В настоящее время потенциометрический ограничитель применяется в качестве предварительного усилителя-ограничителя в устройствах типов УПВ-1, УПВ-5. Познакомимся с ним. Принципиальная схема усилителя-ограничителя представлена на рис. 11.13.

Потенциометрический ограничитель представляет собой симметричный потенциометр, состоящий из сопротивлений R_2, R_4 и кремниевых диодов $Д_1$, $Д_2$ типа Д106А. Сопротивления диодов изменяются в зависимости от величины регулирующего тока, протекающего через них в направлении прямой проводимости. Регулирующий ток, пропорциональный приросту выходного напряжения, подается на диоды $Д_1$, $Д_2$ с трансформатора $Тр_4$. Это напряжение выпрямляется диодами $Д_8$, $Д_9$, фильтруется конденсатором $С_3$ и усиливается усилителем постоянного тока на транзисторах $Т_1$—$Т_3$ типа П105. Для установления порога срабатывания ограничителя вводится напряжение задержки, снимаемое с потенциометра R_{57}. Напряжение на коллекторах $Т_1$—$Т_3$ стабилизировано опорными диодами $Д_6$, $Д_7$.

Ограничители уровня используются в мощных усилителях и в качестве устройства, защищающего усилитель от повышения выходного напряжения при уменьшении его нагрузки.

При увеличении сопротивления нагрузки мощного усилителя увеличивается его выходное напряжение, увеличиваются нелинейные и частотные искажения. Устранить нарушения в работе мощных усилителей при перегрузке на выходе можно применением глубокой отрицательной обратной связи, а также применяя усили-

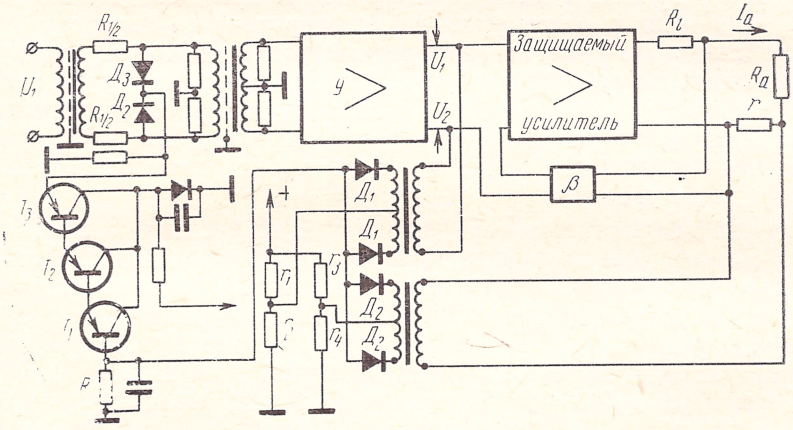


Рис. 11.14. Схемы защиты мощного усилителя от перегрузки

тель-ограничитель. В этом случае управляющее напряжение снимается с предварительных ступеней усиления и с выхода мощного усилителя, как показано на рис. 11.14.

Выпрямитель, содержащий вентиль $Д_1$, работает только в режиме холостого хода или при номинальной нагрузке защищаемого

усилителя. Выпрямитель с вентилями $Д_2$ действует только в случае перегрузки как при номинальном значении входного сигнала, так и при перевозбуждении. Подобная схема защиты выполнена в усилителях УПВ-1 и УПВ-15.

§ 11.6. КЛАССИФИКАЦИЯ ИНДИКАТОРОВ УРОВНЯ И ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

Уровень вещательных сигналов непрерывно меняется. На рис. 1.15 показаны уровнеграммы при пении *(а)* и речи *(б)*.

Из них видно, что изменения уровня могут быть как плавными, так и скачкообразными. Приборы переменного тока (амперметры, вольтметры) служат для измерения сигналов стационарных, постоянных во времени, и не могут применяться для измерения быстроменяющихся сигналов, каковыми являются сигналы речи и музыки. Для визуального контроля за уровнем сигнала в трактах звукового и телевизионного вещания в звукозаписи применяются приборы, называемые индикаторами уровня.

К индикаторам уровня предъявляются следующие основные требования: показания индикаторов не должны зависеть от частоты звукового сигнала, от формы напряжения; пределы измерения индикатора должны соответствовать динамическому диапазону сигнала; индикатор должен иметь шкалу, удобную для наблюдения и отсчета; включение индикатора не должно изменять режима измеряемого тракта. Индикаторы уровня подразделяются на два типа: тип 1 — индикаторы уровня для оперативного контроля (устанавливаются на пультах звукорежиссеров и звукооператоров в стационарных и передвижных установках там, где осуществляется регулирование уровней; тип 2 — индикаторы для эксплуатационного контроля (устанавливаются в точках тракта, где необходимо наблюдать за уровнем сигнала, но не производить оперативное регулирование уровня).

Два типа индикаторов отличаются предъявляемыми к ним требованиями, которые и определяют их технические характеристики. Поскольку индикаторы уровня являются измерительными приборами, они характеризуются, как и обычные измерительные приборы; чувствительностью, входным сопротивлением, типом шкалы, рабочим диапазоном частот, динамическим диапазоном и т. д. В отличие от обычных измерительных приборов, они контролируют напряжение нестационарного сигнала, поэтому они характеризуются такими временными параметрами, как время интеграции $t_и$, время срабатывания $t_{ср}$, время возврата $t_в$ и перебросом стрелки прибора.

Рассмотрим, что из себя представляет каждый из этих параметров.

Время интеграции $t_и$ — продолжительность единичной посылки прямоугольного сигнала установочного уровня с синусо-

идальным заполнением частотой 5000 Гц, от которой указатель показывающего прибора отклоняется до отметки 90% или 2 дБ.

Под временем срабатывания $t_{ср}$ понимается продолжительность единой прямоугольной посылки на входе индикатора уровня (заполненной синусоидальным сигналом частотой 5000 Гц), от которой при отключенном конденсаторе зарядно-разрядной цепи стрелка прибора достигает отметки 1 дБ (90%), если после подачи синусоидального сигнала того же уровня на вход индикатора его показание равно 0 дБ (100%).

Время возврата $t_{возвр}$ — это время, в течение которого показание прибора уменьшается на 20 дБ после внезапного снятия синусоидального сигнала со входа индикатора уровня.

Переброс стрелки определяется разностью между максимальным показанием прибора при подаче импульса синусоидального сигнала на вход индикатора и показанием после окончания процесса успокоения. Переброс выражается в процентах или децибелах относительно показания прибора после окончания процесса успокоения.

Обычно временные параметры нормируются для сигнала определенного уровня, который называется установочным. За установочный уровень принимается уровень напряжения синусоидального сигнала частотой 1000 Гц, при котором показание индикатора должно быть равно 0 дБ или 100% при длительной подаче этого напряжения на вход индикатора уровня. Отметка шкалы «0» дБ должна соответствовать максимально допустимому показанию прибора во время передачи в контрольной точке цепи.

Основные параметры индикаторов уровня приведены в табл. 11.1.

ТАБЛИЦА 11.1

Прибор	$t_{и}$, мс	$t_{ср}$, мс		$t_{возвр}$, с	Динамич. диапазон, дБ
Тип 1	10	$60 \leqslant t_{ср}$	$\leqslant 250$	1,5—2	44
Тип 2				3—4	23

На рис. 11.15 показаны места включения индикаторов уровня типов 1 и 2 в тракт передачи звукового вещания. Индикатор $И_1$ на выходе студийной части тракта является прибором оперативного контроля, по показанию которого звукорежиссер регулирует уровень передачи, изменяя динамический диапазон передачи.

В радиовещательной аппаратной *РВА* и коммутационной разветвительной аппаратной *(КРА)* предусматривается контроль уровня как на выходе, так и на входе. Индикатор *РВА*, включенный на выходе, обычно дублируется в отделе технического контроля (ОТК). Эти индикаторы уровня являются приборами эксплуатационного контроля. Для контроля уровня сигнала, поступающе-

го к потребителям, индикаторы уровня устанавливаются в последующих звеньях тракта. На входе трактов звуковой частоты передатчиков и радиотрансляционных сетей устанавливаются индика-

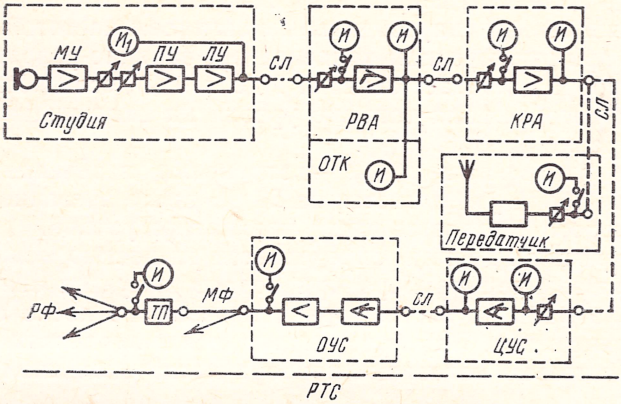


Рис. 11.15. Скелетная схема тракта звукового вещания:
(*ЦА* — центральная аппаратная вещания; *КРА* — коммутационная распределительная аппаратная вещания; *ОТК* — отдел технического контроля; *ЦУС* — центральная станция узла проводного вещания; *ОУС* — опорная усилительная станция; *МФ* — магистральный фидер; *ТП* — трансформаторная подстанция; *РФ* — распределительный фидер; *РТС* — радиотрансляционная сеть; *СЛ* — соединительная линия; *И* — индикатор уровня)

торы эксплуатационного контура, основное назначение которых — контроль максимального уровня передачи.

На центральной усилительной станции *(ЦУС)* радиотрансляционного узла предусматривается постоянный контроль выходного уровня сигнала, передаваемого по соединительным линиям на опорно-усилительные станции *(ОУС)* и к усилительным подстанциям. На дистанционно управляемых объектах (усилительных и трансформаторных подстанциях) радиотрансляционных узлов индикаторы уровня подключаются к выходу на время обслуживания аппаратуры. Индикаторы уровня эксплуатационного контроля применяются также в приемо-усилительном оборудовании сельских РТУ.

§ 11.7. СХЕМА ИНДИКАТОРОВ УРОВНЯ

Индикатор уровня, структурная схема которого приведена на рис. 11.16, содержит усилитель переменного тока I_1, детектор *Д*, усилитель постоянного тока I_2 и стрелочный прибор *U*. Для увеличения динамического диапазона измерения индикаторы типа 1 имеют логарифмирующее устройство *(СЛ)*. Когда контролируемые уровни достаточно большие, можно обойтись без усилителя постоянного и переменного токов.

В индикаторах уровня применяются диодные детекторы с RC-фильтрами, у которых время разряда много больше времени заряда. Эти параметры определяют в основном и временные ха-

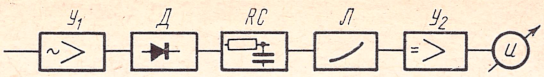


Рис. 11.16. Обобщенная структурная схема индикатора уровня

рактеристики индикатора уровня. Обязательно наличие двухполупериодного выпрямления, которое позволяет реагировать на импульсы обеих полярностей. Это необходимо потому, что форма волны напряжения вещательного сигнала подчас бывает несимметричной, что видно из осциллограмм звуковых вещательных сигналов. При однополупериодном выпрямлении показания прибора будут зависеть от формы сигнала (рис. 11.17). Упрощенная принципиальная схема индикатора уровня показана на рис. 11.18. Под действием входного напряжения на нагрузке детектора появляется выпрямленное напряжение u_c. Напряжение u_c, создав отрицательное смещение на сетке лампы $Л_1$ усилителя постоянного тока I_2, уменьшает ее анодный ток. Лампа $Л_1$ служит одним плечом моста постоянного тока, другими плечами которого являются лампа $Л_2$ и сопротивления R_{a1} и R_{a2}. В одну диагональ моста включен источник анодного напряжения, в другую — гальванометр. При изменении анодного тока лампы $Л_1$, а следовательно, и ее внутреннего сопротивления баланс моста нарушается; в его диагонали появляется ток, и стрелка гальванометра отклоняется. При прекращении посылки сигнала конденсатор C фильтра начинает разряжаться через сопротивление R_y; напряжение смещения u_c уменьшается, баланс моста восстанавливается, и стрелка гальванометра возвращается к исходному положению.

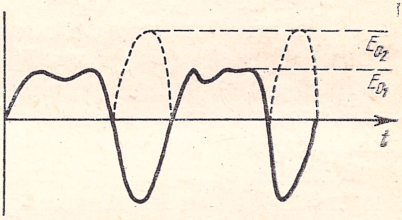


Рис. 11.17. Зависимость показаний прибора от формы напряжения при однополупериодном выпрямлении

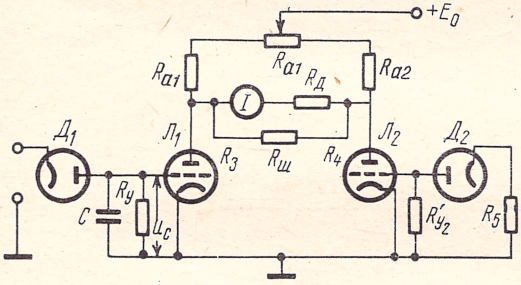


Рис. 11.18. Принципиальная схема индикатора уровня

В схеме рис. 11.18 возможен разбаланс моста за счет разброса параметров ламп, деталей или изменения режима, поэтому в схеме предусмотрено переменное сопротивление R_0, позволяющее изменять соотношения сопротивлений плеч, т. е. производить балансировку моста.

Есть еще одна причина, вызывающая «уход» нуля. Если на входе схемы рис. 13.5 напряжение сигнала равно нулю, то потенциал сетки $Л_1$ не равен нулю, так как за счет начального тока диода $Д_1$ на сопротивлении $R_{у1}$ получается сравнительно большое падение напряжения из-за достаточно большой величины $R_{у1}$. Ток диода $Д_1$ может изменяться при его замене, колебании напряжения источников питания, изменения окружающей температуры. Для компенсации начального тока диода $Д_1$ в цепь сетки $Л_2$ включается идентичный диод $Д_2$ и сопротивление $R_{у1}=R_{у2}$. Тогда при отсутствии сигнала падение напряжения на сопротивлении $R_{у2}$ за счет начального тока диода $Д_2$ получится таким же, как и на сопротивлении $R_{у1}$ — от начального тока диода $Д_1$. На сетках ламп $Л_1$ и $Л_2$ будут равные потенциалы, и разбаланса моста поэтому не произойдет.

Для расширения пределов измеряемых напряжений сигнала и стабилизации тока через прибор последовательно с гальванометром включают сопротивление $R_д$.

В качестве прибора-указателя желательно применять гальванометр с малым временем срабатывания с тем, чтобы его показания следили за изменением уровня напряжения сигнала без заметного отставания, в особенности для индикаторов типа 1.

Для приборов оперативного типа целесообразно применять гальванометры со световым отсчетом, а для приборов эксплуатационного контроля — гальванометры стрелочного типа. На рис. 11.19 показан примерный вид шкалы индикаторов уровня 1 и 2-го типов.

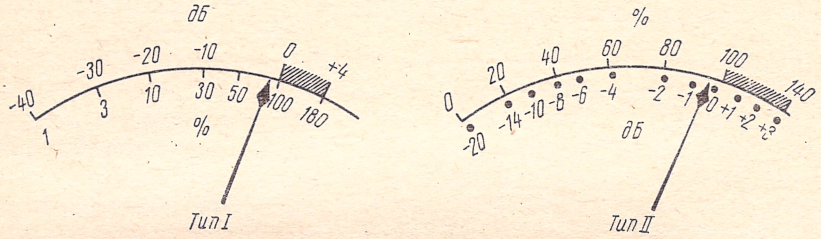


Рис. 11.19. Шкалы индикаторов I и II типов

Как указывалось выше, в тракте проводного вещания используются индикаторы уровня эксплуатационного типа, т. е. оперативная регулировка уровня в тракте проводного вещания не производится. Дежурный *ЦУС*, например, в случае несоответствия уровня передачи заданному значению обращается в *РВА* с требованием провести регулировку уровня в данном канале. А на *ОУС* такая проверка и установка номинального уровня производится периодически.

Индикаторы уровня, применяемые в некоторых мощных усилителях (рис. 11.20) проводного вещания (например, ТУ-5-4, УПВ-1 и т. д.), контролируют выходное напряжение 240 В, поэтому в их схемах не применяют усилителей ни перед детектором, ни после него; уровень достаточен для того, чтобы получить максимальное

отклонение стрелки прибора. Элементы схемы индикатора выбраны таким образом, что время интеграции лежит в пределах 20 мс при верности 80%. Время возврата стрелки 4—5 с, переброс стрелки 1,12 с. Амплитудно-частотная характеристика в полосе от 50 до 10 000 Гц имеет неравномерность не более ±1 дБ. В детекторе применены кремниевые диоды типа Д226.

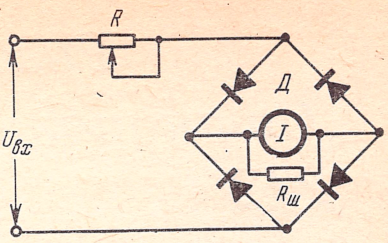


Рис. 11.20. Схема индикатора уровня мощного усилителя

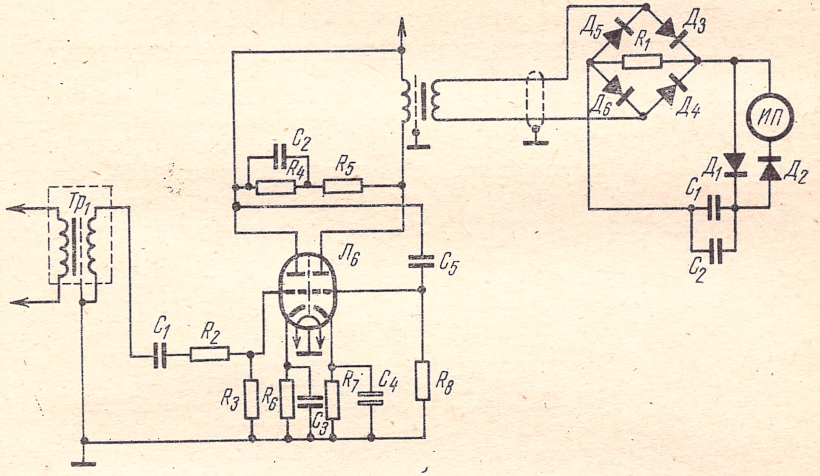


Рис. 11.21. Схема индикатора уровня РУП-10

Индикатор уровня в аппаратуре передвижной радиотрансляционной установки (РУП-10) (рис. 11.21) содержит двухкаскадный усилитель на лампе 6Н3П, выпрямитель на германиевых диодах $Д_3$—$Д_6$, зарядные емкости C_1 и C_2, микроамперметр *ИП* на 220 мкА и вспомогательные диоды $Д_1$, $Д_2$. Диод $Д_1$ служит для шунтирования прибора на время заряда конденсатора.

Контрольные вопросы

1. Почему требуется регулировать уровень вещательных передач?
2. Расскажите о регуляторах на сопротивлениях.
3. Поясните принцип действия компрессора, расширителя и ограничителя максимального уровня.
4. Каково назначение ограничителя уровня компрессионного типа?
5. Что такое диапазон ограничения и диапазон сжатия ограничителя уровня?
6. Объясните принцип действия защиты усилителей от перегрузок по входу и выходу.
7. В чем отличие индикатора уровня от вольтметра переменного тока?
8. Как устроен индикатор уровней?
9. Что зависит от временных параметров индикатора уровня?

Раздел IV.
Станционные устройства РТУ

ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ

ТИПОВАЯ СТАНЦИОННАЯ АППАРАТУРА

§ 12.1. МИКРОФОННЫЙ И ТРАНСЛЯЦИОННЫЙ УСИЛИТЕЛИ

Микрофонный усилитель типа УМ-2 является усилителем низкой частоты, предназначенным для предварительного усиления сигналов, поступающих от микрофона (рис. 12.1). Он имеет два микрофонных входа и входы для внешних источников программы (приемника, магнитофона, звукоснимателя): может рабо-

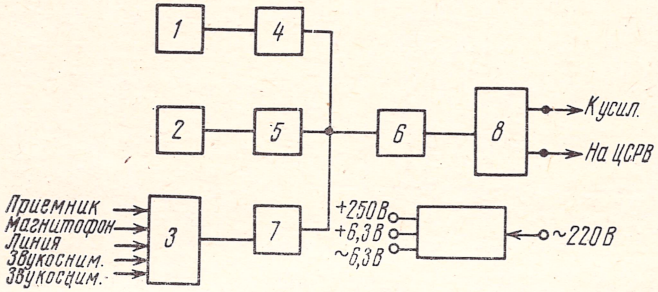


Рис. 12.1. Структурная схема УМ-2

тать от одного из источников программ. Имеется переключатель программ 7. Иногда требуется передача речевых сообщений на фоне музыки или репортажа со стадиона или производства на фоне сигналов местного шума (итершум) и т. п. В этом случае на вход усилителя подключается одновременно два источника программ: два микрофона или микрофон одновременно с любым другим источником программ. Оба микрофонных канала имеют идентичные усилители *1—2*, собранные на лампах и на резисторах с трансформаторным входом и глубокой обратной связью по току и напряжению.

Сигналы с этих усилителей поступают на общий усилитель. Входной делитель *3* и регуляторы усиления *4, 5, 6* обеспечивают приведение входных напряжений различных источников программ к одному или разным уровням и одному входному сопро-

тивлению общего усилителя. Уровень устанавливается оператором в процессе ведения передачи.

Общий усилитель *8* содержит три каскада усиления, собранные на лампах 6Н3П и 6П14П. Каждый каскад охвачен обратной связью по току, кроме того, 2 и 3-й охвачены обратной связью и по напряжению.

Микрофонные усилители питаются постоянным током для уменьшения уровня шума усилителя. Показатели микрофонных усилителей удовлетворяют нормам высшего класса качества (ГОСТ 11515—65).

Трансляционный усилитель типа ТУ-100М относится к маломощным усилителям, его выходная мощность 100 Вт. Он может использоваться на радиоузле и для звукофикации больших помещений и площадей. Усилитель работает от одного или двух микрофонов, звукоснимателя, радиоприемника или с линии подачи программ. Усилитель содержит комплект необходимой для указанных случаев работы аппаратуры. Собственно усилитель имеет микрофонную ступень *(УМ)*, предварительные *(ПУ)*, предоконечную *(ПОУ)* и оконечную ступени *(ОУ)* (рис. 12.2).

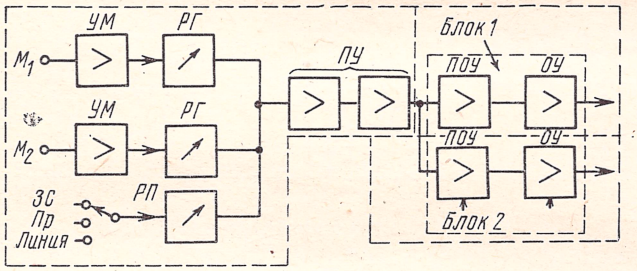


Рис. 12.2. Структурная схема ТУ-100М

Предоконечный и оконечный каскады выполнены в виде двух блоков, мощность каждого из них равна 50 Вт. Это дает возможность при соответствующей нагрузке (50 Вт) использовать один из блоков в качестве резерва. Усилитель может работать на распределительный фидер (120 В), абонентскую линию (30 В). Для подключения линий имеется линейный щиток.

В последнее время усилитель усовершенствован. Получены качественные показатели высшего класса. Усилитель носит название ТУ-0,1, имеет два однотипных канала усиления. При неисправности одного из них происходит автоматическое переключение нагрузки на другой резервный. Усилитель может быть включен и управляться дистанционно. Особенностью усилителя является наличие ограничителя компрессионного типа, который предохраняет усилитель от перегрузок по входному уровню.

Трансляционный усилитель типа ТУ-600 является усилителем 2-го класса качества (по ГОСТ 11515—65) и включает в себя комплект усилительного и коммутационного оборудования

узла проводного вещания мощностью 600 В·А с питанием от сети переменного тока. Основные технические данные ТУ-600 приведены в табл. 12.1. Аппаратура позволяет вести передачи с микрофона, со звукоснимателя, с радиоприемника и с соединительной линии. В комплект аппаратуры входят: усилитель, пульт студии, настенный выходной распределительный щит, антенный щиток, транспарант студии, микрофон. Усилитель рассчитан на обслуживание дежурным персоналом и может управляться дистанционно.

Структурная схема усилителя показана на рис. 12.3. Имеет микрофонный двухкаскадный усилитель, предварительный (четырехкаскадный) усилитель и оконечный двухтактный каскад на че-

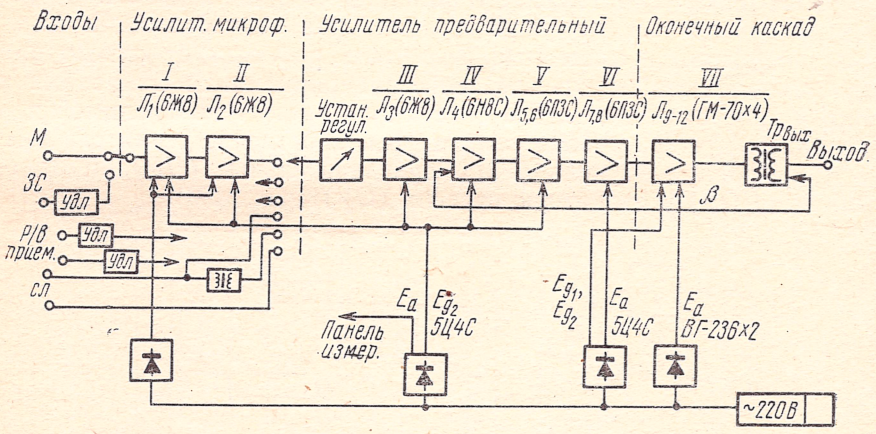


Рис. 12.3. Структурная схема ТУ-600

тырех лампах типа ГМ-70 (по две лампы в плече). Для подбора уровней на входе усилителя имеются удлинители. Измерительная панель служит для измерения уровня напряжения на выходе усилителя, полного входного сопротивления линий на частоте 400 Гц и сопротивления изоляции линии на постоянном токе. Выходной распределительный щиток обеспечивает переключение линий на измерения, на резервный усилитель, заземление двух проводов линии и подключение линии к выходу усилителя.

Усилителями ТУ-600 оснащено большое количество радиотрансляционных узлов. Поэтому для их автоматизации была разработана аппаратура для дистанционного управления, резервирования и контроля за их работой. Описание этой аппаратуры приводится ниже.

§ 12.2. КОМПЛЕКТ АППАРАТУРЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТИПА А-600

Комплект аппаратуры автоматизации типа А-600 предназначен для оснащения РТУ и УПВ-5. Он служит для дистанционного управления РТУ и приема программы по радиоканалам укв веща-

ния. А-600 имеет в своем составе приемник, позволяющий принимать программу и сигналы управления по каналу вещательной УКВ ЧМ радиостанции, дешифратор команд и блок автоматики. Для автоматизации усилителя ТУ-600 в него встраиваются реле времени и блок защитной автоматики. На узлах, оснащенных усилителями ТУ-600 при их автоматизации, должен устанавливаться 2-й резервный усилитель.

Структурная схема автоматизированного РТУ с усилителем ТУ-600 показана на рис. 12.4. Программа и сигналы управления

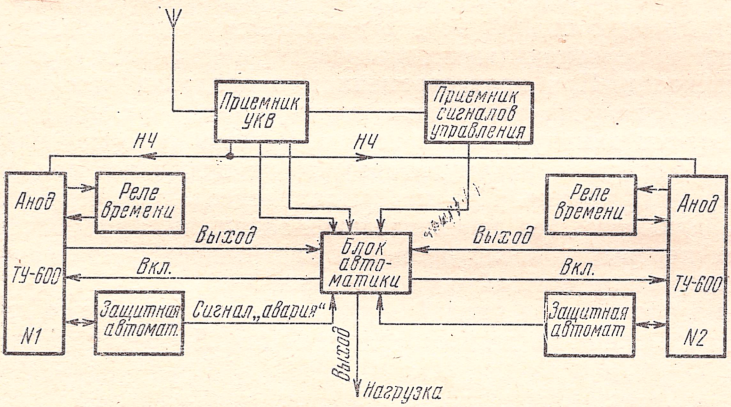


Рис. 12.4. Структурная схема автоматизированного РТУ

поступают с антенны на вход укв приемника, с его выхода — к усилителям ТУ-600 и в блок автоматики, а сигналы управления — на вход приемника сигналов управления (дешифратора), реле которого дает сигнал на включение или выключение усилителя в блок автоматики и далее к ТУ-600. Полная автоматизация РТУ осуществляется дополнением станционного оборудования резервным укв приемником типа ДУЭТ-1 и оконечной станцией системы контроля и резервного управления АКРУ. Организация и техника подачи сигналов управления описана в гл. 9.

Включение усилителя ТУ-600 двухступенчатое. Сначала включаются: накал всех ламп и газотронов, выпрямители напряжения смещения и предварительного усилителя; подается питание на «реле времени». Через 4—5 мин «реле времени» срабатывает и включает мощный выпрямитель. Одновременно фидерные линии подключаются к выходу ТУ-600. Усилитель готов к работе.

Этот процесс включения относится к обоим усилителям, но они не могут автоматически включиться вместе. Включен будет тот усилитель, который в данное время используется как основной (другой — резервный). Переключение усилителей из режима «основной» в режим «резервный» осуществляется поворотом переключателя на блоке автоматики. Если есть необходимость включить резервный усилитель, не выключая основной (для проверки или профи-

лактических измерений), то это осуществляется рубильником «Накал», установленным на самом усилителе.

Кроме того, в приемнике укв установлено реле типа РП-7, «следящее» за напряжением несущей частоты радиостанций. При пропадании несущей частоты это реле срабатывает и выключает усилитель, даже если не было дано команды на выключение. При появлении несущей частоты усилитель вновь включается. Сделано это для того, чтобы усилитель не оставался включенным всю ночь, если не будет принят сигнал выключения.

Если на РТУ работает резервный усилитель (основной неисправен), то он в полной мере охватывается всеми сигналами управления и первоначального включения неисправного усилителя не происходит. При кратковременном пропадании напряжения в питающей сети усилитель выключается, но так как цепи включения остаются замкнутыми (приемник и часть реле получают питание от буферного аккумулятора), то он включится при восстановлении напряжения. При перерывах менее одной секунды усилитель включается без дополнительной задержки, а при более длительных перерывах «реле времени» даст задержку, величина которой зависит от длительности перерыва.

Схема блока «реле времени» дана на рис. 12.5. Схема собрана по мостовой схеме на двойном триоде 6Н1П, $Д_1$ создает цепь заря-

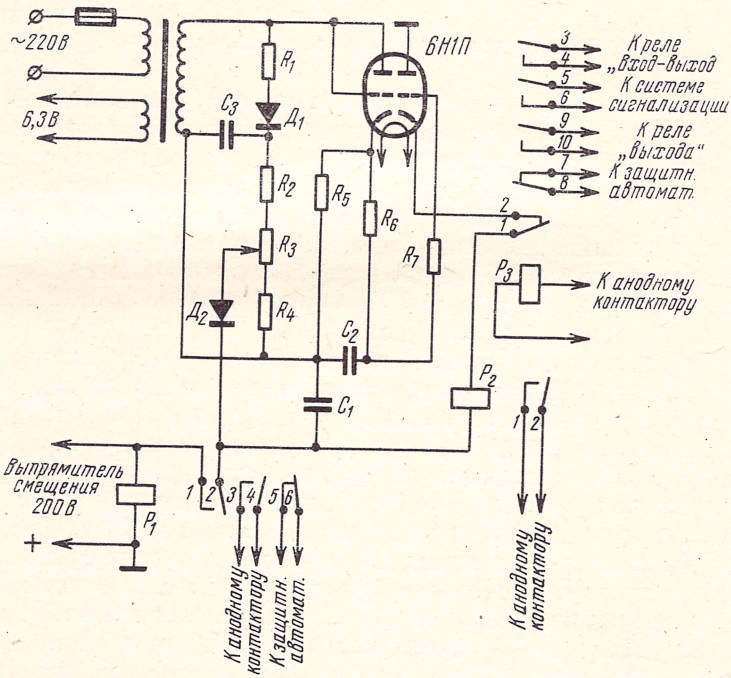


Рис. 12.5. Схема блока реле времени

да C_1. Напряжение от конденсатора C_1 подводится между катодом и сеткой правого триода через обмотку P_2 и сопротивления R_5, R_6, R_7 минусом на сетку. Первый выпрямитель (правый триод) оказывается запертым большим отрицательным напряжением на сетке (минус 110 В) еще до разогрева его катода. Второй выпрямитель (левый триод лампы) через большое сопротивление R_6 медленно заряжает конденсатор C_2. Этот конденсатор подключен также между сеткой и катодом правого триода, но плюсом на сетку. Напряжение на конденсаторе C_2 постепенно растет и разность напряжений выпрямителей уменьшается, т. е. уменьшается запирающее напряжение на сетке. Через 4—5 мин эта разность падает до 3—4 В, триод открывается, срабатывает реле P_2, включенное в цепь катода, и контактами *1—2* включает реле мощного выпрямителя. Реле P_1 питается от выпрямителя смещения 200 В. Оно своими контактами *1—2* подключает питание к катоду правого триода лампы 6Н1П, контактами *3—4* подготавливает цепь питания обмотки контактора высокого (анодного) напряжения, а контактами *5—6* дает сигнал в блок защитной автоматики об исправности выпрямителя смещения.

Если выпрямитель смещения неисправен, то реле P_1 не сработает и не даст возможности включиться анодному контактору, а сигнал об исправности не будет дан вовремя, что приведет к переходу на резервный усилитель. После срабатывания и самоблокировки анодного контактора срабатывает реле P_3, которое контактами *1—2* обрывает цепь питания реле P_2, контактами *3—4* замыкает цепь реле «вход—выход», контактами *5—6* подает сигнал Основной включен на контрольный выносной щиток, контактами *7—8* подключает к системе аварийной сигнализации реле, включенные в анодные цепи газотронов, контактами *9—10* замыкает цепь питания реле, подключающего фидерные линии к выходу усилителя. На этом включение блока «реле времени» заканчивается.

При выключении усилителя или кратковременном пропадании напряжения в сети конденсатор C_2 разряжается через сопротивление R_7, участок сетка—катод триода, обмотку реле P_2, диод $Д_2$ и сопротивления R_3, R_4. Скорость разряда и время повторной выдержки зависят от величины R_7 и обратного сопротивления диода $Д_2$.

В случае, если выпрямитель напряжения смещения неисправен, то реле P_1 не сработает, контакты *5—6* останутся замкнутыми и в блок автоматики пойдет сигнал на включение резервного усилителя. Но такое же положение создается в первые 30 с после включения усилителя, когда кенотрон выпрямителя предварительного усилителя еще не прогрелся и выпрямитель не дает напряжения. Во избежание ложного срабатывания реле резерва сигнал об аварии выпрямителя задерживается на время разогрева кенотрона. Задержка осуществляется следующим образом. Контакты *5—6* замыкают одну обмотку дифференциального реле, включенного в

катодные цепи ламп 6П3 двухтактного пятого каскада усилителя. До тех пор, пока не разогрелись катоды этих ламп, т. е. пока нет тока в катодных цепях, замыкание одной обмотки реле не вызывает его срабатывания. Напряжение на выходе выпрямителя появляется быстрее, чем начинает течь ток через лампы 6П3, достаточный для срабатывания реле. Следовательно, реле P_1 сработает быстрее, чем дифференциальное реле, и контакты *5—6* перестанут замыкать обмотку последнего. Ко времени, когда через 6П3 начинает течь нормальный ток, дифференциальное реле оказывается сбалансированным и сигнала аварии не последует. Если же это реле срабатывает раньше реле P_1 (реле смещения), то выпрямитель напряжения смещения неисправен. Это же дифференциальное реле сработает и подаст сигнал для перехода на резерв и в случае перегорания одной из ламп пятого каскада. Другие каскады защищаются путем включения в их схеме реле.

Упрощенная схема блока защитной автоматики изображена на рис. 12.6. Двухобмоточное реле P_1 выключает выпрямитель высокого анодного напряжения и подает сигнал аварии в случае замы-

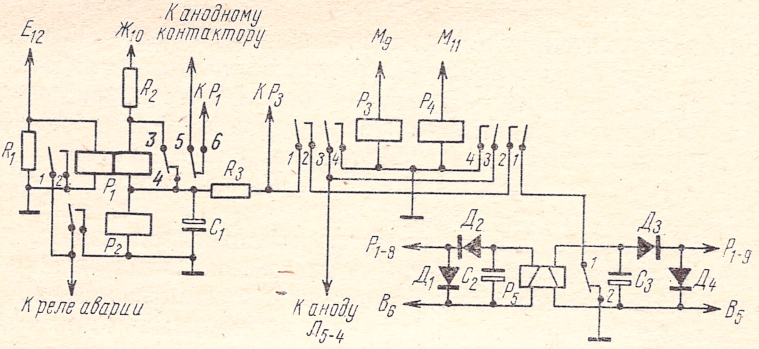


Рис. 12.6. Схема блока защитной автоматики

кания управляющей сетки с анодом лампы ГМ-70 в оконечном каскаде. При указанном замыкании ток от источника анодного питания проходит через контакт *Е-12* и левую по схеме обмотку реле P_1. Реле срабатывает и контактами *5—6* обрывает цепь питания анодного контактора. Выпрямитель выключается, и ток в цепи замыкания (т. е. в обмотке P_1) прекращается. Реле P_1 отпустит и, если не успеет заблокироваться реле перехода на резерв, вновь включит анодный контактор. Реле P_1 в момент срабатывания самоблокируется: его вторая обмотка, обычно замкнутая контактами *3—4*, начинает получать питание от выпрямителя предварительного усилителя через контакт $Ж_{10}$ и сопротивление R_2. Реле разблокируется только после выключения усилителя, т. е. после включения резерва.

Оконечный каскад ТУ-600 защищается дифференциальным реле P_5. Но этот каскад работает в режиме АВ, и на низких звуко-

вых частотах реле стало бы срабатывать вследствие различия мгновенных значений токов в плечах. Поэтому обмотки реле шунтированы конденсаторами по 2000 мкФ и диодами, улучшающими работу схемы. Однако этих мер недостаточно. На пиках передачи при допустимом разбросе параметров ламп ГМ-700 реле P_5 все же может срабатывать. Чтобы это кратковременное срабатывание реле не приводило к переходу на резерв, введено сильно замедленное на срабатывание реле P_2, получающее питание от выпрямителя предварительного усилителя. В нормальном состоянии обмотка этого реле шунтируется небольшим сопротивлением R_3 через контакты реле P_3, P_4, P_5. В момент срабатывания P_5 шунт отключается и начинает заряжаться конденсатор C_1 через сопротивление R_2. Через 7—10 с напряжение на C_1 становится достаточным для срабатывания P_2, которое дает сигнал аварии.

Реле P_3 и P_4 включены в анодные цепи газотронов и срабатывают при включении высокого напряжения. Но в течение первых 5 мин (прогрев газотронов) эти реле давали бы сигнал аварии. Поэтому их контакты *1—2* блокируются контактами *7—8* реле P_3 блока «реле времени» (рис. 12.5). После срабатывания «реле времени» блокировка снимается, а реле P_3 и P_4 срабатывают только через 0,1—0,2 с, поэтому сигнал аварии от них тоже идет через замедленное реле P_2. Таким образом, в случае выхода из строя газотрона к 5 мин прогрева резервного усилителя добавится еще 7—10 с, что, конечно, не отразится на работе РТУ.

Контакты *3—4* реле газотронов замыкают анод лампы второго каскада предварительного *УНЧ* на корпус до момента включения высокого напряжения. Этим предотвращается вредное воздействие повышенного напряжения нч на сетки оконечного каскада, так как при снятом анодном напряжении не действует отрицательная обратная связь с выхода усилителя.

Кроме реле, установленных в усилителях, к защитной автоматике относится также реле «вход—выход», установленное в блоке автоматики. К этому устройству подводятся, с одной стороны, напряжение со входа ТУ-600 через дополнительный транзисторный усилитель и, с другой стороны, с выхода ТУ-600 — через распределительный трансформатор. Эти напряжения сбалансированы так, что по обмотке реле ток не идет, если усилитель исправен. При уменьшении коэффициента усиления ТУ-600 баланс нарушается, и реле срабатывает, если усиление падает в два раза и больше.

Сигналы о включении или аварии усилителя поступают в систему сигнализации, состоящую из двух функциональных узлов: передающего, расположенного на РТУ, и приемного — контрольного выносного щитка, расположенного на ближайшем к РТУ пункте связи с обслуживающим персоналом. Передающая и приемная части связаны только одной двухпроводной линией, по ней передаются четыре сигнала и звуковая частота. Из схемы рис. 12.7 видно, что вся система сигнализации питается от сети переменного тока через трансформатор. Вторичная обмотка этого трансформа-

тора одним концом подсоединяется к проводу линии $Л_2$, а другим концом — к четырем выпрямителям. Два выпрямителя (с диодами $Д_3$ и $Д_4$) имеют конденсаторы C_1 и C_2 (см. рис. 12.7). Эти выпрямители подключаются к первому проводу линии через контакты *5—6*, расположенные на реле P_3 блока «реле времени» обоих уси-

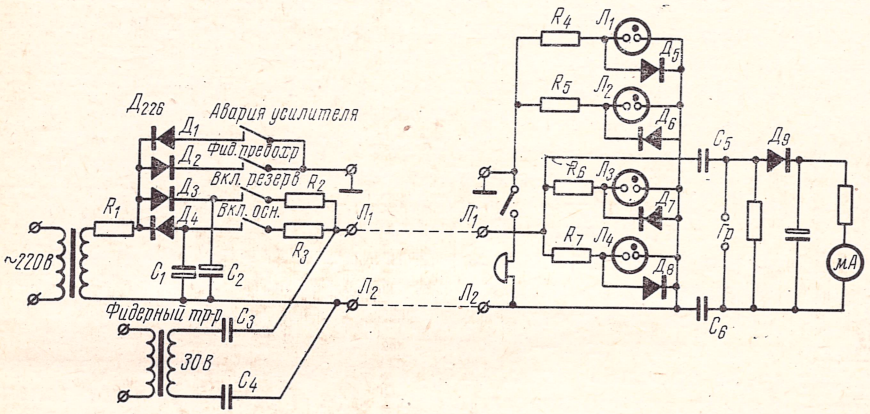


Рис. 12.7. Система сигнализации А-600 с передающим (слева) и приемным комплектом (справа)

лителей — основного и резервного (при переключении усилителей с основного на резервный эти контакты также переключаются). На выходе выпрямителей получаются напряжения разной полярности. Допустим, что в данный момент включен основной усилитель, тогда ток диода $Д_4$ будет течь по линии и через оба сопротивления R_6 и R_7. Но гореть будет только одна неоновая лампа $Л_4$, так как другая лампа $Л_3$ окажется замкнутой диодом $Д_7$. При включении резервного усилителя в линии сигнализации потечет ток в обратном направлении, и тогда будет замкнута диодом $Д_8$ лампа $Л_4$, а загорится $Л_3$.

В случае аварии усилителя или перегорании фидерных предохранителей замыкаются контакты в цепи диодов $Д_1$ и $Д_2$. Эти выпрямители не имеют фильтров, и напряжение на их выходах пульсирующее. При одновременном замыкании контактов диоды окажутся соединенными встречно-параллельно и в цепи потечет уже переменный ток. При этом, как видно из схемы, будут гореть обе аварийные лампы, получая ток, каждая от «своего» выпрямителя. Параллельно аварийным лампам подключен звонок, работающий от аварийных сигналов.

Напряжение низкой частоты от тридцативольтовой обмотки фидерного трансформатора подводится к линии через разделительные конденсаторы C_3, C_4 (между проводами линии имеется постоянное напряжение сигнала включения) и снимается в контрольном щитке также через разделительные конденсаторы C_5, C_6 на индикатор уровня, показывающий величину напряжения на выхо-

де усилителя. К гнездам *Гр* можно подключать контрольный громкоговоритель. Конструктивно аппаратура А-600 выполнена в виде отдельных блоков: приемника укв, блока автоматики и выносного контрольного щитка. Она служит для управления также усилителями типа УПВ-5.

§ 12.3. ТРАНСЛЯЦИОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ТУ-5-4

Пятикиловаттный усилитель ТУ-5-4 служит для оборудования городских и сельских РТУ. Усилитель состоит из предварительного усилителя-ограничителя, предоконечного и оконечного усилителя (рис. 12.8). Качественные показатели ТУ-5-4 приведены в табл. 12.1.

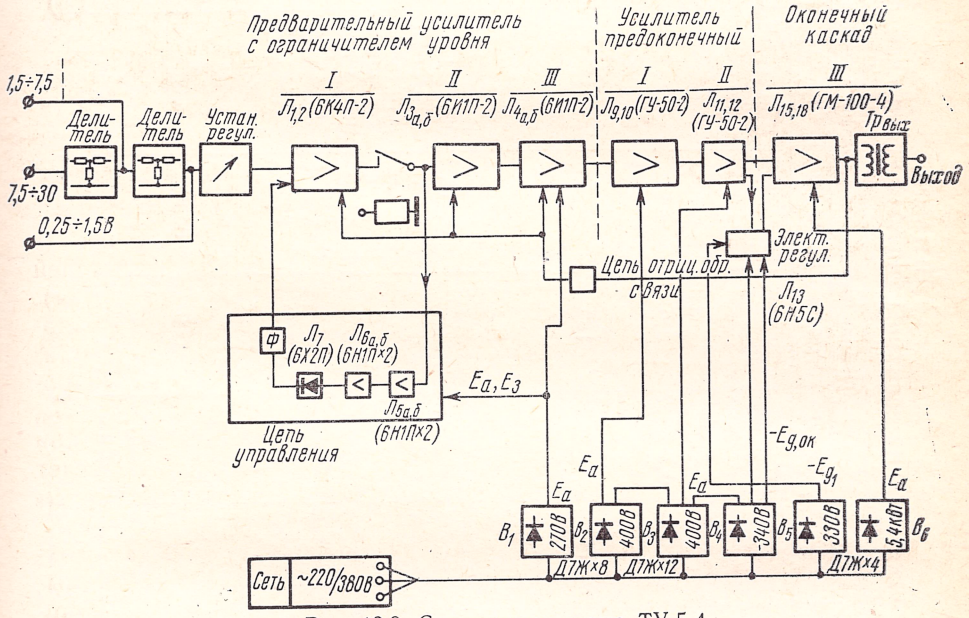


Рис. 12.8. Структурная схема ТУ-5-4

Принципиальная схема усилителя приведена на рис. 12.9. Усилитель-ограничитель собран на лампе с переменной крутизной, принцип действия которого рассмотрен в гл. 11. Предоконечный усилитель содержит два каскада усиления на лампах ГУ-50. Один каскад с дросселем в аноде, другой — катодный повторитель — с трансформаторной нагрузкой ($Тр_4$). Соотношение витков входной и выходной обмоток трансформатора $Тр_4$ — 1 : 1. Для выравнивания потенциалов входной и выходной обмоток между ними включены конденсаторы $С_{39}$ и $С_{40}$. Со вторичной обмотки трансформатора $Тр_4$ напряжение звуковой частоты поступает на сетки ламп

ТАБЛИЦА 12.1

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ ТИПОВЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ ПРОВОДНОГО ВЕЩАНИЯ

Наименование нормируемых электрических величин	Значение электрических величин в усилителях								
	УМ2	ТУ-100 М	ТУ-0,1	ТУ-600	ТУ-5-3	ТУ-5-4	УПВ-1	УПВ-5	УПВ-15
Номинальное эффективное напряжение:									
а) по микрофонному входу, мВ	0,5	0,6	0,2÷2,2	0,6	—	—	775 (с выхода микрофонного усилителя)	—	—
б) по входу звукоснимателя, мВ	150, $R_{вх}$=50	150		150	—	—	—	—	—
в) по входу радиоприемника или соединительной линии:									
с усилителем-ограничителем, В		—		—	0,775	0,25—1,5; 1,5—7,5; 7,5—30 с устан. регулир.	0,25—0,775; 1,0; 5,5	0,25—30 с устан. регулир.	—
без усилителя-ограничителя, В	5,5, $R_{вх}$=600	—		0,775	30	—	—	30	30
Входное сопротивление, Ом:									
при напряжении на входе 0,25—7,5 В	—	—		600	600	600	600	600 до $U_{вх}$=20	—
при напряжении на входе 7,5—30 В	—	—	30,6	—	—	5000	—	2000 при $U_{вх}$>20	2000

Продолжение

Наименование нормируемых электрических величин	Значение электрических величин в усилителях								
	УМ2	ТУ-100М	ТУ-0,1	ТУ-600	ТУ-5-3	ТУ-5-4	УПВ-1	УПВ-5	УПВ-15
Номинальное эффективное напряжение на выходе усилителя, В	0,775—3,5	120, 30, 15	30,6	120	240	240	240	240	240
Диапазон воспроизводимых частот, не менее Гц	50÷10 000	60÷8000	30÷15 000	60÷8000	50÷10 000	50÷10 000	50÷10 000	50÷10 000	50÷10 000
Неравномерность частотной характеристики, не более, дБ, при $U_{вх}$=(0,1—0,5) $U_{вх\ ном}$ диапазона:	<3 дБ								
50÷10 000 гц	⩽1,5 дБ		<0,5	—	2	2	⩽2	—	2
60÷150 Гц и 5000÷8000 Гц	—		<1	3	—	—	—	<2	—
75÷6600 Гц	—		—	—	—	—	—	—	1
100÷5000 Гц	⩽1 дБ		—	—	—	1	⩽1	—	—
100÷7000 Гц	—		—	—	1	—	—	—	—
150÷5000 Гц	—		—	1,5	—	—	—	1,5	—

Продолжение

Наименование нормируемых электрических величин	Значение электрических величин в усилителях								
	УМ2	ТУ-100М	ТУ-0,1	ТУ-600	ТУ-5-3	ТУ-5-4	УПВ-1	УПВ-5	УПВ-15
Повышение уровня напряжения на выходе усилителя при полном отключении номинальной нагрузки, не более, дБ, на частотах:									
400 Гц	—	⩽2,5		2,5	2	0,8÷1	2	—	1
4000 Гц	—	—		3,5	3	1,2÷1,5	2	3	1,5
Коэффициент гармоник при допустимых частотных искажениях, % в полосе									
50÷100 Гц и выше 4000 Гц	—	<6%	—	—	—	5	—	3,5%	—
50÷100 Гц и выше 5000 Гц	—	—	<1,5	—	—	—	2	4%	2,5
60÷100 Гц	—	—	—	10	4	—	—	—	—
100÷3000 Гц	1%	—	—	4	—	—	—	—	—
100÷4000 Гц	—	<4%	—	—	—	2	—	2,5%	—
100÷5000 Гц	—	—	—	—	—	—	1,5	—	1,5
100÷10 000 Гц	—	—	<0,6	—	2,5	—	—	—	—
3000÷8000 Гц	—	—	—	4	—	—	—	—	—

Продолжение

Наименование нормируемых электрических величин	Значение электрических величин в усилителях								
	УМ-2	ТУ-100М	ТУ-0,1	ТУ-600	ТУ-5-3	ТУ-5-4	УПВ-1	УПВ-5	УПВ-15
Относительный уровень шума и фона к уровню номинального напряжения на выходе, не более, дБ	—60 дБ	<50 дБ	65 дБ	—50	—55	—60	—60	—66	66
Промышленный кпд, %	—	—	—	30	40	42	33	—	42
Изменение номинального выходного уровня напряжения усилителя-ограничителя: при увеличении входного уровня напряжения на 10 дБ, не более, дБ	—	—	—	—	1	1	0,3	0,5	—
при увеличении входного уровня на 20 дБ, не более, дБ	—	—	—	—	2	2,8	—	—	—
Время срабатывания ограничителя уровня, мс	—	—	—	—	2,5	2,4	2—3	—	—
Время восстановления ограничителя уровня, с	—	—	—	—	2	2	0,5—1,5	—	—
Время восстановления ограничителя уровня с разрядной лампой, мс	—	—	—	—	100±30	—	—	—	—

[1]) За пределами полосы частот 1000÷3000 Гц включительно, при уровне напряжения измерительного сигнала на 3 дБ ниже номинального.

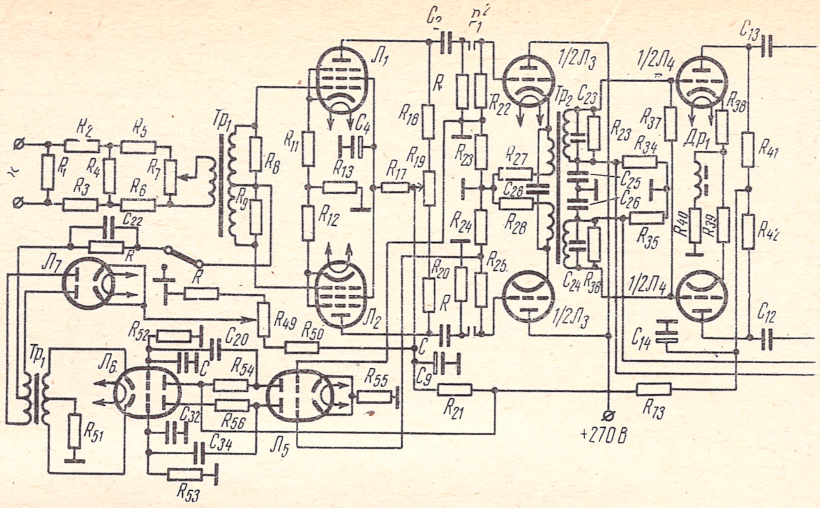


Рис. 12.9. Принципиальная

оконечного каскада, а также на сетки лампы электронного регулятора смещения ($Л_{13}$). Оконечный усилитель представляет собой двухтактный каскад, работающий в режиме AB_2 на четырех лампах ГМ-100, включенных по две лампы в плече. В анодные цепи ламп ГМ-100 включен делитель, с которого через конденсаторы C_{66} и C_{65} снимается напряжение обратной связи. Большее плечо делителя зашунтировано конденсаторами C_{67}, C_{68} для увеличения обратной связи на высших частотах.

Половинки первичных обмоток выходного трансформатора $Тр_{11}$ шунтированы корректирующими цепочками R_{181}, C_{69} и R_{182}, C_{70}, которые выравнивают частотную характеристику на высших частотах. Вторичная обмотка выходного трансформатора $Тр_{11}$ может переключаться на напряжение 120—240 В.

В схему усилителя введен автоматический электронный регулятор смещения, который позволяет значительно повысить экономичность устройства и улучшить тепловой режим. В электронном регуляторе используется лампа 6Н5С ($Л_{13}$). Напряжение на сетки ламп оконечного каскада подается от выпрямителя — 360 В через делитель сопротивлений R_{81} и R_{83}, через среднюю точку выходной обмотки трансформатора $Тр_4$. Электронный регулятор включен параллельно сопротивлению R_{83}. В режиме покоя электронный регулятор заперт и на сетки оконечного каскада подается напряжение смещения, почти запирающее лампу. При наличии сигнала на сетках регулятора изменяется внутреннее сопротивление лампы регулятора, и она шунтирует сопротивление R_{83}. Оконечная лампа становится в рабочий режим.

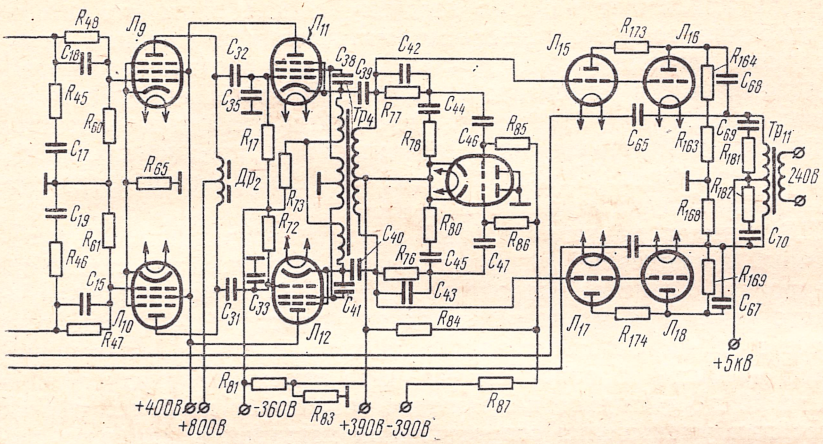


схема ТУ-5-4

Контроль осуществляется микроамперметрами и вольтметрами в каждом каскаде и источнике питания. Защита усилителя от неисправности обеспечивается рядом реле.

При работе усилителя токи в фазах изменяются в пределах от 300 до 600 мА. Реле, включенные в фазы, рассчитаны на минимальный ток 30 мА, поэтому при снижении рабочего тока реле сработают и включат цепь аварийной сигнализации. Схема управления (автоматики) обеспечивает определенную последовательность включения и выключения усилителя, а также реагирует на аварийное состояние усилителя (см. гл. 11).

§ 12.4. УСИЛИТЕЛЬ ПРОВОДНОГО ВЕЩАНИЯ УПВ-1

Усилитель УПВ-1 обладает показателями I класса качества (см. табл. 12.1) и имеет выходную мощность 1 кВт. Он может работать от микрофона с микрофонным усилителем типа УМ-1 или УМ-2, профессионального приемника или с линии. УПВ-1 может быть использован как для оборудования РТУ либо отдельным комплектом, либо двумя комплектами со шкафом устройства выходной коммутации *(УВК)*. Второй вариант комплектации станции РТУ получил название ТУ-1.

Усилитель УПВ-1 или комплект ТУ-1 предназначен для оборудования автоматизированных РТУ, они снабжены средствами локальной автоматики (исполнительными реле, датчиками сигналов состояния, защитными устройствами). Отличительной особенностью комплекта ТУ-1 является способность резервирования тракта усиления нч, заключающаяся в следующем. Оба усилите-

ля УПВ-1 нормально работают на раздельную нагрузку при отказе одного из них (любого), второй (исправный) усилитель автоматически принимает на себя нагрузку неисправного усилителя. Эта операция сопровождается автоматическим снижением уровня входного сигнала на 6 дБ (в два раза) при частичной компрессии динамического диапазона передачи. В таком аварийном состоянии субъективное изменение громкости у абонента остается практически незаметным при незначительном ухудшении качественных показателей. Таким образом, осуществляется экономное резервирование тракта усиления нч.

УПВ-1 имеет предварительный усилитель-ограничитель, предоконечный и оконечный усилители, выпрямители, блок сравнения и контрольно-защитное устройство. Принцип действия предварительного усилителя-ограничителя потенциометрического типа рассмотрен в гл. 11. Он имеет трехкаскадный усилитель, охваченный местной и общей обратной связью. При изменении входного сигнала на 10 дБ выходное напряжение возрастает не более чем на 0,3 дБ; при уменьшении сопротивления нагрузки в два раза выходное напряжение снижается не более чем на 6 дБ.

Предоконечный усилитель (рис. 12.10) содержит три каскада. Первый — на лампе 6Н1П ($Л_4$) имеет в катоде дроссель $Др$, который обеспечивает отрицательную обратную связь по четным гармоникам. Каскад охвачен местной (β_1) и общей (β_2) обратной связью. Третий каскад выполнен как катодный повторитель. Это позволяет получить небольшие нелинейные искажения. Специальный трансформатор $Тр_5$ выравнивает потенциал экранных сеток и катода и обеспечивает развязку этих цепей. Все секции трансформатора имеют одинаковое число витков и направление намотки.

Оконечный усилитель (рис. 12.11) выполнен по двухтактной схеме на лампах ГУ-81. Обмотка трансформатора зашунтирована корректирующими цепочками R_{84}, C_{46} и R_{85}, C_{49} для подавления высоких частот. Исправность всех каскадов контролируется реле $Р_{13}$, $Р_{14}$, $Р_{15}$, $Р_{16}$ и $Р_{21}$.

Для контроля коэффициента усиления последних четырех каскадов применена схема сравнения, которая работает по принципу логометра. При понижении коэффициента усиления на контролируемом участке на 6 дБ в управляющей цепи схемы сравнения срабатывает реле, которое своими контактами посылает сигнал аварии и отключает усилитель. Аппаратура ТУ-1 имеет в своем составе два усилителя УПВ-1 (рабочий и резервный), устройство выходной коммутации *УВК*, микрофонный усилитель *УМ-2*, пульт студии *ПС*, пульт микрофонного усилителя *ПМУ*, антенный щиток, световое табло. Структурная схема РТУ с ТУ-1 показана на рис. 12.12.

Устройство выходной коммутации *(УКВ)* предназначено для коммутации выходов двух УПВ-1 к восьми распределительным фидерам, а также для измерения параметров линий и защиты уси-

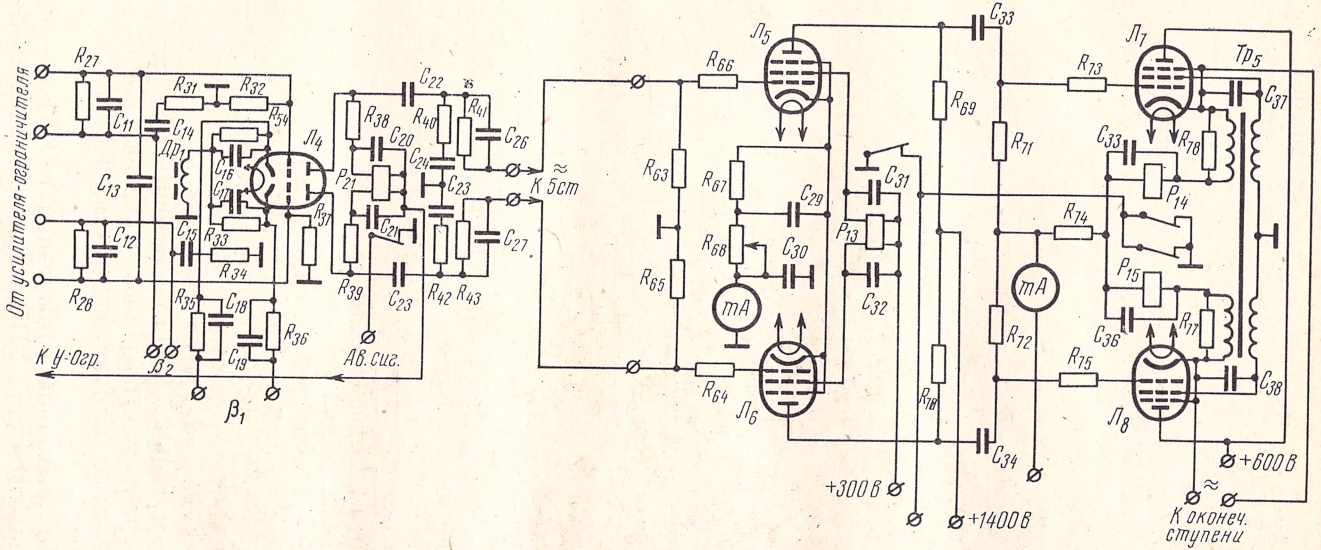


Рис. 12.10. Принципиальная схема предоконечного усилителя УПВ-1

лителей от перегрузок при аварии *РФ*. Схема *УКВ* дана на рис. 12.13. Упрощенная схема *УКВ* для подключения одного из фидеров показана на рис. 12.14. Сигнал с выхода УПВ-1 поступает на

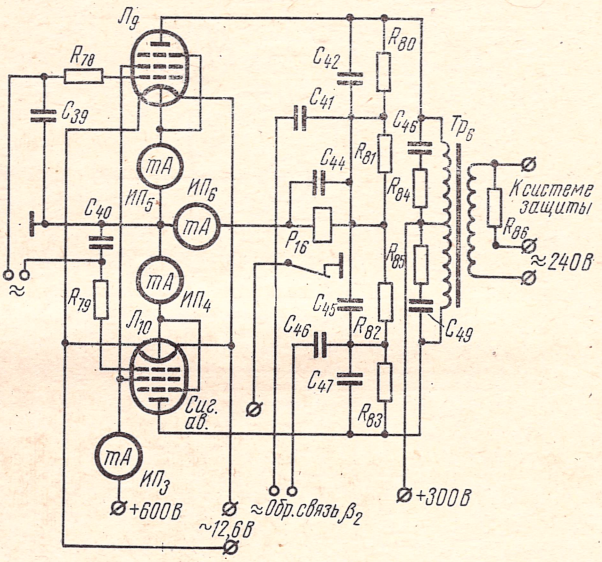


Рис. 12.11. Принципиальная схема оконечного усилителя УПВ-1

переключатель входов $П_1$, расположенный на панели коммутации, и далее через предохранители на распределительные фидера (например, на $РФ_1$). Переключатели позволяют коммутировать любой фидер к одному из двух УПВ-1. Газоразрядники защищают усилительные устройства от внешних перенапряжений (например, молниеразрядов). С помощью переключателя входов $П_1$ любой фидер можно подключать к схеме измерений и к трансформатору, понижающему выходное напряжение с 240 до 30 В, при проведении профилактических работ на линиях радиофикации.

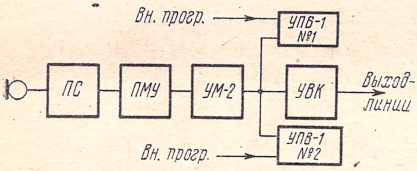


Рис. 12.12. Структурная схема РТУ с комплектом ТУ-1

Субъективный контроль передачи программ производится с помощью контрольного промкоговорителя, подключаемого переключателем $П_8$ к выходу одного из УПВ-1.

Измерение затухания производится без перерыва передачи методом сравнения. Сравнивается выпрямленное напряжение сигнала, подаваемое с выхода усилителя (со входа распределитель-

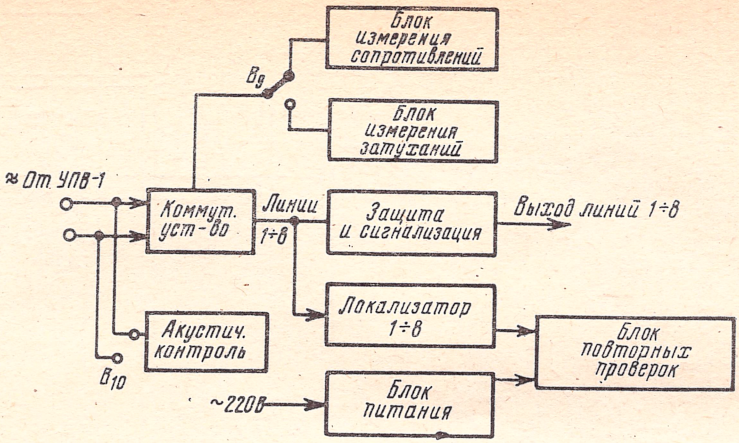


Рис. 12.13. Структурная схема УВК

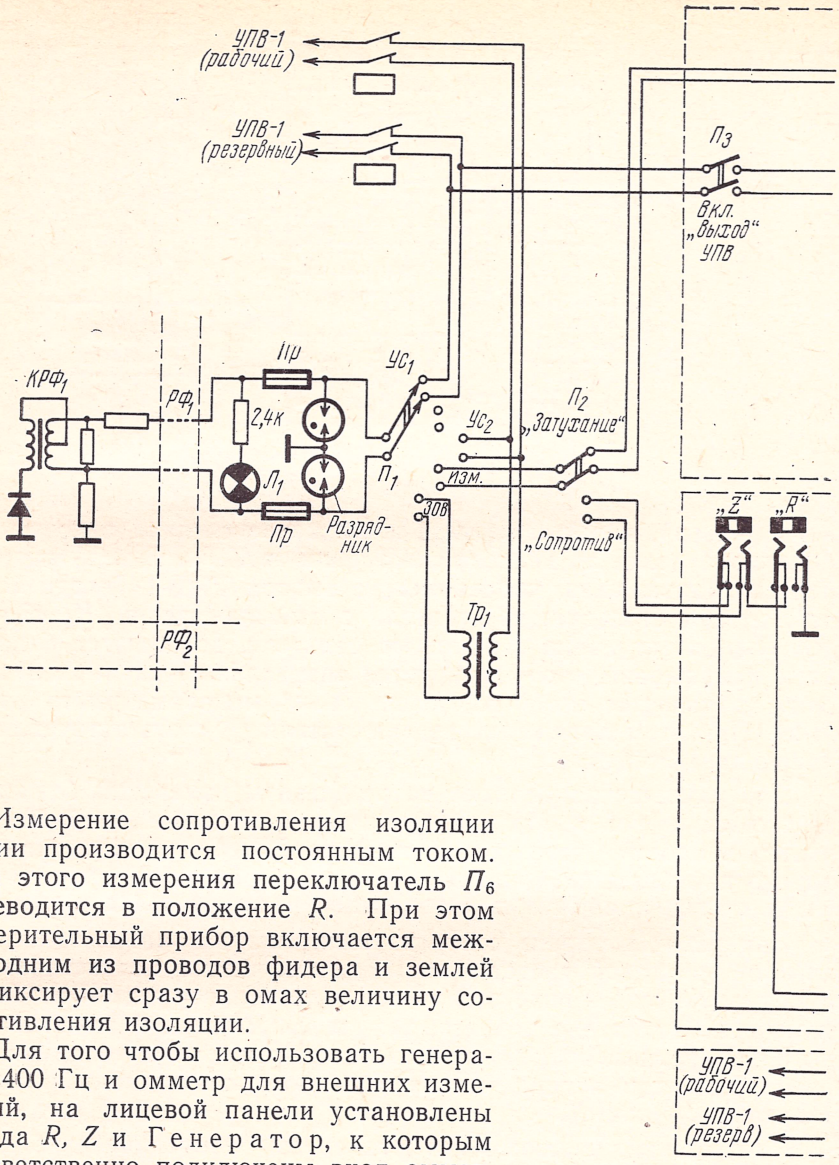
ного фидера), и выпрямленное напряжение сигнала с конца фидера, подаваемое по искусственной цепи от КРФ. В цепь выпрямленного напряжения, подаваемого с выхода УПВ-1 (входа фидера), введен ступенчатый делитель с переключателем $П_5$ «Затух. дБ». Вводя затухание с помощью делителя, добиваются баланса двух напряжений, что фиксируется специальным «нуль-индикатором», в качестве которого использован микроамперметр типа М-24. При этом положение переключателя $П_5$ соответствует затуханию данного фидера.

Для уменьшения влияния на результаты измерений блуждающих токов второй вывод прибора заземляется, т. е. прибор включается в работу через контакты реле *РПНВ*, срабатывающего только при больших уровнях сигналов передачи. Кнопка Шунт индикатора служит для изменения чувствительности прибора.

Измерение входного сопротивления фидера производится на сигнале звуковой частоты 400 Гц, получаемой от генератора, смонтированного в виде отдельного узла аппаратуры УВК. Схема измерений имеет два режима: режим калибровки и режим измерений. В режиме калибровки последовательно с измеряемой линией с помощью переключателя $П_6$ включаются эталонные сопротивления $R_{эт\,1}$ или $R_{эт\,2}$.

Напряжение, падающее на эталонном сопротивлении, измеряется прибором типа М-24. В режиме измерений прибор фиксирует напряжение, падающее только на входном сопротивлении линии, и дает показания сразу в омах.

Для выбора правильного режима генератора имеется потенциометр для регулирования усиления сигнала с генератора. Для калибровки омметра установлены потенциометр Установка нуля и кнопка Шунт омметра.

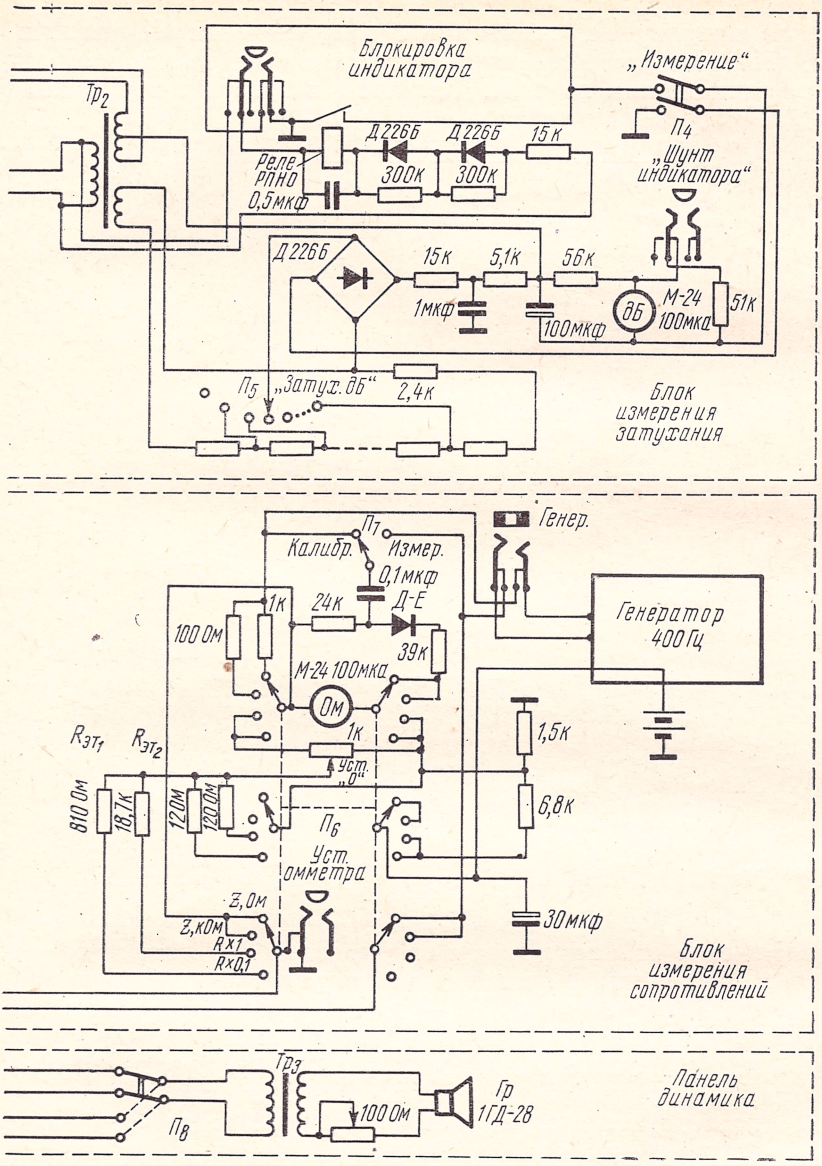


Измерение сопротивления изоляции линии производится постоянным током. Для этого измерения переключатель $П_6$ переводится в положение R. При этом измерительный прибор включается между одним из проводов фидера и землей и фиксирует сразу в омах величину сопротивления изоляции.

Для того чтобы использовать генератор 400 Гц и омметр для внешних измерений, на лицевой панели установлены гнезда R, Z и Генератор, к которым соответственно подключены вход омметра и выход генератора.

Рис. 12.14. Схема элементов

Схема устройства поиска и локализации поврежденной линии представлена на рис. 12.15*а*. Выпрямленное напряжение вещательного сигнала, пропорциональное силе тока в линии, снимается с сопротивления R_2 и служит для приведения в действие спусковой



контроля и измерений УВК

схемы, собранной на транзисторах T_1 и T_2. В коллекторную цепь T_2 включено реле постоянного тока P_1.

В исходном состоянии транзистор T_1 «открыт», а T_2 «закрыт» за счет положительного напряжения +5 В, подведенного к эмит-

теру T_1. При понижении модуля входного сопротивления в три и более раз напряжение, снимаемое с сопротивления R_2, увеличивается, что ведет к «запиранию» T_1 за счет увеличения положительного напряжения на базе. При этом возрастает отрицатель-

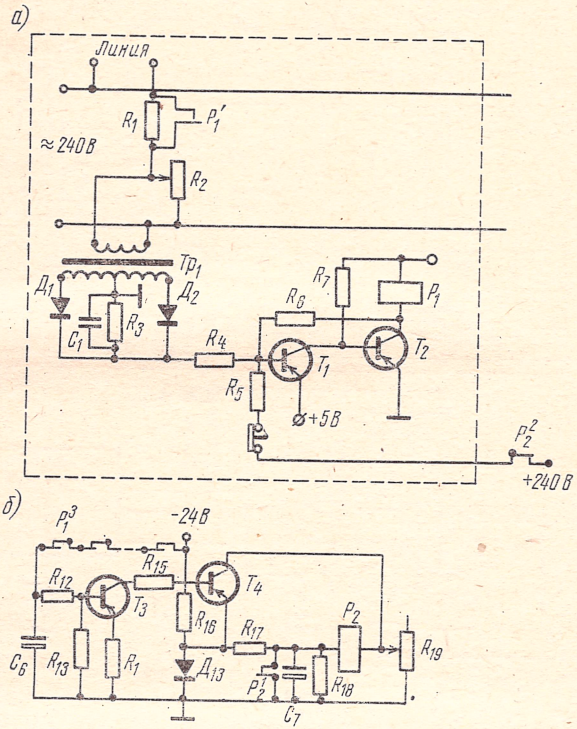


Рис. 12.15. Схема поиска и локализации повреждений линии УВК

ное напряжение на коллекторе и открывается T_2. После этого напряжение на коллекторе падает, вызывая увеличение положительного напряжения на базе T_1, — схема приходит в состояние устойчивого равновесия. Получение необходимого управляющего напряжения достигается подбором величины R_2. При перегрузке, превышающей двукратную, реле P_1 срабатывает, включая контактами P_1 последовательно в линию сопротивление R_1, равное 300 Ом. Одновременно подается сигнал об аварии в линии.

Схема повторных проверок поврежденной линии (рис. 12.15*б*) представляет собой реле времени на двух транзисторах T_3 (П15) и T_4 (П10Б). При исправном состоянии линии конденсатор C_6 заряжен до номинального значения (24 В). В этом случае коллекторный ток транзистора T_4 (13—15 мА) достаточен для удержания реле P_2 в рабочем положении. В замкнутом положении контактов P_2 на спусковую схему подается запирающее напряжение

+240 В. При срабатывании реле P_1 отключается источник заряда конденсатора C_6. Конденсатор начинает разряжаться через сопротивление R_{12}. Через заданный интервал времени реле P_2 обесточивается и своими контактами разрывает цепь запирающего напряжения +240 В, возвращая спусковую схему в исходное состояние. При этом напряжение на конденсаторе вновь возрастает, реле P_2 срабатывает, замыкаются контакты P_2, подготавливая к работе спусковую схему.

Если авария, приведшая к уменьшению входного сопротивления, продолжает существовать, то снова срабатывает реле P_1 и вводит в линию ограничительное сопротивление, а также подготавливает схему повторных проверок к очередному действию через заданный промежуток времени, определяемый величинами C_6 и R_{12}.

На основе усилителя типа УПВ-1 создан более совершенный по частным схемным и конструктивным решениям усилитель типа УПВ-1,25 (с мощностью на 0,25 кВт больше).

§ 12.5. УСИЛИТЕЛИ ТИПОВ УПВ-5 И УПВ-15

УПВ-5 является, с одной стороны, модернизацией распространенного усилителя ТУ-5-4, с другой стороны, в нем реализованы принципы, заложенные в усилителе УПВ-1.

Сравнить его качественные показатели с усилителем ТУ-5-4 можно по данным, приведенным в таблице. Принципиальная схема УПВ-5 приведена на рис. 12.16. Ее основное отличие от схемы ТУ-5-4 в наличии входного защитного устройства — усилителя-ограничителя, идентичного применяемому в УПВ-1. Усилитель ТУ-5-4 включается двумя командами, тогда как УПВ-5 — одной. Происходит это следующим образом: при замыкании тумблера *Вкл* срабатывает контактор накала, включается моторное реле времени. Лампы мощного каскада получают половинный накал, включается выпрямитель смещения. После выдержки времени 7—9 с на лампы подается полный накал. С выдержкой времени 16—18 с включаются более мощные выпрямители. Через 35—37 с включается анодное напряжение 5 кВ, подключается нагрузка к усилителю. Последовательность включения выполняется, если все элементы в этой цепи будут исправны.

Пятнадцатикиловаттный усилитель типа УПВ-15 устанавливается на городских усилительных станциях проводного вещания. Структурная схема усилителя представлена на рис. 12.17. Схема УПВ-15 по принципу ее построения во многом похожа на схемы усилителей УПВ-1 и УПВ-5. Усилитель УПВ-15 имеет четыре каскада усиления, устройства питания, управления, контроля и защиты. Принципиальная схема тракта звуковой частоты представлена на рис. 12.18. Первый резистивный каскад на лампе 6Н1П ($Л_1$) охвачен обратной связью, для ее коррекции служат цепочки (C_6,

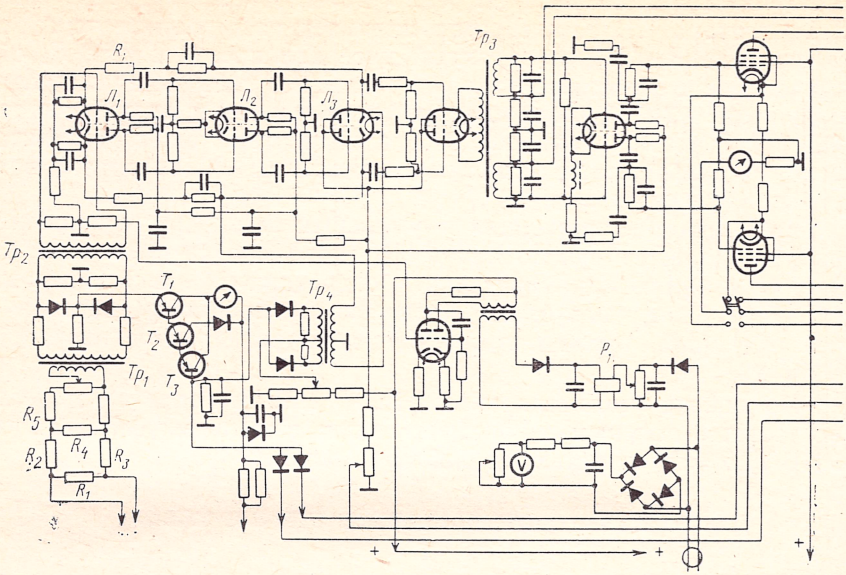


Рис. 12.16. Принципиальная

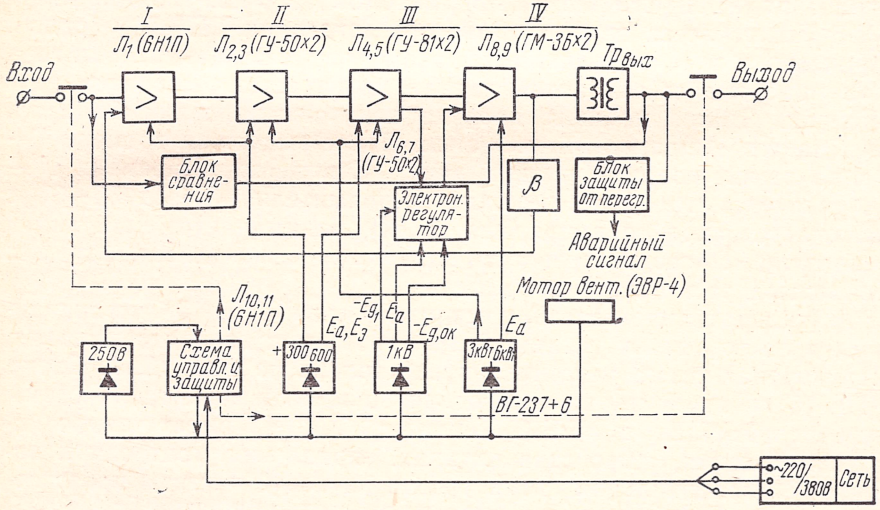


Рис. 12.17. Структурная схема УПВ-15

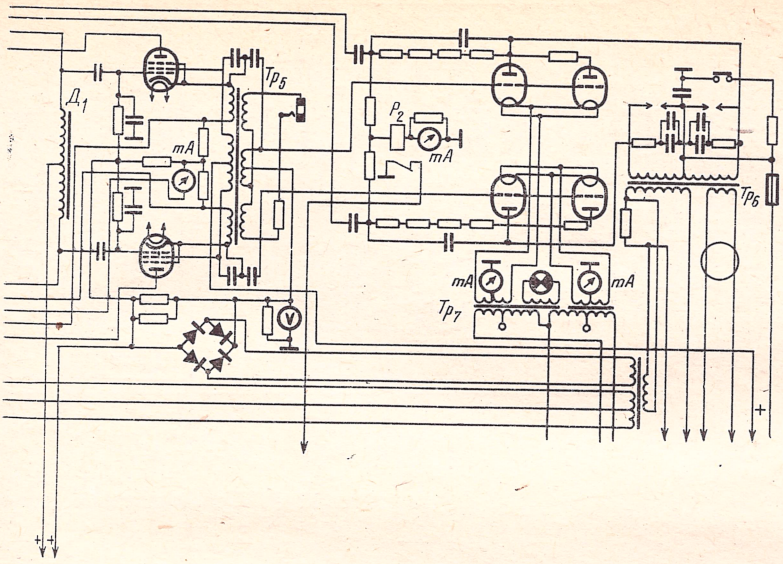


схема УПВ-5

C_7, C_5, R_{19}, C_4, R_{18}), имеется местная обратная связь через дроссель $Др_1$. Второй резистивный каскад — на лампе ГУ-50. Третий — катодный повторитель — на ГУ-81 с трансформатором, который разделяет сеточную цепь оконечного каскада от катодной цепи катодного повторителя. Имеются конденсаторы для коррекции C_{26}/C_{27}. Оконечный каскад — на лампах ГМ-3Б, с сеток которого подается напряжение на регулятор смещения. Схема автоматики показана на рис. 12.19. При включении напряжения сети получают питание последовательно включенные обмотки трансформаторов накала газотронов $Тр_9$ и $Тр_{10}$. Газотроны включаются на пониженное напряжение накала. Такой режим является дежурным и обеспечивает 20—30-секундную готовность включения усилителя.

При исправности всех трех фаз и предохранителей реле обрыва фаз $РОФ_1$ (или $РОФ_2$) находится под напряжением, а его контакты замкнуты и можно включить анодный контактор $АК$.

Ручное управление устройством осуществляется кнопками $Кн_1$, $Кн_2$, $Кн_3$. При ручном управлении перемычки $П_1$ и $П_2$ устанавливаются в положение *Ручное* (положение *1*). Первая команда на включение производится нажатием кнопки $Кн_1$ *Накал*. При этом фаза *А*, при напряжении сети 220 В, или *О*, при напряжении сети 380 В, через контакты $Кн_1$ и $РОФ$ подается на выпрямитель +250 В и реле включения мотора $Р_{14}$. Выпрямитель +250 В питает аварийное реле $Р_{13}$, которое блокирует кнопку $Кн_1$, разрывая цепь питания лампы $Л_{20}$, и подготавливает включение анодно-

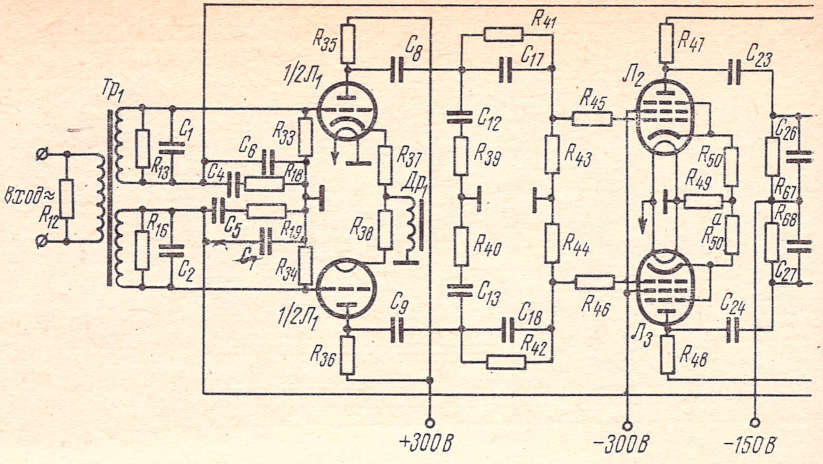
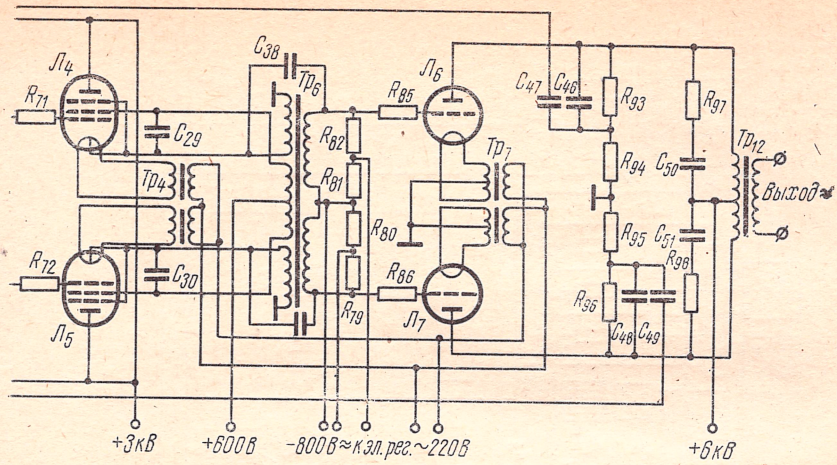


Рис. 12.18. Принципиальная схема

экранных напряжений. Реле $Р_{14}$ включает контактор $К_6$, разрывает цепь питания и разрядную цепь реле времени $Р_{15}$ выключения вентилятора. Контактор $К_6$ включает мотор вентилятора. По истечении времени, необходимого для установления в воздухопроводе достаточного потока воздуха, замыкается аэроконтакт *АК*, который включает контактор $К_1$. Контактор $К_1$ подает полное напряжение на трансформаторы накала газотронов и подготавливает к включению контактор $К_2$. Кроме того, при включении контактора $К_1$ получают питание трансформаторы накала ламп $Л_5$, $Л_6$, $Л_{10}$ и $Л_{11}$. Так как трансформаторы накала этих ламп включены через гасящее сопротивление R_{13}, лампы получают пониженное напряжение накала. Включение 1-го каскада сигнализируется лампой $Л_9$.

Вторая команда на включение усилительного устройства осуществляется нажатием кнопки $Кн_2$ *Анод*. При нажатии кнопки включается контактор $К_2$, который блокирует кнопку $Кн_2$, закорачивает гасящее сопротивление в первичной цепи трансформаторов накала ламп, подает напряжение на выпрямитель смещения, а также подготавливает к включению контактор $К_3$. При включении выпрямителя смещения срабатывает реле $Р_{16}$ и подает питание на обмотку контактора $К_3$. Контактор $К_3$ через гасящие сопротивления подает пониженное напряжение на выпрямители 6000/3000 и 600/300 В, чем осуществляется первая ступень включения анодно-экранных напряжений.

Контактор $К_3$ подает питание на реле времени $Р_{12}$. По истечении 25—30 с реле $Р_{12}$ включает контактор $К_4$, который блокирует контакты $К_3$ вместе с гасящими сопротивлениями, и, следовательно, на выпрямители 6000/3000 и 600/300 В подается полное напря-



тракта нч УПВ-15

жение, чем осуществляется вторая ступень включения анодно-экранных напряжений. Кроме того, контактор K_4 блокирует реле P_{12} и включает контактор K_5, подключающий линию нагрузки к выходу усилителя и замыкающий цепь питания входного реле P_1 и разрядную цепь реле времени P_{12}. Входное реле P_1 подключает цепь подачи входного сигнала, замыкает цепь контактов защитных реле параллельно аварийному реле P_{13}, отключает контактор K_3 и включает сигнальную лампу $Л_{12}$ (Готов), при этом контактор K_3 отключает питание от реле времени P_{12}.

В такой последовательности осуществляется полное включение усилительного устройства. Отключение усилителя производится нажатием кнопки K_{H3} Отключено. При этом обесточивается аварийное реле P_{13}, отключающее цепь питания контактора K_1. В случае аварии обмотка реле P_{13} закорачивается контактами того защитного реле, в цепи которого произошла авария.

Поскольку в процессе включения усилительного устройства защитные реле срабатывают по мере возникновения токов в защищаемых цепях и во избежание ложных срабатываний реле P_{10} и P_{11} при подаче питания на лампы $Л_{18}$—$Л_{19}$, вся цепь защитных контактов подключается к обмотке реле P_{13} на последнем этапе включения усилительного устройства реле P_1, которое работает с замедлением в 1—2 с.

Нормальная работа усилителя УПВ-15 обеспечивается схемой автоматики, осуществляющей контроль, защиту и управление усилительным устройством. Контроль за исправностью ламп каскадов осуществляется аналогично контролю в усилителе ТУ-54 (рис. 12.20).

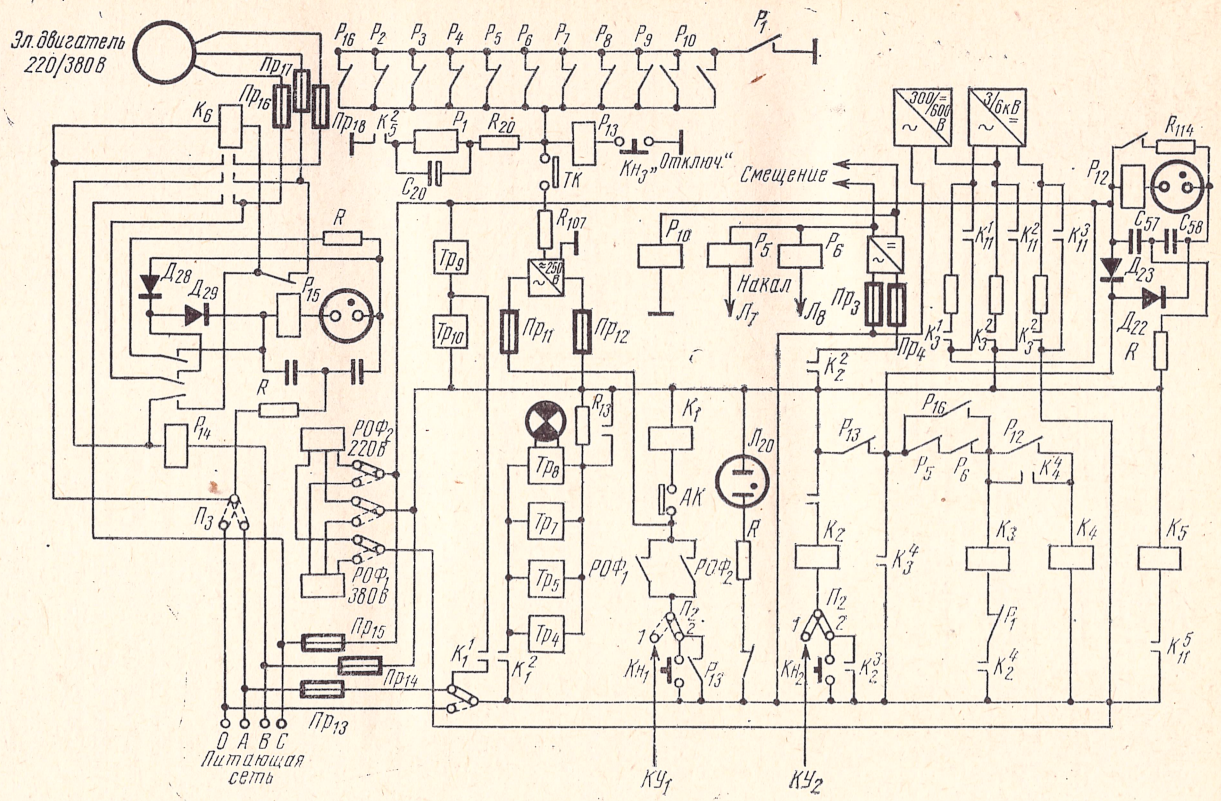


Рис. 12.19. Схема автоматики УПВ-15

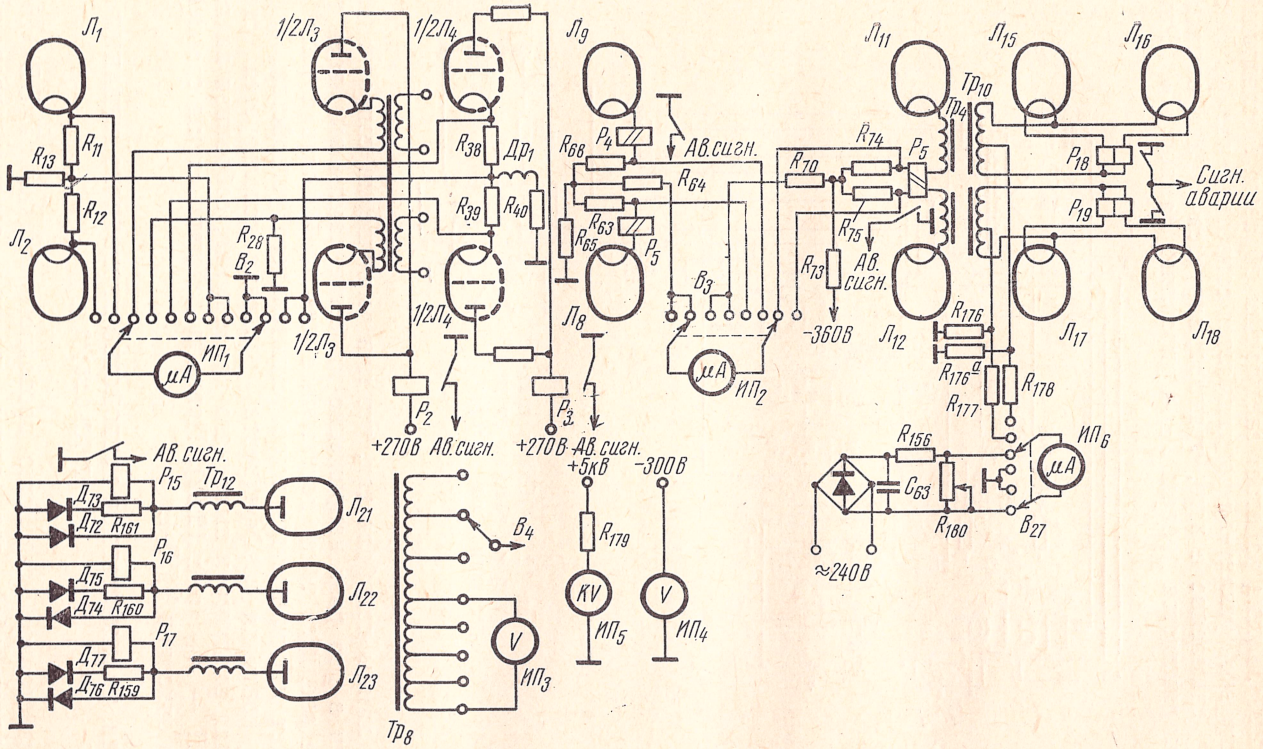


Рис. 12.20. Схема элементов контроля УПВ-15

Для защиты усилителя от перегрузки со стороны выхода применена специальная защитная схема на лампе 6Н1П — $Л_{19}$ (рис. 12.21). Схема работает следующим образом. Последовательно с нагрузкой усилителя подключается сопротивление R_{99}. Напряжение, снимаемое с него, трансформируется трансформатором $Тр_{16}$, выпрямляется диодом $Д_{20}$ и управляет лампой $Л_{19}$. Режим

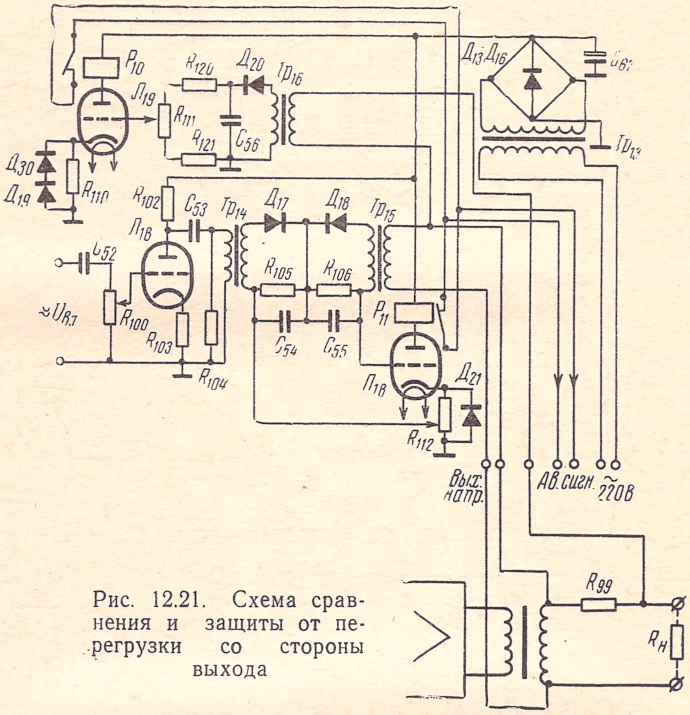


Рис. 12.21. Схема сравнения и защиты от перегрузки со стороны выхода

работы лампы подобран так, что при уменьшении сопротивления нагрузки в два раза напряжение на сетке лампы вызывает увеличение анодного тока, достаточное для срабатывания реле $Р_{10}$, что ведет к отключению всего усилительного устройства.

Для контроля коэффициента усиления используется схема сравнения входного и выходного напряжения, собранная на лампе 6Н1П — $Л_{18}$ (рис. 12.22). Принцип действия схемы сравнения дан при описании УПВ-1.

§ 12.6. ТРАНЗИСТОРНОЕ УСТРОЙСТВО ПРОВОДНОГО ВЕЩАНИЯ ТУПВ-0,25×2

Транзисторное устройство проводного вещания ТУПВ-0,25×2 представляет собой аппаратуру станции автоматизированного РТУ, управляемую по укв каналам. ТУПВ-0,25×2 включает в себя

приемное, коммутационное, силовое, контрольное и усилительное оборудование мощностью 500 Вт, усилитель низкой частоты которого состоит из двух блоков мощностью по 250 Вт каждый (рис. 12.22).

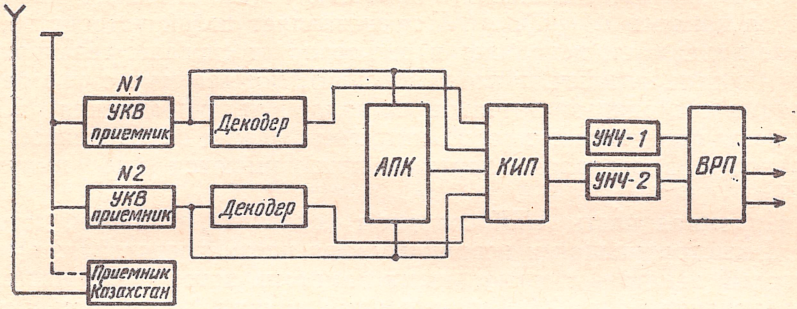


Рис 12.22 Структурная схема ТУПВ-0,25

В состав ТУПВ-0,25×2 входят два двухканальных приемника укв, коммутатор источников программ *(КИП)*, автоматический переключатель каналов *АПК;* два *УНЧ* по 250 Вт; выходная распределительная панель *ВРП;* выпрямитель; стабилизатор. Первый приемник настроен на 1-ю центральную программу, 2-й — на 2-ю центральную программу.

Двухканальный укв приемник состоит из приемника основной программы и декодера. В состав приемника основной программы входят следующие каскады: усилитель вч; смеситель, гетеродин, *УПЧ,* амплитудный ограничитель, частотный детектор, система автоматической подстройки частоты гетеродина; усилитель частоты гетеродина; усилитель низкой частоты.

Напряжение высокой частоты из антенны поступает на входной контур, далее к *УВЧ,* нагрузкой которого является контур сложного резонанса. Гетеродин собран по схеме с емкостным делителем в цепи обратной связи. *УПЧ* состоит из двух гальванически связанных транзисторов (П403), каждый из которых охвачен отрицательной обратной связью по постоянному току и параллельной обратной связью, общей для обоих транзисторов. Далее сигнал поступает на амплитудный ограничитель, частотный детектор и на цепь автоматической подстройки частоты. С выхода *ЧД* сигнал ответвляется на цепь *АПЧ* и декодер.

Декодер служит для выделения поднесущей (дополнительный канал) и ее детектирования. На его входе установлен широкополосный фильтр, пропускающий частоты от 30 до 95 кГц, т. е. все частоты, в пределах которых «качается» поднесущая частота. Затем имеются усилители в режиме ограничителя и триггера, на выходе которых получаются прямоугольные импульсы. Частота следования импульсов соответствует частоте входного сигнала, они детектируются и выделяется дополнительная программа.

На вход *УНЧ* может быть подключен один из 7 источников программ: 2 канала укв по две программы, всеволновый приемник, линии, идущие от райцентра или выделенного приемного пункта, микрофон. Подключение источников может быть осуществлено вручную или автоматически с помощью автоматического переключателя каналов *(АПК)*. *АПК* представляет собой устройство, которое принимает, исполняет и регистрирует сигналы телеуправления (включ., выключ. и переключения), посылаемые с укв радиостанции с помощью датчиков сигналов телеуправления (*ДТУ*). Сигналы представляют собой импульсы 10 кГц определенной длительности; в сигналах переключения имеются еще импульсы 7 кГц.

Приемная часть *АПК* содержит усилители, фильтры, детекторы. Регистрирующая и исполнительная части представляют собой шаговый искатель с сигнальными лампами, который осуществляет подключение входа *УНЧ* к основному каналу 1-го приемника (по сигналу Включение) или к подканалу второго приемника (по сигналу Переключение). По сигналу Выключение происходит отключение и заземление входа *УНЧ*. Регистрирующая часть посылает сигнал о включении ТУПВ-0,25×2.

Усилитель низкой частоты содержит усилитель-ограничитель. Мощный каскад представляет собой двухтактную схему с общим эмиттером, работающую в режиме В. В каждое плечо каскада включены по 10 параллельно соединенных транзисторов, расположенных на съемном щите-радиаторе. В базовую и эмиттерную цепь каждого транзистора включен предохранитель. В случае пробоя транзистора сгорает предохранитель и отключается транзистор.

В коллекторную цепь мощного каскада включен выходной трансформатор. К первичной обмотке подключен индикатор выхода.

Имеется выходная распределительная панель, которая содержит шесть локализаторов поврежденных фидеров, реле времени, блок автоматики для перевода нагрузки с одного *УНЧ* на другой, прибор для измерения тока транзистора и выходного напряжения; генератор $f=400$ Гц для измерения входного сопротивления и сопротивления изоляции фидеров (при напряжении 50—80 В).

§ 12.7. ПЕРЕДВИЖНАЯ РАДИОТРАНСЛЯЦИОННАЯ УСТАНОВКА РУП-10

Передвижная радиотрансляционная установка РУП-10 предназначена для звукофикации больших площадей и для резервирования усилительных и трансформаторных станций городских сетей проводного вещания. Номинальная выходная мощность — 10 кВт (два усилительных канала по 5 кВт). Вся усилительная аппаратура размещена в кузове автомашины высокой проходимости ЗИЛ-157, что обеспечивает возможность перемещения установки по шоссейным и грунтовым дорогам в любое время года.

В состав установки входят: два мощных усилителя, пульт источников программ, шкаф выходной коммутации, вспомогательное оборудование (средства связи, электропитающее оборудование, соединительные кабели и т. п.).

Предусмотрена возможность подачи входного сигнала от одного из следующих источников программ: четырех электродинамических микрофонов, двух радиоприемников, магнитофона, звукоснимателя внешней программы, передаваемой по двум соединительным линиям. Структурная схема установки показана на рис. 12.23. Напряжение от источников программы поступает на панель управления, которая содержит четыре микрофонных усилителя ($УМ_1$—$УМ_4$) с регуляторами уровня $РУ_1$—$РУ_4$, линейные усилители $ЛУ_1$ и $ЛУ_2$ с регуляторами уровней усилительных каналов $РК_1$ и $РК_2$ на входе, индикатор уровня $ИМ$, контрольный усилитель $КУ$, ключи входной ($В_1$—$В_{10}$) и промежуточной ($В_{11}$—$В_{12}$) коммутаций, разрывные и контрольные гнезда. Регуляторы уровней, ключи и гнезда вынесены на панель управления. Коммутация позволяет иметь резервный канал предварительного усиления или в случае необходимости вести одновременную передачу по двум взаимонезависимым усилительным каналам.

Усиленный сигнал с выходов мощных усилителей $У_1$ и $У_2$ поступает на панель выходной коммутации. Она обеспечивает подключение к усилителям пяти распределительных фидеров $РФ_1$—$РФ_5$ с номинальным напряжениям 240 В и двух магистральных фидеров $МФ_1$ и $МФ_2$, трех уличных громкоговорителей $ГД_1$—$ГД_3$, установленных снаружи кузова, и соединительных кабелей для питания аппаратуры резервируемой усилительной станции (или трансформаторной подстанции).

Включение распределительных фидеров производится переключателями $В_{15}$—$В_{19}$ через плавкую защиту. Высоковольтные фидеры питаются через повышающие трансформаторы, находящиеся в ячейках $МФ_1$ и $МФ_2$.

Внешние громкоговорители и соединительные кабели присоединяются к любому усилителю переключателями $В_{13}$, $В_{14}$ и $В_{24}$, $В_{25}$. Для прослушивания программы служит контрольный громкоговоритель $ГД_4$.

Для проверки состояния распределительных и магистральных фидеров в шкафу установлена панель Z-метра, позволяющая измерять их входные сопротивления и сопротивление изоляции.

Микрофонный усилитель (рис. 12.24) работает на одной лампе ($Л_1$) типа 6Н3П, которая обладает низким уровнем шумов. Микрофонный эффект у этой лампы практически не появляется даже без ее амортизации. Усилитель охвачен глубокой отрицательной обратной связью. Выходной трансформатор — повышающий, так как усилитель работает на цепь с большим сопротивлением (регулятор уровня, включенный через добавочные сопротивления, имеющие значительно большую величину, чем его характеристическое сопротивление). Введение добавочных сопротивлений обес-

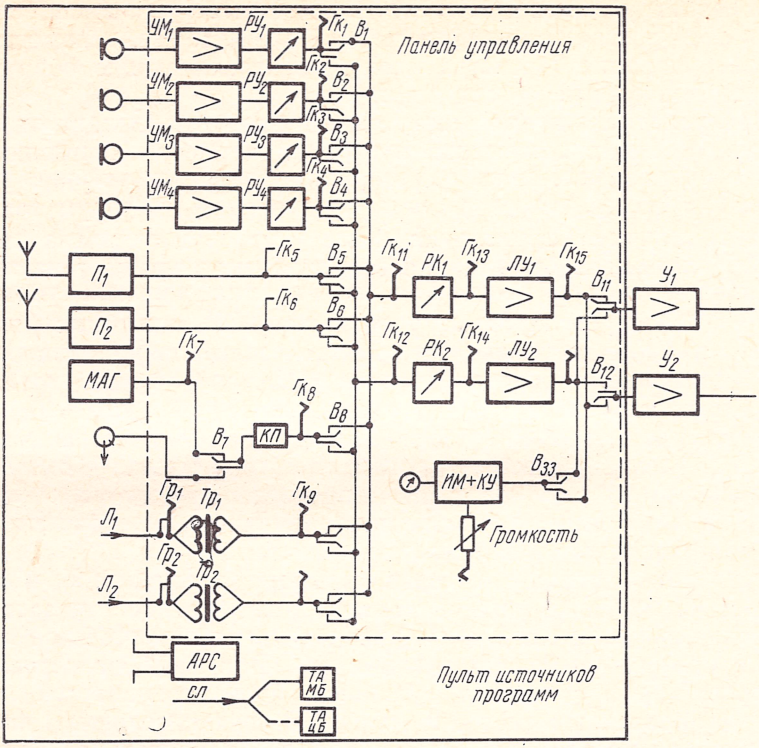


Рис. 12.23. Структурная

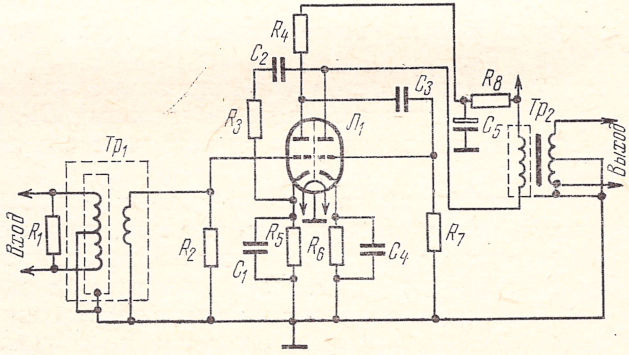


Рис. 12.24. Схема микрофонного усилителя

печивает необходимое для нормальной работы усилителя отношение сопротивления нагрузки к выходному сопротивлению усилителя.

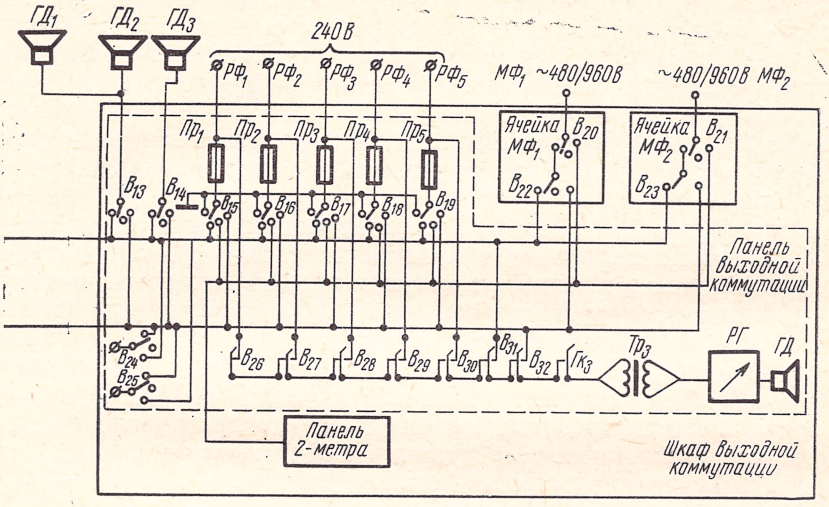


схема установки РУП-10

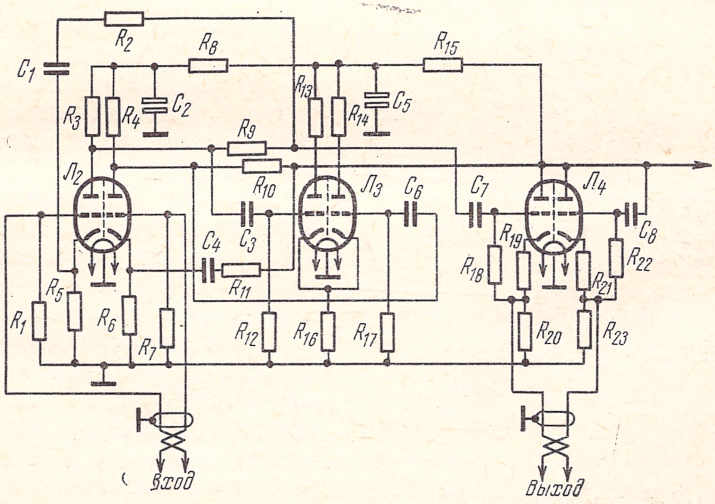


Рис. 12.25. Принципиальная схема линейного усилителя

Линейный усилитель состоит из трех каскадов ($Л_2$, $Л_3$, $Л_4$), работающих по двухтактной схеме (рис. 12.25). Первые два каскада охвачены обратной связью (R_2C_1). Последний каскад выполнен по схеме катодного повторителя. Выходной нагрузкой является входной делитель мощного усилителя. Катодный повторитель используется для согласования выходных сопротивлений звукоснимателя или магнитофона и входного сопротивления регулятора уровня ($РК_1$ или $РК_2$). Усилители $У_1$ и $У_2$ являются модификацией усилителя ТУ-5-4, конструктивно они выполнены специально для установки в кузове КУНГ-1М.

Каждый шкаф является усилителем мощностью 5 кВт. Отдельные узлы выполнены в виде следующих съемных блоков, связанных электрически с общей схемой при помощи ножевых разъемов:

1. Блока предварительного усилителя-ограничителя (первые три каскада усилителя и схема АРУ).
2. Блока предоконечного усилителя (четвертый и пятый каскады усилителя, а также электронный регулятор смещения).
3. Блока защитной автоматики с электронным реле времени, термореле, защитными реле и автотрансформатором.
4. Блока питания (пять выпрямителей: на —340 В, —390 В, +270 В и два на +400 В).

§ 12.8. АППАРАТУРА ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ УСИЛИТЕЛЬНЫМИ ПОДСТАНЦИЯМИ ТИПА УУП

Аппаратура *УУП* служит для управления с центральной усилительной станции *(ЦУС)* двумя усилительными подстанциями проводного вещания *УПС*, оборудованными усилителями типа ТУ-5. При помощи *УУП* обеспечивается включение и выключение усилителей, контроль их исправности, подача низкой частоты на подстанции, получение обратного акустического контроля и включение резервных усилителей. Аппаратура *УУП* состоит из командного устройства *УПК* и исполнительного *УПИ*. На рис. 12.26 дана структурная схема системы *УУП*. Связь *УПС* с *ЦУС* осуществляется по трем соединительным линиям *(СЛ)*.

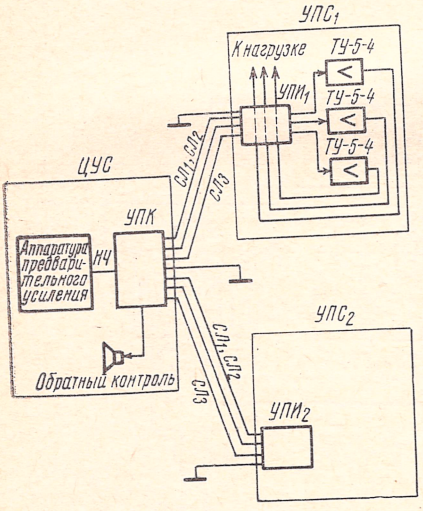


Рис. 12.26. Структурная схема системы *УУП*

Для подачи команд управления используются как пары, так и отдельные жилы *СЛ*. Посылка команды осуществляется подачей в линию одновременно напряжения постоянного и переменного

токов определенной полярности (для повышения помехоустойчивости системы).

Сигнал постоянного тока подается по каналу провод — земля, переменного — два провода — земля. Соединительная линия $СЛ_1$ служит для подачи программы вещания. По $СЛ_2$ и $СЛ_3$ подаются команды управления. $СЛ_2$ используется и как линия обратного контроля.

При повреждении $СЛ_1$ используется линия $СЛ_3$ без нарушения работы системы управления. Контроль за исправностью усилителя осуществляется тремя способами: с помощью реле, обмотки которых установлены в катодных цепях ламп усилителя, с помощью схем сравнения сигналов. Работа реле в катодных цепях была описана ранее. Схема сравнения сигналов на выходе рабочего и резервного предварительного усилителя и схема сравнения сигналов на входе и выходе усилителя в целом показаны на рис. 12.27.

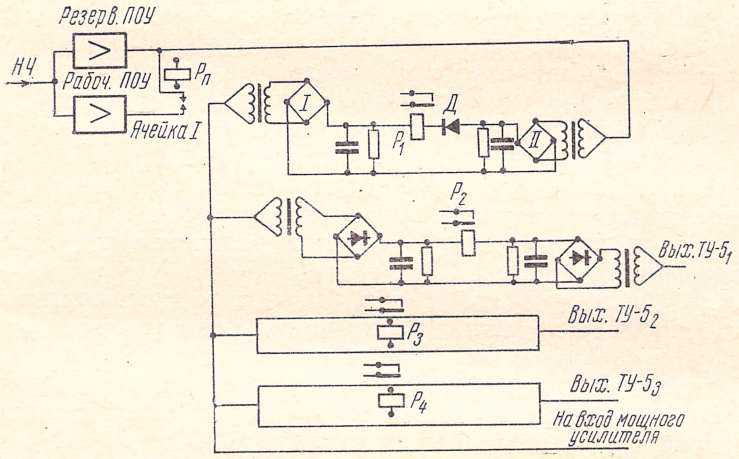


Рис. 12.27. Схема сравнения сигналов

Напряжение с выходов рабочего и резервного предварительных усилителей *(ПОУ)* подается на пиковые детекторы *I—II*, между которыми включена обмотка реле $Р_1$. При равенстве выходных напряжений этих усилителей напряжения на нагрузках детекторов равны, и ток через обмотку реле не протекает.

При отказе рабочего *ПОУ* появится ток разбаланса через обмотку реле $Р_п$, оно срабатывает и подключает ко входу мощного усилителя резервный *ПОУ*.

При отказе или отключении резервного *ПОУ* без наличия в схеме вентиля *Д* могло бы произойти ложное срабатывание схемы сравнения и подключение неработающего *ПОУ* к мощному усилителю. Таким образом вентиль *Д* защищает схему сравнения от такого рода ложного срабатывания. Вентиль *Д* не пропускает ток через обмотки $Р_1$ со стороны пикового детектора *I*. При идентич-

ности ячеек схема сравнения напряжений на входах и выходах мощных усилителей работает аналогично выше описанной схеме сравнения, но не имеет добавочных вентилей. Реле P_2, P_3, P_4 срабатывают как при уменьшении, так и при увеличении любого из сравниваемых напряжений с заданной чувствительностью разбаланса. Имеется две модификации устройств *УУП*: *УУП-1* и *УУП-2*. Для автоматизации систем ТПВ крупных городов разработана система телеконтроля и телеуправления.

§ 12.9. АППАРАТУРА ВЫХОДНОЙ КОММУТАЦИИ И КОНТРОЛЯ ФИДЕРОВ

Трехзвенная система построения сети проводного вещания позволяет осуществлять передачу напряжения звуковой частоты на большие расстояния без значительных потерь с высоким качеством.

Эта система требует применения автоматической блокировки и защиты, обеспечивающей четкую и бесперебойную работу всех звеньев тракта. Для этой цели в настоящее время выпущен полный комплекс аппаратуры управления и контроля: статив выходной коммутации *СВК*, устанавливаемый на усилительных подстанциях; статив трансформаторной подстанции *СТП* и статив распределительных фидеров *СТР*, устанавливаемых на трансформаторных подстанциях; статив управления и контроля трансформаторными подстанциями *УКТП*, устанавливаемого на центральной усилительной станции *ЦУС*.

Статив *СВК* имеет две ячейки для двух магистральных фидеров; по физическому каналу магистрального фидера каждая ячейка *СВК* связана с ячейками подключения магистральных фидеров статива *СТП* трансформаторной подстанции. По физическому каналу передается высокое напряжение звуковой частоты. По искусственному каналу (провода фидера—земля) происходит управление системой пуска данного магистрального фидера.

Со статива *СТП* звуковое напряжение 120/240 В поступает на статив *СТР* для дальнейшего распределения этого напряжения по трансляционным линиям.

Стативы оборудования усилительных и трансформаторных подстанций (*СВК, СТП, СТР*) позволяют полностью автоматизировать тракт передачи проводного вещания. Эта аппаратура обеспечивает автоматическое включение, выключение и переключение магистральных фидеров, включение и выключение распределительных фидеров и фидеров уличной звукофикации. Аппаратура позволяет автоматизировать защиту магистрального фидера (по требованиям правил техники безопасности), контроль и измерение всех фидеров. Принцип действия аппаратуры рассмотрен в главе «Коммутация, сигнализация и дистанционное управление».

В настоящее время при внедрении трехпрограммного вещания стативы *СВК, СТП* и *СТР* модернизируются: усовершенствуется

система управления, блокировки, сигнализации *(УБС)*, устанавливаются развязывающее и обходные устройства. Так, например, аппаратура СВК-3 обеспечивает подачу в магистральный фидер, кроме I-й программы (нч), II и III программ на несущих частотах 78 и 120 кГц соответственно. Напряжения II и III программ подаются в магистральный фидер с выхода передатчика этих программ, установленных на усилительной подстанции через фильтр низкой частоты *($ФНЧ_1$)*, а для уменьшения потерь вч программ в стативе СТП-3 устанавливаются фильтр нч *($ФНЧ_3$)* и обходное устройство ОУ-1 (рис. 12.28).

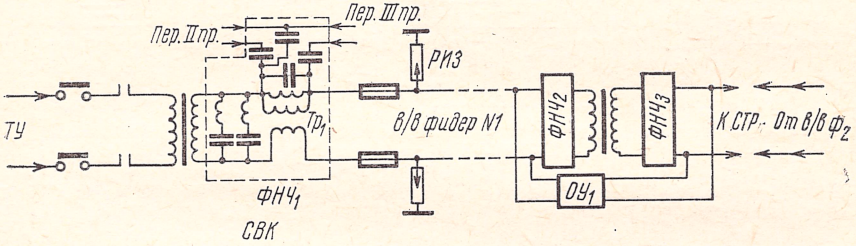


Рис. 12.28. Схема подключения передатчиков ТПВ в стативе СВК-3

Статив распределительных фидеров СТР-5 распределяет три программы вещания с трансформаторной подстанции по десяти распределительным фидерам и одной первой программы по двум фидерам уличной звукофикации. Статив СТР-5 дает возможность контролировать уровень несущей I и II-й программ, измерять входное сопротивление *РФ* для всех трех программ.

§ 12.10. АППАРАТУРА ВЫХОДНОЙ КОММУТАЦИИ И КОНТРОЛЯ ФИДЕРОВ ТИПА АВК-1

Аппаратура АВК-1 является составной частью тракта проводного вещания, с помощью которой трехзвенная система *ПВ* превращается в более гибкую для эксплуатации двух-трехзвенную систему. Аппаратура выходной коммутации содержит необходимые элементы для включения и защиты распределительных фидеров *РФ* и фидеров уличной звукофикации *ФУЗ*, включения и защиты высоковольтных фидеров сельского типа, контроля и измерения основных параметров всех фидеров, автоматического переключения нагрузки с основного усилителя при его аварии на резервный.

Структурная схема АВК-1 приведена на рис. 12.29. Напряжение низкой частоты уровнем 120 или 240 В с выходов трех мощных усилителей через устройство автоматического переключения нагрузки «вход—выход» поступает на распределительные шины, откуда через переключатели $П_1$—$П_{12}$ может быть подано на 10 распределительных фидеров и два фидера уличной звукофикации. Образуется двухзвенная система. Каждый переключатель мо-

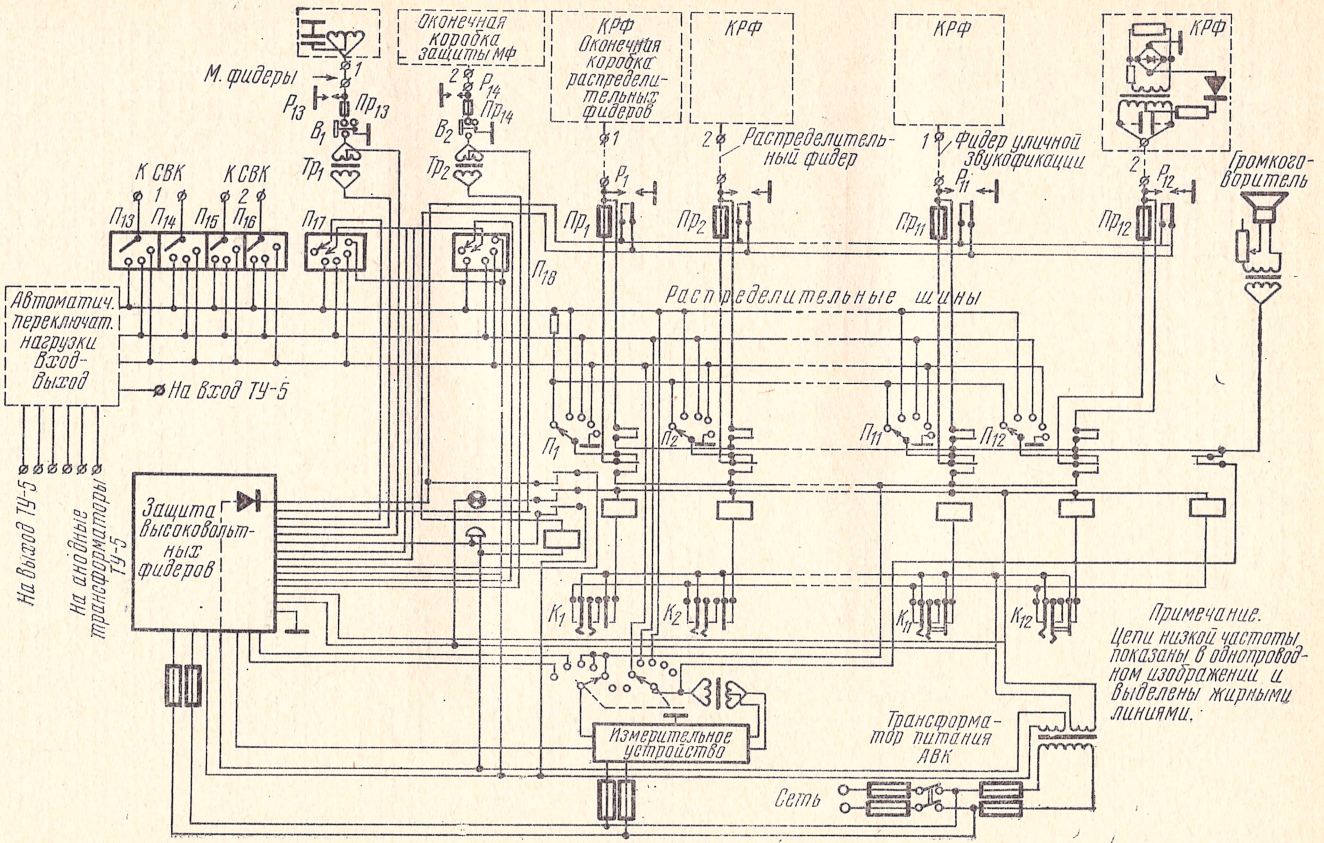


Рис. 12.29. Структурная схема АВК-1

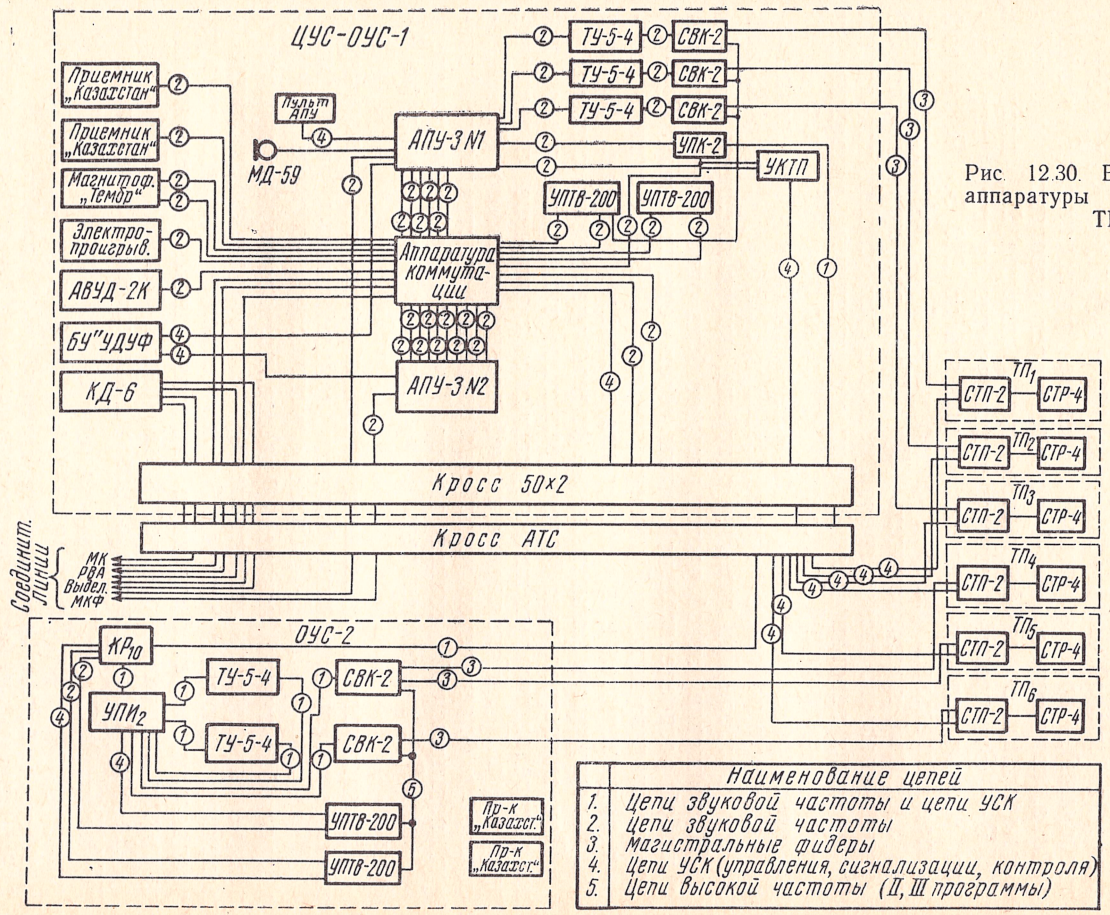


Рис. 12.30. Взаимосвязь аппаратуры ЦУС-ОУС-ТП

жет подсоединять любой фидер к любой шине, ко вторичной обмотке контрольного трансформатора (*КТр*) во время контроля фидера без перерыва работы, а также закорачивать фидер на землю. Для того чтобы иметь возможность питать фидеры напряжением низкой частоты, равным 120 и 240 В, в зависимости от требований, предъявляемых к системе радиофикации данного района, аппаратура АВК-1 комплектуется дополнительно трансформаторами с коэффициентом трансформации 2:1, мощностью 500 В·А. Эти трансформаторы подключаются на входы тех фидеров, уровни которых желательно поднять до 240 В. В каждый распределительный фидер и фидер уличной звукофикации включен линейный предохранитель ($Пр_1$—$Пр_{12}$), при сгорании плавкой вставки которого звонит звонок и загорается сигнальная лампа. От внешних перенапряжений фидеры защищены разрядниками $Р_1$—$Р_{12}$. Акустический контроль программы осуществляется контрольным громкоговорителем, подсоединяемым к распределительным шинам с помощью переключателя и к любому фидеру во время его контроля при нажатии одной из кнопок контактов $К_1$—$К_{12}$.

Напряжение низкой частоты может быть одновременно подано с любой распределительной шины через переключатели $П_{13}$—$П_{16}$ на два статива выходной коммутации типа СВК-4, с выхода которых радиовещательная программа высоким уровнем 480 или 960 В поступает в магистральные фидеры трехзвенной системы.

Два магистральных фидера сельского типа питаются от тех же распределительных шин, подключаясь к ним через переключатели $П_{17}$ и $П_{18}$. Напряжение низкой частоты высокого уровня поступает в фидер через устройство защиты магистральных фидеров, повышающий трансформатор $Тр_1$ (или $Тр_2$), выключатель $В_1$ (или $В_2$), предохранитель $Пр_{13}$ (или $Пр_{14}$) и разрядник $Р_{13}$ (или $Р_{14}$).

Схема защиты выполнена таким образом, что подключение питания к магистральным фидерам, помимо защиты, невозможно.

В аппаратуре АВК-1, кроме акустического контроля, предусмотрен объективный контроль фидеров, позволяющий производить измерения входного сопротивления, сопротивления изоляции и величины затухания фидеров. Затухание может быть измерено на распределительных фидерах и фидерах уличной звукофикации, имеющих специальные коробки на концах фидеров (*КРФ*).

На рис. 12.30 показана взаимосвязь описанной аппаратуры на примере ЦУС—ОУС—ТП.

Контрольные вопросы

1. Каковы особенности и возможности усилителей малой мощности?
2. Расскажите о назначении, составе аппаратуры А-600, о сигналах управления.
3. Каково назначение аппаратуры выходной коммутации? Нарисуйте схему защиты фидеров.
4. Расскажите о прохождении и усилении сигнала в усилителях УПВ-1, УПВ-5 и т. д.
5. Какими качественными показателями характеризуются рассмотренные усилители?

ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ

МНОГОПРОГРАММНОЕ И СТЕРЕОФОНИЧЕСКОЕ ВЕЩАНИЕ

§ 13.1. СИСТЕМЫ МНОГОПРОГРАММНОГО ВЕЩАНИЯ ПО ПРОВОДАМ

Подача нескольких программ абонентам проводного вещания может быть осуществлена использованием либо многопарной, либо однопарной сети путем ее уплотнения. В первом случае для каждой программы предназначается отдельная пара. Такая система позволяет применять у абонента простейшее приемное устройство: громкоговоритель и переключатель программ. В системе уплотнения одной цепи к слушателю подается несколько программ, одна из которых передается в диапазоне звуковых частот, остальные — в диапазоне высоких частот. Для целей вещания могут уплотняться как телефонные сети, так и сети проводного вещания.

Использовать телефонную сеть для многопрограммного вещания (МПВ) можно двумя способами. Например, программа вещания подается по телефонной сети в полосе звуковых частот. Впервые подобная система была предложена в 30-х годах А. В. Виноградовым. На телефонной станции устанавливались усилители низкой частоты, количество которых определялось числом программ (до 10 программ). У абонентов телефонной сети устанавливался громкоговоритель с местным усилителем, подключенным к телефонному аппарату. Слушатель мог с помощью номеронабирателя выбрать любую программу. Недостаток этой системы в том, что при вызове по телефону абонента или при снятии им телефонной трубки подача программ вещания прерывается.

Второй способ заключается в подаче программ по телефонной сети модулированных токов высокой частоты. При этом телефонные переговоры не нарушают подачи вещательной программы.

На рис. 13.1 приведена структурная схема четырехпрограммного уплотнения телефонной сети. В пункте передачи установлено 4 передатчика (*М* — модулятор, *Г* — генератор), работающие через фильтры на широкополосный канальный усилитель, подключенный к телефонной сети. Телефонное оборудование при этом защищается от токов высокой частоты фильтром *ФНЧ*.

На приемном конце программа поступает на фильтры $Ф_п$ и далее через детектирующее устройство *Д* и фильтр *ФНЧ* к усилителю и громкоговорителю. Подобные многопрограммные системы могут применяться в населенных пунктах с достаточно развитой телефонной сетью. Они нашли применение в ряде западных стран

Европы (Швейцарии, Италии и др.). Недостатком этих систем является высокая стоимость абонентских приемников и зависимость их работы от исправности бытовой электросети.

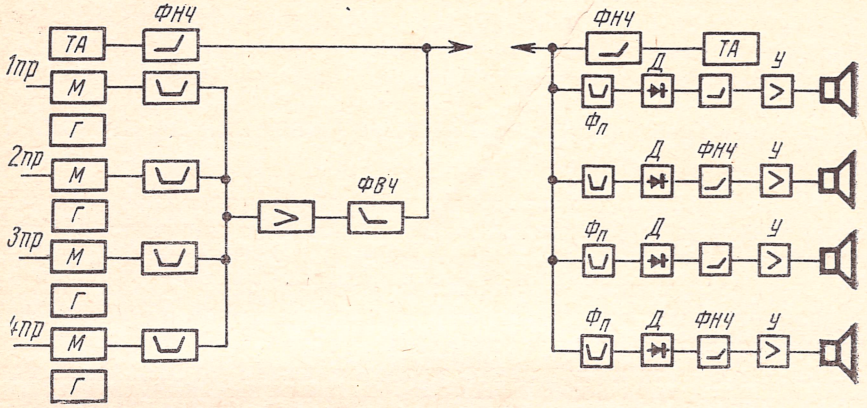


Рис. 13.1. Структурная схема многопрограммного вещания по телефонным сетям

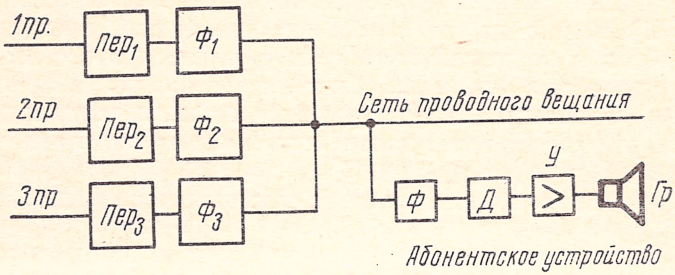


Рис. 13.2. Структурная схема многопрограммного вещания по РТС

Способ уплотнения сети проводного вещания может быть осуществлен по следующей упрощенной структурной схеме (рис. 13.2). Нч канал сохраняется. Каждый вч канал оснащается соответствующим передающим устройством, работающим на своей несущей частоте f_1, f_2, f_3. Модулируемые колебания через фильтры подаются в сеть проводного вещания. Фильтры $Ф_1$, $Ф_2$, $Ф_3$ служат для того, чтобы исключить взаимное влияние передатчиков. В абонентском устройстве для выбора программы имеются коммутационные входные фильтры $Ф$, детектор $Д$ и усилитель низкой частоты $У$.

Преимуществом этой системы является то, что она сохраняет нч канал, обеспечивающий массовость системы благодаря сохранению возможности использования абонентами обычного громкоговорителя, работа которого не зависит от неисправности бытовой электросети.

§ 13.2. ОТЕЧЕСТВЕННАЯ СИСТЕМА ТРЕХПРОГРАММНОГО ВЕЩАНИЯ (ТПВ)

В СССР разработана система трехпрограммного вещания для городских сетей *ПВ*. Система основана на частотном уплотнении сетей радиофикации двумя дополнительными высокочастотными каналами, передающими II и III программы. Передача I программы остается без изменения. Структурная схема системы трехпрограммного вещания для трехзвенной схемы построения сети приведена на рис. 13.3.

На опорной усилительной станции устанавливаются передатчики *11* и *12* на две дополнительные программы. Несущие частоты передатчика II программы — 78 кГц, передатчика III программы — 120 кГц расположены вне частотного диапазона радиовещания. Передатчики подключаются к магистральному фидеру МФ через устройство подключения передатчиков *УПП 7*, которое уменьшает взаимное влияние каналов.

У абонентов устанавливаются индивидуальные приемники трехпрограммного вещания; в общественных зданиях (гостиницах, больницах, общежитиях и т. п.) устанавливаются групповые приемники. Программы, принятые групповым приемником, распределяются трехпарной абонентской проводкой. Абонентская точка в этом случае оснащается переключателем программ.

Для обеспечения качественной передачи высокочастотных сигналов II и III программ по линиям *ПВ* на последних предусматривается установка высокочастотных линейных устройств с такими электрическими параметрами, которые позволяют добиться режима бегущей волны или близкого к нему для обоих вч каналов. С этой целью на трансформаторной подстанции *3* устанавливают обходное устройство. На тех абонентских трансформаторах *4* распределительных фидеров, которые дают большие затухания вч каналов, также устанавливаются обходные устройства *6*. Обходные устройства представляют собой фильтры верхних частот.

Заградительные фильтры *8, 9, 10* необходимы для того, чтобы низкочастотный трансформатор *3* и концевая коробка распределительного фидера *(КРФ)* не были бы дополнительной нагрузкой для высокочастотных сигналов.

В местах стыка воздушных проводов и кабельных вставок устанавливаются согласующие устройства на МФ или РФ, электрическая длина которых оказывается близкой к величине четверти волны вч канала (около 700 м), и *RC*-цепочки, удлиняющие эти линии с целью устранения явления отражения.

Во время подготовки сети *ПВ* (см. рис. 9.5) для передачи вч сигнала снимают диаграмму уровней, которая позволяет судить о достигнутых результатах. На остальных цепях из-за «плохих» контактов проводов возникает переходная (паразитная) помеха с нч канала на вч каналы, которая является следствием нелинейности используемых цепей. Нелинейность проявляется благодаря

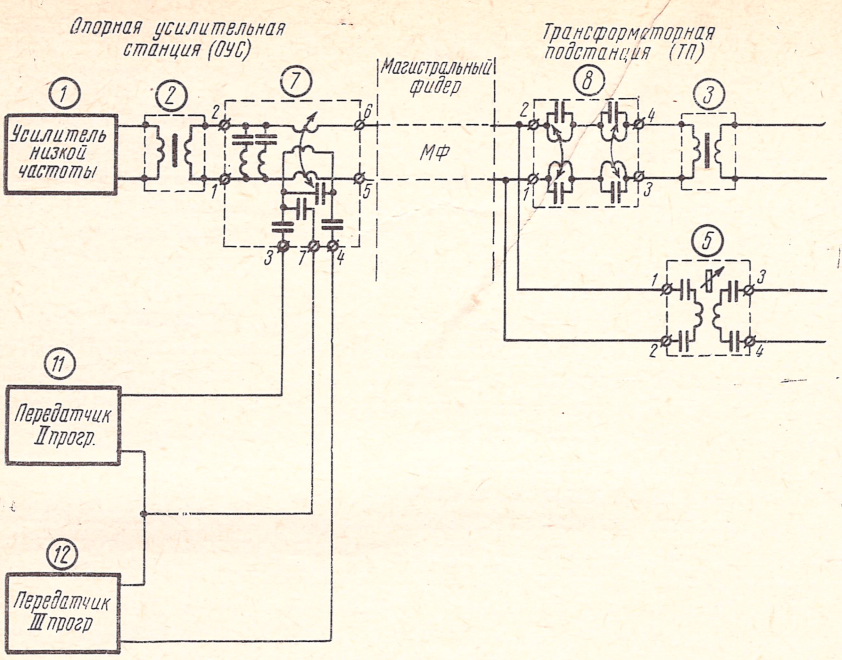
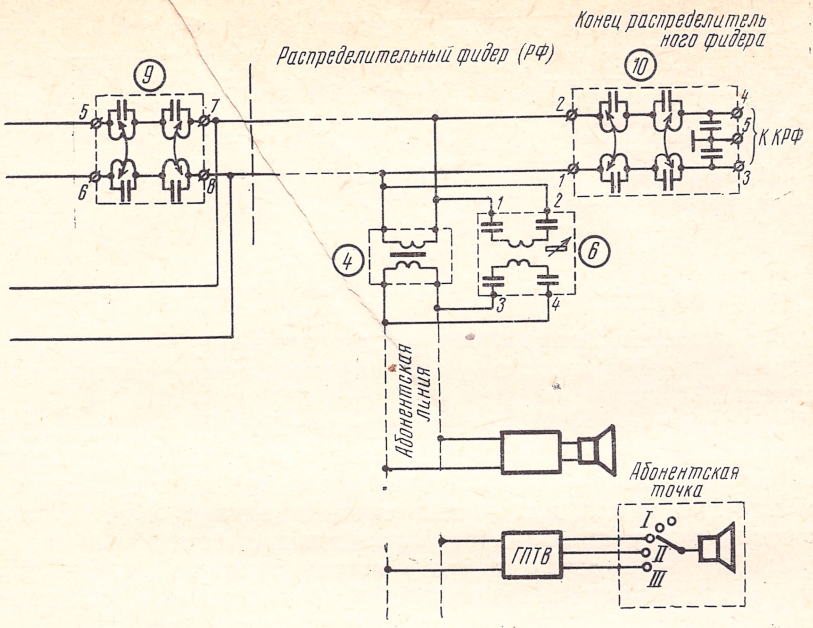


Рис. 13.3. Схема трехпро

1 — усилитель низкой частоты; *2* — повышающий фидерный трансформатор; *3* — пони высокочастотное устройство для трансформаторной подстанции (ОУ-1); *6* — обходное ройство подключения передатчиков); *8* — фильтр заграждающий низкочастотного низковольтный (ФНЧ-3); *10* — фильтр заграждающий для КРФ (ФНЧ-4); *11* — пере

воздействию токов нч программы, меняющих сопротивление цепи для тока вч сигнала. Это влияние сильно сказывается, так как токи нч во много раз превышают токи вч каналов. Для снижения этой переходной помехи в передатчике применяется схема автоматической регулировки уровня несущей. Управляющим сигналом регулировки несущей является сам полезный сигнал вч канала. В паузе передачи программы по вч каналу уровень несущей автоматически уменьшается в 10 раз (20 дБ). Во столько же раз снижается уровень переходной помехи.

Система разработана для городских радиотрансляционных сетей; ее предельная дальность по стальным цепям фидерных линий составляет 6 км, а по биметаллическим или медным в 1,5—2 раза больше (не менее 10 км). На сильно нагруженных городских сетях дальность действия системы сокращается, но обычно оказывается не ниже предельной длины, допускаемой по нормам для первой программы. Качественные показатели тракта от входа модулятора передатчика до зажимов громкоговорителя соответствуют II классу качества ГОСТ 11515—65; коэффициент гармоник 3,6% в полосе 200÷4000 Гц; полоса воспроизводимых частот 100÷6000 Гц с неравномерностью 6 дБ, а уровень переходных



граммного вещания:

жающий фидерный трансформатор; *4* — абонентский трансформатор; *5* — обходное высокочастотное устройство для абонентского трансформатора (ОУ-2); *7* — УПП (уст- канала высоковольтный (ФНЧ-2); *9* — фильтр заграждающий низкочастотного канала дающее устройство 2-го канала 78 кГц; *12* — передающее устройство 3-го канала 120 кГц

помех должен быть не хуже 50 дБ. Общее затухание в линии по вч каналам от выхода передатчика до абонентской точки не должно превышать 53,5 дБ (450 раз).

§ 13.3. ПЕРЕДАЮЩИЕ И ПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТПВ

Рассмотрим структурную схему передатчика (рис. 13.4). На входе передатчика по низкой частоте находится установочный регулятор уровня *РУ*, после которого идет усилитель низкой частоты. Задающий генератор на 78 кГц (120 кГц) выполнен по схеме кварцевого генератора, который обеспечивает высокую стабильность частоты его. С выхода усилителя низкой частоты сигнал поступает на дополнительный усилитель, сигнал выпрямляется, сравнивается с напряжением ($E_{зад}$) задержки и поступает на усилитель высокой частоты, работающий в режиме регулирования несущей.

Регулирование осуществляется за счет изменения напряжения на пентодной сетке лампы усилителя. Модуляция осуществляется за счет открытия или закрытия диода сигналом низкой частоты, поступающего с входного усилителя низкой частоты. После мо-

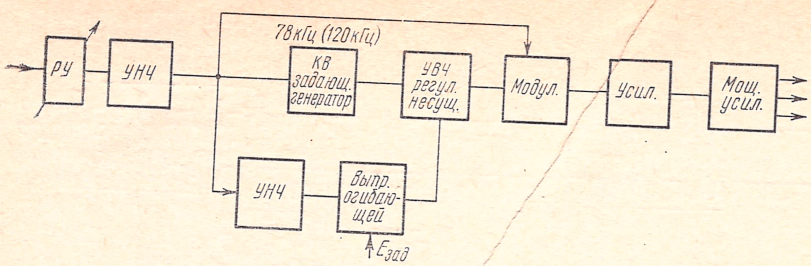


Рис. 13.4. Структурная схема передатчика

дулятора имеется 2-каскадный предварительный усилитель, выполненный на фильтрах, и усилитель мощности, развивающий мощность 200 Вт.

Передатчик рассчитан на ручное и дистанционное управление и контроль. Дистанционное управление осуществляется посылкой команды постоянного тока по соединительной линии, используя один провод и землю или два провода и землю. При ручном управлении контроль за работой передатчика осуществляется по визуальному индикатору, темный сектор которого должен полностью сходиться при максимальной громкости модулирующего сигнала; при необходимости глубина модуляции регулируется с помощью оперативного регулятора входного уровня на панели задающего генератора. При дистанционном управлении контроль за работой передатчика осуществляется на центральной усилительной станции *(ЦУС)* по линии обратного акустического контроля. Сигнал аварии передается на *ЦУС* при выходе из строя выпрямителя или пропадания напряжения сети. Резервирование осуществляется за счет установки комплекта передатчиков на блок подстанции. При двухзвенной сети передатчики устанавливаются в аппаратной радиоузла, а при трехзвенной — на опорной усилительной станции.

Передающее устройство состоит из двух передатчиков II и III программ на 78 и 120 кГц соответственно. Качественные показатели передатчика следующие: мощность на несущей частоте при максимальной модуляции 200 Вт при напряжении $U_{вых}=120$ В на нагрузке $R_н=72$ Ом; рабочая полоса частот 50÷6000 Гц с неравномерностью ±2 дБ; коэффициент нелинейных искажений при номинальном уровне модуляции в полосе 200÷4000 Гц не более 2,5% и не более 4% в полосе 100÷200 Гц; уровень фона 60 дБ.

Для приема трех программ вещания по проводам служат индивидуальные и групповые приемники.

В настоящее время выпущены индивидуальные приемники (трехпрограммные громкоговорители типа «Рига», «Аврора» и «Маяк» II класса качества). Приемники развивают на выходе мощность не менее 0,15 Вт, чувствительность приемников не менее 0,25 В. Приемники выполнены по схеме прямого усиления на транзисто-

рах. В качестве примера рассмотрим приемник «Рига». Он выполнен на 4 полупроводниковых приборах и содержит: полосовые фильтры, детектор, усилитель низкой частоты, выпрямитель и громкоговоритель. Приемник имеет переключатель выбора программ. Первая программа (низкочастотная) подводится непосредственно к трансформатору громкоговорителя (переключатель $П_а$ в положении *1*). Принципиальная схема приемника приведена на рис. 13.5.

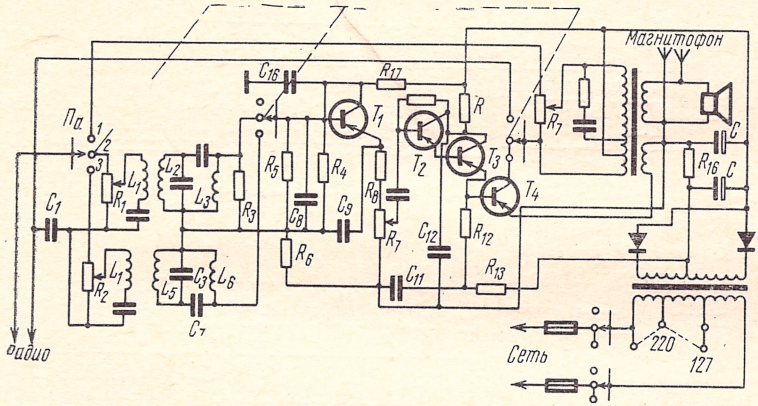


Рис. 13.5. Принципиальная схема приемника

Принятые высокочастотные колебания детектируются триодом T_1, после чего напряжение низкой частоты поступает на усилитель, построенный по схеме сложного триода (T_2, T_3, T_4). В коллекторную цепь последнего триода включен выходной трансформатор, нагруженный на громкоговоритель. Сопротивления R_1 и R_2 служат для начальной установки уровня несущей высокой частоты II и III программ. Сопротивление R_7 является регулятором громкости. Приемник имеет двухполупериодный выпрямитель.

Основные технические данные приемника: потребляемая мощность (при включении II и III программы) 4,5 В·А; чувствительность для II и III программ не менее 300 мВ при входном сопротивлении не менее 700 Ом; полоса воспроизводимых частот 100÷6000 Гц при неравномерности 6 дБ; коэффициент гармоник на частотах до 200 Гц не более 6%.

Групповые приемники устанавливаются на чердаках, лестничных клетках или в отдельных помещениях (желательно ближе к абонентскому трансформатору). Программы, поступающие к групповым приемникам, распределяются по трехпарной абонентской проводке и подаются к абонентским точкам. Последние оборудуются абонентским громкоговорителем с переключателем на четыре положения (три программы и «выключено»). В настоящее время выпускается групповой приемник ГПТВ-3.

В отличие от индивидуального приемника, где детектор, усилитель низкой частоты и выпрямитель являются общими для двух

программ, в групповом приемнике осуществлено полное разделение каналов, включая и источники питания. Это облегчает налаживание приемника и уменьшает вероятность одновременного отказа двух вч каналов.

Схемы вч каналов приемника абсолютно идентичны по построению и отличаются лишь элементами фильтров, настроенных на соответствующие несущие частоты 78 и 120 кГц. Структурная схема группового приемника приведена на рисунке 13.6. Приемник

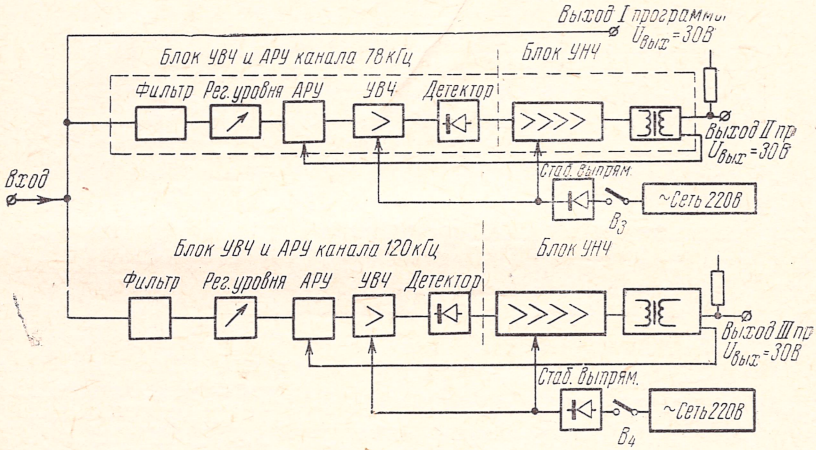


Рис. 13.6. Структурная схема группового приемника

собран по схеме прямого усиления, состоящего из полосового фильтра, регулятора уровня, АРУ, усилителя высокой частоты, детектора, четырехкаскадного усилителя низкой частоты и выпрямителя питания со стабилизатором напряжения. Полосовой фильтр, который содержит 1,5 звена типа К с двумя трансформаторами, обеспечивает избирательность по соседнему каналу порядка 60 дБ при неравномерности в полосе пропускания не более 6 дБ.

Качественные показатели ГПТВ-3 соответствуют II классу ВТУ 526—58. При выходной мощности 25 Вт нелинейные искажения всего тракта передачи до выхода группового приемника не превышают 3,6% в полосе частот 200÷4000 Гц и 6% на частоте 100 Гц. Чувствительность приемника 0,1 В. Приемник питается от сети переменного тока напряжением 127 или 220 В. Потребляемая приемником мощность при номинальной выходной мощности составляет 90 В·А, в паузе — 18 В·А.

Групповой приемник подключается к сети через абонентский трансформатор. От группового приемника при помощи трехпарного кабеля КРВПС-3·2·0,6 или КРВПМ-3·2·0,5 программы доводятся до абонентов. При помощи переключателя абонент выбирает одну из трех программ и прослушивает ее на обычном громкоговорителе.

§ 13.4. ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ОБРАБОТКА ЛИНИЙ

С целью получения требуемых качественных показателей вч каналов сети ПВ должны оснащаться линейными вч устройствами (обходными согласующими, корректирующими цепочками и т. п. устройствами).

На абонентских трансформаторах обходные устройства устанавливаются только в тех случаях, когда на входе абонентской линии напряжение вч сигнала оказывается меньше 3 В. В конце фидерной или абонентской линии, длина которых близка к 1/4 волны для частот 78 или 120 кГц (порядка 600—1000 м), должна устанавливаться корректирующая цепочка *RC*. Корректирующая цепочка *RC* устраняет отражение сигнала вч канала и создает в линии режим, близкий к режиму бегущей волны. Это благоприятствует равномерному (более или менее) затуханию напряжения вч сигнала вдоль линии. Без применения *RC*-цепочек на таких линиях создается режим так называемых стоячих волн, когда образуются узлы и пучности напряжений токов вч сигналов. В точках пучностей вч сигнал может иметь уровень, во много раз превышающий уровень на входе линии. В узлах напряжений уровень сигнала может оказаться значительно ниже требуемого. Узлы и пучности напряжений и токов могут не совпадать.

При наличии кабельных вставок длиной более 300 м необходимо согласовывать место их стыка с воздушным участком с помощью автотрансформаторов. Согласование необходимо производить также в точках подсоединения фидерных отводов в соответствии с требованиями, указанными в «Руководстве по проектированию и внедрению ТПВ на городских РТС».

При вч обработке линии необходимо производить измерение ее входного сопротивления для вч каналов и снятие диаграммы уровней. Результаты должны быть занесены в документацию линейного хозяйства.

Допустимая длина фидерных линий не должна, как правило, превышать 6—8 км, длина абонентской линии не должна превышать 1 км.

§ 13.5. ПОНЯТИЕ О СТЕРЕОФОНИЧЕСКОМ ЗВУЧАНИИ

Под стереофоническим звучанием понимается такое звучание, при котором так же, как и при непосредственном слуховом восприятии естественных источников звука, человек может различить направление прихода звуковых волн и до некоторой степени локализовать источник звука в пространстве.

Идеальная передача звуковой перспективы требует, чтобы в пространстве, где воспроизводится звук, было такое же количество и такое же размещение источников звука, как и в пространстве, где расположены оригинальные источники звука, кроме того, происходило бы такое же перемещение источников звука.

Осуществляя передачу движущегося звукового образа по каналу микрофон—усилитель—громкоговоритель, идеальная звуковая картина передана только в случае очень большого количества отдельных каналов при тесном расположении в первичном пространстве (акустическом поле) микрофонов, а во вторичном пространстве — громкоговорителей. Причем каждый канал звукопередачи должен быть независим от другого, т. е. каждый источник звука (громкоговоритель) при воспроизведении должен получать сигнал только от соответствующего источника звука в первичном акустическом поле. Практическое осуществление такой системы пространственной перспективы весьма затруднительно, поэтому изыскиваются приближенные способы решения проблемы.

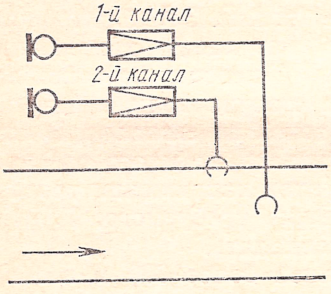


Рис. 13.7. Упрощенная схема двухканальной записи звука

Как показывают опыты, хороший стереофонический эффект достигается уже при наличии трех и даже двух каналов звукопередачи.

В СССР опыты трехканальной стереофонической передачи были произведены еще в 1935 г. в Москве, в Доме Союзов под руководством проф. И. Е. Горона. На сцене Октябрьского зала были размещены три двухполосных мощных громкоговорителя — два по краям и один в центре. Каждый громкоговоритель был связан специальным каналом с микрофоном, помещенным в соответствующем месте на сцене Колонного зала, где был размещен оркестр. Слушателям в Октябрьском зале казалось, что оркестр находится тут же, на сцене, были слышны звуки отдельных инструментов оркестра, можно было определить примерно, в каком месте сцены находится артист, куда он идет.

Для стереофонического воспроизведения звука с сохранением пространственной перспективы используется многоканальная запись звука (рис. 13.7).

§ 13.6. СИСТЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ СТЕРЕОФОНИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЫ

В настоящее время существует несколько систем двухканальной стереофонии. Познакомимся с системами *AB, XY* и *MS*.

Система *AB* (рис. 13.8) использует два микрофона, одинаковых по чувствительности и по характеристикам направленности. В системе имеется два канала *A* и *B*. Микрофон канала *A* воспринимает, главным образом, звуковые колебания от источников звука, находящихся слева, а микрофон канала *B* — от источников, находящихся справа.

Источники звука, находящиеся в центре между микрофонами каналов *A* и *B*, воспринимаются ими обоими одинаково. Пусть

источник звука находится в точке *1*, тогда напряжение, развиваемое в канале *A*, будет наибольшим, а в канале *B* — наименьшим. При перемещении источника в точку *2* напряжение в двух каналах будет одинаковым, но меньше максимального. При дальнейшем перемещении напряжение, развиваемое в канале *B*, будет расти и, когда источник звука будет находиться в точке *B*, станет максимальным. Если теперь просуммировать развиваемые напряжения в каналах, то напряжения будут перераспределяться согласно кривым *AB*. Если теперь к каналам, например, подключить громкоговорители, то они будут воспроизводить движение источника звука.

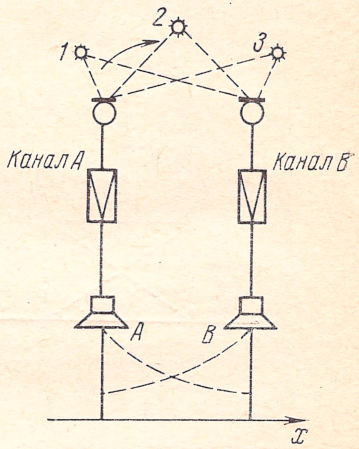


Рис. 13.8. Система АВ двухканальной стереофонии

Данная система достаточно хорошо воспроизводит местонахождение источника звука по фронтам расположения микрофонов и значительно хуже передает глубину звукового поля. В системе могут использоваться микрофоны с диаграммой направленности в форме круга, восьмерки или кардиоиды. Расстояние между микрофонами и их количество в канале подбирается экспериментально.

Система *XY* содержит также два канала, микрофоны каналов в этой системе располагаются в одном месте (на одном штативе), и оси их максимальной чувствительности в пространстве разнесены между собой на 90°. Микрофоны могут иметь диаграммы направленности в следующих возможных комбинациях, приведенных на рис. 13.9. Пусть в системе используются микрофоны с диаграммой направленности в форме кардиоиды. При перемещении источника звука по направлению *1—2* перераспределение напряжений в каналах будет в каждый данный момент зависеть от совместного действия двух микрофонов, т. е. напряжение в одном канале, названном *X*, уменьшается, а, начиная с середины, увеличивается в канале *Y*.

Наилучшей локализации источника звука можно достичь, применяя микрофоны с диаграммой направленности типа восьмерка.

Система *MS* названа по первым буквам немецких слов Mittel — середина и Seite — сторона. Система использует два канала с микрофонами, имеющими разные виды диаграмм направленности в комбинациях «круг» и «восьмерка» или «кардиоида» и «восьмерка».

Оба микрофона располагаются на одной вертикальной оси. Микрофон *M* (микрофон середины) с круговой или кардиоидной диаграммой ориентирован своей лицевой стороной на середину звукового поля, а микрофон *S* (микрофон сторон с восьмерочной

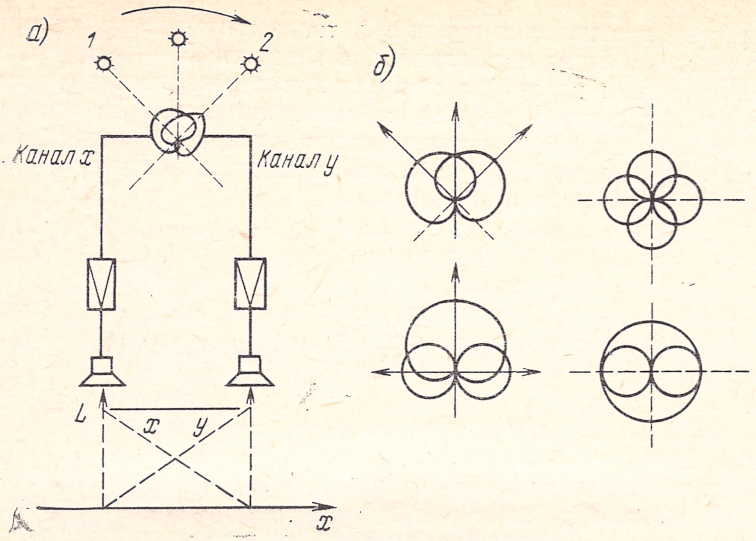


Рис. 13.9. Система ХУ

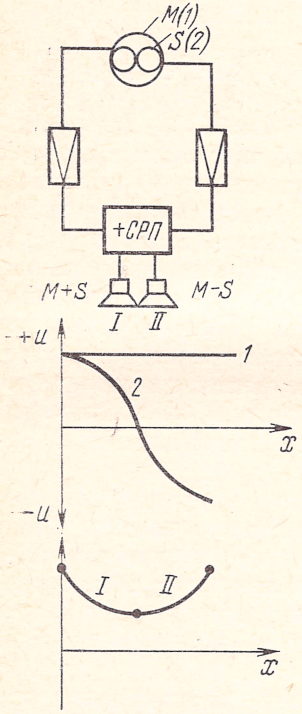


Рис. 13.10. Система MS двухканальной стереофонии

диаграммой направленности) ориентирован в том же направлении осью наименьшей чувствительности (рис. 13.10).

В самих микрофонах системы происходит разделение информации на две составляющие: составляющую *M*, содержащую информацию обо всем звуковом поле, и составляющую *S*, содержащую информацию о сторонах поля. Превращение таких раздельных сигналов в стереофонические происходит путем суммирования выходных напряжений микрофонов *M* и *S* для левого канала и вычитания этих напряжений для правого при помощи суммарно-разностного преобразователя (СРП) так, как показано на рис. 13.11*б*, на котором приведена блок-схема звукопередачи по системе *MS*.

На рис. 13.11*в* показаны зависимости выходных напряжений микрофонов *M* и *S* от угла прихода звука при перемещении источника звука в направлении *1—2*, результирующие напряжения в правом и левом каналах получены путем суммирования и вычитания ординат прямой 1 и кривой 2.

§ 13.7. ПОНЯТИЕ ОБ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ И МАГНИТНОЙ СТЕРЕОФОНИЧЕСКОЙ ЗАПИСИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИИ ЗВУКА

В настоящее время для стереофонической грамзаписи принята двухканальная система записи, которая имеет условное обозначение 45/45, так как обе стенки канавки наклонены под углом 45° к поверхности грампластинки. На внутренней стенке канавки, т. е. на стенке, обращенной к центру диска, записывается сигнал одного канала, а на внешней стенке — сигнал второго канала (рис. 13.11).

При монофонической записи колебания записываются в виде двух параллельных следов на обеих стенках канавки. Резец при вырезании канавки совершает боковые (поперечные) движения. В результате этого канавка изгибается, но ширина ее остается всегда одинаковой. Резец для стереофонической записи — треугольной формы. Он имеет две режущие грани, расположенные симметрично по отношению к вертикальной оси, а одна по отношению к другой под прямым углом (45°××45°). Сигнал от каждого канала перемещает режущую грань в направлении, перпендикулярном ее длине. Поэтому результирующее движение резца представляет собой не простое боковое движение от одной стенки к другой, а сложное движение по двум направлениям. Если монофонический резец может совершать только боковые перемещения, то стереофонический резец имеет возможность перемещения в вертикальном направлении. Вырезанная таким резцом канавка по своей форме значительно сложнее формы канавки монофонической записи.

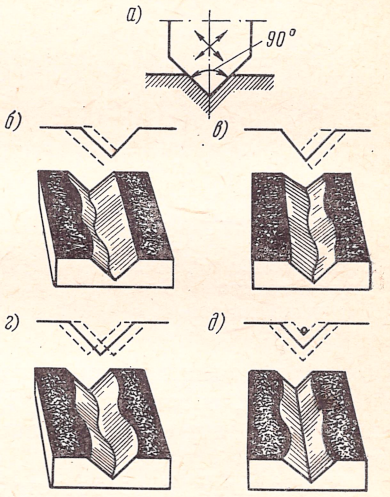


Рис. 13.11. Принципы двухканальной стереофонической грамзаписи

Для воспроизведения стереофонической грамзаписи служат стереофонические звукосниматели. Наибольшее распространение получил пьезоэлектрический звукосниматель. Конструктивно пьезоэлектрический стереофонический звукосниматель содержит либо два пьезоэлемента прямоугольной формы (двухбалочная система), либо один, имеющий вид полого цилиндра (трубчатый звукосниматель).

Наиболее распространен звукосниматель — двухбалочный, схема которого показана на рис. 13.12. Звукосниматель состоит из четырех жестких тяг, шарнирно связанных между собой, которые могут вращаться вокруг неподвижной оси *А*. Если к точке *Б* приложена сила, действующая в направлении стрелки, тяга *1*

стремится параллельно самой себе и повернет тягу *2* вокруг оси *А*. Тяга *4* также сместится, а тяга *3* останется неподвижной (новое положение тяги показано пунктирными линиями). Таким обра-

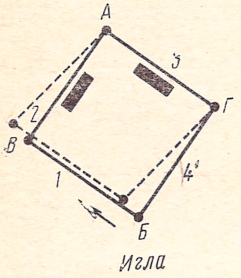


Рис. 13.12. Схема двухбалочного звукоснимателя

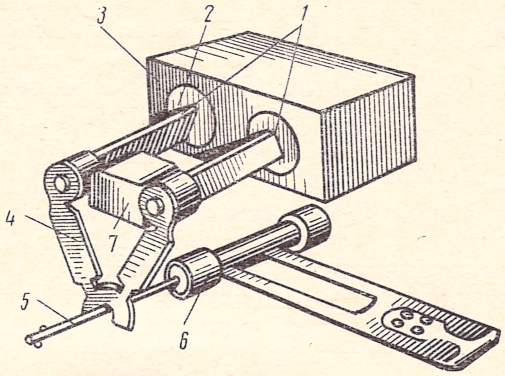


Рис. 13.13. Устройство пьезокерамического двухбалочного звукоснимателя

зом, модуляция канавки в правом канале будет смещать верхнюю левую тягу, оставляя неподвижной правую, а модуляция в левом канале вызовет смещение верхней правой тяги, оставив неподвижной левую.

Располагая в соответствующих участках системы два пьезоэлемента (на рисунке они показаны уходящими вглубь чертежа), получаем две механико-электрические преобразующие системы с механическим разделением каналов.

На рис. 13.13 показано устройство пьезокерамического двухбалочного звукоснимателя.

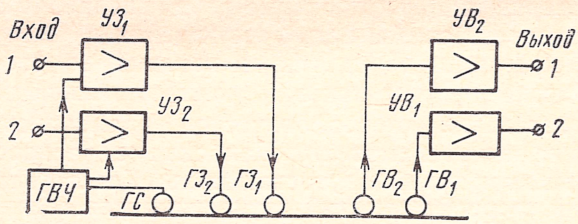


Рис. 13.14 Структурная схема 2-канального стереомагнитофона

Стереофоническая магнитная запись звука осуществляется на стереомагнитофонах. Структурная схема (рис. 13.14) 2-канального стереомагнитофона представляет собой как бы совмещение 2 схем одноканальных магнитофонов с усилителями записи и воспроиз-

ведения, головками записи и воспроизведения, раздельными для каждого канала. Общими для всех каналов являются: магнитная лента, лентопротяжный механизм, генератор для стирания и подмагничивания ленты.

Общий генератор *(ГВЧ)* питает током высокой частоты головку стирания и две головки записи. Мощность его несколько больше, чем у генератора монофонического магнитофона. Частота генератора в пределах 60÷80 кГц. Для обеих головок записи предусматриваются раздельные регуляторы подмагничивания, так как из-за неизбежного различия головок один и тот же режим записи в обоих каналах будет получаться при разных токах подмагничивания.

Контрольные вопросы

1. Расскажите, как может быть организовано многопрограммное вещание?
2. На каком принципе построена в настоящее время система трехпрограммного вещания?
3. Нарисуйте структурную схему системы трехпрограммного вещания.
4. Расскажите о назначении фильтров в системе.
5. Что из себя представляют индивидуальный и групповой приемники?
6. Что такое режим стоячих волн?
7. Что такое режим бегущей волны?
8. Какие мероприятия должны быть проведены на сети в связи с внедрением трехпрограммного вещания?
9. Что такое стереофоническое звучание?
10. Расскажите о системах стереофонической звукопередачи.
11. Поясните принцип стереофонической электромеханической записи.
12. Как работает стереофонический звукосниматель?
13. Расскажите о многоканальной стереофонической записи звука.

ГЛАВА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ

УСТАНОВКА И МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ

§ 14.1. ПОМЕЩЕНИЯ СТАНЦИЙ РТУ И ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

Станции и подстанции РТУ размещаются в специально выделяемых помещениях (отдельно выстроенных зданиях, представляемых помещениях в жилых домах или зданиях других предприятий связи). Размещение оборудования РТУ вблизи аппаратуры электросвязи создает удобство в обслуживании, сокращает эксплуатационные расходы и занимаемые площади. Помещения должны быть неогнеопасными и удобными для ввода магистральных фидеров и вывода распределительных фидеров и фидеров электропитания. Аппаратные с постоянно дежурным техническим персоналом днем должны иметь естественное освещение, а в темное время суток — электрическое. На случай аварии предусматривается аварийное освещение: мощность ламп должна составлять не менее 20% от рабочей. На необслуживаемых станциях РТУ сеть аварийного освещения не оборудуется. Для удаления избытка тепла, выделяемого при работе аппаратуры, должна быть предусмотрена вентиляция. В объединенных с электросвязью аппаратных оборудуется общая система вентиляции. В аппаратных, расположенных в отдельных помещениях, при мощности рабочих усилителей до 1,5 кВт избыток тепла удаляется при помощи общеобменной домовой вентиляции или форточки. При мощности рабочих усилителей больше 1,5 кВт должна оборудоваться принудительная вентиляция. На необслуживаемых станциях для вентиляции помещения предпочтительно применять автоматически включающиеся вытяжные вентиляторы. На станциях РТУ мощностью 10 кВт и выше должен устраиваться отвод тепла на месте установки усилителей.

На станциях РТУ оборудование размещается согласно рекомендациям проектных организаций (типовые проекты). Эти рекомендации учитывают ряд правил. Правила размещения предусматривают: наименьшую протяженность соединений между аппаратурой, расположение аппаратуры в последовательности по возрастающей величине рабочего уровня и соблюдение установленных габаритов проходов и расстояний. Немаловажное условие обеспечения максимального удобства эксплуатации и обязательное выполнение требований техники безопасности. При совмещенном размещении оборудования РТУ и электросвязи необходимо также

устранять взаимное влияние устройств, использовать общие электросиловые установки, аварийное освещение и т. д.

Вариант размещения оборудования станции РТУ приведен на рис. 14.1. При аппаратных станций РТУ городов и районных центров должна быть местная студия. Прежде чем начать размещение оборудования, предварительно производят разметку мест крепления устройств крепежных конструкций, постаментов, желобов, каналов скрытых проводок, вентиляционных камер и коробов, осветительной проводки.

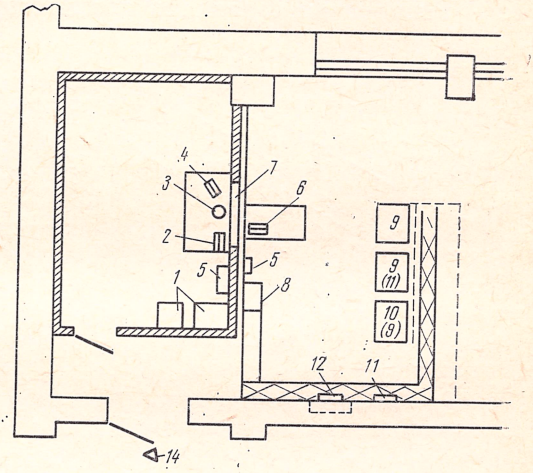


Рис. 14.1. Вариант размещения оборудования станции РТУ мощностью 1 или 2 кВт:
1 — магнитофон; *2* — пульт студии; *3* — микрофон; *4* — переговорное устройство; *5* — контрольный громкоговоритель; *6* — приемник; *7* — контрольное окно; *9* — УПВ-1; *10* — УВК; *11* — распределительный щит; *12* — СЩ-4

Аппаратура РТУ в настоящее время выпускается настольной, стоечной и шкафной конструкции. В первом случае аппаратура размещается на столах или полках, укрепляемых к стене при помощи кронштейнов. Аппаратура стоечной и шкафной конструкции устанавливается непосредственно на пол или на постамент. При непосредственной установке аппаратуры на пол на него кладется листовой асбест и стальной лист по размеру основания шкафа. Постаменты применяют в случае, когда необходимо выровнять верх устанавливаемых в ряд шкафов или стоек, имеющих различную высоту, и в случае бетонных полов, когда нет возможности поместить токоведущие провода к аппаратуре в подпольные желоба. Целесообразно постаменты использовать для установки нескольких стоек или шкафов. Постаменты могут быть деревянные или бетонные. Деревянный постамент обивают кровельной сталью по асбесту.

Для прокладки кабелей между отдельно стоящими стойками и шкафами оборудуют подпольные или напольные желоба. Предпочтение при устройстве кабельных каналов следует отдавать подпольным желобам, которые оборудуют в толще полов из бетона, в деревянных полах — вдоль бревен наката и на полу — вдоль стен. В зависимости от конструкции пола и перекрытий изменяется способ крепления и размеры желобов, однако приведенные на рисунке детали остаются во всех возможных вариантах конструкции полов (рис. 14.2). Для прокладки проводов к розеткам, гребенкам и другим переходным устройствам, установленным на стенах в аппаратной, а также для их прокладки по лест-

ничным клеткам и другим помещениям вне аппаратных станций РТУ, применяются каналы скрытых проводок. Для этого используются стеклянные, пластмассовые, полихлорвиниловые, резиновые и т. д. каналы — трубы различной толщины и диаметра. Размеры каналов определяются количеством и типом проводов. Ка-

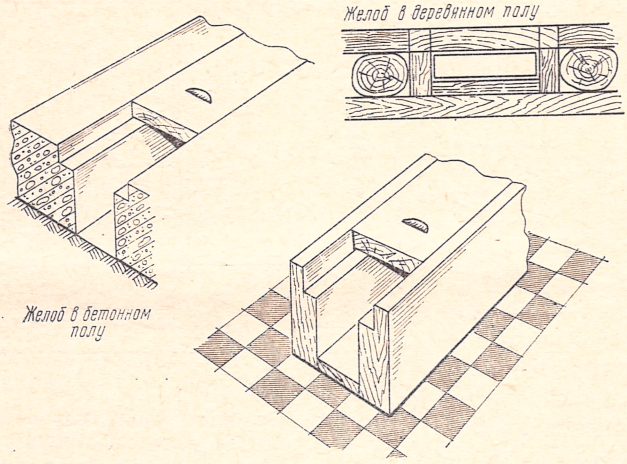


Рис. 14.2. Кабельные желоба

налы скрытой проводки при достаточной протяженности оборудуются вспомогательными элементами: смотровыми щелями (окнами) и соединительными устройствами.

§ 14.2 МАРКИ ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ ДЛЯ МОНТАЖА СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ РТУ

Для монтажных работ на станционных сооружениях РТУ применяются различные марки проводов и кабелей. Марки проводов и кабелей выбираются в зависимости от рабочего напряжения и тока в цепи, способа прокладки и количества цепей. На подстанциях РТУ различают антенные вводы, микрофонные, низкочастотные, контрольные и измерительные цепи, цепи выходов оконечных усилителей, цепи сигнализации и автоматики, цепи от устройств выходной коммутации до выводных опор, цепи электропитания, шины заземления.

Микрофонные цепи длиной до 5 м при несимметричном входе усилителя и до 30 м при симметричном входе усилителя выполняются парными кабелями, имеющими один экран (РВШЭ-1, ПРДЭШ), а при длине больше 30 м — кабелем, имеющим два экрана (РВШЭД). Низкочастотные цепи с уровнем —20÷30 дБ

прокладываются кабелем с одним экраном. Цепи с уровнем больше 0 дБ, например выходы приемников, могут не иметь экрана. Цепи выходов усилителя мощностью до 600 Вт включительно выполняются проводами ПРТО-500, НРГ, ПРГ, ПР, АПР-5000, АОЛ, СРГ, ПРЖ и другими; цепи выходов усилителя мощностью 5 кВт — ПРТО-500, ПР, НРГ, ПРГ и т. д.; цепи выводов линий I класса с усилителями мощностью до 600 Вт — ПРТО-500, ПР, АПР, ПРВПМ и т. д., а с усилителями мощностью 5 кВт (например, КСРГ, КСРБ, КАГ, КАБ) — АПР и т. д.; цепи, связанные с линиями II класса, выполняются ПРТО-2000, МРМ и т. д.; цепи электропитания рассчитываются как на допустимое падение напряжения, так и на плотность тока.

Падение напряжения при максимальной нагрузке не должно превышать 5% на участке от трансформатора до потребителя. На участке от силового щита до потребителя сечение проводов и кабелей следует выбирать таким, чтобы падение напряжения в них было не более 1%, а плотность тока не превышала допустимых значений.

К группе кабелей для цепей высокого уровня и сильноточных относятся кабели, соединяющие выход оконечных усилителей с устройствами выходной коммутации, устройства выходной коммутации со станционными наружными выходными сооружениями. Кабель КРВПМ-2000 используется для вводов радиотрансляционных линий с номинальным напряжением 960 В[1]). Вводы энергоснабжения, а также соединения распределительных щитов с аппаратурой выполняются кабелями типов: ВРБ, НРБ, ААБ, АБ; воздушные — проводами типов ПР, АПР, ПРГ и им подобными.

Сечение и число жил кабелей и проводов силовых цепей определяется системой сети энергоснабжения, электропитающими устройствами аппаратуры и потребляемой мощностью. Примерные сечения жил кабеля электропитания для РТУ различных мощностей (при однофазном вводе с напряжением 220 В и трехфазном вводе с напряжением 380/220 В с учетом расхода мощности на освещение, вентиляцию и прочие нагрузки) приведены в табл. 14.1.

Для оборудования проводок электропитания можно применять не только перечисленные выше кабели с медными токоведущими жилами, но и с алюминиевыми, например, типов АВРГ, АНРГ и им подобные. При этом сечение алюминиевых жил должно быть больше, чем сечение медных. Так, если для прокладки необходим кабель с медными жилами сечением 1,5 мм^2, то сечение алюминиевых жил должно быть 2,5 мм^2. Для устройства силового ввода рекомендуется применять кабель СБ до $U=1000$ В.

Для цепей управления (к катушкам магнитных пускателей, реле переменного тока и т. д.) используют кабели с жилами сечением 0,5—0,75 мм^2.

---

[1]) При внедрении ТПВ предпочтительней применять кабель типа МРМ с меньшей погонной емкостью.

ТАБЛИЦА 14.1

Участки прокладки кабеля	Сечение жилы кабеля, мм², для РТУ мощностью				
	50—100 вт	500 Вт (на транзисторах)	1 или 2 кВт (2 УПВ-1)	5—10 кВт (2 ТУ-5-4)	15 кВт (3 ТУ-5-4)
Вводный щит—щит аварийного переключения или токораспределительный	1,0—1,5	1,5—2,5	4,0—6,0	10,0—16,0	16,0—25,0
Распределительный щит—усилитель	0,75—1,0	1,5—2,5	2,5	4,0—6,0	4,0—6,0
Усилитель-аккумуляторный шкаф	—	6—10	—	—	—
Распределительный щит—приемники, магнитофоны, аппаратура дистанционного управления и пр.	0,75—1,0	—	0,75—1,0	0,75—1,0	0,75—1,0
Распределительный щит—моторы вентиляции	—	—	0,75	1,0	2,5
Гибкие соединения от настольной аппаратуры до розеток	0,5—0,75	—	0,5—0,75	0,5—0,75	0,5—0,75

§ 14.3. МОНТАЖНАЯ СХЕМА И КАБЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА

При монтаже станционных сооружений РТУ необходимо производить большое количество соединений между шкафами и стойками аппаратуры. Для облегчения и правильного выполнения соединений заранее составляется монтажная схема и кабельная таблица. Монтажная схема составляется в виде таблицы, в которой указано наименование аппаратуры, номера соединительных цепей и схематично изображено соединение аппаратуры между собой.

В кабельной таблице согласно структурной и монтажной схемам указывается номер цепи, трасса цепи, способ прокладки, марка и сечение провода, длина его, название цепи и количество концов.

На рис. 14.3 показана примерная структурная схема радиоузла и на ней указаны номера цепей соединений. Для данной схемы, для примера, составлена кабельная таблица (табл. 14.2) и монтажная схема (табл. 14.3). На станциях РТУ провода и кабели могут прокладываться открыто по стенам помещения, в закрытых и воздушных желобах, в каналах скрытых проводок и в слое штукатурки.

Перед прокладкой требуемую длину кабеля или провода отрезают, выправляют и на концах его привязывают бирки с обозначением номера (рис. 14.4) по кабельной таблице. Проверяется целостность изоляции кабеля и провода.

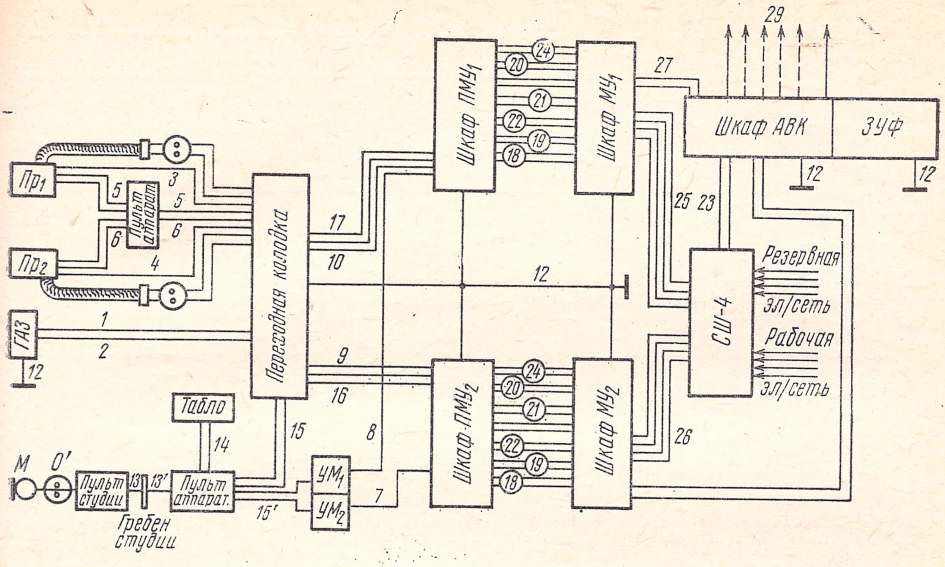


Рис. 14.3. Структурная схема РТУ

ТАБЛИЦА 14.2

№ цепи	Трасса цепей		Способ прокладки	Марка сечен. провод.	Кол-во концов	Длина
	от	до				
1—2	щитка ГЗА	переход. колодки	В желобе	АПР-2,5	2	18
3—4	переход. колодки	приемника 1—2	По столу	—»—	2	2
19	МУ-2 и 2	ПМУ-1-2	В желобе	НРГ-2/2,5	2	7
29	шкафа АВК-1	вых. стойки	В желобе	КВРГ 24/2,5	1	12

Электрические соединения отдельных элементов оборудования станций РТУ выполняют только целыми отрезками кабелей и проводов, не имеющими соединений. Прокладка проводов и кабелей по стенам осуществляется с помощью роликов, скоб или клиц. Прокладка на роликах разрешается только в сухих помещениях и для цепей, напряжение в которых не превышает 250 В. Ролики крепятся к деревянным поверхностям шурупами, к каменным — шурупами со спиралями.

Шнур укрепляется шпагатом на первом ролике и конечном, или угловом, а на промежуточные ролики надевается без крепления. А при прокладке провода на роликах он привязывается мягкой оцинкованной проволокой. С помощью скоб к поверхностям

ТАБЛИЦА 14.3

№№ цепей	Студия				Аппаратная						
	Микрофон	Пульт студии	Розетка микрофона	Гребенка студии	УМ-1 N1	УМ-2 N2	ПМУ N1	ПМУ N2	МУ N1	МУ N2	Пульт аппаратной
0											
0′											
13											
13′											
15′											
8											
18											

помещения крепятся кабели, например, типа ВРГ. Скобки крепятся по-разному, в зависимости от типа поверхности, например, к бетонным и кирпичным стенам—шурупами на спиралях или дюбелями. При открытой прокладке таких цепей, как выходы усилителей, выводы линий, их рекомендуется собирать в жгут и обматывать изоляционной лентой.

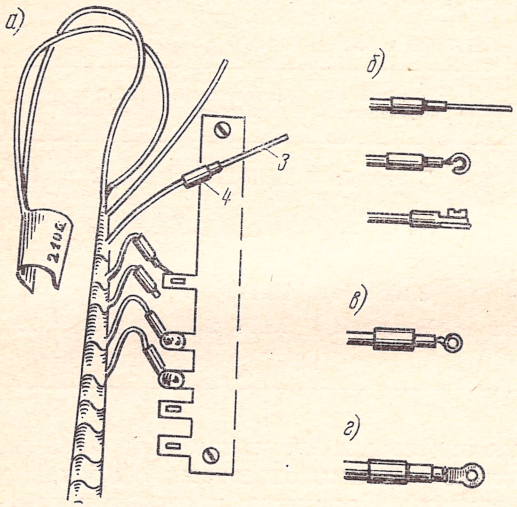


Рис. 14.4 Разделка кабелей

В аккумуляторных помещениях металлические оболочки кабелей и крепежные конструкции покрываются противощелочным или противокислотным лаком. Прокладка кабелей и проводов для нч сигналов осуществляется в закрытых и воздушных желобах. Подобным образом, например, прокладываются микрофонные цепи, цепи сигнализации и обратной связи усилителей. Провода и кабели, несущие одинаковый уровень, прокладываемые в желобах, перевязываются в пакеты крученым или льняным шпагатом. Кабели микрофонных цепей, а также выходов усилителей перевязываются в отдельные пакеты и размещаются в разных желобах. При размещении отдельных пакетов проводов следует учитывать возможность взаимовлияний.

В каналах открытой проводки прокладываются провода всех марок, кроме бронированных. Провода должны быть цельными. Соединение проводов осуществляется в соединительных коробках, протяжных ящиках.

В слое штукатурки могут прокладываться кабели и провода с полихлорвиниловой изоляцией, провода ПР, АПР, ПРЖ, ПРТО с дополнительной защитой в полутвердых резиновых или полихлорвиниловых трубах. В слое штукатурки пробивается борозда, глубина которой на 1 см больше толщины укладываемых проводов. Провода закрепляются алебастром, и борозда заштукатуривается. В деревянных стенах в бороздку кладут листовой асбест. Выводятся провода через специальные воронки.

§ 14.4. НАРУЖНЫЕ УСТРОЙСТВА СТАНЦИЙ РАДИОТРАНСЛЯЦИОННЫХ УЗЛОВ

К наружным устройствам станций РТУ относятся антенны, заземляющие устройства, устройства выводов линий и силовые вводы энергоснабжения.

Антенны. Приемные антенны устанавливают на станциях РТУ для обеспечения приема вещательных радиостанций. Если программа принимается только на радиоприемники, станцию оборудуют двумя антеннами: рабочей и резервной. Станцию, на которую основная программа поступает по проводным каналам, оборудуют одной резервной антенной.

Выбор типа антенны определяется диапазоном частот принимаемых радиостанций. Для приема длинноволновых, средневолновых и коротковолновых радиостанций применяют всеволновые антенны: Г-образную, антенну типа «наклонный луч», Т-образную.

Для приема укв радиостанций — антенны «волновой канал» или «простой вибратор». В районах с высоким уровнем промышленных помех и помех от других радиостанций для приема в диапазоне дв, св (200÷2000 Ом) применяют антенны направленного действия типа бегущей волны (АБВ), экранированные, гониометрические, а для приема коротких волн — антенну типа «Диполь».

Г-образная антенна состоит из горизонтальной части, подвешенной между двумя мачтами и вертикальной части — снижения антенны. Ввод снижения Г-образной антенны в помещение аппаратной может быть воздушным (через стены здания) и кабельным (через крышу здания). Для уменьшения уровня промышленных помех при кабельном вводе антенны следует устраивать противовес.

Антенна «наклонный луч» состоит из наклонно- или вертикально подвешенного провода. Ввод антенны выполняется так же, как и у Г-образной антенны.

Т-образная антенна состоит из двух одинаковых симметричных, горизонтально расположенных проводов длиной примерно по 10 м, разделенных цепочкой из трех орешковых изоляторов.

Т-образную антенну с радиальным заземлителем рекомендуется использовать в районах вечной мерзлоты. При высоком уровне помех для приема дв и кв станций должна применяться антенна с экранированным снижением и противовесом. В этом случае используется для подключения антенны к приемнику всеволновый трансформатор. Антенны выполняются из бронзового антенного провода соответствующей марки (например, ПАБ) или биметаллического провода.

Указанные выше антенны подвешивают на деревянных или металлических мачтах-опорах, устанавливаемых на крыше здания РТУ или земле. Высота мачт зависит от высоты подвеса полотна антенны, места их установки, высоты здания и т. д.

Направленная антенна типа АБВ состоит из одного луча — медного или биметаллического голого провода диаметром 3 мм, подвешенного горизонтально на высоте 3÷4,5 м над землей. Антенна обладает хорошими направленными свойствами при длине луча, равной 4—5 длинам принимаемой волны. Например, при приеме в диапазоне волн 200÷550 м длина луча антенны должна быть порядка 600—800 м.

При большом уровне помех для приема РВ станций в диапазоне 200÷2000 м применяется гониометрическая антенна с кардиоидным блоком. Эта антенна состоит из двух наружных одинаковых по размерам и взаимно перпендикулярных рамок, подвешенных на общей мачте высотой 12 м. Диаграмма направленности ее имеет форму кардиоиды и может быть ориентирована в любом направлении в пределах угла 360° для получения минимального уровня сигнала мешающей станции. Для получения диаграммы направленности в виде кардиоиды дополнительно используется вертикальная антенна.

Для приема УКВ ЧМ вещания могут использоваться простые и более сложные антенны. Выбор типа антенны и высоты его подвеса в каждом отдельном случае зависит от величины напряженности поля принимаемой станции и уровня помех.

«Простой вибратор» выполнен из стальных, латунных или дюралюминиевых трубок диаметром 12—16 мм. Соединение «простого вибратора» с приемником может осуществляться как коаксиальным кабелем с волновым сопротивлением 75 Ом, так и симметричным кабелем типа КАТВ с волновым сопротивлением 300 Ом. Простой вибратор применяется при напряженности поля порядка 1000 мкВ/м и более. Антенна типа «волновой канал» (рис. 14.5*а*) применяется для приема на РТУ, где напряженность поля менее 1000 мкВ/м, или при наличии заметного уровня помех. Антенна типа «волновой канал» может иметь от 3 до 6 элементов. Такие антенны выполняются из указанных типов труб, но бо́льшего диаметра порядка 16—20 мм (рис. 14.5*б*). Антенны в случае ближнего приема располагают на крышах зданий, а в случае дальнего приема необходимо использовать достаточно

высокие мачты. Высота установки антенны и ее тип зависят от напряженности поля в месте приема.

Заземляющие устройства. Для защиты обслуживающего персонала РТУ от поражения электрическим током и для защиты аппаратуры РТУ от случайных пробоев изоляции сильноточных цепей, при грозовых разрядах и т. п. на станциях и подстанциях

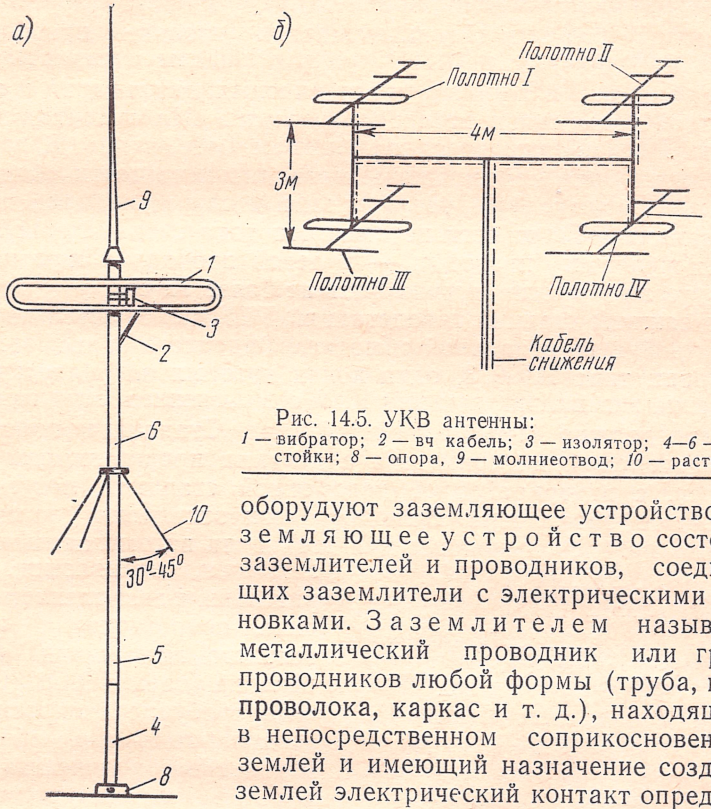


Рис. 14.5. УКВ антенны:
1 — вибратор; *2* — вч кабель; *3* — изолятор; *4—6* — детали стойки; *8* — опора, *9* — молниеотвод; *10* — растяжки

оборудуют заземляющее устройство. Заземляющее устройство состоит из заземлителей и проводников, соединяющих заземлители с электрическими установками. Заземлителем называется металлический проводник или группа проводников любой формы (труба, шина, проволока, каркас и т. д.), находящийся в непосредственном соприкосновении с землей и имеющий назначение создать с землей электрический контакт определенного сопротивления. Сопротивлением заземления называется сумма сопротивлений подводящих проводов и прилегающих слоев грунта.

Проводники, соединяющие заземлители с электрическими установками, различаются на проводник, называемый шиной заземления, и проводник, называемый соединительной шиной.

Шиной заземления называется проводник, прокладываемый внутри помещений и служащий для подключения к нему элементов аппаратуры, подлежащей заземлению. Соединительной шиной называется проводник, электрически соединяющий заземлители между собой и с шиной заземления. Заземляющее устройство на станциях и подстанции РТУ выполняет роль рабочего и защитного заземления одновременно. Рабочим заем-

лением называется заземляющее устройство, предназначенное для соединения с землей аппаратуры с целью использования земли в качестве одного из проводов электрической цепи. Защитным заземлением называется заземляющее устройство, предназначенное для соединения с землей корпуса аппаратуры, оболочек кабеля, а также металлических частей силового оборудования РТУ, которые, как правило, не находятся под напряжением, но могут оказаться под ним при повреждении изоляции проводников, несущих рабочий ток, и служащее для защиты обслуживающего персонала, линий и аппаратуры от опасных напряжений и придания устройствам связи потенциала земли. На станциях и подстанциях РТУ оборудуют одно защитное заземление. К заземлению должны быть присоединены металлические части оборудования, экраны аппаратуры, разрядники и в случае питания аппаратуры станции РТУ от сети переменного тока с заземленной нейтралью и нулевым проводом — нулевой провод. Сопротивление защитного заземления должно быть не более 10 Ом.

Для защиты станций и подстанций РТУ включаются каскадно в первичной и во вторичной обмотках фидерного трансформатора разрядники типа ИР-0,3, один конец которых заземляется. Сопротивление заземления станции РТУ с включением этих защитных устройств должно быть не более 5 Ом. Станции и подстанции РТУ, расположенные совместно с другими предприятиями связи, например, с внутрирайонной телефонной станцией, могут иметь одно общее заземление. Величину сопротивления заземления измеряют при использовании для этой цели вспомогательного заземления, называемого измерительным заземлением. Величина сопротивления измерительного заземления должна быть не более 100 Ом. Обеспечить требуемое сопротивление заземления можно выбором определенного количества заземлителей и соответствующей глубины заземления. Количество заземлителей в зависимости от удельного сопротивления грунта и требуемой величины сопротивления заземления определяется по номограммам. Удельное сопротивление ρ грунта местности, где располагается, например, УПС, ОУС и т. д., можно узнать из табл. 14.4.

ТАБЛИЦА 14.4

Наименование грунта	Удельное сопротивление ρ, Ом, см $\cdot 10^4$	Среднее значение при влажности 10÷20% $\cdot 10^4$
Песок	4÷7	5
Супесок	1,5÷4	3
Суглинок	0,4÷1,5	1,1
Глина	0,08÷0,7	0,5
Чернозем	0,095÷5,3	0,4—3
Торф	—	0,25
Каменистый грунт	7—12	10

Заземлители изготавливают из угловой стали размером 50×50×5 или водогазопроводных труб диаметром порядка 50 мм, длиной 2,5 м. Перед забивкой в грунт электроды очищают от окалины, краски, смолы и т. д. Конструкция контура заземления

может быть произвольной. Она выбирается в зависимости от расположения сооружений на площадке объекта связи. При планировке контура заземления необходимо выдерживать расстояние между любыми из заземлителей (оно должно быть не менее 5 м) и расстояние между ближайшими точками двух контуров заземлений (оно должно быть не менее 20 м) (например, между заземлением станции РТУ и заземлением какой-либо электроустановки, расположенной на той же площади).

Для забивки заземлителей в грунт и прокладки соединительной шины на размеченных местах роют котлованы (для заземлителей) глубиной около 1 м и траншеи (для соединительной шины) глубиной 0,6—0,7 м. Заземлители в котлованах забивают на такую глубину, чтобы после забивки вершина заземлителя была ниже уровня грунта на 0,5—0,6 м. Шину прокладывают в траншеи и приваривают к заземлителям или прикрепляют болтами. Котлован и траншеи засыпают грунтом и утрамбовывают.

В процессе эксплуатации заземлители, соединительная шина и ввод заземления подвергаются химической и электрохимической коррозии. Особенно интенсивно разрушаются металлические детали в рабочих, батарейных и подобных заземлениях, причем неизолированные от земли соединительные шины и вводы разрушаются значительно быстрее, чем заземлители. Для предотвращения этого стальные соединительные шины покрывают асфальтовым лаком в два-три слоя. Ввод заземления покрывают асфальтовым лаком независимо от назначения заземления. Ввод (от соединительной шины до здания станции) выполняется из одножильных кабелей типа ВПГ, АВПГ сечением 16—25 мм². Место соединения кабеля с шиной окрашивают асфальтовым лаком и заливают битумом.

Внутри помещения аппаратной в желобах или по стене прокладывают шину заземления, к которой подключают отпайки на аппаратуру. Стык соединительной шины с шиной заземления выполняют соединительной планкой на болтах или при помощи пайки оловянистым припоем марки ПОС-60 (ПОС-40).

УСТРОЙСТВО ВЫВОДОВ ЛИНИЙ

Станционные или выводные опоры служат для подключения воздушных РТ линий к устройству выходной коммутации аппаратной. Подземные линии заводят в аппаратную, минуя станционную опору, и подключают непосредственно к устройству выходной коммутации. По конструкции станционные опоры делятся на стоячные и столбовые и определяются конструкцией линий, количеством выходящих проводов и классом линий. Подробно эти вопросы рассматриваются в курсе «Линейные сооружения городской и сельской телефонной связи и радиотрансляционных сетей» или во «Временных правилах оборудования станций РТУ» и в «Правилах строительства и ремонта воздушных линий связи и РТС».

§ 14.5. ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ РТУ

Радиотрансляционные узлы с аппаратурой, питающейся переменным током, получают электрическую энергию от источников переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 380/220 В. В аппаратуре прежних выпусков предусматривалась возможность питания от источников с напряжением 127 В. Для передачи электрической энергии от источника до станции РТУ оборудуют силовые вводы. Силовой ввод состоит из группы защиты и отключения линии ввода, расположенной в распределительном устройстве источника электрической энергии, воздушной или кабельной линии и вводного щита, устанавливаемого на станции РТУ.

В зависимости от системы источника электрической энергии переменного тока вводы могут быть двухпроводные (однофазная сеть), трехпроводные (трехфазная сеть без нулевого провода) и четырехпроводные (трехфазная сеть с нулевым проводом). Провода силового ввода обладают определенным сопротивлением электрическому току. Чем больше сопротивление нагрузки и чем меньше сопротивление проводов линии, тем меньше будут потери энергии и падение напряжения в линии. Это может приводить и к ухудшению качества работы усилителей.

Для компенсации потерь в линии на выходных клеммах источника электрической энергии при номинальной нагрузке поддерживают напряжение выше линейного примерно на 5% (230 или 400 В соответственно). Это обеспечивает запас мощности, затрачиваемой на потери в линии.

Иногда на станциях РТУ небольшой мощности силовой ввод подключают не к источнику, а к распределительной линии низкого напряжения, питающей бытовую (электроосвещение, электрические приборы) или моторную нагрузку (машины), величина которой может резко изменяться в течение суток. Это наиболее неблагоприятный вариант электропитания РТУ. В такой линии величина напряжения постоянно колеблется, падая зачастую значительно больше, чем на 5% по сравнению с номинальным. В таких случаях необходимо применять стабилизаторы напряжения, особенно на станциях автоматизированных РТУ. Аппаратура РТУ рассчитана на работу от сети с колебаниями напряжения $(-10 \div +5)$ % от номинального. Но это не значит, что допустимо постоянно пользоваться сетью с пониженным или повышенным напряжением. Пониженное напряжение (например, 200 В вместо 220 В) влечет за собой снижение мощности сигнала низкой частоты на выходе оконечного усилителя и ухудшение качественных показателей вещательного тракта станции РТУ. Длительное питание аппаратуры пониженным или повышенным по сравнению с номинальным напряжением сокращает срок службы электронных ламп и других деталей.

Сигналы с номинальным уровнем занимают весьма малое время в общем балансе времени вещательной передачи, поэтому

и средняя потребляемая мощность бывает в два и более раза ниже номинальной.

Но было бы ошибкой строить силовой ввод, рассчитывая на среднее потребление. Силовой ввод должен обеспечить передачу мощности, необходимой усилителю при воспроизведении сигнала с номинальным уровнем.

Если станция РТУ расположена в здании предприятия электросвязи, то силовой ввод аппаратной РТУ подключают к отдельной группе общего распределительного щита, а от источника энергии оборудуют один или два (один резервный) силовых ввода. Последние обеспечивают подачу электрической энергии для питания аппаратуры РТУ и связи, а также для питания нагрузок вспомогательных устройств. При расположении станции в отдельном здании, в помещении жилого дома или административного здания на станции РТУ оборудуют один или два силовых ввода, к которым подключают все нагрузки станции.

Возможны и другие соотношения нагрузок на вводы. Например, если станция РТУ расположена в здании сельского отделения связи совместно с АТС на 50 номеров, телеграфом на одно рабочее место и почтой, а энергия подается от одной нерезервируемой трансформаторной подстанции, оборудуют один силовой ввод от *ТП*, питающий оборудование РТУ, зарядную базу АТС, телеграфный аппарат, почтовое оборудование и вспомогательные нагрузки. Для резервирования основного силового ввода устанавливают собственную маломощную электростанцию, от которой к силовому вводу подключают оборудование РТУ, телеграфный аппарат и аварийное освещение здания отделения связи.

Силовые вводы должны обеспечивать передачу мощности при включении всех устройств (потребителей) в момент наибольшего потребления ими мощности. При этом падение напряжения на проводах ввода не должно превышать 5%. Максимальное потребление мощности станциями РТУ в различной компановке оборудования иллюстрируется табл. 14.5. Расход мощности учтен в момент работы комплекта оборудования в номинальном режиме, а резервного комплекта оборудования — во включенном состоянии, но без передачи сигнала. Схемы силовых вводов различного напряжения приведены на рис. 14.6.

Сечение проводов ввода. Сечение проводов ввода определяют в зависимости от длины линии ввода, материала проводов, передаваемой мощности и системы электропередачи (однофазный или трехфазный ток). Минимально допустимые сечения проводов вводов при условии, что падение напряжения в проводах не превышает 5% от номинального, обычно приводятся в таблицах.

При коротких (длиной до 50 м) вводах между аппаратной РТУ и силовым щитом узла связи сечение провода (жилы кабеля) определяют с учетом длины линии от аппаратной до источника (*ТП* электростанции). Например, если от аппаратной РТУ до силового распределительного щита узла связи по трассе нас-

ТАБЛИЦА 14.5

Потребители электроэнергии	Номинальная рабочая мощность станции, кВт					
	0,1 (ТУ-100)	0,5 (на транзисторах)	1,0 (УПВ-1 ручного управления)	1,0 (УПВ-1 дистанционного управления)	2 (2 УПВ-1 районный)	5 (ТУ-5-4)
Рабочие усилители	0,3	0,7	3,5	3,5	7,0	12,0
Резервные усилители	0,3	—	1,2	1,2	—	2,8
Приемники	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2
Предварительные и микрофонные усилители	—	—	0,1	—	0,1	0,1
Блоки дистанционного управления	0,3	—	—	0,3	0,3	—
Аппаратура входной и выходной коммутации, управления и пр.	—	—	—	—	0,2	0,4
Вентиляция	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6
Освещение, инструмент для ремонта	0,15 0,1	0,15 0,1	0,3 0,1	0,3 0,1	0,3 0,1	0,3 0,1
Прочие нагрузки	0,2	0,2	0,4	—	0,4	0,5
Общая мощность	1,85	1,55	5,9	5,8	8,9	17,0
С округлением, для расчета ввода	1,9	1,6	6,0	6,0	9,0	17,0

читывается 30 м кабеля, а от этого щита до силовой ТП — 170 м, то сечение жилы кабеля, прокладываемого между аппаратной РТУ и силовым щитом узла связи, выбирают для ввода длиной 200 м. Если источник переменного тока находится относительно близко (по трассе линии 25—50 м), то, рассчитывая провода по падению напряжения, можно получить очень малые сечения, так как потери энергии в коротких проводах незначительны. Однако при этом плотность тока в проводах будет превосходить допустимые величины нагрузки проводов. Вследствие перегрузки провода могут перегреваться, хотя по допустимому падению напряжения линия будет в норме. Поэтому сечение проводов коротких вводов, определенное по соответствующей таблице необходимо проверять на допустимую плотность тока.

В среднем для медных и алюминиевых жил кабеля плотность тока составляет 8 А на 1 кв мм сечения; для воздушных голых проводов и канатов — 11—12 А на 1 кв. мм сечения. По этим же нормам следует определять сечение жил кабеля, прокладываемого от распределительного щита аппаратной РТУ до блоков (шкафов) аппаратуры.

С целью обеспечения механической прочности воздушных силовых вводов применяют медные провода сечением не менее 6 мм^2

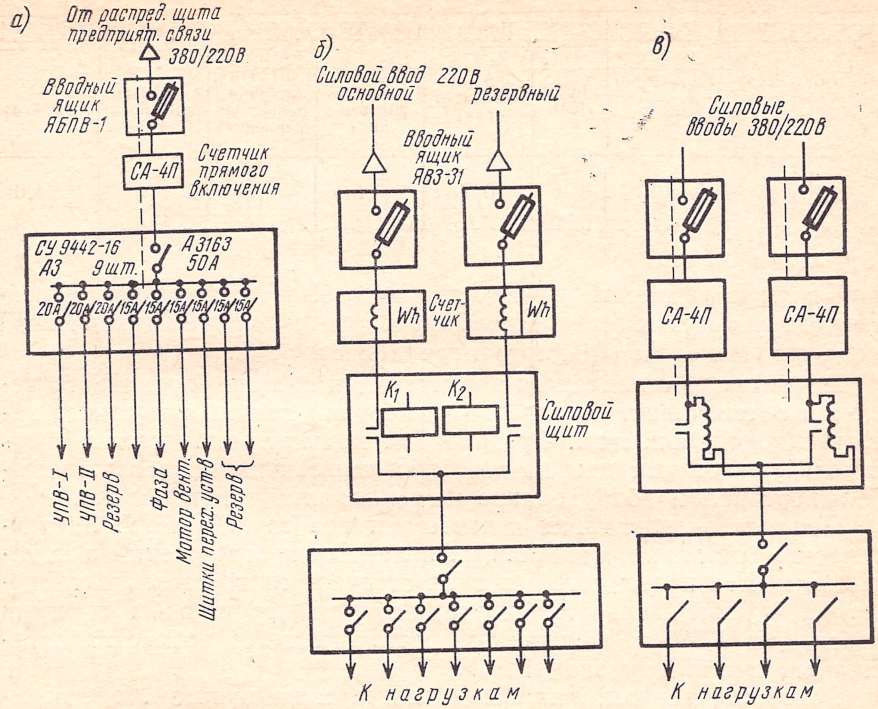


Рис. 14.6. Схемы силовых вводов станции РТУ:
а) силовой ввод напряжения 380/220 от щита предприятия связи; *б*) силовые вводы напряжением 220 от линий электроснабжения; *в*) силовые вводы напряжения 380/220 от линии электроснабжения

и алюминиевые — сечением не менее 16 мм². При суммарной нагрузке на ввод до 3 кВт могут быть оборудованы однофазные вводы, а при бо́льшей — трехфазные. В случае трехфазного ввода однофазные токоприемники (нагрузки) должны равномерно распределяться на все три фазы ввода.

Конструкции силовых вводов, их строительство и методы работы приведены в соответствующих правилах устройства электроустановок и правилах техники безопасности при строительстве линий электропередачи, которыми и следует руководствоваться при выполнении работ.

Контрольные вопросы

1. Каким требованиям должно отвечать помещение РТУ?
2. Составьте план размещения оборудования РТУ, имеющего мощные усилители.
3. Для чего и как составляется монтажная схема и кабельная таблица?
4. Каким правилам надо придерживаться при прокладке проводов на РТУ?
5. Как выполняется заземление на РТУ? Как производится его расчет?

ГЛАВА ПЯТНАДЦАТАЯ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ СТАНЦИЙ РТУ. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА РТУ

§ 15.1. ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ РТУ

Порядок эксплуатации станционных, энергетических и линейных сооружений обеспечивается выполнением правил технической эксплуатации (ПТЭ) радиотрансляционного узла.

Правильная техническая эксплуатация системы проводного вещания обеспечивает бесперебойную подачу вещания высокого качества всем абонентам. Организация эксплуатации должна быть таковой, чтобы расходы на нее были наименьшими, обслуживающий персонал и оборудование использовались рационально.

Правила эксплуатации охватывают все службы РТУ. За техническое состояние станционных и линейных сооружений в крупных системах проводного вещания отвечает соответственно технический руководитель РТУ и старший инженер службы сети, на небольших РТУ за техническое состояние всего хозяйства отвечает технический руководитель.

Основным звеном, как бы диспетчерским пунктом, обеспечивающим вещание по проводам в пределах крупного города, является аппаратная ЦУС. Из этой аппаратной производится подача программ вещания, управление усилительными и трансформаторными подстанциями и контроль за их работой.

Обслуживает аппаратную дежурный техник и электромеханик. Они следят за исправностью аппаратуры, выполнением установленных режимов работы аппаратуры, за своевременным включением и выключением программы вещания в трансляционную сеть по утвержденному расписанию. Дежурный ведет записи в аппаратных журналах, в которых фиксируется время начала и конца передачи, смена дежурного персонала, учет использования радиоламп, продолжительность их работы, дата смены, выход из строя на РТУ с мощностью более 5 кВт, результаты измерений и учет заявлений о повреждении, поступающих от абонентов.

Ремонт станционного оборудования РТУ осуществляется инженером или старшим электромехаником с участием дежурного электромеханика и монтеров.

Устанавливается два вида ремонта: текущий и капитальный. Текущий ремонт осуществляется по мере необходимости, но не реже одного раза в шесть месяцев, капитальный — не чаще одного раза в 5—8 лет. Профилактическое обслуживание и ремонт станционного оборудования осуществляется дежурными или разъезд-

ными электромеханиками. Разъездные электромеханики закрепляются за несколькими станциями автоматизированных РТУ, которые они посещают не реже одного раза в неделю.

О состоянии оборудования и проведенной там работе электромеханик отмечает в тетради осмотра, которая имеется на подстанциях.

Техническое состояние радиотрансляционных сетей должно соответствовать «Правилам строительства и ремонта воздушных линий связи и радиотрансляционных сетей» и «Электрическим нормам проектирования РТС».

Все линейное хозяйство крупного РТУ делится на линейно-технические участки, каждый из которых закрепляется за группой монтеров. Линейные монтеры повседневно следят за техническим состоянием линий. Они обязаны раз в три месяца обходить все линии, закрепленные за ними.

Радиотрансляционные сети подвергаются периодическим осмотрам и измерениям.

Работой монтеров на участках руководит электромеханик. Магистральные фидера требуют грамотного обслуживания и особого подхода к выполнению правил техники безопасности при работе на магистральных фидерах. Поэтому к их обслуживанию допускаются электромеханики и наиболее квалифицированные монтеры, имеющие разряд выше 3-й группы и сдавшие экзамен по правилам техники безопасности. Осуществляется периодический осмотр магистральных фидеров не реже 2 раз в месяц. Кроме того, могут быть организованы специальный внеочередной и контрольный осмотры. Результаты обходов и осмотров записываются в соответствующие журналы.

Текущий ремонт линий предусматривает, например, замену негодных опор, приставок, регулировку проводов, чистку изоляторов и т. д. Капитальный ремонт включает в себя сплошную регулировку проводов, замену изоляторов и т. д.

Так же, как и станционные сооружения, линейные сооружения подвергаются текущему и капитальному ремонту.

§ 15.2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ НА РТУ

Для обеспечения бесперебойной и высококачественной работы РТУ большое значение имеют электрические измерения нормированных параметров и их контроль. Измерение и контроль способствуют решению следующих задач: а) содержать оборудование всех звеньев в технически исправном состоянии; б) обеспечивать нормированные показатели трактов передачи; в) своевременно обнаруживать неисправности и нарушения режима работы станционного оборудования и линейных сооружений, могущие привести к снижению качества или к авариям.

Электрические измерения на радиотрансляционных узлах разделяются на измерения, проводимые при вводе в эксплуата-

цию вновь строящихся и реконструированных станционных и линейных сооружений на периодические, оперативные и аварийные.

Измерения устройств и трактов РТУ перед введением их в эксплуатацию предусматривают сравнение результатов измерения нормируемых электрических величин с паспортными данными или нормами на устройства и тракты. Периодические измерения проводятся с целью проверки соответствия паспортным данным и нормам электрических величин устройств и трактов в данный момент времени. Периодичность измерений определяется в соответствии с «Инструкцией по электрическим измерениям на РТУ», 1968. Например, измерение качественных показателей усилителей два раза в год; сопротивления изоляции магистральных фидеров не реже 1 раза в трое суток; распределительных фидеров не реже 1 раза в сутки на обслуживаемых станциях РТУ и т. д.

Оперативный контроль предусматривает контроль со стороны обслуживающего персонала за режимом работы аппаратуры по контрольно-измерительным приборам, установленным на самой аппаратуре.

Аварийные измерения проводятся с целью определения причин неисправности отдельных устройств и тракта в целом, а также после ликвидации аварии.

Все виды измерений, за исключением оперативного контроля, проводятся специально выделяемым техническим персоналом РТУ или ЭТУС; измерительными группами производственных лабораторий.

§ 15.3. ИЗМЕРЕНИЯ УСИЛИТЕЛЕЙ

Усилители РТУ нормируются по следующим основным параметрам: диапазону воспроизводимых частот, величине неравномерности частотной характеристики в этом диапазоне, среднеквадратичному коэффициенту гармоник, отношению сигнал/фон и сигнал/шум; коэффициенту повышения выходного напряжения усилителя при отключении нагрузки, номинальному входному уровню и номинальному полному входному сопротивлению, номинальной выходной мощности, номинальному выходному напряжению.

При вводе в эксплуатацию и периодических измерениях усилители нагружаются на активное сопротивление, равное по величине номинальному (паспортному). Как принято говорить, усилитель нагружается на «эквивалент» нагрузки. «Эквивалент» нагрузки представляет собой активное сопротивление, величина которого не меняется с изменением частоты и температуры более чем на ±10%. «Эквивалент» нагрузки изготавливают, как правило, из высокоомного сплава, например, нихрома. Диаметр провода выбирается в зависимости от выходного напряжения и мощности измеряемого усилителя. Величину сопротивления «эквивалента» нагрузки определяют по формуле

$$R_н = \frac{U^2_{вых\ ном}}{P_{вых\ ном}},$$

где $U_{вых\ ном}$, $P_{вых\ ном}$ — номинальные значения выходного напряжения и мощности на выходе усилителя.

Некоторые типы мощных усилителей РТУ имеют усилители-ограничители, которые при измерениях следует оставлять в режиме до ограничения. Проверку работы усилителей-ограничителей производят по особой методике, которая будет рассмотрена ниже.

После проверки исправности усилителя и системы блокировки его составляется измерительная схема (рис. 15.1). Включается усилитель и измерительная аппаратура. Проверив напряжение питания и статический режим усилителя без подачи входного сигнала и откалибровав измерительные приборы, приступают к измерениям.

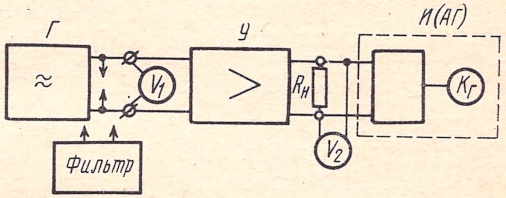


Рис. 15.1. Структурная схема измерения качественных показателей усилителя

Величина выходного сопротивления звукового генератора должна быть равна номинальному входному сопротивлению усилителя или превышать его. Величину входного сопротивления усилителя можно измерить при помощи моста переменного тока либо методами заданного тока или сравнения.

Познакомимся с методом сравнения (рис. 15.2). Между звуковым генератором и усилителем включается магазин сопротивлений R. Подавая с генератора сигнал частоты 1000 Гц и следя за показанием вольтметра V, который подключается то к магазину сопротивления, то к входной цепи усилителя, подбирают величину сопротивления такой, чтобы показания вольтметра (V) в обоих случаях были одинаковы $U_R = U_г$, тогда

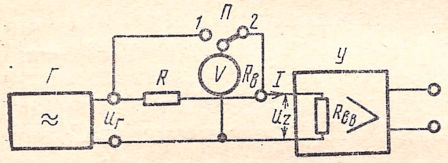


Рис. 15.2. Схема измерения входного полного сопротивления методом заданного тока (метод сравнения)

$(Z_{вх})$ усилителя будет равно R.

Величина входного сопротивления вольтметра должна быть, по крайней мере, в 3—5 раз больше измеряемого. Теперь следует проверить величину номинального входного напряжения усилителя.

Для этого, установив частоту 1000 Гц на звуковом генераторе, увеличивают постепенно напряжение на входе усилителя до получения номинального значения выходного напряжения усилителя. Полученное значение входного напряжения сверяют с вход-

ным напряжением, указанным в паспорте. Если эти величины совпадают или отличаются на ±10% (±1 дБ) от паспортных, то усилитель исправен и находится в так называемом номинальном режиме, при котором устанавливаются номинальные значения напряжения электропитания входного напряжения с частотой 1000 Гц и выходного напряжения на номинальной нагрузке.

Диапазон воспроизводимых частот усилителя определяется в результате снятия частотной характеристики — зависимости выходного напряжения от частоты $U_{вых}=\varphi(f)$ при $U_{вх}=\text{const}$ и вычислением ее неравномерности. На вход усилителя последовательно подается измерительный ряд частот, например, для усилителей высшего класса 31,5, 63, 120÷14 000, 16 000 Гц; для усилителей I класса от 50 до 10 000 Гц; для усилителей II класса от 100 до 6000 Гц. При этом на входе усилителя должно поддерживаться постоянное напряжение на всех частотах и измеряться выходное напряжение. Измерения производятся при значении входного напряжения 0,39 В (0,5 $U_{вх\,ном}$). После измерений подсчитывают относительный уровень выходного напряжения по формуле

$$N = 20\lg \frac{U_{вых}}{U_{вых,\ f=1000\ Гц}},\ дБ,$$

и строят график $N=\varphi(f)$. Неравномерность в децибелах определяют в диапазоне заданных частот, как разность между максимальным и минимальными значениями относительного уровня выходного напряжения.

Измерение коэффициента гармоник проводят по схеме рис. 15.1. Усилитель ставят в номинальный режим, затем на вход подают частоты 50, 100, 200, 400, 1000, 2000, 4000, 6300 Гц (соответственно классу усилителя). Измерения коэффициента гармоник производят при значениях входного напряжения 0,775 В и с помощью ИНИ.

Если используемый звуковой генератор имеет коэффициент гармоник больше 0,3%, то между ним и *УНЧ* должен включаться фильтр для отфильтровки гармоник измерительного сигнала.

Измерение напряжения фона. При измерении напряжения фона на вход усилителя подается сигнал 1000 Гц (или 400 Гц) с напряжением 0,775 В и регулятором усиления устанавливается номинальное выходное напряжение. Затем сигнал снимается, и вход усилителя замыкается накоротко. Производится измерение анализатором гармоник напряжения фона на частотах 50, 100, 150 и 300 Гц (U_1, U_2, U_3 и U_4).

Напряжение фона рассчитывается, как

$$U_ф = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2}\ \text{и}$$

уровень фона, как

$$N_{\text{ф}} = 20\lg \frac{U_{\text{вых ном}}}{U_{\text{ф}}}, \text{ дБ.}$$

Измерение напряжения шума. Напряжение шума измеряют следующим образом: на вход подается 0,775 В и регулятором усиления устанавливают номинальное выходное напряжение, затем сигнал снимается, вход усилителя закорачивается накоротко и на выходе усилителя, подключая фильтр верхних частот, измеряют выходное напряжение; затем подсчитывают уровень шума:

$$N_{\text{шума}} = 20\lg \frac{U_{\text{вых ном}}}{U_{\text{шума}}}, \text{ дБ.}$$

Измерение повышения выходного напряжения усилителя при отключении нагрузки.

На вход усилителя подают напряжение 0,39 В с частотой 400 Гц. Регулятором усиления устанавливают выходное напряжение, равное 0,5 $U_{\text{ном}}$, затем отключают нагрузку и измеряют $U_{\text{вых}}$.

Оценивается повышение выходного напряжения, как отношение выходных напряжений на данной частоте:

$$H = 20\lg \frac{U_{\text{вых хх}}}{U_{\text{вых нагр}}}, \text{ дБ.}$$

§ 15.4. ИЗМЕРЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ УРОВНЯ ВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПЕРЕДАЧ

Ограничители уровня, как мы уже знаем, представляют собой усилители с автоматической регулировкой усиления. Методика измерения основных качественных показателей совпадает с методикой измерения параметров усилителей низкой частоты. Коэффициент гармоник, однако, измеряется в нескольких режимах работы: на пороге ограничения и в режиме ограничения.

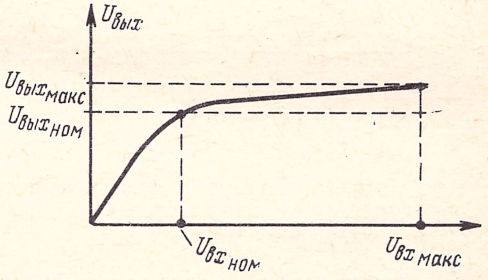


Рис. 15.3. Амплитудная характеристика ограничителя уровня

Для определения порога ограничения и диапазона сжатия при испытаниях ограничителей уровня снимают амплитудную характеристику (зависимость выходного напряжения от входного напряжения). Для этого на вход ограничителя уровня подают напряжение от звукового генератора частоты 1000 Гц. Величину входного напряжения постепенно увеличивают, фиксируя

показания вольтметра, подключенного к выходу ограничителя. По полученным данным строят амплитудную характеристику $U_{вых} = \psi(U_{вх})$ (рис. 15.3). По ней определяют порог ограничения, которому соответствуют значения $U_{вх\ ном}$, $U_{вых\ ном}$ и определяют диапазон ограничения

$$D_{огр} = 20 \lg \frac{U_{вх\ макс}}{U_{вх\ ном}}, \text{ дБ}$$

и диапазон сжатия

$$d = 20 \lg \frac{U_{вых\ макс}}{U_{вых\ ном}}, \text{ дБ}.$$

Полученные величины сравнивают с паспортными данными. Если они расходятся, то следует произвести регулировку так, чтобы установить нормированную величину порога ограничения. На звуковом генераторе устанавливается номинальное напряжение для данного ограничителя и потенциометром «порог ограничения», обычно выведенным под шлиц, добиваются снижения выходного уровня на 10% от номинального значения.

§ 15.5. ДИСТАНЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСИЛИТЕЛЕЙ

Дистанционные измерения предусматривают измерение параметра какого-либо объекта на значительном расстоянии от него. Дистанционные измерения в проводном вещании вследствие разветвленности системы являются удобным средством эксплуатационных измерений.

В настоящее время существует промышленная измерительная аппаратура для дистанционных измерений основных качественных показателей усилителей проводного вещания — аппаратура дистанционных измерений АДИ-2, разработанная в МГРС. Структурная схема измерений с помощью этой аппаратуры показана на рис. 15.4.

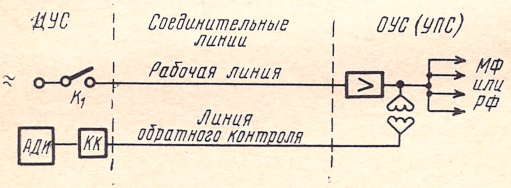


Рис. 15.4. Структурная схема измерений усилителя при помощи прибора АДИ-2

На центральной усилительной станции *ЦУС* устанавливаются звуковой генератор и аппаратура дистанционных измерений АДИ. Измерения проводятся следующим образом: напряжение измерительного сигнала от звукового генератора подается в измеряемый тракт через контакты реле, переключающего вход тракта на короткое время (порядка 100—150 мс) с линии подачи программы на звуковой генератор. Измерительный сигнал, пройдя соедини-

тельную линию, усилитель *ОУС* (или *УПС*), по линии обратного контроля возвращается на *ЦУС*. После контура *КК*, корректирующего частотную характеристику линии обратного контроля, напряжение измеряемого сигнала поступает на вход *АДИ*. Прибором типа АДИ-2 измеряются следующие качественные показатели: частотная характеристика и неравномерность ее коэффициента гармоник, отношение сигнал/шум. Прибор состоит из следующих основных элементов: а) фильтра, подавляющего напряжение основной частоты сигнала 400 Гц при измерении коэффициента гармоник; б) усилителя-ограничителя уровня для автоматической калибровки уровня напряжения сигнала при измерении коэффициента гармоник; в) индикатора уровня квазимаксимальных значений; г) датчика импульсов; д) элементов коммутации и автоматического управления процессом измерения.

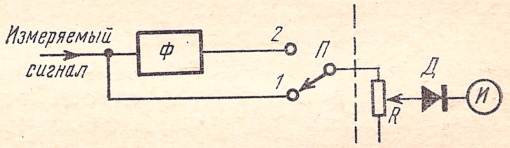


Рис. 15.5. Структурная схема измерения коэффициента гармоник

В большинстве случаев измерение коэффициента гармоник ведут по схеме, приведенной на рис. 15.5. Процесс измерения следующий. Вначале переключатель *П* устанавливается в положение *1*, и регулятором *R* устанавливается такой коэффициент передачи, чтобы стрелка прибора отклонилась на 100%. Это и есть процесс калибровки, который всегда имеет место при подобных измерениях. Затем переключатель *П* устанавливается в положение *2*, и тогда измерительный сигнал проходит через фильтр, который вырезает основную частоту сигнала, пропуская гармоники, имеющиеся в сигнале. Вентиль *Д* выпрямляет напряжение гармоник и стрелка прибора отклоняется. Угол отклонения стрелки зависит от уровня гармоник в сигнале, поэтому прибор может быть проградуирован в процентах коэффициента гармоник.

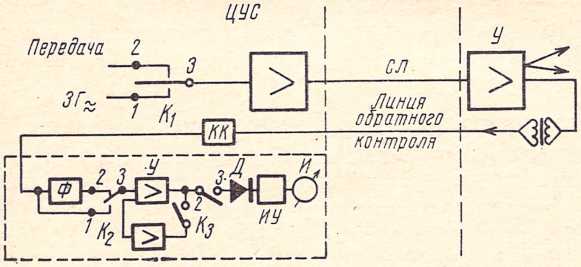


Рис. 15.6. Структурная схема дистанционного измерения коэффициента гармоник

Такой принцип измерения и принят в системе дистанционного измерения коэффициента гармоник, структурная схема которой приведена на рис. 15.6.

Принцип действия схемы следующий: при посылке измерительного сигнала замыкаются контакты *1—3* контактных групп K_1, K_2. Измерительный сигнал поступает на вход усилителя-ограничителя *У*. Так как наименьшее значение напряжения сигнала должно быть больше напряжения порога срабатывания ограничителя, то на выходе *У* устанавливается практически неизменное напряжение $U_{вых}$. При этом коэффициент передачи *У* принимает определенное значение. Спустя 20—30 мс, замыкаются контакты K_2 и K_3.

Так как время установления в ограничителе выбрано (1—2 с), а время восстановления 10—12 с, то коэффициент передачи ограничителя *К* в течение последующих 60—80 мс практически не изменится. Это свойство ограничителя и используется для измерения коэффициента гармоник.

Нетрудно заметить, что принцип действия схемы рис. 15.6 аналогичен принципу действия схемы рис. 15.5 с той лишь разницей, что в схеме рис. 15.6 процесс калибровки уровня автоматический. При измерении частотных искажений из схемы исключаются фильтр *Ф* и цепь ограничителя *У*. При последовательной посылке измерительного сигнала разной частоты замечаются показания импульсного индикатора *(И)*. Измерение шумов производится в паузах передачи; уровень шумов измеряется в децибелах по отношению к максимальному полезному сигналу.

Как указывалось раньше, длительность посылки измерительного сигнала от ЗГ принята кратковременной — 0,1÷0,15 с с тем, чтобы не беспокоить слушателей. Так как в момент включения и выключения измерительного сигнала в фильтре *Ф* возникают нестационарные процессы, то на выходе фильтра в начале и в конце подачи измерительного сигнала создается весьма сложное колебание с напряжением, значительно превышающим напряжение гармоник.

Для того чтобы на вход усилителя-ограничителя *УО* и далее на индикатор *ИУ* подавалось только напряжение гармоник, контактные группы K_1 и K_2—K_3 механически блокируются таким образом, что контактные группы K_2—K_3 срабатывают несколько позже, чем контакт K_1, и возвращаются в исходное положение раньше, чем контакт K_1.

Для измерения напряжения гармоник включены вентиль *В*, интегрирующее устройство *ИУ* и импульсный индикатор *И*.

В измерителях коэффициента гармоник, работающих при длительных сигналах, роль интегрирующего устройства выполняет механическая система прибора.

Так как в описываемом приборе применен индикатор типа М429 обычной системы, то приходится прибегать к помощи интегрирующего устройства, на выходе которого создается постоянное напряжение, равное среднему значению выпрямленного тока (рис. 15.7). Постоянное напряжение как бы «консервируется» на срав-

нительно длительное время, необходимое для точной работы импульсного индикатора.

Подключение аппаратуры АДИ-2 к измеряемому каналу может осуществляться несколькими способами. Упрощенная схема подключения приведена на рис. 15.8. Последовательные соединительные гнезда $Г_1$, $Г_2$ вводятся в цепь каждого линейно-выходного устройства, а гнезда $Г'_1$, $Г'_2$ в цепь каждой линии обратного контроля. Кроме того, для манипуляции при измерениях имеется реле $Р$ с двумя шнуровыми парами $ШП$ и $Ш'П'$. Для измерений используется резервный усилитель $ЦУС$ ($У_{рез}$) с входным регулятором уровня ($РУ$) и индикатором уровня ($И$). При такой схеме включения манипулирование при измерениях весьма несложно и заключается в следующем.

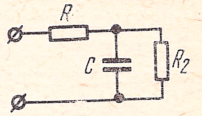


Рис. 15.7. Схема интегрирующего контура

При подготовке к измерениям того или иного канала в гнезда $Г_1$, $Г_2$ включается шнуровая пара $ШП$, а в гнезда $Г'_1$, $Г'_2$ — пара $Ш'П'$. Как видно, при этом прохождение сигналов передачи и контроль не нарушается. Передающая часть измерительной аппаратуры подключается ко входу резервного усилителя $У_{рез}$. С помощью

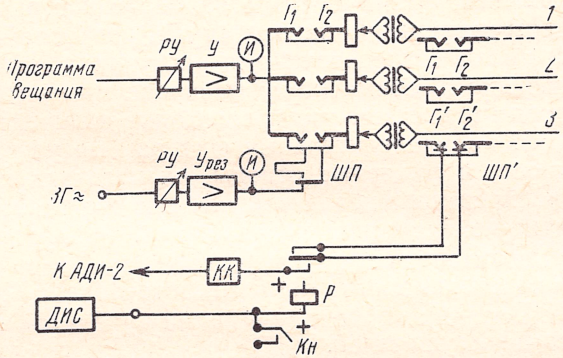


Рис. 15.8. Схема включения АДИ-2 к измеряемому тракту

регулятора $РУ$ по показаниям индикатора $И$ устанавливается требуемый измерительный уровень. Цепь контактной группы реле $Р$ подключается ко входу приемной части измерительной аппаратуры, а обмотка реле $Р$ — к датчику измерительных сигналов ($ДИС$).

Манипулирование при выполнении измерений сводится лишь к нажатию ключа $К_н$ датчика измерительных сигналов, от которого срабатывает реле $Р$. Как видно из схемы, на время измерений канал $ОУС$ ($УПС$) вместе с контрольной линией отключается от линии передачи и подключается к измерительной схеме.

При снятии частотной характеристики и измерении уровня шумов в перерывах передачи канал *ОУС* переключается для измерений на время, необходимое для их проведения. Основные условия правильного подключения аппаратуры к схеме *ЦУС* следующие:

1) измерительный сигнал должен проходить по тому же тракту, что и программа вещания;

2) при измерении коэффициента гармоник измерительный сигнал должен соответствовать максимальному уровню передачи;

3) предварительная коммутация к измерениям не должна нарушать передачи программы.

§ 15.6. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНИЙ ПВ

В процессе эксплуатации линий проводного вещания измеряют сопротивление изоляции (на постоянном токе), модуль входного сопротивления и затухание линий (для нч канала).

Измерение линий проводного вещания выполняют в перерыв работы радиотрансляционного узла, в паузы передачи или во время передачи с помощью измерительных приборов, входящих в состав типового станционного оборудования и типовых переносных приборов.

В зависимости от назначения и условий работы контроль за состоянием различных линий имеет свои особенности. Так, магистральные фидеры непрерывно находятся под контролем автоматической защиты, имеют сосредоточенную нагрузку, и они меньше подвержены неисправностям, чем распределительные фидера, количество которых в десятки раз превосходит количество магистральных фидеров. Распределительные фидера могут иметь большую протяженность и фидерные отводы, их нагрузка по линии в общем случае распределена неравномерно. Все это является причиной более частых механических повреждений. Распределительные фидера требуют тщательного и регулярного контроля. Осуществление контроля за абонентскими линиями потребовало бы слишком больших затрат. Поэтому абонентские линии находятся только под наблюдением самих слушателей.

Измерение сопротивления изоляции. Измерение возможно несколькими методами: методом моста, методом вольтметра и импульсным методом.

Метод моста. Схема измерения представлена на рис. 15.9. Измерительный прибор представляет собой мост постоянного тока, в одно плечо которого включаются провода линии, а в другое — переменное сопротивление R_3; изменяя сопротивления R_3 и уравновешивая мост, добиваются наименьшего показания индикатора. По полученной величине сопротивления R_3 вычисляют сопротивление изоляции: $R_{из}=R_3\frac{R_1}{R_4}$.

Метод вольтметра (рис. 15.10). Процесс измерения следующий: переключатель ставится в положение *1,* затем в положение *2;* при

этом отмечают показания вольтметра U_1 и U_2. Величину сопротивления изоляции определяют по формуле

$$R_{из} = R_в \frac{U_1 - U_2}{U_2}$$

($R_в$ — внутреннее сопротивление вольтметра).

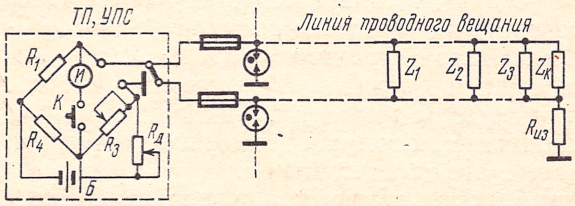


Рис. 15.9. Принципиальная схема измерения сопротивления изоляции методом моста

Импульсный метод измерения сопротивления изоляции заключается в том, что измеряемая линия с помощью имеющегося у измерительного прибора коммутатора подключается на измерение кратковременно (рис. 15.11). На рисунке *И* — индикатор уровня, шкала которого градуирована в единицах сопротивления; *ДИ* — датчик импульсов (коммутатор).

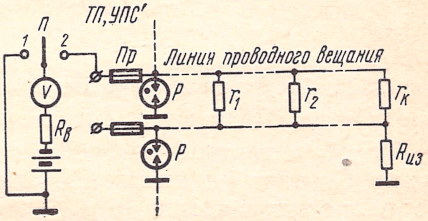


Рис. 15.10. Измерения сопротивления изоляции методом вольтметра

Порядок измерения следующий: производят калибровку прибора, **устанавливают стрелку** прибора на красную черту. Нажатием кнопки Измерение изоляции включается датчик импульсов *ДИ*, который подключает к измерительному прибору на 50—70 мс измеряемую линию. При наличии сопротивления утечки на землю во входной цепи прибора потечет ток *I*;

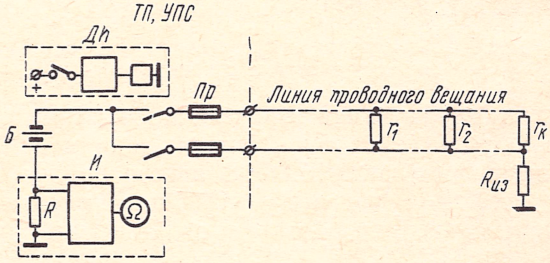


Рис. 15.11. Измерения сопротивления изоляции импульсным методом

на сопротивлении R создается падение напряжения, в результате чего стрелка индикатора $И$ отклонится на деление шкалы, соответствующее величине сопротивления изоляции. Таков принцип измерения переносного прибора для измерения изоляции, разработанного в МГРС, а также прибора измерительной панели статива СТР-4.

Измерение сопротивления изоляции магистральных фидеров можно производить и мегометром, например, типа МС-05.

Измерение модуля входного сопротивления линии. Модуль входного сопротивления линий $Z_{вх}$ может быть измерен методом сравнения и импульсным методом. Измерение ($Z_{вх}$) методом сравнения производится так же, как измерение входного сопротивления усилителя на частоте сигнала 400 Гц.

Импульсный метод измерения может быть пояснен упрощенной схемой измерения, показанной на рис. 15.12. Порядок измерения следующий: на частоте 400 Гц звукового генератора производят калибровку прибора, устанавливая стрелку прибора на заданное деление, а переключатель $П$ в положении *2*. Затем переключатель $П$ ставится в положение *1* и нажимается тумблер измерения, при этом срабатывает датчик импульсов $ДИ$ и подключает измеряемую линию на время 50—70 мс, в течение которого в линию подается измерительный сигнал. Стрелка индикатора $И$ отклоняется и показывает значение входного сопротивления.

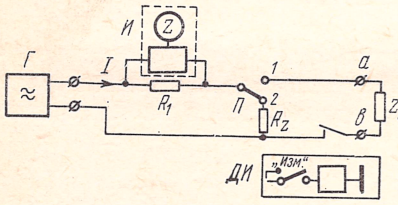


Рис. 15.12. Структурная схема автоматического контрольного устройства

Измерение затухания напряжения в линиях. Затухание напряжения в линии можно определить непосредственным измерением напряжения в начале и в конце линии, а также путем сравнения

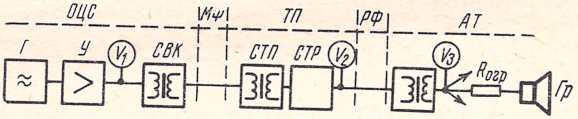


Рис. 15.13. Структурная схема измерения напряжения в начале и конце линии

этих двух напряжений с использованием вспомогательной цепи. Структурная схема измерения напряжения в начале и в конце линии приведена на рис. 15.13. В линию подают напряжение от звукового генератора частотой 1000 Гц с уровнем $U=0{,}1\ U_{вх\ ном}$ и записывают показания вольтметров. Затухание рассчитывают по формуле

$$a_л = 20\lg\frac{U_{вх}}{U_{вых}}\ ,\ дБ.$$

Очевидно, так измерить затухание можно только во время перерывов в вещательной передаче.

Измерение затухания путем сравнения напряжений в конце и в начале линии осуществляется следующим образом (рис. 15.14).

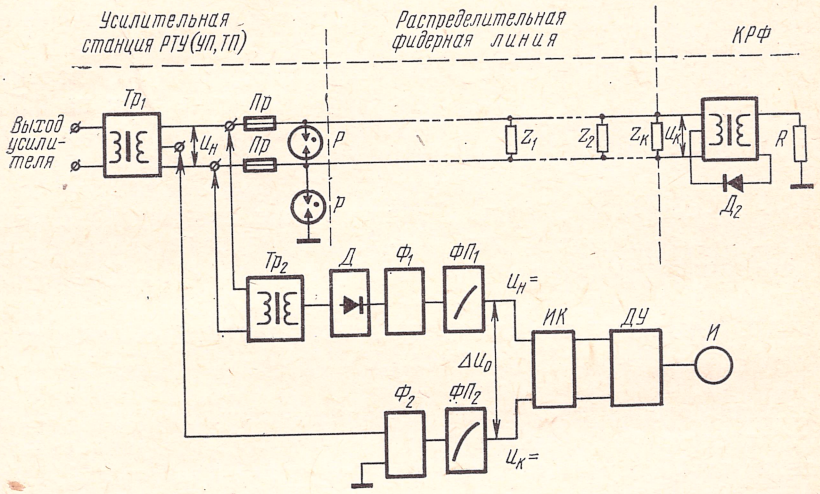


Рис. 15.14. Измерение дистанционного затухания

На конце линии устанавливается так называемая концевая коробка распределительного фидера КРФ. Она содержит трансформатор и выпрямитель.

Напряжение выпрямителя КРФ одним полюсом подается на землю через сопротивление R, а другим — к средней точке трансформатора и по цепи «два провода линии — земля» передается к началу линии. В начале линии имеется также выпрямитель, на нагрузке которого выделяется напряжение, по величине пропорциональное напряжению на входе линии.

Оба напряжения подаются на сравнивающее устройство, которое и оценивает величину затухания в линии.

Простое сравнение этих двух напряжений произведено быть не может, так как сигнал вещательной передачи все время меняется в широких пределах. В таких случаях используют специальные устройства, которые в этой схеме называются функциональными преобразователями (ФП). Напряжения, выделяемые на их нагрузках, усредняются интегрирующим контуром и фиксируются индикатором, проградуированным в величинах затухания.

Измерение сопротивления заземления. Для измерения величины сопротивления заземления ($R_{\text{зазем}}$) аппаратуры, линейных сооружений необходимо сделать два заземлителя ($R_{\text{зонд}}$ и $R_{\text{всп}}$) в виде стальных стержней диаметром 2—3 см или труб диаметром порядка 4 см длиной не менее 70—80 см. Заземлители забивают-

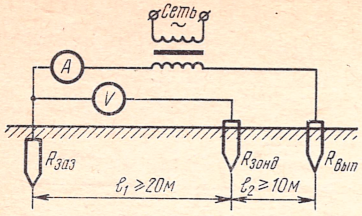


Рис. 15.15. Измерение сопротивления заземления

чаются показания приборов. ляется так: $R_{заземл} = U/I$, где показание амперметра.

ся в почву на глубину 50—60 см на определенном расстоянии (см. рис. 15.15). Один из методов измерения следующий. К сети переменного тока подключается трансформатор *Тр*, напряжение на вторичной обмотке которого должно быть порядка 127 В; амперметр *(А)* переменного тока не менее чем на 0,5 А; вольтметр переменного тока *(V)* с внутренним сопротивлением не менее 10 кОм и заземлители. Отмечается. Сопротивление заземления определяется *U* — показание вольтметра; *I* — по-

§ 15.7. ИЗМЕРЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СКВОЗНОГО ТРАКТА

Сквозной тракт проводного вещания охватывает все участки прохождения сигнала вещания от входа *ЦУС* (или усилительной станции) до абонентских установок. Измерение показателей сквозного тракта необходимо для оценки соответствия всего тракта передачи установленным нормам. Измерения проводят на абонентской точке, находящейся в конце абонентской линии, подключенной к концу распределительного фидера. Для измерения выбираются разные по длине и нагрузке распределительные фидера.

Прежде чем приступить к измерениям, необходимо проверить исправность фидерных и абонентских линий, измерив сопротивление изоляции проводов по отношению к земле и модуль входного сопротивления. Затем персонал измерительной группы распределяется по пунктам сквозного тракта. Пункты измерения должны быть обеспечены телефонной связью с *ЦУС*.

Оборудуются рабочие места: рабочее место комплектуется измерительными приборами, собирается схема измерения и выполняется заземление из двух-трех заземлителей. В качестве заземлителей могут использоваться водопроводные трубы. Металлическую оболочку и броню кабеля использовать в качестве заземлителя нельзя.

При сквозных измерениях рекомендуется снять частотную характеристику и измерить величину помех. Частотная характеристика сквозного тракта снимается при напряжении, равном 0,1 от номинального. Структурная схема измерения показана на рис. 15.16. На схеме приняты следующие обозначения:

ЗГ — звуковой генератор; *V* — вольтметры; *АПУ* — аппаратура предварительного усиления; $R_{ном}$ — сопротивление добавочной нагрузки *АПУ; СЛ, МФ, РФ, АЛ* — соединительная, магистральная фидерная, распределительная фидерная и абонентская линии; *КК*—

корректирующий контур; *У* — усилитель проводного вещания; *СВК—СТП* — стативы выходной коммутации и трансформаторной подстанции; *СТР* — статив распределительных фидерных линий; *АТ* — абонентский трансформатор; $R_{огр}$ — ограничительные сопротивления; *Гр* — громкоговоритель абонентского устройства.

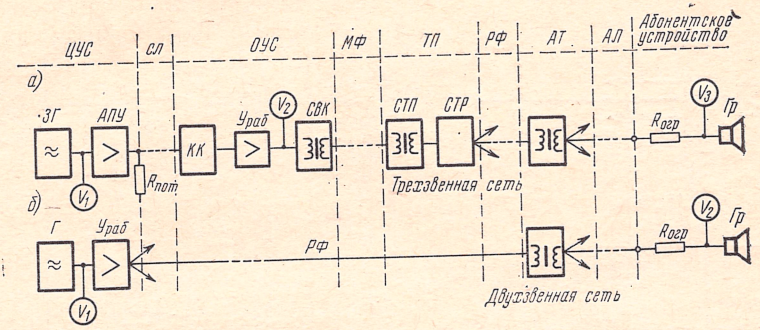


Рис. 15.16. Структурная схема сквозных измерений частотных характеристик

Включают измеряемый тракт, догружая *АПУ* до номинальной нагрузки подключением сопротивления $R_{ном}$; на вход тракта с генератора *ЗГ* последовательно подают ряд измерительных частот, при этом записывают показания вольтметров на каждой частоте. Затем данные измерения обрабатываются.

Измерение помех. Помехи в виде фона и шума измеряются при подключении параллельно к абонентскому устройству измерительных приборов по схеме рис. 15.17. Измерения выполняются по той

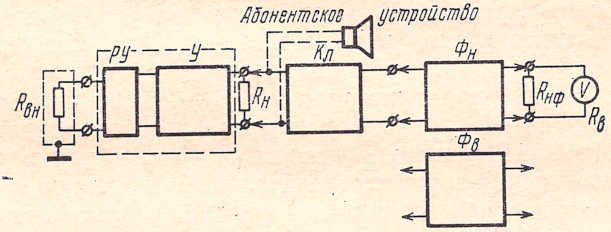


Рис. 15.17. Схема измерения помех в виде фона и шума

же методике, которая рекомендована для измерения уровня фона и шума усилителя.

§ 15.8. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

По примеру организации на производственных предприятиях отделов технического контроля (ОТК) в проводном вещании также создается служба технического контроля. Задачей этой службы является четкий технический контроль за работой отдельных звеньев и всей системы проводного вещания в целом.

В качестве примера рассмотрим структурную схему службы технического контроля (рис. 15.18). Служба технического контроля ведет наблюдения за работой усилительного канала *ЦУС*, тракта СЛ—ОУС (БС) и тракта СЛ—ОУС—ТП, следя непрерывно с помощью автоматических контрольных устройств $АКУ_1$, $АКУ_2$ и

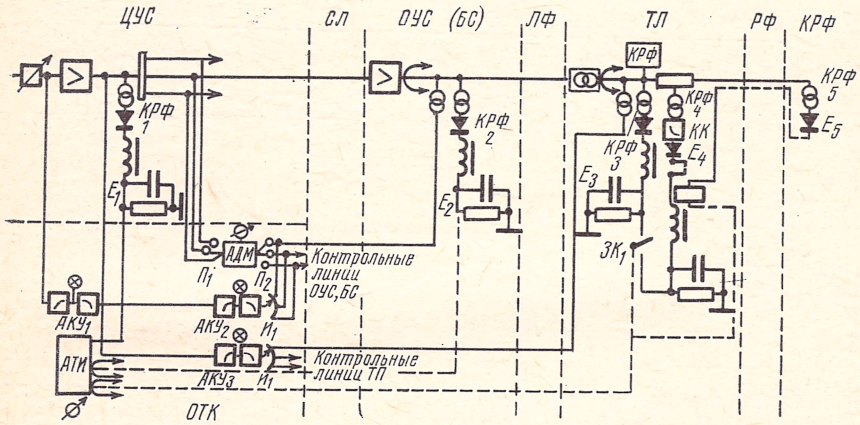


Рис. 15.18. Структурная схема службы технического контроля МГРС

$АКУ_3$ за коэффициентом передачи, помехами и техническими остановками.

Качественные показатели измеряют прибором типа АДИ-2. Контроль за распределительными фидерными линиями ведется системой телеизмерения (АТИ) и с помощью установленных во всех опорных точках тракта устройств типа КРФ. Электронный коммутатор $ЭК_1$ с частотой 50 Гц посылает в цепь контрольной линии ЦУС-ТП импульсы напряжения E_3—E_5 при измерении затухания *РФ* или E_3—E_4 при измерении входного сопротивления.

Субъективный контроль усилителя *ЦУС* и трактов различных направлений осуществляется выборочно с помощью громкоговорителя. В зависимости от местных условий и возможностей приведенная схема ОТК может видоизменяться и совершенствоваться.

Контрольные вопросы

1. Составьте схему измерения основных качественных показателей усилителя.
2. Как и при каком режиме усилителя снимается частотная характеристика, измеряются нелинейные искажения и уровень шумов?
3. Расскажите о принципе измерения входного сопротивления и сопротивления изоляции линии.
4. Поясните принцип дистанционных измерений качественных показателей с помощью аппаратуры АДИ-2.
5. Как проводить сквозные измерения показателей тракта проводного вещания?
6. Как можно измерить сопротивление заземления?

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЛИНИЯХ И МЕТОДЫ ИХ РАСЧЕТА

Общие сведения о линиях

В радиотехнике находят широкое применение цепи с сосредоточенными постоянными и цепи с распределенными постоянными. Примером цепи с сосредоточенными постоянными может служить замкнутый колебательный контур, в котором емкость сосредоточена в конденсаторе, индуктивность — в катушке и активное сопротивление — в резисторе.

Примером цепи с распределенными постоянными являются цепи магистральных и распределительных фидеров, абонентской линии РТУ, у которых каждая единица длины обладает некоторыми значениями постоянных так называемых погонных: сопротивления (R), индуктивности (L), емкости (C) и проводимости (G).

Если провода линии выполнены из одного материала, имеют одно сечение и одинаковое расстояние между проводами, то линия называется однородной. В однородной линии постоянные линии распределены равномерно по ее длине (рис. П.1).

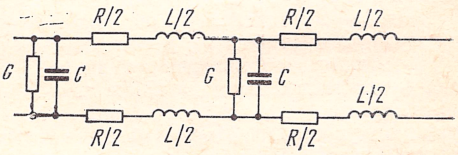


Рис. П.1. Электрическая схема однородной линии

Величины R, L, C, G на единицу длины линии (1 км) называются первичными параметрами линии. Иногда их называют километрическими параметрами. Первичные параметры линии зависят от материала, сечения провода и расстояния между проводами.

Полное километрическое сопротивление линии Z равно: $Z=R+i\omega L$; полная километрическая проводимость Y равна $Y=G+i\omega C$.

При включении в линию источника переменного напряжения по проводам потечет ток и между проводами появится разность потенциалов, и в каждой точке линии установится определенное значение тока и напряжения.

Линия будет оказывать сопротивление распространению в ней электромагнитной энергии. Это сопротивление называется волновым сопротивлением линии:

$$Z_в = \sqrt{\frac{R+i\omega L}{G+i\omega C}} = \sqrt{\frac{Z}{Y}}.$$

Изменение амплитуды и фазы распространяющейся в линии электромагнитной волны на единицу длины линии определяет постоянная распространения волны:

$$\gamma = \sqrt{(R+i\omega L)(G+i\omega C)} = \sqrt{ZY}.$$

Так как γ является комплексной величиной, то ее можно представить выражением

$$\gamma = \alpha + i\beta.$$

Величина α называется коэффициентом затухания (Нп/км), а β — коэффициентом сдвига фазы (рад/км). Величины γ и $Z_в$ называются вторичными параметрами линии. В зависимости от характера, величины и места включения нагрузки распределения амплитуды и фазы тока или напряжения вдоль линии будут меняться. При включении на входе линии источника переменного напряжения,

как уже указывалось, вдоль линии распространяется электромагнитная волна. Если линия имеет нагрузку в конце, равную по величине волновому сопротивлению линии, то в ней устанавливается режим бегущей волны.

Это значит, что электромагнитная энергия распространяется в линии только в одну сторону: от источника напряжения к нагрузке (падающая волна). Если линия разомкнута, короткозамкнута на конце или нагружена на сопротивление, не равное волновому, то в линии появляется, помимо падающей, еще и отраженная от конца линии волна.

Физическую сущность появления отраженной волны весьма просто уяснить на примере с линией, концы которой разомкнуты. Пусть по такой линии движется волна: движение волны сопровождается переносом вдоль линии известного количества электрических зарядов. Движение переносимых зарядов прекращается на изолированном конце линии. Прекращение движения зарядов означает прекращение электрического тока.

Убывание тока создает по закону Ленца эдс самоиндукции, попутную с убывающим током направления. Появление эдс самоиндукции повышает напряжение на конце линии, что, в свою очередь, вызывает движение зарядов в обратном направлении, обусловливающее появление отраженной волны.

Рассмотрим линию без потерь.

а) Линия короткозамкнутая на конце. В начале линии включен генератор синусоидального напряжения. В линии напряжение U и ток I будут меняться также по синусоидальному закону (рис. П.2).

В конце короткозамкнутой линии падающая и отраженная волны напряжения будут в противофазе, а падающая и отраженная волны тока — в фазе.

б) Линия, разомкнутая на конце. Распределение амплитуд напряжения и тока будет таким же, но в конце ток I будет равен нулю, а напряжение будет максимальным (рис. П.3). Падающая и отраженная волны напряжения в конце линии будут складываться в фазе, а падающая и отраженная волны тока — в противофазе.

В обоих случаях в линии имеют место падающие и отраженные волны и в результате их сложения в линии образовываются стоячие волны с максимумами (пучностями) и минимумами (узлами) тока и напряжения.

В линии при нагрузке, не равной волновому сопротивлению, возникают стоячие волны, но в нагрузке происходит некоторое поглощение мощности, и отраженные волны будут иметь меньшие амплитуды.

В линии с потерями происходит ослабление амплитуды падающей и отраженной волн вдоль длины линии, и соотношение между ними тоже будет меняться. Огибающая результирующих колебаний не будет подчиняться синусоидальному закону (рис. П.4). Результирующая кривая получена аналогично предыдущим. Из рисунка видно, что в линиях с потерями не будет точек с нулевым уровнем напряжения или тока, а будут точки, соответствующие некоторым минимальным и максимальным их значениям.

При наличии больших потерь отраженные волны будут ослаблены и в линии не будет заметно выраженных стоячих волн (апериодический режим). В распределительных фидерах, где нагрузка может быть включена по длине линии равномерно или неравномерно, важно обеспечить апериодический режим.

Условие, при котором линия из колебательного режима переходит в апериодический, для ненагруженной линии, разомкнутой на конце,

$$\alpha_\beta \geqslant 1.$$

При включении в конце линии сопротивления нагрузки, не равного волновому сопротивлению, условие $\alpha/\beta \geqslant 1$ не является достаточным для получения апериодического режима. Необходимым является получение определенного соотношения между волновым сопротивлением и сопротивлением нагрузки.

Вышеописанные физические понятия имеют особо важное значение для понимания физических явлений и расчета высокочастотных трактов в системе трехпрограммного проводного вещания или вч каналов вещания, образуемых в цепях телефонной связи. В нч канале эти явления проявляются в меньшей степени и наиболее сильны на верхних частотах полосы частот.

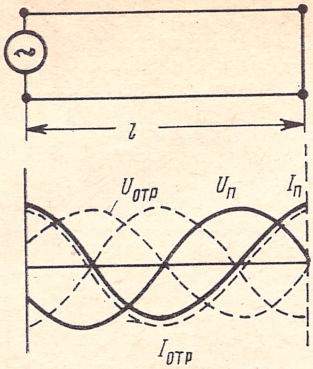


Рис. П.2. Распределение токов и напряжений вдоль короткозамкнутой линии

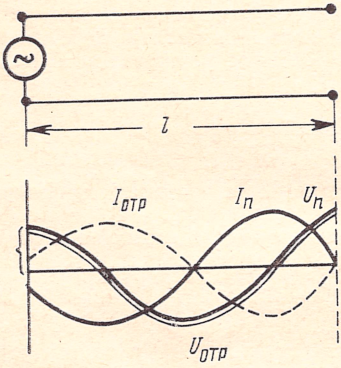


Рис. П.3. Распределение токов и напряжений вдоль линии, разомкнутой на конце

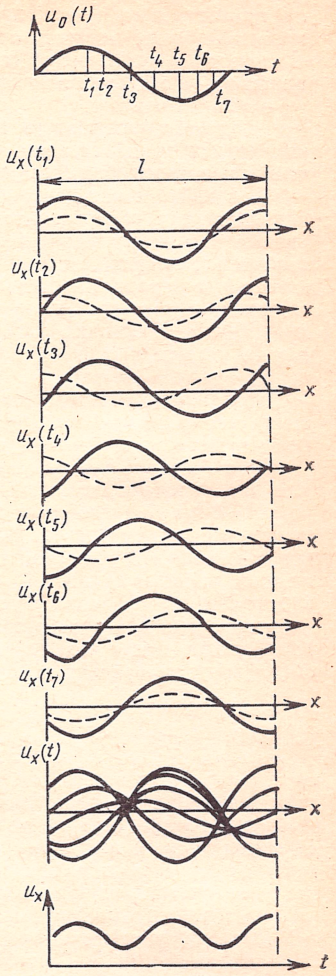


Рис. П.4. Распределение напряжения вдоль линии с потерями

Условия работы распределительных фидеров и предъявляемые к ним требования

На распределительных фидерах нагрузка в большинстве случаев включается в нескольких точках по длине линии. Нагрузкой *РФ* являются абонентские линии с включенными в них абонентскими громкоговорителями, входное сопротивление которых частотнозависимо. Величина их входного сопротивления зависит от количества одновременно включенных громкоговорителей (по воли их владельцев), т. е. меняется во времени.

Получить апериодический режим в таких условиях трудно. Во всех точках подключения нагрузки возникают отражения и образуются стоячие волны с рядом пучностей и узлов. При изменении частоты вещательного сигнала нч кана-

ла пучности и узлы изменяют свое местоположение. В каждой точке линии напряжение будет зависеть от частоты, и эта зависимость для каждой точки подключения нагрузки будет своя. Величина напряжения вдоль линии будет также различна, что ставит в неодинаковые условия абонентов, подключаемых к фидеру в разных местах.

Для того чтобы этого не было, необходимо стремиться к ослаблению стоячих волн в такой степени, чтобы отклонение уровня громкости у абонентов и частотные искажения были в допустимых пределах.

В связи с вышесказанным возникает вопрос о правильном выборе рабочего напряжения в распределительном фидере. Требования, которые следует предъявить к распределительным фидерам, связаны с получением допустимых качественных показателей. А именно, относительное изменение уровня громкости у слушателей и неравномерность частотной характеристики затухания напряжения в заданной полосе частот на зажимах каждого громкоговорителя должны быть в допустимых пределах 4 дБ. Отклонение мощности, потребляемой линией в заданной полосе частот от номинальной, должно быть также в допустимых пределах.

Для правильного выбора режима работы распределительного фидера существуют методы учета распределенной нагрузки, которые позволяют определять распределение напряжения вдоль линии и изменение ее входного сопротивления на любой частоте рабочей полосы нч канала.

При передаче по линии сигналов в высокочастотном спектре частот режим работы *РФ* в большей мере зависит от характера нагрузки и согласованности отдельных участков тракта. Здесь, в первую очередь, следует добиваться режима бегущей волны для несущих частот вч каналов, чтобы избежать заметно выраженных узлов и пучностей напряжений (токов). Во вторую очередь необходимо в допустимых пределах уменьшить так называемые перекосы боковых полос (при передаче АМ колебаний с двумя боковыми полосами частот). Перекосы боковых полос могут возникать в линейных вч устройствах, установка которых необходима для образования вч канала системы ТПВ.

Методы расчета линий

Основной целью расчета линий является определение затухания напряжения, минимального входного сопротивления и неравномерности частотной характеристики затухания в заданном диапазоне частот.

Разработаны следующие методы расчета линий с распределенной нагрузкой: 1) метод расчета линий по участкам, считая каждый из них линией с сосредоточенной нагрузкой в конце; 2) метод расчета линий с представлением нагрузки как равномерно распределенной по длине линии; 3) метод расчета линий суммированием моментов нагрузки.

Два первых метода предложены Б. К. Демптом и М. С. Орловым, третий Н. А. Савиной и Б. Я. Герценштейном.

При расчете методом по участкам линию с нагрузкой, включенной в нескольких местах, делят на ряд однородных участков, каждый из которых имеет одну нагрузку, включенную в его конце. Затем составляя уравнения однородной линии по отношению к участкам, заключенным между двумя смежными включениями нагрузки, рассчитывают изменение напряжения для каждого из участков (начиная с конца линии) с учетом его собственной нагрузки и нагрузки, которую представляет входное сопротивление предшествующего участка, а также находят входные сопротивления этих участков. Проделав указанные расчеты для всех участков, можно получить полную картину изменения напряжения вдоль всей линии и узнать ее входное сопротивление. Определяются входное сопротивление и затухание по формулам:

$$Z_{вх} = Z_l \frac{\operatorname{ch}\gamma l + \frac{Z_c}{Z_l}\operatorname{sh}\gamma l}{\operatorname{ch}\gamma l + \frac{Z_l}{Z_c}\operatorname{sh}\gamma l} = Z_l \frac{1 + \frac{Z_c}{Z_l}\operatorname{tg}\gamma l}{1 + \frac{Z_l}{Z_c}\operatorname{th}\gamma l}; \qquad (П.1)$$

$$\alpha = \left|\frac{U_н}{U_к}\right| = \left|\operatorname{ch}\gamma l + \frac{Z_c}{Z_l}\operatorname{sh}\gamma l\right|, \qquad (П.2)$$

где $U_н$ — напряжение в начале участка; $U_к$ — напряжение в его конце; l — длина участка; Z_l — нагрузка в конце участка; Z_c — волновое сопротивление; γ — постоянная распространения.

На рис. П.5 представлена схема линии. Нагрузки Z_1', Z_2', Z_3' подключены в точках *А*, *Б*, *В* линии; l_1, l_2, l_3 — длины участков. Величины $Z_{н1}$, $Z_{н2}$, ..., $Z_н$ — входные сопротивления первого, второго, третьего или всей линии в целом. Расчет ведется с конца линии, который на рисунке соответствует 1-му участку.

Входные сопротивления определяют по приведенным выше формулам. Например,

$$Z_{вх} = Z_1' \frac{\operatorname{ch}\gamma l_1 + \dfrac{Z_c}{Z_1'}\operatorname{sh}\gamma l_1}{\operatorname{ch}\gamma l_1 + \dfrac{Z_1'}{Z_c}\operatorname{sh}\gamma l_1}$$

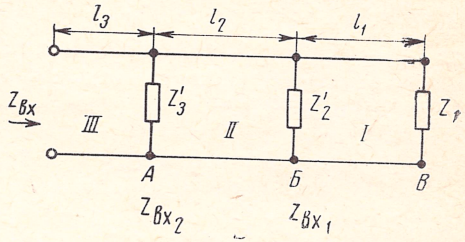


Рис. П.5. Схема линии

и нагрузка в точке *Б* будет

$$Z_Б = \frac{Z_z' Z_н'}{Z_z' + Z_н'}$$

и т. д. до определения величины входного сопротивления $Z_{вх}$. Затухание всей линии определяется, как произведение затуханий каждого участка:

$$\alpha_э = \alpha_1\alpha_2\alpha_3 \ . \ . \ .\alpha_m.$$

Предварительно определяются затухания участков линий по ф-ле (П.2). Расчет, особенно при большом количестве мест, включения нагрузки получается громоздким.

Метод расчета линии представлением нагрузки равномерно распределенной по длине линии — метод эквивалентных параметров заключается в том, что проводимость нагрузки линии принимается равномерно и непрерывно распределенной вдоль линии так же, как и собственная проводимость линии.

Метод применим в том случае, если нагрузка, приходящаяся на 1 км длины линии, включена не менее чем в 10 точках, находящихся на приблизительно равных расстояниях, и проводимость нагрузки в каждой точке приблизительно одинакова (например, городские распределительные фидера, абонентские линии).

На основании этого допущения километрическая проводимость нагруженной линии $y_л'$ полагается равной сумме собственной километрической проводимости линии и проводимости нагрузки, отнесенной к одному километру линии. Пусть Z_1, Z_2, Z_3,..., Z_m — сопротивления нагрузки, подключенные к линии. Тогда полная проводимость нагрузки

$$Y_н = y_1 + y_2 + \ . \ . \ .y_m.$$

При длине линии, равной l_m, километрическая проводимость нагрузки

$$Y_н' = Y_н/l_m,$$

а километрическая проводимость нагруженной линии

$$y_л' = y_л' + y_н'.$$

Рассматривая нагруженную линию, как однородную и имеющую километрическую проводимость $y'_л$, в которой учтена проводимость самой линии и нагрузки, можно для расчета линии воспользоваться приведенными вторичными параметрами или эквивалентными параметрами: эквивалентным коэффициентом распространения γ' нагруженной линии и эквивалентным волновым сопротивлением линии $Z'_с$:

$$\gamma' = \sqrt{Z'_л\, y'_л};\quad Z'_с = \sqrt{\frac{Z'_л}{y'_л}},$$

где $Z'_л$ — километрическое сопротивление линии.

Таким образом, величина затухания и входного сопротивления линии определяются по формулам:

$$\alpha = |\operatorname{ch}\gamma' l| \text{ и } Z_{вх} = \frac{Z'_с}{\operatorname{tg}\gamma' l}.$$

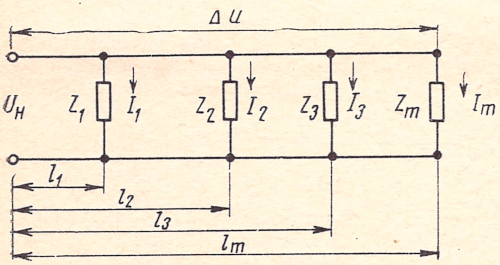


Рис. П.6. Схема линии с нагрузкой в нескольких листах

Метод суммирования моментов проводимости относится к числу приближенных методов расчета и позволяет получить ряд простых формул. Метод моментов заключается в том, что падение напряжения в линии выражается через моменты токов или проводимостей.

Рассмотрим линию с нагрузкой, включенной в нескольких местах (рис. П.6). Пусть токи, потребляемые нагрузкой, соответственно равны $I_1, I_2, \ldots, I_m$, а расстояние от начала линии до соответствующих мест включения нагрузки $l_1, l_2, l_3, \ldots, l_m$. Общее падение напряжения в линии ΔU, обусловленное протеканием токов через нагрузки, определяется следующим образом:

$$\Delta U = (I_1 + I_2 + \ldots + I_m) Z_1 l_1 + (I_2 + I_3 + \ldots + I_m) Z_2 (l_2 - l_1) +$$
$$+ (I_3 + I_4 + \ldots + I_m) Z_3 (l_3 - l_2) + \ldots + I_m (l_m - l_{m-1}) Z_m =$$
$$= Z_{вх} (I_1 l_1 + I_2 l_2 + \ldots + I_m l_m).$$

Произведение тока I_m на расстояние l_m (плечо) называется моментом тока. Таким образом, падение напряжения пропорционально моменту тока. По аналогии с моментом тока произведение $y_m l_m$ может быть названо моментом проводимости $M_y = y_m l_m$. Если при вычислении токов принять напряжение во всех точках включения нагрузки равным напряжению в конце линии U_m, то ток в любом месте подключения нагрузки будет $I_i = U_m / Z_i$ и тогда

$$\Delta U = U_m Z \left(\frac{l_1}{Z_1} + \frac{l_2}{Z_2} + \ldots + \frac{l_m}{Z_m}\right) = U_н - U_m;\ U_н / U_m = 1 + Z M_y.$$

Затухание в линии определится по формуле

$$20\lg (U_н / U_m) = \alpha = 20\lg (1 + Z M_y).$$

Для большей точности в расчетах вводится коэффициент распределения нагрузки $\nu = \dfrac{M_y}{N l_m}$; N — общее количество радиоточек.

Расчетные формулы могут быть представлены так:
для затухания

$$20\lg\left(1+\frac{\nu N l_m Z}{n^2 Z_{гр}}+\frac{\gamma^2 l_m^2}{2}\right);$$

для входного сопротивления

$$Z_{вх}=\frac{1}{\frac{N}{Z'_{гр}\,n^2}+yl_m}+\frac{Zl}{2}\nu_*''(1+\nu^2),$$

где $Z'_{гр}$ — приведенная величина входного сопротивления громкоговорителя; n — коэффициент трансформации абонентского трансформатора. Этот метод тоже оказывается громоздким.

Метод расчета по графикам и таблицам

Для приближенного определения затухания в линиях небольшой длины пользуются графиками, приведенными на рис. П.7. Каждый график построен для линий из проводов определенного диаметра d и материала и для определенного количественного соотношения различных типов громкоговорителей, вклю-

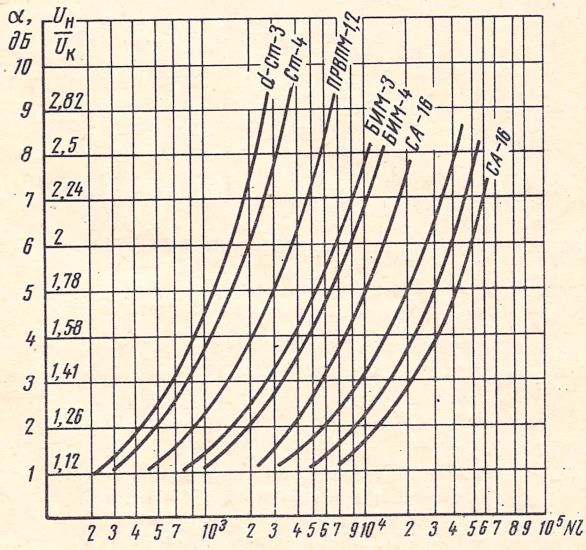


Рис. П.7. Кривые затухания для линий из проводов различного диаметра

ченных в линию. На рис. П.7 дана зависимость отношения напряжений в начале и в конце линии, т. е. затухания в ней от произведения числа включенных точек N на длину линии l. Пользуются графиками следующим образом: при заданной длине линии, числе точек и выполнении нормы по допустимой величине затухания выбирается кривая, соответствующая определенному проводу линии. В таблицах, которые помещены в «Электрических нормах проектирования радиотрансляционных сетей» (Связьиздат, 1961), указана допустимая величина

(Nl). Величина $(Nl)_{экв}$ для наиболее типичных случаев подключения нагрузки к линии может быть определена по ниже приведенным формулам:

1. Нагрузка включена в отдельных точках линии:

$$[Nl]_{экв} = N_1 l_1 + N_2 l_2 + \ . \ . \ . + N_к l_к,$$

где N_1, N_2,..., $N_к$ — число установок, включенных в 1 : 2... $к$-й точках линии; l_1, l_2... $l_к$ — расстояния от начала до места подключения 1, 2... нагрузки.

2. Вся нагрузка сосредоточена в конце линии:

$$Nl]_{экв} = N_к l_к = N_ф l_ф.$$

3. Нагрузка вдоль линии распределена равномерно:

$$[Nl]_{экв} = 0,5 N_ф l_ф.$$

4. Нагрузка в начале линии отсутствует, а конечный участок нагружен равномерно:

$$[Nl]_{экв} = N_ф l_ф \frac{l_ф}{l_ф + l_{II}},$$

где l_{II} — длина равномерно нагруженного участка. Рассчитанное значение $|Nl|_{экв}$ сравнивается с максимально допустимой величиной $N'l'$, приведенной в указанных таблицах.

Все сказанное относится к коротким линиям. Нормы нагрузки для длинных некорректированных линий определяют следующим образом:

1. Нагрузка включена в отдельных точках линии:

$$N_{экв} = \frac{N_1 l_1 + N_2 l_2 + \ . \ . \ . + N_к l_к}{l_к}.$$

2. Нагрузка — в конце линии:

$$N_{экв} = N_ф.$$

3. Нагрузка распределена равномерно:

$$N_{экв} = 0,5 N_ф.$$

4. Нагрузка в начале линии отсутствует, а конечный участок нагружен равномерно:

$$N_{экв} = N_ф \frac{l_ф}{l_ф + l_{II}}.$$

5. В линии применен режим компенсации затухания:

$$N_{экв} = \frac{0,5 \sum N_I \ l_I + \sum N_{II} \ l_{II}}{l_ф}$$

при изменении коэффициентов трансформации один раз;

$$N_{экв} = \frac{0,25 \sum N_I \ l_I + 0,5 \sum N_{II} \ l_{II} + \sum N_{III} \ l_{III}}{l_ф}$$

при изменении коэффициентов трансформации два раза ($\Sigma N_I l_I$, $\Sigma N_{II} l_{II}$ и т. д. относятся к участкам линии).

Нормы нагрузки воздушных фидерных линий, корректированных с помощью трансформаторов, определяются по формуле

$$N_{экв} = \left(\frac{N_1}{K_1} + \frac{N_2}{K_2} + \ . \ . \ . + \frac{N_к}{K_к} \right) K_к,$$

где K_1, K_2...$K_к$ зависят от места подключения каждой нагрузки и даны в таблицах.

Покажем на примере, как пользоваться таблицами. Требуется определить рабочее напряжение распределительного городского фидера $l=610$ м, выбрать материал фидера. Схема фидера показана на рис. П.8. Нагрузка включена в шести точках. Рассчитываем эквивалентный коэффициент нагрузки:

$$[Nl] = N_1l_1 + N_2l_2 + N_3l_3 + N_4l_4 + N_5l_5 + N_6l_6 = 4{,}32 + 47{,}4 + 75{,}2 + 16{,}64 + 18{,}24 + 12{,}2 = 174.$$

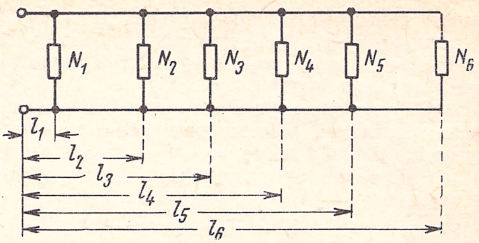


Рис. П.8. Схема фидера

По найденному значению $Nl=174$ по табл. П.1 выбираем при затухании 1 дБ материал фидера — сталь 3 мм и напряжение линии 240 В. Если допустить затухание в фидере 2 дБ, то можно выбрать рабочее напряжение 120 В. Этот метод, в силу его простоты и приемлемой для практики точности, получил широкое распространение, как наиболее простой.

ТАБЛИЦА П.1

Материал и диаметр проводов	Напряжение линии 120 В				Напряжение линии 240 В			
	величина при затухании, дБ				величина при затухании, дБ			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Сталь:								
3 мм	100	221	343	472	400	884	1372	1888
4 мм	133	288	446	622	532	1152	1784	2488
Биметалл								
3 мм	448		1520		1792	3900	6080	8480

Качественные показатели радиотрансляционных линий

Основным показателем качества работы радиотрансляционной линии является затухание в линии, которое не должно превышать допустимой величины.

В городских условиях суммарное затухание напряжения по длине линий двухзвенной сети в диапазоне частот 60÷10 000 Гц при максимальных режимах нагрузки не должно превышать 4 дБ. При этом затухание напряжения по отдельным звеньям может быть распределено произвольно. Однако целесообразно предусматривать: для распределительных фидеров затухание 2÷3 дБ; для абонентских линий, подключаемых к первой половине фидерной линии, затухание 2÷3 дБ, а подключаемых ко второй половине фидерной линии, затухание до 1÷2 дБ.

Суммарное затухание напряжения по длине линий трехзвенной сети также не должно превышать 4 дБ в диапазоне частот 60÷10 000 Гц. Затухание напряжения магистрального фидера на частоте 1000 Гц допускается до 2 дБ.

Вопрос о распределении затухания по отдельным звеньям радиотрансляционной сети должен решаться при конкретном проектировании. Так, например, при проектировании распределительного фидера в части города с многоэтажной застройкой, где в качестве абонентских линий применяются внутридомовые сети, затухание в которых, как правило, менее 1 дБ, в распределительном фидере можно допустить большее затухание.

В районах одноэтажной застройки, где плотность точек небольшая, затухание в абонентской линии может быть принято 1,5÷2 дБ, затухание в распределительном фидере следует допускать меньше.

Для сельской местности норма затухания на радиотрансляционные линии те же, что и для городских линий, но для рабочей полосы частот 100÷6000 Гц.

В условиях сельской местности затухание напряжения по длине подземной или воздушной абонентской линии при однозвенной системе построения сети на частоте 1000 Гц не должно превышать 4 дБ.

Затухание напряжения по длине фидерной воздушной линии не должно превышать 3 дБ, а подземной линии из кабеля ПРВПМ — 1,2—3 дБ при $l_{\text{линии}}=4$ км и 6 дБ при $l_{\text{линии}}$ до 8 км.

Литература

1. Горон И. Е. Радиовещание. М., Связьиздат, 1944.
2. Иофе В. К. Электроакустика. М., Связьиздат, 1954.
3. Бабуркин В. Н. и др. Электроакустика и радиовещание. М., Связь, 1967.
4. Безладнов Н. Л. и др. Станционные устройства вещания по проводам. М., Связьиздат, 1955.
5. Шануренко В. И. Развитие проводного вещания в СССР. М., «Связь», 1971.
6. Молодая Н. Т., Паперное Л. З. Аппаратура студийных трактов и систем звукоусиления. М., Связьиздат, 1963.
7. Молодая Н. Т. Акустическое проектирование радиовещательных студий. М., Связь, 1964.
8. Паперное Л. З. Озвучение открытых пространств. М., Связьиздат, 1963.
9. Горон И. Е. Построение скелетных схем и диаграмм уровней радиовещательных трактов. М., «Связь»...
10. Нюренберг В. А. Основы техники проводного вещания. М., Связь, 1964.
11. Нюренберг В. А. Технический контроль в звуковом вещании. М., Связьиздат, 1963.
12. Постникова О. А. и др. Нормы на основные качественные показатели трактов радиовещания. М., Связь, 1967.
13. Электрические нормы проектирования радиотрансляционных сетей. М., Связьиздат, 1961.
14. Окунь Л. М. Трансляционная аппаратура ТУ-5-4. М., Связь, 1964.
15. Окунь Л. М. Аппаратура автоматических трансформаторных подстанций проводного вещания. М., Связьиздат, 1961.
16. Правила технической эксплуатации радиотрансляционных узлов. М., Связьиздат, 1970.
17. Временные правила оборудования станций радиотрансляционных узлов. М., Связьиздат, 1962.
18. Инструкция по измерениям на радиотрансляционных узлах. Ч. I. М., Связь, 1968.
19. Фурдуев В. В. Акустические основы вещания. М., Связьиздат, 1960.
20. Справочник по звукопоглощающим материалам и конструкциям. Под ред. Рудник. М., «Связь», 1970.
21. Барбанель С. Р. Магнитная фонограмма с кинофильмов. М., Искусство, 1966.
22. Иофе В. К., Ямпольский А. А. Расчетные графики и таблицы по электроакустике. М., Госэнергоиздат, 1954.
23. Стереофония. Информационный сборник. М., «Связь», 1964.

85 коп.

Издательство «Наука»

ПРОВОДНОЕ ВЕЩАНИЕ