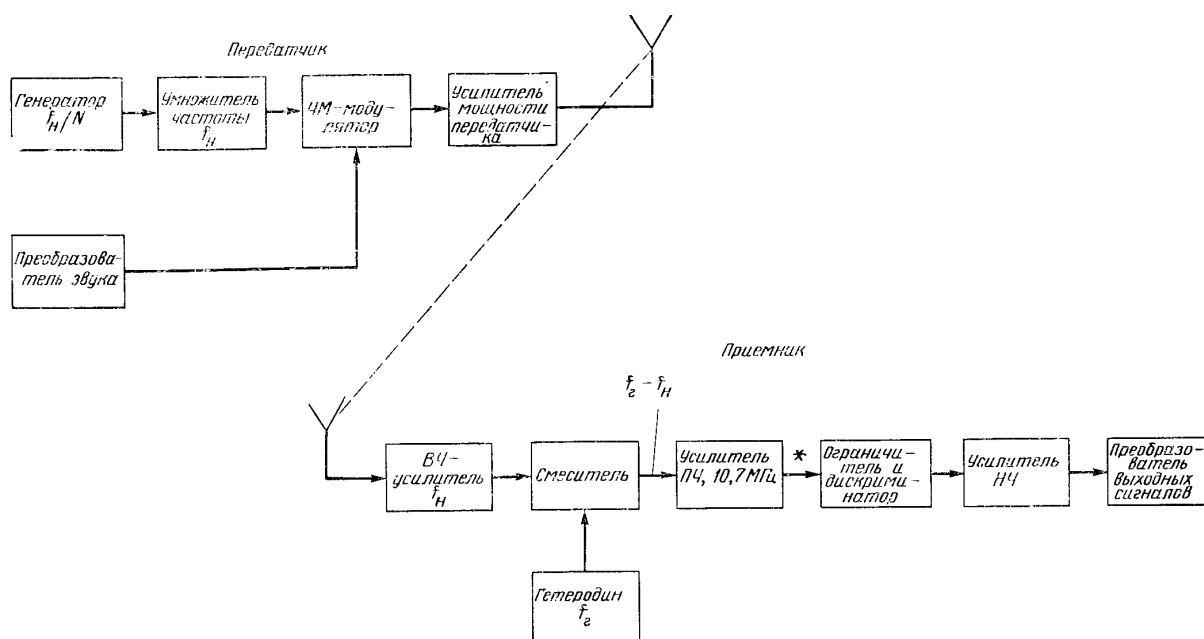


Рис. 19. Функциональная схема системы частотной модуляции.

Оба приемника для получения промежуточной частоты (ПЧ) используют методы смешения частот. Основное преимущество метода преобразования частоты в промежуточную основано на том, что промежуточная частота фиксирована и, следовательно, удобна для усиления в резонансных усилителях с фиксированной частотой настройки. Используемая в АМ-приемниках промежуточная частота 455 кГц является частотой биений (разностной частотой) между колебаниями от местного генератора-гетеродина f_g и входным сигналом f_n . Таким образом, $ПЧ = f_g - f_n$. При изменении настройки изменяются как f_g , так и f_n , но их разность остается неизменной. ЧМ-приемники имеют промежуточную частоту 10,7 МГц. АМ-детектор состоит из простого выпрямителя и высокочастотного фильтра, который воспроизводит огибающую модулированного сигнала. ЧМ-дискриминатор воспроизводит звуковой сигнал путем преобразования девиации частоты f_n в соответствующее напряжение. Для частотной дискриминации разработано большое число схем. Заслуживает внимания тот факт, что ЧМ-детектору предшествует ограничитель уровня. Амплитуда сигнала поддерживается на постоянном уровне; это уменьшает помехи, которые обычно свойственны амплитудной модуляции.

Телевизионная передача несколько более сложна, так как она использует методы и амплитудной, и частотной модуляций.

ТВ-линия связи содержит три основные группы информации. Во-первых, ТВ-камерой генерируется сигнал изображения, соответствующий форме и яркости образа. Телекамера, развертывающая изображение по горизонтали и вертикали, управляется схемами развертки и синхронизации. Для обеспечения синхронизации развертки изображения на экране кинескопа приемника с разверткой камеры на приемник передаются синхроимпульсы. Строка за строкой на экране формируется изображение в строгом соответствии с строчным сканированием образа передающей камерой. Наконец, для воспроизведения звукового сопровождения передаваемой сцены необходимы сигналы звуковой частоты.

ты. Видеосигнал (сигнал изображения) и синхроимпульсы модулируют по амплитуде высокочастотную несущую, в то время как сигналы звуковой частоты передаются с помощью частотной модуляции. Для передачи обоих сигналов (ЧМ и АМ) используется полоса частот 5 МГц ТВ-канала.

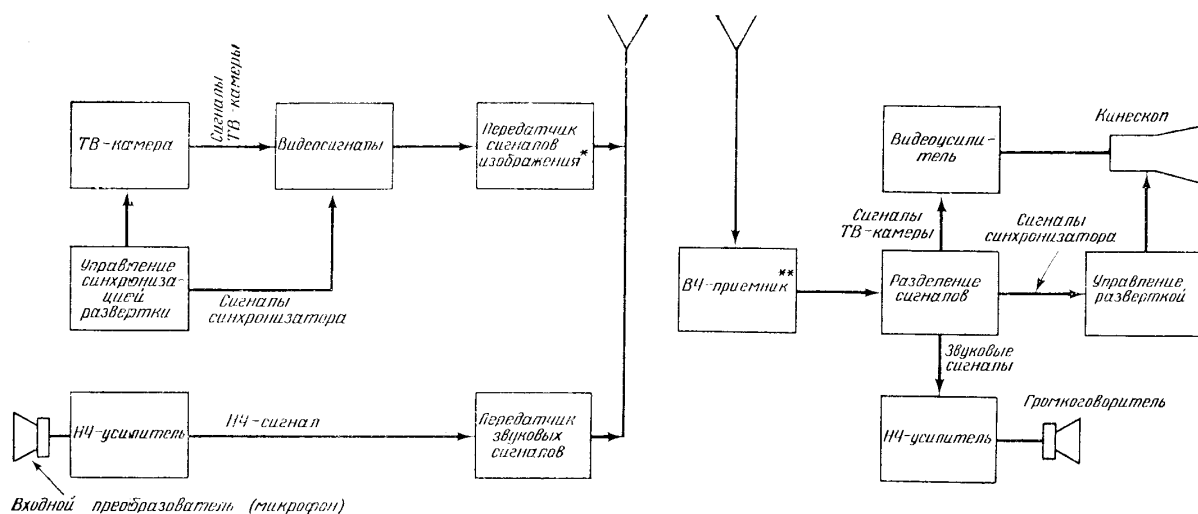


Рис. 20. Функциональная схема ТВ-линии связи.

Для того чтобы получить высококачественное изображение, необходимо разрешение телекамеры порядка 0,0025 см. Это означает, что каждый участок экрана телекамеры размером 0,0025 см образует свой локальный яркостный сигнал. Реальный образ фокусируется на экран телекамеры, покрытый большим числом миниатюрных фотоэлементов (размером 0,0025 см), которые и вырабатывают фото-Э.Д.С. в соответствии с интенсивностью падающего на них света. Эти напряжения снимаются последовательно, образуя непрерывный поток сигналов, в котором каждый уровень сигнала соответствует свету, падающему на соответствующий фотоэлемент. Совокупный сигнал является видеосигналом (сигналом изображения). Выборка производится от точки к точке слева направо. Каждая горизонтальная линия развертки (около 4000 фотоэлементов) образует строчку видеозначений, которые используются в приемном устройстве для воспроизведения яркостных изменений изображения. 525 таких линий полностью покрывают экран телекамеры и, таким образом, содержат видеосигнал, соответствующий реальному образу. Синхронизирующие импульсы поддерживают временную зависимость между разверткой телекамеры и разверткой приемной электронно-лучевой трубки (кинескопа), так что положение объектов в реальной картине сохраняется и на экране кинескопа.

Как отмечалось ранее, посредством амплитудной модуляции или, точнее, на частично подавленной боковой полосе частот передается видеосигнал, содержащий также и синхронизирующие импульсы. Как показано на рис. 21, полоса 6 МГц (по уровню – 20 дБ) телевизионного канала содержит 4,2 МГц верхней боковой полосы частот и 0,75 МГц нижней полосы.

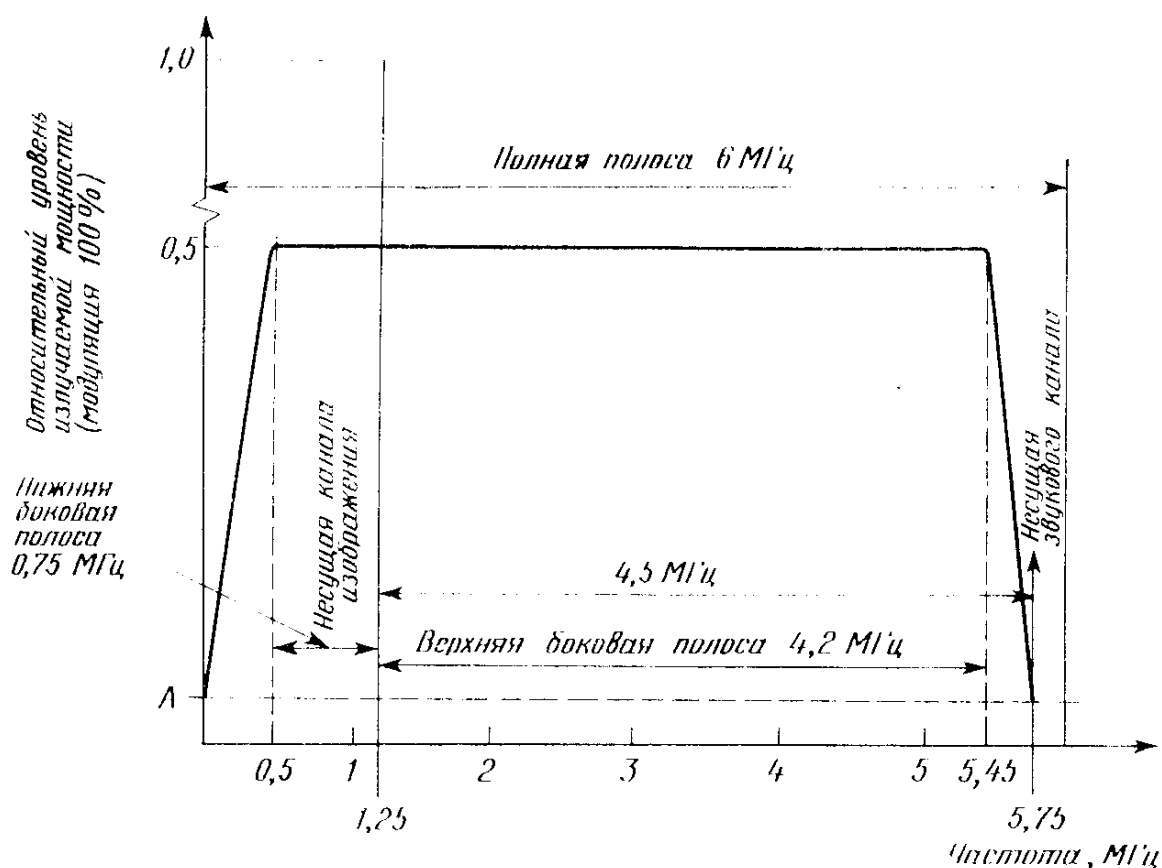


Рис. 21. Распределение частот в пределах полосы стандартного телевизионного канала.

Это означает, что основная часть сигналов изображения передается на одной боковой полосе. Низкочастотные видеосигналы (менее 0,75 МГц) передаются с двумя боковыми полосами, в то время как высшие видеочастоты передаются с одной боковой полосой (полностью передается только верхняя боковая полоса). Как показано на рисунке, ЧМ-несущая (несущая звука) расположена на 4,5 МГц выше несущей канала изображения. Телевизионный приемник разделяет эти две несущие для выработки видеосигнала в одном канале и звукового сигнала в другом. Видеосигнал в свою очередь разделяется, образуя синхронизирующие импульсы и сигналы изображения. Последние модулируют по интенсивности электронный пучок кинескопа, воспроизводя передаваемое изображение.

На рис. 22 приведена более детальная (функциональная схема ТВ-приемника. Как показано на схеме, несущая звука снимается либо с блоков НЧ-канала изображения на уровне УВЧ ($f_n = 15$ МГц), либо с видеоусилителя на частоте 4,5 МГц путем фильтрации в видеодетекторе. Затем два типа сигналов (звуковые и видео) обрабатываются отдельно для образования выходных сигналов звука и изображения.

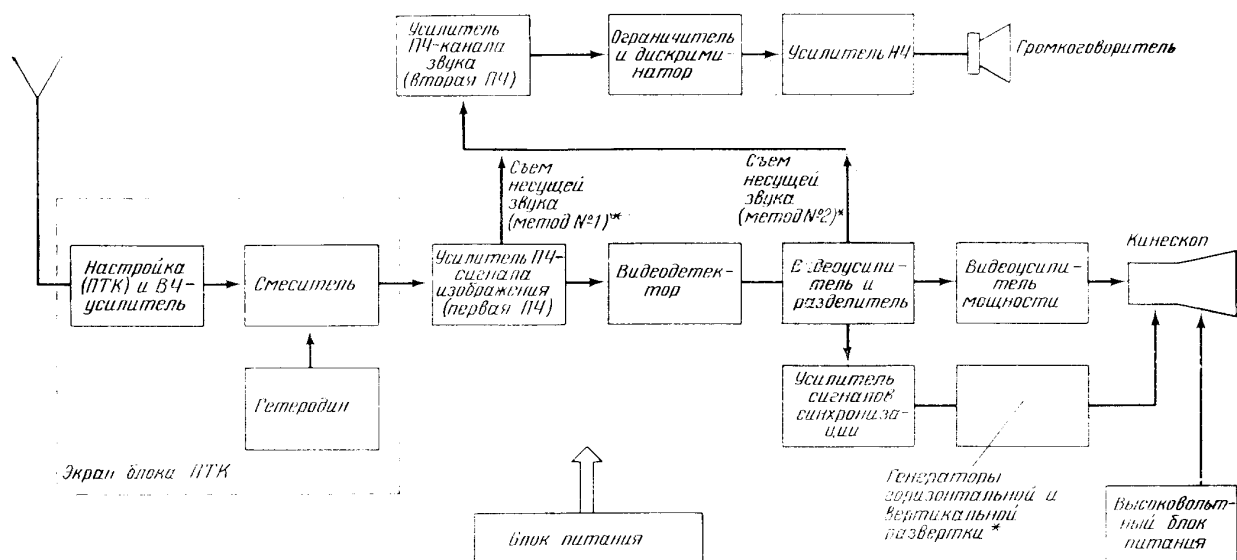


Рис. 22. Блок-схема ТВ-приемника с черно-белым изображением

7. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ СВЯЗИ В ОРГАНАХ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ

Система связи является основным средством, обеспечивающим постоянное управление между органами внутренних дел и их подразделениями.

Оптимальность управления во многом зависит от своевременности получения осведомительной информации от населения, учреждений, организаций, от соответствующих органов внутренних дел и отдельных сотрудников этих органов. Такая информация позволяет анализировать оперативную обстановку, быстро принимать необходимые меры, оперативно управлять подразделениями и службами, организовывать взаимодействие между органами внутренних дел и отдельными службами и координировать их действия.

Решение этих вопросов во многом зависит от четкой организации в органах внутренних дел прямой и обратной связи, в том числе и от того, насколько быстро доводятся до исполнителей управленческие команды и решения.

Применение средств связи способствует эффективному управлению как на стадии получения осведомительной информации, так и на стадии передачи управляющих команд.

В любое время года и суток средства связи позволяют обеспечивать и передачу информации между подразделениями и службами органов внутренних дел.

В плане решения задач, стоящих перед органами внутренних дел, средства связи позволяют (см. рис.23):

- начальнику или дежурному органа либо подразделения (учреждения) внутренних дел в минимально короткие сроки обеспечить концентрацию необходимого количества сил и средств для осуществления мероприятий по охране общественного порядка, согласовывать действия этих сил по месту и времени, гибко управлять ими;

- быстро получить осведомительную информацию о готовящихся или совершенных преступлениях, а так же организовать соответствующие мероприятия по предотвращению и раскрытию преступлений, особенно по горячим следам.

- координировать работу участников ряда следственных действий (например, при проведении обысков, следственных экспериментов, осмотров на местности и т.п.);

- оперативно управлять подразделениями ГИБДД при надзоре за движением транспорта;

- согласовывать действия администрации ИТУ и нарядов внутренних войск в целях обеспечения режима содержания осужденных.



Рис. 23 Задачи, решаемые органами внутренних дел с помощью средств радиосвязи.

В тех же целях, что и территориальные органы внутренних дел, средства связи применяют подразделения органов внутренних дел на железнодорожном, воздушном и водном транспорте.

Для управления подвижными нарядами патрульно-постовой службы, а также для осуществления связи с сотрудниками органов внутренних дел, находящимися в засаде или осуществляющими другие оперативные мероприятия, в том числе и с теми, местонахождение которых до момента установления связи неизвестно, широко используются средства радиосвязи.

При невозможности обеспечения качественной и бесперебойной связью по линиям проводной связи в органах внутренних дел используется радиорелейная связь.

Для получения визуальной осведомительной информации с мест наибольшего скопления людей, а также из различных охраняемых объектов применяются прикладные телевизионные установки.

Средства связи предназначаются для связи с подчиненными или вышестоящими органами внутренних дел (подразделениями), для установления связи с соседними и взаимодействующими органами (подразделениями), в том числе с приданными поддерживающими подразделениями.

Во всех случаях связь может быть односторонней или двусторонней.

К системе связи, используемой в органах внутренних дел, предъявляются такие требования, как (см. рис.24):

- своевременное установление связи;
- надежность и быстрота действия;
- точность воспроизведения информации в месте приема (достоверность);
- способность противостоять раскрытию содержания информации (скрытность).

Реализация этих требований, в особенности скрытности, невозможна без строгого соблюдения сотрудниками органов внутренних дел дисциплины связи.



Рис. 24. Требования, предъявляемые к системам связи

Перечисленные возможности средств связи могут быть полноценно использованы лишь при условии, если сотрудники органов внутренних дел будут хорошо знать систему их организации и порядок применения. Эти вопросы регламентируются подзаконными нормативными актами.

8. ОРГАНИЗАЦИЯ СВЯЗИ ОРГАНОВ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ

Организация радиосетей

Радиосвязь по сравнению с другими средствами связи имеет высокую мобильность. Однако это качество может быть использовано лишь при правильной организации и умелом применении соответствующих радиостанций. Для этого необходимо знать особенности распространения радиоволн и сопутствующие явления, способы и правила организации связи, а также правила установления и ведения связи.

Поскольку радиоволны ОВЧ (УКВ-диапазона) непосредственно над поверхностью земли распространяются на относительно небольшие расстояния, то радиостанции, предназначенные для работы в этом диапазоне, используются для организации радиосвязи в органах внутренних дел, расположенных в районных, областных и краевых центрах, в столицах республик-субъектов Федерации и прилегающих к ним населенных пунктах, на автотрассах, в пределах отдельных акваторий.

Для ведения связи на большом расстоянии, например в районах Крайнего Севера, областях Восточной и Западной Сибири используются радиостанции, предназначенные для работы в КВ-диапазоне.

Независимо от используемого диапазона, с учетом обстановки, наличия сил и средств, радиосвязь в органах внутренних дел организуется по радиона-

правлениям и по радиосетям, действующим постоянно или временно.

Радиосвязь, организованная по способу "радионаправление", обеспечивает связь между двумя корреспондентами (пунктами), радиостанции которых работают на радиоданных, установленных только для этого направления. Радиосвязь между тремя и большим количеством корреспондентов (но не более 50) организуется по способу "радиальная радиосеть". Все корреспонденты радиосети работают на общих для них радиоданных (Рис.25).

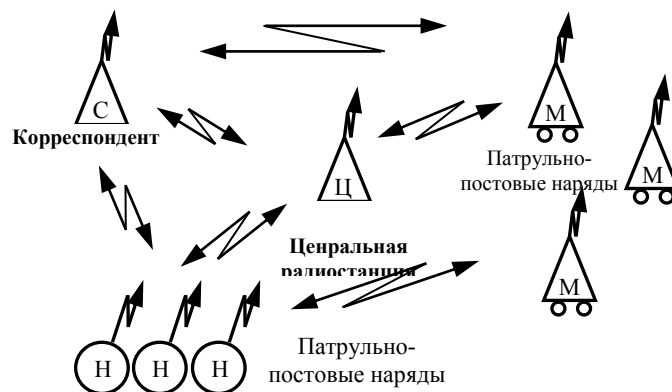


Рис. 25 Организации радиальной радиосети

Радиосвязь по радионаправлению обладает высокой пропускной способностью и устойчивостью. Однако при использовании этого способа возникает необходимость в большом количестве радиостанций и частот для их работы. Радиосвязи, осуществляемой по радиосетям, свойственна меньшая устойчивость и пропускная способность, при этом применяется меньшее количество частот и обеспечивается возможность ведения циркулярных передач на все радиостанции, входящие в радиосеть. Радиосети являются основным способом организации радиосвязи в органах внутренних дел. По своему основному назначению радиосети и радионаправления могут быть постояннодействующими или временными, а по особенностям организации функционирования – радиальными, то есть вокруг центральной станции работает несколько станций, находящихся на радиальных направлениях от нее, или цепочными (рис.26) – когда информация циркулирует между несколькими станциями, вдоль определенного направления (рис.27).

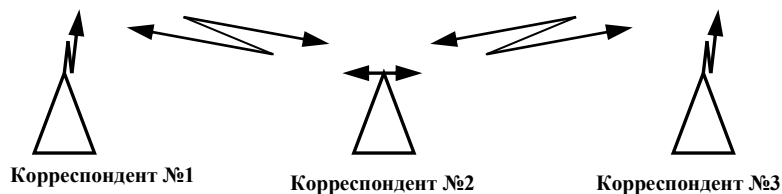


Рис. 26 Организации цепочечной радиосети

В каждой радиосети одна из радиостанций по указанию начальника органа внутренних дел назначается главной радиостанцией. В функции оператора главной радиостанции входит:

- контроль за соблюдением дисциплины связи и установленного порядка работы в радиосети (радионаправлении) и за правильным применением частот и позывных;

- регулирование порядка радиообмена;

- дача разрешений на установление связи между подчиненными радиостанциями радиосети.

Все требования оператора главной радиостанции обязательны для операторов подчиненных радиостанций и подлежат точному и немедленному выполнению.

Радиосвязь между двумя пунктами может осуществляться либо путем установления непосредственной связи, либо через промежуточные станции методом ретрансляции.

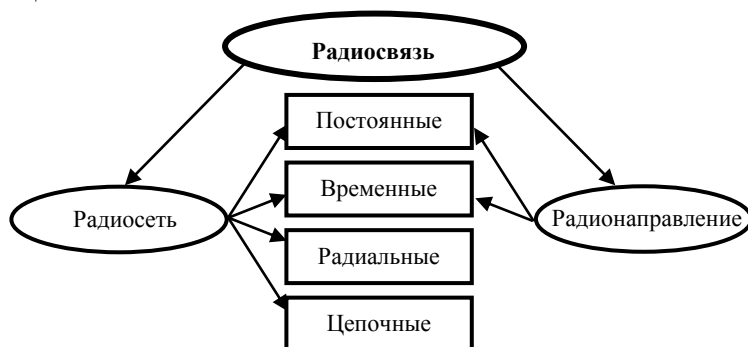


Рис. 27 Виды радиосвязи

Постоянные радиосети или радионаправления создаются для служб и подразделений, деятельность которых требует систематического поддержания связи. Однако состав таких радиосетей, границы их действия корректируются с учетом изменений в дислокации постов и маршрутов патрулей, которые могут возникнуть в связи с изменением оперативной обстановки, перемещением очагов преступности и т.д.

В крупных городах не только для каждого органа внутренних дел, но и для отдельных служб и подразделений создаются свои постоянные УКВ-радиосети. В городских и районных отделах внутренних дел, которые находятся за пределами действия радиосетей МВД, УВД, создаются специальные радиосети.

В каждую из таких сетей включаются радиостанции всех служб соответствующего отдела (за исключением оперативной службы), а также таких подразделений, как ГИБДД, вневедомственная охрана. На железнодорожных узлах, на территории аэропортов, аэровокзалов, в портах, исправительно-трудовых учреждениях создаются самостоятельные УКВ-радиосети.

При необходимости радиосвязи между отраслевыми службами, подразделениями, а также частями внутренних войск МВД могут быть созданы радиосети (радионаправления) взаимодействия. Однако при ограниченном количестве радиостанций для такой связи отдельные сети не создаются, а работа ведется путем вхождения в радиосеть взаимодействующих органов, служб, подразделений, частей. Такое взаимодействие применяют для получения обходных кана-

лов связи. Для обеспечения радиосвязи взаимодействия лица, организующие ее, должны заблаговременно произвести обмен радиостанциями и необходимой документацией.

Наставлением по организации связи органов внутренних дел предусмотрена возможность радиосвязи взаимодействия органов внутренних дел с аварийными службами и диспетчерскими пунктами городского транспорта, которая осуществляется, как правило, путем вхождения радиостанций органа внутренних дел в радиосети этих служб. Для этого МВД, УВД приобретают радиостанции с частотами, выделенными для радиосвязи аварийных служб и городского транспорта.

Следует иметь в виду еще один вариант радиосвязи взаимодействия, который используется в органах внутренних дел на железнодорожном транспорте. Эти органы осуществляют радиосвязь с подчиненными подразделениями и нарядами не только с помощью собственных радиостанций, но и путем использования средств радиосвязи, принадлежащих Министерству путей сообщения.

Временные радиосети или радионаправления создают и используют для проведения отдельных мероприятий по охране общественного порядка (на время праздничных демонстраций, физкультурных соревнований и т.п.), а также на период подготовки и проведения отдельных оперативно-розыскных мероприятий или следственных действий (в целях организации взаимодействия оперативных групп, например, при выявлении преступных связей, фактических данных о подготовке или совершении преступлений; при реализации материалов дел оперативного учета, при проведении засад, задержания подозреваемых с поличным или разыскиваемых лиц, обысков и т.п.).

Временные радиосети или радионаправления могут действовать как самостоятельно, так и во взаимодействии с постоянными радиосетями и по правилам, которые предусмотрены для организации взаимодействия в постоянных радиосетях (радионаправлениях).

В каждую радиосеть (радионаправление), независимо от ее принадлежности и срока действия, могут входить стационарные, мобильные и носимые (для служб уголовного розыска, БЭП - скрытноносимые) радиостанции.

Как правило, стационарная радиостанция используется в качестве главной. В этом случае она устанавливается в дежурной части органа внутренних дел (в том числе ИТУ) либо таких подразделений, как ГИБДД, вневедомственная охрана, либо в отделах (отделениях) уголовного розыска или БЭП. Стационарная радиостанция может быть и подчиненной. В этих случаях она устанавливается в специально оборудованных сооружениях (посты ГИБДД, пункты охраны порядка и т.д.).

Мобильная радиостанция функционирует, как правило, в качестве подчиненной. Иногда она может быть и главной радиостанцией, в особенности, когда образуют временные радиосети.

Носимые радиостанции являются подчиненными. В связи с малым радиусом действия они чаще всего поддерживают связь с главной радиостанцией через одну из мобильных.

Скрытноносимые радиостанции используются также в качестве подчи-

ненных, но применяют их только сотрудники оперативных аппаратов.

Для каждой радиосети или радионаправления выделяются радиоданные. Под ними подразумеваются:

- порядковые номера радиосети (радионаправления и корреспондентов);
- позывные (индексы для набора позывных) радиостанций;
- рабочие и запасные частоты;
- тип и мощность используемой аппаратуры и место ее нахождения.

Эти радиоданные для радиостанций органов внутренних дел выделяются на один год. Исключением являются радиостанции, которым даются сменные позывные. Срок действия последних устанавливается в один месяц. В особых условиях разрабатываются два варианта радиоданных. Действующий для повседневной работы и запасной - на случай развертывания всех наличных средств радиосвязи.

Для организации коротковолновой радиосвязи частоты выделяются сроком на один условный радиогод либо на определенный срок. Причем выбор КВ-частот производится по специальным таблицам месячных или долгосрочных радиопрогнозов.

Позывные радиостанций разделяются на радиотелеграфные (для КВ-радиостанций) и радиотелефонные (для КВ- и УКВ-радиостанций). Радиостанции, входящие в радиосеть (радионаправление) работают на одной частоте.

В тех случаях, когда невозможно обеспечить качественную и бесперебойную связь по линиям Министерства связи и линиям связи других министерств и ведомств, в органах внутренних дел организуется радиорелейная связь. Ее назначение:

- создание самостоятельных или комбинированных линий связи;
- дистанционное управление радиостанциями;
- создание соединительных линий между АТС.

Основные способы организации радио связи

Направление радиорелейной связи предназначено для организации связи между двумя органами внутренних дел.

Сеть радиорелейной связи используется для организации связи одного органа внутренних дел с несколькими другими органами.

Ось радиорелейной связи применяется для организации связи одного органа внутренних дел с несколькими другими органами по многоканальной системе, но с выделением каналов на конечных и промежуточных станциях, т. е. в нужных направлениях, с передачей информации на узлы оперативной связи органов внутренних дел.

Во всех этих способах связи радиорелейная станция вышестоящего органа внутренних дел является главной. Ее распоряжения обязательны для всех остальных станций.

Для использования радиорелейной связи определяются следующие данные:

- частоты;
- позывные (номера) радиорелейных станций;
- пароли;

- расписание работы.

Частоты для радиорелейных станций выделяются на срок не более чем два года.

Радио- и радиорелейная связь в органах внутренних дел организуется согласно плану создания и развития связи и на основании соответствующего письменного распоряжения об открытии связи.

Всю работу по подготовке проекта распоряжения, схемы радио- и радиорелейной связи, радиоданных готовят аппараты службы связи МВД, УВД, УВДТ, ОВДТ совместно с заинтересованными службами. На эти же аппараты возложена разработка радиоданных, данных для радиорелейных станций, а также регистрация этих данных и самих станций.

Ввод в действие радио- и радиорелейных станций без предварительной регистрации их данных, а также применение произвольных данных для их работы запрещается. Также запрещено указывать открытое наименование органов внутренних дел в радиоданных, выдаваемых на регистрируемые радиостанции.

Контроль за определением и правильным применением перечисленных данных в МВД, УВД, УВДТ, ОВДТ осуществляется Техническим управлением МВД России, а также Государственной комиссией по радиочастотам Госкомсвязи России.

На основании распоряжения об открытии связи и прилагаемых к нему схем и радиоданных для каждой радиостанции, входящей в радиосеть (радионаправление), составляют индивидуальные карточки, в которые вносят сведения, необходимые для ведения радиосвязи. Такие карточки вручают операторам, работающим на этих радиостанциях.

Наряду с распоряжением об открытии радиосвязи и ее схемой на узлах связи дежурных частей МВД, УВД, УВДТ, ОВДТ, на узлах связи служб, имеющих самостоятельные радиосети (радионаправления), на узлах связи дежурных частей городских и районных отделов внутренних дел должны быть формуляры радиостанций, аппаратный журнал и другая документация, предусмотренная Наставлением по связи.

В формуляр следует заносить сведения об общем количестве часов эксплуатации радиостанции по месяцам, а также о производимых ремонтных работах. В аппаратном журнале радиооператор отмечает время передачи и приема сообщений, случаи нарушения правил радиообмена. К работе в качестве радиооператора допускаются лица, прошедшие специальную подготовку для работы со средствами радиосвязи в ОВД.

- 1) на стационарных радиостанциях - должностные лица соответствующих дежурных частей;
- 2) на мобильных и носимых радиостанциях - старшие нарядов;
- 3) на скрытноносимых радиостанциях - сотрудники оперативных служб ОВД.

Перечисленные лица несут ответственность за содержание радиообмена, материальную часть радиостанции и регистрацию поступившей и переданной информации.

Правила радиообмена регламентируются разделом 4 пунктом 3 (Настав-

ления по организации связи). Основные положения этих правил сводятся к следующему:

1. По содержанию радиообмен подразделяется на оперативный и служебный. Оперативный радиообмен включает передачу радиogramм, сигналов, команд и оперативных сообщений. Для его ведения используются переговорные таблицы и кодовые выражения. Такой порядок особо обязателен при работе на радиостанциях КВ-диапазона. Служебный радиообмен проводится по вопросам, связанным с установлением связи, регулировкой радиоаппаратуры и обеспечением работы радиостанций. Переговоры по личным вопросам запрещаются.

2. Должностные лица ведут переговоры с соблюдением условий скрытого управления нарядами.

3. В открытом виде в повседневных условиях разрешается передавать следующие сведения:

- предупреждения об опасных явлениях природы, ветрах, ураганах, штормах, грозах, граде, селевых потоках, снежных лавинах, землетрясениях, туманах, наводнениях и необходимых мерах, которые следует принять для обеспечения безопасности населения, личного состава и техники;
- команды по вопросам срочного оказания помощи людям, терпящим бедствия и технике.

Открытая передача важной оперативной информации допускается лишь в исключительных случаях. Но для этого на радиogramме обязательно должна быть надпись: "Передать по радио открытым текстом", подтвержденная подписью должностного лица, имеющего право подписывать радиogramмы. Без такой пометки передавать подобные радиogramмы открытым текстом запрещается.

Процесс радиообмена складывается из следующих операций: вызов корреспондента или корреспондентов, передача радиogramмы и окончание радиообмена. Радиообмен может проходить с одной радиостанцией, с группой или со всеми радиостанциями сети (в последнем случае радиообмен называется циркулярной связью), но всегда в строго определенной очередности, которая установлена "Наставлением по организации связи".

Для передачи радиogramм и сигналов используются следующие способы:

- квитанционный;
- бесквитанционный;
- обратной проверки.

В первом случае прием радиogramмы подтверждается квитанцией. При бесквитанционном способе подтверждение в приеме радиogramмы не передается или передается по другим каналам связи. Обратная проверка дается путем повторения текста радиogramмы. Этот способ используется при необходимости получить уверенность в безошибочности приема переданной радиogramмы. При плохой слышимости трудно воспринимаемые слова передаются по буквам, которые обозначаются легко воспринимаемым словом, чаще всего используются имена, или условные фразы:

А – Алексей	Р – Роман
Б – Борис	С – Сергей

В – Василий	Т – Татьяна
Г – Григорий	У – Ульяна
Д – Дмитрий	Ф – Федор
Е – Елена	Х – Харитон
Ж – Женя	Ц – цапля
З – Зоя	Ч – человек
И – Иван	Ш – Шура
Й – Иван Краткий	Щ – щука
К – Константин	Ъ – твердый знак
Л – Леонид	Ы – игрек
М – Мария	Ь – мягкий знак
Н – Николай	Э – Эмилия
О – Ольга	Ю – Юлия
П – Павел	Я – Яков

Порядок проведения радиообмена зависит от количества радиостанций, вызываемых для связи. В любом случае радиообмен должен быть кратким, содержать минимальное количество слов и фраз.

Вмешиваться в радиообмен между двумя радиостанциями и перебивать их работу разрешается лишь главным радиостанциям, а остальным радиостанциям - только при чрезвычайных обстоятельствах.

При необходимости проверки устойчивости связи передается счет от одного до десяти. Оценка качества радиосвязи производится по пятибалльной системе.

В целях поддержания дисциплины при радиообмене главные радиостанции организуют и осуществляют контроль за работой всех остальных радиостанций. Основными его задачами являются:

- контроль за соблюдением правил радиообмена;
- выявление радиостанций и конкретных операторов, допускающих передачу сведений, раскрывающих содержание оперативной деятельности органов внутренних дел;
- принятие мер к немедленному прекращению работы радиостанций, вызывные которых отсутствуют в таблице радиоданных;
- выявление и устранение причин радиопомех.

Основным способом контроля является прослушивание радиообмена. Радиоконтроль может осуществляться непрерывно или выборочно. Если необходимо зафиксировать переговоры, то можно применять аппаратуру магнитной звукозаписи. Обо всех выявленных нарушениях операторы, осуществляющие радиоконтроль, докладывают начальнику соответствующего органа для принятия мер по их устранению.

Установку, устранение неисправностей, профилактический ремонт средств радиосвязи осуществляют сотрудники аппаратов службы связи по заявкам соответствующих служб и подразделений. Производить ремонт, регулирование узлов радиостанций и иные работы, требующие вскрытия этой аппаратуры, сотрудникам других служб и подразделений категорически запрещено.

9. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА РАДИОСВЯЗИ ОВД

Общая характеристика радиостанций

Мобильная оперативная радиосвязь – один из наиболее важных элементов, обеспечивающих успешную деятельность правоохранительных органов. Основные требования, предъявляемые:

- оперативность – время на соединение с вызываемым абонентом;
- простота использования – вызов абонента с помощью нажатия одной кнопки (тангенты);
- возможность групповой связи, т.е. одновременной связи с группой абонентов;
- возможность передачи сигнала тревоги абонентам или дежурному нажатием одной кнопки на радиостанции;
- возможность управлять связью с диспетчерского пульта;
- возможность передачи сигнала широкого оповещения одновременно всем абонентам (радиостанциям);
- возможность выхода в телефонную сеть, как служебную, так и общественного пользования, например через диспетчера;
- высокая надежность, прочность и ремонтпригодность радиостанций;
- высокая помехоустойчивость радиостанций и используемых протоколов связи;
- максимально длительное время работы от одного аккумулятора;
- устойчивость радиостанций к низким и высоким температурам, влажности и иным внешним факторам.

К средствам и аппаратуре мобильной оперативной связи можно отнести собственно портативные, мобильные и стационарные радиостанции, базовые станции и ретрансляторы, служащие для увеличения дальности связи, с соответствующими антенно-фидерными трактами, пультами контроля и управлению связью, а также специальные устройства для построения систем связи специального назначения.

Системы радиосвязи ОВД работают в УКВ (FM) диапазоне. Среди факторов, определяющих зону покрытия, можно выделить:

- *частотный диапазон*. Диапазоны и частоты, на которых разрешена работа в каждом конкретном случае, определяются по согласованию с ГКРЧ (Государственная комиссия по радиочастотам) и региональными ОВД;
- *выходная мощность передатчика*. Обычно не превышает 45 Вт для мобильных станций и 5 Вт – для портативных. Мощность, на которой работает передатчик регламентируется требованиями региональных отделений Госсвязьнадзора;
- *тип антенны и её усиление, высоту и положение антенны*. От типа антенны и её габаритов зависят форма диаграммы излучения и сила сигнала в различных точках местности;
- *рельеф территории*. Радиоволны в диапазонах ОВЧ, ДМВ распространяются по прямой линии (в условиях прямой видимости).
- *уровень электромагнитных помех*. Различные электрические установ-

ки, электродвигатели, генераторы являются причиной сбоев работы радиосвязи.

На связь радиостанций ОВЧ (УКВ-диапазона) оказывает влияние характер трассы рельеф местности, особенно на предельных расстояниях. ОВЧ (УКВ-волны) обладают малой способностью к огибанию препятствий, подвержены поглощению и отражению местными предметами.

При работе с радиостанцией не следует располагаться в непосредственной близости от местных предметов в направлении корреспондента - насыпей, каменных и железобетонных сооружений, поперечно идущих линий электропередач.

Значительное влияние оказывает почва. Связь на сухой почве значительно хуже, чем на влажной почве. Атмосферные осадки уменьшают дальность связи, так как ОВЧ (УКВ-волны) поглощаются водяными парами.

Усилительно-генераторный блок радиостанции

Радиостанции предназначены для организации низовой радиосвязи в органах внутренних дел. Технические радиосредства обеспечивают симплексную бесподстроечную радиосвязь с однотипными средствами связи УКВ частотном диапазоне, работающими на одинаковых частотах.

Основным модулем радиостанции, работающей в симплексном режиме, являются блоки тракта передачи ВЧ-сигнала и тракта приема ВЧ-сигнала.

Тракт передачи ВЧ-сигнала состоит из следующих технических устройств:

- модулятора (устройство преобразования механических колебаний НЧ в электрический сигнал НЧ);
- гетеродина (устройство формирования несущей частоты радиостанции);
- смесителя (устройство модуляции НЧ-сигнала);
- усилителя мощности ВЧ-сигнала.

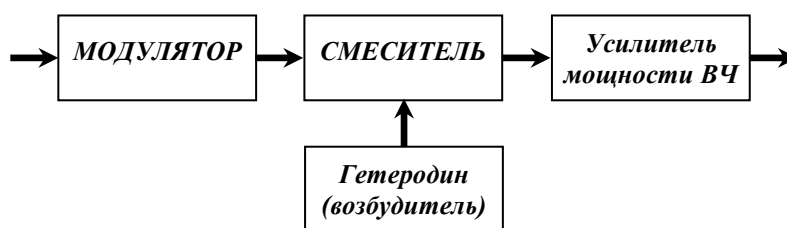


Рис. 28 Функциональная схема передающего тракта

Тракт приема ВЧ-сигнала включает следующие технические устройства:

- усилителя мощности ВЧ-сигнала;
- гетеродина (устройство формирования несущей частоты радиостанции);
- смесителя (устройство модуляции ВЧ-сигнала);
- усилителя мощности НЧ сигнала.

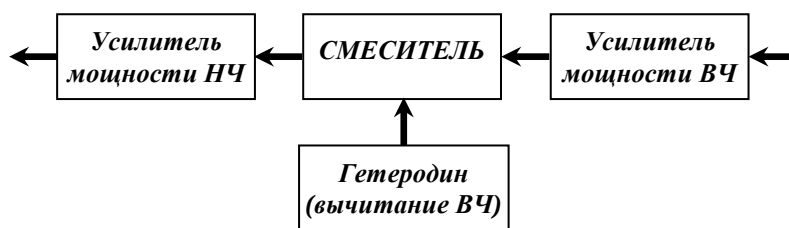


Рис. 29 Функциональная схема приемного тракта

АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА

Весь тракт от разъема до самой тонкой субстанции под названием "эфир" называется антенно-фидерным, а все, что в него включено – антенно-фидерными устройствами (АФУ). Давайте рассмотрим, хотя бы бегло, те основные элементы, без которых уже не может обходиться ни одна современная многоканальная система радиосвязи.

"Антенна – лучший усилитель высокой частоты" – так звучит старейшее радиолюбительское изречение. Действительно, во главе методов, увеличивающих "дальнобойность" радиостанций стоит повышение эффективности антенной системы. Это можно достигнуть увеличением высоты установки антенны и повышением ее усиления.

Известно, что в диапазоне УКВ волна распространяется вдоль поверхности Земли и огибание рельефа и застройки очень невелико. Поэтому стараются установить антенну ретранслятора как можно выше, чтобы она "видела" свои абонентские станции.

Одним из наиболее важных качеств антенн является их усиление. Антенна обладает усилением вследствие формирования такой диаграммы направленности (ДН), при которой максимум энергии совпадает с направлением на абонентские станции. Например, у антенн с круговой ДН главный лепесток формируют в виде уплощенного тора, где все излучение направлено вдоль горизонта. Это достигается в коллинеарных антенных решетках, где несколько активных элементов и фазирующих цепочек обеспечивают однофазное сложение приходящей (излучаемой) энергии.

Существуют два метода объединения элементов решетки - последовательное и параллельное. Оба имеют свои достоинства и недостатки. Так у антенн последовательного питания достаточно легко, с конструктивной точки зрения, получить необходимую ДН. В горизонтальной плоскости она идеально круговая. Однако такая антенна имеет сравнительно узкую полосу по согласованию и усилению; к тому же ограничена возможность повышения усиления таких конструкций - каждый последующий элемент излучает все меньшее количество энергии; а также сложно обеспечить надежную грозозащиту такой антенны. Конструктивно они обычно выполняются в виде проволочного "скелета", размещенного в стеклотекстолитовых погодозащитных чехлах. Мировая промышленность выпускает множество разнообразных моделей таких антенн.

Назначение, состав и технические характеристики антенно-фидерного устройства

АФУ характеризуется мощностью излучения (усилением) и диаграммой направленности. ДН – графическое отображение распространения электромагнитных волн от АФУ передающего устройства.

Антенная система предназначена для направленного излучения и приёма электромагнитной энергии.

Фидерное устройство предназначено:

- 1) для канализации СВЧ-энергии от передатчика к антенне и от антенны к приёмнику;
- 2) для разделения излучаемых и принимаемых сигналов по поляризации;
- 3) для обеспечения одновременной работы передатчика и приёмника;
- 4) для обеспечения работы любого из двух передатчиков.

Антенная система включает в себя:

- 1) антенны, имеющие в своём составе:
 - отражатель (экран);
 - излучатель (директоры, вибраторы);
 - механизм угла места;
 - отрезки гибких и жёстких прямоугольных волноводов.
- 2) мачтовое устройство, которое состоит:
 - из поворотного устройства с распределителем и сельсин-датчиком угла места;
 - из поворотного устройства обеспечивающего стыковку антенны и механизма угла места;
 - из мачтовой вышки (секционная, телескопическая).

Фидерная система имеет в своем составе:

- распределитель мощности;
- частотный дуплексер;
- входной переключатель;
- волновой переключатель;
- отрезки жёстких и гибких волноводов.

Технические характеристики АФУ:

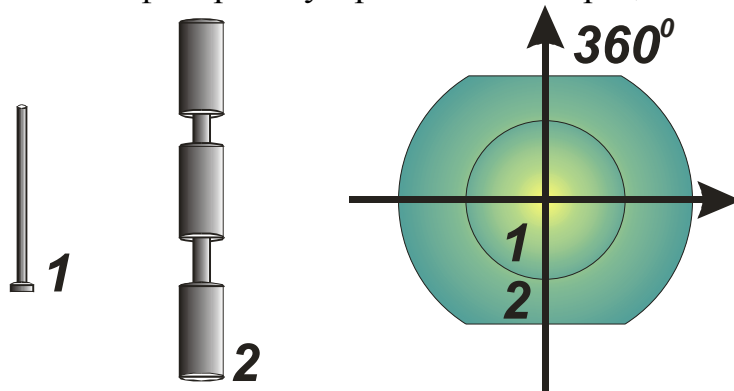
- 1) коэффициент усиления антенн;
- 2) диапазон рабочих частот;
- 3) ширина диаграммы направленности;
- 4) коэффициент бегущих волн более;
- 5) диаметр параболического зеркала;
- 6) поворот антенны при развёртывании;
- 7) пределы юстировки антенны по азимуту, по углу места;
- 8) фокусное расстояние;
- 9) расстояние между центрами антенн;
- 10) поляризация излучаемого и принимаемого сигналов (вертикальная и горизонтальная);
- 11) механическая жёсткость антенны (обеспечивает их надёжную экс-

плутацию при скорости ветра до 30м/с, при скорости ветра 10м/с допускается развёртывание антенны без оттяжек);

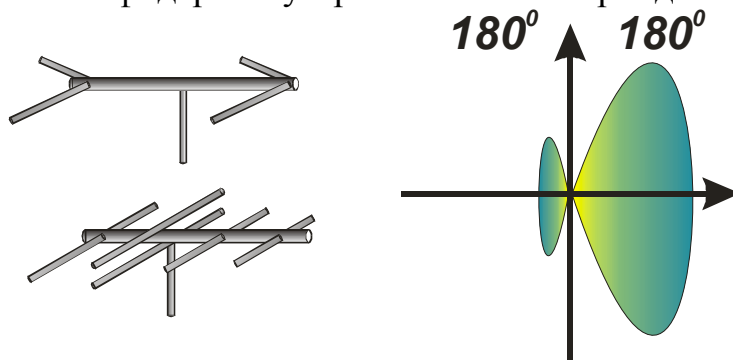
- 12) время развёртывания антенны;
- 13) площадка для развёртывания одной антенны;
- 14) вес опорно-транспортной машины;
- 15) вес антенной головки.

Типы АФУ, диаграммы направленности

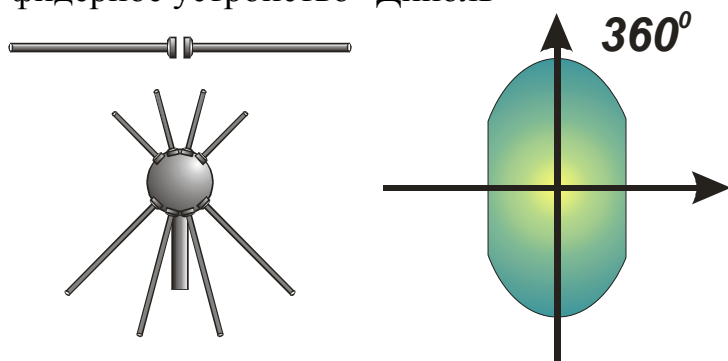
1. Антенно-фидерные устройства "Штырь", "Стакан".



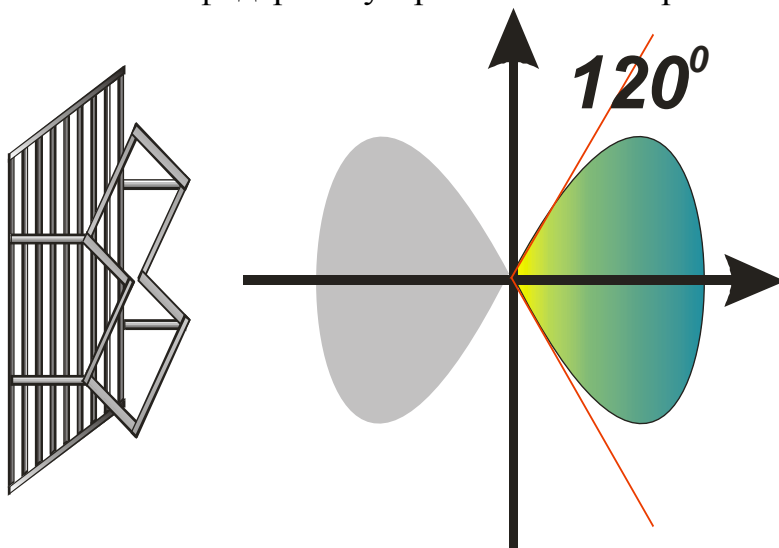
2. Антенно-фидерные устройства "Логопериодические".



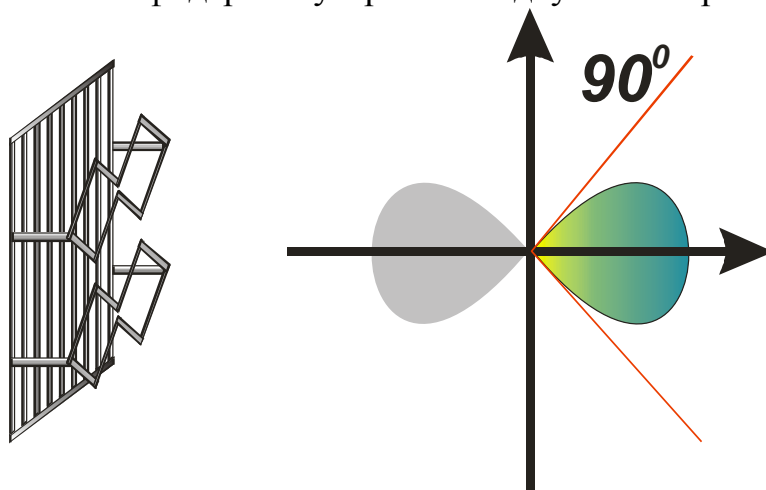
3. Антенно-фидерное устройство "Диполь"



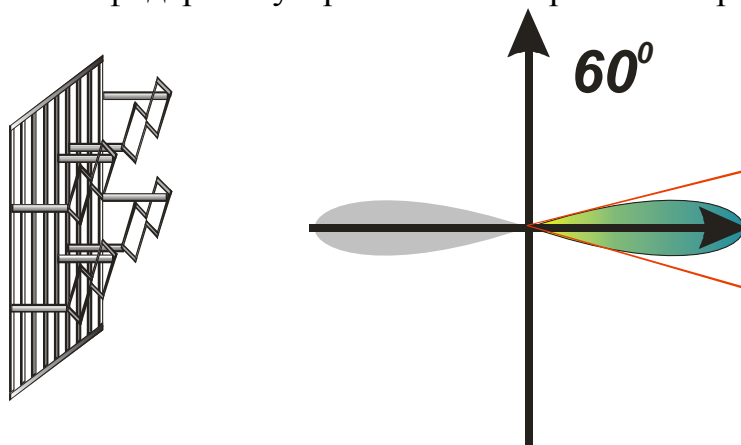
5. Антенно-фидерные устройства "Z – образные"



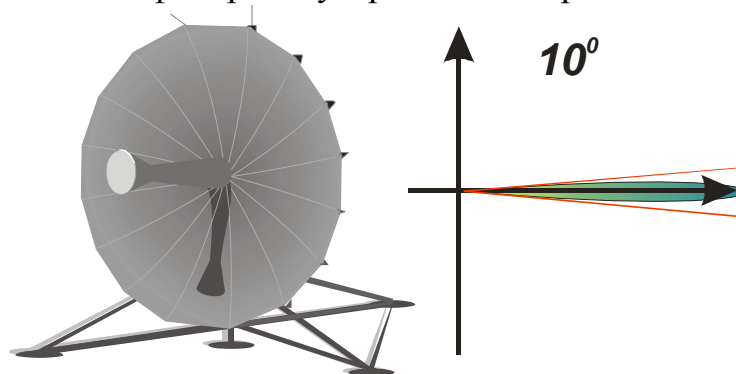
6. Антенно-фидерные устройства "двух -Z - образные"



6. Антенно-фидерные устройства "четырёх -Z - образные"



6. Антенно-фидерные устройства "Параболыческие"



Конструктивные особенности АФУ

Антенны с последовательным питанием

1. Трехэлементная коллинеарная антенна последовательного питания. Ее нижним элементом (вибратор) является металлическая мачта, на которой устанавливается антенна. Она обеспечивает формирование ДН и повышение усиления. Благодаря своей невысокой стоимости, отличным электрическим характеристикам и простоте перестройки антенна имеет огромную популярность. К сожалению, практика показывает, что больше двух лет такие антенны в российских условиях не работают: "закисают", разбалтываются на ветру контакты, которые выполнены штамповкой и открыты окружающей атмосфере.

2. Антенны с последовательным питанием, (наиболее популярные в нашей стране) внутренний скелет которых представляет собой два или три проволочных элемента длиной 0,5-0,75 м, объединенных между собой фазосдвигающими цепочками (чаще - катушками индуктивности). Со стороны разъема питания выполнено согласующее устройство на LC-элементах. Четвертьволновые противовесы ограничивают затекание ВЧ-токов на поверхности внешней оплетки фидера. Такие антенны можно порекомендовать как одночастотные на небольшие мощности.

3. Антенны на транспозиционных коаксиальных элементах. Структура этой антенны обеспечивает синфазный прием (передачу) фронта радиоволны всей своей поверхностью, основанный на следующем принципе: поверхность всех элементов имеет связь с пространством, в то время как электрический ток, текущий к фидеру на своих противофазных участках гасится от него экранами соседних элементов. Эти антенны бывают длиной от четырех до девяти метров. Они имеют более надежную грозозащиту, но они значительно дороже, описанных выше, их цена приближается к тысяче долларов. Чаще всего их используют на ретрансляторах сотовых станций всех стандартов и пейджинговых передатчиков.

Антенны с параллельным питанием

Антенны с параллельным питанием имеют гораздо более широкую полосу, поэтому повысить усиление такой системы значительно проще, но намного сложнее получить круговую ДН. Обычно она имеет форму эллипса и кардиоиды, так как поддерживающая мачта играет роль рефлектора. Эти антенны представляют собой несколько диполей (обычно петлевых для расширения полосы),

объединенных кабелями с трансформаторами сопротивления. Расположенные коллинеарно (в одну линию) каждый из элементов участвует в приеме (передаче) сигнала. Причем волна, приходящая строго перпендикулярно (то есть вдоль горизонта) наводит однофазные сигналы, которые после сложения дают прирост напряжения (усиление). Сигналы, приходящие под углом, отличным от 90° , создают в сумматорах разнофазные токи, а, следовательно, их уровень значительно ниже. Рабочая полоса у этих антенн составляет 20-25%. Это свойство позволяет применять подобные антенны во всех случаях, когда требуется исключительно большой разнос частот приема и передачи. Примером может служить довольно частое потребление этой продукции для органов милиции, где требуется обеспечить работу на одну антенну на двух частотах.

Узконаправленные антенны с высоким усилением

В качестве узконаправленных антенн с высоким усилением обычно используют многодиректорные "волновые каналы". Как правило это виды конструкций многоэлементных антенн, излучающих мощность в определенном направлении. По законам физики рост усиления любой антенны, в том числе и волнового канала (ВК) обусловлен ее эффективной площадью, следовательно, длиной траверсы, а не количеством элементов. Например, если пятиэлементная антенна на 160 МГц имеет длину 1,8 м и обладает усилением в 8 дБ, то, сколько не увеличивай число элементов, эффективного усиления при данной траверсе не будет. При разработке направленных антенн всегда приходится выбирать компромисс между шириной рабочей полосы, усилением, величиной побочного излучения и стоимостью конструкции. Если где-то прибавляешь, то обязательно где-то теряешь. Добиться неплохих результатов, сохранив усиление и достаточно широкую рабочую полосу, удастся, если применить в качестве активного вибратора петлевой диполь. Его собственное высокое сопротивление позволяет обеспечить сильную связь с системой пассивных элементов, что благоприятно сказывается на формировании острой ДН.

В системах подвижной связи направленные антенны используют обычно на удаленных абонентских объектах, с их помощью строятся линии для связи между базовыми ретрансляторами, на этих антеннах строят кольцевые антенные решетки на радионепрозрачных мачтах (заводских трубах, теле-, радиовышках с сечением 5–10 м, располагая по периметру 8–16 излучателей).

Единичный излучатель

В качестве единичного излучателя можно применять одно-, двух- или четырехэтажную секцию трехэлементных антенн, имеющих в горизонтальной плоскости угол излучения 80° - 110° . Такая антенная система будет иметь слабоизрезанную ДН и неплохое усиление. Для систем фиксированной радиосвязи, к которым относятся охранная и пожарная сигнализации, а также систем передачи данных (телеметрия) лучше применять горизонтальную поляризацию вместо традиционной вертикальной, в которой нет никакого смысла.

Объемные резонаторы

Отдельную нишу в системах АФУ занимают изделия на основе объемных резонаторов - высокоселективные устройства на которых строят фильтры, дуплексеры, комбайнеры объемных резонаторов. Сами объемные резонаторы пред-

ставляют собой участки коаксиальных линий, стандартных диаметров (4, 5, 6, 8, 10, 12 дюймов). Чем больше диаметр объемного резонатора, тем выше его добротность.

Фильтры

Полосовыми фильтрами называют устройства, подавляющие сигналы с частотами, лежащими вне его полосы пропускания. Ее ширина определяется по уровню -3 дБ. На полосовых фильтрах обычно строят приемные преселекторы, где необходимо пропустить частоты нескольких каналов и вырезать все остальные. Полосовые фильтры также находят свое применение в некоторых типах дуплексных фильтров, а также как самостоятельные изделия. Режекторные схемы включения обычно применяют в случаях, когда требуется исключить одну очень сильную и близкорасположенную помеху. В отличие от полосового фильтра режекторный позволяет эффективно устранить помеху при значительно меньшем частотном разnose. Полосно-режекторная схема самая популярная при создании дуплексеров с одним-двумя каналами.

Дуплексеры

Дуплексерами называют устройства, предназначенные для обеспечения одновременной работы передатчика и приемника (работающих на разных частотах) на одну общую антенну, исключая их взаимные помехи. В большинстве случаев дуплексеры используются в составе ретрансляторов, особенно если ограничено пространство для установки антенн или их разноса, достаточного для обеспечения необходимой изоляции между передатчиком и приемником ретранслятора. В полосно-режекторном дуплексере объемные резонаторы в цепи передатчика настроены на пропускание частоты передатчика и подавление частоты приемника, тогда как цепь приемника настроена наоборот, на пропускание частоты приемника и подавление частоты передатчика. Основные достоинства полосно-режекторных дуплексеров: лучшая изоляция и возможность обеспечить минимальный разнос между частотами. Для систем со средним и большим разномом между частотами приема и передачи используют полосовые дуплексеры, резонаторы которых настроены на пропускание частот приемника (в цепи приемника) и передатчика (в цепи передатчика).

Комбайнеры

Для сложения сигналов от нескольких передатчиков в один магистральный кабель применяют специальные устройства - комбайнеры. Объединить передатчики обычным параллельным сложением нельзя, так как неминуемо возникновение интермодуляционных помех, возникающих из двух сигналов на нелинейных участках тракта. Такими участками и являются выходные каскады передатчиков. Чтобы этого не происходило, применяют ферритовые вентили, обеспечивающие однопроводную проводимость сигнала.

Сами комбайнеры бывают двух типов: гибридные и на объемных резонаторах. Первый тип – более дешевые, широкополосные, надежны и просты в обслуживании, а самое главное гибридные комбайнеры позволяют складывать сигналы с любым разномом частот, что особенно удобно в случаях, когда канальная сетка имеет разнос 25кГц. Но у комбайнеров этого типа есть один большой недостаток – большие потери. Так у двухканального комбайнера они

составляют 3,5 дБ, четырехканального - 7 дБ, а у восьмиканального – 10 дБ, то есть в эфир пойдет только 10% от мощности передатчика. Комбайнеры на объемных резонаторах имеют сравнительно низкие потери, но требуют частотного разнеса не менее 150 кГц, 250 кГц. Работа комбайнеров этого типа основана на возможностях резонаторов разделять два соседних сигнала. Для этого требуются фильтры с особо высокой добротностью и крутыми скатами АЧХ.

ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА

Классификация химических источников тока

Химическими источниками тока (ХИТ) называются устройства, в которых химическая энергия активных веществ (окислителя и восстановителя) непосредственно превращается в электрическую энергию.

Основными составными частями ХИТ являются катод, анод и ионный проводник (электролит) между ними. На катоде происходят процессы восстановления окислителя, а на аноде – окисления восстановителя. Электролит представляет собой жидкую или твердую фазу, имеющую ионную электропроводность.

Химические источники тока подразделяются на первичные и вторичные. Первичные ХИТ предназначены для разового непрерывного или прерывистого разряда. Первичный ХИТ, состоящий из одной электрохимической ячейки, называют гальваническим элементом или просто элементом. Если ХИТ состоит из двух и более электрически соединенных элементов, то он называется гальванической батареей. Вторичные ХИТ предназначены для многократного использования путем заряда их электрическим током. Вторичный ХИТ, состоящий из одной электрохимической ячейки, называют аккумулятором, а ХИТ, состоящий из двух и более электрически соединенных аккумуляторов, – аккумуляторной батареей. Вторичные ХИТ работают поочередно в режиме разряда и заряда. При разряде аккумулятор работает как первичный ХИТ, в процессе разряда происходит превращение химической энергии активных веществ в электрическую энергию, при этом активные вещества превращаются в продукты разряда. При заряде вторичного ХИТ электрическая энергия превращается в химическую энергию активных веществ, соответственно продукты разряда регенерируются в активные вещества.

Параметры ХИТ

Электродвижущая сила (ЭДС) ХИТ определяется термодинамическими функциями химической реакции, протекающей при разряде ХИТ (токообразующей реакции):

$$E = - \Delta G / zF,$$

где E – ЭДС; ΔG – изменение энергии Гиббса токообразующей реакции; F – число Фарадея; z – число электронов, приходящихся на одну молекулу реагента.

Реально устанавливающееся напряжение между выводами ХИТ при разомкнутой внешней цепи называется *напряжением разомкнутой цепи*:

$$U = \varphi_{(+)} - \varphi_{(-)},$$

где $\varphi_{(+)}$ и $\varphi_{(-)}$ – статические или стационарные потенциалы положительного и отрицательного электродов, которые устанавливаются при отсутствии электрического тока в цепи.

Поляризация и сопротивление. При разряде или заряде ХИТ потенциалы электродов изменяются вследствие поляризации. Поляризацией называется разность между потенциалом электрода при разряде или заряде и его значением при равновесии или при стационарном состоянии. Поляризация подразделяется на концентрационную, электрохимическую и химическую.

Поляризационное сопротивление не постоянно, оно уменьшается при увеличении тока, протекающего через ХИТ.

Кроме поляризационного, ХИТ характеризуется омическим сопротивлением, которое равно сумме омических сопротивлений электролита, электродов и других токоведущих деталей ХИТ. В отличие от поляризационного сопротивления омическое сопротивление ХИТ не зависит от тока.

Сумма омического и поляризационного сопротивлений называется внутренним сопротивлением ХИТ.

Напряжение. Разрядным напряжением U_p называется напряжение между выводами ХИТ при его разряде:

$$U_p = U - I_p r_p.$$

Различают начальное, конечное, среднее и номинальное напряжения ХИТ. Начальным напряжением ХИТ называют напряжение в начале разряда, определяемое через установленный промежуток времени. Конечным напряжением называется условное напряжение, ниже которого ХИТ считается разряженным. Средним напряжением ХИТ называется среднее арифметическое напряжений, измеренных через равные промежутки времени в течение разряда при постоянном токе до конечного напряжения. Номинальным напряжением называют характерное условное напряжение ХИТ.

Аккумуляторы также характеризуются зарядным напряжением:

$$U_3 = U + I_3 r_3.$$

При постоянном токе зарядное напряжение возрастает во времени заряда.

Емкость и удельная емкость. Емкостью ХИТ называют количество электричества, отдаваемое им при разряде до достижения конечного напряжения.

Номинальной емкостью называется заряд, который должен отдавать свежееизготовленный ХИТ при нормальных условиях разряда, указанных для него. Номинальная емкость аккумулятора определяется при условии, что он был полностью заряжен.

Отношение емкости ХИТ к его объему или массе называется удельной емкостью. Емкость и удельная емкость ХИТ зависят от его конструкции, запаса активных веществ и режима разряда: тока разряда или сопротивления внешней цепи, характера разряда и температуры окружающей среды. С увеличением тока разряда или с уменьшением сопротивления внешней цепи емкость ХИТ уменьшается, так как при этом возрастают его поляризация и омические потери.

Аккумуляторы характеризуются зарядной емкостью C_3 , равной количеству электричества, принимаемого ХИТ при заряде. При постоянном токе заря-

да

$$C_3 = I_3 \tau_3,$$

где τ_3 – время заряда.

Мощность и удельная мощность. Мощность ХИТ P равна произведению тока разряда на разрядное напряжение:

$$P = U_p I_p.$$

Удельной мощностью P_v или P_m называется отношение мощности ХИТ соответственно к его объему V или массе m :

$$P_v = P/V; P_m = P/m.$$

Энергия и удельная энергия. Энергией ХИТ называют произведение емкости C на среднее напряжение при разряде:

$$A = U_{cp} C.$$

При одном и том же количестве активных веществ энергия ХИТ возрастает с увеличением температуры и уменьшением разрядного тока.

Удельная энергия ХИТ уменьшается при повышении его удельной мощности. Для аккумулятора важное значение имеет энергия, необходимая для его заряда. Отношение энергии аккумулятора, которую он отдает при разряде, к энергии A_3 , необходимой для его заряда до первоначального состояния при определенных условиях, называется отдачей по энергии (КПД аккумулятора):

$$\eta_A = A/A_3.$$

Саморазряд и сохранность заряда. Потерю емкости ХИТ, обусловленную протеканием в нем самопроизвольных процессов, называют саморазрядом. Саморазряд вызывается коррозионными процессами, взаимодействием ионов переменной валентности, окислителей и восстановителей с активными веществами и т.д. Саморазряд влияет на сохранность заряда, под которым понимается способность ХИТ сохранять емкость во время хранения при замкнутой цепи.

Аккумуляторы характеризуются сроком службы, равным календарной продолжительности эксплуатации аккумуляторов в заданных условиях, определяемым промежутком времени, в течение которого аккумулятор сохраняет параметры, установленные стандартом или техническими условиями. Иногда срок службы аккумулятора выражают техническим ресурсом (наработкой), равным количеству циклов (количеству зарядов и последующих разрядов), которое выдерживает аккумулятор при эксплуатации или при испытаниях путем снижения его емкости до определенных значений, установленных стандартом.

Требования безопасности. В соответствии с ГОСТ для обеспечения безопасности труда конструкция ХИТ должна исключать возможность вытекания электролитов при наклонах, толчках и вибрациях, накопления газов внутри источника тока до взрывоопасного состояния. Источники тока, при работе которых выделяются вещества, вредные для здоровья, выполняются герметичными.

Первичные ХИТ

Классификация первичных ХИТ. По готовности к работе первичные ХИТ можно разделить на две группы:

а) элементы и батареи, выпускаемые в состоянии, готовом к эксплуатации;

б) резервные ХИТ, конструкция которых предусматривает приведение их в действие путем осуществления контакта электродов с электролитом или перевода электролита в такое состояние, при котором он становится проводником ионов.

В зависимости от природы электролита различают ХИТ с водными, неводными, расплавленными и твердыми электролитами.

Первичные ХИТ с водными электролитами. Элементы системы диоксид марганца–цинк с солевым электролитом. Наиболее распространенные элементы изготавливаются на основе системы диоксид марганца – цинк с солевым электролитом.

Электролит находится в пастообразном состоянии или пропитывает пористую диафрагму. Такой электролит малоподвижен и не растекается, поэтому элементы называются сухими.

Сухие элементы с солевым электролитом разделяются на три типа.

Сухие элементы системы диоксид марганца – цинк имеют цилиндрическую, прямоугольную или дисковую форму. В цилиндрических и прямоугольных элементах цинковый анод одновременно является сосудом ХИТ. Эти элементы называют *стаканчиковыми*. На рис. 30 представлена схема цилиндрического элемента набивного типа, катод которого состоит из активной массы, содержащей диоксид марганца, и угольного стержня. Активная масса подпрессовывается при изготовлении элемента. Анод от катода отделяется диафрагмой, пропитанной раствором электролита.

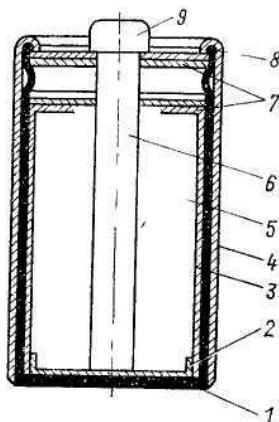


Рис.30. Схема элемента 373 («Марс») цилиндрического типа с солевым электролитом

1 — отрицательный электрод; 2 — картонная чашечка, 3 — пастовая диафрагма; 4 — футляр с этикеткой, 5 — активная масса положительного электрода, 6 — угольный стержень, 7, 8 — картонные шайбы; 9 — латунный колпачок.

Стаканчиковые элементы также выпускаются с пастообразным электролитом, в который вводится мука или крахмал. Дисковые элементы состоят из цинковой пластины, картонной диафрагмы, пропитанной раствором электролита, и спрессованного слоя положительного электрода (рис. 31). На внешнюю поверхность анода наносится токопроводящий водонепроницаемый слой из углеродистого материала и связующего дисковые элементы, последовательно соединяют друг с другом, полученную батарею изолируют и упаковывают в футляр. Такие батареи называются галетными.

Удельная энергия элементов и батарей в зависимости от их конструкции и условий разряда изменяется в пределах 30–65 Вт ч/кг и 60–130 кВт ч/м³.

Достоинством ХИТ на основе систем диоксид марганца – цинк с солевым электролитом является их относительно низкая стоимость. К существенным недостаткам следует отнести значительное изменение напряжения при разряде, невысокую удельную мощность (5–10 Вт/кг) и малую сохранность.

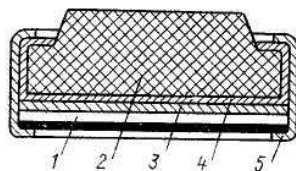


Рис.31. Схема дискового сухого элемента

1 — цинковый электрод с электропроводящим слоем, 2 — активная масса положительного электрода; 3 — диафрагма с пастой, 4 — бумажная прокладка, 5 — кольцо из поливинилхлорида

Элементы системы диоксид марганца–цинк с щелочным электролитом. Электролитом в этих элементах служит 30–40-процентный раствор гидроксида калия, пропитывающий пористую диафрагму или смешанный до пастообразного состояния с крахмалом.

В целях увеличения поверхности анода цинк применяют в виде пасты или прессованного порошка. Элементы имеют стальной корпус и выполняются либо в дисковом, либо в цилиндрическом виде. Напряжение элементов с щелочным электролитом изменяется при разряде значительно меньше, чем у элементов с солевым электролитом. Элементы с щелочным электролитом также имеют более высокие удельную энергию (65–90 Вт ч/кг и 100–150 кВт ч/м³) и сохранность, чем элементы с солевым электролитом.

Элементы системы кислород воздух – цинк. Окислителем в элементе служит кислород воздуха, электролитом – раствор щелочи.

Восстановление кислорода происходит на каталитически активном пористом электроде, содержащем гидрофобизатор (парафин, каучук или полиэтилен).

На рис. 32 приведена схема одного из элементов батареи "Крона ВЦ". Анодом в элементе служит амальгамированный порошок цинка, катодом – прессованная смесь активированного угля, ацетиленовой сажи и гидрофобизатора. Электролит состоит из раствора гидроксида калия, загущенного крахмалом и мукой. Батарея имеет напряжение 8 В (свежеизготовленная) и 7,8 В (в конце гарантийного срока хранения 9 мес.). Продолжительность работы при прерывистом режиме разряда (4 ч в сутки, сопротивление внешней цепи 900 Ом и конечное напряжение 5,4 В) составляет 80 ч (для свежеизготовленной батареи) и 40 ч (в конце гарантийного срока хранения). Батарея работоспособна в интервале температур от –10 до +50° С. Удельная энергия батареи 150–200 Вт ч/кг.

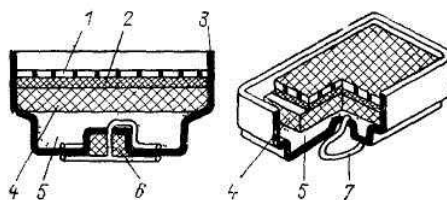


Рис.32. Схема элемента батареи «Крона ВЦ»

1 — токоотвод 2 — положительный электрод, 3 — корпус из винипласта, 4 — диафрагма, 5 — активная масса отрицательного электрода, 6 — изолирующий слой, 7 — токоотвод отрицательного электрода

Элементы системы оксид ртути — цинк. Окислителем в элементе служит оксид ртути, электролитом — раствор щелочи.

На рис. 4 представлена схема дискового элемента. Оксид ртути в смеси с 5–10% графита запрессовывается в стальной корпус. Анодом служит смесь порошка цинка с 10% ртути. Анод и катод разделены сепаратором и диафрагмой, пропитанной 35–40-процентным раствором гидроксида калия с добавкой 5% оксида цинка. При высоких внешних сопротивлениях элемент имеет стабильное напряжение.

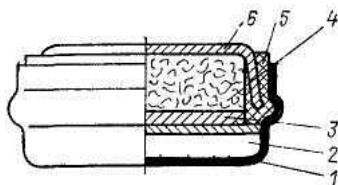


Рис.33. Схема дискового элемента системы оксид ртути — цинк

1 — корпус, 2 — положительный электрод; 3 — диафрагма, 4 — отрицательный электрод, 5 — уплотнительное кольцо; 6 — крышка.

Номинальная емкость этих элементов не соответствует их обозначению. По сравнению с элементами системы оксид марганца — цинк элементы системы оксид ртути — цинк имеют более стабильное напряжение, высокую удельную энергию (90–120 Вт ч/кг и 300–400 кВт ч/м³) и более высокую сохранность. Однако они дороги, и их параметры заметно ухудшаются при снижении температуры.

Щелочные аккумуляторы и батареи. В щелочных аккумуляторах электролитом служит раствор щелочи, обычно гидроксида калия. Наиболее распространены щелочные никель-кадмиевые и никель-железные аккумуляторы. Кроме того, выпускаются серебряно-цинковые и серебряно-кадмиевые аккумуляторы.

Щелочные электролиты используются в никель-цинковых, воздушно-цинковых, воздушно-железных, никель-водородных и кислородно-водородных аккумуляторах.

Никель-кадмиевые и никель-железные аккумуляторы и батареи. Активная масса положительных электродов состоит из гидроксида никеля, активная масса отрицательных электродов — соответственно из кадмия или железа. Электролитом служит раствор гидроксида калия с добавкой моногидрата гидроксида лития. Большинство никель-кадмиевых и никель-железных аккумуляторов выпускается в ламельном исполнении, активная масса помещается внутри

сменных перфорированных коробок (ламелей). Аккумуляторы помещаются в стальные никелированные сосуды.

Напряжение аккумулятора зависит от режима разряда. Номинальное напряжение равно 1,15 В.

Соединяя указанные аккумуляторы, можно получить батареи с различными характеристиками. Емкость никель-кадмиевых аккумуляторов составляет не менее 0,6 номинальной емкости при -20°C и не менее 0,2 номинальной емкости при -40°C .

Никель-цинковые аккумуляторы. Активными веществами в аккумуляторах служат гидроксид никеля и цинк, электролитом – раствор гидроксида калия.

Напряжение при разряде 1,7–1,8 В, удельная энергия до 50–70 Вт ч/кг. Аккумулятор НЦ-125 имеет емкость 125 Ач при 2-ч разряде и номинальное напряжение 1,65 В. Удельная энергия 50 Вт ч/кг и 100 кВт ч/м³. Аккумулятор НЦ-240 имеет емкость 240–280 А ч, массу– 9 кг. Нарботка аккумуляторов 150 циклов.

Обзор современных аккумуляторов

Идеальный автономный источник тока должен иметь небольшие габариты и массу, но в то же время обладать достаточной энергоемкостью для продолжительной работы в заданных условиях, допускать многократное использование. В качестве автономных источников питания радиоэлектронной аппаратуры (в частности, носимой) широко используют аккумуляторы – никель-кадмиевые (Ni-Cd), никель-металлгидридные (Ni-MH), герметичные свинцово-кислотные (SLA – Sealed Lead Acid) и литий-ионные (Li-ion). Каждой из разновидностей присущи свои преимущества и недостатки, что в конечном итоге и определяет области их применения. Тем не менее, по совокупности параметров литий-ионные аккумуляторы, как первичные источники питания носимой аппаратуры, имеют шансы заметно потеснить и действительно теснят аккумуляторы других типов.

Ni-Cd - аккумуляторы сочетают в себе большой срок службы (число циклов зарядка-разрядка), способность отдавать в нагрузку значительный ток и относительно невысокую стоимость. Именно поэтому их чаще всего используют для питания самой различной аппаратуры. Один из существенных недостатков подобных аккумуляторов – заметная саморазрядка.

Ni-MH - аккумуляторы отличаются от Ni-Cd большей удельной емкостью, но меньшим сроком службы и повышенным внутренним сопротивлением. Последнее обстоятельство не позволяет применять их для питания устройств, потребляющих большой ток.

SLA - аккумуляторы иногда называют "гелевыми" (Gel Cells). Они могут отдавать в нагрузку значительные токи, но имеют самую низкую удельную емкость. Для носимой аппаратуры они слишком тяжелы. Благодаря малой саморазрядке аккумуляторы хорошо подходят для автономного питания в течение длительного периода аппаратуры, потребляющей малый ток.

Li-ion - аккумуляторы имеют наиболее высокую удельную емкость, спо-

способны отдавать большой ток в нагрузку, сравнительно слабо подвержены саморазрядке и допускают быструю зарядку. К числу их достоинств можно отнести предсказуемость остаточной емкости и возможность подзаряжать аккумулятор в любой момент независимо от степени разряженности. Но Li-ion аккумуляторы относительно дороги и требуют тщательного контроля режимов зарядки и разрядки. Но по совокупности параметров их следует признать лучшими.

Ni-MH - аккумуляторы были разработаны в 1990 г. С тех пор они заметно потеснили широко известные Ni-Cd - аккумуляторы. Главное их преимущество в более высокая плотность энергии на единицу объема, выражаемая в размерности ватт · час на литр (Вт·ч/л).

Типовое значение плотности энергии лучших образцов Ni-Cd - аккумуляторов составляет 120 Вт ч/л, в то время как для металлгидридных оно имеет значение 175Втч/л, а для литий-ионных – 230 Вт ч/л.

Другое преимущество металлгидридного аккумулятора заключается в его "удельной" стоимости. В пересчете на единицу электрической емкости источника тока эти аккумуляторы вдвое дешевле по сравнению с литий-ионными, но, правда, во столько же дороже Ni-Cd. Впрочем, последнее не является принципиальным недостатком металлгидридных аккумуляторов – их никель-кадмиевые конкуренты окончательно проиграли борьбу по другим позициям – массогабаритным параметрам и высокой токсичности кадмия при утилизации.

Номинальное напряжение никель-кадмиевых и металлгидридных аккумуляторов одинаково и составляет примерно 1,25 В. Оно практически постоянно в течение всего цикла разрядки, снижаясь резко только в конце этого цикла. У литий-ионного аккумулятора номинальное напряжение составляет 3,6 В. В процессе цикла разрядки оно линейно уменьшается. Ниже определенного напряжения литий-ионный аккумулятор разряжать не желательно.

Внутреннее сопротивление Ni-Cd и Ni-MH - элементов очень низкое (менее 0,1 Ом для элементов типоразмера АА), поэтому они позволяют получить значительный разрядный ток. У Li-ion - элементов внутреннее сопротивление на порядок больше. Это ограничивает применение Li-ion - аккумуляторов в устройствах с большим потребляемым током, например, в радиостанциях.

В режимах быстрой зарядки Ni-Cd аккумулятор позволяет, при необходимости, выполнить эту процедуру за 15 мин, Ni-MH - элемент – по крайней мере, за час, а Li-ion – за два часа.

По надежности металлгидридные аккумуляторы близки к никель-кадмиевым, но склонны к отказам при высоких разрядных токах.

Металлгидридные аккумуляторы имеют еще одно преимущество перед литий-ионными. При прохождении 300 циклов зарядки-разрядки (с соблюдением правил эксплуатации) у металлгидридных совсем не происходило потери паспортного значения энергоемкости, в то время как у литий-ионных она снижается на 20 %. Более того, это наблюдается и при длительном хранении аккумуляторов без работы на реальную нагрузку.

Наиболее вероятными причинами отказов NiCd - элементов являются внутренние короткие замыкания, вызываемые ростом кристаллов, называемых дендритами. Хотя они и могут быть разрушены "форсированным" высоким за-

рядным током или зарядкой током специальной формы, дендриты повторно вырастают, если элемент используется нерегулярно.

Общеизвестная проблема для Ni-Cd - аккумуляторов – это "эффект памяти", который проявляется в частичной потере энергоемкости аккумулятора, если он будет поставлен на зарядку до полного разряда. Он как бы "помнит" точку начала очередного цикла подзарядки и при разрядке активно отдаст только что полученную во время последней подзарядки энергоемкость.

"Эффект памяти" присущ также и Ni-MH - аккумуляторам. Из этого следует сделать вывод, что необходимо устройство, которое бы контролировало глубину разрядки. За нижнюю границу принимают уровень 1,05...1,1 В на элемент, при этом "эффектом памяти" можно пренебречь. Такие устройства повсеместно применяются в мобильных и переносных телефонах, поэтому даже если в них и проявляется этот эффект, то он минимизирован – энергоемкость никогда не снижается более чем на 10 %. Если "эффект памяти" в какой-то период эксплуатации все же проявился, то его устраняют несколькими циклами тренировки (зарядка-разрядка). После этого аккумуляторы вполне пригодны для дальнейшей работы в составе любых потребителей.

Для минимизации отказов Ni-MH - аккумуляторов необходимо предусмотреть устройства их защиты и при зарядке, например от коротких замыканий в цепях зарядного устройства.

По сравнению с Ni-Cd - аккумуляторами металлгидридные обладают еще одним несравненным преимуществом – они экологически чисты. Если в NiCd аккумуляторе одна пятая часть массы изделия составляет небезопасный для природы и человека кадмий, то Ni-MH - аккумулятор не содержит ни кадмия, ни ртути, ни их соединений, и для окружающей среды "отслуживший" экземпляр не представляет никакой опасности.

И никель-кадмиевые, и металлгидридные аккумуляторы заряжают от источника постоянного тока. Значение зарядного тока определяется типом используемых аккумуляторов, для которых установлены вполне конкретные значения величины тока и продолжительности зарядки. Допуски на стабильность напряжения не оговариваются. В отличие от них литиевым аккумуляторам требуется источник с напряжением порядка 4,2 В (на элемент) с довольно жестким допуском – не более $\pm 0,05$ В.

Существует два способа подзарядки аккумуляторов *быстрый и продолжительный*. Продолжительный способ, принимаемый всеми изготовителями аккумуляторов как основной, выполняется небольшим по величине током, безопасным для элементов в случае нарушения временного режима. Большое преимущество этого способа в том, что не требуется никаких устройств индикации окончания подзарядки, поскольку, как было сказано выше, небольшой ток не может вывести из строя элемент или батарею независимо от того, как долго происходит подзарядка. Недостаток – длительность процесса зарядки.

Для большинства никель-кадмиевых аккумуляторов установлен номинальный зарядный ток равный 0,1 энергоемкости (Е) данного типа при продолжительности подзарядки 12 ч (для отечественных аккумуляторных элементов принята продолжительность цикла зарядки 15 ч). Для аккумуляторов типораз-

мера C номинальным зарядным током принято значение, численно равное его энергоемкости.

Металлгидридные элементы, по сравнению с никель-кадмиевыми аккумуляторами, предъявляют более жесткие требования к зарядному току. Максимальная безопасная его величина определяется изготовителем и обычно составляет 0,025...0,1 Е. Превышение этого тока может повредить элемент, если в зарядном устройстве не предусмотрены меры по его защите и контролю окончания зарядки.

Быстрые режимы зарядки для никель-кадмиевых и металлгидридных аккумуляторов определены длительностью в один час с увеличением зарядного тока до значения 1,2 Е. При быстрых режимах зарядки существует опасность "перезарядить" аккумулятор, а это для него тоже нежелательно, так как приводит к выходам из строя или потере энергоемкости. Вот почему такой способ подзарядки должен жестко контролироваться.

Особенности литий-ионных аккумуляторов. Литий-ионные аккумуляторы требуют особого режима зарядки, который сокращенно называют CC–CV (Constant Current – Constant Voltage, т.е. "неизменный ток – неизменное напряжение"), причем зарядное устройство должно сочетать в себе источник тока и источник напряжения. Параметры режима зарядки указывают таким образом: 1,6А–4,1V (зарядка током 1,6 А при максимальном напряжении на аккумуляторе 4,1 В) или 1С –4,1 V (зарядка током, численно равным емкости аккумулятора, при максимальном напряжении 4,1 В). Нередко указывают еще и время, по истечении которого аккумулятор можно считать заряженным полностью. Конкретные значения параметров зарядки варьируются в широких пределах, и брать их следует только из фирменной документации на применяемый аккумулятор.

Особенности эксплуатации аккумуляторных батарей:

1. Аккумуляторная батарея должна обеспечивать в течение 8 ч большой разрядный ток при малом весе. При загорании индикаторной лампы категорически запрещено вести передачу сообщений. Необходимо производить зарядку аккумуляторной батареи (работа 8 ч – заряд 10-15 ч или подзарядку 3-4 ч).

Зарядные устройства бывают двух типов:

- с системой автоматического контроля;
- без автоматического контроля.

2. При применении радиостанции в условиях низких температур необходимо использовать шнур с переходными колодками.

3. Не допускать переплюсовки.

ЛИТЕРАТУРА

Нормативно-правовые акты:

1. Конституция Российской Федерации от 12 декабря 1993 г. (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции Российской Федерации от 30 декабря 2008 г. № 6-ФКЗ, от 30 декабря 2008 г. № 7-ФКЗ, от 05.02.2014 г. №2-ФКЗ, от 21 июля 2014 г. №11-ФКЗ) [электронный ресурс]. Документ предоставлен Консультант Плюс www.consultant.ru (дата сохранения: 28.09.2017).

3. Федеральный закон РФ от 27 июля 2006 г. №152-ФЗ «О персональных данных» (с изм. и доп.) [электронный ресурс]. Документ предоставлен Консультант Плюс www.consultant.ru (дата сохранения: 28.09.2017).

4. Федеральный закон от 7 февраля 2011 г. № 3-ФЗ «О полиции» (ред. от 29.07.2017) (с изм. и доп.) [электронный ресурс]. Документ предоставлен Консультант Плюс www.consultant.ru (дата сохранения: 28.09.2017).

5. Межведомственный приказ МО РФ, МВД РФ, МЧС РФ, МЮ РФ, ФСБ РФ, ФСО РФ, ФСЖВ РФ, СВР РФ, ГТК при Президенте РФ, ГУСП Президента РФ от 7 июня 2003 г. №037/050/011/37с/0150/060/072/0573/030/06 «Об утверждении типовой схемы управления и взаимодействия федеральных органов исполнительной власти и перечня унифицированных средств связи, применяемых при обеспечении связи и взаимодействия федеральных органов исполнительной власти в вооружённых конфликтах, специальных (контртеррористических), миротворческих операциях и чрезвычайных ситуациях».

6. Совместный приказ ФСБ РФ, Минобороны РФ, МЧС РФ, МВД РФ, ФСО РФ, ФСИН РФ от 16 февраля 2008 г. № 045/09/4с/012/034/05 «Об утверждении Инструкции о порядке организации и проведения контртеррористических операций».

7. Приказ МВД России от 26 августа 2009 г. № 653дсп "Об утверждении Инструкции о порядке применения нормативов прохождения шифрованной информации в сетях шифрованной связи системы МВД России".

8. Приказ МВД России от 06 февраля 2012 г. №88дсп «О совершенствовании подготовки сил и средств органов внутренних дел Российской Федерации и внутренних дел МВД РФ к действиям при чрезвычайных обстоятельствах».

9. Приказ МВД России от 16 апреля 2012 г. № 335 "Об утверждении норм положенности техники связи, норм технического ресурса, сроков эксплуатации и ремонта техники связи во внутренних войсках МВД России"// СТРАС «Юрист» (дата сохранения: 25.09.2017).

10. Приказ МВД России от 02 июля 2012 г. № 660 "Об утверждении Типового положения о подразделении информационных технологий, связи и защиты информации территориального органа Министерства внутренних дел Российской Федерации" (ред. 08.06.2016) // СТРАС «Юрист» (дата сохранения: 25.07.2017).

11. Приказ МВД России от 06 июля 2012 г. №678 «Об утверждении Инструкции по организации защиты персональных данных, содержащихся в ин-

формационных системах органов внутренних дел Российской Федерации».

12. Приказ МВД России от 29 декабря 2012 г. № 1157 "Об утверждении норм положенности специальной техники для отдельных подразделений центрального аппарата МВД России и средств связи, вычислительной, электронной организационной и специальной техники для территориальных органов МВД России, медицинских (в том числе санаторно-курортных) организаций системы МВД России, окружных управлений материально-технического снабжения системы МВД России, а также иных организаций и подразделений, созданных для выполнения задач и осуществления полномочий, возложенных на органы внутренних дел Российской Федерации" (ред. 21.07.2017).

13. Приказ МВД России от 29 марта 2013 г. № 178дсп «О Перечне образцов (комплексов, систем) специальной техники, принятых на снабжение органов внутренних дел Российской Федерации» // СТРАС «Юрист» (дата сохранения: 25.07.2017).

14. Приказ МВД России от 01 декабря 2014 г. №1075дсп «Об утверждении Наставления об организации деятельности органов внутренних дел Российской Федерации и внутренних войск МВД России по обеспечению безопасности граждан и общественного порядка при проведении публичных и массовых мероприятий».

15. Приказ МВД России от 28 марта 2015 г. № 381 "Об организации взаимодействия территориальных органов МВД России на железнодорожном, водном и воздушном транспорте с иными территориальными органами МВД России и разграничении объектов оперативного обслуживания".

16. Приказ МВД России от 30 ноября 2016 г. № 772 "Об утверждении Наставления по технической эксплуатации средств связи и автоматизации территориальных органов Министерства внутренних дел Российской Федерации" // СТРАС «Юрист» (дата сохранения: 25.07.2017).

17. Приказ МВД России от 30 ноября 2016 г. № 772 "Об утверждении Наставления по технической эксплуатации средств связи и автоматизации территориальных органов Министерства внутренних дел Российской Федерации" // СТРАС «Юрист» (дата сохранения: 25.07.2017).

Основная литература:

18. Кочетков М.В. Специальная техника органов внутренних дел: учебное пособие / Кочетков М.В.— С.: Вузовское образование, 2015. - 96 с.

19. Специальная техника органов внутренних дел. Ч. 1 [Текст] : учебник / А. Б. Сизоненко, В. Т. Жалкиев, А. А. Сафронов. - М.: ДГСК МВД России, 2014. - 264 с.

20. Проводные средства и системы связи: Учебно-методическое пособие / Авт.-сост.: Ф.К. Зиннуров, Ф.Р. Хисамутдинов, Шляхтин Е.П., Матижев П.В – Казань: Казанский юридический институт МВД России, 2015 – с. 62.

21. Технические средства и системы радиосвязи: Учебно-методическое пособие / Авт.-сост.: кандидат педагогических наук Матижев П.В – Казань: Казанский юридический институт МВД России, 2015 – с. 72.

22. Специальные средства органов внутренних дел: Учебно-методическое пособие / Авт.-сост.: Ф.К. Зиннуров, Ф.Р. Хисамутдинов, Шляхтин Е.П., Матижев П.В – Казань: Казанский юридический институт МВД России, 2015 – с. 100.

23. Технические средства и системы охраны: Учебно-методическое пособие / Авт.-сост.: Ф.К. Зиннуров, Ф.Р. Хисамутдинов, Шляхтин Е.П., Матижев П.В – Казань: Казанский юридический институт МВД России, 2015 – с. 60.

Дополнительная литература:

24. Даянов, И. С. Специальная техника общего назначения: учебное пособие / И.С. Даянов, Р.Р. Мамлеев, Р.М. Яппаров. – Уфа: ОН и РИО УЮИ МВД РФ, 2011. – 190 с.

25. Специальная техника органов внутренних дел: хрестоматия / сост. В. Э. Баумтрог. - Барнаул : Барнаульский юридический институт МВД России, 2014. - 142 с.

26. Кемпф, В. А. Основы информационной безопасности органов внутренних дел: учебное пособие / В.А. Кемпф. - Барнаул: Барнаульский юридический институт МВД России, 2014.

27. Новые образцы вооружения, боеприпасов и специальной техники органов внутренних дел и внутренних войск МВД РФ: справочное издание. – М.: ВНИИ МВД РФ. – 2011. – 170 с.

Учебное издание

**ШЛЯХТИН ЕВГЕНИЙ ПАВЛОВИЧ
МАТИЖЕВ ПЁТР ВЛАДИМИРОВИЧ
НЕНАРОКОВ СЕРГЕЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ**

Основы применения технических средства и систем радиосвязи в борьбе с преступностью

Учебно-практическое пособие