

от помех нелинейности 2-го и 3-го порядков при использовании предрегулирования:

$$\Delta A_{\text{зн2р}} = 0,5(\Delta A - 2\Delta p_{\text{ср}}) +$$

$$+ 10 \lg \frac{\text{sh} [0,115n(\Delta A - 2\Delta p_{\text{ср}})]}{n \text{sh} [0,115(\Delta A - 2\Delta p_{\text{ср}})]},$$
(4.82)

$$\Delta A_{\text{зн3р}} = 0,5(\Delta A - 3\Delta p_{\text{ср}}) +$$

$$+ 20 \lg \frac{\text{sh} [0,115 \frac{n}{2} (\Delta A - 3\Delta p_{\text{ср}})]}{n \text{sh} [0,115 \frac{1}{2} (\Delta A - 3\Delta p_{\text{ср}})]}.$$
(4.83)

Снижение защищенности от суммарных помех в верхних по частоте каналах передачи, где помехами нелинейности 2-го порядка можно пренебречь, определяется выражением, аналогичным (4.79). Для приведенного выше примера снижение защищенности при наличии предрегулирования и оптимальном уровне передачи составит $\Delta A_{\text{зсгр}} = 0,716$ дБ; $\Delta A_{\text{зн3р}} = -0,263$ дБ; $\Delta A_{\text{зн}} = 0,413$ дБ.

Приведенные расчеты иллюстрируют эффективность предрегулирования, которая обеспечивает повышение защищенности от суммарных помех на 1,5 дБ, т. е. уменьшает мощность помех в 1,4 раза при неизменной протяженности секции регулирования.

ГЛАВА 5. АППАРАТУРА МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ С ЧРК

5.1. СТАНДАРТНАЯ КАНАЛООБРАЗУЮЩАЯ АППАРАТУРА

Каналообразующая аппаратура (КОА) является типовой для всех СП с ЧРК, что позволяет упростить и удешевить как их производство, так и эксплуатацию. Эта аппаратура также называется каналоформирующим оборудованием (КФО).

Для упрощения внутристанционного монтажа и коммутации КОА размещается на стойках: индивидуальных преобразователей (СИП); первичных преобразователей (СПП); вторичных преобразователей и др. Конструкция стоек — блочная, типичная для СП.

Стойка индивидуального преобразования СИП-300 содержит оборудование для преобразования исходных сигналов (0,3...3,4 кГц) 300 каналов ТЧ в спектры 25 первичных групп (60...108

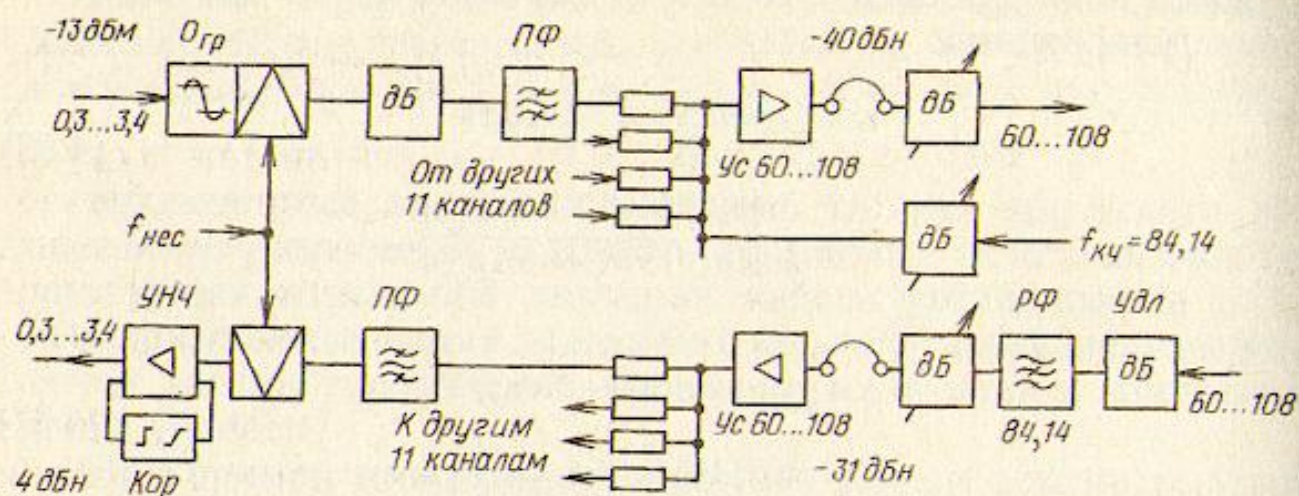


Рис. 5.1. Упрощенная структурная схема оборудования одного из каналов СИП-300

кГц) и обратного преобразования в приемной части. Упрощенная структурная схема оборудования одного из каналов СИП-300 приведена на рис. 5.1. Оборудование других каналов группы аналогично; отличаются только значения несущих частот и полосы пропускания канальных фильтров.

Спектр первичной группы (ПГ) 60...108 кГц формируется одноступенным индивидуальным преобразованием. Преобразователи выполнены на транзисторах, работающих в режиме усиления. Используются балансные схемы. Полезная боковая полоса (нижняя) выделяется электромеханическим ПФ. Параллельное соединение этих фильтров осуществляется через развязывающее устройство — резисторы с сопротивлением 150 Ом, включенные последовательно с низкоомным (менее 3 Ом) входным сопротивлением усилителя. Такое включение исключает взаимное влияние выходных сопротивлений параллельно соединенных фильтров.

Для работы АРУ первичной группы на вход усилителя подается ток КЧ 84,14 кГц. Ограничитель больших напряжений (Огр) включен в тракт передачи для устранения возможной перегрузки групповых устройств. С помощью удлинительных (Удл) устанавливаются требуемые значения измерительных уровней.

Режекторный фильтр (РФ) на входе приемного тракта подавляет ток КЧ 84,14 кГц. Усилитель тональной частоты обеспечивает номинальное значение измерительного уровня на выходе приемного тракта и при необходимости коррекцию АЧХ канала ТЧ. Назначение остальных элементов тракта приема аналогично назначению соответствующих элементов тракта передачи.

Измерительные уровни на входе тракта передачи и выходе тракта приема соответственно равны -13 и $+4$ дБм0, на выходе тракта передачи и входе тракта приема соответственно -34 и -25 дБм0.

В СИП-300 обеспечивается возможность объединения трех или двух каналов ТЧ для организации канала звукового вещания.

Передача токов сигналов взаимодействия осуществляется частотой 2100 Гц.

Промышленностью выпускаются следующие типы стоек: СИП-300, СИП-ГО-252, СИП-ГО-252-ГЗ, СИП-144, СИП-ГО-120 и СИП-ГО-120-ГЗ. На стойке СИП-ГО-252 устанавливается оборудование для формирования спектров 21 ПГ и генераторное оборудование. Последнее предназначено для получения всех необходимых несущих частот и обеспечивает ими данную стойку и четыре стойки СИП-300. Если на этой же стойке расположен и задающий генератор, то к ее наименованию прибавляют буквы ГЗ.

Стойки типов СИП-144, СИП-ГО-120 и СИП-ГО-120-ГЗ имеют неполную комплектацию и применяются при организации относительно небольшого числа каналов. Для этих же целей используется ранее разработанная стойка СИП-60, которая содержит оборудование для формирования спектров пяти ПГ.

Упрощенная структурная схема оборудования одного из каналов СИП-60 приведена на рис. 5.2. Спектр частот ПГ формируется с помощью одной ступени преобразования. В отличие от СИП-300 здесь применяются пассивные балансные преобразователи частоты и магнитоотрицательные ПФ. Компенсация реактивных составляющих входных сопротивлений параллельно включенных ПФ осуществляется корректирующими контурами (КК) с резонансными частотами 54,5 и 120,3 кГц. Ввод КЧ и сигналов вещания в тракт передачи осуществляется через неравноплечные дифференциальные системы (ДСн).

Комплект образования трактов первичных групп (КОТ-ПГ) позволяет создать первичный сетевой тракт с номинальной полосой 60...108 кГц. В КОТ-ПГ предусматривается возможность ввода и подавления тока КЧ 84,14 (84,08) кГц, ввода и подавления токов частот сетевого контроля (60,4 и 107,9 кГц) и коррекции АЧХ сетевого тракта.

Упрощенная структурная схема КОТ-ПГ приведена на рис. 5.3. Ввод КЧ и частот сетевого контроля в тракт передачи и их

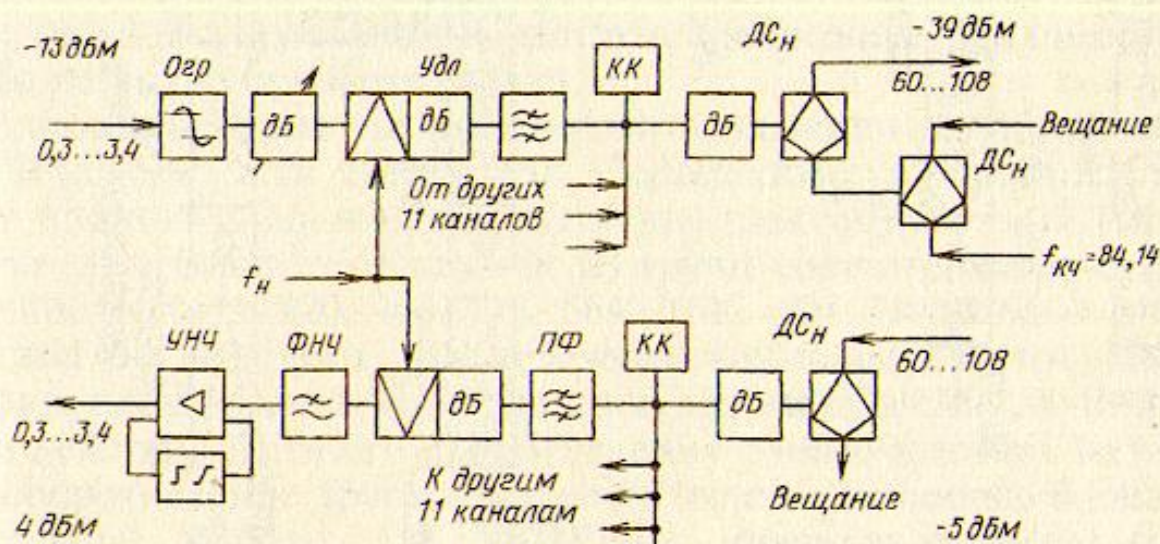


Рис. 5.2. Упрощенная структурная схема оборудования одного из каналов СИП-60

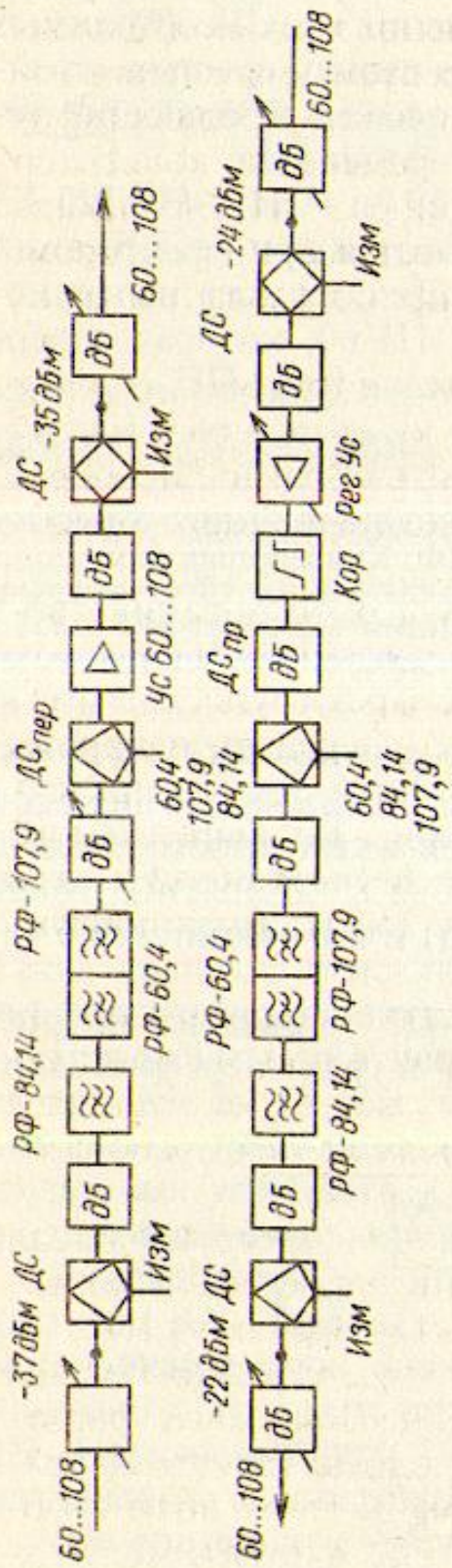


Рис. 5.3. Упрощенная структурная схема КОТ-ПП

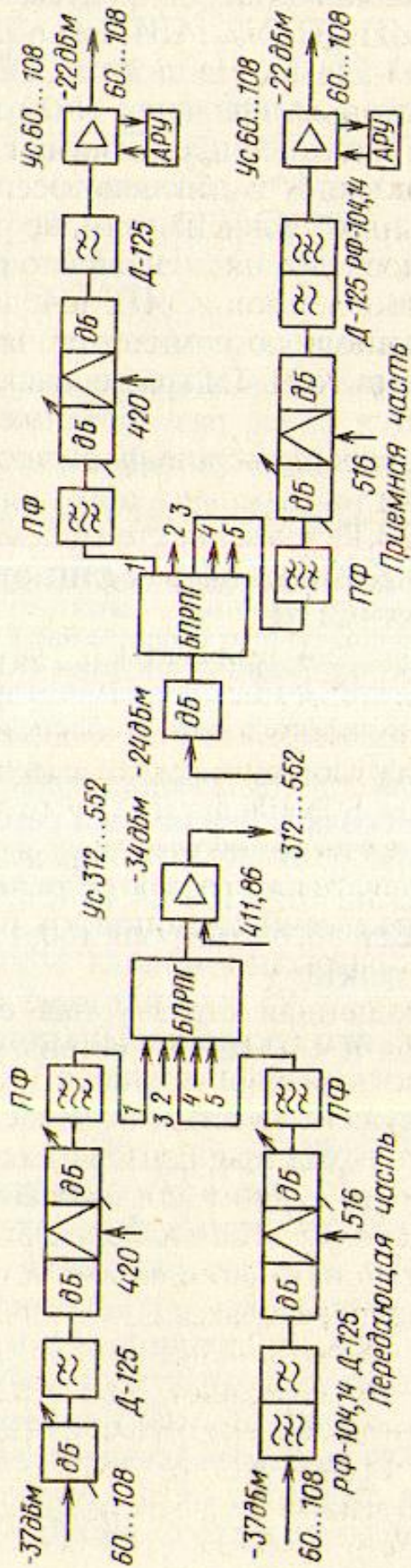


Рис. 5.4. Структурная схема оборудования вторичной группы

ответвление в тракте приема осуществляются через неравноплечные дифсистемы ($ДС_{пер}$ и $ДС_{пр}$ соответственно). Измерительные ДС позволяют контролировать уровень КЧ и с помощью специально вводимых частот проверять электрические характеристики тракта без нарушения действия связи.

Режекторные фильтры (РФ) препятствуют попаданию в тракт передачи частот, совпадающих с контрольными и измерительными частотами. Удлинитель обеспечивает требуемые значения измерительных уровней и согласованное включение предшествующих и последующих элементов тракта. Переменный корректор локального действия обеспечивает коррекцию АЧИ. Усилитель тракта приема компенсирует затухание, вносимое корректором. Комплекты КОТ-ПГ размещаются на стойке образования трактов ПГ.

Комплект преобразования первичных групп позволяет из пяти ПГ в тракте передачи образовать основную вторичную группу (312...552 кГц), а в тракте приема осуществить обратное преобразование. Комплекты размещаются на стойке первичного преобразования (СПП).

На рис. 5.4 показаны структурные схемы оборудования третьей и одной из остальных четырех ПГ, образующих ВГ, так как по составу оборудование каждой из этих четырех групп идентично. В оборудовании третьей группы в тракты передачи и приема включены РФ-104,14. В тракте передачи данный фильтр предотвращает влияние возможных помех со стороны индивидуального преобразовательного оборудования на ток КЧ 411,86 кГц, а в тракте приема обеспечивает защиту каналов ТЧ от помех продуктов преобразования КЧ.

Фильтр Д-125 в тракте передачи препятствует проникновению побочных продуктов преобразования, а в тракте приема подавляет неиспользуемую верхнюю боковую полосу частот, остаток частоты несущего колебания и частоты, прошедшие без преобразования на выход преобразователя.

Для обеспечения согласованного включения преобразователя и ПФ используется удлинитель. Переменные удлинители позволяют установить одинаковые затухания трактов всех пяти ПГ.

На преобразователи каждой из групп соответственно поданы несущие частоты 420, 468, 516, 564 и 612 кГц. Полосовые фильтры типа LC выделяют полезные боковые полосы частот. Параллельное подключение этих фильтров для уменьшения шунтирующего действия входного сопротивления одного фильтра на входное сопротивление другого осуществляется с помощью блока параллельной работы ПГ (БПРПГ), представляющего собой устройство типа распределителя мощности.

Усилитель тракта передачи обеспечивает номинальное значе-

ние измерительного уровня на выходе СПП (-34 дБм), а усилитель тракта приема – номинальное значение измерительного уровня на выходе тракта приема СПП (-22 дБм). В цепь ООС этого усилителя включен частотно-независимый корректор, затухание которого регулируется устройством АРУ по току КЧ первичной группы $84,14$ кГц.

Комплект образования трактов вторичных групп (КОТ-ВГ) позволяет образовать сетевой вторичный тракт с номинальной полосой частот $312...552$ кГц. В КОТ-ВГ предусматривается возможность ввода, подавления и вывода КЧ вторичной группы ($411,86$ кГц), ввода и подавления частот контроля ($311,7$ и $552,3$ кГц) и выравнивания АЧХ тракта. Таким образом, назначение КОТ-ВГ аналогично КОТ-ПГ, что определило аналогичность построения их структурных схем. Разница заключается в значениях частот РФ, которые в КОТ-ВГ равны $411,86$; $311,7$ и $552,3$ кГц, и полосах частот, на которые рассчитан усилитель-корректор.

Оборудование преобразования вторичных групп располагается на стойке вторичных преобразователей (СВП) и предназначено для создания третичной группы (ТГ) на основе пяти ВГ. Структурная схема передающего и приемного преобразовательного оборудования одной из ВГ приведена на рис. 5.5. Оборудование одной группы отличается от другой значениями несущих частот и полосой пропускания ПФ.

Фильтры Д-600 в трактах передачи и приема подавляют возможные помехи преобразовательного оборудования ВГ, побочные продукты преобразования и остатки токов несущих частот. Полосовые фильтры выделяют полезные полосы частот. Переменные удлинители обеспечивают согласованное включение преобразователя и ПФ. Кроме того, они позволяют сделать одинаковыми затухания трактов всех пяти ВГ.

Усилитель тракта передачи компенсирует затухание, вносимое предшествующими элементами, и обеспечивает номинальный

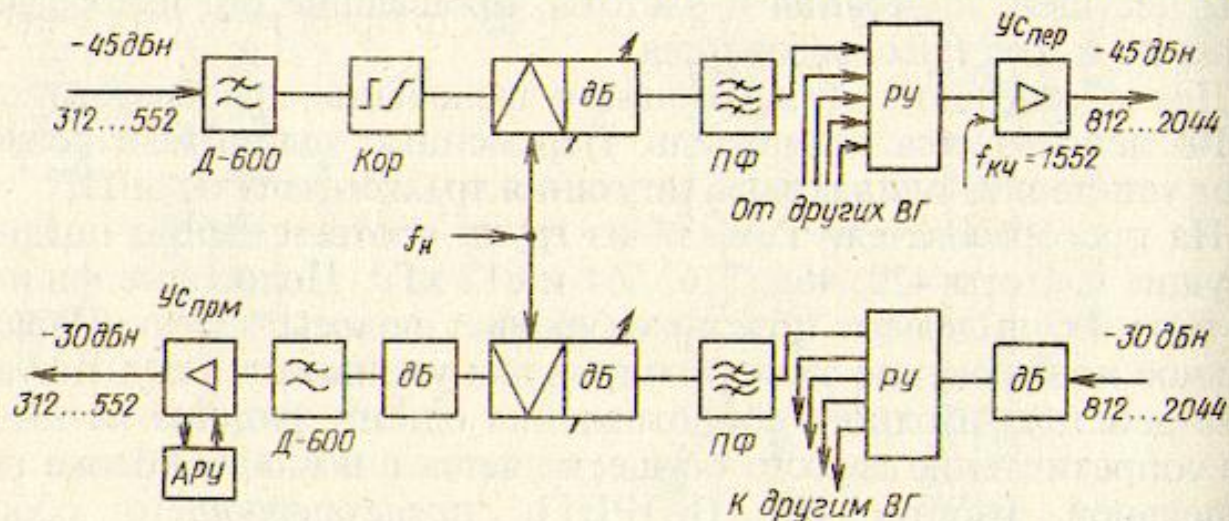


Рис. 5.5. Структурная схема передающего и приемного преобразовательного оборудования одной из вторичных групп

измерительный уровень на выходе тракта передачи (-45 дБн). Номинальный уровень на выходе тракта приема (-30 дБн) обеспечивает усилитель этого тракта. Усиление этого усилителя изменяется с помощью АРУ, управляемой КЧ $411,86$ кГц.

Измерительные уровни на входе трактов передачи и приема соответственно равны -45 и -30 дБн.

Комплект образования трактов третичных групп (КОТ-ТГ) позволяет организовать сетевой третичный тракт с номинальной полосой частот $812...2044$ кГц. Структурная схема комплекта подобна структурным схемам КОТ-ПГ и КОТ-ВГ, т. е. она содержит те же элементы, но рассчитанные на другие частоты. Поскольку КОТ-ТГ предусматривает возможность ввода, подавления и распределения КЧ третичных групп (1552 кГц), ввода и подавления токов частот контроля (2046 и 2048 кГц) и выравнивания АЧХ тракта, то РФ подавляют эти частоты, а усилитель-корректор рассчитан на полосу частот третичного тракта.

Оборудование преобразования третичных групп (аппаратура преобразования третичных групп АПТГ) позволяет создать третичный групповой тракт на основе четверичного сетевого тракта. Оно обеспечивает преобразование полос частот трех основных ТГ в полосу частот основной ЧГ и обратное преобразование, автоматическое регулирование усиления по уровню тока КЧ 1552 кГц. Ее структурная схема практически аналогична структурной схеме ПВГ.

Аппаратура образования сетевых трактов четверичных групп (АОСТЧГ) обеспечивает создание четверичного сетевого тракта с номинальной полосой частот $8516...12388$ кГц, ввод тока КЧ 11096 кГц и его защиту от передаваемого сигнала на передаче и подавление тока КЧ и коррекцию неравномерности АЧХ сетевого тракта на приеме. Структурная схема аппаратуры аналогична схеме образования сетевых трактов ТГ.

Аппаратура АПТГ и АОСТЧГ была разработана для нового семейства МСП на базе К-10800.

5.2. АППАРАТУРА СОПРЯЖЕНИЯ И ЛИНЕЙНОГО ТРАКТА СП, РАБОТАЮЩИХ ПО КОАКСИАЛЬНОМУ КАБЕЛЮ

К этим системам относятся однополосные системы передачи К-5400, К-3600 и К-1920П, использующие кабели типа КМ-4 с коаксиальными парами $2,6/9,4$ мм и КМ-8/6 с парами $2,6/9,4$ и $1,2/4,6$ мм, и двухполосная система передачи К-120, использующая кабель ВКПАП.

Система передачи К-5400 позволяет по двум коаксиальным парам организовать 5400 каналов и, следовательно, по кабелю

КМ-4 – 10800 каналов ТЧ. Линейный спектр системы занимает полосу 4332...31084 кГц.

Линия передачи содержит следующие усилительные пункты: оконечный (ОП), питающий обслуживаемый (ПОУП), питающий необслуживаемый (ПНУП) и необслуживаемый (НУП). Часть НУП содержат устройства коррекции АЧИ (НУП-К). Максимальное расстояние между ОП составляет 830 км, а между питающими пунктами – 213 км. Номинальная длина усилительного участка 3 км. Корректирующие НУП-К обеспечивают компенсацию АЧИ до 20 усилительных участков.

В системе передачи К-5400 используются две КЧ: 31332 кГц – основная и 4287 кГц – вспомогательная. Устройства АРУ по основной КЧ располагаются во всех усилительных пунктах, а по вспомогательной частоте – в питающих пунктах. Устройства АРУ по КЧ 31332 кГц рассчитаны на компенсацию изменения затухания кабеля при изменении температуры грунта в пределах $\pm 12,5$ °С, а также отклонений затухания усилительных участков при разбросе их длин на $\pm 5\%$. Уровень поддерживается постоянным с точностью ± 3 дБ во всем линейном спектре частот при протяженности линейного тракта 830 км.

В ПНУП и ПОУП предусмотрена возможность ответвления из линейного тракта одной из двух нижних по спектру ЧГ.

Формирование линейного спектра системы (4332...31084 кГц) осуществляется в аппаратуре сопряжения (АС) на основе шести ЧГ, каждая из которых занимает полосу 8516...12388 кГц. Применяется одна ступень преобразования. В качестве несущих используются частоты 16720, 25520, 30360, 35200 и 39600 кГц. Несущих пять, так как вторая ЧГ переносится в линейный спектр без преобразования. После преобразования ПФ типа *LC* выделяют нижнюю боковую полосу частот. Образование линейного спектра системы передачи К-5400 показано на рис. 5.6. Объединение преобразованных ЧГ осуществляется через развязывающее устройство (РУ).

Оконечная аппаратура линейного тракта содержит усилительные и корректирующие устройства, предискажающий контур для улучшения соотношения полезный сигнал/помеха и контур компенсации предискажения в приемном тракте, режекторные фильтры, вносящие большое затухание частотам, совпадающим с линейными КЧ.

Контрольные частоты 31332 и 4287 кГц вводятся в тракт передачи после РФ, на приеме выделяются приемниками контрольного канала и управляют работой АРУ.

Система передачи К-3600 позволяет организовать по кабелю КМ-4 7200 каналов и до 14400 каналов по кабелю КМ-8/6. Линейный спектр системы 812...17596 кГц.

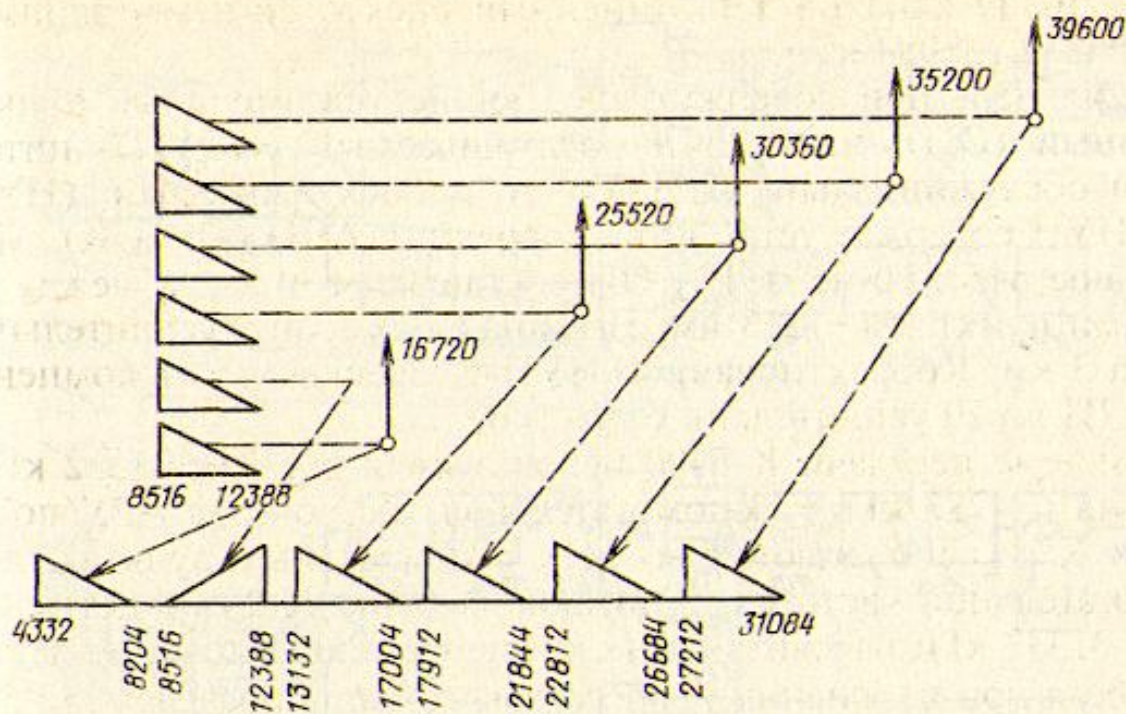


Рис. 5.6. Схема образования линейного спектра системы К-5400

Линия передачи содержит следующие усилительные пункты: оконечный (ОП), обслуживаемый промежуточный (ОУП), основной необслуживаемый (НУП), регулируемый необслуживаемый (НУП-Р) и корректирующий необслуживаемый (НУП-К). Максимальная протяженность переприемного участка (ОП-ОП) равна 1500 км. Максимальное расстояние между ОУП 186 км. Рекомендованная длина усилительного участка $3 \pm 0,075$ км.

Регулирующий НУП содержит устройства АРУ как по температуре грунта (предрегулирование), так и по основной КЧ 18432 кГц (послерегулирование). В НУП-К имеются устройства коррекции АЧХ. Они состоят из двух частей, одна из которых устанавливается на входе участка коррекции (предкорректирование), а вторая — на выходе участка коррекции (послекорректирование).

В линейном тракте системы передачи К-3600 используется трехчастотная АРУ, обеспечивающая требуемую стабильность уровней передачи и компенсирующая изменение затухания кабеля при изменении температуры грунта на $\pm 12,5$ °С от средней установочной температуры. Частота 18432 кГц, как указывалось выше, является основной, частоты 768 и 9216 кГц — вспомогательными. Устройства трехчастотной АРУ располагаются в каждом ОУП и ОП.

Линейный спектр системы передачи К-3600 образуется с помощью АС, структурная схема которой приведена на рис. 5.7. Оборудование сопряжения преобразует полосы частот 12 групп по 300 каналов (812...2044 кГц) в полосы частот двух групп по 1800 каналов: 812...8524 и 9884...17596 кГц. Преобразование производится с использованием несущих частот 4152, 5448, 6744, 8040 и 9336 кГц в первой 1800-канальной группе (первая 300-ка-

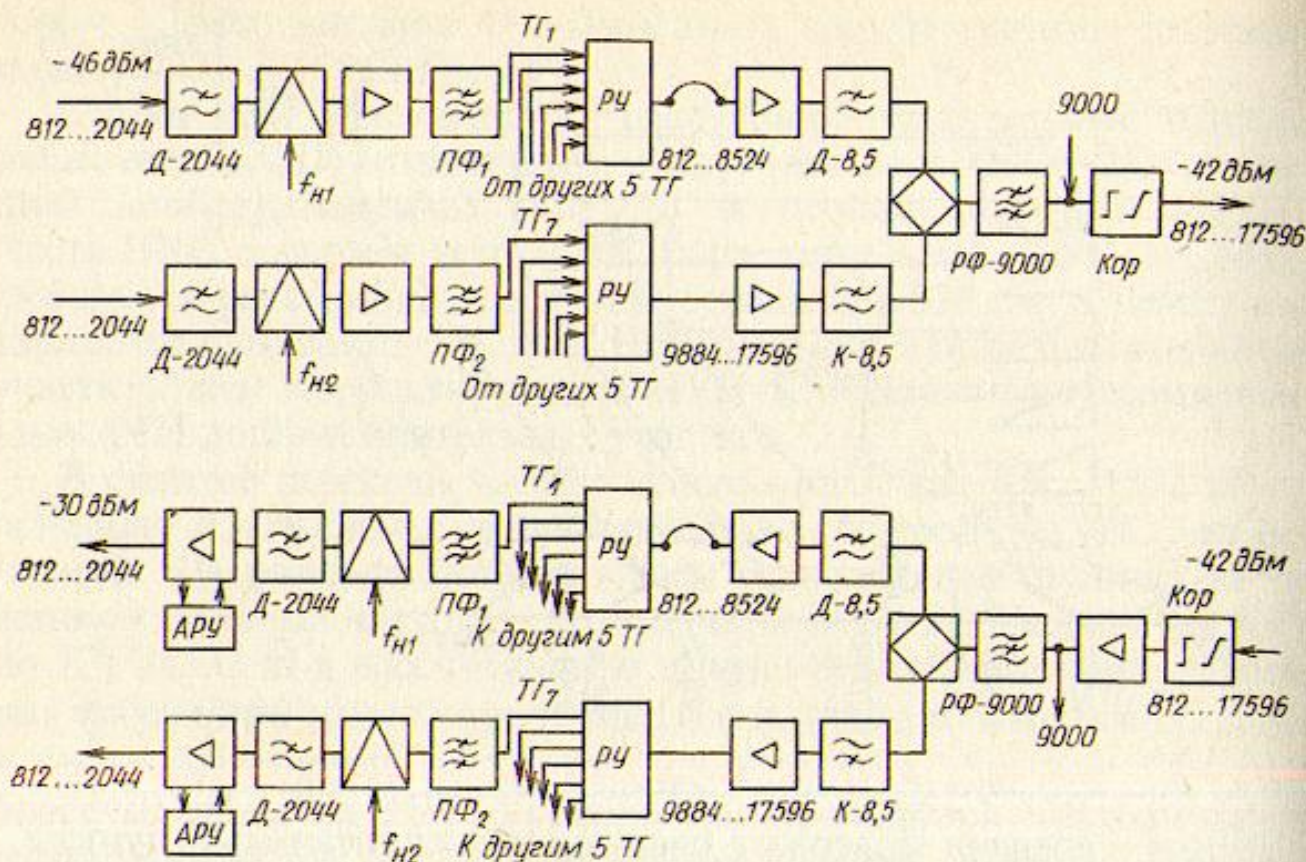


Рис. 5.7. Структурная схема аппаратуры сопряжения системы К-3600

нальная группа передается без преобразования) и 9072, 10368, 11664, 12960, 14256 и 18408 кГц во второй 1800-канальной группе. Объединение преобразованных спектров для получения линейного спектра частот осуществляется с использованием диф-системы, при этом изменения в режиме работы одной группы не сказываются на условиях работы другой. Образование линейного спектра системы передачи К-3600 показано на рис. 5.8.

В тракт передачи АС вводится частота сличения 9000 кГц. Она используется для стабилизации генераторного оборудования.

Оконечная аппаратура линейного тракта системы К-3600, структурная схема которой показана на рис. 5.9, содержит усилительные и корректирующие устройства, а также устройства АРУ.

Усилители обеспечивают требуемую диаграмму уровней, номинальное значение уровня передачи на выходе станции и компенсацию затухания кабеля предшествующего усилительного участка. Для улучшения соотношения сигнал-шум в тракте передачи включен предискажающий контур (КП). Для компенсации АЧИ, внесенных этим контуром на передаче, в приемном тракте включен контур компенсации предискажения (ККП). Контрольные частоты 768, 9216 и 18432 кГц вводятся в тракт передачи так, чтобы уровень их поддерживался постоянным. Компенсация АЧИ и ФЧИ, вносимых в тракт станционным и линейным оборудованием, осуществляется стационарными (КС и КСК) и ли-

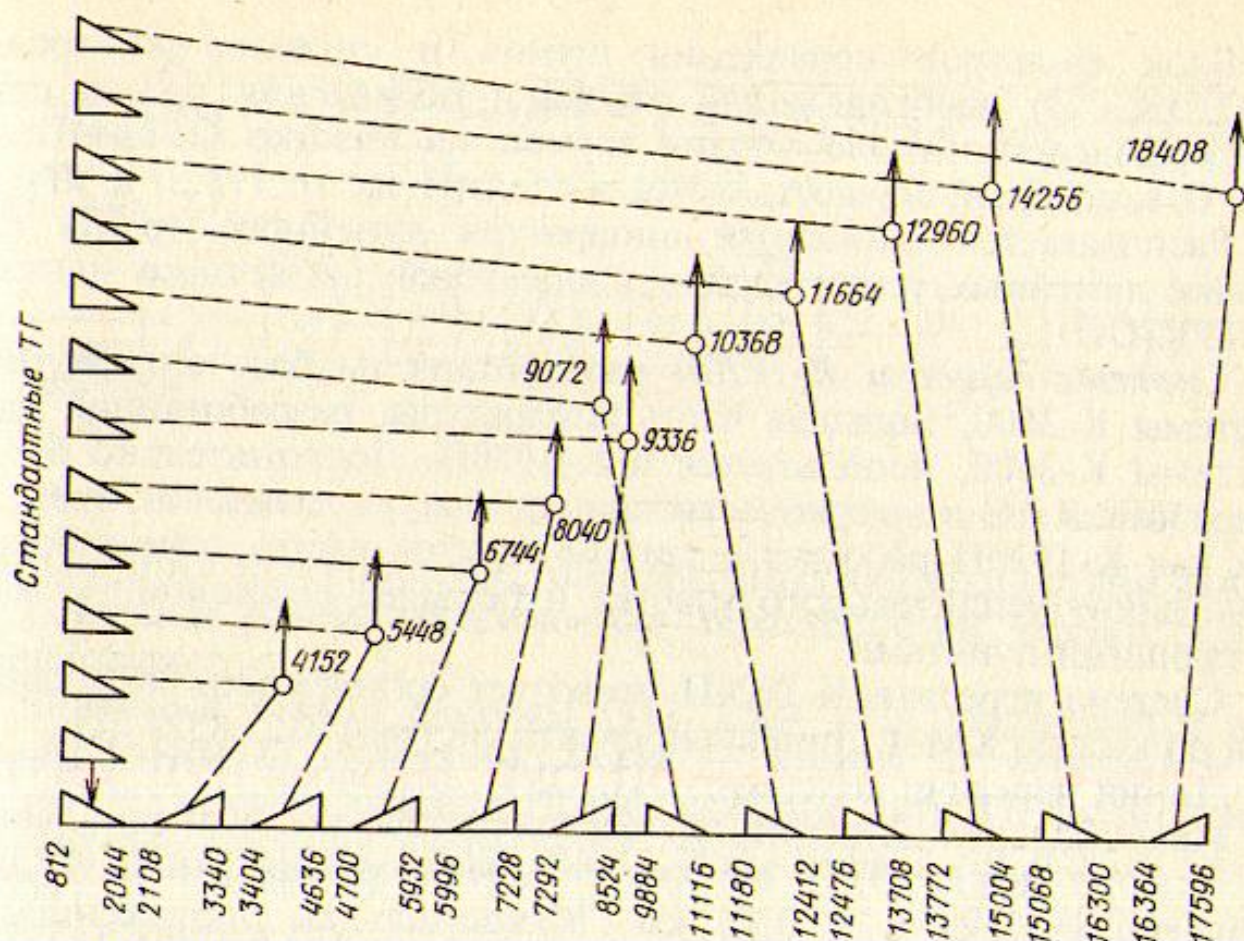


Рис. 5.8. Схема образования линейного спектра системы К-3600

нейными корректорами (ЛК). Переменный амплитудный корректор (ПАК) устраняет остаточные АЧИ. Регулировка их производится периодически. Режекторные фильтры (РФ) вносят большое затухание для частот, совпадающих с линейными КЧ.

В системе передачи К-3600 предусмотрен дистанционный контроль усилителей НУП. Контроль осуществляется в спектре частот 19802...19942 кГц, поэтому в оборудовании линейного тракта обеспечена возможность ввода измерительной частоты на передаче и выделения ее на приеме.

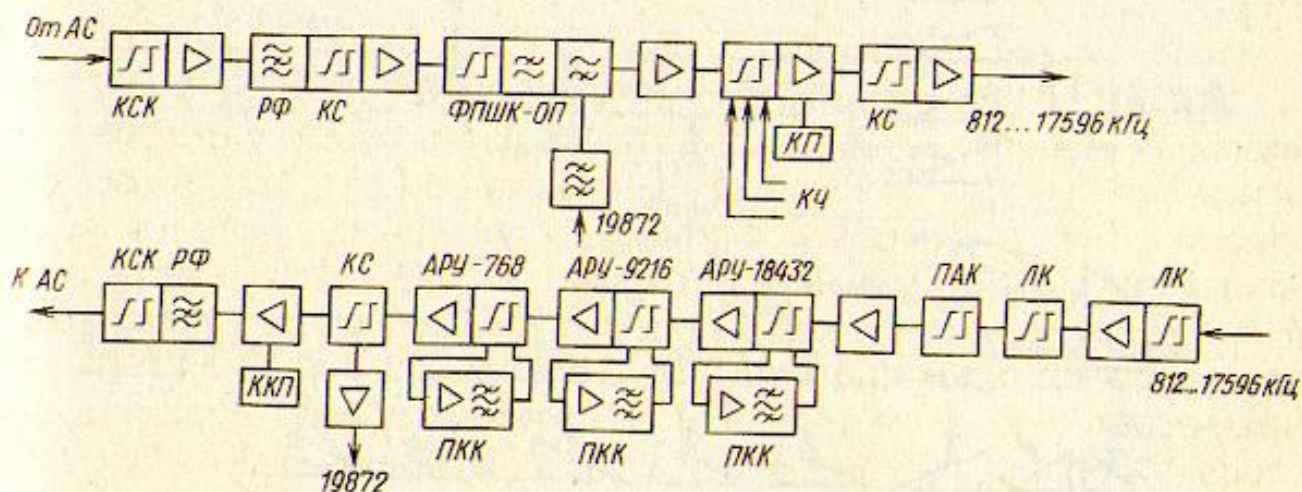


Рис. 5.9. Оконечная аппаратура линейного тракта системы К-3600

Блок фильтров подавления шумов и сигналов контроля (ФПШК-ОП) необходим для отбора и подавления шумов при непрерывном контроле уровня шумов на участке ОУП-ОП и ОП-ОП, который осуществляется в спектре частот 718...746 кГц.

Располагается оконечная аппаратура линейного тракта на стойке линейных усилителей и корректоров оконечного пункта (СЛУК-ОП).

Система передачи К-1920П разработана на базе аппаратуры системы К-3600. Большая часть аппаратуры, разработанной для системы К-3600, используется в К-1920П. Дополнительно была разработана АС и высокочастотная аппаратура линейного тракта, так как К-1920П работает в другом спектре частот, имеет большую длину усилительного участка и большее расстояние между питающими пунктами.

Система передачи К-1920П позволяет организовать 3840 каналов по кабелю КМ-4. Линейный спектр системы 312...8524 кГц.

Линия передачи содержит ОП, ОУП, основной НУП и НУП-Р. Максимальная длина линии передачи 1500 км. Максимальное расстояние между ОУП 246 км. Рекомендованная длина усилительного участка $6 \pm 0,15$ км. Максимальная протяженность участка регулирования составляет 48 км.

В линейном тракте системы применена двухчастотная АРУ. Для работы устройств АРУ используются частоты 8544 (основная) и 308 кГц. Приемник АРУ по основной частоте устанавливается на всех ОУП и ОП и на каждом четвертом НУП, а по частоте 308 кГц — только на ОУП и ОП. Устройство АРУ по КЧ 8544 кГц предназначено для компенсации изменений затухания кабеля из-за изменения температуры, а по частоте 308 кГц — для

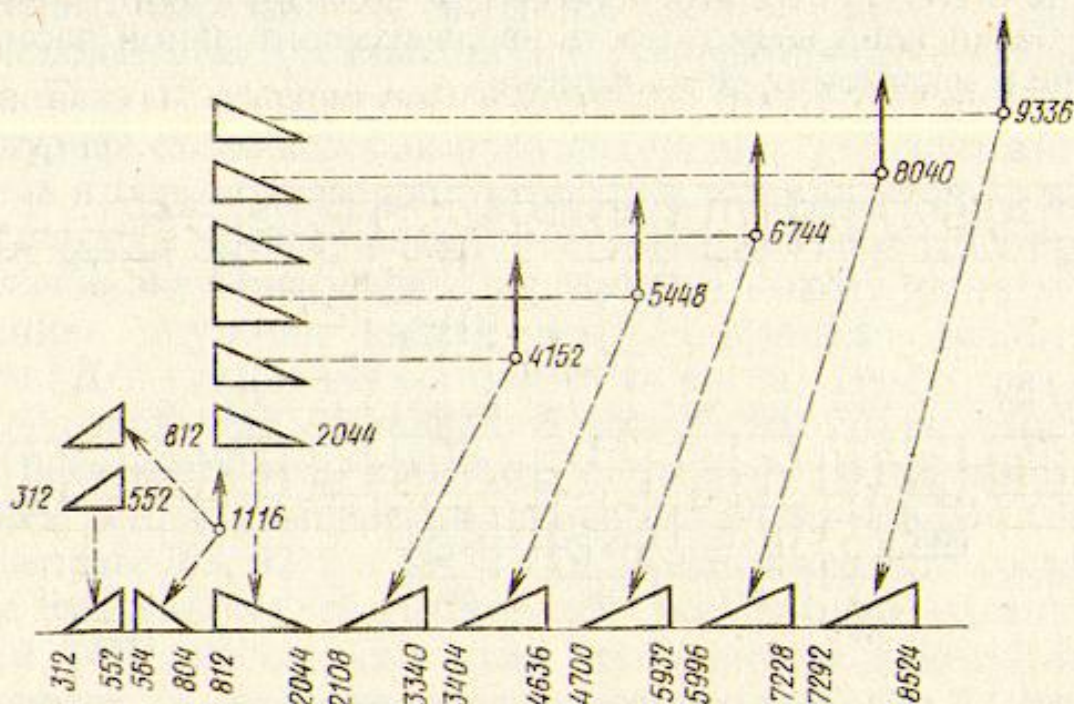


Рис. 5.10. Схема образования линейного спектра системы К-1920П

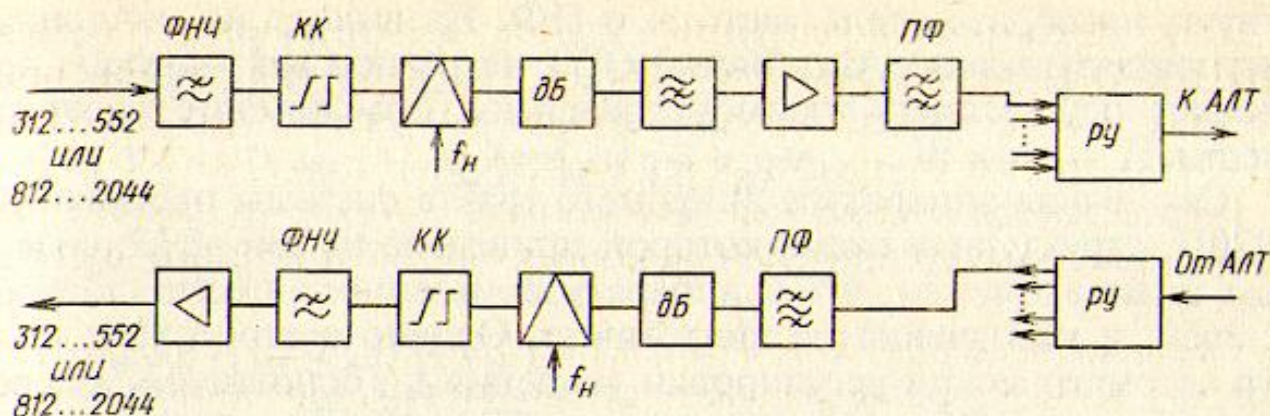


Рис. 5.11. Структурная схема аппаратуры сопряжения системы К-1920П

компенсации погрешностей, определяемых погрешностями ПАК по основной КЧ и зависимостью характеристик усилителя от температуры.

Линейный спектр системы (312...8524 кГц) формируется на основе шести ТГ и двух ВГ. Одна ТГ и одна ВГ передаются в линию без преобразования. Преобразование пяти ТГ достигается с помощью несущих частот 4152, 5448, 6744, 8040 и 9336 кГц. Вторая ВГ переносится в линейный спектр с помощью несущей 1116 кГц (рис. 5.10).

Образование линейного спектра осуществляется в АС системы, упрощенная схема которой приведена на рис. 5.11. Фильтр ФНЧ препятствует проникновению помех с выхода оборудования предшествующего преобразованию и остатков несущих, которые могут вызвать ошибки при измерении входных уровней. Режекторный фильтр подавляет остатки несущих частот. Преобразователь частоты переносит спектр ВГ или ТГ в соответствующий линейный спектр. Полосовые фильтры выделяют полезные боковые полосы частот.

Следует заметить, что в оборудовании первых ВГ и ТГ отсут-

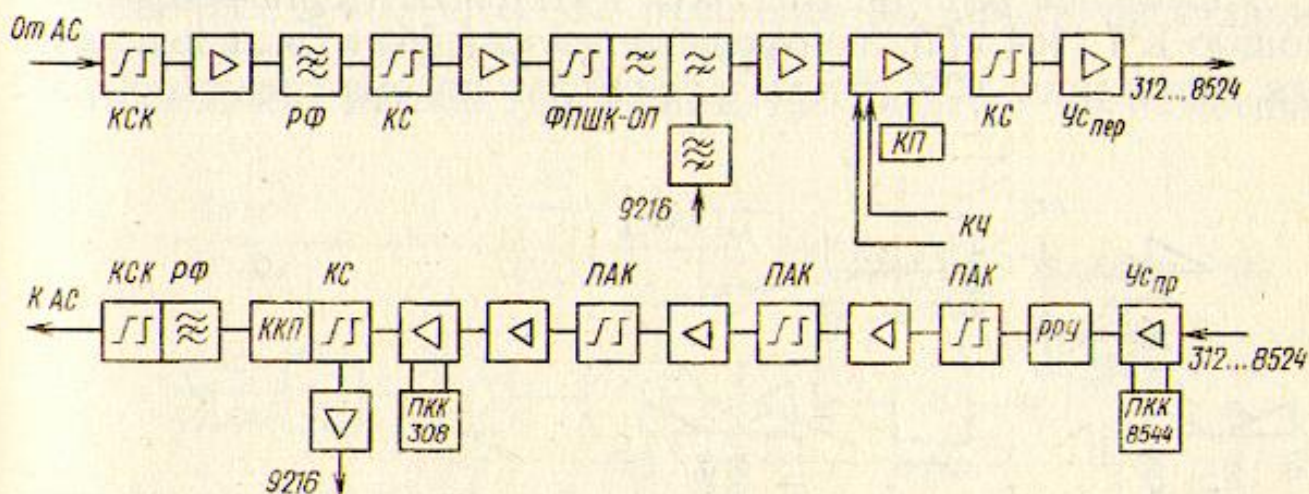


Рис. 5.12. Оконечная аппаратура линейного тракта системы К-1920П

ствуют преобразователь частоты и ПФ. На выходе АС используется развязывающее устройство (РУ) на резисторах, которое позволяет осуществить взаимонезависимое объединение сигналов шести ТГ и двух ВГ.

Оконечная аппаратура линейного тракта системы передачи К-1920П, структурная схема которой приведена на рис. 5.12, содержит те же элементы, что и аппаратура линейного тракта системы К-3600, и назначение их аналогично. Однако в этой схеме контур автоматической регулировки усиления по основной КЧ перенесен в цепь ООС усилителя приема ($U_{с.пр}$). Вместо него включен блок ручной регулировки усиления (РРУ), позволяющий устанавливать постоянный уровень на выходе $U_{с.пр}$. Располагается это оборудование на СЛУК-ОП системы К-1920П.

Система передачи К-120 предназначена для организации внутризоновых сетей протяженностью до 1400 км по кабелю типа ВКПАП-1.2,1/9,7. Система двухполосная, передача сигналов в разных направлениях производится по одной и той же коаксиальной паре в разных спектрах частот.

Каждый ОУП системы является пунктом переприема по ВЧ или НЧ. Максимальное расстояние между ОУП равно 200 км при использовании подземного кабеля и 150 км при подвесных кабелях. При максимально возможной протяженности магистраль содержит три переприемных участка по НЧ, на каждом из которых размещается до двух ОУП с переприемом по ВЧ. Длина усилительного участка 10 км.

В системе К-120 предусмотрено выделение в НУП одной ПГ. Такие пункты называются НУП-В. На секции ОУП-ОУП может быть размещено до трех НУП-В. Выделение группы каналов можно осуществить и в ОУП. В состав НУП входят один усилитель на оба направления передачи с устройствами АРУ, направляющие и линейные фильтры.

Управление работой АРУ всех пунктов осуществляется с помощью КЧ 1364 кГц. Контрольная частота 564 кГц используется для управления АРУ только в усилителе приема спектра 60...552

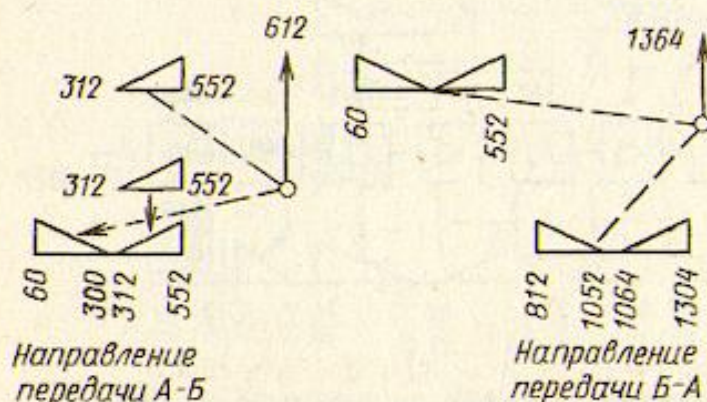


Рис. 5.13. Схема образования линейного спектра системы К-120

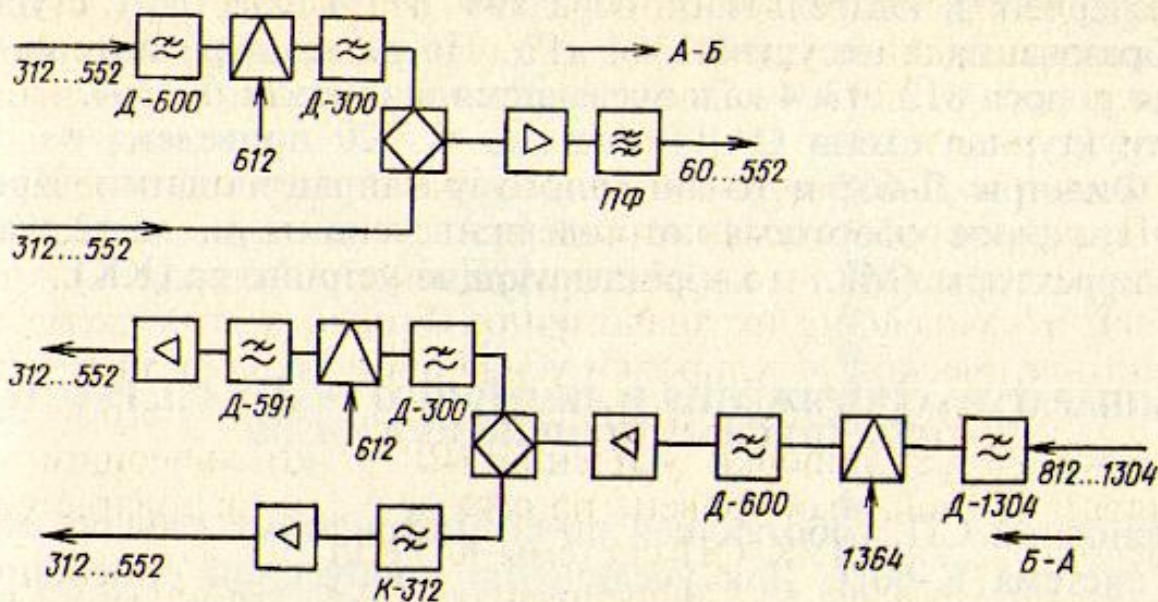


Рис. 5.14. Аппаратура сопряжения системы К-120

кГц. Регулировка усиления с помощью КЧ, передающейся в одну сторону, обеспечивает достаточно точную компенсацию изменения затуханий обоих участков. Объясняется это тем, что длины участков и их разброс небольшие и характер изменения их затухания приблизительно одинаковый.

Линейный спектр системы передачи К-120 (60...552 кГц в направлении А – Б и 812...1304 кГц в направлении Б – А) формируется на основе двух ВГ (рис. 5.13).

Оборудование сопряжения (рис. 5.14) содержит одну ступень преобразования с несущей частотой 612 кГц, переносящую полосу частот одной из ВГ в полосу 60...300 кГц. Выделение полезной полосы частот после преобразования осуществляется фильтром Д-300. Полоса частот второй ВГ не преобразуется. Объединение спектров частот 60...300 и 312...552 кГц производится с помощью дифсистемы. Полоса частот 60...552 кГц усиливается и подается на линейное оборудование.

Фильтры Д-300 и К-312 разделяют на приемной станции спектры частот 60...300 и 312...552 кГц.

Поскольку система передачи К-120 является двухполосной,

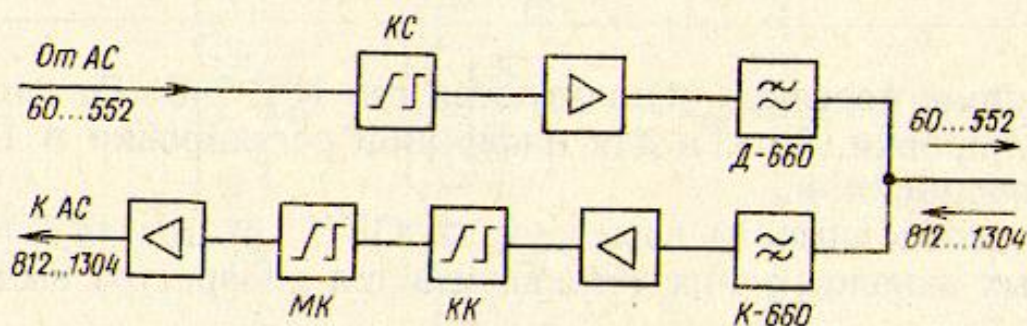


Рис. 5.15. Структурная схема оконечной аппаратуры линейного тракта системы К-120

АС содержит в направлении передачи $B - A$ еще одну ступень преобразования с несущей 1364 кГц. После преобразования полезная полоса 812...1304 кГц выделяется фильтром Д-1304.

Структурная схема ОАЛТ системы К-120 приведена на рис. 5.15. Фильтры Д-660 и К-660 являются направляющими. Кроме того, линейное оборудование содержит усилители, магистральные корректоры (МК) и корректирующие устройства (КК).

5.3. АППАРАТУРА СОПРЯЖЕНИЯ И ЛИНЕЙНОГО ТРАКТА СП, РАБОТАЮЩИХ ПО СИММЕТРИЧНОМУ КАБЕЛЮ

Основной СП, работающей по симметричному кабелю, является система К-60П. Для увеличения пропускной способности существующих магистралей симметричного кабеля была разработана система передачи К-1020С, которая вместо 120 каналов, организованных двумя системами К-60П, позволяет получить 1020 каналов.

Система передачи К-60П двухкабельная, однополосная. Передача и прием сигналов осуществляются по парам разных кабелей (одно-, четырех- или семичетверочных типа МКС и МКСА). Линейный спектр системы занимает полосу 60...108 кГц. *12...252 кГц*

Линия передачи содержит следующие усилительные пункты: ОП, ОУП и НУП, имеющие частотно-зависимую АРУ косвенного действия (по температуре грунта). Обслуживаемые усилительные пункты используются двух типов: с двух- и трехчастотной АРУ. Расстояние между первыми до 300 км, а между вторыми до 600 км. Номинальные длины усилительных участков для разных типов кабелей приведены в табл. 5.1. Протяженность переприемного участка по ТЧ составляет 2500 км.

Т а б л и ц а 5.1

Тип кабеля	МКС-4×4×1,2	МКСА-4×4×1,2	МКС-7×4×1,2
$l_{\text{ном}}$, км	19,4	20,8	19,7

В системе передачи используются три КЧ: 248 кГц для плоской регулировки, 16 кГц для наклонной регулировки и 112 кГц для криволинейной.

При необходимости выделения в ОУП группы каналов или отдельных каналов в них устанавливается аппаратура выделения каналов.

Формирование линейного спектра системы 12...252 кГц осуществляется в АС путем преобразования спектра ВГ с использо-

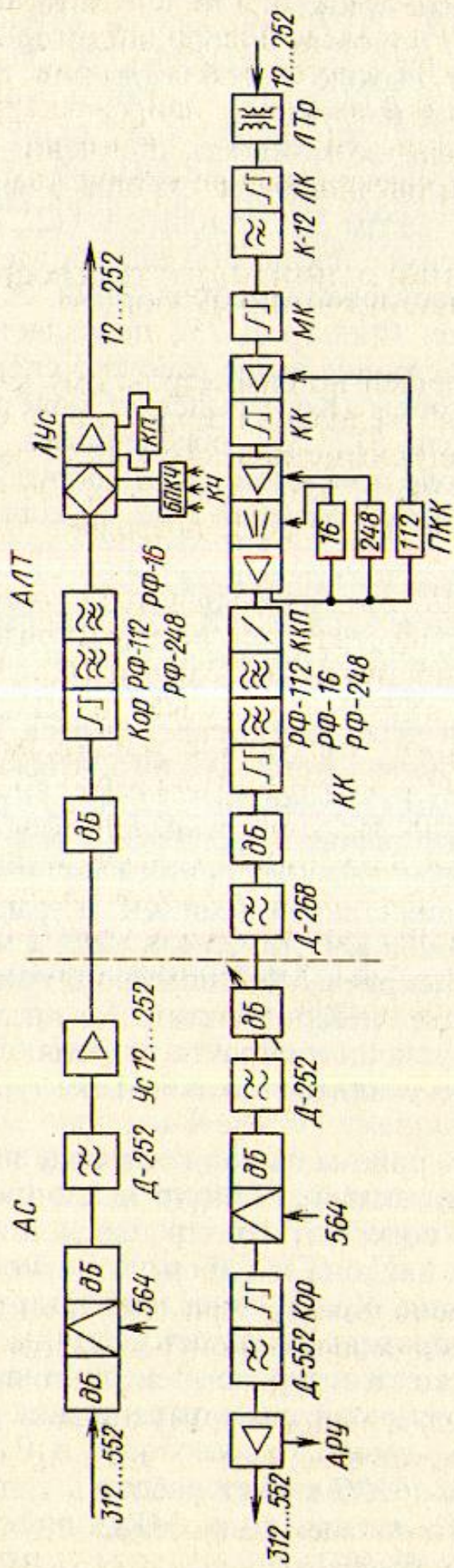


Рис. 5.16. Структурная схема аппаратуры сопряжения и оконечной аппаратуры линейного тракта системы К-60

ванием несущей 564 кГц. Структурная схема АС и оконечной аппаратуры линейного тракта приведена на рис. 5.16. Фильтр Д-252 в АС выделяет полезную боковую полосу после преобразования. Удлинитель на входе и выходе преобразователя обеспечивают преобразователю активные нагрузки.

В К-60П предусмотрена возможность получения основного и инверсированного вариантов линейного спектра в зависимости от способа формирования спектра ВГ. Усилитель (12...252) АС компенсирует затухание, вносимое предшествующими элементами.

В тракте приема оборудования сопряжения осуществляется обратное преобразование. Фильтр Д-252 подавляет помехи линейного оборудования, лежащие выше рабочего спектра частот, а фильтр Д-552 с корректором (Кор) выделяет полезную боковую полосу частот. Усилитель 312...552 обеспечивает номинальное значение уровня на выходе приемной части оборудования сопряжения. Кроме того, усилитель снабжен АРУ по контрольной частоте ВГ. В зависимости от уровня КЧ осуществляется необходимое изменение усиления этого усилителя.

Оконечное оборудование системы К-60П содержит линейный усилитель, в цепь ОС которого включен контур предискажения (КП), обеспечивающий работу СП с предискажением уровней. Ввод КЧ осуществляется через дифсистему и блок переключения КЧ (БПКЧ). Последний используется для того, чтобы уровни токов КЧ оставались неизменными и равными -22 дБ при работе СП как с предискажением, так и с равными уровнями передачи.

Режекторные фильтры подавляют остатки индивидуальных несущих частот, совпадающих с линейными КЧ. В тракте приема РФ служат для подавления токов КЧ. Линейный (ЛК) и магистральный (МК) корректоры компенсируют АЧИ линейного тракта.

Косинусный корректор (КК) с усилителем предназначен для корректирования АЧИ линейного тракта, изменяющихся во времени. В цепь ООС этого усилителя включен контур криволинейной регулировки.

Линейный усилитель приема выполнен в виде двух отдельных блоков, между которыми включен контур наклонной АРУ. Цепь ООС одного из блоков содержит контур плоской АРУ, а другого – контур начального наклона и набор удлинителей для плоской регулировки усиления. Контур начального наклона совместно с линейным корректором выравнивает затухание прилегающего усилительного участка. Контур компенсации предискажения (ККП) на приеме используется для компенсации АЧИ, внесенных контуром КП на передаче.

Система передачи К-1020С может работать только по одной четверке симметричного кабеля типа МКС и МКСА, причем полностью автономно от К-60П.

Линия передачи содержит ОП и НУП, часть из которых имеет устройства коррекции АЧИ. Специальной аппаратуры ОУП в К-1020С нет, поскольку их роль выполняют обслуживаемые транзитные пункты. Эти пункты позволяют удлинить однородные участки до 840 км (при этом верхняя ТГ не должна передаваться без транспозиции на расстояние более 560 км). Максимальная длина линейного тракта составляет 280 км. Номинальные длины усилительных участков для разных кабелей приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2.

Тип кабеля	МКС-4×4×1,2	МКСА-4×4×1,2	МКС-7×4×1,2	МКС-1×4×1,2	МКСП-1×4×1,2
$l_{\text{ном}}$, км	3,0	3,2	3,0	2,5	2,9

В системе К-1020С используются две контрольные частоты: 4896 кГц – основная и 308 кГц – вспомогательная. Устройства АРУ по основной КЧ располагаются во всех усилительных пунктах и устраняют искажения АЧХ, вызванные разбросом длин усилительных участков и температурными изменениями затухания кабеля. Устройства АРУ по вспомогательной частоте устраняют искажения АЧХ в нижней части рабочего спектра, возникающие из-за неточности работы АРУ по основной КЧ. Эти устройства устанавливаются только в пунктах окончания линейных трактов.

Линейный спектр системы (312...4636 кГц) формируется в АС. Формирование происходит на основе преобразования спектров двух ВГ и трех ТГ соответственно в спектры частот 312...804 и 812...4636 кГц (аналогично формированию таких же спектров в АС системы К-1920П). Таким образом, АС системы К-1020С отличается от АС системы К-1920П уменьшенным числом используемых ТГ. Она располагается на стойке сопряжения СС-1020.

Структурная схема оконечной аппаратуры линейного тракта (ОАЛТ) приведена на рис. 5.17. Оборудование располагается на соответствующей стойке (СОЛТ). На входе и выходе ОАЛТ включен фильтр Д-4636. Этот фильтр совместно с РФ на частоту 308 кГц (на схеме не показан) на передающей станции подавляет возможные помехи преобразовательного оборудования на частотах 308 и 4896 кГц, а на приемной станции предотвращают попадание токов КЧ в преобразовательное оборудование. Фильтр Д-4636, кроме того, подавляет помехи на частоте телемеханики 4820 кГц. Вспомогательные усилители (УсВ) формируют внутреннюю диаграмму уровней и согласуют их с уровнями преобразовательного оборудования. Контур предварительных искажений

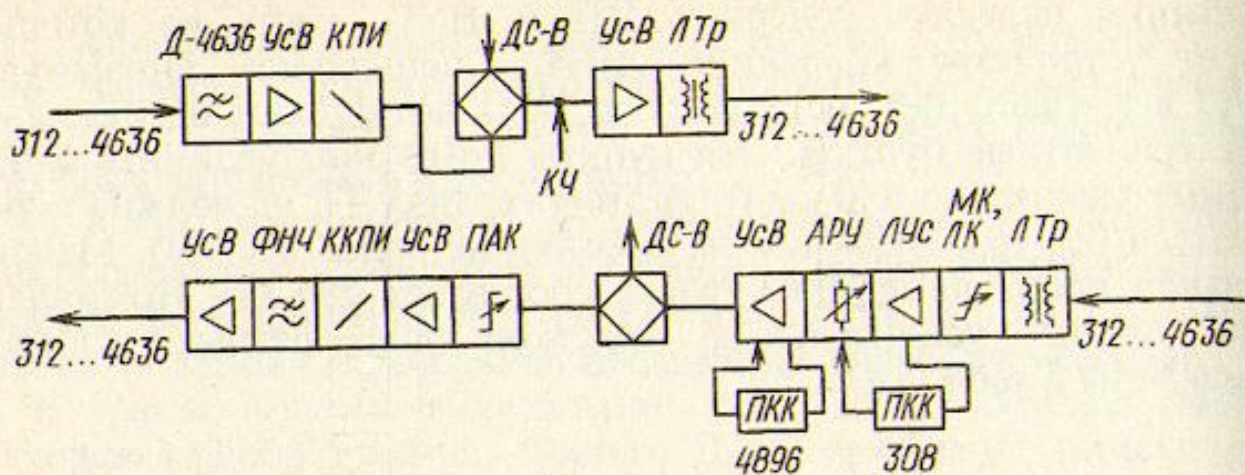


Рис. 5.17. Структурная схема оконечной аппаратуры линейного тракта системы К-1020С

(КПИ) повышает помехозащищенность полезных сигналов. Для компенсации предыскажений, внесенных КПИ, на приемной станции включен контур коррекции предварительных искажений (ККПИ).

Дифференциальные системы ДС-В обеспечивают объединение двух трактов на передаче и разъединение на приеме при организации выделения групп каналов. Линейные трансформаторы (ЛТр) используются для сопряжения несимметричной цепи оборудования и симметричной цепи кабеля и согласования сопротивлений этих цепей. Через ЛТр осуществляется подача дистанционного питания на НУП.

Для коррекции остаточных АЧИ помимо АРУ по вспомогательной КЧ используется ручная регулировка с помощью амплитудного переменного корректора (ПАК).

Линейный усилитель (ЛУС) совместно с магистральным (МК) и линейным (ЛК) корректорами компенсирует затухание кабельного участка номинальной протяженности. Включенный на входе усилителя фильтр К-300 предотвращает переходное влияние между цепями, по которым работают системы К-60П, через цепь, по которой работает К-1020С, обеспечивает функционирование телемеханики, команды управления которой осуществляются частотой 76 кГц, и защищает тракт от низкочастотных помех.

Система передачи К-24Р работает по симметричным парам коаксиальных кабелей КМ-4, КМ-8/6 и предназначена для организации ответвления каналов на магистралях коаксиального кабеля, пары которого используются для работы системы К-3600 или К-1920П. Максимальная длина переприемного участка 372 км, расстояние между ОУП до 186 км. Длина усилительного участка 6 км.

Линейный спектр системы (12...108 кГц) формируется на основе двух основных ПГ. В тракте передачи АС сигнал одной из ПГ преобразуется в сигнал, занимающий спектр частот 12...60 кГц. Сигнал другой ПГ без преобразования подается на вход оконечной АЛТ. Спектры обеих групп объединяются с помощью дифференциальной системы, чтобы изменения в режиме работы одной группы не сказывались на условиях работы другой. Перенос спектра ПГ в спектр 12...60 кГц осуществляется

двухступенным преобразованием посредством несущих частот 420 и 300 кГц. Две ступени преобразования облегчают выполнение фильтров ПФ и Д-60, которые выделяют полезные боковые полосы частот 312...360 и 12...60 кГц соответственно.

Оконечная АЛТ создает наиболее благоприятные условия передачи сигналов по симметричным парам, поэтому в ее состав входят усилители, корректоры, устройства АРУ и т. д.

В системе передачи К-24Р используется двухчастотная система АРУ (16 и 104 кГц), что обуславливает применение в АС режекторных фильтров, которые вносят большое затухание для токов, совпадающих с токами КЧ, во избежание ложной работы АРУ. Контрольные частоты 16 и 104 кГц вводятся в тракт передачи через неравноплечную дифсистему, что обеспечивает стабильность уровня поступающих в линейный тракт КЧ при случайном изменении режима работы аппаратуры сопряжения.

Структурная схема АС и ОАЛТ этой системы приведена на рис. 5.18. Линейный трансформатор ЛТр применен для согласования входных сопротивлений аппаратуры и кабеля, создания симметричного выхода аппаратуры, организации фантомной цепи, используемой для служебной связи и подачи дистанционного питания на НУП. В тракте приема назначение элементов аналогично другим СП.

5.4. АППАРАТУРА СОПРЯЖЕНИЯ И ЛИНЕЙНОГО ТРАКТА СП, РАБОТАЮЩИХ ПО ВЛС

Система передачи В-3-3 позволяет по одной двухпроводной цепи организовать по три канала в разных направлениях передачи. Полоса частот, занимаемая в линии при передаче в одном направлении, составляет 4...16 кГц, а в обратном — 18...30 или 19...31 кГц.

В системе предусмотрено четыре варианта линейного спектра, отличающиеся друг от друга взаимной инверсией и сдвигом частотных полос каналов (рис. 5.19). Это обеспечивает отсутствие внятных переходных разговоров в каналах, работающих на параллельных цепях.

Любой из вариантов линейного спектра (рис. 5.20) образуется с помощью трех ступеней преобразования — индивидуальной и двух групповых. Индивидуальное преобразование осуществляется с помощью несущих частот 12,16 и 20 кГц. После преобразования фильтры типа *LC* выделяют верхние боковые полосы частот, образуя трехканальную группу в спектре частот 12...24 кГц.

Две ступени группового преобразования необходимы потому, что спектр трехканальной группы частично перекрывается с линейным спектром. При одной ступени группового преобразования возникло бы взаимное влияние между каналами за счет присутствия остатка непреобразованного сигнала (в нашем случае 12...24 кГц) на выходе преобразователя. Кроме того, наличие двух ступеней группового преобразования облегчает реализацию инверсии и сдвига частотных полос для получения четырех вариантов линейного спектра.

Первое групповое преобразование выполняется с помощью несущих частот 72 или 108 кГц. В первом случае выделяется верхняя боковая полоса частот, а во втором — нижняя. В результате этого образуется спектр 84...96 кГц. Для получения линейного спектра нижней группы частот (4...16 кГц) используется несущая частота 100 кГц, а верхней группы частот (18...30 или 19...31 кГц) — соответственно несущая частота 114 или 115 кГц. Разделение спектров нижней и верхней групп частот осуществляется направляющими фильтрами ДК-17.

В системе предусмотрена двухчастотная термомеханическая система АРУ. В качестве линейных КЧ в одном направлении используются частоты 4 кГц (на-

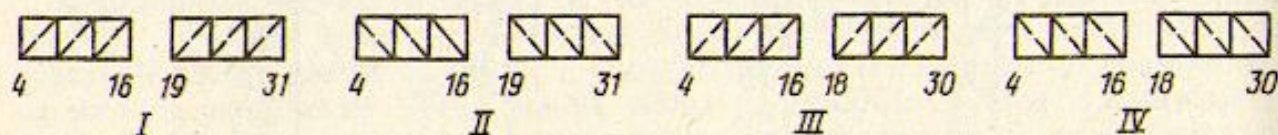


Рис. 5.19. Четыре варианта линейного спектра системы В-3-3

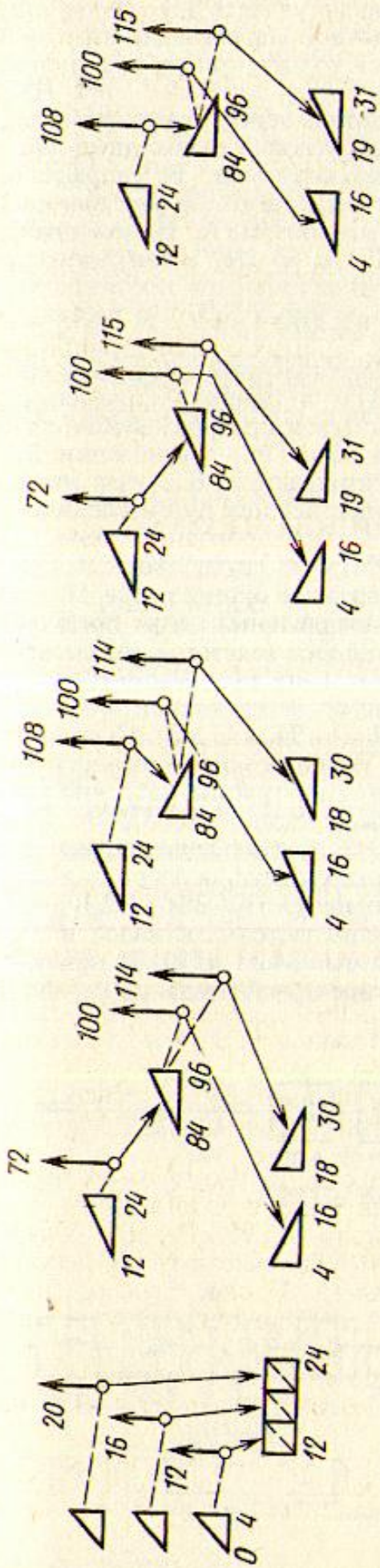


Рис. 5.20. Схема образования линейных спектров системы В-3-3

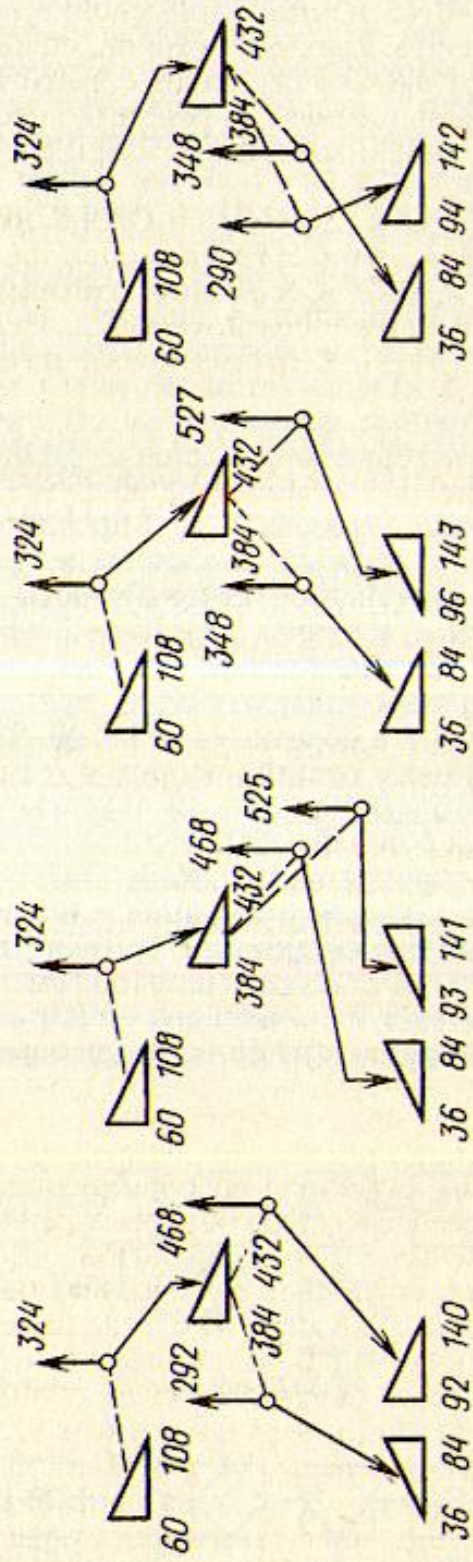


Рис. 5.21. Схема образования линейных спектров системы В-12-3

клонная регулировка) и 16 кГц (плоская регулировка), в другом – 18 или 19 кГц (наклонная регулировка) и 30 или 31 кГц (плоская регулировка).

Промежуточные усилительные пункты в системе могут быть двух типов: ОУП и НУП; последние не снабжены АРУ, их максимальное усиление на частоте 31 кГц не превышает 35 дБ. Эти станции применяются только при работе системы по стальным цепям. Между ОУП допускается включать не более двух НУП. Ввиду отсутствия на НУП устройств АРУ для предотвращения возможной перегрузки усилителей при изменении метеорологических условий необходимо длины усилительных участков делать постепенно уменьшающимися. В направлении передачи верхней группы частот первый НУП надо располагать на расстоянии 30 км от ОУП, а второй – максимум через 25 км от первого НУП. Использование НУП позволяет увеличить расстояние между ОУП до 75 км, а максимальную дальность связи по стальным цепям – до 150 км. Максимальная протяженность переприемного участка при работе по цветным цепям равна 2000 км, расстояние между ОУП – до 250 км.

В спектре частот до 4 кГц организуется канал двухполосной служебной связи (ДПС), работающий в спектре частот 0,3...1,5 кГц в одном направлении и 1,74...2,94 кГц – в обратном. Последний образуется путем преобразования спектра 0,3...1,5 кГц частотой несущего колебания 3,24 кГц. При организации ДПС промежуточные усилительные станции не предусматриваются. В случае необходимости переприем сигналов служебной связи осуществляется путем соединения двух оконечных комплектов оборудования ДПС по четырехпроводной схеме.

Система передачи В-12-3 предназначена для работы по двухпроводным цепям из цветного металла. В каждом из направлений передачи организуется 12 каналов. Для облегчения условий работы системы на параллельных цепях предусмотрено четыре варианта линейного спектра, отличающиеся взаимной инверсией и сдвигом частотных полос.

Линейный спектр частот при передаче в одном направлении составляет 36...84 кГц, а в обратном – 92...140, 95...143, 93...141 или 94...142 кГц. Формирование линейного спектра происходит на основе ПГ с использованием двух ступеней группового преобразования, так как спектр частот этой группы частично перекрывается с линейным спектром обоих направлений передачи (рис. 5.21).

Структурная схема АС и ОАЛТ системы В-12-3 представлена на рис. 5.22. Как видно из рисунка, выделение полезных боковых после первого и второго групповых преобразований соответственно осуществляется ПФ-384...432 и фильтром Д-200. Развязывающие дифсистемы ДС₁ используются для ввода в тракт передачи сигналов вещания и КЧ первичной группы (84,14 кГц). В приемном тракте оборудования сопряжения происходит обратное преобразование сигналов.

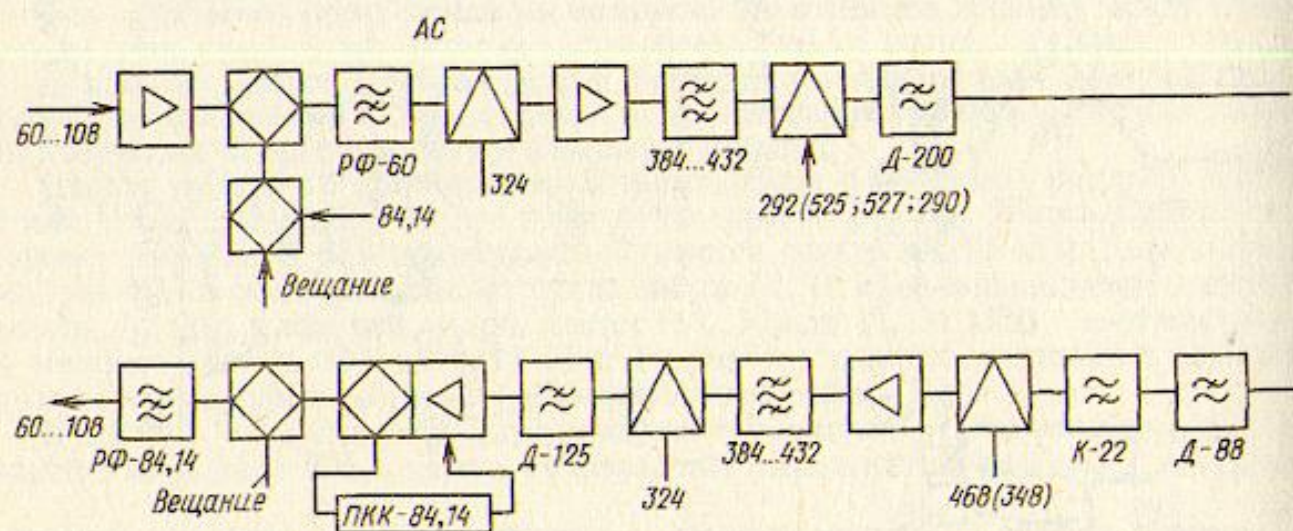


Рис. 5.22. Схема аппаратуры сопряжения и оконечной аппаратуры линейного

Линейное оборудование содержит усилительные устройства и корректоры (Кор), а также двухчастотную систему АРУ, которая обеспечивает постоянство диаграммы уровней и остаточного затухания каналов. В качестве линейных КЧ плоской регулировки используются частоты 80 и 92 кГц, а наклонной регулировки — 40 и 143 кГц. Линейные КЧ вводятся в тракт через дифсистему ДС₂. В приемном оборудовании КЧ через дифсистему поступают в соответствующие приемники контрольного канала (ПКК). Сигналы с выходов ПКК управляют затуханием наклонного и плоского регуляторов. Разделение спектров нижней и верхней групп частот на станциях осуществляется с помощью направляющих фильтров ДК-88.

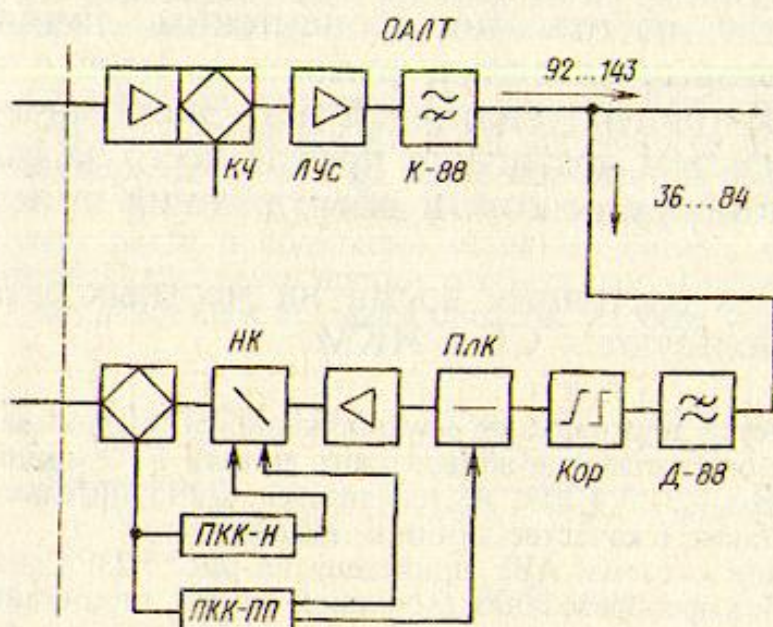
В рассматриваемой СП спектр ПГ образуется путем двухступенного преобразования на основе трехканальных групп, занимающих спектр 12...24 кГц.

Промежуточные усилительные пункты предусмотрены двух типов: ОУП и обслуживаемые дистанционно питаемые вспомогательные усилительные станции ВУС-12-3. В случае использования ОУП и ВУС нормальная работа обеспечивается при длине переприемного участка 2000 км. Максимальная длина усилительного участка без ВУС — 54 км, при включении двух ВУС — 140 км при наихудших погодных условиях.

В заключение необходимо отметить, что АЛТ ОУП любой системы передачи в основном аналогично приемному оборудованию АЛТ ОП.

5.5. ОСОБЕННОСТИ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СП, РАБОТАЮЩИХ ПО МЕСТНЫМ ЛИНИЯМ

В настоящее время СП с ЧРК широко используются и на местных сетях. С их помощью организуются соединительные и абонентские линии ГТС и сельская связь. Основной особенностью этих систем является небольшая дальность действия. При связи на короткие расстояния велики относительные затраты на оконечное оборудование. По этой причине при создании МСП для местных сетей пошли по пути упрощения, а тем самым и удешевления оконечных станций. С этой целью расстояние между виртуальными несущими соседних каналов выбрано равным 8 кГц при сохранении эффективно передаваемой полосы частот канала 0,3...3,4 кГц. Расширение полосы частот, отводимой на канал, позволяет при использовании АМ организовать:



тракта системы В-12-3

1) передачу одной боковой полосы (ОБП) частот с неполным подавлением второй боковой;

2) двух боковых полос и несущей;

3) двух боковых полос.

Первый и второй методы используются в отечественных СП на местных сетях (системы КАМА и АБУ соответственно). Третий метод передачи не нашел применения, так как требует на приеме синхронного детектирования, что усложняет генераторное оборудование и увеличивает стоимость оконечных станций.

Метод передачи ОБП с неполным подавлением второй боковой полосы позволяет в индивидуальном оборудовании СП применить фазоразностные схемы. Относительно простые по конструкции фазоразностные схемы обеспечивают подавление неиспользуемой боковой полосы не менее чем на 26 дБ, что достаточно для того, чтобы на приеме не возникали биения в случае асинхронности генераторов несущих частот. Мешающего влияния на соседний канал эта боковая полоса не оказывает, так как интервал между виртуальными несущими частотами соседних каналов составляет 8 кГц.

Фазоразностные схемы позволяют отказаться от использования дорогих канальных фильтров и выполнить передающие устройства всех каналов одинаковыми, что упрощает, а следовательно, удешевляет оконечное передающее оборудование.

Расширение полосы частот, отводимой на канал, дает возможность передавать сигналы управления и взаимодействия вне эффективно передаваемой полосы, но в пределах полосы частот канала (3825 Гц). Это приводит к упрощению приемников этих сигналов, поскольку исключаются защитные устройства, предотвращающие срабатывание приемников от разговорных токов.

Метод передачи двух боковых полос и несущей используется в СП, предназначенных для работы по абонентским линиям (АБУ), протяженность которых невелика, и поэтому необходимости в установке промежуточных усилителей нет. Экономическая эффективность этих систем достигнута прежде всего за счет упрощения генераторного оборудования и оборудования приемной станции.

Следует отметить, что в настоящее время на местных сетях внедряются и широко используются СП с ИКМ.

Система передачи АБУ является двухполосной двухпроводной и предназначена для получения дополнительного канала на абонентских линиях ГТС, причем передача сигнала в полосе частот 0,3...3,4 кГц не нарушается. Дополнительный канал может быть использован также в качестве линии к таксофонам.

Схема связи при применении системы АБУ приведена на рис. 5.23. Спектр частот сигнала, передаваемого без преобразования (основной канал), ограничивается ФНЧ Д-3,4. Граничная частота этого фильтра выбрана равной 3,4 кГц с тем, чтобы более высокие частоты, возникающие при передаче разговорного сигнала, не оказывали мешающего действия на дополнительный канал.



Рис. 5.23. Схема связи при использовании системы АВУ

Дополнительный канал организуется с помощью станционного (СПК) и абонентского (АПК) полуккомплектов, служащих для преобразования исходной полосы частот разговорного сигнала в линейную полосу и обратного преобразования. Таким образом, при использовании АВУ по одной абонентской линии можно передавать сигналы от двух абонентов одновременно.

Затухание, перекрываемое системой передачи АВУ, соответствует затуханию абонентской линии протяженностью 3,5 км (кабель с жилами диаметром 0,5 мм).

На рис. 5.24 показаны спектры частот основного канала, сигнал по которому передается без преобразования, и канала, образованного АВУ. Основной канал занимает полосу частот до 3,4 кГц, а канал, образованный с помощью аппаратуры АВУ, — полосу частот 24...68 кГц. При этом от абонента к станции передаются частоты 24,6...31,4 (28 ± 3,4) кГц, от станции к абоненту 60,6...67,4 кГц. Достаточно большие полосы частот, отводимые на расфильтровку, упрощают и удешевляют фильтры.

Для уменьшения влияния помех от работы коммутационного оборудования станции на принимаемый сигнал от абонента к станции передается нижняя полоса частот, так как в линии она претерпевает меньшее затухание и ее приемный уровень выше. Остаточное затухание канала АВУ равно 4,3 дБ, что соответствует максимально допустимому затуханию абонентской линии.

Станционный полукомплект питается от батареи станции. Абонентский полукомплект питается от сети переменного тока. Дистанционное питание его от станционной батареи невозможно, поскольку сигналы взаимодействия по линиям городской телефонной сети (ГТС) передаются постоянным током.

На рис. 5.25 приведена функциональная схема полуккомплектов. Телефонный аппарат абонента, использующего канал АВУ, подключается к дифференциальной системе (ДС) абонентского полуккомплекта. Питание на аппарат подается через статическое реле (СР), которое управляет работой модулятора (М). При разрыве цепи постоянного тока СР закрывает модулятор, и передача из АПК не производится. Если цепь постоянного тока замкнута, то СР открывает модулятор. Поступающие на него разговорные токи модулируют по амплитуде несущую, которая постоянно подается на модулятор от генератора Г-28. Полосовой фильтр ПФ-28 выделяет несущую и обе боковые полосы частот, устраняя побочные продукты преобразования.

Регулируемая искусственная линия (ИЛ) включается, когда длина усилительного участка меньше усилительной способности аппаратуры.

Фильтры Д-3,4 и К-20 разделяют спектры основного и дополнительного каналов. На приемной станции ПФ-28 выделяет полосу 24...32 кГц, а фильтр Д-3,4 выделяет после демодуляции исходный сигнал, который подается к приборам станции. После демодуляции ток несущей частоты преобразуется в постоянный ток, под действием которого срабатывает реле (Р). Контакт реле подключает ко

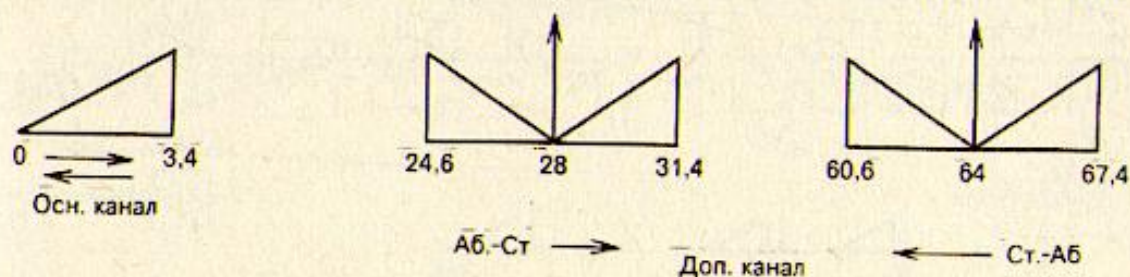


Рис. 5.24. Спектры частот основного и дополнительного каналов системы АВУ

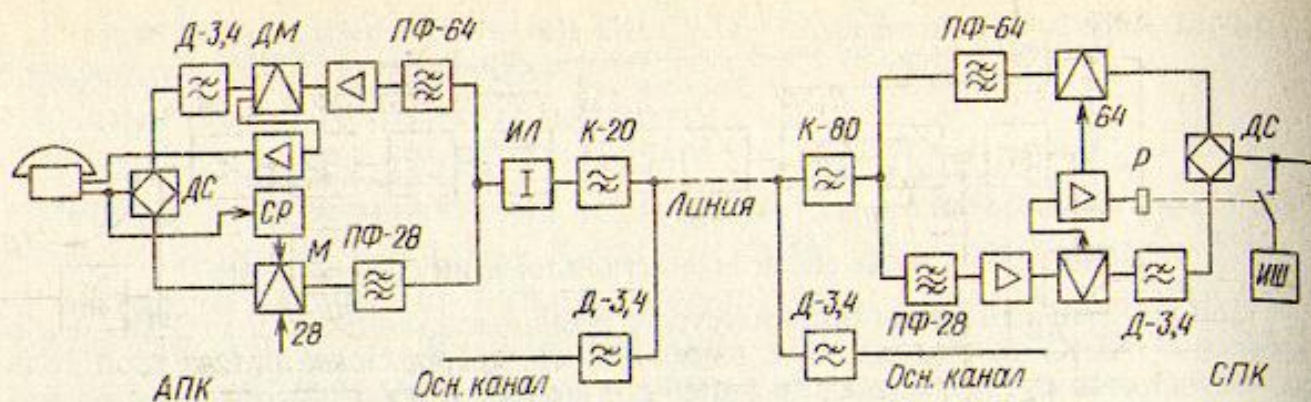


Рис. 5.25. Функциональная схема абонентского и станционного комплектов системы АВУ

входу ДС имитатор шлейфа (ИШ), который имитирует замыкание абонентского шлейфа и обеспечивает тем самым нормальную работу приборов телефонной станции.

Назначение элементов обратного направления передачи аналогично назначению рассмотренных элементов. Однако в модуляторе этого направления предусмотрено ограничение для предотвращения перегрузки тракта токами вызывной частоты. Кроме того, вызывные сигналы после демодуляции усиливаются отдельным усилителем.

Конструктивно АПК выполнен в виде коробки, которая крепится к стене помещения, СПК располагается на станции на стандартных стativaх.

Система передачи КАМА предназначена для создания соединительных линий (СЛ) между АТС и РТС, а также между АТС и МТС. В качестве направляющей среды в этой системе используются кабели типов МКС, ВТСПБ, КСППБ и Т. Система передачи КАМА может работать по однокабельной двухполосной схеме в спектре частот 12...252 кГц в одном направлении и 312...548 кГц в обратном или по двухкабельной однополосной схеме в спектре частот 12...248 кГц. Она позволяет организовать 30 каналов. При использовании кабелей МКС и МКПВ длина усилительного участка может достигать 14,3 км, а дальность передачи — 80 км. Для кабелей КСПП и ВТСП эти величины соответственно равны 8 и 50 км. При необходимости использования кабеля типа Т приходится отбирать пары, удовлетворяющие требованиям по защищенности. Длина усилительного участка в данном случае не превышает 3,3 км из-за высокого уровня шумов, а дальность действия 23 км.

Схема образования линейного спектра приведена на рис. 5.26. Исходные полосы частот 0,3...3,4 кГц 30 каналов и сигнальная частота 3,825 кГц преобразуются с помощью несущих $f_n = 304 + 8n$, где n — номер канала, в спектр частот 312...548 кГц. Если система работает как двухполосная, то эта полоса частот совместно с КЧ 304 кГц передается в линию от станции Б к станции А. Для передачи в обратном направлении спектр 312...548 кГц посредством несущей частоты

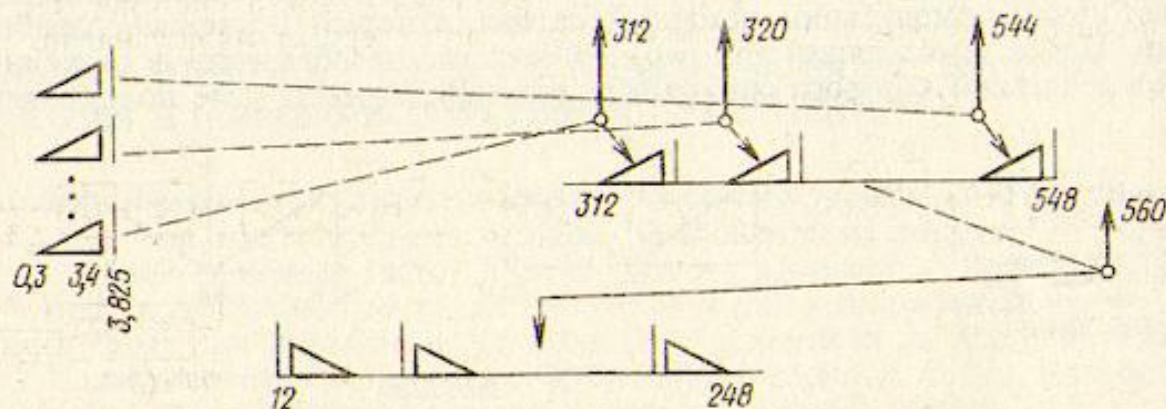


Рис. 5.26. Схема образования линейного спектра системы КАМА

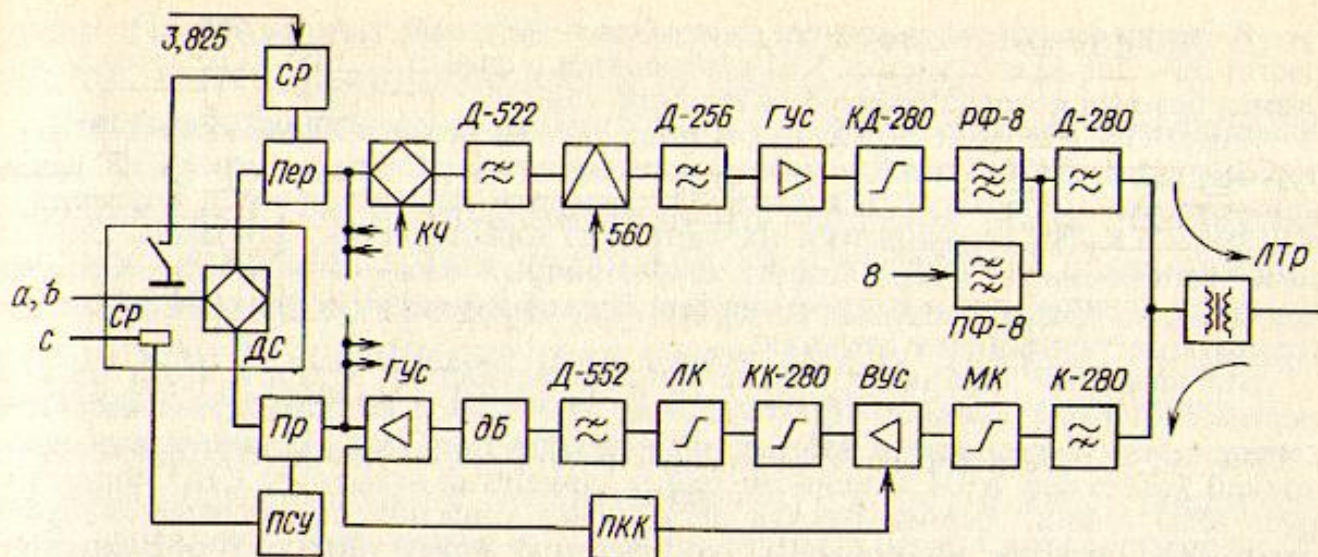


Рис. 5.27. Схема оконечной станции системы КАМА

560 кГц преобразуется в спектр 12...248 кГц. Совместно с этим спектром передаются КЧ 256 кГц и частота 8 кГц, необходимая для синхронизации опорных частот генераторного оборудования оконечных станций.

Если система КАМА работает по однополосной схеме, то в обоих направлениях в линию передается спектр 12...248 кГц.

Структурная схема оконечной станции двухполосной системы КАМА приведена на рис. 5.27. Передатчики (Пер), приемники (Пр), приемник сигналов управления (PSU) и статические реле (СР) относятся к индивидуальному оборудованию. На вход индивидуального оборудования от реле соединительных линий подключаются два разговорных провода (*a* и *b*), которые через ДС подключаются ко входу передатчика, и провод (*c*), по которому для работы СР подается +60 В.

Если СР срабатывает, то от генераторного оборудования на вход передатчика поступает частота управления 3825 Гц. Передатчик (рис. 5.28, *a*) преобразует полосу частот исходного сигнала и частоту сигнала управления в полосу частот, отводимую данному каналу в спектре частот 312...548 кГц на выходе индивидуального оборудования. Для этого в передатчике используется фазоразностная схема (ФРС), которая состоит из фазовых контуров, обеспечивающих относительный сдвиг фаз сигналов на 90° в полосе частот 0,3...3,4 кГц, модуляторов, высокочастотного фазовращателя и сумматора. На входе ФРС включены симметрирующий трансформатор (СТр) и фильтр Д-3,4, который подавляет разговорные сигналы с частотами выше 3,4 кГц. Полосовой фильтр ПФ-3,8 уменьшает помехи в соседних каналах при передаче импульсов набора.

Развязывающее устройство (РУ) осуществляет взаимонезависимое объединение выходных сигналов 30 передатчиков. Через это же устройство в тракт передачи вводятся КЧ 304 кГц и вспомогательная частота 312 кГц, которая применяется для отыскания поврежденного направления группового тракта.

Фильтр Д-552, включенный на входе группового тракта системы (см. рис. 5.27), подавляет побочные продукты преобразования передатчиков каналов.

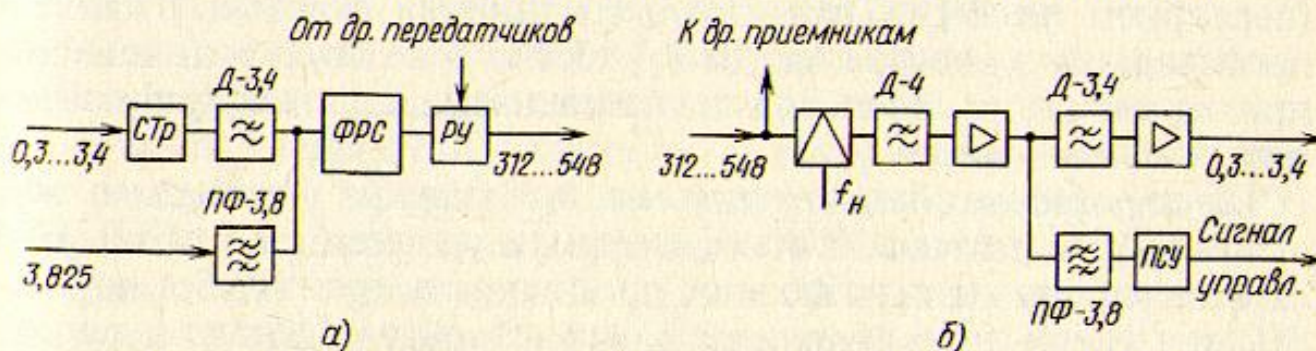


Рис. 5.28. Схема передатчика (*a*) и приемника (*б*) системы КАМА

В групповом преобразователе с помощью несущей частоты 560 кГц спектр частот 304...548 кГц (с учетом КЧ) переносится в спектр 12...256 кГц, а неиспользуемая боковая полоса подавляется фильтром Д-256.

Через ПФ-8 в тракт передачи подается частота синхронизации 8 кГц. Режекторный фильтр РФ-8 предотвращает влияние передаваемого сигнала на канал синхронизации. Фильтры Д-280 и К-280 являются направляющими, корректоры КД-280 и КК-280 корректируют их частотную характеристику затухания. Линейный трансформатор (ЛТр) создает симметричный выход аппаратуры. Средняя точка ЛТр используется для организации служебной связи по фантомным цепям и подачи дистанционного питания.

На приемной станции РФ-8 не пропускает частоту 8 кГц в тракт приема передаваемой информации; ПФ-8 выделяет эту частоту, которая затем подается в генераторное оборудование. Магистральный корректор (МК) служит для подчисточной коррекции АЧИ линейного тракта, линейный корректор (ЛК) корректирует АЧИ линии. Автоматическая регулировка усиления осуществляется путем изменения усиления вспомогательного усилителя (ВУс). Фильтр Д-552 выделяет после демодуляции полезную полосу частот. Групповой усилитель (ГУс) обеспечивает требуемый уровень сигнала для нормальной работы приемника, схема которого приведена на рис. 5.28, б.

На демодуляторы (ДМ) поступают сигналы всех 30 каналов. Фильтр Д-4 на выходе ДМ выделяет исходный сигнал и сигнал управления от преобразованных сигналов остальных каналов. После усиления этих сигналов речевой сигнал отделяется от сигнала управления фильтром Д-3,4 и через ДС подается на приборы АТС. Сигнальная частота выделяется ПФ-3,8 и поступает в ПСУ, где усиливается, выпрямляется и подается на соответствующие управляющие устройства.

5.6. ТРАНЗИТНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ВЫДЕЛЕНИЕ КАНАЛОВ

Транзитные соединения каналов. Последовательное соединение двух или более каналов для обеспечения обмена информацией между пунктами, не имеющими прямой связи, называется *транзитным*. По своему назначению транзитные соединения (транзиты) подразделяются на постоянные, которые осуществляются в линейно-аппаратном цехе (ЛАЦ), и временные, реализуемые в цехах автоматики или полуавтоматики для передачи одного или нескольких сообщений.

При организации транзитов в точках соединения каналов необходимо иметь одинаковые входные сопротивления и измерительные уровни.

Транзитные соединения могут выполняться путем соединения либо отдельных каналов (переприем по ТЧ), либо групп каналов (переприем по ВЧ). Транзитные соединения отдельных каналов производятся в спектре частот 0,3...3,4 кГц по двух- или четырехпроводной схеме. Этот вид транзита называется *индивидуальным* или *низкочастотным*.

Двухпроводные низкочастотные транзитные соединения осуществляются в точках с относительным уровнем $-3,5$ дБм0. Они легко выполнимы и позволяют организовать транзит без использования каких-либо дополнительных устройств. Однако в данном случае увеличивается число последовательно включенных зам-

кнутых систем, что снижает утойчивость составного канала. Этот вид транзита в настоящее время не используется.

Четырехпроводные индивидуальные транзитные соединения (рис. 5.29) не имеют отмеченного выше недостатка. Как видно из рисунка, для осуществления транзита должны быть соединены точки с относительными уровнями +4 и -13 дБм0. Для обеспечения нормального режима работы составного канала включают удлинители и соединение производят между точками с измерительными уровнями -3,5 дБм. В пункте реализации транзита ДС выключаются. Этот вид транзита широко используется на сети, так как практически не ограничивает числа возможных соединений каналов, что особенно существенно при автоматической коммутации каналов. Однако он ухудшает АЧХ и ФЧХ составного канала, что объясняется увеличением числа последовательно включенных канальных ПФ. Поэтому на каждом виде первичной сети их число нормируется.

Транзитное соединение групп каналов, или высокочастотный транзит, осуществляется в спектрах частот основных групп. Особенностью транзита является то, что отпадает необходимость в использовании индивидуального оборудования в пункте реализации транзита. Сокращается число ступеней преобразований, уменьшаются шумы и АЧИ по сравнению с индивидуальным транзитным соединением.

Для выполнения ВЧ транзита из одной системы передачи в другую требуется соответствующее оборудование. Оно предназначено для согласования уровней в точках реализации транзита, подавления токов соседних групп каналов, токов КЧ, расположенных внутри передаваемой полосы, коррекции АЧХ и, если необходимо, ФЧХ.

Групповые транзитные соединения осуществляются по первичным, вторичным и третичным группам. Функциональные схемы транзитного оборудования этих групп каналов приведены соответственно на рис. 5.30, а, б и в. Полосовые фильтры с полосами пропускания 60,6...107,7 кГц (транзит ПГ), 312,3...551,7 кГц (ВГ) и 812,6...2043,7 кГц (ТГ) подавляют токи соседних групп каналов. На крайних частотах фильтр имеет затухание порядка 75 дБ. Удлинители согласовывают уровни передачи в точках транзита. Режекторные фильтры вносят значительное затухание на частотах, совпадающих с КЧ системы, в которую вводится транзит. Тем самым они предотвращают ложную работу системы АРУ. Корректоры осуществляют коррекцию АЧХ составного канала.

Транзитные соединения 12-, 60- и 300-канальных групп реализуются соответственно на стойках транзита ПГ, ВГ и ТГ. Транзиты могут быть как постоянными, так и временными.

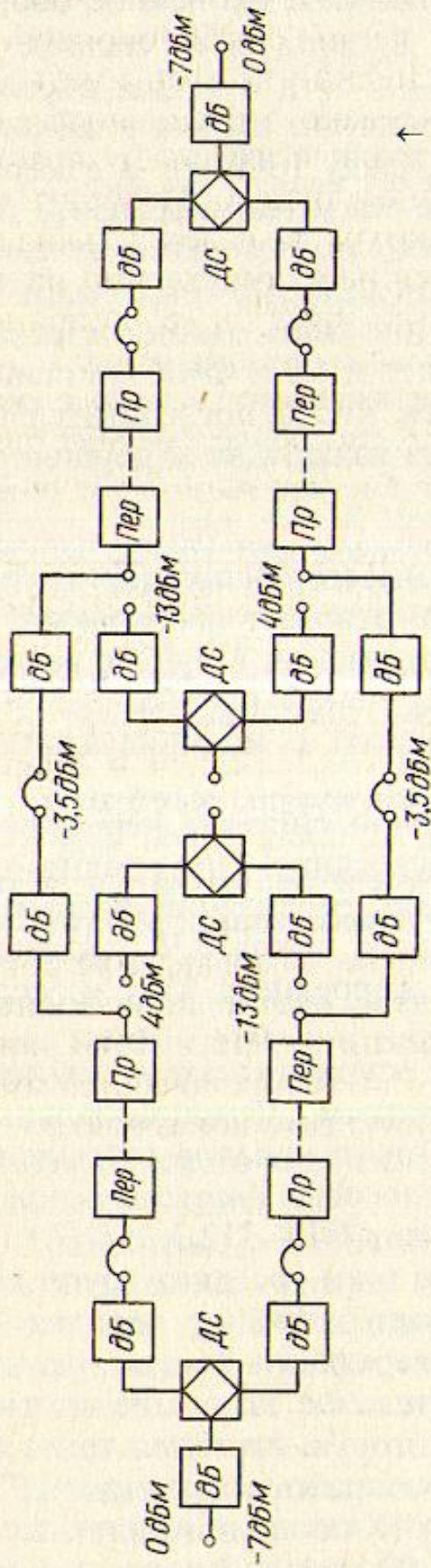


Рис. 5.29. Четырехпроводное индивидуальное транзитное соединение

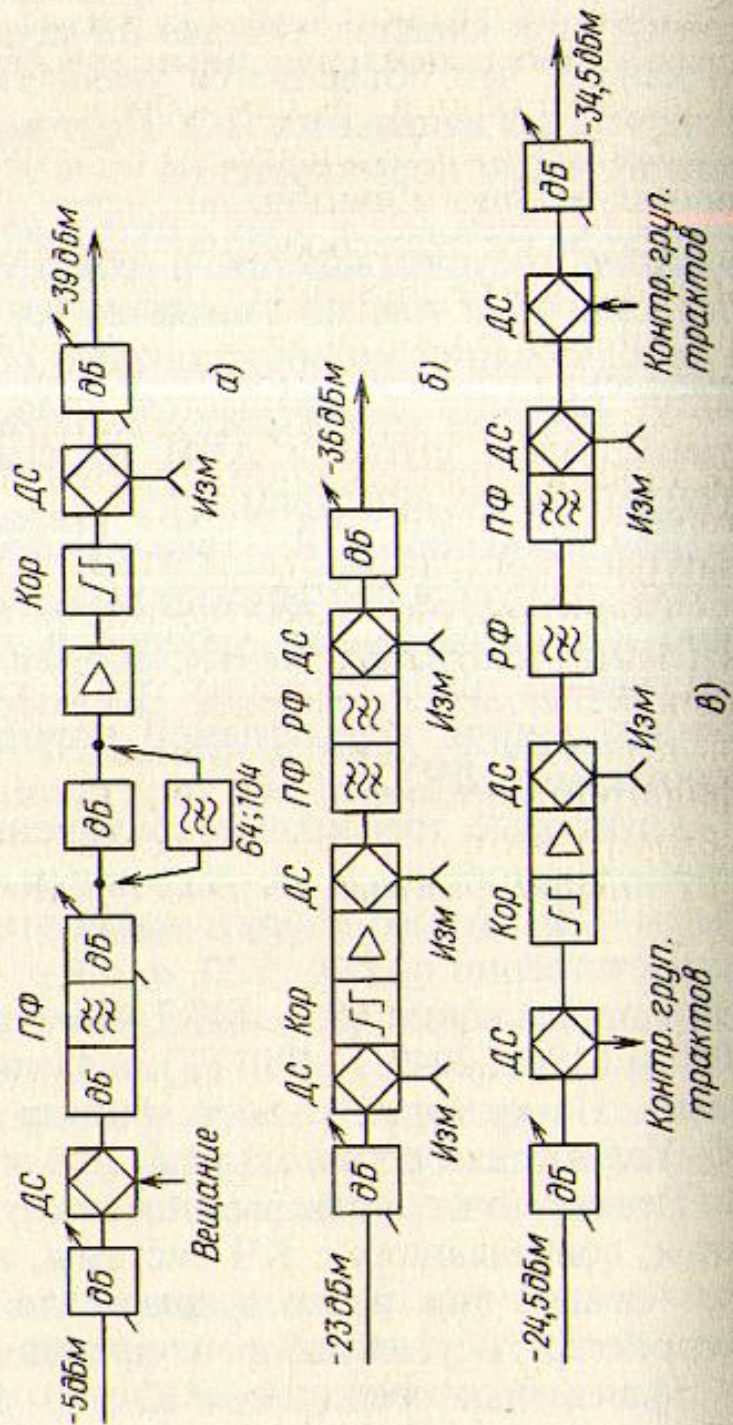


Рис. 5.30. Групповые транзитные соединения:
 а - по ПГ - 12 каналов; б - по ВГ - 60 каналов; в - по ТГ - 300 каналов

При высокочастотном транзите системы вызова соединяемых участков должны быть одинаковыми.

Выделение каналов. Система передачи позволяет осуществить связь между пунктами, в которых установлено оконечное оборудование. При необходимости организации связи оконечного пункта с одним из промежуточных последний должен иметь два комплекта оконечного оборудования. Однако это сильно увеличивает затраты на строительство магистрали и ухудшает характеристики каналов, не выделяемых в данном пункте. Избежать отмеченные недостатки позволяет аппаратура выделения каналов (АВК). Выделение каналов производится непосредственно из линейного спектра. Частоты выделяемых каналов в линейном спектре подавляются, и взамен их вводятся новые каналы для связи либо с последующими пунктами выделения, либо с оконечной станцией. Таким образом, АВК позволяет осуществить связь с обеими оконечными станциями по выделенным каналам промежуточного пункта.

Наиболее целесообразно выделять каналы, расположенные в нижней части линейного спектра, так как здесь относительная ширина промежутка между каналами больше. Это обеспечивает выделение групп каналов без потери каналов на расфильтровку.

Аппаратура выделения состоит из трех основных частей: тракта прямого прохождения, трактов приема и передачи и генераторного оборудования. Упрощенная функциональная схема аппаратуры приведена на рис. 5.31.

Оборудование тракта прямого прохождения служит для подавления токов выделяемых каналов и пропускания сигналов остальных каналов практически без изменения. Подавление токов выделяемых каналов в линейном спектре частот производится фильтром верхних частот Φ_1 . Для коррекции АЧИ и ФЧИ, вносимых этим фильтром, последовательно с ним включаются амплитудный и фазовый корректоры (на рисунке не показаны).

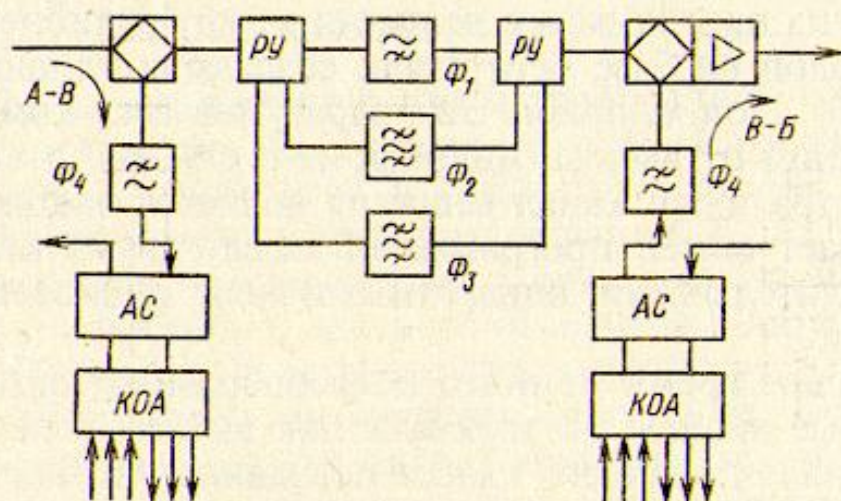


Рис. 5.31. Выделение каналов

Если в выделяемую полосу частот попадают линейные КЧ, то в тракт прямого прохождения АВК параллельно фильтру Φ_1 через РУ включают фильтры Φ_2 и Φ_3 , обеспечивающие прохождение КЧ в последующий участок магистрали.

Тракты приема и передачи аппаратуры выделения состоят из фильтра нижних частот Φ_4 , аппаратуры сопряжения (АС) и каналообразующей аппаратуры (КОА). Фильтр Φ_4 обеспечивает отвлечение из линейного спектра частот, соответствующих выделяемым каналам. Аппаратура сопряжения служит для преобразования выделенного спектра в спектр ВГ или ПГ. С помощью КОА организуются каналы ТЧ. Тракт передачи АВК построен аналогично, но преобразование происходит в обратном порядке.

Существующая аппаратура выделения позволяет выделять либо четыре канала, либо одну или две ПГ, либо одну, две или три ВГ.

Оборудование АВК размещается на стойке СВК-К, аппаратуры выделения ПГ – на стойке СВПГ-1 или СВПГ-2 и аппаратуры выделения ВГ – на стойках СВВГ и СППр.

К недостаткам АВК можно отнести снижение надежности линейного тракта и ухудшение его характеристик за счет включения большого числа дополнительного оборудования. Эти недостатки особенно сильно проявляются при выделении каналов из линейных трактов СП большой канальности. Поэтому для распределения каналов вдоль трассы коаксиального кабеля применяется распределительная система К-24Р. Она обеспечивает связь пункты, расположенные на участке между соседними узлами, а также связь между этими пунктами и узлами.

5.7. ОРГАНИЗАЦИЯ КАНАЛА ЗВУКОВОГО ВЕЩАНИЯ

Требования к характеристикам канала звукового вещания

Для обмена программами вещания между радиоцентрами различных городов на базе сети связи создаются каналы звукового вещания (ЗВ). Под *каналами ЗВ* подразумевается комплекс аппаратуры и линий от выхода микрофона в студии до входа приемника. Магистральный канал вещания является частью канала ЗВ и обеспечивает обмен программами между двумя коммутационно-распределительными аппаратными или радиовещательными аппаратными.

В настоящее время принято целесообразным организовывать магистральные каналы ЗВ трех классов: высшего, первого и второго. По каналам высшего класса передаются сигналы звукового сопровождения телевизионных программ, по каналам первого класса – программы центрального вещания в республиканские и

областные центры, а также международные программы, а по каналам второго класса – межобластное, внутриобластное и внутрирайонное вещание.

Требования к характеристикам магистральных каналов ЗВ приведены в табл. 5.3. Допустимая неравномерность остаточного затухания каналов различных классов для эталонной цепи с тремя переприемами протяженностью 2500 км показана на рис. 5.32.

Таблица 5.3

Характеристика канала	Класс канала		
	высший	первый	второй
Полоса эффективно передаваемых частот, кГц	0,03...15	0,05...10	0,05...6,4
Остаточное затухание, дБ	0	0	0
Коэффициент нелинейных искажений (на частотах выше 100 Гц) для эталонной цепи длиной 2500 км, %, не более	$\leq 0,8...1,5$	≤ 2	≤ 2
Неравномерность частотной характеристики ГВП сигнала ЗВ по сравнению с его минимальной величиной для эталонной цепи протяженностью 2500 км, мс:			
на нижней частоте	50	80	80
на частоте 100 Гц	20	20	20
на верхней частоте	8	8	8
Разность между максимальным уровнем сигнала и уровнем психофотометрического напряжения помехи (для всех каналов), дБ (здесь L – протяженность канала)	$57 + 10 \lg (2500/L)$		

Наиболее полно перечисленным требованиям отвечают каналы, образованные на кабельных или радиорелейных линиях. Поэтому каналы этого типа и составляют основу сети каналов междугородного и международного вещаний.

Канал вещания высшего класса организуется в спектре частот, который специально для него отводится в линейном спектре СП. Преобразование спектра осуществляется в специальной аппаратуре, используется амплитудная модуляция, передается одна боковая. Преобразованный сигнал подается на вход оконечной аппаратуры линейного тракта и совместно с другими сигналами передается на оконечную приемную станцию.

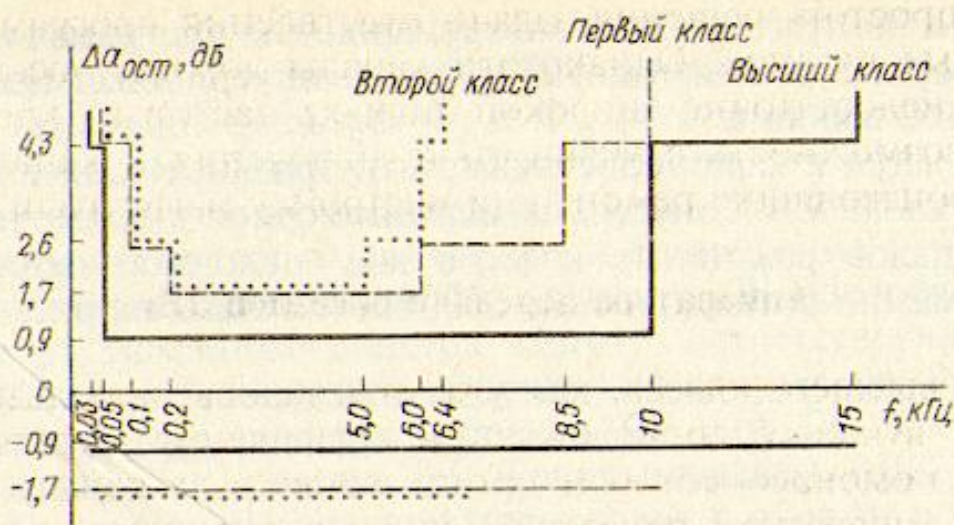


Рис. 5.32. Допустимая неравномерность остаточного затухания в каналах ЗВ

Данный метод создания канала ЗВ имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что в различных СП для этого канала выделяются разные полосы частот, следовательно, отсутствует возможность унификации оборудования. Однако он позволяет создавать канал с относительно широкой полосой частот 15...17 кГц.

Каналы ЗВ первого и второго классов образуются взамен нескольких каналов ТЧ в системе передачи. С этой целью объединяются спектры двух или трех каналов ТЧ. В первом случае организуется канал ЗВ второго класса, во втором — первого класса. Это объединение осуществляется в диапазоне частот ПГ. Такой метод организации канала оказывается одинаково пригодным практически для любой СП.

При выборе каналов ТЧ, вместо которых должен образовываться канал ЗВ, учитывается необходимость сохранения нормальных условий работы трактов контроля и управления АРУ. С учетом сказанного для организации канала ЗВ первого класса в спектре первичной группы выделяется полоса частот 84...96 кГц, а второго класса — 88...96 кГц. Перенос спектра сигнала вещания в спектр канала ПГ МККТТ рекомендует осуществлять путем преобразования с помощью несущей частоты 96 кГц. Это преобразование происходит в аппаратуре АВ-2/3.

Рассмотренные выше методы относятся к методам организации передачи сигналов ЗВ с преобразованием спектра. Образованные таким образом каналы называются *высокочастотными*.

Сигналы ЗВ могут передаваться и без преобразования, т. е. в исходной полосе частот. В этом случае каналы ЗВ называются *низкочастотными*. Они организуются по специальным симметричным экранированным парам с легкой пупинизацией. К числу их достоинств можно отнести малый уровень помех, способность обеспечить передачу сигналов с большим динамическим диапа-

зоном и простоту решения задачи ответвления программ в промежуточных пунктах. Однако эти каналы дороги, обеспечивают передачу недостаточно широкой полосы частот и, кроме того, имеется возможность случайного подключения к каналу работников, производящих ремонт или настройку магистрали.

Аппаратура передачи сигналов ЗВ

Канал высшего класса, как уже отмечалось, используется для передачи звукового сопровождения телевидения, поэтому аппаратура, с помощью которой организуется этот канал, входит в комплекс аппаратуры передачи программ телевидения. Располагается она на стойках передающих устройств звуковых сигналов вещания (СПУЗСВ) и приемных устройств звуковых сигналов вещания (СПрУЗСВ). Структурная схема тракта передачи канала ЗВ высшего класса приведена на рис. 5.33.

Преобразование сигналов ЗВ в линейный спектр осуществляется с помощью одной ступени преобразования. Так как частотный промежуток, разделяющий боковые полосы на выходе преобразователя, незначителен (60 Гц), то для подавления неиспользуемой нижней боковой полосы частот применяется фазоразностная схема. Для уменьшения числа побочных продуктов преобразования исходный спектр сигнала ограничивается ФНЧ Д-17. Контур предварительного наклона (КПН) предусмотрен для увеличения помехозащищенности высокочастотных составляющих сигнала. Искажения, вносимые этим контуром, на приеме устраняются контуром обратного наклона. На магистралях большой протяженности для увеличения помехозащищенности используются компандерные устройства – на передаче сжиматель (К), на приеме расширитель. Фильтр нижних частот на выходе аппаратуры подавляет побочные продукты преобразования и отделяет сигнал ЗВ от сигналов изображения.

Для проверки исправности тракта звукового сопровождения передается сигнал КЧ 16714 Гц, поэтому ширина полосы канала вещания выбрана равной 17 кГц.

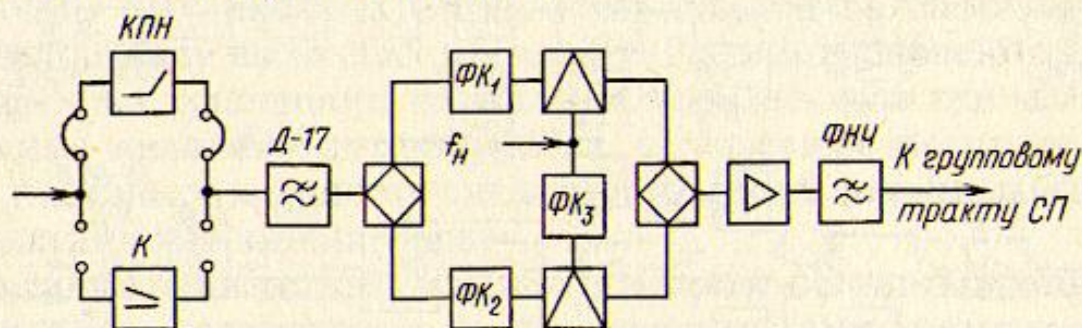


Рис. 5.33. Структурная схема тракта передачи оконечной аппаратуры организации канала ЗВ высшего класса

Каналы ЗВ первого или второго класса организуются с помощью аппаратуры АВ-2/3. Передающая часть этой аппаратуры через развязывающее устройство подключается на вход групповой части СП, а приемная часть — на выход, заменяя тем самым индивидуальное оборудование изымаемых в ПГ каналов. Упрощенная схема оконечной аппаратуры передачи сигналов звукового вещания АВ-2/3 приведена на рис. 5.34.

Для уменьшения числа побочных продуктов преобразования спектр исходного сигнала ограничивается фильтром Д-10 (для каналов первого класса) и Д-6,4 (для каналов второго класса). Фильтры Д-96 и К-85 (для каналов первого класса) и К-88,8 (для каналов второго класса) выделяют после преобразования полезную нижнюю боковую полосу частот. Включаются они после усилителя высокой частоты (УВЧ). Для снижения требований к фильтру Д-96 в отношении крутизны нарастания характеристики его затухания, так как боковые полосы отстоят друг от друга на 100 Гц, в аппаратуре применена ФРС преобразования частоты. Назначение РФ — подавление остатка несущей частоты.

На приемной станции фильтры Д-96 и К-85 или К-88,8 выделяют спектр канала ЗВ. Здесь так же, как при передаче, вместо ПФ применяются ФНЧ и ФВЧ. Такое решение позволило упростить узлы, которые должны заменяться при организации каналов первого или второго класса. Исходный сигнал после преобразования на приеме выделяется фильтром Д-10 или Д-6,4. Для предотвращения перегрузки группового тракта системы передачи УВЧ канала ЗВ является усилителем-ограничителем.

Увеличение помехозащищенности обеспечивается на передаче контуром предискажения уровней (КП) и компрессором (К). Вносимые искажения КП компенсируются на приеме контуром компенсации предискажений (ККП), а восстановление динамического диапазона осуществляется расширителем (Р).

Для организации канала ЗВ по экранированным кабельным парам применяется аппаратура АВЭК. Так как АЧХ, ФЧХ и вол-

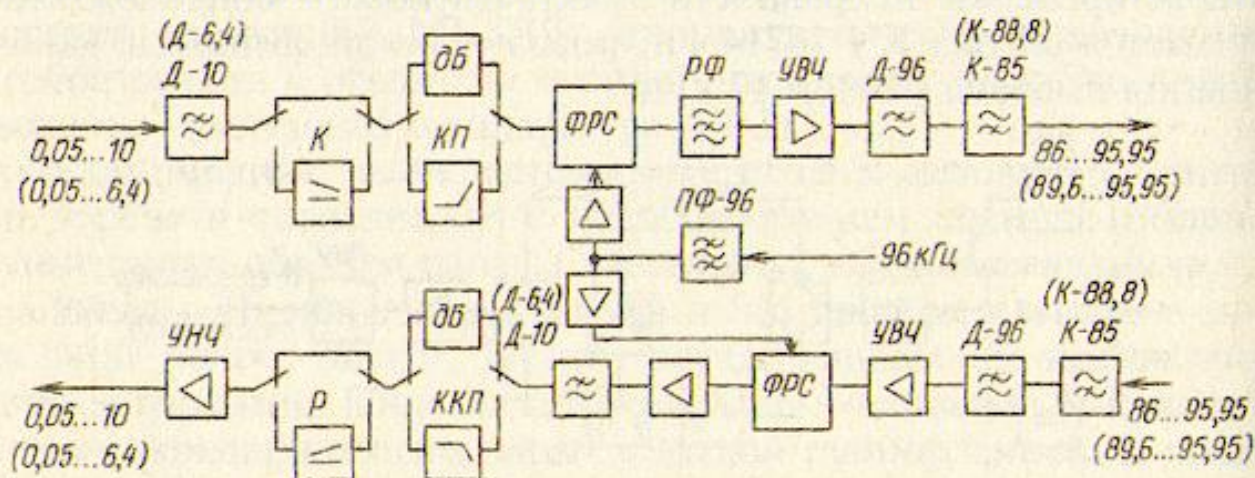


Рис. 5.34. Упрощенная структурная схема оконечной аппаратуры организации канала звукового вещания АВ-2/3

новое сопротивление кабеля резко изменяются с частотой и зависят от температуры, в схеме усилителей используются устройства для согласования сопротивлений усилителя и кабеля, а для коррекции АЧХ и ФЧХ помимо основных корректоров применяются дополнительные, корректирующие температурные изменения характеристик кабеля. Чтобы решение этих задач не вызывало больших затруднений, спектр сигналов ЗВ ограничивается частотой 8 кГц.

Сравнивая между собой ВЧ и НЧ каналы вещания, можно отметить следующее: оборудование ВЧ каналов дешевле, требует меньших эксплуатационных расходов, позволяет организовать необходимое число каналов в любой МСП, однако при организации этих каналов трудно осуществить выделение программ вещания в промежуточных усилительных пунктах и уровень помех в них более высокий.

Организация НЧ каналов обходится дорого и по этой причине имеет ограниченное применение.

ГЛАВА 6. ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ УЗЛЫ АППАРАТУРЫ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ С ЧРК

6.1. УСИЛИТЕЛИ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ

Назначение и типы усилителей

Передача электрических сигналов по различным направляющим средам сопровождается их ослаблением, т. е. рассеянием их энергии. При этом часто оказывается, что энергия сигнала недостаточна для его приема или что мощность сигнала сравнима с мощностью помех. В данных случаях возникает задача усиления сигналов, т. е. увеличения их мощности. Усиление электрических сигналов осуществляется усилителями, которые удобно представлять в виде четырехполюсников (рис. 6.1), т. е. устройств, имеющих пару входных клемм 1 – 1 для подключения источника сигнала и пару выходных клемм 2 – 2 для подключения нагрузки (приемника усиленного сигнала). Очевидно, что эти четырехполюсники являются активными, т. е. содержат источники энергии, поскольку мощность сигнала в нагрузке значительно больше мощности входного сигнала.

Каждый конкретный усилитель должен обладать вполне определенными параметрами и характеристиками, зависящими от свойств усиливаемых сигналов и особенностей аппаратуры, в состав которой он входит.