Глава 28

СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ

28.1. Система электропитания

28.1.1. Электропитание ЛАЗ обслуживаемых пунктов

Электропитание аппаратуры ЛАЗ (ЛАЦ) обслуживаемых пунктов осуществляется от электропитающей установки (ЭПУ), которая является самостоятельным элементом стационарного узла связи.

ЭПУ состоит из устройства приема и распределения переменного тока, получаемого от внешних источников через государственную систему электроснабжения или от собственной автоматизированной дизельной электростанции (АДЭС) узла связи, устройств преобразования переменного тока в постоянный ток различных номиналов напряжения, требующихся для электропитания установленной на УС аппаратуры связи и вспомогательного оборудования. Различная аппаратура требует для своей работы как постоянный, так и переменный ток стабильной частоты и напряжения, поэтому в составе ЭПУ имеются устройства резервирования и стабилизации переменного тока – устройства гарантированного питания (УГП).

В ЭПУ сетевых (опорных) узлов (станций), оконечных и обслуживаемых усилительных пунктов систем передачи входят также устройства дистанционного питания необслуживаемых усилительных пунктов.

Электроснабжение ЭПУ узлов связи, как правило, осуществляется переменным трехфазным током напряжением 380/220 В частотой 50 Гц от государственной энергетической сети и резервируется собственными стационарными электростанциями, автоматически принимающими на себя нагрузку за время не более 30 с после пропадания напряжения в сети переменного тока. До запуска собственной резервной электростанции непрерывность электроснабжения переменным током 220 В обеспечивается устройством гарантированного питания, которое осуществляет подачу напряжения переменного тока примерно через 0,03 с с момента пропадания тока от внешнего источника. Современные УГП – это инверторные установки различной мощности на тиристорах, которые питаются от аккумуляторных батарей.

В качестве преобразователей переменного тока в постоянный в ЭПУ применяются основные и резервные выпрямители на каждый номинал постоянного напряжения. Для обеспечения бесперебойной работы аппаратуры ЛАЗ используется буферная система питания постоянным током: наряду с выпрямителями параллельно применяются аккумуляторные батареи, включаемые по схеме непрерывного подзаряда.

На рис. 28.1 приведен один из вариантов ЭПУ для питания аппаратуры ЛАЗ обслуживаемых пунктов.

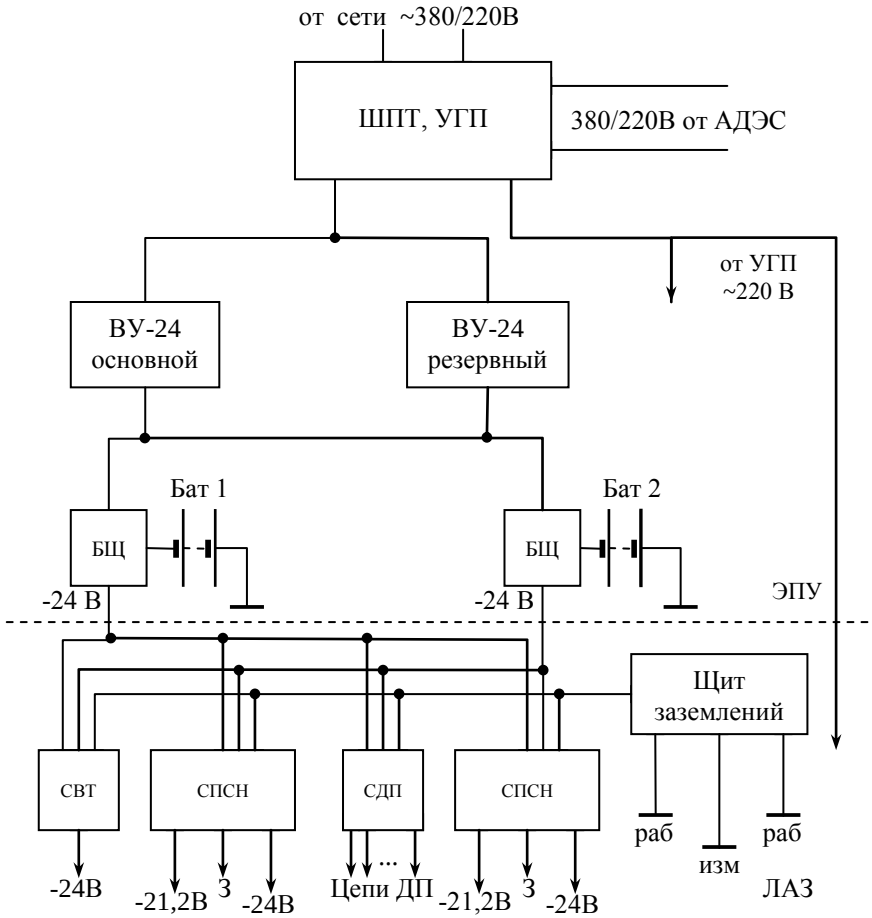

Рис. 28.1

Шкаф переменного тока совместно с УГП обеспечивает прием и переключение источников переменного тока от сети или автономной дизельэлектростанции и гарантированное питание напряжением 220 В. Выпрямительные устройства ВУ (основные и резервные) могут быть на 24, 60 В и другие. Батарейные щиты БЩ обеспечивают параллельную (в буфере) работу с ВУ аккумуляторных батарей.

На современных СУС для питания аппаратуры ЛАЗ требуется постоянный ток двух номиналов гарантированного напряжения: –24 В и –60 В. Эти гарантированные номиналы напряжения, называемые также первичными, подаются от ЭПУ на вторичные источники питания, которые размещаются совместно с питаемой аппаратурой в ЛАЗ и обеспечивают получение вторичных питающих

напряжений как низких номиналов (например, ±5 В, ±12 В, ±21,2 В и др. для питания цепей микросхем, транзисторов), так и высоких (500, 1000 В и более) для дистанционного питания НУП. На схеме рис.28.1 показано, как первичное напряжение –24В с помощью стоек полупроводниковых стабилизаторов напряжения (СПСН) преобразуется в стабилизированное напряжение –21,2В, а с помощью стойки дистанционного питания (СДП) в цепи ДП НУП подается напряжение до 500 В. В ЛАЗ может также использоваться вспомогательная торцевая стойка (СВТ) для распределения напряжения 24 В от ЭПУ.

От напряжения 220В переменного тока, подаваемого в ЛАЗ от УГП, обеспечивается питание аппаратуры, имеющей свои собственные выпрямители и стабилизаторы.

В таблице 28.1 приведены нормы питающих напряжений для аппаратуры ЛАЗ постоянного тока, в таблице 28.2 – переменного тока.

Таблица 28.1

Питаемая аппаратура или цепь аппаратуры	Номинальное напряжение, В	Пределы допускаемых изменений, В	Примечание
Аппаратура стационарных СП:			
Транзисторные цепи (стаб.)	24 (21,2)	21,6…26,4 (20,6…21,8)	Заземляется “+”
Вспомогательные цепи (сигнализации и др.)	24	21,6…26,4	
Аппаратура ТТ	24	21,6…26,4	- “ -
Аппаратура ЦСП	60	54…66	- “ -

Таблица 28.2

Источники переменного тока	Номинальное напряжение, В	Пределы допустимых изменений, В	Пределы допустимых изменений частоты, Гц
Электросети общего назначения	220	187 … 242	48 …52
Собственные УГП и АДЭС	220	213 … 227	48 … 52

28.1.2. Электропитание необслуживаемых пунктов

Электропитание необслуживаемых промежуточных усилителей и некоторых вспомогательных устройств, размещенных на НУП, осуществляется дистанционно от обслуживаемых пунктов (ОП, ОУП, ТП) обычно по тем же цепям, по которым передаются и сигналы связи (линейный спектр частот систем передачи). Для этой цели на обслуживаемых пунктах имеется соответствующее оборудование в составе электропитающих установок, а линия передачи делится на секции дистанционного питания (ДП).

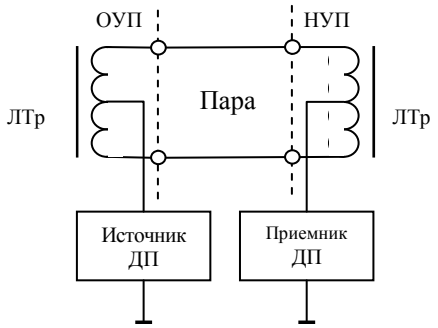

Рис.28.2

Секцией ДП называется участок линии между двумя смежными ОУП или между ОП и ОУП, ТП и ОУП.

Находят применение две схемы передачи электроэнергии для дистанционного питания НУП: “провод-провод” и “провод-земля”. Схема “провод-провод” – двухпроводная, при которой линейная часть цепи ДП образуется из цепей линии связи. Схема “провод-земля” однопроводная, так как в качестве другого провода используется земля. Вторая схема обладает значительно большей дальностью действия, однако подвержена влияниям со стороны различных посторонних напряжений и токов, требует оборудования надежного рабочего заземления как на обслуживаемых пунктах, так и на питаемых НУП. Схема “провод-земля” применяется только при дистанционном питании постоянным током. Схема “провод-провод” применяется при ДП как переменным, так и постоянным током.

На рисунках показаны применяемые схемы ДП постоянным током для симметричных кабельных линий: однопроводная “пара-земля” (рис.28.2), однопроводная “четверка-земля” (рис.28.3), двухпроводная “пара-пара”(рис.28.4), двухпроводная “четверка-четверка”(рис.28.5).

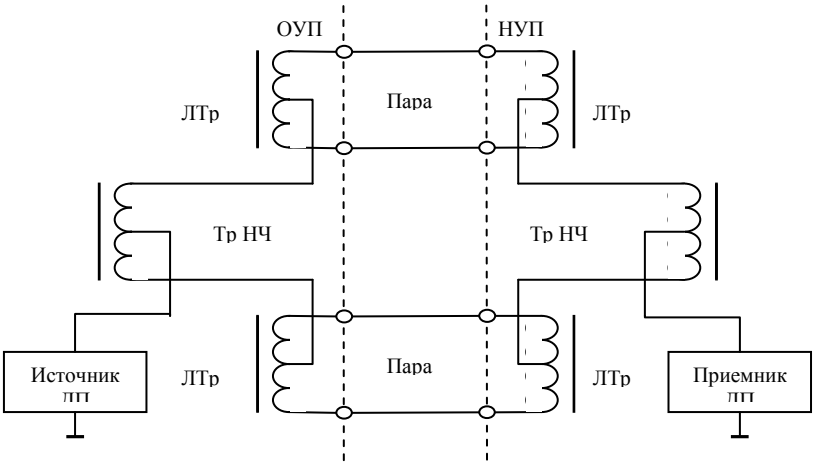

Рис. 28.3

Для уменьшения сопротивления цепи ДП на симметричных кабелях в качестве проводов ДП используются средние точки физических цепей (рис.28.2,4), искусственных (фантомных) цепей (рис.28.3,5) и суперфантомных цепей, образованных из двух и более фантомных цепей. Источник и приемники ДП включаются в средние точки дифференциальных высокочастотных линейных трансформаторов ЛТр, что обеспечивает защиту цепей связи от токов ДП: токи ДП, проходящие от средней точки по обеим половинам линейной обмотки ЛТр, одинаковы и противоположно направлены, поэтому в станционной обмотке ток ДП отсутствует и не оказывает помех сигналам связи (линейному спектру частот системы передачи).

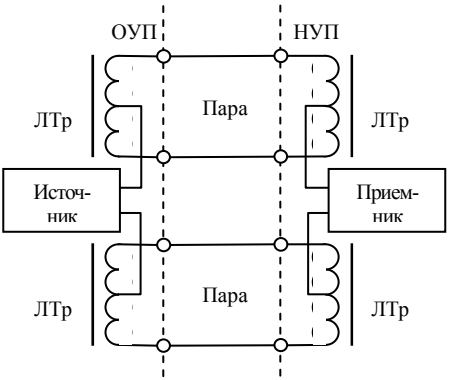

Рис. 28.4

На линиях коаксиальных кабелей при ДП переменным или постоянным то-

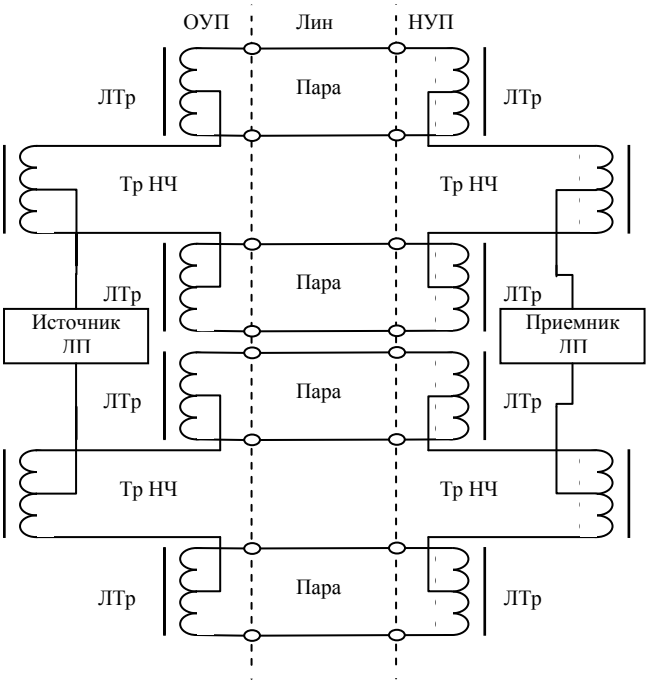

Рис. 28.5

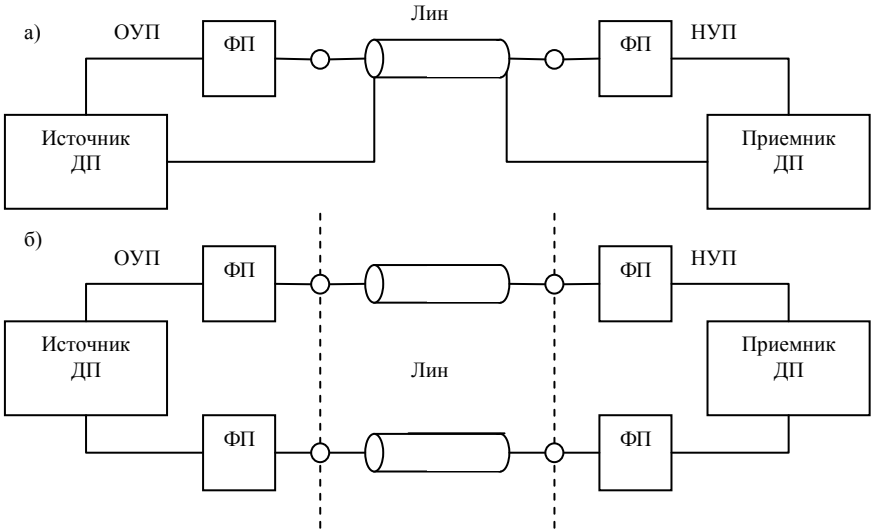

Рис. 28.6

ком для защиты цепей связи от токов ДП применяются разделительные фильтры питания Ф, что показано на рис.28.6: а) двухпроводная схема ДП “центральная жила – трубка”, б) двухпроводная схема ДП “центральная жила – центральная жила”.

Для включения нагрузок НУП в цепь ДП применяются параллельная и последовательная схемы. Параллельная схема применяется при ДП переменным током, последовательная – при ДП постоянным током.

В зависимости от числа промежуточных усилителей, включаемых на НУП в одну цепь ДП, схемы делятся на индивидуальную и групповую.

При индивидуальной схеме по одной цепи ДП осуществляется питание только одного двухстороннего усилителя (одной системы передачи) на одном или нескольких следующих друг за другом НУП. Цепь ДП при этом образуется из тех же проводов линии, по которым передаются сигналы связи (линейные спектры) этих усилителей. Такая схема всегда используется на полевых одночетверочных кабельных линиях.

При групповой схеме по одной цепи ДП осуществляется питание нескольких двусторонних промежуточных усилителей (нескольких систем передачи) на одном или нескольких следующих друг за другом НУП. Цепь образуется при этом не обязательно из тех же проводов линии, по которым передаются сигналы связи данных усилителей. Эта схема на практике получила наибольшее распространение на стационарных многочетверочных кабельных линиях.

Для примера рассмотрим ДП постоянным током систем передачи симметричных кабелей. По сравнению с ДП на переменном токе она обеспечивает зна-

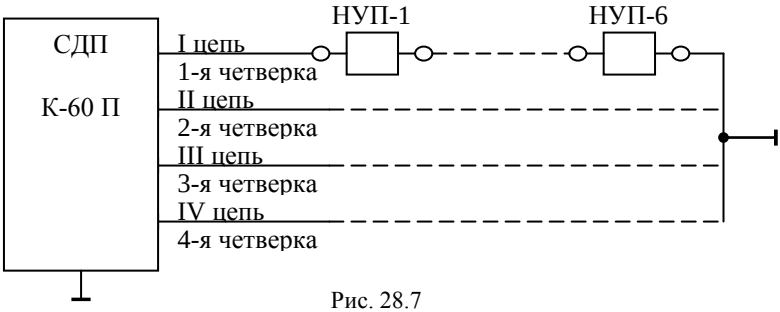

Рис. 28.7

чительно большие дальность действия, надежность снабжения электропитанием, защиту схем аппаратуры систем передачи от перенапряжений из-за внешних гальванических и электромагнитных влияний, стабильность питающего напряжения на НУП, а также возможность использования схемы передачи ДП “провод-провод” или “провод-земля ”. Кроме того, системы ДП на постоянном токе являются более простыми по устройству, малогабаритными и надежными в эксплуатации, токи ДП практически не создают помех сигналам связи.

Организация ДП по схеме “провод-земля” применительно к четырехчетверочному кабелю (восемь систем передачи К-60П) в полусекции ДП показана на рис.28.7. Цепи ДП образуются по схемам 28.3,5. Общее Число цепей ДП в полусекции 2-кабельной линии равно восьми, так как каждый провод ДП образуется одной четверкой. Получение высокого напряжения ДП (до 500 В) от низкого напряжения 24 В (нестаб.) или 21,2 В (стаб.) осуществляется с помощью индивидуального для каждой цепи ДП полупроводникового преобразователя стойки дистанционного питания СДП К-60П. По каждому из кабелей образуется четыре цепи ДП и, следовательно, осуществляется дистанционное питание усилителей обоих направлений половины работающих по линии систем передачи, что обеспечивает сохранность 50% связей на линии в случае аварийного прекращения питания по одному из кабелей.

Принципиальная схема одной из цепей ДП НУП К-60П “провод-земля” для полусекции приведена на рис.28.8. Из схемы видно, что от одного источника ДП последовательно питаются усилители прямого и обратного направлений на шести НУП. Кроме того, на каждом НУП питаются размещаемые в них низкочастотные усилители участковой служебной связи, устройства телеконтроля и телемеханики. Фильтры НЧ (Д-8) служат для развязки между собой высокочастотных цепей. Защитные устройства ЗУ обеспечивают защиту станционных устройств и кабеля от электромагнитного влияния со стороны внешних источников переменного тока (высоковольтных ЛЭП и др.) по цепям ДП. При необходимости дополнительно к ЗУ могут включаться компенсаторы посторонних напряжений. Низкочастотные трансформаторы ТрНЧ включаются в фантомную цепь для образования цепи ДП и канала низкочастотной служебной связи или канала передачи сигналов телеуправления и телесигнализации.

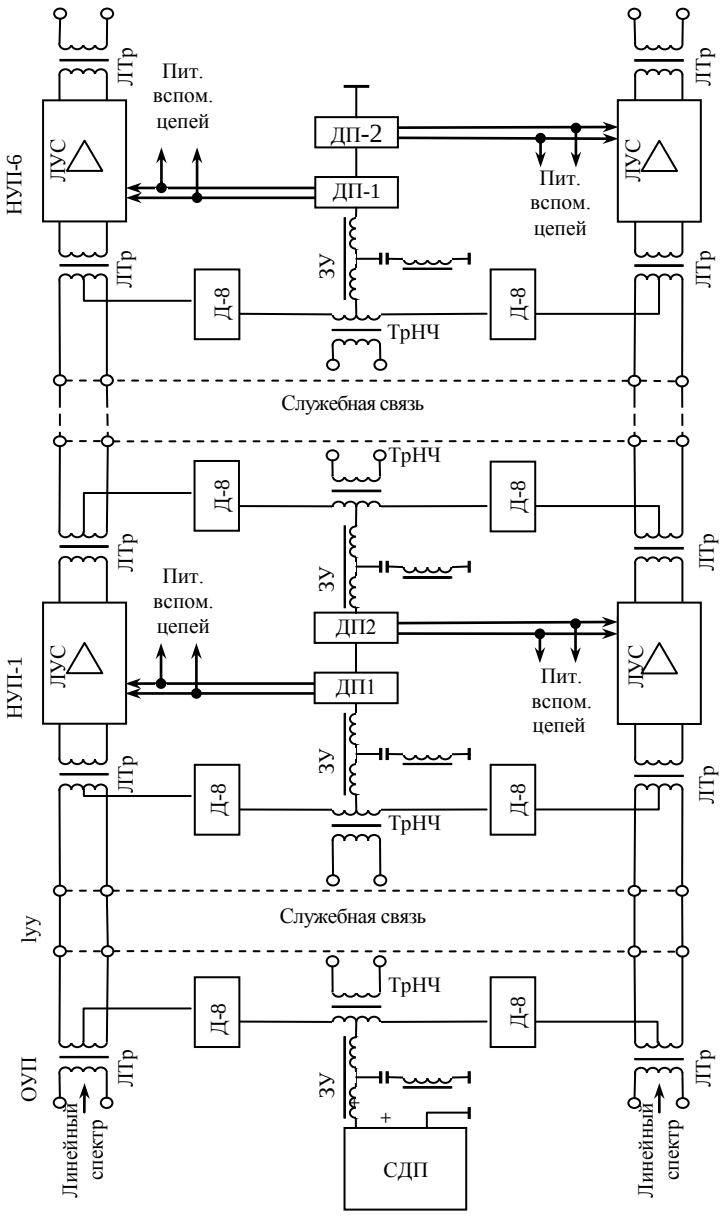
НУП-6
ЛУС
ЛТр
Пит.
вспом.
цепей
ДП-2
ДП-1
ЗУ
Д-8
ТрНЧ
Служебная связь
НУП-1
ДП2
ДП1
lуу
ОУП
Линейный
спектр
СДП
+

Рис.28.8

28.2. Система служебной связи

28.2.1. Виды служебной связи и их организация

Для управления линией многоканальной связи и эксплуатационно-технического обслуживания комплекса линейных и станционных сооружений многоканальных систем передачи на всех пунктах линии организуются специальные каналы служебной связи. Эти каналы должны быть построены так, чтобы обеспечить ведение переговоров от всех пунктов со всеми взаимодействующими пунктами данной линии (системы передачи) без какой-либо предварительной коммутации. Переговорные устройства всех обслуживаемых пунктов должны быть включены постоянно, а на необслуживаемых пунктах включаются при посещении их обслуживающим персоналом, линейными надсмотрщиками, ремонтными бригадами. Исправность каналов служебной связи должна контролироваться автоматически.

На линиях многоканальной связи организуется три вида служебной связи: магистральная (на полевых линиях – линейная), постанционная и участковая.

Магистральная (линейная) служебная связь (МСС. ЛСС) предназначена для связи между оконечными, транзитными пунктами по ТЧ и пунктами выделения каналов ТЧ и организуется по 4-проводному каналу ТЧ, выделенному для этой цели из работающих по данной линии систем передачи. Вызов в канале МСС избирательный, то есть из любого оконечного, транзитного по ТЧ или выделительного пункта линии связи обеспечивается вызов одного из этих же пунктов.

Постанционная служебная связь (ПСС) предназначена для связи между обслуживаемыми усилительными пунктами (ОУП) и транзитными пунктами по групповым трактам на транзитном участке по ТЧ. На стационарных линиях многочетверочного симметричного кабеля предусматривается не менее двух каналов: ПСС-1 для станционной службы – в интересах обслуживающего персонала ЛАЗ всех обслуживаемых пунктов и ПСС-2 для линейной службы – в интересах эксплуатационных подразделений кабельной линии. Для ПСС применяются четырехпроводные каналы НЧ, организованные на физических или фантомных (искусственных) цепях кабельной линии. Обычно каналы ПСС-1 и ПСС-2 организуются в разных кабелях двухкабельной линии, чтобы обеспечить сохранение одного из каналов при повреждении одного из кабелей. Вызов в каналах ПСС избирательный, а в ПСС-1 и голосом, так как предусмотрена возможность подключения к этому каналу в НУП.

Участковая служебная связь (УСС) предназначена для служебных переговоров обслуживающего персонала соседних обслуживаемых пунктов между собой, а также с эксплуатационными работниками, выехавшими на НУП, расположенные между ними (при подключении на НУП переговорного устройства). УСС организуется по 4-проводному каналу НЧ фантомных цепей одного из кабелей. Вызов в канале УСС осуществляется тональной частотой или голосом.

На линиях систем передачи П-306 и комплекса систем передачи “Азур” имеются отличия в организации служебной связи: 1. ПСС организуется по одному каналу, расположенному в линейном тракте каждой системы передачи выше линейного спектра частот. Например, в СП П-306 (линейный спектр 12...252 кГц), в ПКЛ-296/330-60 в однополосном режиме (линейный спектр такой же) канал ПСС находится в полосе частот 256…260 кГц. 2. УСС на линии многочетверочного кабеля П-306 может использоваться в режиме ПСС, для чего на всех ОУП устанавливается режим транзита по этому каналу. Кроме этого организуется аварийная участковая связь (АУСС) между соседними обслуживаемыми пунктами и НУП между ними, которая включается при отсутствии (пропадании) дистанционного питания. Для надежности связи на секциях ДП при повреждении одного из кабелей УСС и АУСС используют фантомные цепи разных кабелей. На линиях одночетверочного кабеля АУСС отсутствует. 3. На ПКЛ-296/330 УСС организуется по низкочастотным каналам физических цепей, используемых для работы системы передачи. При отсутствии (пропадании) ДП НУП предусмотрен аварийный режим канала УСС. 4. Вызов в каналах УСС П-306 и ПКЛ-296/330 со стороны ОП (ОУП) осуществляется тональным сигналом или голосом, а со стороны НУП – только голосом. 5. На полевых кабельных линиях комплекса “Топаз” организуется линейная (магистральная) связь по каналу ТЧ и служебная связь между всеми пунктами линии на транзитном участке по низкочастотному каналу рабочих цепей кабеля в полосе частот 0,3…1,8 кГц.

28.2.2. Аппаратура служебной связи

Для организации всех видов служебной связи на всех пунктах линии многоканальной связи устанавливается специальное оборудование, включающее переговорно-вызывные устройства. На полевых кабельных линиях устройства служебной связи входят в состав каналообразующей аппаратуры систем передачи и подвижных аппаратных, в которых монтируется эта аппаратура. На линиях стационарных систем передачи ЕСЭ устройства служебной связи размещаются на унифицированных стойках служебной связи (ССС), которые устанавливаются в ЛАЗ (ЛАЦ) обслуживаемых пунктов линии.

Стойки служебной связи выпускаются нескольких типов в зависимости от назначения: ССС-1…ССС-4 – для линий коаксиальных кабелей, ССС-5 – для радиорелейных линий, ССС-6 – для линий одночетверочных симметричных кабелей, ССС - 7 и ССС - 8 – для линий многочетверочных симметричных кабелей. Стойки с четными номерами устанавливаются на обслуживаемых пунктах, где имеются подразделения обслуживания прилегающих участков кабальной линии: в их составе имеются устройства передачи канала в интересах этих подразделений. Стойки с нечетными номерами устанавливаются на остальных обслуживаемых пунктах. Все стойки имеют идентичное оборудование, конструктивно оформленное в виде плат и блоков.

Назначение и возможности основных устройств рассмотрим на примере стойки ССС-7 , обеспечивающей все виды служебной связи на линиях симметричного многочетверочного кабеля. С помощью ССС-7 на линии можно организовать: одну магистральную, две постанционные (ПСС-1 и ПСС-2) и одну участковую служебные связи в обе стороны от ОУП (УСС-1, УСС-2).

Комплекты МСС, ПСС и УСС схемно и конструктивно выполнены одинаково (рис.28.9…11). Каждый комплект содержит: блок переходного устройства (УП), который обеспечивает подключение переговорно-вызывных устройств к каналу связи (в обе стороны на промежуточных пунктах – ПВ, ПТ, ОУП); приемник избирательного вызова (ПИВ), настроенный на присвоенную данному пункту вызывную частоту, и сигнальную лампу приема вызова; комплект реле (КР), обеспечивающий подключение к служебному каналу вызывных или разговорных приборов; дифсистему (ДС), обеспечивающую переход от двухпроводных цепей ЛАЗ, 2-проводного гарнитурного комплекта к четырехпроводному служебному каналу; кнопку ПТ для подключения вынесенного аппарата техника.

Как видно из рис. 28.9, комплект МСС включается в канал ТЧ без усилителей в цепях передачи и приема, остальные комплекты имеют такие усилители.

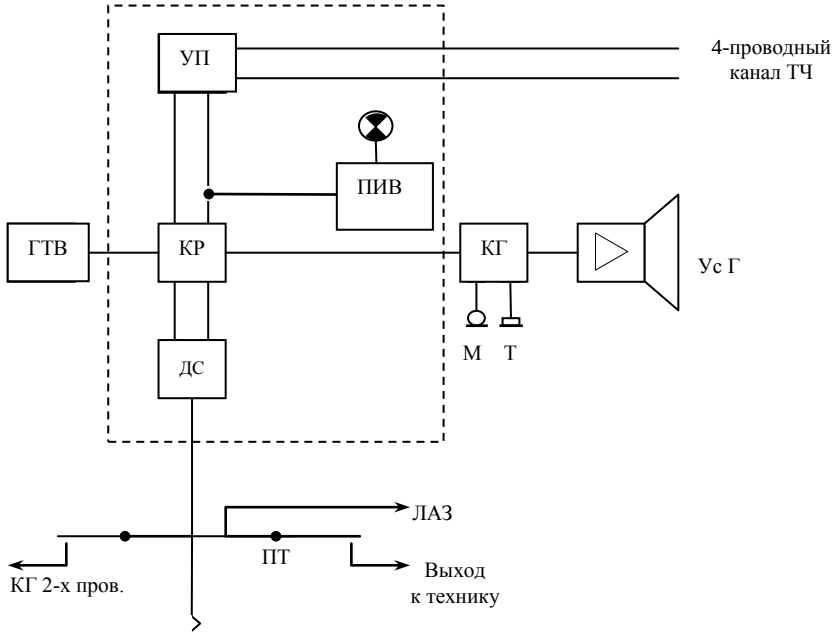

Рис. 28.9

На рис.28.10 показан комплект ПСС-1. В комплекте ПСС-2 вместо нагрузочных резисторов по 600 Ом подключается комплект для связи службы кабельной линии, а на ОУП – четырехпроводный канал служебной связи другой стороны. Комплект УСС (рис.28.11) отличается отсутствием блока ПУ и кнопки ПТ. На ОУП используется два комплекта УСС для связи в обе стороны.

Для посылки вызывных сигналов на стойке имеется один многочастотный генератор тонального вызова (ГТВ), снабженный кнопочной тастатурой на 24 кнопки, из которых 22 служат для посылки индивидуального вызова на частотах от 540 до 3180 Гц с интервалом через 120 Гц, одна кнопка для посылки циркулярного вызова на частоте 2100 Гц и одна кнопка – для вызова НУП по цепи УСС на частоте 1020 Гц.

Приемник избирательного вызова (ПИВ) индивидуален для каждого комплекта служебной связи (настроен на одну из частот ГТВ), а для приема циркулярного вызова по каналу ПСС-1 предусмотрено специальное устройство циркулярного вызова (УЦВ). Для контроля прохождения избирательного вызова к вызываемому пункту в обратном направлении посылается квитирующий сигнал частотой 420 Гц, информирующий вызывающую станцию и приеме вызова.

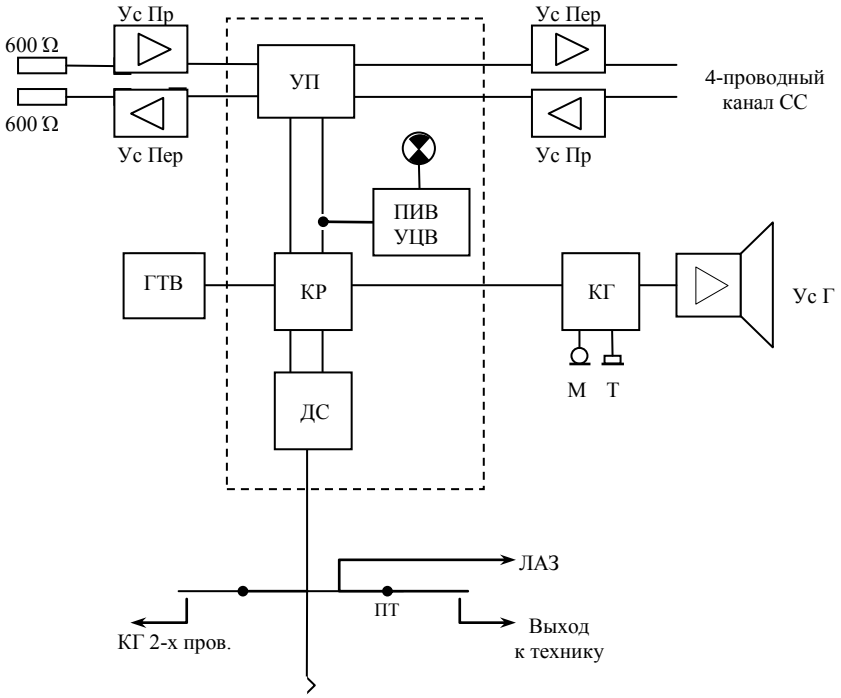

Рис. 28.10

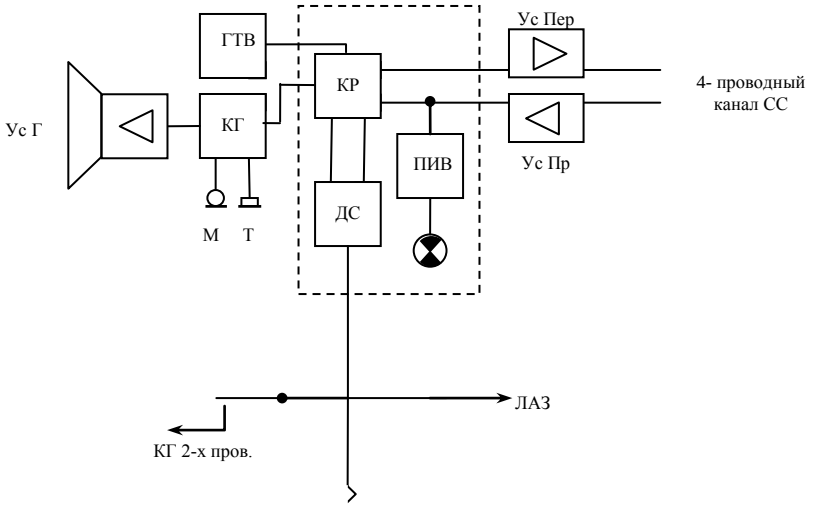

Рис. 28.11

Разговорные приборы включают два гарнитурных комплекта (КГ) и усилитель с громкоговорителем УсГ.

Оборудование служебной связи на линиях систем передачи П-306 и полевых кабельных линий комплексов “Топаз” и “Азур” размещается в аппаратуре оконечных и промежуточных станций.

В аппаратуре П-306 (на обслуживаемых пунктах) предусмотрено следующее оборудование: блоки ПСС и ПТВ – для организации постанционной служебной связи; блоки УСС и ПТВ – для участковой служебной связи; блок АСС – для аварийной участковой служебной связи; блок переговорно-вызывных устройств ПВУ – для посылки-приема вызова и ведения переговоров по перечисленным служебным каналам (МСС, ПСС, УСС, АСС). Блоки приема тонального вызова (ПТВ) индивидуальны для каждого канала: они настраиваются на одну из частот, присваиваемую данному пункту, в диапазоне 0,54…3,18 кГц через 0,12 кГц. При приеме вызова от ПТВ в сторону канала посылается сигнал частотой 0,42 кГц, который информирует вызывающий пункт о приеме вызова. Вызов НУП по каналу УСС осуществляется тональной частотой 1020 кГц или голосом. Канал аварийной УСС организуется по фантомным цепям только на линиях многочетверочного кабеля в полосе частот 0,3…1,8 кГц. Оборудование канала АСС обеспечивает усиление и коррекцию амплитудно-частотных искажений принимаемого сигнала, вызов НУП с обслуживаемого пункта тональной частотой 1020 кГц либо голосом, прием вызова с НУП голосом через регулируемый усилитель на громкоговоритель.

В аппаратуре обслуживаемых пунктов комплекса “Азур” имеется оборудование для каналов ПСС и УСС: блоки ПСС, УСС, дифсистем и вызова (ДСВ ПСС, ДСВ УСС), громкоговоритель, переговорно-вызывное устройство (ПВУ).

В аппаратуре комплекса “Топаз” имеется обрудование только для одного канала служебной связи, аналогичного УСС, но обеспечивающего связь между всеми пунктами линии на транзитном участке по ТЧ.

28.3. Система функционального контроля

28.3.1. Содержание функционального контроля

Система функционального контроля предназначена для увеличения надежности действия, улучшения условий и качества эксплуатации МСП при одновременном снижении эксплуатационных затрат. Функциональный контроль – это контроль, при котором оценивается работоспособность проверяемой системы передачи или составляющих ее трактов, отдельных узлов и элементов аппаратуры. При функциональном контроле количественные характеристики выходных параметров проверяемой аппаратуры не измеряются.

Функциональный контроль полевых и стационарных систем передачи включает: контроль линейного тракта, контроль групповых трактов, контроль генераторного оборудования, контроль устройств электропитания, контроль системы дистанционного питания НУП, контроль состояния аппаратуры всех пунктов линии. Нарушение нормального функционирования контролируемых объектов отражается соответствующей местной и обобщенной оптической и акустической сигнализацией (эксплуатационной или аварийной) с возможностью передачи ее на устройства сигнализации, расположенные вне аппаратуры (рабочие места дежурной смены ЦКО, ЛАЗ или узла связи).

Функциональный контроль состояния линейных и групповых трактов производится по соответствующим контрольным частотам приборами системы АРУ.

Функциональный контроль исправности генераторного оборудования, устройств (блоков) электропитания и других узлов аппаратуры обеспечивается оптической сигнализацией при недопустимом изменении выходных параметров этих устройств, блоков (пропадание или уменьшение уровней выходных сигналов, пропадание или уменьшение питающих напряжений и др.).

Наиболее важные устройства аппаратуры обычно имеют резерв (генераторное оборудование, источники питания), и при нарушении режимов работы вместо них включаются резервные устройства. В этом случае функциональный контроль обеспечивает сигнализацию аварии основного оборудования и переход на резервные устройства.

Особое значение для систем передачи имеет система дистанционного контроля (телеконтроля) состояния промежуточных линейных усилителей (ОУП, НУП), участков кабельной линии и линейного тракта. Система телеконтроля

разабатывается для конкретных систем передачи. Ниже она рассмотрена для СП К-60П, П-306, ПКЛ-296/330-60.

28.3.2. Система телеконтроля К - 60П

Система телеконтроля К - 60П включает два вида устройств: устройства телеконтроля (ТК) и устройства телемеханики (ТМ).

Устройства ТК предназначены для периодического проведения дистанционного контроля за прохождением сигналов по линейному тракту и за величиной нелинейных искажений линейных усилителей (ЛУС) ОУП и НУП или части линейного тракта системы передачи (контроля линейности ЛУС или линейного тракта). Этот контроль позволяет вести прогнозирование отказов (повреждений) усилителей, своевременно выявлять и устранять неисправности в линейном тракте, что в целом обеспечивает надежность работы системы передачи и бесперебойность действия связи.

Организация телеконтроля предусматривает взаимодействие устройств ТК НУП с устройствами ТК ОУП (ОП). На всех НУП СП К-60П устанавливаются генераторы тока контрольной измерительной частоты (ГК). Обычно применяются частоты, расположенные выше линейного спектра частот СП. Для НУП К-60П – это частота f_3 = 275 кГц, которая при измерениях подключается на вход ЛУС НУП дистанционно от ОУП (ОП) с помощью устройств телемеханики. В ОУП (ОП) устанавливается передвижной пульт устройств ТК (УТК-ОУП), в составе которого имеются генераторы контрольно-измерительных частот (номиналы: f_1 = 252,1; f_2 = 253,05; f_3 = 275 и f_4 = 276 кГц) и приемное устройство ПУ (селективный измеритель уровня) на фиксированные частоты f_3 = 275 кГц,

$2f_2$- f_1 = 255 кГц и 2 f_4- f_3 = 277 кГц.

Принцип телеконтроля иллюстрируется на рис.28.12: а) секция ОУП-ОУП К-60П (одно направление); б) линейный спектр и частоты телеконтроля.

Для контроля прохождения сигналов по линейному тракту поочередно включаются генераторы (Г) частоты контроля НУП, начиная с ближайшего к ОУП-2, а на выходе ЛУС ОУП-2 с помощью ПУ измеряются уровни токов частоты f_3= 275 кГц. По отклонению измеряемого уровня от номинального, измеренного при настройке системы передачи и записанного в электрическом паспорте, можно судить о возможных неисправностях в НУП. ПУ включается перед входом ФНЧ Д-268, который разделяет соседние участки ОУП - ОУП по току этой частоты телеконтроля. Поэтому такой контроль можно проводить одновременно на всех участках ОУП-ОУП линейного тракта.

Контроль линейности части линейного тракта на секции ОП-ОУП, ОУП-ОУП или однородного (транзитного) участка проводится по комбинации третьего порядка $2f_2–f_1$=255 кГц. При этом токи частот f_1=252,1 кГц и f_2=253,05 кГц подаются на вход ЛУС ОП (ТП) или ОУП, а их уровень на выходе

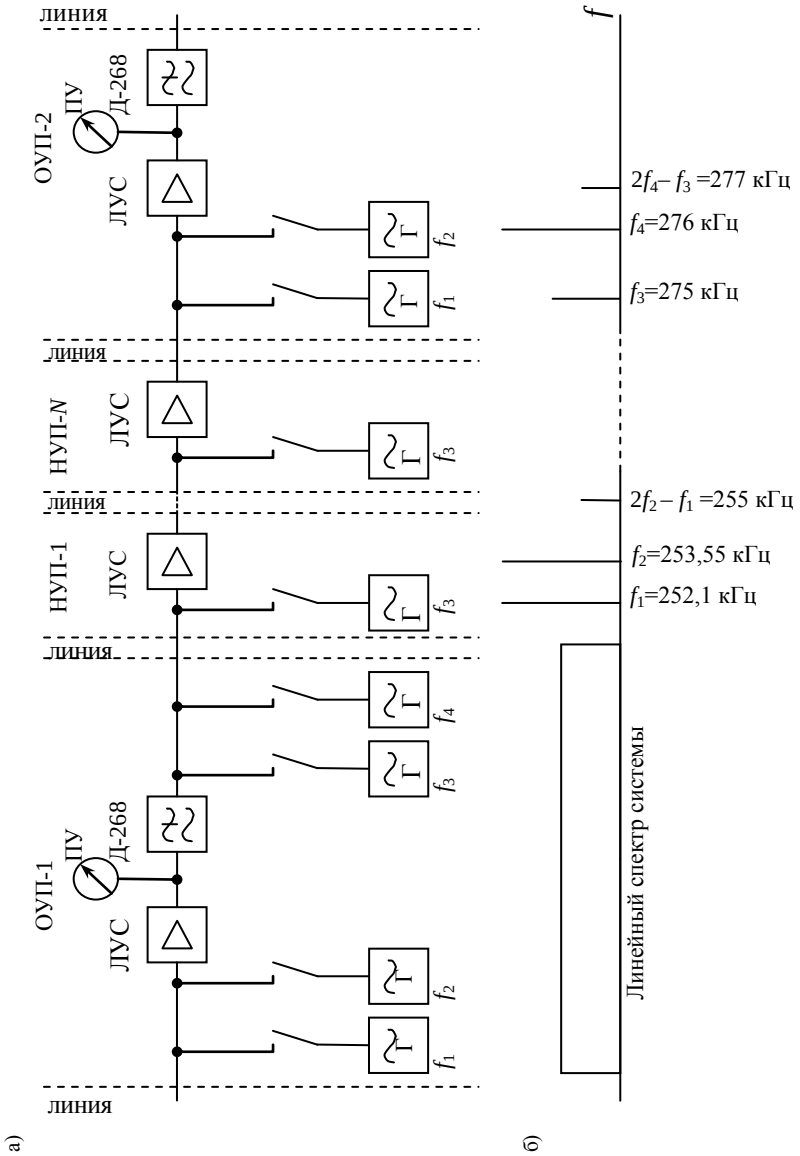

Рис.28.12

ЛУС устанавливается одинаковым p_{f1} = p_{f2}= +4,5 дБм. Измеренный уровень мощности контролируемого продукта на выходе тракта сравнивается с номинальным уровнем, измеренным или вычисленным при условии, что все усили-

тели, входящие в линейный тракт, исправны, то есть затухание нелинейности по третьей гармонике в ТОНУ каждого ЛУС не хуже заданного по техническим условиям (обычно $a_{3го} \geq 109$ дБ).

Расчет номинального уровня производится в следующей последовательности. В соответствии с таблицей 8.1 (см. гл.8) мощность нелинейных продуктов третьего порядка на выходе одного усилителя

$$P_{(2f_2-f_1)} = 9 \cdot P_2^{\,2} \cdot P_1 \cdot 10^{-0,1 a_{3Г0}} \qquad (28.1)$$

При наличии в тракте N усилителей эта мощность умножается на N^2 (продукты первого рода суммируются по напряжению). Логарифмируя выражение (28.1), умноженное на N^2, получаем расчетную формулу для уровня контролируемого продукта нелинейности на выходе тракта с N усилителями

$$p_{(2f_2-f_1)} = 2p_2 + p_1 - a_{3Г0} + 9,6 + 20 lg\, N\,. \qquad (28.2)$$

Расчеты дают значение уровня комбинационного продукта третьего порядка первого рода на транзитном участке по ТЧ (число усилителей N=130)

$p_{(2f2-f1)} \approx -43,5$ дБм0, а на секции ОУП-ОУП (максимальное число НУП N=14) $p_{(2f2-f1)} = -63$ дБм0.

Для оценки линейности тракта по измеренному уровню этого продукта нелинейности можно ориентироваться на данные расчетов, которые показывают, что увеличение уровня продукта всего на 2 дБ относительно рассчитанного свидетельствует о понижении затухания нелинейности одного из N усилителей на 30,5 дБ в линейном тракте на транзитном участке по ТЧ и на 13 дБ – на секции ОУП-ОУП. Таким образом, оценка линейности тем точнее, чем меньше усилителей в линейном тракте.

Контроль линейности секции ОУП-ОУП или отдельного НУП проводится также по измерению уровня комбинационного продукта нелинейности вида

$2f_4$-f_3=277 кГц. В этом случае уровень тока частоты на выходе ЛУС предыдущего ОУП (ОП) устанавливается $p_{f3} = -8,7$дБ, $p_{f4} = +4,5$ дБ, номинальный уровень продукта нелинейности в соответствии с расчетом по формуле (28.2) при N = 14 на выходе секции $p_{(2f4-f3)} = -76$ дБ. При измерении линейности ЛУС одного из НУП на секции ОУП-ОУП частота f_4 = 276 кГц устанавливается на выходе ЛУС предыдущего ОУП (ОП) с уровнем +4,5 дБ, а частота f_3 = 275 кГц включается на вход контролируемого НУП по команде (через устройство телемеханики) от ОУП, где измеряется продукт нелинейности. Измерения по току комбинационного продукта частотой 277 кГц можно проводить на любой секции ОУП-ОУП одновременно, так как секции по этой частоте разделены фильтрами нижних частот Д-268.

Следует в заключение заметить, что описанные измерения достаточно громоздки, проводятся вручную и требуют значительного времени.

Система телемеханики СП К-60П работает по каналу телемеханики в полосе частот 4,1…7,7 кГц (выше спектра канала УСС) и предназначена для передачи

на НУП сигналов управления и получения от НУП извещения о состоянии помещения, о понижении давления в кабеле и баллоне с воздухом.

Система телемеханики состоит из устройства телемеханики обслуживаемого пункта (УТМ ОУП) и устройств телемеханики НУП (блоки ТМ НУП).

Проверка с ОУП (ОП) работоспособности линейного тракта или отдельных усилителей НУП (до 7 НУП в полусекции) осуществляется посылкой от УТМ-ОУП частот управления (частот запроса) для каждого из 7 НУП, начиная с ближнего, от 6 до 4,56 кГц через 240 Гц. Каждая частота управления воспринимается только тем НУП, приемный фильтр в цепи приема канала ТМ которого настроен на данную частоту. В НУП с приходом частоты управления исполнительные устройства ТМ НУП включают на вход ЛУС контрольно-измерительную частоту 275 кГц для проверки тракта или самого ЛУС и вырабатывают сигналы извещения о состоянии НУП для передачи на запрашивающий ОУП (ОП). Система ТМ (совместно ТМ-ОУП и ТМ-НУП) может работать в ручном или автоматическом режиме. Цикл проверки 14 НУП (по 7 в обе стороны от ОУП) составляет 28 ± 0,5 с. Отображение информации осуществляется светодиодами на панели ТМ-ОУП.

28.3.3. Система телеконтроля П-306 и П-330-60

Системы телеконтроля стационарной системы передачи П-306 и полевой системы передачи П-330-60 по принципу действия идентичны, поэтому могут быть рассмотрены совместно. Обе системы телеконтроля включают две части: участковый (УТК) и постанционный (ПТК) телеконтроль.

УТК обеспечивает дистанционный контроль от обслуживаемых пунктов состояния НУП и линии на секции ОП(ОУП) – ОУП(ОП). Информация о видах состояния НУП отображается соответствующей оптической сигнализацией: норма, дверь (открывание двери, люка), вода (попадание воды в помещение НУП), авария участка (пропадание контрольной частоты НУП из-за повреждения кабеля направления А-Б или Б-А), исчерпание пределов АРУ по КЧ НУП и др. Сигналы состояния НУП подаются встроенными датчиками НУП. Система УТК П-306 контролирует от ОП (ОУП) до 14 НУП каждой из 8 систем передачи 4-четверочной 2-кабельной линии. Система УТК П-330-60 обеспечивает контроль от ОП (ОУП) до 8 НУП и противоположного ОУП или ОП ПКЛ-296/330-60.

ПТК обеспечивает дистанционный контроль от оконечного или транзитного пункта состояния ОУП, включая и противоположный ОП (ТП) с отображением следующих видов состояния: норма, авария секции ДП (авария НУП, повреждение кабеля), авария станции (пропадание электропитания) и др. На стационарных кабельных линиях П-306 обеспечивается телеконтроль до 8 объектов, на полевых кабельных линиях П-330-60 – до 10 объектов.

В основу работы УТК и ПТК положен принцип временного разделения сигналов запроса и ответов, содержащих информацию о состоянии контролируемых объектов.

В системе УТК П-306 сигналы телеконтроля передаются по каналу НЧ (выше спектра канала УСС) на частотах 6,7 кГц (запрос) и 4,8 кГц (ответы). В системе УТК П-330-60 запрос передается прерыванием парой импульсов КЧ-НУП 266 кГц, ответы – в виде кодовых групп пульсов прерыванием частоты телеконтроля 269 кГц. Ответы передаются в запрашивающий пункт последовательно от всех НУП в соответствии с их номерами на секции ДП.

В системах ПТК П-306 и П-330-60 запрос передается импульсами на частоте 262 кГц, а ответы с ОУП – импульсами в виде кодовых групп на частоте 261 кГц. Следует иметь в виду, что система передачи П-330-60 двухполосная, и указанные частоты телеконтроля УТК и ПТК относятся к нижней группе частот. В верхнюю группу частот они преобразуются на несущей частоте 564 кГц.

Описанный принцип работы систем УТК и ПТК определяет структурную схему и состав оборудования на всех пунктах линии передачи. Каждый пункт включает комплект устройств (блоков), обеспечивающих посылку и прием сигналов запроса, формирование и посылку кодовых групп ответа о состоянии объекта, прием сигналов ответа и отображение результатов контроля.

В качестве иллюстрации на рис.28.13 приведена упрощенная структурная схема системы телеконтроля СП П-306, где показаны: фантомный канал УСС, образуемый по четверкам кабеля с помощью линейных трансформаторов ЛТ1, ЛТ2 и фантомных трансформаторов ФТ; на ОП и ОУП – блоки (панели) УТК-1 и УТК-2, обеспечивающие телеконтроль НУП (на ОУП два комплекта для двустороннего контроля), блок ПТК, обеспечивающий телеконтроль ОУП и блок ОПТК (ответчик ПТК), формирующий сигналы о своем состоянии (на ОУП два блока для ответа в обе стороны); на НУП – два блока УТК, обеспечивающие с обеих сторон прием запросов, сбор и обработку информации от датчиков НУП и передачу сигналов ответа о своем состоянии на обслуживаемые пункты; цепи прохождения частот запроса и ответа УТК и ПТК.

Принцип работы системы УТК демонстрирует временная диаграмма на рис. 28.14. Цикл контроля УТК (Tц = 21с) включает (после двух импульсов запроса частотой 6,7 кГц) 16 временных подциклов объектов контроля, 14 из которых используются для передачи сигналов состояния 14 НУП секции ДП (общая длительность примерно 19с), а два последних – для сброса ответчика в исходное (ждущее) состояние. Подциклы ответа (пцо) каждого НУП (Tпцо около 0,7с) содержат кодовые группы сигналов о состоянии камеры НУП и каждой из 8 систем передачи: нулевой подцикл включает стартовую пару импульсов и 4 разряда, соответствующих при передаче в них логической единицы определенному виду аварии в камере НУП.

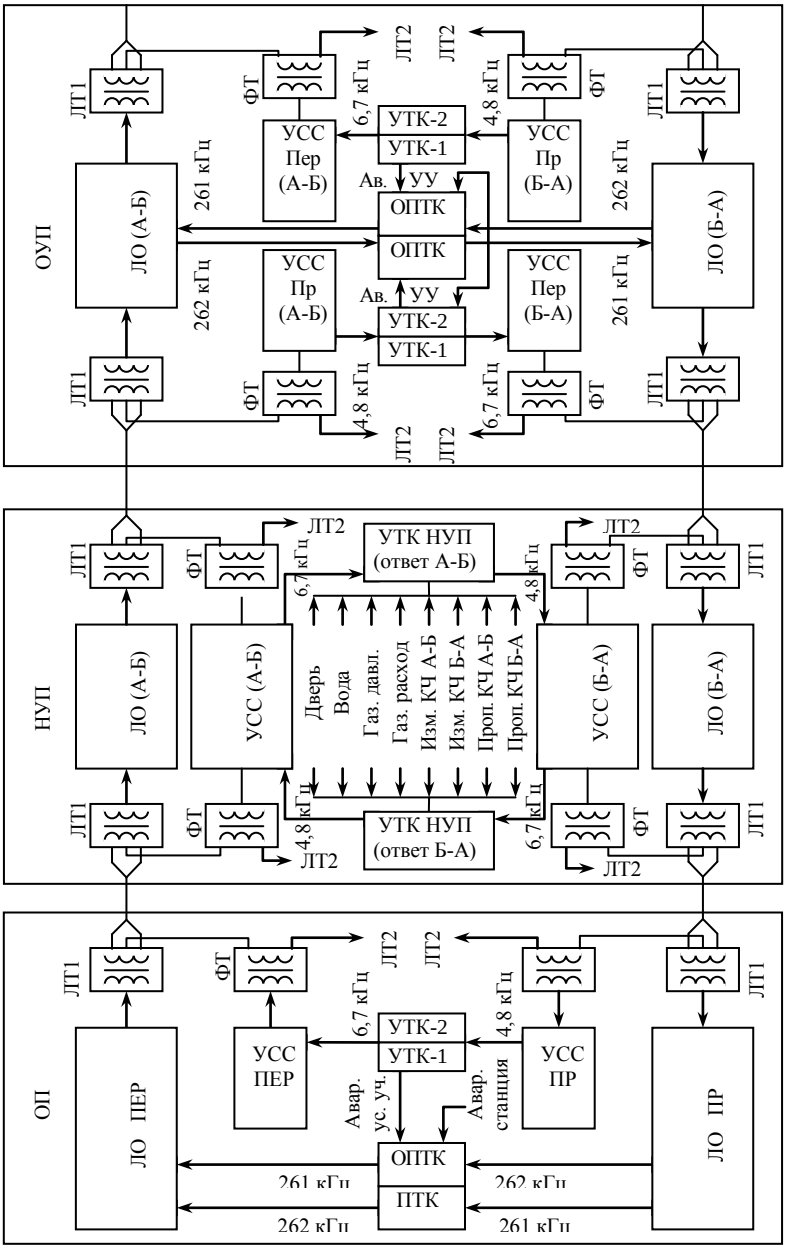
ОУП
ЛТ1
ЛО (А-Б)
261 кГц
262 кГц
ФТ
УСС Пер (А-Б)
УСС Пр (А-Б)
6,7 кГц
4,8 кГц
ЛТ2
УТК-2
УТК-1
Ав.
УУ
ОПТК
ОПТК
УСС Пр (Б-А)
УСС Пер (Б-А)
ЛО (Б-А)
НУП
УТК НУП (ответ А-Б)
УТК НУП (ответ Б-А)
УСС (А-Б)
УСС (Б-А)
Дверь
Вода
Газ. давл.
Газ. расход
Изм. КЧ А-Б
Изм. КЧ Б-А
Проп. КЧ А-Б
Проп. КЧ Б-А
ОП
ЛО ПЕР
УСС ПЕР
УСС ПР
ЛО ПР
Авар. ус. уч.
Авар. станция
ПТК

Рис.28.13

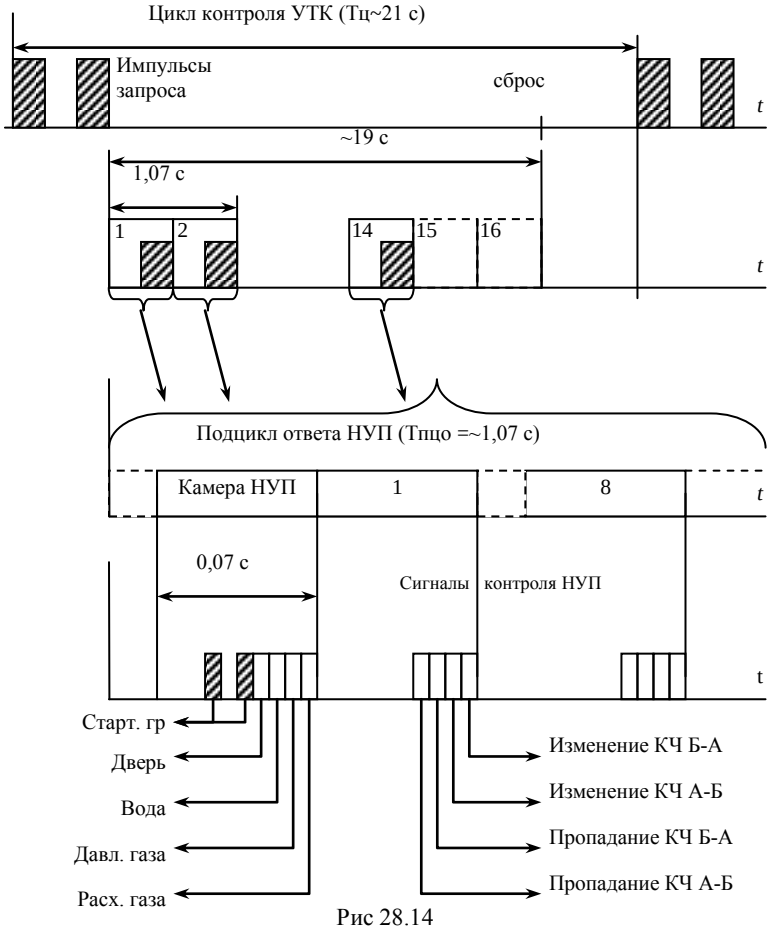

Рис 28.14

Подциклы 1-8 содержат 4 разряда для передачи сигналов о состоянии усилителей обоих направлений восьми систем передачи. Сигналы ответов (логические единицы в соответствующих разрядах) передаются в виде радиоимпульсов частотой 4,8 кГц.

Аналогичный принцип работы и системы ПТК, диаграмма работы которой приведена на рис.28.15. Цикл контроля ПТК ($T_ц$ =3,07 с) после радиоимпульсов запроса на частоте 262 кГц включает временные интервалы для размещения сигналов ответа восьми объектов (ОУП) контроля. Сигналы ответа передаются радиоимпульсами частотой 262 кГц. В конце цикла контроля ответчики всех объектов сбрасываются в исходное (ждущее) состояние.

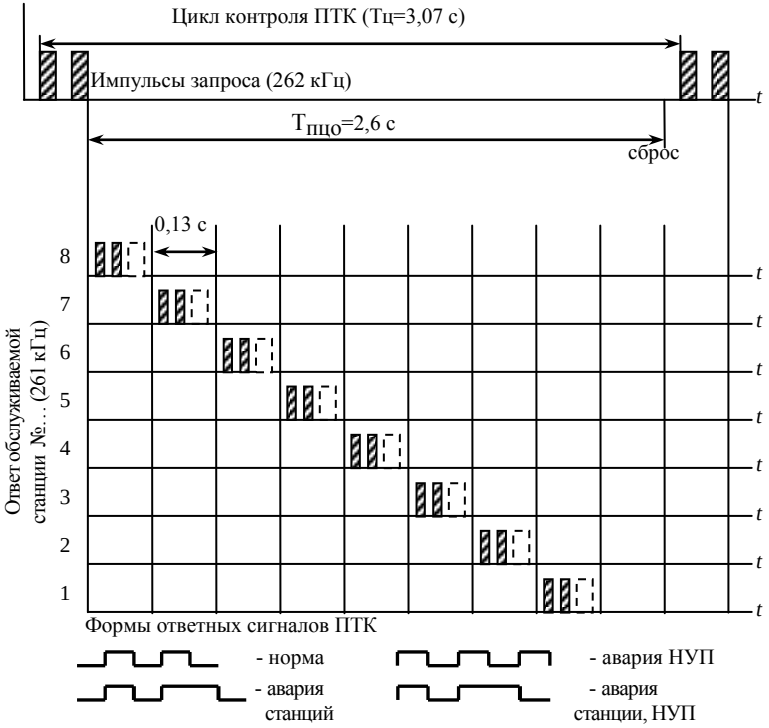

Рис. 28.15

28.3.4. Телеконтроль кабеля по цепям дистанционного питания

Дистанционное определение поврежденного усилительного участка (обрыв или короткое замыкание цепей кабеля) применяется на полевых одночетверочных кабельных линиях комплексов “Топаз” и “Азур”. Принцип работы такого телеконтроля рассмотрим по упрощенной схеме рис.28.16.

На схеме показано дистанционное питание от оконечного пункта ОП полусекции из пяти НУП, так как переключатель режима ДП НУП-5 находится в оконечном режиме (здесь осуществляется шлейф цепи ДП), остальные НУП – в промежуточном режиме ДП. Поэтому состояние линии на этих пяти усилительных участках будет контролироваться от ОП, а остальные участки – от противоположного обслуживаемого пункта.

Определение поврежденного участка производится с помощью прибора ОПУ (определитель поврежденного участка), который включается в ОП и ОУП, осуществляющих дистанционное питание НУП. Подключение ОПУ производится вручную (на линиях комплекса “Топаз”) или автоматически (на линиях комплекса “Азур”) в случае аварии цепи ДП. В состав схемы ОПУ входит питающее устройство ПИТ и стрелочный измерительный прибор или логическая схе-

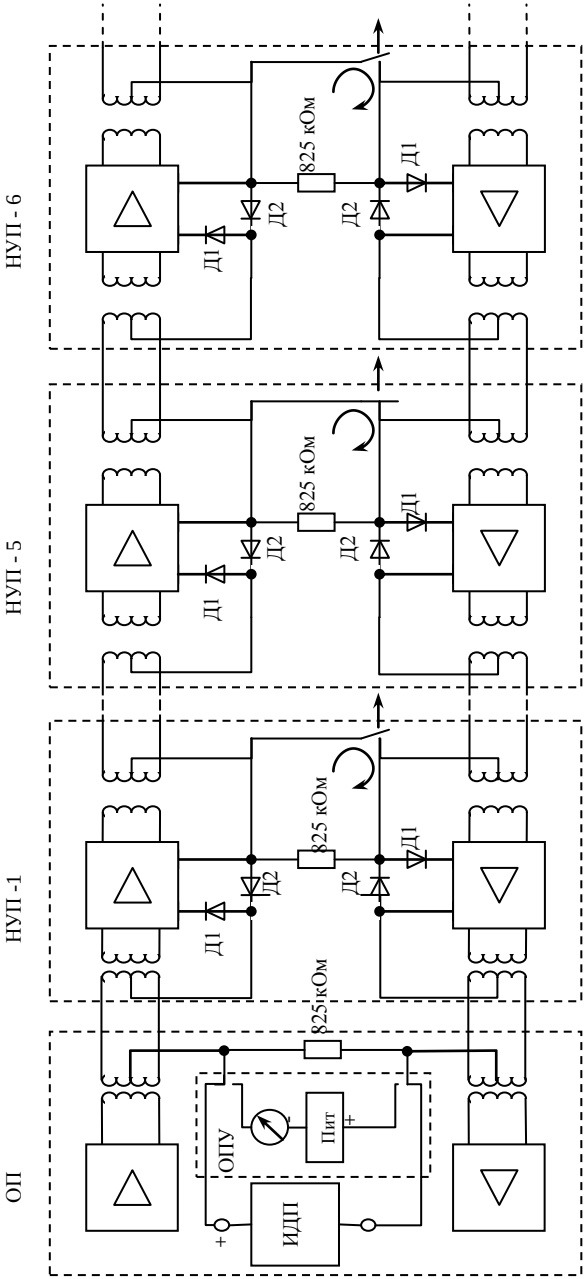
ОП
НУП -1
НУП - 5
НУП - 6
825 кОм
825 кОм
825 кОм
825 кОм
Д1
Д2
ОПУ
Пит
ИДП
+
-

Рис.28.16

ма с пороговыми устройствами и индикаторами (светодиоды). При нормальном состоянии линии по средним точкам двух цепей кабеля от источника ДП (ИДП) последовательно обеспечивается питание усилителей обоих направлений НУП полусекции через диоды Д1. На ОП, ОУП и НУП параллельно цепи ДП включены высокоомные резисторы 825 кОм.

При повреждении любого из усилительных участков источник ДП отключается, и в средние точки подается от ОПУ стабилизированное напряжение с полярностью, обратной полярности напряжения ДП. Создается цепь, в которую последовательно включены прибор ИП или логическая схема ОПУ и общее сопротивление параллельно включенных высокоомных резисторов на ОП (ОУП) и НУП (через диоды Д2). В зависимости от сопротивления этой цепи изменяется и протекающий по ней ток. Значение тока имеет максимальную величину при коротком замыкании (КЗ) на первом участке и минимальную (ток отсутствует) при обрыве на этом же участке. Такие повреждения на других участках будут соответствовать другим значениям тока. По величине тока градуируется измерительный прибор ОПУ в значениях места и характера повреждения КЗ1, КЗ2,…, обрыв 1, обрыв 2,…, где число обозначает номер поврежденного участка. В логической схеме ОПУ при разных значениях тока срабатывают соответствующие пороговые устройства, которые включают светодиоды с обозначением номера участка и вида повреждения. Если при исправной линии выключить ДП и подключить ОПУ, то определитель должен обозначить КЗ на том участке, где осуществляется шлейф по цепи ДП – это свидетельствует об исправности линии данной полусекции ДП.

Описание аппаратуры систем передачи и систем обеспечения их функционирования приведено в соответствующих учебных пособиях, включенных в список литературы [20…25], и в заводской эксплуатационной документации.

28.4. Система защиты от опасных напряжений

Источниками опасных напряжений для проводных линий и аппаратуры систем передачи являются разряды молний, высоковольтные линии электропередачи, контактные сети электрофицированных железных дорог, а в военное время электромагнитные излучения ядерных взрывов. Под действием этих источников между каждым проводом цепи и землей возникает напряжение, называемое продольным. За счет асимметрии цепей продольные напряжения отдельных проводов оказываются неодинаковыми, и между проводами появляется поперечное напряжение, равное разности продольных. Продольные напряжения опасны для изоляции кабеля и аппаратуры, поперечные – в первую очередь для транзисторов и микросхем. Цепи транзисторов и микросхем также подвержены опасному влиянию переходных процессов и помех в цепях дистанционного питания. С учетом статистических параметров электромагнитных импульсов пе-

речисленных выше источников современная аппаратура рассчитывается на импульсное воздействие с амплитудой напряжения до 15 кВ и тока до 1 кА, при длительности импульса 50 мс и времени его нарастания 10 мс. В то же время у транзисторов (в том числе в микросхемах) максимально допустимое напряжение база-эмиттер не превышает долей вольта или нескольких вольт, а напряжение коллектор-эмиттер – нескольких десятков вольт. Для обеспечения столь глубокого подавления опасного напряжения в настоящее время используются многоступенчатые системы защиты.

На рис. 28.17 приведена схема трехступенчатой защиты для симметричного кабеля и усилителей ОУП, НУП.

Первая ступень защиты из мощных импульсных разрядников РИ-1 и РИ-2 предназначена для защиты кабеля и ограничения энергии, поступающей на следующую ступень защиты. Разрядники РИ-1 и РИ-2 в зависимости от типа имеют статическое напряжение пробоя 600…1300 В, динамическое напряжение пробоя (при скорости нарастания импульса 3…4 кВ/мкс) 3…4 кВ и пропускают импульсы тока 1…3 кА. Так, разрядники типа Р-34 понижают наведенное напряжение до 1000 В.

Во второй ступени защиты разрядники РИ-3 защищают входы и выходы аппаратуры от чрезмерных поперечных напряжений. Разрядники РИ-3 также в зависимости от типа имеют статическое напряжение пробоя 80…100 В и пропускают импульсы тока 1…3 кА. Так, разрядники типа Р-4 понижают напряжение до 80 В. Все разрядники в закрытом виде имеют сопротивление изоляции не менее 100 МОм и емкости не более 5…10 пФ, поэтому практически не оказывают влияния на цепи передачи сигналов линейного спектра частот.

Третья ступень защиты ограничивает опасное напряжение непосредственно на транзисторах линейного усилителя. Она должна срабатывать при напряжениях несколько выше амплитуды сигналов связи. Защита усилителя по входу обычно выполняется в виде ограничителя амплитуд на диодах Д1, Д2 с порогом ограничения 0,5…0,7 В и допустимым импульсным током 1…2 А. Для выходной цепи нужен ограничитель амплитуд с порогом ограничения от нескольких вольт до нескольких десятков вольт, который чаще всего выполняется на стабилитронах Д3, Д4.

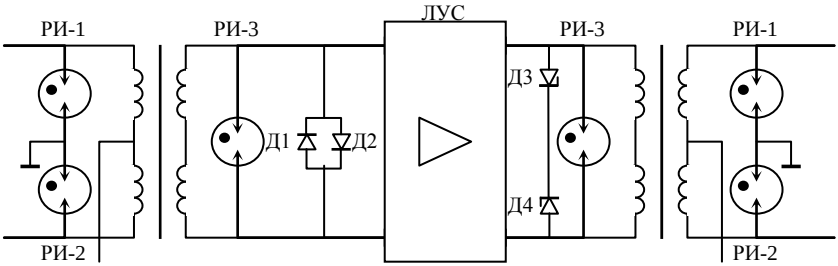

Рис. 28.17

При отсутствии мешающего напряжения устройства защиты не должны влиять на параметры усилителя – его мощность, шумы, входное и выходное сопротивление. Это требование отчасти обеспечивается включением элементов защиты непосредственно на входе первого каскада и выходе последнего каскада усилителя. В этом случае они оказываются охваченными глубокой отрицательной обратной связью, что делает параметры усилителя почти независимыми от свойств его усилительной части.

Опасные помехи в цепях питания вызываются как внешними источниками, так и переходными процессами при включении, выключении, обрыве и коротком замыкании цепи ДП. В таких случаях токи и напряжения ДП могут приобрести характер колебательного процесса с большой амплитудой. Защита линейных усилителей НУП в цепях питания осуществляется с помощью специальных защитных устройств (ЗУ). Вариант схемы такого ЗУ приведен на рис. 28.18.

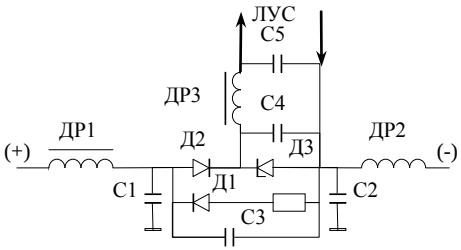

Рис. 28.18

Фильтры НЧ Др1-С1 и ДР2-С2 уменьшают мощность наведенных импульсных помех за счет ограничения их частотного спектра. Импульс помехи, совпадающий по полярности с полярностью тока ДП, ограничивается стабилитроном Д3, а противоположной полярности шунтируется диодом Д1. Фильтр С4-Др3-С5 улучшает фильтрацию тока ДП от паразитных пульсаций.