

Министерство транспорта Российской Федерации
Самарская государственная академия путей сообщения

Н.Е. Федоров

**СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ
АВТОБЛОКИРОВКИ
С ТОНАЛЬНЫМИ РЕЛЬСОВЫМИ ЦЕПЯМИ**

Учебное пособие для студентов специальности
"Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте"

Рекомендовано учебно-методическим объединением
в качестве учебного пособия для вузов железнодорожного транспорта

Самара 2004

УДК 656.256.3:656.259.12

Ф33

Рецензенты:
Зам. руководителя Департамента автоматики
и телемеханики ОАО "РЖД"

Г.Д. Казиев

Профессор, зав. кафедрой "Автоматика и телемеханика
на железнодорожном транспорте" РГОТУПС,

А.В. Горелик

Доктор техн. наук, профессор кафедры "Автоматика и телемеханика
на железнодорожном транспорте" МИИТ

П.Ф. Бестемьянов

Федоров Н.Е.

Ф33 Современные системы автоблокировки с тональными рельсовыми цепями: Учебное пособие. – Самара: СамГАПС, 2004. - 132 с.

ISBN 5-901267-63-X

В учебном пособии рассмотрены особенности и принципы построения современных систем автоматической блокировки, показаны логика и пути их развития. Особое внимание уделено аппаратуре и схемам рельсовых цепей тональной частоты, а также системам автоблокировки на их основе. Приведено большое количество принципиальных схем изучаемых устройств в соответствии с действующими типовыми проектными решениями с учетом последующих указаний ГТСС.

Пособие предназначено для студентов специальности 210700 в качестве учебного материала, а также для использования при курсовом и дипломном проектировании.

Учебное пособие может быть полезным работникам хозяйства СЦБ.

УДК 656.256.3:656.259.12

ISBN 5-901267-63-X

© Самарская государственная
академия путей сообщения, 2004, 2006

© Федоров Н.Е., 2004, 2006

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
1. ОСОБЕННОСТИ И ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ПЕРЕГОННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ	8
1.1. Особенности перегонных систем железнодорожной автоматики и телемеханики	8
1.2. Диалектика и пути развития систем автоблокировки	11
1.3. Анализ кодовой автоблокировки	16
1.4. Новые системы автоматической блокировки	20
2. РЕЛЬСОВЫЕ ЦЕПИ ТОНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ	37
2.1. Этапы развития тональных рельсовых цепей.	37
2.2. Принципы построения и эффективность ТРЦ.	39
2.3. Особенности расчета ТРЦ	43
2.4. Схемы и аппаратура ТРЦ	44
2.4.1.Обобщенная схема тональной рельсовой цепи	44
2.4.2.Аппаратура ТРЦ3	47
2.4.3.Особенности и аппаратура рельсовых цепей ТРЦ4	57
2.4.4.Схемы устройств согласования и защиты	60
3. РАЗНОВИДНОСТИ СИСТЕМ АВТОБЛОКИРОВКИ С ТОНАЛЬНЫМИ РЕЛЬСОВЫМИ ЦЕПЯМИ.	64
4. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АБТ	74
4.1. Структурная схема и достоинства системы АБТ	74
4.2. Путь план перегона	77
4.3. Схемы рельсовых цепей и кодирования АЛС	82
4.4. Линейная цепь увязки проходных светофоров	86
4.5. Схемы управления огнями светофоров	88
4.6. Увязка автоблокировки со станционными устройствами	90
4.6.1.Схемы увязки по пути приема	90
4.6.2.Схемы увязки по пути отправления	92
4.7. Увязка с переездными устройствами	93
4.8. Схема исключения разрешающего сигнала на светофоре при потере шунта	97

5. АВТОБЛОКИРОВКА С ТОНАЛЬНЫМИ РЕЛЬСОВЫМИ ЦЕПЯМИ И ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫМ РАЗМЕЩЕНИЕМ АППАРАТУРЫ	101
5.1. Особенности и структурная схема системы АБТЦ	101
5.2. Размещение оборудования и кабельная сеть	104
5.3. Рельсовые цепи системы АБТЦ	108
5.4. Схемы управления огнями светофоров	113
5.5. Схемы кодирования рельсовых цепей	115
5.6. Замыкание и разделка перегонных устройств	121
5.7. Назначение и схемы линейных цепей	124
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	129
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	130

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

АБ – автоматическая блокировка.

АБ-Е – класс систем автоматической блокировки единого ряда на современной элементной базе.

АБТ – автоблокировка с тональными рельсовыми цепями.

АБТЦ – автоблокировка с тональными рельсовыми цепями и централизованным размещением аппаратуры.

АЛС – автоматическая локомотивная сигнализация.

АЛСМ – многозначная (частотная) автоматическая локомотивная сигнализация.

АЛСО – система автоматической локомотивной сигнализации, как основное средство регулирования движения поездов.

БРЦ – бесстыковая рельсовая цепь.

БУ – блок-участок.

ДТ – дроссель-трансформатор.

ЗУ – защитный участок.

ИС – изолирующие стыки.

КАБ – кодовая автоматическая блокировка числового кода.

КРЛ – контроль рельсовой линии.

КЭБ – кодовая автоматическая блокировка числового кода на электронных элементах.

ПАБ – полуавтоматическая блокировка.

ПСБ – участок с пониженным сопротивлением изоляции (балласта) рельсовой линии.

РЛ – рельсовая линия.

РЦ – рельсовая цепь.

СЖАТ – системы железнодорожной автоматики и телемеханики.

СУ – сигнальная установка автоматической блокировки.

ТРЦ – рельсовая цепь тональной частоты (тональная рельсовая цепь).

УСАБ – унифицированная самопроверяемая система автоматической блокировки.

УСЗ – устройства согласования и защиты.

ЦАБ – автоблокировка с централизованным размещением аппаратуры.

ЧАБ – частотная автоблокировка.

ВВЕДЕНИЕ

Системы автоматической блокировки изучаются в рамках дисциплины "Автоматика и телемеханика на перегонах" и относятся к классу систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ). Системы СЖАТ предназначены для регулирования движения поездов с целью решения таких важных задач как обеспечение безопасности движения поездов и повышение эффективности перевозочного процесса. Внедрение указанных систем на железнодорожном транспорте существенно повышает уровень безопасности движения, повышает пропускную способность участков и участковую скорость, что приводит к снижению себестоимости перевозок. Кроме того, внедрение этих систем уменьшает штат эксплуатационных работников, повышает культуру труда, исключает ряд железнодорожных профессий с наиболее тяжелыми и опасными условиями труда.

Проблема обеспечения безопасности движения поездов возникла одновременно с появлением железнодорожного транспорта. Первые механические и электромеханические устройства не обеспечивали достаточного уровня безопасности движения и надежности функционирования, сдерживали процесс увеличения скоростей и интенсивности движения. Только последующее развитие электротехники и электроники позволило решить эту задачу достаточно эффективно.

Системы СЖАТ на российском железнодорожном транспорте с учетом высокой интенсивности движения поездов получили самое широкое распространение. В связи со спецификой систем железнодорожной автоматики долгое время применялись устройства, реализованные на контактных электромагнитных реле с использованием рельсовых цепей постоянного и переменного тока промышленной частоты. Построение схем на электромагнитных реле было вызвано сложностью реализации электронных аналогов реле 1-го класса надежности, не имеющих опасных отказов.

Последние десятилетия характеризуются интенсивной разработкой и внедрением устройств СЖАТ, реализованных с использованием современных достижений микроэлектроники, микропроцессорной техники, теории передачи и обработки сигналов, теории рельсовых цепей. Большой вклад в разработку таких систем внесли ученые и проектировщики научных институтов ВНИИЖТ, ВНИИАС, ГТСС и отраслевых учебных ВУЗов. Так, в частности, были разработаны и внедрены в эксплуатацию электронные системы автоблокировки, компьютерная централизация стрелок и сигналов, микропроцессорные системы горочной автоматики и диспетчерской централизации, системы с рельсовыми цепями тональных частот.

Стремительное развитие и сложность систем СЖАТ, их ответственность за безопасность движения поездов и необходимость поддержания постоянной

работоспособности систем требуют непрерывного повышения качества подготовки специалистов для обслуживания этих устройств.

Студент в процессе обучения должен не просто изучить схемы действующих устройств, но и усвоить логику их построения с учетом специфики систем, ответственных за безопасность движения поездов, понять перспективы развития устройств СЖАТ. При этом необходимы достаточно глубокие знания в области теоретических основ автоматики и телемеханики, теории передачи сигналов, электроники и микропроцессорной техники. Кроме того, специалист должен быть готов к самостоятельному овладению новой техникой.

Будущая профессиональная деятельность студентов специальности "Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте" требует от них не только знаний принципов построения эксплуатируемых устройств, но и понимания физики процессов, протекающих в электрических цепях и электронных схемах, назначения и роли отдельных узлов и элементов. Только в таком случае гарантируется грамотное техническое обслуживание устройств, оперативное обнаружение и устранение неисправностей без задержек поездов.

Сложность изучения современных систем железнодорожной автоматики в немалой степени обусловлена отсутствием учебной и технической литературы по этим вопросам.

В данном учебном пособии рассматриваются современные системы автоблокировки с тональными рельсовыми цепями и проводится анализ работы принципиальных схем.

В первом разделе учебного пособия рассмотрены особенности перегонных устройств, диалектика и перспективы их развития, дан анализ традиционной автоблокировки числового кода, рассмотрены принципы построения новых систем. Этот материал должен способствовать лучшему пониманию логики и путей развития систем автоблокировки, а также предназначен для развития творческого мышления студентов.

В следующих разделах рассматриваются принципы построения и достоинства тональных рельсовых цепей, системы АБТ и системы АБТЦ. Описание устройств сопровождается принципиальными схемами в соответствии с типовыми проектными решениями и последующими указаниями ГТСС и ЦШ МПС по их изменению.

При изучении предлагаемого материала необходимо пользоваться принципиальными схемами, прослеживая по ним электрические цепи и связи элементов, описываемые в тексте. При этом следует обращать внимание не только на работу схем, но и на роль каждого технического решения и особенности его реализации с точки зрения достижения положительного эффекта - обеспечения безопасности движения поездов, повышения надежности и расширения функциональных возможностей системы.

1.ОСОБЕННОСТИ И ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ПЕРЕГОННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

1.1. Особенности перегонных систем железнодорожной автоматики и телемеханики

К перегонным системам железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) относят полуавтоматическую (ПАБ) и автоматическую (АБ) блокировку, автоматическую локомотивную сигнализацию (АЛС), автоматические ограждающие устройства на переездах, системы диспетчерского контроля. Эти системы повышают эффективность перевозочного процесса и безопасность движения поездов.

Для понимания логики построения современных систем железнодорожной автоматики и перспектив их развития рассмотрим особенности систем СЖАТ. Особое внимание уделим перегонным системам.

Основным требованием к перегонным системам, как и к любым другим устройствам СЖАТ, ответственным за безопасность движения поездов, является **требование безопасности их функционирования**:

	никакие отказы системы, ее узлов или от-	
	дельных элементов не должны приводить к	
	формированию более разрешающих команд.	

Поэтому большинство устройств СЖАТ реализовано с использованием электромагнитных реле 1-го класса надежности. Эти реле имеют односторонние отказы, т. е. построены таким образом, что любые неисправности приводят к ложному замыканию тыловых (размыкающих) контактов. Ложное замыкание фронтных (замыкающих) контактов исключено с достаточной высокой степенью вероятности.

В отдельных случаях для обеспечения требуемого быстродействия (например, в дешифраторах числового кода) или для повышения надежности применяются реле низшего класса или бесконтактные элементы. При этом исправность элементов должна контролироваться схемным путем. В некоторых новых системах автоблокировки с целью повышения безопасности функционирования схем применяется дублирование реле комбинированного типа, а в ряде случаев и нейтральных реле 1-го класса надежности. В системах и устройствах, не отвечающих за безопасность движения, нет необходимости использовать реле 1-го класса надежности и схемный контроль исправности элементов.

Необходимо отметить, что задача обеспечения безопасности движения поездов, являющаяся главной задачей повышения качества пере-

возок на железнодорожном транспорте России, всегда выдвигалась на первый план. Это вызвано как социальными аспектами (сохранение жизни и здоровья пассажиров), так и экономическими (сохранность грузов и подвижного состава), а также задачами обеспечения конкурентоспособности и экологичности железнодорожного транспорта. Так, в 1986 году на железных дорогах США было допущено 2760 крушений, а на сети дорог СССР при более высокой интенсивности движения поездов – всего 70. Данные о человеческих жертвах на железных дорогах наиболее развитых стран в конце 20-го века в среднем за год приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Человеческие жертвы на железных дорогах в среднем за год

Показатель	СНГ	США	Велико-британия	Франция	ФРГ	Япония
Число погибших, чел.	47	89	13	37	43	7
Число погибших:						
на 1 млн. пассажиров	0,011	0,287	0,018	0,048	0,04	0,001
на 1 млрд. пассажиро-км	0,12	4,66	0,43	0,62	0,97	0,036

Уровень безопасности железнодорожного транспорта СНГ в сравнении с другими видами транспорта может быть охарактеризован данными табл. 1.2.

Таблица 1.2

Данные о жертвах от крушений, катастроф и аварий на транспорте

Вид транспорта	Число погибших в среднем за год
Автомобильный	45000 чел.
Воздушный	197 чел.
Железнодорожный	47 чел.

Из табл. 1.2 видно, что современный железнодорожный транспорт России является самым безопасным среди различных видов транспорта, а среди железнодорожного транспорта зарубежных стран уступает только Японии. Немалая заслуга в этом принадлежит широкому внедрению систем СЖАТ. Несмотря на это, задача дальнейшего повышения уровня безопасности движения поездов считается одной из важнейших, а имеющиеся случаи опасных отказов устройств СЖАТ требуют их дальнейшего совершенствования.

Повышаются требования и к надежности устройств СЖАТ. Отказ такой системы, вызвавший неоправданную остановку или снижение скорости поезда, приводит к задержкам не только этого поезда, но и следующих за ним. При длительных задержках возникает сбой в движении поездов обоих направлений на целом участке и даже на соседних участках. Следствием этого являются прямые экономические потери, вызванные простоем поездов и нарушением сроков доставки грузов, а также потери от недополученного дохода, снижение доверия пассажиров и грузоотправителей к железнодорожному транспорту.

Другим негативным последствием отказов устройств СЖАТ является снижение уровня безопасности движения поездов при выключенных из-за неисправности или находящихся в защитном состоянии устройствах СЖАТ. В таких случаях проверка условий безопасности и формирование управляющих команд системой регулирования не осуществляется или осуществляется частично и возлагается на человека (машиниста при проезде в инструктивном порядке светофора с запрещающим показанием, дежурного по станции при организации немаршрутизированных поездных или маневровых передвижений на станции и т. д.). Известно, что доминирующей причиной происшествий, связанных с безопасностью движения поездов, являются ошибки людей. Причем большая часть крушений, аварий и брака из-за ошибок человека допускается именно в условиях нарушения нормальной работы устройств СЖАТ.

Недостаточная надежность большинства систем привела к необходимости применения планово–профилактического метода обслуживания устройств СЖАТ, что повышает расходы на эксплуатацию этих систем.

Перечисленные выше негативные факторы в наибольшей степени проявляются в перегонных системах с традиционными структурами, что вызвано следующими особенностями этих устройств.

- Распределенность устройств в пространстве и удаленность от мест дислокации обслуживающего персонала. Это приводит к большим затратам времени на поиск и устранение повреждений. По сети дорог страны среднее время восстановления АБ после отказа составляет 2,7 часа. При этом значительная часть времени тратится электромехаником на перемещение к неисправному объекту.

- Невозможность организации обходных путей для поездов при неисправности перегонных устройств автоматики, что приводит к более значительным сбоям в движении поездов по сравнению со сбоями на станциях.

- Размещение аппаратуры перегонных устройств в релейных шкафах. При этом аппаратура подвергается отрицательному воздействию температуры окружающей среды ($-50...+60^{\circ}\text{C}$), влажности (до 98%), пыли, вибрации (от 5 до 160 Гц при ускорении 0,6 g), что снижает надежность и долговечность устройств.

- Необходимость передачи информации между отдельными объектами, что приводит к усложнению систем, снижению их надежности и увеличивает вероятность сбоев в условиях влияния помех.

Отсюда вытекает необходимость дальнейшего совершенствования перегонных устройств СЖАТ в плане повышения их безопасности и надежности, снижения затрат на обслуживание.

В следующих пунктах данного раздела рассматривается логика развития систем автоблокировки от первых устройств до современных.

1.2. Диалектика и пути развития систем автоблокировки

Системы автоматической блокировки прошли более чем вековой путь развития от простейших механических устройств до современных систем на основе микропроцессорной техники. Техническая реализация систем АБ на каждом этапе зависела от многих факторов. К основным факторам следует отнести интенсивность и скорость движения поездов, требования по надежности и безопасности систем АБ, наличие и уровень электрических помех, надежность электроснабжения, уровень развития и достижения науки и техники, опыт и традиции, приобретенные при разработке и эксплуатации действующих устройств.

В первых системах АБ (с 1859 года) был реализован принцип регулирования движения поездов по временному интервалу. При этом сигнальное устройство автоматически переводилось в закрытое (запрещающее) положение при проследовании его поездом. Опыт создания таких устройств был накоплен в процессе разработки и эксплуатации полуавтоматических систем путевой блокировки. В качестве устройств фиксации проследования поезда применяли различные конструкции механических путевых педалей, которые при помощи системы тяг и рычагов закрывали сигнальное устройство. Позже начали применять электрические датчики. Например, датчик в виде магнитоэлектрической машины, устанавливаемой у рельсов и приводимой в действие поездом.

Регулирование временным интервалом было принято как более простое по алгоритму, так как опыта разработки устройств для автомати-

ческого контроля освобождения блок-участка (БУ) не существовало. Суть способа заключается в том, что по истечении определенного интервала времени после закрытия сигнала, достаточного для освобождения поездом впередилежащего БУ, происходило самопроизвольное автоматическое открытие этого сигнала. При этом применялись, в частности, такие интересные технические решения, как ртутный тормоз, использующий вязкие свойства ртути при опускании поршня под действием веса; часы с большим циферблатом, которые переводились в исходное положение при проследовании поезда и показывали машинисту следующего поезда, сколько времени прошло с момента проследования впередиидущего поезда. В качестве путевых сигнальных устройств применяли семафоры, поворотные диски, упоминавшиеся выше часы.

Очевидно, что такие системы АБ не могли обеспечить безопасность движения при остановке какого-либо поезда на перегоне, так как состояние сигнала не зависело от фактического состояния ограждаемых БУ. Поэтому вскоре была разработана система АБ с регулированием по пространственному интервалу, т. е. система с контролем состояния ограждаемого участка пути. В этой АБ, в дополнение к предыдущим устройствам, информация о проследовании поездом путевого сигнала передавалась при помощи электрического сигнала к предыдущему семафору и обеспечивала его автоматическое открытие. Фиксация проследования поезда и управление семафорами осуществлялись при помощи электрической энергии. Подобные системы относятся к так называемым точечным системам АБ, так как поезд воздействует на путевые устройства только в определенных точках пути. Недостатки таких систем – не контролируется освобождение блок-участка поездом в полном составе, нет контроля целостности рельсов.

Успехи электротехники позволили Вильяму Робинзону изобрести в 1867 году электрическую рельсовую цепь (РЦ), а в 1869 году – автоблокировку на ее основе. Это была экономичная по потреблению электроэнергии **нормально разомкнутая рельсовая цепь с питанием от гальванических элементов**. Эксплуатация автоблокировки на участке Филадельфия–Эри показала недостатки нормально разомкнутых рельсовых цепей с точки зрения безопасности движения – отсутствие контроля исправности рельсовой линии и аппаратуры, что могло привести к открытому состоянию сигнала при фактически занятом БУ.

В 1872 году Робинзон разработал лишенную указанных недостатков **нормально замкнутую РЦ** с предельной длиной 1,2 км.

Внедрение электрической тяги потребовало изменения схем рельсовых цепей. Для пропуска тягового тока одну рельсовую нить оставили без изолирующих стыков. Полученная однорельсовая (по современной терминологии – однониточная) РЦ обладала рядом недостатков – малая предельная длина (300–400 м), крайне низкая защищенность от помех постоянного тягового тока с возможностью ложного возбуждения путевого реле при занятом БУ или изломе рельса. Попытки устранения указанных недостатков долго не давали положительных результатов.

Только в 1902 году была изобретена **рельсовая цепь переменного тока, защищенная от помех тягового тока.** Появлению и использованию этого изобретения способствовало начало электрификации в конце XIX века, успехи в освоении техники переменного тока и передаче дешевой электроэнергии от централизованных электростанций. В предложенной двухрельсовой (двухниточной) РЦ постоянный тяговый ток пропускался в обход изолирующих стыков по дроссельным катушкам, аналогичным полуобмоткам основных обмоток современных дроссель-трансформаторов. РЦ переменного тока оказались более дешевыми в эксплуатации, стали вытеснять РЦ постоянного тока даже на участках с автономной тягой и явились мощным стимулом внедрения автоблокировки.

Однако через 20–30 лет вновь начали широко применяться **РЦ постоянного тока.** Объясняется это следующими факторами – недостаточное распространение источников переменного тока и низкая надежность электроснабжения, изобретение выпрямителей и создание аккумуляторов, приемлемых по стоимости и надежности. Указанные достижения электротехники позволили создать РЦ и АБ постоянного тока с питанием через выпрямитель от сети переменного тока и резервным питанием от аккумуляторных батарей. С развитием сетей электроснабжения и повышением их надежности автоблокировка постоянного тока в нашей стране в новом строительстве перестала применяться из-за сложности обслуживания аккумуляторных батарей и влияния электрохимического эффекта на работу РЦ постоянного тока с импульсным питанием.

В дореволюционной России до 70-х годов 19 века пользовались системами регулирования с временным интервалом, затем полуавтоматической блокировкой с телеграфным и телефонным способами сношений между блок-постами. Первая автоблокировка с рельсовыми цепями на опытном участке длиной 3 км была построена в 1915 году.

В послереволюционной России в 1931 году с целью выбора наиболее перспективной системы АБ были закуплены в США, Германии и построены системы АБ четырех типов:

1. С рельсовыми цепями переменного тока частотой 50 Гц со стыковыми дросселями и линейными цепями переменного тока (для участка с электрической тягой постоянного тока). Всего в АБ использовалось три реле – путевое, линейное (фазочувствительные реле моторного типа) и огневое. Применение фазочувствительных реле обеспечивало надежную защиту от влияния тягового тока. Однако наша промышленность того времени была не в состоянии освоить выпуск столь сложных реле.

2. С рельсовыми и линейными цепями постоянного тока на первичных элементах питания. В этой системе использовались более простые реле и автономные источники питания, что делало их привлекательными при работе в местностях, не имеющих центрального электроснабжения. Однако применение гальванических элементов в качестве источников электропитания существенно повышало стоимость АБ.

3. С рельсовыми цепями переменного тока с фазочувствительными двухэлементными секторными реле и питанием от высоковольтной линии. Эта система также не была принята к широкому применению, как и первая.

4. С рельсовыми цепями постоянного тока при питании через выпрямители от централизованных источников переменного тока с резервом от аккумуляторных батарей (смешанная система питания).

В связи с тем, что на сети дорог в основном использовалась автономная тяга поездов и с учетом развернувшихся работ по электрификации народного хозяйства страны, эта система была принята в качестве основной.

В 1932 году один из самых напряженных участков был оборудован такой системой АБ на отечественных приборах. Этот момент можно считать началом новой истории развития отечественных систем АБ. За 10 лет протяженность железнодорожных линий, оборудованных АБ, достигла 8,5 тыс. км.

В последующем недостатки, присущие АБ постоянного тока, а также перспективы широкого внедрения электрической тяги потребовали разработки более совершенных систем. Наиболее перспективной оказалась числовая кодовая автоблокировка (КАБ), разработанная в 1945 году в Центральном научно-исследовательском институте железнодорожного транспорта. С 1952 года ее стали применять как основную систему.

Необходимо отметить, что развитие и совершенствование систем АБ, как и всех других устройств СЖАТ, происходит непрерывно. Можно выделить следующие направления такого развития.

1. Модернизация эксплуатируемых систем с целью повышения их надежности и безопасности функционирования. При этом проводится как

модернизация отдельных элементов путем улучшения их конструкции, характеристик и совершенствования технологии изготовления, так и совершенствование схемных решений. В первую очередь модернизации подвергаются наименее надежные элементы и схемы, выявленные в процессе эксплуатации. Так, например, дешифратор импульсной работы путевого реле АБ постоянного тока дважды претерпевал существенные изменения. Крупными шагами в направлении совершенствования систем были разработка и внедрение штепсельных реле, бесконтактного коммутатора тока для кодовых рельсовых цепей, двухнитевых ламп, введение двухполюсного размыкания цепей разрешающих огней светофора, последовательное включение контактов повторителей реле Ж и Ж1 в ответственных цепях системы КАБ и многие другие технические решения.

2. Улучшение характеристик существующих систем. Так, например, применение импульсного питания в РЦ постоянного тока позволило существенно увеличить ее предельную длину, введение реле Ж1 в кодовой АБ повысило быстродействие системы и т. д.

3. Модернизация с целью повышения удобства и снижения расходов на обслуживание устройств. К таким мероприятиям следует отнести уже упомянутое внедрение штепсельных реле, введение измерительных панелей в релейных шкафах кодовой АБ, совершенствование конструкции релейных шкафов и способов размещения в них приборов, организацию дистанционного контроля исправности основных элементов АБ.

4. Модернизация систем с целью расширения функциональных возможностей. Существенным изменениям подверглись односторонние системы АБ в связи с необходимостью организации временного двухстороннего движения поездов по одному из путей двухпутного перегона. Произошла и модернизация систем АБ для регулирования поездов разных категорий на пригородных участках с интенсивным движением (АБ с четырехзначной сигнализацией).

5. Разработка систем АБ с новыми принципами построения или с существенными отличительными признаками для комплексного решения вышеперечисленных задач. Существенными отличительными признаками могут быть типы рельсовых цепей, элементная база, способ передачи информации между сигнальными установками, новые технические решения, функциональные возможности системы. Чаще всего толчком для разработки таких систем являются возросшие потребности перевозочного процесса, существенные изменения условий применения систем, достижения техники и технологии или стремление разработчиков создать систему,

превосходящую известные системы по многим параметрам (стоимость, надежность, безопасность, удобство обслуживания и т. д.).

Потребности перевозочного процесса могут заключаться в необходимости дальнейшего повышения пропускной способности, оперативной организации двухстороннего движения поездов по каждому пути двухпутного перегона, регулирования движения высокоскоростных поездов, создания систем, стоимость которых соответствует интенсивности движения поездов на данном участке. Под условиями применения АБ понимаются такие факторы, как, например, пониженное сопротивление балласта, наличие грунтов или рельефа местности, затрудняющих установку напольного оборудования, климатическая и социальная обстановка в отдельных регионах.

В настоящее время подавляющее распространение на сети дорог России получила кодовая АБ. Поэтому, прежде чем рассматривать принципы построения и достоинства новых систем автоблокировки, рассмотрим недостатки кодовой АБ, которые устраняются в перспективных системах.

1.3. Анализ кодовой автоблокировки

Знание достоинств и недостатков любого технического устройства необходимо, во-первых, для грамотного выбора области применения этого устройства, во-вторых, для организации эффективного технического обслуживания устройства, в-третьих, для определения путей устранения этих недостатков и разработки новых устройств, лишенных этих недостатков.

Недостатки эксплуатируемых устройств, выявленные в настоящее время, могут быть обусловлены низким уровнем развития науки и техники в период создания этих устройств и отсутствием опыта их разработки и эксплуатации. Недостатки могут быть вызваны также несоответствием или неполным соответствием функциональных возможностей или характеристик устройства новым требованиям, возникшим после разработки и внедрения устройства. Так, кодовая автоблокировка вполне удовлетворяла требованиям перевозочного процесса на момент разработки и дальнюю перспективу, а в техническом отношении была достаточно совершенной для того времени. Современное состояние науки и техники и современные требования к системам АБ выявили ряд недостатков КАБ как в отношении отдельных технических решений, так и в отношении принципов построения системы в целом. Перечисленные далее недостатки КАБ не исключают

возможности эксплуатации уже внедренных систем в современных условиях и в перспективе, но позволяют учесть их при разработке новых, более перспективных систем. Для удобства анализа все **недостатки КАБ** разбиты на четыре группы.

1. Недостатки по функциональным возможностям.

- Ограниченный объем информации об условиях движения.

Принятый в КАБ контроль состояния двух впередилежащих блокучастков недостаточен для высокоскоростного движения из-за резко увеличившейся длины тормозного пути поездов. Отсутствует также информация о длине БУ (больше или меньше длины тормозного пути поезда), что становится особенно существенным в современных условиях при сравнительно коротких БУ и высоких скоростях и весах поездов. Нет информации об ограничениях скорости по состоянию верхнего строения пути и искусственных сооружений.

- Невозможность применения на участках с низким сопротивлением изоляции рельсовой линии.

В качестве нормативной величины минимального удельного сопротивления изоляции рельсовой линии (РЛ) принята величина 1 Ом·км. Однако большие объемы перевозок железной руды, минеральных удобрений и солей и возросшая в 60-80-х годах интенсивность и скорость движения поездов привели к значительному загрязнению балласта. При этом сопротивление шпал из-за концентрации в них электролита снизилось в еще большей степени, чем сопротивление самого балласта. Для поддержания нормативного значения удельного сопротивления изоляции РЛ требуются большие расходы на очистку балласта и замену шпал. В настоящее время 8% путей имеют пониженное сопротивление балласта. Существуют участки, где это сопротивление составляет десятые и сотые доли Ом·км. Технически рельсовые цепи КАБ при уменьшении их длины могут работать и при пониженном сопротивлении балласта. Но при этом придется оборудовать большое число разрезных установок, что является экономически нецелесообразным.

- Длительная и сложная процедура перехода на двухстороннее движение на двухпутных участках.

В современной КАБ предусмотрена возможность временной организации двухстороннего движения по одному из путей двухпутного перегона. Однако, во-первых, для этого требуются большие подготовительные работы, во-вторых, такая мера рассматривается как особая (при закрытии другого пути) и временная из-за недостаточной надежности схемы смены направления, отсутствия автоматического управления переездом при дви-

жении поезда по неправильному пути и из-за необходимости отключения в отдельных случаях устройств диспетчерского контроля и схемы двойного снижения напряжения на лампах светофоров. Современные потребности перевозочного процесса приводят к необходимости организации двухстороннего движения поездов по каждому пути двухпутного перегона без проведения предварительной настройки АБ.

- Низкое быстродействие.

Если говорить об управлении светофорами в современных системах КАБ, то их быстродействие является вполне удовлетворительным. Но если учесть, что для передачи информации между светофорами и для передачи информации на локомотив используется общий сигнал, то станет ясно, что применяемый числовой код является бесперспективным. Связано это с тем, что увеличение числа передаваемых сообщений приведет к недопустимому удлинению кодовой посылки и увеличению времени ее расшифровки.

2. Недостатки КАБ по показателям надежности.

- Недостаточная надежность системы, что объясняется следующими факторами:

а) наличие элементов с низкой надежностью (изолирующие стыки, электролитические конденсаторы большой емкости и др.);

б) работа большого числа контактных электромагнитных реле в динамическом режиме при коммутации цепей с индуктивной нагрузкой (импульсное путевое реле, все реле дешифратора) и большой коммутируемой мощностью (трансмиссионное реле). Указанные реле совершают порядка 4 млн. переключений в месяц;

в) работа устройств в тяжелых условиях (вибрация, пыль, влажность, температура).

- Планово-профилактический метод технического обслуживания.

Такой метод обслуживания принят в связи с недостаточной надежностью устройств АБ и их большим влиянием на безопасность и бесперебойность движения поездов. Профилактическое обслуживание с целью предупреждения отказов проводится в соответствии с Инструкцией по техническому обслуживанию устройств СЦБ с периодичностью и в сроки, установленные графиком технологического процесса обслуживания. При этом проводится наружный осмотр и чистка приборов на местах установки, осмотр элементов и измерение параметров рельсовых цепей и дешифратора, проверка алгоритма работы схемы, а также ряд других проверок и измерений. Большая часть времени расходуется на проверку рельсовых цепей и дешифратора, которые работают в тяжелых условиях. Кроме того,

много времени и средств расходуется на периодическую замену приборов с последующей их проверкой, ремонтом и регулировкой в ремонтно-технологических участках. Все эти мероприятия оправданы с точки зрения обеспечения бесперебойности работы КАБ и безопасности движения поездов, но указывают на необходимость дальнейшего совершенствования систем АБ в плане повышения надежности.

- Большая длительность восстановления устройств после отказов.

Процесс восстановления устройств АБ после отказа состоит из следующих этапов:

а) Получение информации об отказе. Информацию о части отказов электромеханик получает с помощью системы дистанционного контроля исправности некоторых устройств АБ. В большинстве же случаев информация о неправильной работе АБ поступает от машинистов поездов. Очевидно, что такая информация является запоздалой и не позволяет судить о причине или характере отказа.

б) Перемещение электромеханика к месту повреждения. Как уже отмечалось, этот этап занимает много времени из-за большой удаленности объектов.

в) Поиск причины отказа. В кодовой АБ относительно большое число элементов работает в динамическом режиме, что существенно затрудняет локализацию отказа. Эта задача усложняется такими факторами, как наличие схемной защиты от короткого замыкания изолирующих стыков, зависимость результата расшифровки кодового сигнала от его временных характеристик, характеристик реле-счетчиков дешифратора и фактической емкости электролитических конденсаторов. Отрицательным фактором является также большая разобщенность в пространстве (до 2,6 км) передатчика и приемника кодовых сигналов, необходимость проведения работ на открытом воздухе при любой погоде и в зоне повышенной опасности в условиях движения поездов.

г) Устранение отказа. Опыт эксплуатации устройств АБ показывает, что на устранение отказа затрачивается меньше времени, чем на перемещение к объекту и на локализацию неисправности. Однако это справедливо лишь в том случае, если не требуется замена какого-либо прибора, т. к. электромеханик не в состоянии заблаговременно доставить к объекту полный комплект запасных приборов.

3. Недостатки с точки зрения безопасности движения поездов.

- Не предусмотрен контроль потери шунта.

При сильно загрязненных рельсах или при остановке короткой подвижной единицы (одиночный локомотив, дрезина, группа оторвавшихся от

поезда вагонов) на песке после применения торможения с подпесочиванием возможна потеря шунта, что приводит к ложной свободности БУ. Вероятность этого мала, но такие ситуации были зафиксированы неоднократно и, в ряде случаев, имели тяжелые последствия.

- Высокая вероятность аварии при проезде светофора с запрещающим показанием.

Актуальность этой проблемы на современном этапе возросла в связи с тем, что на основных направлениях светофоры АБ расставлены исходя из 6-ти минутного межпоездного интервала, что привело к существенному уменьшению длин блок-участков. Одновременно с этим внедрение мощных локомотивов привело к увеличению длин поездов. В результате поезд занимает практически весь блок-участок и даже срабатывание автостопа при проезде следующим поездом запрещающего светофора не предотвратит тяжелых последствий.

- В некоторых случаях применяются реле не первого класса надежности без контроля их исправности.

Например, в схеме выбора кодовых комбинаций при движении поезда по неправильному пути используются контакты поляризованного якоря реле ИП. При его неисправности может быть сформирован более разрешающий кодовый сигнал АЛС, который в данном случае является единственным средством регулирования.

4. Недостатки по экономическим показателям.

- Большие затраты на обслуживание.

Принятый в настоящее время плано-профилактический метод обслуживания устройств СЖАТ требует по сравнению с ремонтно-восстановительным методом больших затрат труда. Сложности поиска и устранения отказов в системе КАБ также приводят к увеличению расходов на техническое обслуживание.

- Большой расход драгоценных металлов и дорогих электротехнических материалов.

Для изготовления контактов одного реле требуется до 6,6 грамм серебра. Из электротехнических материалов много потребляется высококачественной электротехнической стали.

1.4. Новые системы автоматической блокировки

Как уже отмечалось, работы по совершенствованию и созданию новых устройств СЖАТ ведутся постоянно. При этом не все разработки доходят до стадии опытной эксплуатации, внедрения или широкого приме-

ния. Однако даже не внедренные разработки играют положительную роль. В процессе создания таких систем, их лабораторных и эксплуатационных испытаний накапливается опыт разработчиков, отдельные наиболее перспективные идеи и технические решения используются в последующих разработках, отклоняются ошибочные и бесперспективные решения.

Поэтому в данном разделе рассматриваются не только системы АБ, широко внедренные на сети дорог страны, но и другие разработки, заслуживающие внимания.

Частотная автоблокировка.

Частотная АБ (ЧАБ) была разработана в конце 60-х годов в связи с планированной организацией высокоскоростного движения на участке Москва–Ленинград (до 200 км/ч) и через 10 лет внедрена на этом участке.

Рассмотрим особенности этой системы по основным отличительным признакам.

В ЧАБ использованы рельсовые цепи переменного тока с непрерывным питанием и гетеродинным приемником. Передача информации между светофорами осуществляется по рельсовой линии с использованием частотного кода. Применяются четырехзначные светофоры. В эксплуатируемой системе контролируется состояние четырех впередилежащих БУ; предусмотрена возможность увеличения этого числа до любого, практически необходимого количества. В качестве элементной базы применяется бесконтактная аппаратура (передающие и приемные устройства РЦ, кодообразующие устройства) и электромагнитные реле.

Для питания РЦ и увязки показаний светофоров предусмотрено 6 диапазонов частот со средними частотами $f_2=125$, $f_3=175$, $f_4=225$, $f_5=275$, $f_6=325$ и $f_7=375$ Гц. Кодовые сигналы образуются в виде комбинации двух частот из указанного диапазона. Это позволяет сформировать при необходимости 15 комбинаций с кодовым расстоянием $d=2$, что обеспечивает достаточно высокую помехоустойчивость и достоверность формирования и передачи сообщений.

Требуемое количество кодовых комбинаций зависит от конкретных условий применения системы. Так, например, при скорости до 200 км/ч для подавляющего большинства существующих линий необходимо контролировать состояние 4-х впередилежащих БУ, т. е. передавать на локомотив 5 сообщений. С учетом дополнительных сообщений об условиях приема поезда на станцию в системе ЧАБ использовано 5 частот ($f_2...f_6$).

Для исключения ложного срабатывания приемника от сигналов смежной РЦ при пробое изолирующих стыков или от сигналов рельсовых

цепей параллельного пути используется частотная защита с гетеродинным приемником. С этой целью в каждом диапазоне частот предусмотрено 4 частотных сигнала. Например, для диапазона f_2 : $f_{21}=118,8$ Гц; $f_{22}=121,9$ Гц; $f_{23}=126,6$ Гц; $f_{24}=129,7$ Гц. Каждый из этих сигналов несет одинаковое сообщение с точки зрения передачи информации. В рельсовых цепях одного пути чередуются две частоты, отличающиеся на 7,8 Гц. Две другие частоты применяют для рельсовых цепей параллельного пути двухпутного участка.

На сигнальных установках для каждого частотного диапазона предусмотрен свой гетеродинный приемник. На один вход приемников подается сигнал, принятый из РЛ ограждаемого БУ, на другой - сигнал от генератора, питающего рельсовую цепь предыдущего БУ. Приемник сработает только в том случае, если разность частот этих сигналов равна 7,8 Гц. Если частоты совпадают, то напряжение на выходе приемника равно нулю.

Кодовые сигналы ЧАБ используются также для работы многозначной АЛС (АЛСМ). Локомотивные светофоры АЛСМ сигнализируют условным цветом огня и дополнительными знаками в виде букв (У - уменьшенная, С - средняя скорость) или цифр (200, 160, 120, 80). Эти сигналы указывают допустимую скорость проследования впереди стоящего светофора.

К недостаткам системы ЧАБ следует отнести сложность регулировки рельсовых цепей для пяти частот сигнального тока; громоздкость оборудования, что особенно существенно для локомотивных устройств АЛСМ; необходимость достаточно высокой стабильности частоты напряжения в системе электроснабжения.

Унифицированная самопроверяемая система АБ.

Унифицированная система автоблокировки (УСАБ) была разработана в начале 80-х годов 20 века. Первая система внедрена в 1982 году на Южно-Уральской железной дороге. При создании системы разработчики преследовали следующие цели:

1. Повышение надежности системы.
2. Создание системы, не требующей профилактических работ и позволяющей перейти на аварийно-восстановительный метод обслуживания.
3. Существенное повышение уровня безопасности движения поездов.
4. Расширение функциональных возможностей системы.

Рассмотрим новые технические разработки, принятые в системе УСАБ для решения этих задач.

Рельсовые цепи имеют следующие особенности.

1. Применена фазочувствительная РЦ с непрерывным питанием переменным током частотой 25 Гц, что существенно повышает надежность и устойчивость работы РЦ при пониженном (до 0,5 Ом·км) сопротивлении изоляции РЛ. Предусмотрена возможность работы на участках с удельным сопротивлением изоляции до 0,1 Ом·км. Контроль пробоя изолирующих стыков - фазовый. Предельная длина РЦ увеличена до 2000 м за счет настройки в резонанс, использования режима прямого подъема сектора путевого реле и терморегулировки в цепи местной обмотки реле ДСШ-13А.

2. Питание путевой и местной обмоток двух путевых реле смежных РЦ осуществляется от общей питающей установки, что позволяет реализовать простую схему контроля фаз и исключить вероятность их опасного искажения при неисправностях.

3. Предусмотрен контроль подпитки путевого реле от постороннего источника. Для этого фиксация освобождения рельсовой цепи осуществляется следующим образом. После возбуждения путевого реле производится уменьшение напряжения питания РЦ до расчетного значения. Если в течение 1,2 с сектор путевого реле не опустится, то фиксируется неисправность, питание рельсовой цепи отключается, включение разрешающего сигнала исключается.

Схема контроля потери шунта. Принцип работы схемы основан на контроле последовательности занятия рельсовых цепей при проследовании поезда. Схема исключает появление разрешающего сигнала на светофоре при освобождении ограждаемого БУ, если предварительно не было зафиксировано вступление подвижной единицы на следующий БУ и на впередистоящем светофоре не включен запрещающий сигнал. В схеме предусмотрена защита от ложного наложения шунта, что исключает сбои в работе схем УСАБ и повышает достоверность передачи извещения на станцию и переезд.

Схема тестовой проверки контролирует достоверность разрешающего показания проходного светофора. При приближении поезда за 2 блок-участка схема производит снижение напряжения питания контролируемой РЦ до расчетного значения. Если сектор путевого реле опустится, то питание рельсовой цепи восстанавливается, разрешающий сигнал светофора сохраняется. В противном случае сигнальное реле, выдержав замедление, отпускает свой якорь и включает на светофоре, ограждающем данный БУ, запрещающий сигнал.

Контроль правильности функционирования системы проводится на сигнальных установках при освобождении поездом ограждаемого БУ. Для

этого схема УСАБ устроена таким образом, что при включении разрешающего сигнала происходит изменение состояния каждого из контролируемых реле. При нарушении предусмотренного алгоритма работы приборов включение разрешающего сигнала исключается. Этим согласуются противоположные требования по обеспечению надежности системы (статическая работа электромагнитных реле) и безопасности ее функционирования (динамическая работа элементов).

Кроме указанного выше, **надежность системы УСАБ** повышена за счет использования нового поколения реле типа РЭЛ, исключения электролитических конденсаторов и выпрямительных элементов, отказа от реверсирования РЦ при смене направления движения, применения бесконтактных коммутаторов тока в цепях кодирования АЛС. Для контроля исправности аппаратуры и локализации неисправностей предусмотрена индикация состояния основных элементов.

Связь между сигнальными установками осуществляется по линейным цепям. По ним реализуется увязка показаний светофоров, передача сигнального тока к питающим концам РЛ, передача извещения о приближении поезда для схемы тестовой проверки. Схемы УСАБ обеспечивают двухстороннее регулирование поездов по каждому пути двухпутного перегона.

Микроэлектронные и микропроцессорные системы АБ.

В настоящее время в технике СЦБ все большее внимание уделяется разработке и применению систем с использованием микроэлектронных элементов. Особенно большие преимущества дает микропроцессорная техника с программируемой логикой.

Реализация устройств на основе микропроцессоров позволяет существенно повысить надежность и быстродействие систем автоматики, расширить их функциональные возможности, выполнять алгоритм любой практически необходимой сложности, создавать универсальные блоки и легко адаптировать их к конкретным условиям применения и изменять алгоритм или исходные данные при изменении параметров объекта управления.

Широкие возможности программируемой логики позволяют решать задачи самопроверки и реконфигурации собственной структуры при отказах, осуществлять диагностику объектов управления, а также большое число сервисных функций.

Микропроцессорные СЖАТ обеспечивают взаимодействие и простое согласование с устройствами автоматизированных систем управления верхнего уровня и устройствами локальной автоматики, производят регистрацию и документирование информации о неисправностях, нестандартных действиях эксплуатационных работников и других существенных событиях.

Заслуживают внимания два направления разработки бесконтактных систем – электронные системы АБ типа КЭБ и электронные системы единого ряда на новой элементной базе. Ниже рассмотрены принципы построения некоторых микроэлектронных и микропроцессорных систем этих классов.

Системы АБ типа КЭБ.

Системы типа КЭБ начали разрабатываться с середины 90-х годов 20 века. Они реализуют **алгоритм числовой кодовой АБ**.

Важность разработки и применения подобных систем на современном этапе объясняется следующими соображениями. Кодовая АБ имеет преобладающее распространение на сети железных дорог страны. Наиболее интенсивное внедрение этих систем происходило в 1965-1985 годах. В настоящее время из-за последующего снижения капитальных вложений в хозяйство СЦБ большой объем устройств АБ выработал свой ресурс, физически и морально устарел. Следствие этого - рост затрат на содержание и обслуживание устройств, снижение уровня безопасности движения. Так, старение устройств АБ в 2001 году составило 17,6% (процент устройств со сроком службы более 25 лет), а в 2005 году может достичь 31%. Замена устройств на новые перспективные системы требует больших капитальных вложений, приводит к перерывам движения поездов при строительстве и пуско-наладочных работах и является экономически целесообразной только на участках с высокой интенсивностью движения. Устройства КЭБ позволяют произвести обновление эксплуатируемых систем АБ путем реконструкции с частичной или полной заменой приборов на электронные аналоги без изменения монтажа.

В настоящее время разработаны 2 разновидности таких систем.

Кодовая автоблокировка на электронной элементной базе КЭБ-1.

КЭБ-1 предназначена для реконструкции кодовой АБ путем замены в релейных шкафах сигнальных установок электромеханических уст-

ройств, работающих в импульсном режиме, на электронные с сохранением существующих кодовых РЦ без изменения расстановки сигналов и другого оборудования. При этом может быть проведена реконструкция как всей автоблокировки, так и замена аппаратуры одной или нескольких сигнальных установок.

В составе КЭБ-1 используются следующие приборы замены:

- **генератор кодовых сигналов ГК-КЭБ**, заменяющий кодовый путевой трансмиттер, трансмиттерное реле и бесконтактный коммутатор тока;

- **приемник-дешифратор ПД-КЭБ**, который заменяет импульсное путевое реле и блоки дешифратора кодовой АБ.

Генератор кодовых сигналов ГК-КЭБ реализован на основе однокристалльной микроЭВМ. Кодовые сигналы, формируемые генератором, подаются в рельсовую линию через бесконтактные коммутаторы, входящие в состав ГК-КЭБ. При этом обеспечивается коммутация тока до 5 А при напряжении до 330 В.

В отличие от кодового путевого трансмиттера генератор дополнительно формирует кодовые сигналы К (последовательность импульсов с интервалами 0,12 с). Это позволяет организовать защитные участки за хвостом поезда при его движении по неправильному пути.

Формирование более разрешающей кодовой комбинации исключается схемой контроля кодовых импульсов. Принцип работы этой схемы основан на использовании динамической памяти, осуществляющей контроль длительности дробления кодовых импульсов.

Приемник-дешифратор принимает сигналы из рельсовой цепи, расшифровывает их и в соответствии с этим управляет сигнальными реле. При дешифрации сигнала учитываются его временные параметры и длительность кодовой посылки. Это позволяет реализовать простую и надежную защиту от пробоя изолирующих стыков путем чередования типов генераторов и дешифраторов. Для обеспечения достоверности результатов расшифровки в приемнике-дешифраторе предусмотрена схема сравнения. Эта схема сравнивает инвертированный сигнал с выхода дешифратора после расшифровки и принятый сигнал с выхода входного устройства.

Безопасность функционирования электронных устройств обеспечивается применением безопасных схем логического умножения и безопасных схем памяти. Принцип построения этих схем основан на импульсном представлении сигнала, что обеспечивает контроль исправности элементов по факту их импульсной работы. Для развязки входных и выходных цепей применяются оптопары.

При частичной реконструкции кодовой АБ заменяемые электро-механические устройства КАБ изымаются, на место БС-ДА устанавливается блок ПД-КЭБ, а на место КППШ - блок ГК-КЭБ. К розеткам других изъятых приборов подключается жгут с соответствующими заглушками и перемычками. Время переключения сигнальной установки с кодовой АБ на КЭБ - не более 10 мин.

Возможен также вариант полной замены шкафа кодовой АБ на шкаф КЭБ-1 с новым монтажом.

Кодовая автоблокировка на электронной элементной базе КЭБ-2.

Автоблокировка типа КЭБ-2 является дальнейшим развитием системы КЭБ-1, реализована на основе микропроцессорной техники и замещает всю релейно-контактную аппаратуру кодовой АБ.

Оборудование КЭБ-2 размещается в малогабаритных шкафах сигнальной точки ШСТ и включает в себя:

- блок электронных устройств сигнальной точки БУСТ;
- приборы перегонных рельсовых цепей (трансформаторы, дроссели и др.);
- приборы защиты от грозового разряда или коммутационных перенапряжений.

Блоки БУСТ и монтаж шкафов ШСТ являются универсальными, что удобно как при производстве аппаратуры, так и при ее эксплуатации. Настройка БУСТ в сигнальных установках разных типов осуществляется при помощи перемычек.

В блоке БУСТ предусмотрен контроль исправности нитей всех световых ламп, наличия основного и резервного питания сигнальной точки, измерение уровня сигнала в РЦ. Эта информация, а также информация о состоянии ограждаемого БУ, установленном направлении движения и виде кодовых сигналов в РЦ отображается в релейном шкафу и передается на станцию в устройства диспетчерского и технологического контроля.

Кроме того, в состав КЭБ-2 входят станционные устройства, размещаемые на стативе:

- электронный блок станционных устройств БСУ;
- приборы перегонных РЦ, примыкающих к станции;
- устройства защиты.

Блоки БСУ тоже являются универсальными и обеспечивают увязку КЭБ с релейными и микропроцессорными системами электрической централизации. Для организации автоматизированных рабочих мест в систе-

мах диспетчерского контроля блок БСУ стыкуется с компьютером по стандартному интерфейсу RS-232.

Схемы приборов КЭБ-1 и КЭБ-2 удовлетворяют требованиям к устройствам, ответственным за безопасность движения. Технический ресурс оборудования - не менее 25 лет.

В Нормах технологического проектирования устройств автоматики и телемеханики на федеральном железнодорожном транспорте (НТП СЦБ/МПС-99), в Программе ускоренного технического и технологического перевооружения хозяйства СЦБ на период 2002-2005 годы, а также в Указаниях ГТСС от 20.03.01 системы КЭБ признаны прогрессивными и рекомендованы к внедрению при частичной реконструкции кодовой АБ на линиях 2-й и 3-й категорий.

Системы автоблокировки единого ряда на новой элементной базе.

Системами СЦБ "Единого ряда систем и устройств для управления движением поездов" называют системы железнодорожной автоматики нового поколения на электронной и микропроцессорной технике с использованием современных методов кодирования, модуляции и обработки данных. Характерной чертой этих систем является унификация схемных и конструктивных решений, то есть использование общих принципов построения устройств различного назначения. Системы единого ряда разрабатываются группой ученых МИИТ под руководством академика Лисенкова В.М. В процессе разработки и совершенствования систем автоблокировки были созданы системы микропроцессорной числовой кодовой автоблокировки АБ-ЧКЕ, микроэлектронные системы АБ-Е1 и АБ-Е2, унифицированная система АБ-УЕ. Каждая последующая модификация этих систем использует наиболее эффективные технические решения предыдущих устройств и является более совершенной за счет исключения недостатков, вскрытых в процессе испытаний и эксплуатации этих устройств, а также за счет накопления опыта разработки микроэлектронных и микропроцессорных систем СЦБ. Поэтому далее рассматриваются особенности каждой модификации систем АБ единого ряда по сравнению с предыдущими разработками.

Микропроцессорная числовая кодовая автоблокировка АБ-ЧКЕ.

Приборы каждой сигнальной установки АБ-ЧКЕ включают в себя:

- микропроцессорный путевой приемник МПП-ЧКЕ;
- сигнальные реле Ж, ЖЗ, З;
- устройства согласования и защиты аппаратуры РЦ.

Путевой приемник МПП-ЧКЕ состоит из двух каналов обработки информации и интерфейсного модуля. Оба канала находятся в рабочем состоянии, но для работы АБ используются выходы только одного (ведущего) канала.

Каждый канал путевого приемника содержит два узла центрального процессора и схему контроля, которая непрерывно сравнивает состояния контрольных точек этих процессоров.

Центральные процессоры производят демодуляцию и декодирование принятых сигналов числового кода, а также формирование кодовых сигналов для передачи к предыдущей сигнальной установке. Процедуры контроля освобождения РЦ и демодуляции сигнала построены таким образом, что ложное срабатывание от импульсной помехи или при кратковременной потере шунта исключено. Кроме того, в программном обеспечении микропроцессоров предусмотрен адаптивный алгоритм обработки сигналов, который обеспечивает автоматическую регулировку порога обнаружения поездного шунта и коэффициента возврата приемника при изменении сопротивления балласта. В основу такого алгоритма положен метод поиска разладки случайного процесса (положительная или отрицательная разладка возникает при освобождении или занятии рельсовой линии подвижной единицей).

Интерфейсный модуль выполняет следующие функции:

- переключение выходов каналов обработки информации при неисправности ведущего канала;
- контроль передаваемых кодовых комбинаций;
- контроль целостности нитей ламп светофора;
- сопряжение с устройствами диспетчерского контроля.

Кроме того, в состав интерфейсного модуля входит **бесконтактный коммутатор тока** для модуляции и передачи кодовых сигналов и усилители мощности для включения сигнальных реле.

При рассогласовании работы центральных процессоров ведущего канала схема контроля воздействует на интерфейсный модуль, который переключает каналы и задействует выходы второго канала.

Схемы АБ-ЧКЕ собраны на типовых элементах замены, что в сочетании с индикацией неисправных узлов обеспечивает быстрое восстановление АБ при отказах.

Система АБ-ЧКЕ обладает следующими достоинствами по сравнению с традиционной АБ числового кода:

- более высокая надежность и долговечность;
- расширенные функциональные возможности;
- повышенная помехозащищенность рельсовых цепей и устойчивость их работы в условиях воздействия дестабилизирующих факторов;
- снижение энерго- и материалоемкости оборудования;
- уменьшение затрат на содержание устройств.

В отличие от КАБ система АБ-ЧКЕ обеспечивает четырехзначную сигнализацию за счет расшифровки всех трех предусмотренных кодовых сигналов.

Система АБ-ЧКЕ позволяет производить модернизацию кодовой АБ путем поэтапной замены релейных шкафов и была рекомендована Программой ускоренного технического и технологического перевооружения хозяйства СЦБ для оборудования железнодорожных линий 2-й и 3-й категорий.

Микроэлектронная система автоблокировки АБ-Е1.

Система АБ-Е1 характеризуется следующими особенностями:

- используемые рельсовые цепи – РЦ переменного тока с непрерывным питанием и микропроцессорным путевым приемником;
- увязка показаний светофоров осуществляется по рельсовой линии;
- четырехзначная сигнализация проходных светофоров.

Частота питания РЦ была выбрана равной 174,38 Гц исходя из условий помехозащищенности, уменьшения длины кодовых комбинаций и обеспечения приемлемого затухания сигнала в РЛ для получения достаточно большой длины РЦ.

Контроль состояния РЛ осуществляет микропроцессорный путевой приемник. При фиксации освобождения или занятия РЦ приемник выполняет те же процедуры, что и приемник АБ-ЧКЕ. Это позволило обеспечить устойчивую работу РЦ длиной до 2500 м при изменении удельного сопротивления балласта в диапазоне 0,45...50 Ом·км. Приемник реализован в виде двухкомплектной структуры с проверкой идентичности работы комплектов.

Амплитуда сигнала на входе приемника свободной РЦ составляет примерно 3 В. На выходе приемника включено путевое реле нейтрального типа.

Для увязки показаний проходных светофоров используется **двоичный восьмиразрядный модифицированный код Бауэра** с кодовым расстоянием $d=4$, что позволяет использовать 16 сообщений и обеспечивает высокую защищенность от искажений.

Формирование сигналов осуществляется с применением **двукратной фазоразностной манипуляции**. При этом в каждом сообщении организуется два параллельных фазовых подканала - информационный (для передачи полезной информации) и синхроподканал (для передачи сигнала цикловой синхронизации и признака данного БУ). Для каждого пути двухпутного участка предусмотрено по 2 синхрогруппы, которые чередуются в смежных РЦ. Этим обеспечивается защита от пробоя изолирующих стыков и от влияния РЦ параллельного пути.

Демодуляцию и декодирование сигналов производит приемопередатчик, который подключается к РЛ через фронтальной контакт путевого реле только при свободной РЦ. При занятой РЦ он отключен и находится в режиме непрерывного самотестирования, что исключает накопление отказов. Приемопередатчик расшифровывает только те сообщения, синхрогруппа которых соответствует данному БУ. На выходе декодера включены три сигнальных реле, которые обеспечивают четырехзначную сигнализацию проходных светофоров (красный, желтый, желтый и зеленый, зеленый).

Формирование кодовых сигналов для передачи к предыдущему светофору и их модуляция также производятся приемопередатчиком.

Приемопередатчик реализован в виде **троированной мажоритарной структуры**. При рассогласовании в работе трех комплектов решение о правильности работы устройства в целом принимается методом голосования по большинству одинаково работающих комплектов.

АБ-Е1 обеспечивает работу микроэлектронной системы АЛС-ЕН повышенной значности и помехозащищенности и сопрягается с напольными устройствами системы АЛСН.

Микроэлектронная система автоблокировки АБ-Е2.

В системе АБ-Е2 применяются тональные рельсовые цепи без изолирующих стыков (достоинства таких РЦ изложены в п. 2.2). Поэтому с целью защиты от влияния смежных рельсовых цепей и от рельсовых цепей параллельного пути для формирования сигнального тока пришлось использовать 4 несущие частоты (1953 и 2441 Гц для одного пути; 2170 и 2790 Гц для другого пути.) Указанные частоты чередуются в рельсовых цепях смежных блок-участков. Обычно в пределах блок-участка организу-

ются две рельсовые цепи, получающие питание от одного общего передатчика, подключаемого к середине БУ. Этот передатчик используется также для увязки показаний напольных светофоров и для передачи информации на локомотив при нахождении поезда на первой половине БУ. При вступлении локомотива за точку подключения данного передатчика начинается передача сигнала АЛС с конца БУ. Путевые приемники подключаются к рельсовой линии по концам блок-участка.

Методы контроля состояния рельсовой линии, а также методы формирования и обработки сигналов аналогичны методам, принятым в системе АБ-Е1. Отличие заключается в технической реализации узлов:

1. В системе АБ-Е2 путевой приемник и приемопередатчик конструктивно реализованы в виде **общей моноблочной конструкции** – микропроцессорном приемопередатчике МПП. Микропроцессорный приемопередатчик одной сигнальной установки:

- контролирует состояния рельсовых цепей, относящихся к смежным блок-участкам и примыкающих к данной сигнальной точке;
- в соответствии с поездной ситуацией и принадлежностью блок-участка кодирует информацию, формирует электрический сигнал и передает его в рельсовую линию через свой выход, подключенный к середине БУ; этот сигнал используется как для контроля состояния двух рельсовых цепей данного блок-участка, так и для передачи информации к предыдущей сигнальной точке;
- формирует и через свои соответствующие выходы подает сигналы АЛС в середину и в конец рельсовой линии; включение сигналов АЛС зависит от места нахождения поезда;
- управляет сигнальными реле;
- обеспечивает контроль горения ламп светофора и целостности их нитей;
- передает по проводной линии связи к впередистоящей сигнальной точке информацию о вступлении головы поезда на ограждаемый блок-участок (команда на включение сигнала АЛС).

2. Схема МПП реализована на **устройствах с программируемой логикой**. Для исключения опасных отказов применена дублированная структура с контролем синхронности работы параллельных каналов обработки данных. При рассогласовании их работы производится диагностика каждого канала и отключение неисправного.

3. Приемопередатчик формирует не только сигналы АЛС-ЕН, как в системе АБ-Е1, но и **сигналы АЛСН**. Причем производится контроль временных параметров передаваемого сигнала АЛСН. При искажении двух

следующих подряд кодовых комбинаций их передача прекращается и выход передатчика запирается.

В состав приемопередатчика входят следующие основные устройства:

- два цифровых фильтра входных сигналов (по одному на каждой вход от рельсовой линии) для выделения полезных сигналов с заданными несущими частотами на фоне помех;
- два аналого-цифровых преобразователя для преобразования аналоговых сигналов в цифровую форму с целью дальнейшей обработки микропроцессорным приемником;
- модем для модуляции и демодуляции сигналов; демодуляция и дальнейшее декодирование сигнала производится дублированной структурой, если была зафиксирована свобода и исправное состояние рельсовой цепи ограждаемого блок-участка;
- кодек для кодирования и декодирования кодовых комбинаций; в результате декодирования кодовых комбинаций (с учетом принадлежности сообщения данному блок-участку) производится управление сигнальными реле; кроме того, осуществляется формирование кодовых комбинаций для питания рельсовых цепей предыдущего БУ и для передачи к предыдущей сигнальной установке. Сформированные кодовые комбинации несут в себе информацию о состоянии впередилежащих БУ и сведения о принадлежности сигнала данному БУ (синхрогруппа). После модуляции и усиления сигнал подается в рельсовую линию.

Кроме указанных устройств в приемопередатчик входят схемы контроля работы дублированной структуры, схема диагностики, кодер и модулятор сигналов АЛС-ЕН, формирователь и бесконтактные коммутаторы сигналов АЛСН, интерфейсы входных и выходных цепей и ряд других функциональных узлов.

Настройка приемопередатчика на конкретные параметры входных и выходных сигналов (несущие частоты и рабочие синхрогруппы) осуществляется настроечными переключателями через интерфейс входа U.

Выходная мощность передатчика рабочих сигналов составляет 60ВА. Порог срабатывания при контроле состояния рельсовой линии равен 0,55В.

Для схемы микропроцессорного путевого приемника предусмотрено **тестирование микропроцессора и микросхем ОЗУ, ПЗУ и АЦП**. При тестировании микропроцессора производится побитная установка разрядов регистров общего назначения сначала в «1», а затем в «0». Кроме это-

го выполняется установка и сброс флажков регистра состояния и контроля правильности исполнения условных переходов.

Тест ОЗУ включает побитную установку разрядов ячеек ОЗУ, используемых программой, сначала в «1», а затем в «0» с контролем правильности выполнения операции.

Тест ПЗУ заключается в подсчете контрольной суммы ПЗУ. Для этого содержимое ячеек памяти, занимаемых программой, суммируется, а затем сравнивается с контрольным значением.

Тест АЦП заключается в последовательной проверке правильности работы микросхем АЦП для трех эталонных значений входного напряжения: +5, 0 и –5В.

Если была обнаружена ошибка при тестировании, осуществляется перевод аппаратных средств в безопасное состояние.

Микропроцессорная унифицированная система автоблокировки АБ-УЕ.

Система АБ-УЕ является в настоящее время наиболее совершенной системой единого ряда систем автоблокировки. Ее главной отличительной особенностью является унификация аппаратуры. Унификации подвергнуты методы технической реализации отдельных модулей, функциональные узлы, элементная база и конструкция. Это позволило сократить номенклатуру изделий, применить индустриальные методы обслуживания и ремонта устройств. Кроме того, в системе АБ-УЕ исключены электромагнитные реле и другие электромеханические приборы, применяется встроенная подсистема дистанционного контроля и диагностики аппаратуры, предусмотрена возможность дистанционного изменения настроек и технических параметров сигнальной точки. Путем изменения программного обеспечения система АБ-УЕ может быть настроена на реализацию функций и выполнение технологического алгоритма любой системы АБ с децентрализованным размещением аппаратуры.

Способы определения состояния рельсовой линии, защиты от помех тягового тока и повышения устойчивости работы РЦ при существенных изменениях сопротивления изоляции РЛ, а также методы формирования и обработки сигналов аналогичны способам, принятым в системе АБ-Е2.

Схемные решения и программное обеспечение системы АБ-Е2 усовершенствованы по сравнению с системами предыдущих модификаций на основе опыта их разработки и эксплуатации. Основные узлы приемопере-

датчика при использовании РЦ без изолирующих стыков выполняют следующие функции:

- цифровой сигнальный процессор фильтрует и демодулирует сигналы контроля рельсовой линии (КРЛ) и производит их обработку; на основании сравнения напряжения на входе с пороговым напряжением и сравнения формы принятого сигнала с переданным принимает решение о состоянии "своей рельсовой цепи"; модулирует сигналы КРЛ и АЛС-ЕН; формирует сигналы АЛСН; контролирует соответствие выходных напряжений заданным значениям; тестирует АЦП;

- микроконтроллер модуля управления получает от сигнального процессора информацию о величинах напряжений в рельсовых цепях и принятом кодовом сообщении; принимает решение о состоянии смежной рельсовой цепи на основании анализа величины напряжения, определения разрешенности принятой кодовой комбинации и соответствия принятой синхрогруппы заданной; управляет огнями светофора, контролирует целостность нитей ламп с выработкой соответствующих управляющих воздействий при их неисправности; формирует кодовые комбинации сигналов КРЛ, АЛС-ЕН и АЛСН; включает кодирование; обеспечивает перестройку сигнальной точки при смене направления движения поездов;

- постоянное и оперативное запоминающие устройства хранят соответственно программы обработки данных и промежуточные результаты.

Кроме того, в состав приемопередатчика входят интерфейсы, шинный формирователь, усилители, схема контроля, модем и ряд других узлов.

Помимо приемопередатчика проходной сигнальной точки, разработаны две модификации для увязки АБ-УЕ со схемами входного светофора и устройствами станционной централизации. При этом перегонные и станционный приемопередатчики совместно с персональным компьютером объединены в сеть. Это позволило использовать одну пару проводов для организации работы автоблокировки и решения дополнительных задач по управлению и контролю. Так, с перегона на станцию в системе АБ-УЕ передается информация о поездном положении, показаниях светофоров, величине напряжения в рельсовых цепях, неисправностях аппаратуры сигнальных точек. Эта информация отображается на мониторе компьютера. С помощью этого компьютера на сигнальных точках перегона могут быть заданы значения напряжений сигналов КРЛ, АЛСН и АЛС-ЕН; кодовые сигналы АЛС-ЕН в зависимости от наличия временных ограничений скорости; переданы команды смены направления движения поездов.

Связь компонентов сети осуществляется через последовательные порты с использованием модемов. Каждый компонент сети имеет свой адрес. Причем каждый канал приемопередатчика выступает как самостоятельный компонент сети. Скорость передачи сообщений равна 4800 бит/с. Для предотвращения ошибок, вызванных отказами аппаратных средств или искажениями сообщений, принят ряд мер по обнаружению таких ошибок программным путем.

Конструктивно приемопередатчик реализован в виде модульной структуры, что существенно облегчает процесс его обслуживания, восстановления работоспособности системы и ремонта модулей.

Контрольные вопросы и задания

1. В чем заключается основное требование к устройствам СЖАТ?
2. Какими способами обеспечивается безопасность функционирования систем железнодорожной автоматики?
3. Какими факторами определяется требование повышения надежности устройств СЖАТ?
4. Почему надежность устройств СЖАТ влияет на уровень безопасности движения поездов?
5. Перечислите особенности перегонных систем автоматики.
6. От чего зависит техническая реализация и функциональные возможности систем АБ на каждом этапе развития?
7. Разберитесь, почему технические средства находятся в процессе постоянного совершенствования.
8. Вспомните недостатки кодовой АБ. Почему система с таким большим числом недостатков длительное время находится в эксплуатации?
9. Почему в настоящее время применяется дорогостоящий планово-профилактический метод обслуживания устройств СЦБ? Какой метод является альтернативным ему?
10. Перечислите преимущества микропроцессорных систем автоматики.
11. С какой целью в некоторых микроэлектронных системах АБ был заложен алгоритм автоблокировки числового кода? Перечислите эти системы.
12. В чем заключается суть адаптивного путевого приемника? Какими достоинствами обладают такие приемники?
13. Вспомните способ кодирования информации в системах АБ единого ряда.
14. Для чего в системах АБ единого ряда применяются синхрогруппы? Как организовано их формирование и передача?
15. Дайте краткое объяснение принципа тестирования микроэлектронных устройств системы АБ-УЕ.

2. РЕЛЬСОВЫЕ ЦЕПИ ТОНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ

2.1. Этапы развития тональных рельсовых цепей

Рельсовыми цепями тональной частоты, или тональными рельсовыми цепями (ТРЦ), называют класс рельсовых цепей, частота сигнального тока которых (от 125 Гц до 5 кГц) находится в диапазоне тональных частот. Другой отличительной особенностью ТРЦ является применение бесконтактной аппаратуры.

Разработчиками этих РЦ и систем АБ на их основе в нашей стране является группа ученых ВНИИЖТа под руководством В.С. Дмитриева и В.А. Минина. Название тональных рельсовых цепей появилось в 90-м году, хотя рельсовые цепи с тональными частотами и бесконтактной аппаратурой были разработаны и начали применяться гораздо раньше. Так, в системе ЧАБ они назывались частотными РЦ, в системах автоблокировки с централизованным размещением аппаратуры (ЦАБ) – бесстыковыми рельсовыми цепями (БРЦ), а рельсовые цепи, оптимизированные для низкого сопротивления балласта, называли БРЦ-НСБ. Введение новой терминологии связано с разработкой целого ряда систем АБ, использующих ТРЦ как с изолирующими стыками (ИС), так и без них, и необходимостью объединения этих РЦ в один общий класс.

Необходимо отметить, что ТРЦ и их аппаратура развивались весьма динамично и претерпели при этом большие изменения как по принципу построения и технической реализации, так и в отношении оптимизации их характеристик.

На первом этапе (в системе ЧАБ) это были РЦ с изолирующими стыками и относительно низкими частотами (125 – 375 Гц). Это позволяло использовать известные методы синтеза и расчета рельсовых цепей. Классическое построение РЦ (питание на выходном конце БУ, а приемная аппаратура – на входном) и использование общего сигнала для контроля состояния БУ и передачи информации привели к необходимости применения гетеродинного приемника, существенному усложнению схемы и увеличению объема аппаратуры.

В дальнейшем в ТРЦ функции передачи информации между светофорами и на локомотив были исключены. Кроме того, существенно изменилась структура ТРЦ – в системе ЦАБ впервые были применены рельсо-

вые цепи без изолирующих стыков с питанием двух смежных РЦ от одного генератора. Такая структура ТРЦ привела к существенному упрощению схемы, уменьшению объема аппаратуры и числа жил соединительного кабеля. Однако отсутствие изолирующих стыков потребовало разработки новых методов для оптимизации параметров и для расчета зоны дополнительного шунтирования неограниченных РЦ (рельсовых цепей, у которых сопротивление РЛ не ограничивается в зоне установки изолирующих или электрических стыков).

Защита от взаимного влияния РЦ осуществляется чередованием частот генераторов и применением на приемном конце безопасных фильтров для разделения этих частот. Для повышения защищенности от гармоник тягового тока и защиты от влияния РЦ параллельного пути применяется амплитудная модуляция сигнального тока с разной частотой модуляции.

Аппаратура таких РЦ первоначально проектировалась для случая ее размещения в отапливаемых станционных помещениях с температурой окружающей среды от +5 до +40⁰С при автономной тяге и тяге постоянного тока (**аппаратура первого поколения**). Затем эта аппаратура была усовершенствована для применения в неотапливаемых помещениях и в релейных шкафах при температуре от –45 до +65⁰С (**аппаратура второго поколения**, взаимозаменяемая с предыдущей и применяемая с 1986 года).

Опыт разработки и эксплуатации указанных ТРЦ, а также необходимость их использования на участках с электрической тягой переменного тока и на участках с пониженным сопротивлением балласта привели к дальнейшему совершенствованию аппаратуры ТРЦ. В **аппаратуре третьего поколения**, применяемой при любых видах тяги и на участках с нормальным и пониженным сопротивлением балласта, были несколько изменены частоты, оптимизированы параметры аппаратуры, повышена помехозащищенность приемных устройств, существенно сокращено количество применяемой аппаратуры и ее габариты. В системе АБТ эти рельсовые цепи получили наименование ТРЦ3 (рельсовые цепи третьего типа).

Разработка системы АБТ без изолирующих стыков потребовала решения вопроса четкой фиксации границ БУ. Для этого была создана тональная **рельсовая цепь четвертого типа ТРЦ4** с малой величиной зоны дополнительного шунтирования.

В настоящее время ТРЦ благодаря ряду эксплуатационных, технических и экономических преимуществ находят все более широкое приме-

нение на железных дорогах и линиях метрополитенов России. В новом строительстве применяют системы АБ и электрической централизации только с тональными рельсовыми цепями. Использование ТРЦ позволило внедрить АБ с централизованным размещением аппаратуры, оборудовать автоблокировкой участки с пониженным сопротивлением балласта. Перспективными направлениями также являются: оборудование тональными рельсовыми цепями участков приближения к переездам, применение их для контроля освобождения переезда без установки изолирующих стыков, для контроля состояния перегона при ПАБ, использование ТРЦ для организации защитных участков в традиционных системах АБ.

2.2. Принципы построения и эффективность ТРЦ

Как уже отмечалось, основной отличительной особенностью ТРЦ является питание двух смежных РЦ от одного общего источника сигнального тока (генератора) и возможность работы без изолирующих стыков. Такое построение ТРЦ сокращает число аппаратуры, кабеля для соединения аппаратуры с рельсовой линией, используемых частот сигнального тока и позволяет просто реализовать рельсовые цепи без изолирующих стыков.

На рис. 2.1 показана структура, поясняющая принцип построения ТРЦ.

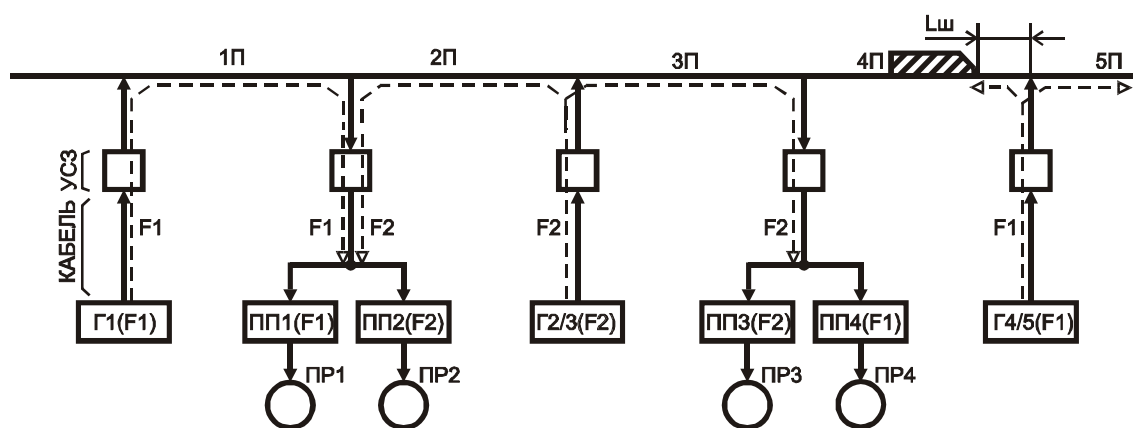


Рис. 2.1. Принцип построения ТРЦ

Сигнальный ток частотой $F1$ или $F2$ от **генераторов** Γ подается в рельсовую линию, по которой распространяется в обе стороны от точки подключения. От генератора $\Gamma1$ питается рельсовая цепь 1, от генератора $\Gamma 2/3$ – рельсовые цепи 2 и 3 и т. д. **Путевые приемники** ПП1 и ПП2, ПП3 и ПП4 подключаются к общей точке релейных концов РЦ. Приемники об-

ладают свойствами частотной селекции и пороговыми свойствами, т. е. реагируют на сигнал определенной частоты и амплитуды. Путевые реле на выходах приемников нормально возбуждены. При нахождении подвижной единицы (или изломе рельса), например, на 4П путевое реле ПР4 обесточивается. Возбуждение этого реле от сигнального тока рельсовой цепи 3П исключено из-за большого затухания частоты F_2 в приемнике ПП4(F_1). Исключается и возможность возбуждения этого реле сигнальным током частоты F_1 от генератора Г1 рельсовой цепи 1П из-за естественного затухания в рельсовой линии на протяжении трех РЦ (1, 2 и 3). Расчеты показали, что уровень помехи от этого сигнала будет примерно в 100 раз ниже уровня полезного сигнала, поступающего на обмотку реле от генератора собственной РЦ. В отдельных случаях (при малой длине РЦ 2П и 3П и высоком уровне сигнала в 1П) предусматривается применение и чередование трех частот.

В связи с отсутствием изолирующих стыков шунтовой режим ТРЦ наступает не только при нахождении подвижной единицы на участке пути между генератором и приемником, но и при нахождении в некоторой зоне за пределами подключения этих приборов. Эту зону называют **зоной дополнительного шунтирования**. Так, например, при приближении подвижной единицы на расстояние $L_{ш}$ от точки подключения генератора Г4/5 (см. рис. 2.1) путевое реле ПР5 обесточивается. Величина этого расстояния зависит от несущей частоты и удельного сопротивления балласта и в предельном случае составляет 10-15% от длины рельсовой цепи.

Рассмотренная аппаратура размещается в станционном помещении или в релейных шкафах на перегоне в зависимости от типа АБ и соединяется с РЛ при помощи сигнального кабеля. На поле (непосредственно у пути) размещаются **устройства согласования и защиты УСЗ**.

В реальных схемах для повышения помехозащищенности от тягового тока и токов РЦ параллельного пути предусмотрена модуляция сигнального тока частотами 8 и 12 Гц.

Диапазон несущих частот сигнального тока (400...800 Гц) принят исходя из условия обеспечения оптимальных эксплуатационных характеристик ТРЦ. Конкретные частоты в этом диапазоне были выбраны в промежутках между гармониками тягового тока и тока промышленной частоты. Гармонические составляющие постоянного тягового тока имеют частоты 300, 600, 900, ... Гц. Причем, чем выше частота, тем ниже уровень гармоники. Поэтому в ТРЦ с аппаратурой первого поколения для систем ЦАБ были выбраны частоты $f_8=425$ Гц и $f_9=475$ Гц. При разработке аппаратуры второго поколения были добавлены частоты $f_{11}=575$ Гц, $f_{14}=725$ Гц и

$f_{15}=775$ Гц. Это позволило применять в системах АБ три частоты, использовать ТРЦ на станциях в системе электрической централизации и на линиях метрополитенов в системе автоматического регулирования скорости.

В аппаратуре третьего поколения для повышения помехозащищенности ТРЦ на участках с электротягой переменного тока были приняты несущие частоты 420, 480, 580, 720 и 780 Гц, что позволяет использовать эти ТРЦ при любом виде тяги. В децентрализованных системах АБ в подавляющем большинстве случаев для ТРЦ3 достаточно использовать две частоты. Так, в соответствии с нормами проектирования рельсовые цепи с одинаковыми частотами могут повторяться при расстоянии 2000 м от питающего конца одной рельсовой цепи до приемного конца другой. То есть, суммарная длина РЦ 1П, 2П и 3П (см. рис. 2.1) должна быть не менее 2000 м. При длине влияющей ТРЦ3 менее 750 м это расстояние должно быть не менее 1750 м.

В ТРЦ4 используются частоты 4545, 5000, 5555 Гц.

Максимальная длина тональных рельсовых цепей $L_{max}=1000$ м (для ТРЦ4 – 300 м). При этом выполнение всех режимов работы ТРЦ обеспечивается при $r_{и min}=0,7$ Ом·км. С уменьшением минимального удельного сопротивления изоляции рельсовой линии предельная длина ТРЦ снижается. Так, при $r_{и min}=0,1$ Ом·км $L_{max}=250$ м, при $r_{и min}=0,04$ Ом·км $L_{max}=150$ м. ТРЦ может использоваться и с изолирующими стыками. При этом ее предельная длина увеличивается до 1300 м.

К тональным рельсовым цепям относятся также рельсовые цепи, используемые в системе АБ-УЕ (диапазон частот 1900 - 2800 Гц). Использование адаптивного путевого приемника (см. п. 1.4) позволило существенно увеличить длину этих рельсовых цепей по сравнению с рассмотренными выше. Необходимо отметить также, что РЦ системы АБ-УЕ являются кодовыми. Далее рассматриваются ТРЦ разработки ВНИИЖТа.

Основные достоинства ТРЦ связаны с возможностью их работы без изолирующих стыков. При этом:

1. Исключается самый ненадежный элемент СЖАТ – изолирующие стыки (на долю изолирующих стыков приходится 27% всех отказов устройств СЖАТ).

2. Отпадает необходимость установки дорогостоящих дроссель-трансформаторов для пропуска тягового тока в обход изолирующих стыков. При этом уменьшается число отказов по причине обрыва и хищений перемычек и снижаются затраты на обслуживание.

3. Улучшаются условия протекания обратного тягового тока по рельсовым нитям.

4. Сохраняется прочность пути с длинномерными рельсовыми плетями.

В выбранном диапазоне несущих частот уровень гармонических составляющих тягового тока меньше, чем при более низких частотах, что позволило:

1. Повысить помехозащищенность РЦ.

2. Повысить чувствительность приемников и, как следствие, снизить мощность, потребляемую ТРЦ.

3. Кроме того, применение более высоких частот позволяет легче реализовать добротные фильтры меньших габаритов и повысить защищенность приемников от влияния соседних частот.

Возможность удаления аппаратуры от рельсовых линий на достаточно большое расстояние обеспечивает экономическую целесообразность применения ТРЦ в следующих случаях:

1. Для контроля свободности перегона и исправности рельс в системе ПАБ, что повышает безопасность движения и дает возможность внедрения систем диспетчерской централизации.

2. Для организации защитных участков требуемой длины в кодовой и импульсно-проводной АБ. При этом установка дополнительных релейных шкафов и линейных высоковольтных трансформаторов в пределах блок-участка не требуется.

3. В качестве РЦ наложения для получения требуемой длины участков приближения к переезду. Это позволяет сократить до минимума преждевременность закрытия переезда.

4. На участках с пониженным сопротивлением балласта.

Кроме того, к достоинствам ТРЦ следует отнести отсутствие контактных реле, работающих в импульсном режиме, что существенно повышает надежность и долговечность аппаратуры. Известно, что среди приборов СЖАТ наибольшее число отказов приходится на дешифраторы кодовой автоблокировки, трансмиттерные реле и импульсные путевые реле.

Недостатками ТРЦ являются малая предельная длина и наличие зоны дополнительного шунтирования.

2.3. Особенности расчета ТРЦ

Особенности расчета ТРЦ определяются следующими факторами.

1. Отсутствие изолирующих стыков, что требует учета входных сопротивлений смежных рельсовых цепей. Эти сопротивления оказываются подключенными по концам рельсовой линии параллельно сопротивлениям аппаратуры и оказывают существенное влияние на режимы работы ТРЦ.

2. Использование кабеля относительно большой длины для подключения аппаратуры ТРЦ к рельсовой линии, что требует учета сопротивления и емкости жил кабеля и их согласования с сопротивлением аппаратуры, а также расчета предельно допустимой длины кабеля.

3. Наличие зоны дополнительного шунтирования, что приводит к необходимости исследования и расчета ее длины в зависимости от длины ТРЦ, частоты сигнального тока и изменения сопротивления балласта.

4. Различие длин смежных ТРЦ, питаемых от одного генератора. При этом должно быть обеспечено выполнение всех режимов работы каждой из этих ТРЦ при общем напряжении питания.

5. Влияние сигнала от генератора одной ТРЦ на приемник другой ТРЦ с той же частотой. Для исключения такого влияния необходимо определить минимально допустимую длину ТРЦ при использовании двух частот.

6. Применение ТРЦ на участках с пониженным сопротивлением балласта. При работе ТРЦ без изолирующих стыков в этих условиях существенно возрастает влияние обходных путей для сигнального тока (междупутные перемычки, заземления опор контактной сети, отсосы тягового тока и т. д.). В связи с этим схема замещения рельсовой линии должна приниматься несимметричной. Для такого случая известный метод, основанный на замещении элементов РЦ эквивалентными четырехполюсниками, становится неприменимым из-за сложности и громоздкости получаемых выражений.

7. Возможность восприятия локомотивными катушками второго поезда кодового сигнала АЛС, предназначенного для впередиидущего поезда.

Исследование и синтез тональных рельсовых цепей, проведенные специалистами ВНИИЖТа с учетом перечисленных факторов, позволили выбрать несущие частоты и оптимизировать параметры аппаратуры ТРЦ3 и ТРЦ4, разработать рекомендации по выбору длин этих РЦ в различных условиях эксплуатации, составить регулировочные таблицы.

2.4. Схемы и аппаратура ТРЦ

2.4.1. Обобщенная схема тональной рельсовой цепи

Как указывалось выше, в процессе развития и совершенствования ТРЦ, а также для разных случаев применения было создано 4 типа аппаратуры ТРЦ. Имея общие принципы построения и работы, они различаются областью применения, технической реализацией аппаратуры и ее характеристиками.

На рис. 2.2. представлена обобщенная структурная схема ТРЦ.

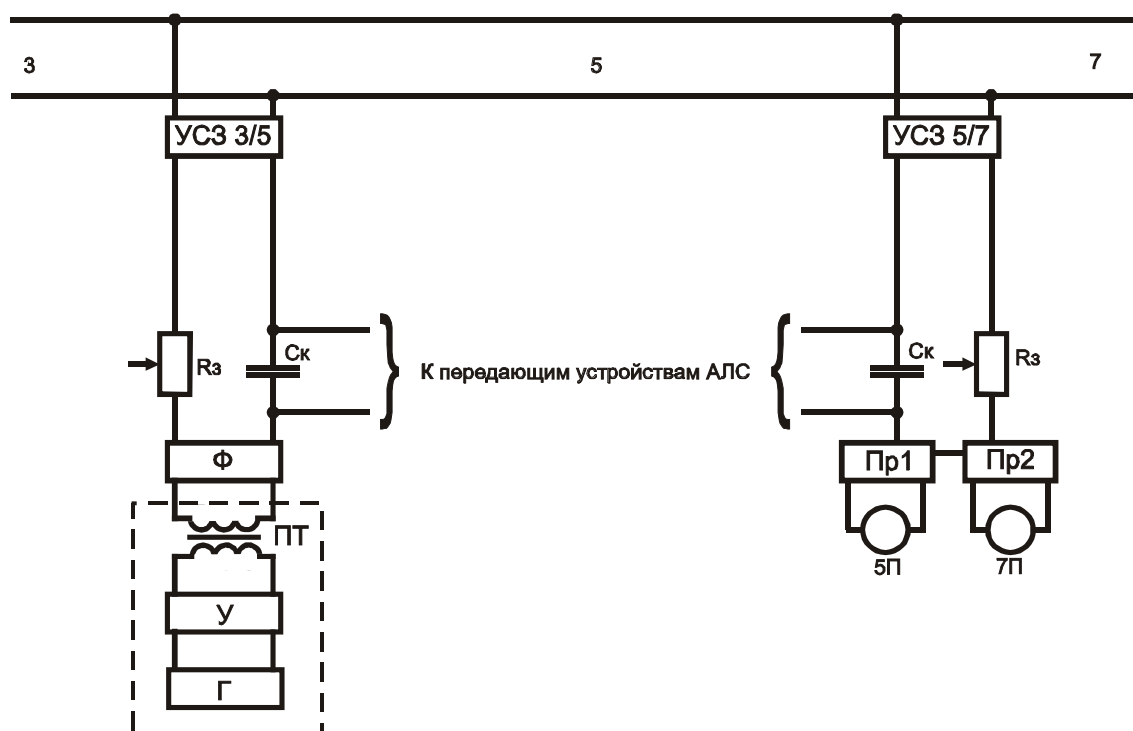


Рис. 2.2. Обобщенная структурная схема ТРЦ

Передающая аппаратура первого и второго поколений содержала генератор Г амплитудно-модулированных сигналов, усилитель У, путевой трансформатор ПТ для настройки напряжения питания ТРЦ в зависимости от ее длины и величины минимального удельного сопротивления балласта, фильтр питающего конца Ф. В последующем в рельсовых цепях ТРЦ3 и ТРЦ4 блоки Г, У, Ф и ПТ были объединены в один **блок генератора**, а **фильтры** стали выполнять новые функции.

На приемном конце последовательно включены **два приемника** — приемник Пр1 рельсовой цепи 5, настроенный на частоту генератора Г, и приемник Пр2 рельсовой цепи 7 другой частоты. На выходах приемников

включены путевые реле 5П и 7П, фиксирующие состояния соответствующих рельсовых цепей.

Генераторы и фильтры настраиваются на конкретную частоту при помощи внешних переключателей. Это позволяет уменьшить номенклатуру аппаратуры, что выгодно как с точки зрения производства (уменьшается разнотипность изделий), так и с точки зрения эксплуатации (уменьшается количество запасных блоков и повышается их универсальность). Приемники выпускаются индивидуально для каждой комбинации несущей и модулирующей частот.

Резисторы R_d играют роль балластных сопротивлений и обеспечивают требуемые входные сопротивления по концам рельсовой линии. Это регулируемый резистор сопротивлением 400 Ом; его величину выбирают в зависимости от длины соединительного кабеля.

Схема ТРЦ предусматривает возможность передачи сигналов АЛС числового и частотного кодов. Включение кодовых сигналов в рельсовую линию производится по существующим жилам кабеля передающего и приемного концов ТРЦ. **Конденсаторы C** являются элементами фильтра передающих устройств АЛС.

Устройства согласования и защиты УСЗ размещаются в путевых ящиках и решают следующие задачи: согласование сопротивления соединительного кабеля и аппаратуры с сопротивлением рельсовой линии, защита аппаратуры ТРЦ от грозового разряда (при автономной тяге поездов) или от коммутационных перенапряжений в контактной сети, защита от асимметрии обратного тягового тока (при электрической тяге). К устройствам защиты можно отнести и дроссель-трансформаторы, устанавливаемые при электрической тяге для выравнивания обратных тяговых токов в рельсовых нитях (для устранения асимметрии).

Конкретные схемы ТРЦ для разных случаев применения будут рассмотрены далее в соответствующих разделах.

В табл. 2.1. приведены типы и основные особенности аппаратуры ТРЦ разных поколений.

К данным, приведенным в таблице, необходимо дать следующие дополнения и пояснения.

1. В системах ЦАБс и АБТс на начальном этапе, до разработки ТРЦЗ, использовалась аппаратура ТРЦ второго поколения.

2. Частоты модуляции для всех типов аппаратуры – 8 и 12 Гц.

Разновидности аппаратуры ТРЦ

Параметры		Первое поколение	Второе поколение	Третий тип (ТРЦ3)	Четвертый тип (ТРЦ4)
Некоторые характеристики и особенности		+5...+40 ⁰ С	-45...+65 ⁰ С Взаимозаменяема с аппаратурой 1-го поколения	-45...+65 ⁰ С Унифицирована для любого сопротивления балласта и вида тяги, уменьшены габариты и количество аппаратуры, повышена помехозащищенность	-45...+65 ⁰ С Уменьшена зона дополнительного шунтирования
Область применения		ЦАБ	ЦАБ-М, АРС метрополитенов	ЦАБс, АБТс, АБТ, АБТЦ	АБТ
Несущие частоты, Гц		425, 475	425, 475, 575, 725, 775	420, 480, 580, 720, 780	4545, 5000, 5555
Напряжение питания блоков		~17,5 В	~17,5 В	~17,5 В; ~35 В	~17,5 В; ~35 В
Тип блока (по рис. 2.2)	Г	ПГМ	ГРЦ	ГП8,9,11	ГРЦ4 (ГП4)
	У	ПУ1	ПУ1	ГП11,14,15 (ГП3/8,9,11)	
	ПТ	ПТЦ	ПТЦ	ГП3/11,14,15)	
	Ф	ФП8,9	ФП8,9 ФП11,14,15	ФПМ8,9,11 ФПМ11,14,15	ФРЦ4 (ФРЦ4Л)
	Пр	УПКЦ... 4 типа	ПРЦ... 10 видов для жел. дорог и 10 для метро	ПП... (ПП1...) 10 видов для железных дорог и 10 для метро	ПРЦ4... (ПРЦ4Л...) (ПРЦ4Л1...) 6 видов

3. В скобках указаны усовершенствованные модификации блоков.

4. Числа в обозначении типа фильтра и блока ГП указывают номера несущих частот, на которые они могут быть настроены при помощи внешних перемычек.

5. Разновидности приемников определяются комбинацией несущей и модулирующей частот. Эти данные указываются в обозначении типа конкретного приемника (первое число – условный номер несущей частоты, второй – частота модуляции). Например, ПРЦ8-8 или ПРЦ8-12 (приемник рельсовой цепи, настроенный на несущую частоту $f_8=425$ Гц и частоту модуляции 8 или 12 Гц). Кроме того, разновидности приемников определяются областью применения (железнодорожные линии или линии метрополитенов). Для линий метрополитенов выпускаются приемники, чувствительность которых в 2 раза ниже. Например, ППМ11-8 (путевой приемник для линий метрополитенов, настроенный на несущую частоту $f_{11}=580$ Гц и частоту модуляции 8 Гц).

6. В настоящее время в соответствии с Указанием ГТСС № 1454 от 12 мая 2000 года аппаратура первого и второго поколений в действующих устройствах заменена на аппаратуру третьего типа.

Все блоки (кроме путевого трансформатора ПТ) конструктивно выполнены на платах реле НМШ, НШ и ДСШ и подключаются к монтажу при помощи соответствующих штепсельных розеток.

2.4.2. Аппаратура ТРЦЗ

Аппаратура ТРЦ третьего поколения разрабатывалась с учетом возможности работы на участках с удельным сопротивлением балласта до 0,04 Ом·км. При этом одновременно с оптимизацией характеристик ТРЦ были решены вопросы уменьшения объема оборудования, повышения надежности аппаратуры и помехозащищенности приемных устройств.

Опыт разработки и эксплуатации аппаратуры ТРЦ предыдущих поколений позволил создать универсальную аппаратуру для эксплуатации как при пониженном, так и при нормальном сопротивлении балласта на участках с любым видом тяги поездов в централизованных и децентрализованных системах. Так, размеры передающих устройств были уменьшены примерно в два раза, помехоустойчивость повышена примерно в 6 раз, минимальное сопротивление балласта при той же длине рельсовой цепи снижено в 1,4-1,5 раз.

Для аппаратуры ТРЦЗ было разработано три функциональных блока: путевого генератор типа ГП, путевого фильтр типа ФПМ и путевого приемник типа ПП. Обозначения модификаций этих блоков указаны в сводной таблице типов аппаратуры ТРЦ (см. табл. 2.1) и в пояснениях к ней. Генераторы ГП и фильтры ФПМ собраны на базе реле НШ, приемник ПП – на плате реле ДСШ.

Рассмотрим функции, принципиальные схемы и различие исполнений аппаратуры ТРЦЗ разных модификаций.

|| **Путевые генераторы ГПЗ** формируют и усиливают амплитудно-модулированные сигналы со 100%-й модуляцией и синусоидальной формой несущей частоты. ||

Генераторы ГПЗ являются взаимозаменяемыми с генераторами ГП предыдущей модификации. Включают в себя следующие узлы: генератор несущих частот, генератор модулирующих частот, манипулятор, пред-

варительный усилитель, регулятор выходного напряжения, выходной усилитель, вторичный источник питания (рис. 2.3).

Генератор несущих частот выполнен на микросхеме DD1 генератора низкой частоты с кварцевым резонатором GB. Настройка на одну из трех предусмотренных частот осуществляется при помощи внешних перемычек (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Настройки генераторов ГПЗ

Тип ГПЗ	Несущая/модулирующая частота, Гц		Перемычки			
			генератора несущей частоты	генератора модулирующей частоты	настройки в резонанс	подключения выходного каскада
ГПЗ/8,9,11	420	8	12-23	62-42	81-73	83-72 3-4 51-61
		12		62-33		
	480	8	12-21	62-42	81-63	
		12		62-33		
	580	8	12-22	62-42	81-82	
		12		62-33		
ГПЗ/11,14,15	580	8	12-22	62-42	81-73	
		12		62-33		
	720	8	12-13	62-42	81-63	
		12		62-33		
	780	8	12-11	62-42	81-82	
		12		62-33		

Генератор модулирующих частот и манипулятор реализованы на микросхеме DD2. На его входы от генератора DD1 подаются сигналы тактовой частоты (1 МГц) и несущей частоты f_H .

Предварительный усилитель служит для согласования выхода микросхемы DD2 с регулятором выходного напряжения и выполнен на транзисторах VT2-VT5, работающих в ключевом режиме.

В состав регулятора входят: переменный резистор R11, резисторы R9 и R10, трансформатор TV и конденсатор C6 с резистором R15.

Резисторы R9-R11 включаются последовательно с первичной обмоткой трансформатора TV посредством внешней перемычки 83-72. Переменный резистор R11 за счет изменения тока первичной обмотки TV позволяет регулировать выходное напряжение амплитудно-модулированного сигнала от 1 до 6 В. Ручка переменного резистора R11 выведена на переднюю панель кожуха блока ГПЗ для возможности регулировки выходного напряжения без вскрытия блока.

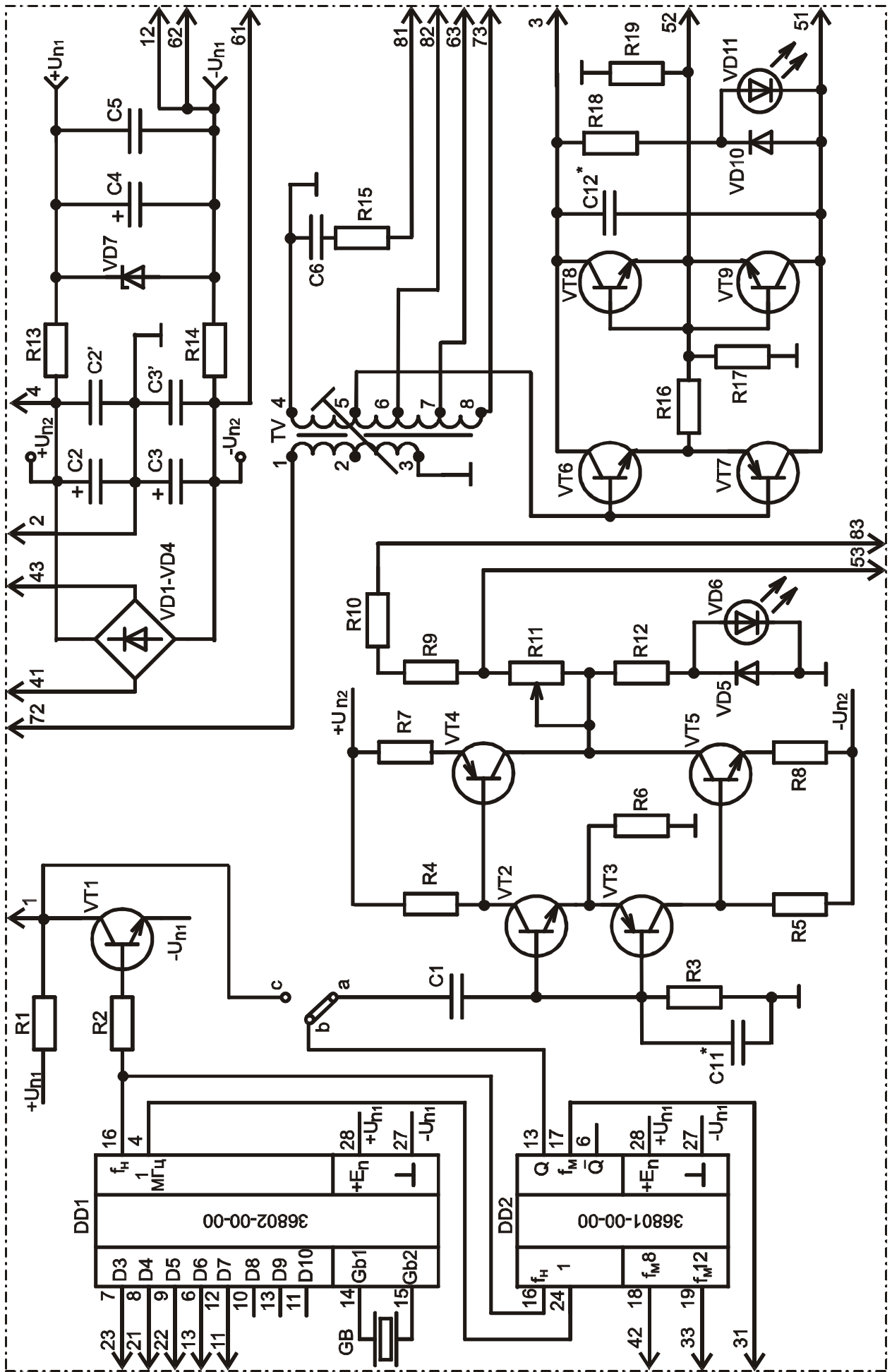


Рис. 2.3. Принципиальная схема генераторов ГПЗ

Трансформатор TV обеспечивает гальваническую развязку цепи регулятора от цепи выходного усилителя. Кроме того, он обеспечивает снижение выходного сопротивления регулятора, что исключает такой опасный отказ, как возрастание выходного напряжения генератора ГПЗ при различных повреждениях в цепи регулятора и изменении входного сопротивления выходного усилителя. Конденсатор С6 и секционированная вторичная обмотка трансформатора TV позволяют произвести настройку в резонанс на несущей частоте, что исключает искажение формы выходного сигнала. Настройка осуществляется в соответствии с настройкой генератора несущей частоты при помощи внешних перемычек (см. табл. 2.2).

Выходной усилитель работает в линейном режиме и состоит из двух каскадов (транзисторы VT6-VT9). Наличие 100%-ной отрицательной обратной связи исключает изменение выходного напряжения при изменении коэффициентов усиления транзисторов. Выходной сигнал снимается с выводов 2-52.

Номинальная выходная мощность усилителя 20 В·А. При необходимости получения более мощного сигнала к выводам 53-83 подключают путевой усилитель ПУ1. При этом выходной усилитель и трансформатор TV отключают (снятием перемычек 3-4, 51-61 и 83-72), общую точку питания подключают к резисторам регулятора напряжения (перемычкой 2-83).

Вторичный источник питания вырабатывает двухполярное нестабилизированное напряжение ± 20 В и стабилизированное напряжение 9 В.

С целью визуального контроля работы путевого генератора ГПЗ предусмотрены светодиоды VD6 и VD11, которые выведены на переднюю панель. Мигание светодиода VD6 говорит о нормальной работе задающих генераторов и предварительного усилителя. Режим мигания светодиода VD6 (8 или 12 Гц) позволяет при достаточном опыте визуально определить настройку генератора модулирующих частот. Ровное свечение светодиода VD11 свидетельствует о наличии питания выходного усилителя.

Схемы генераторов ГПЗ/8,9,11 и ГПЗ/11,14,15 идентичны. Различия состоят в параметрах трансформатора VT.

Отличие рассматриваемого путевого генератора **от передающих устройств второго поколения** заключается в следующем: в одном блоке ГПЗ объединены генератор, усилитель и путевой трансформатор, что уменьшает объем аппаратуры; генератор выдает синусоидальный выходной сигнал, что исключает необходимость установки дополнительного фильтра для формирования синусоидальной формы сигнала; применены более стабильные генераторы несущей и модулирующей частот; преду-

смотрена световая индикация состояния блока путевого генератора. В блоке ГП предыдущей модификации генератор несущих частот был реализован на операционном усилителе с колебательным LC-контуром в цепи положительной обратной связи, генератор модулирующих частот - в виде мультивибратора на операционном усилителе с времязадающими RC-цепочками в цепи отрицательной обратной связи, а манипулятор - на транзисторном ключе.

Путевые фильтры ФПМ решают следующие задачи: защита выходных цепей путевого генератора от влияния токов локомотивной сигнализации, тягового тока и перенапряжений, возникающих в РЛ; обеспечение требуемого по условиям работы рельсовых цепей обратного входного сопротивления аппаратуры питающего конца РЦ; гальваническое разделение выходной цепи генератора от кабеля.

Фильтр ФПМ (рис. 2.4) реализован в виде последовательного колебательного LC-контура. Он содержит 8 конденсаторов и трансформатор TV в качестве индуктивности.

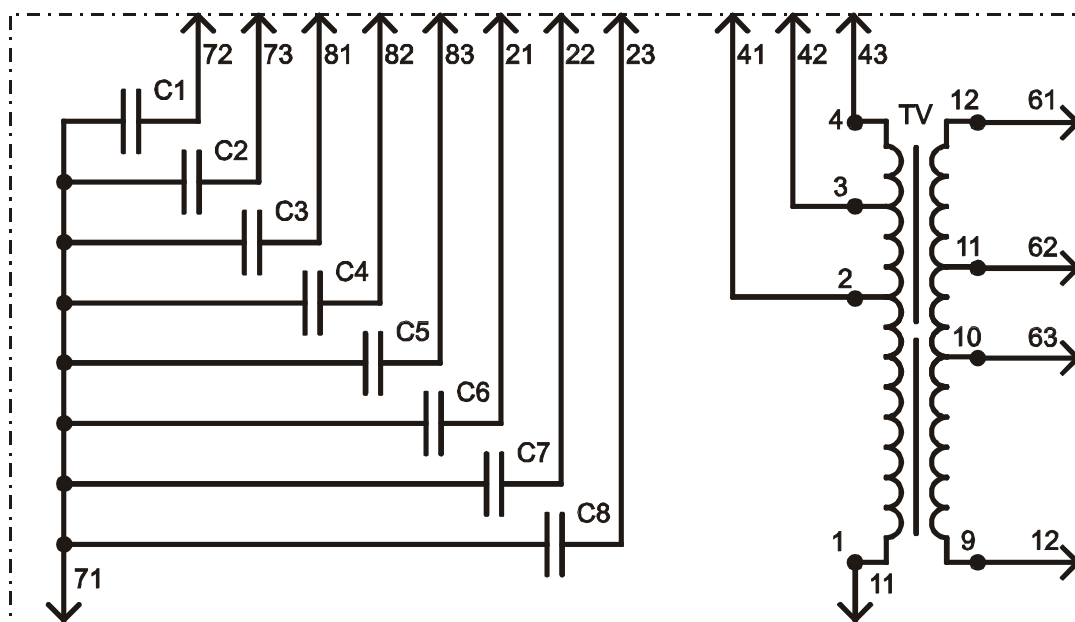


Рис. 2.4. Принципиальная схема путевых фильтров ФПМ

Входом фильтра являются выводы 11-71, на которые подается сигнал от генератора ГПЗ. Настройка на требуемую частоту осуществляется одновременным изменением индуктивности и емкости, что позволяет обеспечить относительно стабильное входное сопротивление фильтра на

различных частотах. Индуктивность контура изменяется путем использования всей или части первичной обмотки трансформатора TV, емкость – за счет изменения набора конденсаторов (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Настройки фильтров ФПМ

Тип	Несущая частота, Гц	Конденсаторы	Общая емкость, мкФ	Выводы обмоток TV	Переемычки
ФПМ 8,9,11	420	C5, C6, C7, C8	4,85	1-4	43-23-22-21-83
	480	C6, C7, C8	4,38	1-3	42-23-22-21
	580	C2, C3, C7, C8	4,07	1-2	41-23-22-73-81
ФПМ 11,14,15	580	C2, C3, C7, C8	4,07	1-4	43-23-22-73-81
	720	C4, C5, C6, C8	3,68	1-3	42-23-21-82-83
	780	C3, C5, C6, C8	3,57	1-2	41-23-21-81-83

Указанные данные по настройке фильтров ФПМ (см. табл. 2.3) являются расчетными. Для того, чтобы учесть фактические значения емкостей и индуктивностей конкретного фильтра, а также влияние емкости кабеля, подключаемого к его выходу, настройку производят на месте установки аппаратуры. При этом с помощью переемычек добавляют или исключают те или иные конденсаторы, добиваясь получения максимума напряжения на выходе фильтра или равенства напряжений на индуктивности (выводы 23-11) и емкости (выводы 23-71).

Фильтры ФПМ8,9,11 и ФПМ11,14,15 различаются параметрами трансформаторов TV.

С учетом различных условий применения в путевых фильтрах ФПМ предусмотрены **3 выхода с различными выходными сопротивлениями.**

Фильтр рассчитан таким образом, что энергетически наиболее выгодным является **выходное сопротивление 800 Ом** (выводы 12-61). Этот выход используется в случаях наиболее частого применения – в рельсовых цепях с нормальным сопротивлением балласта.

Выводы 12-62 (**выходное сопротивление 400 Ом**) используют в ТРЦ при низком сопротивлении балласта, а также при отсутствии защитного резистора в УСЗ, что характерно для автономной тяги. При этом от путевого генератора ГПЗ потребляется достаточно малая мощность, что позволяет использовать в качестве резервного источника питания аккумуляторные батареи.

Выводы 12-63 (**выходное сопротивление 140 Ом**) используются при низком сопротивлении балласта и наличии электрической тяги. Ис-

пользуемое в этом случае выходное сопротивление фильтра обеспечивает оптимальное обратное входное сопротивление питающего конца ТРЦ (0,4 Ом).

Указанные рекомендации являются общими и в конкретных случаях могут быть приняты другие решения.

Особенностями рассматриваемых фильтров в отличие от фильтров второго поколения являются: универсальность схемы для обоих диапазонов частот, относительная стабильность входного и выходного сопротивлений на разных частотах, наличие трех выходов с разными выходными сопротивлениями для различных случаев применения.

|| **Путевые приемники ПП** предназначены для приема и дешифрирования амплитудно-модулированных сигналов и управления путевым реле в соответствии с уровнем этого сигнала. ||

Путевой приемник ПП (рис. 2.5) содержит следующие функциональные узлы: входной фильтр, демодулятор, амплитудный ограничитель, первый буферный каскад, первый фильтр частоты модуляции, второй буферный каскад, пороговое устройство, выходной усилитель, второй фильтр частоты модуляции, выпрямитель, вторичный источник питания.

Входной фильтр выделяет амплитудно-модулированный сигнал с частотой несущей, соответствующей настройке фильтра, и подавляет сигналы с другими несущими частотами, сигналы АЛС и гармоники тягового тока. Входной фильтр представляет собой полосовой фильтр, собранный из четырех связанных LC-контуров. Причем связь между контурами TV1-C1 и TV2-C2, а также между TV3-C3 и TV4-C4 трансформаторная, выше критической, а между этими парами предусмотрена слабая связь через транзисторный каскад VT1.

Входом фильтра являются выводы 11-43 внешнего разъема блока ПП.

Подстроечный резистор R34 предназначен для **регулировки чувствительности приемника**.

Полоса пропускания входного фильтра – не менее 24 Гц; затухание сигнала несущей частоты соседнего канала составляет не менее 38 дБ на частотах f_8 , f_9 и не менее 30 дБ на частотах f_{11} , f_{14} , f_{15} .

Демодулятор выделяет сигнал с частотой модуляции и реализуется на транзисторе VT2.

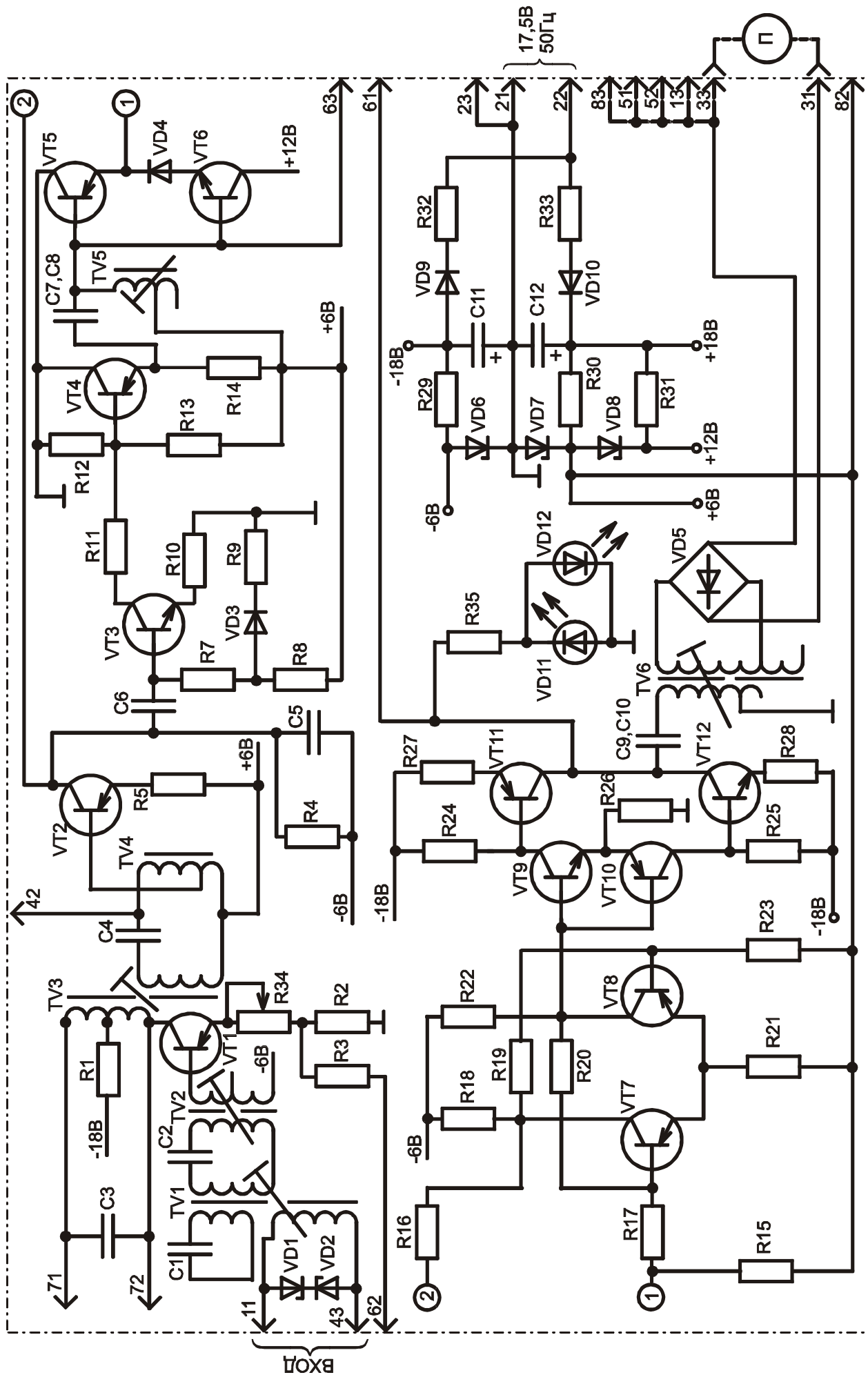


Рис. 2.5. Принципиальная схема приемников ПП

Амплитудный ограничитель введен в схему путевого приемника для более надежной селекции частот модуляции 8 и 12 Гц. Он реализован на транзисторе VT3, включенным по схеме с общим эмиттером. Резистор R10 обеспечивает глубокую отрицательную обратную связь.

Первый буферный каскад (VT4) обеспечивает согласование входного сопротивления первого фильтра модулирующей частоты с параметрами амплитудного ограничителя.

Первый фильтр модулирующей частоты реализован в виде LC-контура (C7, C8, TV5). Добротность контура равна примерно шести. Включение фильтра с такой добротностью перед пороговым устройством в сочетании с наличием амплитудного ограничителя существенно улучшило селекцию модулирующей частоты и повысило защищенность приемника от гармоник тягового тока. При воздействии на вход путевого приемника сигнала с частотой модуляции соседнего канала напряжение постоянного тока на выходе ПП не превышает 0,1 В.. Допустимый уровень гармонической помехи у приемников ПП в 8 раз больше, чем у приемников ПРЦ.

Второй буферный каскад (транзисторы VT5 и VT6, включенные по схеме с общим коллектором) также обеспечивает согласование функциональных узлов.

Пороговый элемент реализован в виде симметричного триггера (VT7, VT8) с коэффициентом возврата близким к 1. Коэффициент возврата приемника искусственно занижен до 0,95 за счет слабой положительной обратной связи между транзисторами VT7 и VT2 через резистор R16. При необходимости коэффициент возврата приемника может быть уменьшен. Для этого выводы блока 62-21 соединяют через фронтальный контакт путевого реле. В этом случае при возбужденном состоянии путевого реле в цепи регулировки чувствительности приемника параллельно резистору R2 подключен резистор R3. После обесточивания путевого реле (при шунтировании РЦ поездом) резистор R3 отключается. Это приводит к изменению порога срабатывания приемника - при свободной РЦ чувствительность приемника сохраняется в заданных пределах, а после обесточивания путевого реле несколько загрубляется, т. е. для возбуждения реле требуется большее напряжение на входе приемника.

Выходной усилитель предназначен для питания путевого реле и представляет собой двухкаскадный двухтактный усилитель с двухполярным питанием. Первый каскад (VT9 и VT10) работает в линейном режиме, второй (VT11 и VT12) – в ключевом режиме.

Второй фильтр частоты модуляции (C9, C10, TV6) обеспечивает гальваническую развязку цепей питания усилителя от цепи реле и исклю-

чает возможность возбуждения путевого реле при повреждениях, приводящих к попаданию в цепь питания усилителя переменного тока промышленной частоты или его второй гармоники.

Выпрямитель (VD5) обеспечивает питание путевого реле постоянным током.

Вторичный источник питания получает переменное напряжение 17,5 В (через внешние выводы блока 21-22). Он включает в себя два однополупериодных выпрямителя (VD9, C11, R32 и VD10, C12, R33), вырабатывающих двухполярное постоянное напряжение ± 18 В; источник двухполярного стабилизированного напряжения ± 6 В (VD6, VD7, R29, R30); источник стабилизированного напряжения ± 12 В (VD8, R31).

Номинальное значение **чувствительности блоков ПП** (величина действующего значения напряжения входного амплитудно-модулированного сигнала с номинальными частотами, при которых путевое реле на выходе приемника притягивает свой якорь) составляет 0,35 В. **Выходное напряжение** приемника ПП при свободной и исправной ТРЦ и наихудшем сочетании дестабилизирующих факторов - не менее 4,2 В; при занятой – не более 0,1 В.

Мощность, потребляемая приемником, не превышает 5 ВА.

Светодиоды VD11 и VD12 обеспечивают световую индикацию состояния приемника. Поочередное мигание светодиодов с частотой модуляции указывает на наличие на входе приемника сигнала и исправность всех трактов до второго фильтра модуляции. Ровное свечение одного диода и погасание другого свидетельствуют о занятости РЦ или о повреждении приемника.

В приемнике ПП предусмотрена **защита от ошибочной установки** приемника другого типа. При общем внешнем выводе 31 выход для подключения путевого реле организуется на выводах 33, 13, 83, 52 или 51 для приемников с несущими частотами 420, 480, 580, 720 или 780 Гц соответственно. Выводы 23-61 служат для подключения (при необходимости) дополнительного путевого реле с целью организации контроля ложного замыкания фронтовых контактов основного путевого реле.

Разные варианты путевых приемников ПП для конкретных комбинаций несущей и модулирующей частот (ПП8-8, ПП8-12 и т. д.) определяются типами трансформаторов TV1-TV6, емкостями конденсаторов C1-C4 и отсутствием или наличием конденсаторов C8 и C10.

В метрополитене применяется приемник типа ППМ, схема которого идентична схеме ПП, но чувствительность устанавливается равной 0,7 В и используются другие выводы трансформатора TV2.

В 2001 году начат выпуск путевых приемников типа ПП1, у которых усовершенствована схема вторичного источника питания.

2.4.3. Особенности и аппаратура рельсовых цепей ТРЦ4

	Рельсовая цепь ТРЦ4 и аппаратура для нее были	
	разработаны с целью более точной фиксации гра-	
	ниц БУ в системах АБ без изолирующих стыков.	

При решении этой задачи ТРЦ4 оптимизировалась по условиям обеспечения минимальной зоны дополнительного шунтирования и обеспечения работоспособности РЦ при низком сопротивлении балласта для заданной длины ТРЦ4 (250 м). В результате в качестве средней частоты сигнального тока была выбрана частота 5 кГц, обратные входные сопротивления по концам РЦ приняты 0,4 Ом. Зона дополнительного шунтирования ТРЦ4 изменяется от 3 до 22 м в зависимости от длины РЦ и сопротивления балласта.

Аппаратура рельсовых цепей ТРЦ4 разработана с учетом возможности совмещения (последовательного включения) приемника ТРЦ4 и приемника ТРЦ3, а также приемника ТРЦ4 с передающей аппаратурой ТРЦ3. В последнем случае входная цепь приемника ПРЦ4Л подключается к кабелю последовательно с выходом фильтра ФПМ.

Современная аппаратура ТРЦ4 содержит блоки (см. табл. 2.1): путевой генератор ГП4, путевой фильтр ФРЦ4Л и путевой приемник ПРЦ4Л.

Путевой генератор ГП4 (рис. 2.6) выполнен по схеме, аналогичной схеме генератора ГП3 (см. рис. 2.3). Отличия заключаются в следующем. Используются другие управляющие входы микросхемы DD1, что изменяет коэффициент деления частоты кварцевого резонатора и обеспечивает формирование несущих частот, требуемых для ТРЦ4.

В схему выходного усилителя (VT6-VT9) для смещения рабочих точек введены цепи R16, VD8 и R17, VD9, что привело к улучшению формы выходного сигнала. Кроме того, изменены параметры некоторых резисторов, конденсаторов и индуктивностей.

Перемычки, устанавливаемые для настройки генераторов на требуемую несущую и моделирующую частоты, для настройки фильтра регулятора напряжения в резонанс с выбранной несущей частотой, а также для подключения выходного каскада указаны в табл. 2.4.

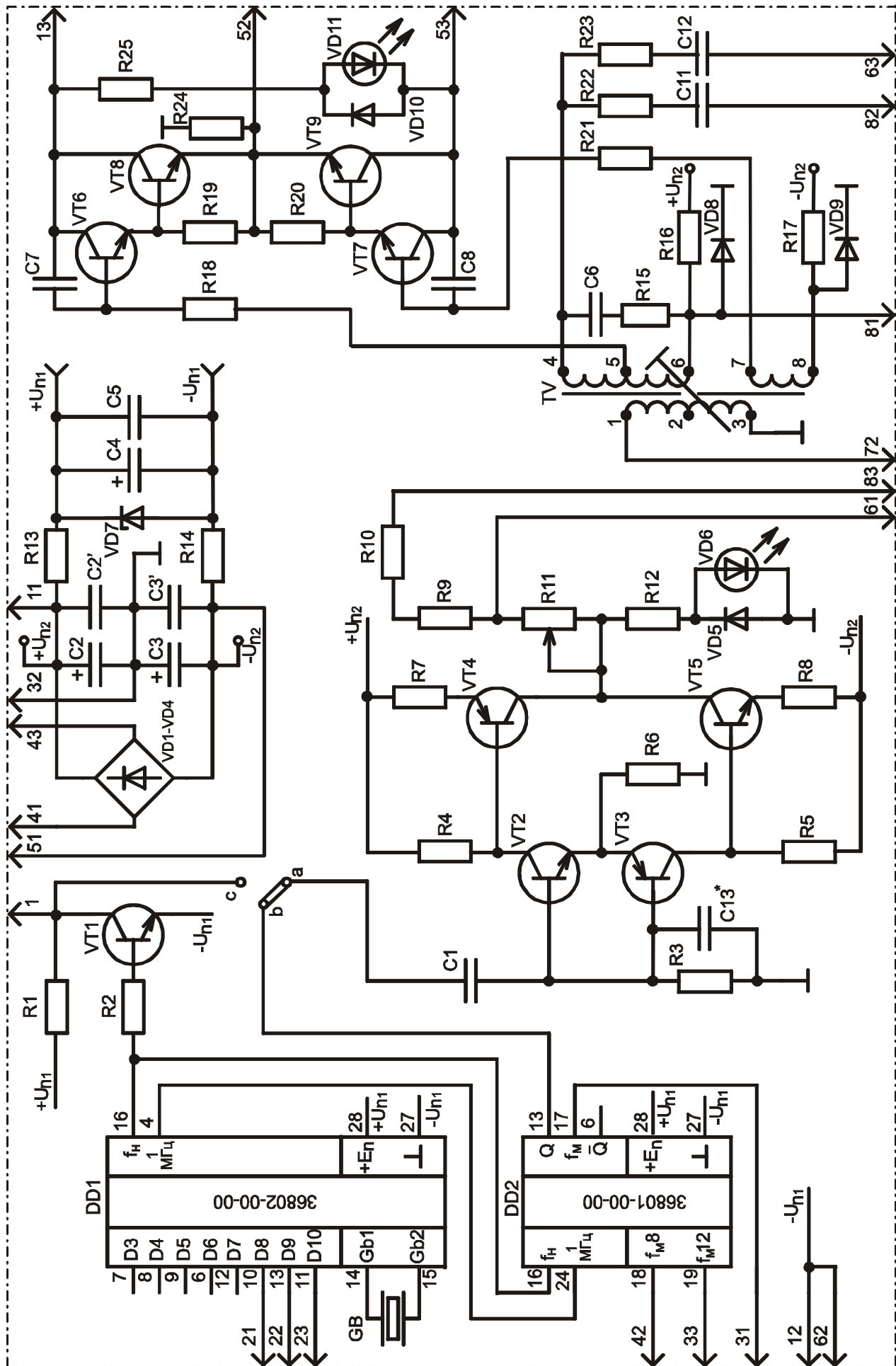


Рис. 2.6. Принципиальная схема генератора ГП4

Настройки генератора ГП4

Частота несущей/ модулирующей частоты, Гц		Перемычки			
		генератора несущей частоты	генератора модулирующей частоты	настройки в резонанс	подключения выходного каскада
4545	8	12-21	62-42	81-63	83-72 11-13 51-53
	12		62-33		
5000	8	12-22	62-42	81-82	
	12		62-33		
5555	8	12-23	62-42	-	
	12		62-33		

Схема путевого генератора предыдущей модификации (ГРЦ4) существенно отличается от рассматриваемой. Так, в ГРЦ4 деление частоты кварцевого резонатора (100 кГц) для получения несущей частоты осуществлялось триггерами; генератор модулирующей частоты был реализован в виде мультивибратора на базе операционного усилителя; функции модулятора выполнял J-K триггер.

Подрегулировка частоты в генераторах ГП3 и ГП4 не требуется, т. к. задающий кварцевый резонатор GB обладает достаточно высокой стабильностью.

Путевой фильтр ФРЦ4Л в качестве входа использует внешние выводы 1 и 3, выходной сигнал снимается с выводов 4 и 23 (рис. 2.7).

При настройке на частоту 5,5 кГц используется один конденсатор С1, на 5 кГц – С1 и С2 (перемычка 23-43), на 4,5 кГц – С1 и С3 (перемычка 23-63).

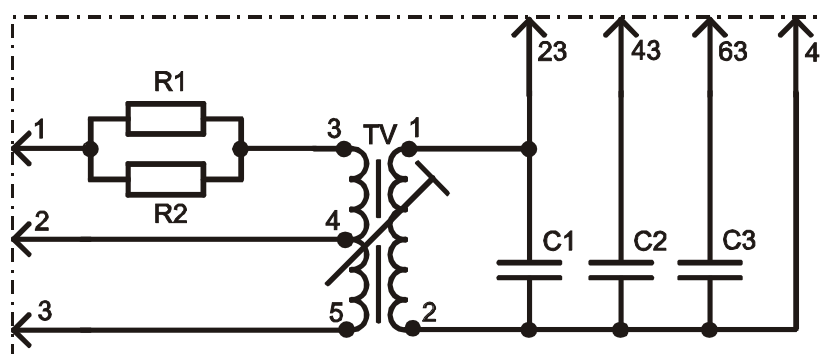


Рис. 2.7. Схема путевого фильтра ФРЦ4Л

Выходное сопротивление фильтра с учетом внутреннего сопротивления генератора составляет 120-160 Ом. При нагрузке 510 Ом и напряжении на входе фильтра 6 В напряжение амплитудно-модулированного сигнала на выходе фильтра – не менее 35 В.

Путевые приемники ПРЦ4Л реализованы по схемам, идентичным схеме ПП (см. рис. 2.5). Отличия заключаются в незначительных изменениях схем контуров входного фильтра и параметров некоторых элементов.

Чувствительность ПРЦ4Л составляет 0,11-0,13 В. При этом напряжение на выходе приемника не менее 4,6 В. Коэффициент возврата не менее 0,8.

Затухание входного фильтра на частотах соседних каналов – не менее 38 дБ. При подаче на вход приемника сигнала номинальной несущей частоты, но с частотой модуляции соседнего канала, напряжение на выходе приемника не более 0,1 В.

Варианты исполнений путевых приемников ПРЦ4Л (ПРЦ4Л-4/8, ПРЦ4Л-4/12 и т.д.) различаются использованием разных обмоток трансформаторов TV1-TV4 и наличием или отсутствием конденсаторов С8 и С10.

2.4.4. Схемы устройств согласования и защиты

	Схема устройства согласования и защиты зависит от	
	решаемых задач (см. п. 2.4.1) и условий применения.	
	Условия применения определяются наличием или	
	отсутствием и родом тягового тока, наличием или от-	
	сутствием дроссель-трансформатора в месте под-	
	ключения аппаратуры к рельсовой линии.	

Рассмотрим принципиальные схемы устройств согласования и защиты для различных случаев применения (рис.2.8).

При анализе схем устройств согласования и защиты необходимо учесть, что на участках, оборудованных тональными рельсовыми цепями, при электрической тяге поездов устанавливаются **дроссель-трансформаторы (ДТ)**. Они необходимы для выравнивания тягового тока, подключения отсасывающих фидеров тяговых подстанций и для пропуска обратного тягового тока в обход изолирующих стыков, установленных на границах блок-участков или на границе станции. Если ДТ расположен в месте подключения аппаратуры ТРЦ, то это позволяет в отдельных случаях упростить схему УСЗ и использовать дополнительную обмотку ДТ для

подключения аппаратуры к рельсовой линии. В первом случае ДТ обеспечивает защиту от тягового тока, во втором – выполняет роль согласующего трансформатора.

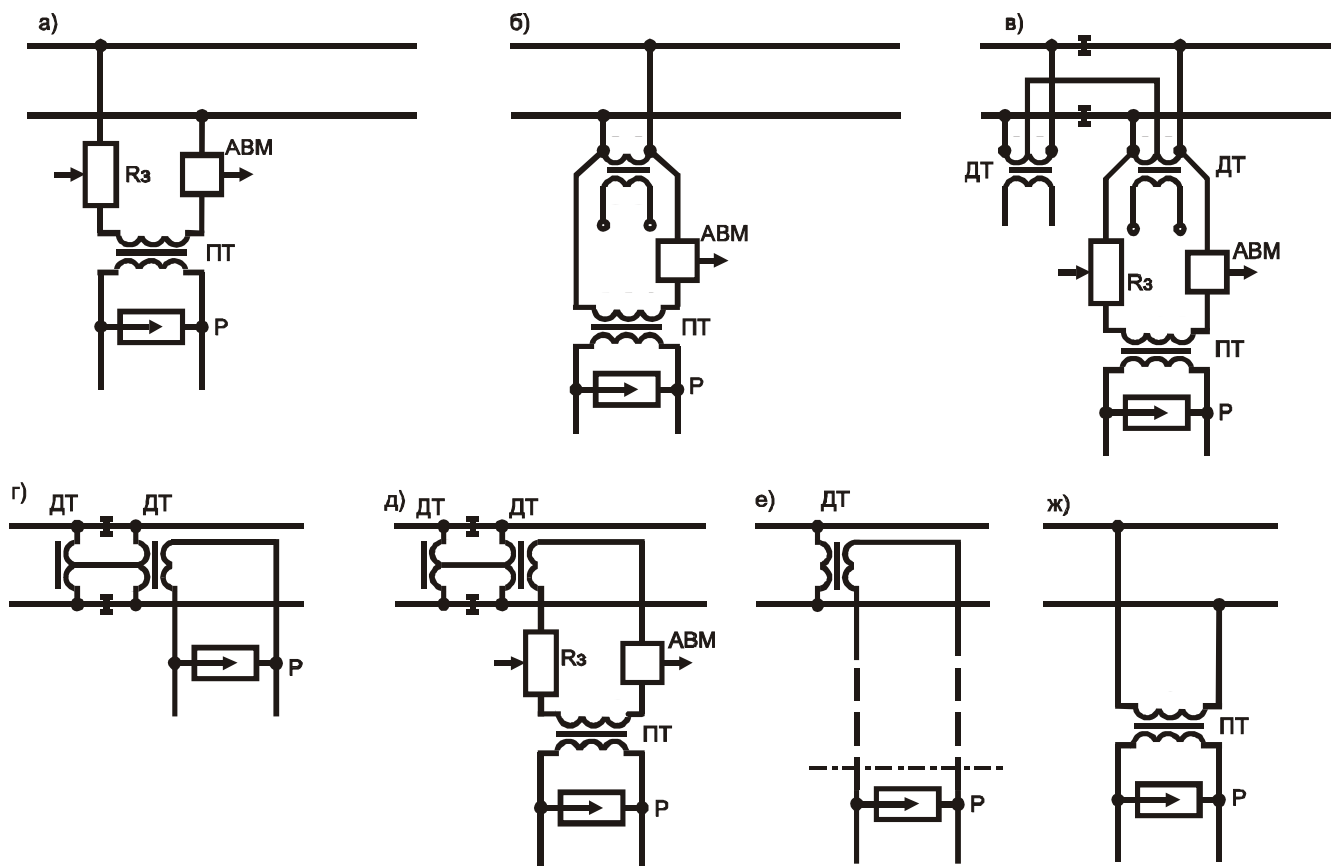


Рис. 2.8. Схемы устройств согласования и защиты

В большинстве условий применения УСЗ включает в себя следующие элементы:

1. Согласующий трансформатор ПТ типа ПОБС-2А с коэффициентом трансформации $n=38$ (рис. 2.8, а, б, в, ж). Трансформатор ПТ обеспечивает согласование сопротивлений рельсовой линии и соединительного кабеля.

Если при тяге постоянного тока аппаратура ТРЦ подключается через дополнительную обмотку ДТ, то согласующий трансформатор не устанавливают (рис. 2.8, г, е), т. к. дроссель-трансформатор с коэффициентом трансформации $n=40$ выполняет функции согласования.

При электротяге переменного тока для более надежной защиты обслуживающего персонала и приборов от тягового тока используют ДТ ($n=3$) совместно с согласующим трансформатором ПТ (рис. 2.8, д).

2. Защитный резистор R_3 . Резисторы обеспечивают защиту аппаратуры от тягового тока при его асимметрии. Кроме того, они обеспечивают

требуемые обратные входные сопротивления по концам рельсовой линии; с этой целью суммарное сопротивление этих резисторов и соединительных проводов во вторичной обмотке трансформатора ПТ должно составлять 0,3-0,4 Ом.

При наличии ДТ в месте подключения аппаратуры защитный резистор при условии обеспечения требуемых сопротивлений по концам рельсовой цепи может не устанавливаться (рис. 2.8, б, г, е). При низком сопротивлении изоляции РЛ, а также при тяге переменного тока указанное условие не выполняется, поэтому резисторы R_3 установлены (рис. 2.8, в, д).

3. Автоматический выключатель многократного действия АВМ типа АВМ2-15 или АВМ1-5, который обеспечивает защиту аппаратуры и обслуживающего персонала от асимметрии тягового тока, превышающей допустимые значения. Принцип защиты заключается в следующем. При возрастании тока асимметрии выше допустимого предела сердечник трансформатора ПТ входит в насыщение, сопротивление его обмотки переменному току уменьшается, что приводит к увеличению тока и надежному срабатыванию АВМ.

При отсутствии согласующего трансформатора АВМ не устанавливается (рис. 2.8, г, е).

При автономной тяге поездов защитные резисторы и автоматические выключатели не требуются (рис. 2.8, ж).

4. Разрядник Р (типа РВНШ или РКН) или выравнитель (типа ВОЦН-220), который обеспечивает защиту аппаратуры от грозового разряда (при автономной тяге) или от коммутационных перенапряжений в контактной сети (при электрической тяге).

Указанные приборы размещаются в путевом ящике, который устанавливается непосредственно у железнодорожного пути в месте подключения аппаратуры ТРЦ к рельсовой линии. При отсутствии в схеме УСЗ согласующих трансформаторов путевой ящик не применяется. В этом случае разрядники устанавливаются в месте размещения аппаратуры ТРЦ (релейный шкаф автоблокировки или станционное помещение).

Таким образом, схемы УСЗ, представленные на рис. 2.8, применяются в следующих случаях:

а) при тяге постоянного или переменного тока и при отсутствии ДТ в месте подключения аппаратуры ТРЦ;

б) при тяге постоянного или переменного тока, наличии ДТ в месте подключения аппаратуры ТРЦ и соблюдении требуемых величин сопротивлений по концам РЛ;

в) при тяге постоянного или переменного тока, наличии ДТ в месте подключения аппаратуры ТРЦ и необходимости применения дополнительных резисторов для обеспечения требуемых величин сопротивлений по концам РЛ (например, на участках с низким сопротивлением изоляции РЛ);

г) при тяге постоянного тока, децентрализованном размещении аппаратуры АБ и использовании дополнительной обмотки ДТ для подключения аппаратуры ТРЦ (разрядник размещается в релейном шкафу);

д) при тяге переменного тока и использовании дополнительной обмотки ДТ для подключения аппаратуры ТРЦ;

е) при тяге постоянного тока, централизованном размещении аппаратуры АБ и использовании дополнительной обмотки ДТ для подключения аппаратуры ТРЦ (разрядник размещается в станционном помещении на месте установки аппаратуры АБ);

ж) при автономной тяге.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите особенности построения тональных РЦ по сравнению с традиционными рельсовыми цепями.

2. Каким образом в тональных рельсовых цепях без изолирующих стыков исключается взаимное влияние смежных рельсовых цепей? А влияние рельсовых цепей параллельного пути?

3. Что такое зона дополнительного шунтирования?

4. Назначение рельсовых цепей типа ТРЦ4.

5. Какие частоты сигнального тока использовались в ТРЦ2, используются в ТРЦ3, ТРЦ4?

6. Перечислите достоинства тональных рельсовых цепей.

7. Что можно сказать о габаритах аппаратуры ТРЦ?

8. Как осуществляется настройка генераторов ТРЦ на требуемую частоту несущей и модулирующей?

9. Почему фильтры типа ФПМ требуют настройки на требуемую частоту на месте установки?

10. Найдите в тексте данные по основным техническим характеристикам путевого приемника типа ПП. Сравните их с характеристиками приемника типа ПРЦ4Л.

11. Какие задачи решают устройства согласования и защиты в ТРЦ?

12. Назовите основные приборы УСЗ и их назначение.

3. РАЗНОВИДНОСТИ СИСТЕМ АВТОБЛОКИРОВКИ С ТОНАЛЬНЫМИ РЕЛЬСОВЫМИ ЦЕПЯМИ

Большие возможности, которыми обладают ТРЦ, их достоинства и универсальность привели к созданию ряда систем автоблокировки на основе этих рельсовых цепей. Рассмотрим основные признаки, по которым различаются эти системы.

1. Способ размещения аппаратуры.

Различают системы **децентрализованные** и с **централизованным размещением аппаратуры**. Централизованное размещение аппаратуры приводит к увеличению расхода кабеля и снижает живучесть системы в целом, однако, обладает рядом существенных преимуществ:

- обеспечивает работу оборудования в благоприятных условиях отапливаемого помещения, что повышает надежность и долговечность приборов;

- исключает необходимость передачи информации между светофорами, на переезды и на станцию, что упрощает схемные зависимости АБ, диспетчерского контроля и схемы смены направления; в конечном итоге повышается надежность системы в целом;

- облегчает техническое обслуживание устройств и снижает затраты на обслуживание, значительно сокращает время поиска и устранения неисправностей;

- облегчает труд обслуживающего персонала, существенно уменьшает время работы на открытом воздухе и в зоне повышенной опасности в непосредственной близости движущихся поездов;

- снижает стоимость системы за счет исключения расходов на оборудование сигнальных точек релейными шкафами, линейными трансформаторами высоковольтных линий и кабельными ящиками, а также за счет упрощения схем.

2. Наличие проходных светофоров.

В системах АБ без проходных светофоров снижаются затраты на их установку и обслуживание, исключаются такие ненадежные элементы, как лампы накаливания. Системы без проходных светофоров целесообразно применять при централизованном размещении аппаратуры, т. к. при этом требуется меньший расход кабеля. Однако, с точки зрения безопасности движения и психологии работы машинистов, применение проходных светофоров является более предпочтительным. Кроме того, при отсутствии

напольных светофоров основным средством регулирования становится система АЛС. Поэтому к ее надежности предъявляются высокие требования.

3. Наличие изолирующих стыков на границах БУ.

ТРЦ могут работать без ИС, что является положительным качеством (см. п. 2.2). Однако наличие зоны дополнительного шунтирования приводит к тому, что подвижная единица, приближающаяся к границе БУ, шунтирует ТРЦ впередилежащего БУ; на светофоре, к которому приближается поезд, ложно включается запрещающий сигнал. Поэтому на границах БУ приходится размещать короткие ТРЦ повышенной частоты с малой величиной зоны дополнительного шунтирования и смещать проходные светофоры относительно точки подключения приборов РЦ. При этом количество рельсовых цепей и, следовательно, оборудования увеличивается. Установка ИС на границах БУ позволяет исключить короткие РЦ и увеличить длину ТРЦ до 1300 м (при наличии ИС на обоих концах).

4. Приспособленность к работе на участках с пониженным сопротивлением балласта (ПСБ).

Принципы построения АБ с ТРЦ в основном не зависят от сопротивления балласта. Однако участки с низким сопротивлением балласта требуют уменьшения длины РЦ и приводят к некоторым особенностям технической реализации АБ и выбора параметров ТРЦ.

5. По элементной базе.

По этому признаку системы АБ с ТРЦ можно разделить на системы с релейно-контактными устройствами и микроэлектронные системы. В настоящее время подавляющее большинство разработанных и внедряемых в эксплуатацию систем относится к первой группе устройств. Однако более перспективными являются микроэлектронные системы, которые сейчас находятся в стадии доработки и проходят опытную эксплуатацию. Так, в децентрализованной микроэлектронной системе АБ-Е1 применяются адаптивные рельсовые цепи с частотой несущей 174,38 Гц, с изолирующими стыками, устанавливаются проходные светофоры. Увязка показаний светофоров осуществляется по рельсовой линии с использованием двоичного кода. В системе АБ-Е2 изолирующие стыки исключены, используется 4 частоты, логические зависимости реализуются при помощи микроэлектронной и микропроцессорной техники. В системе АБ-УЕ полностью исключены контактные электромагнитные приборы, все логические зави-

симости реализуются на программном уровне. Техническое обслуживание этих систем требует специальных знаний микроэлектронной техники и методов программирования, что существенно затрудняет широкое внедрение подобных устройств.

Основные отличительные признаки систем АБ с тональными рельсовыми цепями сведены в табл. 3.1. Системы автоблокировки расположены в таблице в последовательности их разработки.

Таблица 3.1

Отличительные особенности систем АБ с ТРЦ

	ЦАБ	ЦАБ-М (АЛСО)	АБТс (АБ-ПСБ)	ЦАБс	АБТ	АБТЦ
Исполнение	центр.	центр.	децентр.	центр.	децентр.	центр.
Проходные светофоры	нет	нет	есть	есть	есть	есть
ИС на границах БУ	нет	нет	есть	есть	нет	нет
Использование на участках с ПСБ	-	-	+	-	-	-
Тип ТРЦ	1-е поколение	2-е поколение	ТРЦ3	ТРЦ3	ТРЦ3, ТРЦ4	ТРЦ3
Используемые несущие частоты ТРЦ, Гц	425, 475	425, 475, (575)	420, 480, (580)	420, 480, (580)	420, 480, (580); 4545, 5000, 5555	420, 480, 580, 720, 780

Примечания к таблице:

1. В названиях систем указаны обозначения, установленные разработчиками, и обозначения, принятые в проектной документации (в скобках).

2. По указанию ГТСС от 12.05.00 аппаратура ТРЦ 1-го и 2-го поколений в связи с моральным и физическим износом заменяется во всех устройствах на аппаратуру ТРЦ3.

3. Несущие частоты 580 и 575 Гц, указанные в скобках, применяются в отдельных исключительных случаях.

4. В таблице не указаны системы АБ с тональными рельсовыми цепями, логические зависимости в которых реализуются микроэлектронными и микропроцессорными элементами. Общие принципы построения таких систем приведены в п. 1.4.

Здесь и далее подробно рассматриваются системы АБ с ТРЦ, реализованные на релейно-контактных элементах.

Системы ЦАБ, ЦАБ-М (АЛСО) первоначально строились в соответствии с индивидуальными проектами, а затем по Типовым материалам для проектирования "Автоматическая локомотивная сигнализация как самостоятельное средство сигнализации и связи (АЛСО)". Система ЦАБ-М аналогична системе ЦАБ, но использует более совершенную аппаратуру ТРЦ второго поколения. Отличительной чертой этих систем является размещение оборудования на станциях, отсутствие проходных светофоров и изолирующих стыков в рельсовых цепях на перегоне.

В схеме станционных устройств систем ЦАБ можно выделить следующие основные узлы (рис. 3.1):

ТРЦ - аппаратура тональных РЦ;

СФС АЛС - схема формирования кодовых сигналов АЛС;

СВС АЛС - схемы выбора кодовых сигналов;

ПАЛС - передатчики АЛС;

ЛПУ и ЛПрУ - линейные передатчики и приемники цепей увязки между станциями;

СН - схема смены направления.

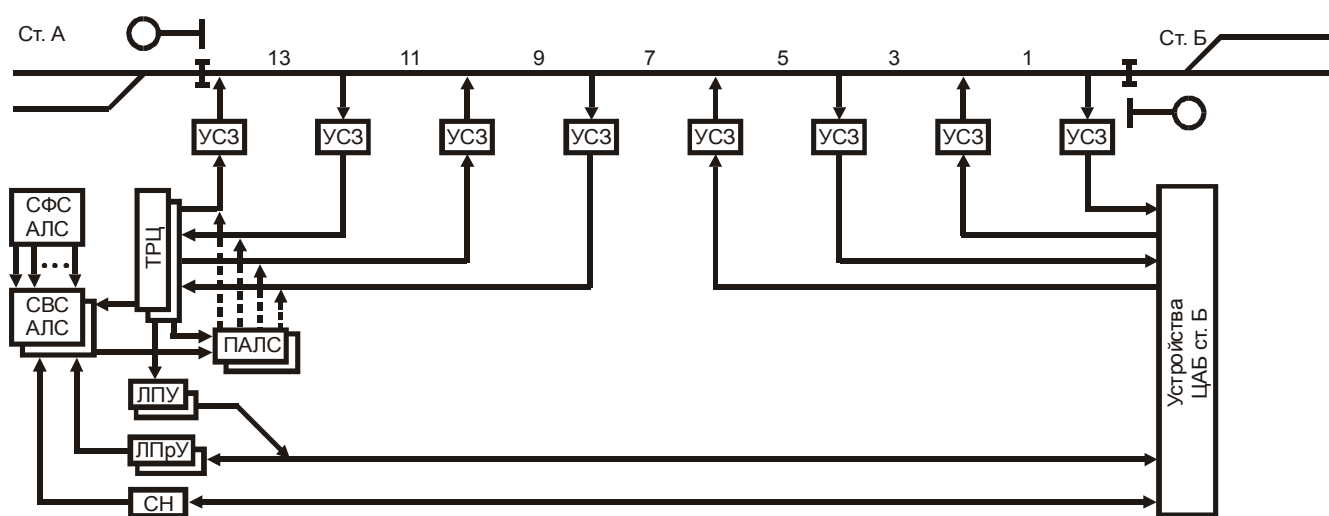


Рис. 3.1. Структурная схема системы ЦАБ

Аппаратура ТРЦ фиксирует состояния блок-участков и соединяется с РЛ кабелем. Каждая рельсовая цепь образует один блок-участок. Непосредственно у пути в путевых ящиках размещаются приборы согласования и защиты (см. п. 2.4.4). Там же устанавливается знак "Граница блок-участка" с указанием номера БУ. По условиям работы ТРЦ расстояние между пунктами размещения аппаратуры при электрической тяге не должно превышать 20 км, при автономной тяге - 30 км.

В качестве основного средства регулирования в системах ЦАБ была принята многозначная частотная АЛС (АЛСМ), в которой сообщения о состоянии впередилежащих БУ формируются сочетанием двух частот из предусмотренных пяти. **Схема формирования сигналов АЛС (СФС АЛС)** состоит из 5-и генераторов частот $f_2 \dots f_6$ и одного резервного генератора, который может быть автоматически настроен на одну из этих частот. Наличие на шинах указанных частот проверяется контрольными реле. При неисправности какого-либо генератора контрольное реле настраивает резервный генератор на соответствующую частоту и подключает его вместо отказавшего.

Кроме того, формируются сигналы числовой АЛС. Числовая АЛС предусмотрена для регулирования движения поездов, локомотивы которых не оборудованы частотной АЛСМ, а также в качестве резервной системы. Формирователем сигналов является кодовый путевой трансмиттер КПТШ-515.

СФС АЛС является групповой, т. е. общей для всех БУ, подключенных к данной станции.

Схемы выбора сигналов АЛС (СВС АЛС) предусмотрены для каждой сигнальной точки и включают в себя по 3 сигнальных реле (Ж, ЖЗ, З). Сигнальные реле управляются контактами путевых реле и выбирают две требуемые частоты частотного кода и числовой кодовый сигнал. При этом с целью повышения безопасности движения за хвостом поезда предусмотрен защитный участок (ЗУ), который не кодируется (табл. 3.2). В качестве ЗУ используется блок-участок.

Таблица 3.2

График сигнализации и показания локомотивных светофоров (ЛС)

Число свободных блок-участков		4	3	2	1	ЗУ		
Сигнал АЛС	Частотный	f_2, f_4	f_3, f_4	f_4, f_5	f_5, f_6	-		
	Числовой	3	Ж	Ж	КЖ	-		
Показание ЛС	Числовая АЛС		3	Ж	Ж	К/Ж		К
	Частотная АЛСМ	Грузовой поезд	3	Ж80	Ж50	К/Ж		К
		Пассаж. поезд	3	Ж120	Ж80	К/Ж		К

Показания локомотивных светофоров в табл. 3.2 приведены для максимальных установленных скоростей движения грузовых поездов 90 км/ч, пассажирских - 140 км/ч. При скоростях соответственно 80 и 120 км/ч цифровая индикация несколько изменена. Другие частотные сигналы (кроме указанных в табл. 3.2) применяются для передачи на локомотив

дополнительной информации о показаниях входных и выходных светофоров.

Комплект сигнальных реле является общим для обоих направлений движения. Поэтому для сигнальных реле организовано две цепи управления - по 1-ой и по 2-ой обмоткам. Эти цепи коммутируются контактами реле направления.

Передатчики АЛС (ПАЛС) предусмотрены по одному комплекту на две РЦ, т. к. одновременное кодирование двух смежных рельсовых цепей не требуется из-за наличия защитных участков. Кодовые сигналы от ПАЛС включаются в РЦ в момент вступления на нее поезда. Передача кодовых сигналов осуществляется по питающим и релейным жилам кабеля ТРЦ.

Каждый ПАЛС состоит из трех физических каналов - по одному каналу для каждой из двух выбранных частот и один канал для сигнала числового кода. Нормально они отключены от РЛ и от схемы СВС-АЛС. Каждый канал содержит трансформатор для регулирования напряжения и выходной фильтр для развязки цепей АЛС и ТРЦ. Фильтры частотных каналов настраиваются на передаваемую частоту контактами сигнальных реле. Фильтр канала числового кода настроен на частоту 50 Гц (при автономной тяге и тяге постоянного тока) или 75 Гц (при электротяге переменного тока).

Кроме того, частотные каналы содержат усилители и контрольные реле. При неисправности одного из каналов контрольное реле обесточивается и отключает второй канал. Этим исключается возможность образования ложного сигнала.

Подключение ПАЛС к одной из двух пар жил кабеля и к схеме СВС АЛС производится контактами кодововключающих реле, управляемых путевыми реле.

Линейные цепи увязки организуются для выбора сигналов АЛС с учетом состояния рельсовых цепей, контролируемых на другой станции. По каждой линейной цепи с использованием полярного признака сигнала передается информация о состоянии двух РЦ. При этом в зависимости от принятого технического решения могут использоваться двухсторонние линии (по одной паре передается информация в том или ином направлении в зависимости от установленного направления движения) или односторонние.

Для перестройки схем при **смене направления движения** используется двухпроводная схема. Устойчивая работа такой схемы обеспечивается тем, что реверсирование ТРЦ не производится.

При оборудовании перегонов системой ЦАБ сигнализация выходных светофоров изменена и зависит не только от числа свободных БУ, но и от характера маршрута (движение по стрелочным переводам с отклонением или без отклонения с учетом типа стрелочного перевода). Кроме того, предусмотрен сигнал свободности всего перегона, который разрешает отправление поезду как с действующими, так и с неисправными устройствами АЛС.

В системах ЦАБ из-за наличия защитных участков и принятой последовательности кодирования БУ разграничение поездов производится пятью БУ, что снижает пропускную способность перегона.

В связи с тем, что система АЛС является единственным средством регулирования, ее отказы могут привести к большим задержкам поездов на двухпутных участках. Поэтому системы ЦАБ применяются в основном на однопутных участках с не- большими размерами движения.

Необходимо отметить, что, хотя типовым проектом в системах ЦАБ предусмотрено два вида АЛС, на практике, в большинстве случаев, используется только числовая.

Системы АБТс характеризуются наличием проходных светофоров и ИС на границах БУ, оборудованием каждого БУ несколькими ТРЦ, размещением аппаратуры в релейных шкафах на сигнальных точках, увязкой показаний светофоров по линейным цепям.

Система АБТс разрабатывалась для участков с пониженным сопротивлением балласта (ПСБ). Это участки с солончаковыми почвами или участки с массовыми перевозками минеральных удобрений, солей, руды и т. д. Первоначально в системе АБТс применялась аппаратура ТРЦ второго поколения с использованием несущих частот 425 и 475 Гц. Необходимость оптимизации параметров ТРЦ для участков с ПСБ привела к созданию и применению аппаратуры ТРЦЗ.

Для выполнения режимов работы рельсовых цепей при низком сопротивлении балласта необходимо уменьшать их длину и организовывать на каждом БУ несколько РЦ. В традиционных системах АБ в пределах БУ пришлось бы оборудовать несколько трансляционных (разрезных) точек с установкой ИС, дополнительных релейных шкафов с аппаратурой, выносных силовых опор высоковольтных линий с линейными трансформаторами, что повышает стоимость строительства и обслуживания АБ, снижает ее надежность, ухудшает условия работы АЛС. Кроме того, установка

большого числа ИС исключена на участках с рельсовыми плетями. Указанные недостатки были исключены в системе АБТс за счет использования ТРЦ без ИС.

Разработчиками ТРЦ и систем АБ на их основе было предложено 2 варианта АБТс - для участков с ПСБ и для участков с нормальным сопротивлением балласта. В Типовых проектных решениях, разработанных ГТСС в 1986 г., первый вариант системы назван АБ-ПСБ.

В системе АБ-ПСБ в пределах каждого БУ может быть организовано до 10 ТРЦ, обеспечивающих устойчивую работу при удельном сопротивлении балласта до 0,1 Ом·км. Минимальная длина РЦ - 225 м, рекомендуется применять рельсовые цепи длиной 250-300 м. В релейном шкафу у светофора размещается аппаратура рельсовых цепей А, контролирующая половину БУ перед светофором, и рельсовых цепей Б за светофором. Непосредственно в месте подключения аппаратуры к РЛ размещаются устройства согласования и защиты, которые соединяются с аппаратурой ТРЦ кабелем. При длине кабеля более 1300 м питающие и релейные жилы одной частоты размещаются в разных кабелях.

В типовых проектных решениях АБ-ПСБ предусматривалось, что от одного генератора ГРЦ с усилителем ПУ1 может получать питание до 4-х ТРЦ, использующих одинаковые частоты. При применении аппаратуры ТРЦ3 каждая РЦ получает питание от индивидуального генератора типа ГП.

Увязка показаний светофоров и выбор кодовых сигналов АЛС осуществляется по двум линейным цепям. По цепи **Л-ОЛ** с использованием полярного признака сигнала передается информация о показании светофора. По цепи **С-ОС** - информация о состоянии рельсовых цепей А и исправности лампы красного огня.

Кодирование рельсовых цепей А осуществляется общим трансмиттерным реле АТ, рельсовых цепей Б - трансмиттерным реле БТ. Эти реле подключены к разным группам контактов одного КПТ и подают кодовые сигналы в рельсовые цепи по мере их занятия поездом. Кодовый сигнал АЛС в рельсовых цепях А зависит от показания светофора данной сигнальной точки, в рельсовых цепях Б - от показания впереди стоящего светофора и состояния ограждаемого БУ.

При кодировании рельсовых цепей Б используется информация, передаваемая по цепям Л-ОЛ и С-ОС. В другой модификации системы АБ-ПСБ цепь С-ОС отсутствует, цепь Л-ОЛ используется только для увязки показаний светофоров, а кодовые сигналы АЛС для рельсовых цепей Б

передаются от впередирасположенной сигнальной установки (СУ) по цепи Т-ОТ.

На двухпутных участках система АБ-ПСБ обеспечивает двухстороннее движение по каждому пути перегона.

В системе АБ-ПСБ в качестве резерва на период повышения сопротивления балласта предусмотрена кодовая РЦ. Переход на работу с кодовой РЦ осуществляется дистанционно. При этом линейные цепи сохраняются, а кодовая рельсовая цепь выполняет функции контроля состояния БУ и передачи информации на локомотив. Двухстороннее движение в этом случае не предусмотрено.

В варианте системы **АБТс для участков с нормальным сопротивлением балласта** каждый БУ содержит две ТРЦ (А и Б) длиной до 1000 м. Питание обеих ТРЦ организуется в середине БУ от впередистоящей СУ. Если длина БУ не превышает 1300 м, то используется одна РЦ.

Увязка показаний светофоров организуется по цепи Л-ОЛ с реле комбинированного типа в качестве приемника.

Подача кодовых сигналов АЛС в рельсовые линии осуществляется от впередистоящей СУ по мере их занятия поездом. Информация о вступлении поезда на РЦ Б передается путем шунтирования линейной цепи Л-ОЛ на входном конце БУ, что фиксируется кодововключающим реле на впередистоящей СУ.

Система ЦАБс в отличие от систем ЦАБ содержит ИС на границах БУ, проходные светофоры, каждый БУ оборудуется двумя ТРЦ, предусмотрена только числовая АЛС. Если длина БУ не превышает 1300 м, то он оборудуется одной ТРЦ.

В качестве аппаратуры рельсовых цепей используется аппаратура ТРЦЗ. Питание смежных РЦ включается в середине БУ. Релейные концы соседних РЦ размещаются на границах БУ и разделены изолирующими стыками; поэтому подключение каждого путевого приемника осуществляется по отдельной паре жил кабеля.

Управление светофорами производится со станций. Для каждого светофора предусмотрено 6 жил кабеля (Ж, З, ОЖЗ, К, РК, ОК). Длина кабеля управления светофором не должна превышать 10 км. У светофоров устанавливаются сигнальные трансформаторы.

Включение ламп светофоров и выбор кодовых сигналов АЛС осуществляется сигнальными реле Ж и З. Для всех ламп предусмотрен контроль исправности в горячем состоянии. Если перегорела лампа разре-

шающего огня, то на предыдущем светофоре включается желтый огонь; если перегорели обе нити лампы красного огня, то - красный. Соответственно изменяется кодирование РЦ.

Установкой предохранителя в цепь питания ламп обеспечивается контроль переключения жил кабеля, что исключает возможность ложного контроля исправного состояния ламп.

ЦАБс была разработана для однопутных участков при любых видах тяги и нормальном сопротивлении балласта (не менее 1 Ом·км). На двухпутных участках и на участках с низким сопротивлением балласта применение ЦАБс экономически нецелесообразно из-за большого расхода кабеля.

Системы АБТ и АБТЦ созданы на основании опыта разработки и эксплуатации вышерассмотренных систем, являются наиболее совершенными и эффективными и в настоящее время рекомендованы к применению в новом строительстве, а также при реконструкции участков с автоблокировкой числового кода. Поэтому в следующих разделах принципы построения и работы этих систем рассматриваются более подробно.

Контрольные вопросы и задания

1. Какими достоинствами и недостатками обладают системы АБ с централизованным размещением аппаратуры?
2. Системы АБ с централизованным размещением аппаратуры экономически целесообразно строить без проходных светофоров (см. ЦАБ и ЦАБ-М). Почему в последней разработке (см. АБТЦ) проходные светофоры предусмотрены?
3. Какие коды применяются в системе ЦАБ (ЦАБ-М) для формирования сигнала АЛС?
4. Разберитесь, какие показания и в каких случаях отражаются на локомотивном светофоре системы АЛСМ (см. табл. 3.2).
5. Какие функции выполняет схема передатчика сигналов АЛС и почему в схеме предусмотрено три отдельных физических канала?
6. Почему пропускная способность перегонов, оборудованных системой ЦАБ, сравнительно низкая?
7. Почему в системе АБ-ПСБ предусмотрена возможность организации до 10-ти рельсовых цепей в пределах одного БУ?
8. Каким образом организуется увязка между светофорами в децентрализованных системах АБ с тональными рельсовыми цепями? Почему?
9. Какие отличия системы АБТЦ от системы ЦАБс позволяют эффективно применять ее на двухпутных участках?

4. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АБТ

4.1. Структурная схема и достоинства системы АБТ

В последние 10-15 лет на сети железных дорог страны внедрялись системы АБТ, построенные по индивидуальным проектам или в соответствии с методическими указаниями ГТСС И-206-91 "Автоблокировка с рельсовыми цепями тональной частоты без изолирующих стыков для двухпутных участков при всех видах тяги АБТ-2-91" и И-223-93 (АБТ-1-93).

В данном разделе принципы построения и работы устройств АБТ рассматриваются на примере технических решений АБТ-2-91 с учетом последующих указаний ГТСС на изменение схем. Суть и назначение таких изменений в каждом конкретном случае излагаются в тексте данной работы. Схемные решения АБТ для однопутных участков (АБТ-1-93) аналогичны.

Основными **отличительными особенностями системы АБТ** являются:

1. Децентрализованное размещение аппаратуры с установкой проходных светофоров.
2. Применение ТРЦ без установки ИС между рельсовыми цепями и на границах БУ.
3. Использование ТРЦ4 для более четкой фиксации границ БУ.
4. Передача информации между сигнальными установками по линейным цепям.
5. Наличие защитных участков за проходными светофорами.
6. Двухстороннее действие автоблокировки по каждому пути двухпутного перегона.
7. Наличие схемы контроля потери шунта под подвижной единицей.

К особенностям построения электрических схем следует отнести дублирование основных реле и использование принципа двухполюсного размыкания при реализации схемных зависимостей.

Для реализации схем применяются в основном реле IV поколения (типа РЭЛ). Однако предусмотрена возможность построения системы на реле III поколения (типа НМШ). Для этого в методических указаниях даны варианты замены. Такая возможность замены становится особенно важ-

ной в связи с тем, что в 2000 году из-за дефицита мощности Санкт-Петербургского электротехнического завода, выпускающего реле типа РЭЛ, ряду дорог (в том числе и Куйбышевской) было запрещено использовать при проектировании реле этого типа. Необходимо отметить, что в 2001 году Камышловский электротехнический завод начал выпуск большой номенклатуры реле типа Н и 2С, взаимозаменяемых с реле РЭЛ и С2.

В соответствии со структурной схемой (рис. 4.1) **основными узлами АБТ** являются: рельсовые цепи ТРЦ, линейная цепь Л-ОЛ с линейным передатчиком ЛП и приемником ЛПр для увязки показаний светофоров, схема управления огнями светофора СУО, схема напольных устройств системы АЛС. В линейную цепь введено также кодововключающее реле КВ.

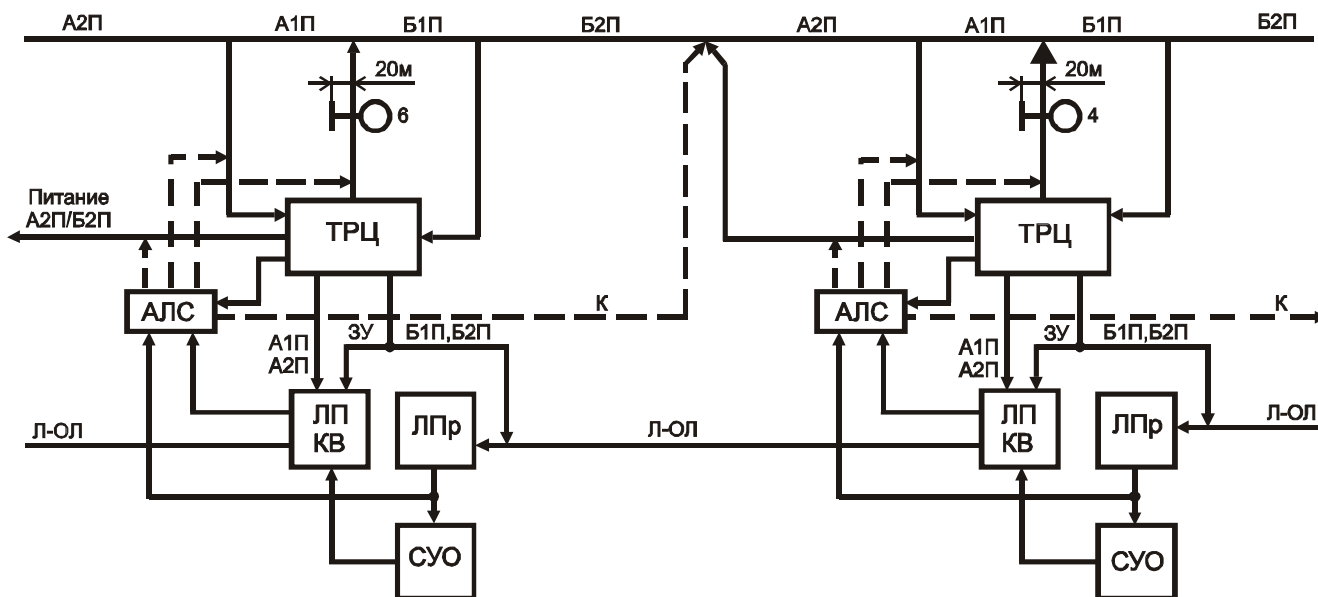


Рис. 4.1. Структурная схема системы АБТ

Кроме того, к основным узлам АБТ следует отнести линейные цепи увязки с устройствами электрической централизации и переездными устройствами и схему исключения разрешающего показания светофора при потере шунта (схема контроля потери шунта), которые на схеме не показаны.

Каждый БУ оборудуется, как правило, **четырьмя рельсовыми цепями**. Две из них (А2П и Б2П) - это рельсовые цепи типа **ТРЦ3** с максимальной длиной до 1000 м. На границах блок-участков применяют рельсовые цепи типа **ТРЦ4** (А1П и Б1П) длиной 100-300 м (рекомендуется ис-

пользовать длину 200 м). Применение рельсовых цепей ТРЦ4 вызвано необходимостью более четкой фиксации границ блок-участков. В противном случае движущийся поезд зашунтирует впередилежащую рельсовую цепь соседнего блок-участка, это приведет к включению запрещающего огня светофора перед поездом. Рельсовые цепи ТРЦ4 за счет более высокой частоты и меньшей длины имеют малую зону дополнительного шунтирования (до 15 м). Сдвигка светофора на 20 м от точки подключения генератора ТРЦ4 исключает указанную выше ситуацию.

При длине БУ менее 1400 м или при наличии изолирующих стыков на границе блок-участка (участок приближения к станции) может применяться три рельсовых цепи. Число рельсовых цепей на БУ может быть и большее, чем четыре (например, на блок-участке с переездом).

От каждой СУ осуществляется питание рельсовых цепей А1П и Б1П, а также рельсовых цепей А2П и Б2П предыдущего блок-участка. При этом на сигнальной установке контролируется состояние двух РЦ перед светофором (А2П и А1П) и двух РЦ за светофором (Б1П и Б2П). Аппаратура ТРЦ размещается в релейных шкафах и соединяется с рельсовой линией при помощи кабеля. Непосредственно у пути размещаются путевые ящики с устройствами согласования и защиты (на схеме не показано).

По цепи Л-ОЛ от каждого светофора к предыдущему **линейный передатчик ЛП** передает следующую информацию (см. рис 4.1):

- о состоянии светофора 4;
- о состоянии рельсовых цепей А1П и А2П блок-участка 6П;
- об исправности нити и цепи питания лампы красного огня светофора 4 при его закрытом состоянии;
- о состоянии защитного участка за светофором 4.

Кроме того, в цепи Л-ОЛ на 6-й сигнальной установке проверяется состояние рельсовых цепей Б1П и Б2П блок-участка 6П.

По линейной цепи Л-ОЛ информация поступает на **линейный приемник ЛПр**, который расшифровывает ее и обеспечивает включение соответствующего огня светофора и выбор кодовых сигналов АЛС для передачи на локомотив.

Применение линейных цепей для увязки показаний светофоров позволяет отказаться от применения менее надежных кодовых рельсовых цепей, что повышает надежность автоблокировки в целом.

Для АЛС используются сигналы числового кода. Кодирование рельсовых цепей блок-участка производится от впередилежащей СУ. По-

дача кодовых сигналов АЛС в РЛ осуществляется по питающим и релейным жилам кабеля рельсовых цепей по мере их занятия поездом (на схеме рис. 4.1 показано пунктирными линиями). Вступление поезда на БУ 6П контролируется приемником Б1П 6-й сигнальной установки. Информация об этом по цепи Л-ОЛ фиксируется на 4СУ при помощи реле КВ, которое включает кодовые сигналы АЛС.

Защитные участки организованы за каждым проходным светофором для исключения случаев столкновения поездов при проезде светофора с запрещающим показанием. При этом если защитный участок занят, то красный огонь включается и на ограждающем и на предыдущем светофоре. В качестве защитного участка в системе АБТ используются рельсовые цепи Б1П и Б2П, поэтому информация о его состоянии подается на линейный передатчик ЛП от блока ТРЦ.

Двухстороннее движение поездов по каждому пути двухпутного перегона позволяет наиболее гибко регулировать поездопоток при наличии неравномерного движения поездов по направлениям, а также осуществлять безостановочный обгон поездов на перегоне. Регулирование движения поездов по неправильному пути при смене направления движения осуществляется по сигналам АЛС без проходных светофоров. При этом меняется направление передачи информации в линейной цепи Л-ОЛ и перестраивается схема кодирования. Рельсовые цепи не реверсируются. Для кодирования рельсовых цепей А1П и А2П при движении поезда по неправильному пути предусмотрена специальная пара жил КП-КМ (на рис. 4.1 обозначена пунктирной линией К).

Применение в системе АБТ **схемы контроля потери шунта** под подвижной единицей позволяет исключить появление на светофоре разрешающего сигнала при фактически занятом блок-участке. Работа схемы основана на проверке правильности проследования поезда (контроль последовательности занятия и освобождения рельсовых цепей при проследовании поезда с одного блок-участка на другой).

4.2. Путевой план перегона

На путевом плане перегона (рис. 4.2) **изображают**: перегонные светофоры и их ординаты; релейные шкафы; рельсовые цепи в двухниточном изображении с указанием их длин и размещением путевых приборов; пу-

тевые ящики и их ординаты; путевые дроссели с указанием их типа; кабельную сеть перегона и кабельные планы сигнальных точек и переездных устройств с указанием длин кабелей (на рис. 4.2 указана длина не всех кабелей), жильности и числа запасных жил.

Жилы кабелей линейных цепей и рельсовых цепей обозначаются в соответствии с принятой схемной номенклатурой. Для питающих концов рельсовых цепей указывают комбинации частот генераторов (несущая частота/частота модуляции).

Аппаратура одной сигнальной установки каждого пути располагается в отдельном **релейном шкафу типа ШРУ-М**.

Для удобства описания схем принята следующая терминология. **Путем приема** для каждой станции называют путь, по которому осуществляется прием поездов по основному входному сигналу. **Путем отправления** - путь, примыкающий к дополнительному входному сигналу. По каждому из этих путей может осуществляться как прием, так и отправление поездов с оперативной сменой направления движения. **Движением по правильному пути** будем называть такое направление движения, при котором регулирование осуществляется по показаниям напольных проходных светофоров; установленное обратное направление движения по этому пути - **движение по неправильному пути**.

В рельсовых цепях для нечетного пути рекомендуется применять комбинации частот **420/8, 480/12, 580/8, 5000/8, 5555/8**, а для четного - **420/12, 480/8, 580/12, 5000/12, 5555/12**. Практически, если отсутствует переезд, для защиты от взаимного влияния рельсовых цепей достаточно обеспечить чередование двух частот 420 и 480 Гц. Для управления переездной сигнализацией у переезда организуется две ТРЦ4 по 200 м (4,5/8 по нечетному пути и 4,5/12 по четному пути).

Путевые ящики, в которых размещается аппаратура согласования и защиты приборов рельсовых цепей и производится разделка кабеля, изображают на плане перегона в местах их установки. При этом знаком "+" отмечено подключение жил приемного конца рельсовой цепи, знаком "•" - питающего.

Дроссель-трансформаторы устанавливаются у проходных светофоров для выравнивания тягового тока (на ординате точки подключения генератора ТРЦ4), у изолирующих стыков на границах со станцией, а также в местах подсоединения отсасывающих фидеров тяговых подстанций, подключения заземлений, объединения рельсовых нитей соседних путей.

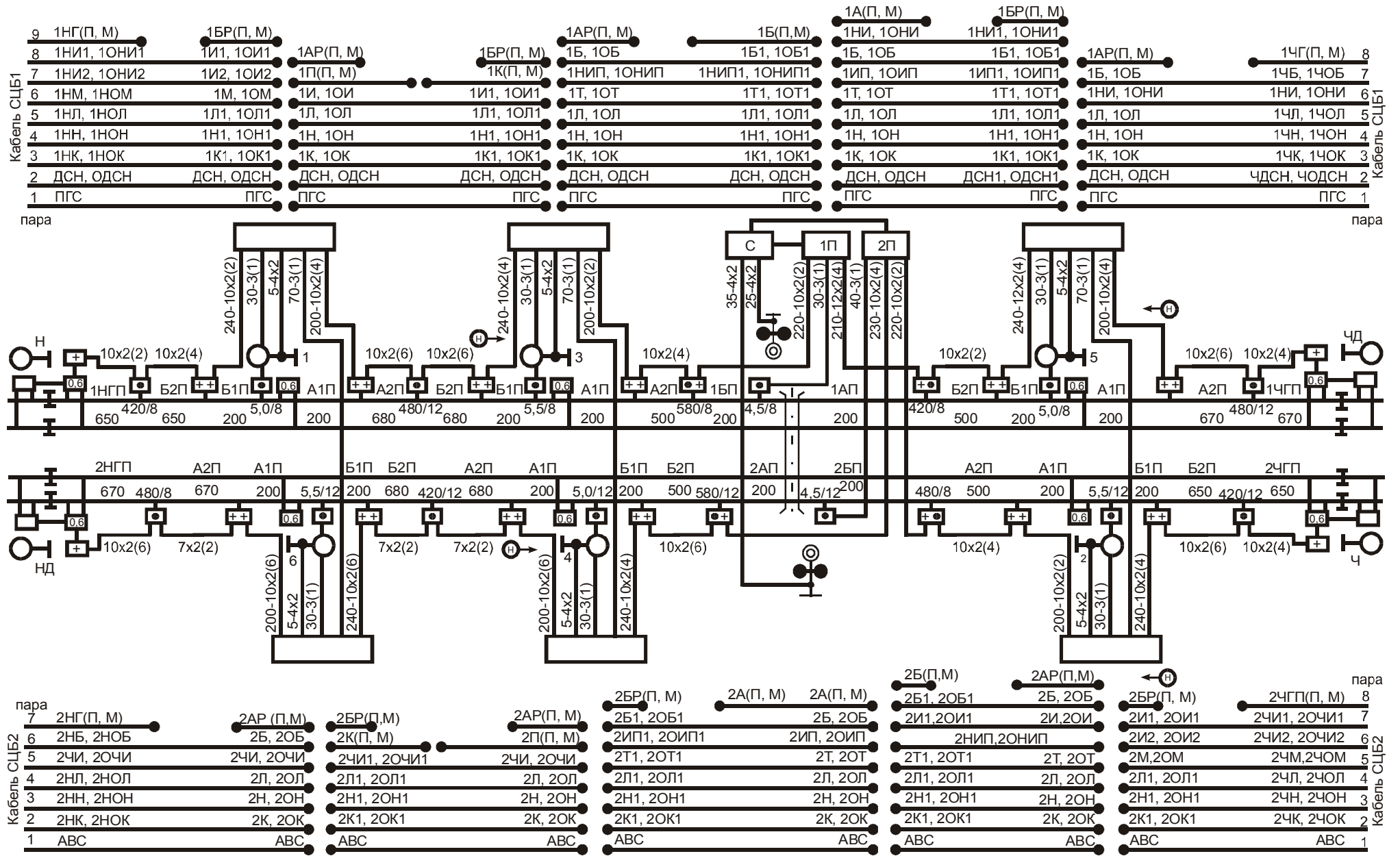


Рис. 4.2. Путь план перегона системы АБТ

Для обеспечения работы АБТ и увязки со станционными и переездными устройствами вдоль перегона прокладывают **два отдельных кабеля** - СЦБ1 для нечетного пути и СЦБ2 для четного пути. Линейные цепи и жилы для организации питающих и релейных концов рельсовых цепей прокладываются в одном общем кабеле. В зависимости от числа этих цепей емкость кабеля в пределах перегона изменяется. При автономной тяге и электротяге постоянного тока рекомендуется применять кабель марки СБЗПУ (с гидрофобным заполнением сердечника, с усиленной полиэтиленовой изоляцией), при электрической тяге переменного тока - СБЗПАБпШп (в алюминиевой оболочке, с броней из двух стальных лент, в защитном шланге из полиэтилена).

К обозначению линейных цепей и жил кабелей рельсовых цепей добавляется цифра 1 или 2 в соответствии с их принадлежностью к нечетному или четному пути.

В каждом из кабелей предусмотрены жилы для организации следующих **линейных цепей и схем**:

Н, ОН - схема смены направления;

К, ОК - цепь контроля перегона схемы смены направления;

Л, ОЛ - линейная цепь увязки сигнальных установок (передача информации к предыдущему светофору о поездной ситуации); по этой же цепи организуется передача на впередистоящую СУ информации о вступлении поезда на БУ (для начала подачи в рельсовую линию сигнала АЛС);

И, ОИ - цепь схемы исключения разрешающего сигнала на светофоре при потере шунта (на первом блок-участке удаления от станции по пути отправления и на блок-участке с переездом эта цепь обозначается Б-ОБ, а на предвходном блок-участке по пути приема - И1-ОИ1); используется также для передачи на предвходную сигнальную установку извещения о приближении поезда к станции за два блок-участка по пути приема;

И1, ОИ1 - цепь схемы исключения разрешающего сигнала на светофоре при потере шунта на предвходном БУ пути приема; используется также для передачи на станцию извещения о состоянии этого БУ;

И2, ОИ2 - цепь передачи на станцию информации о состоянии второго (дальнего) БУ пути приема;

Б, ОБ - цепь схемы исключения разрешающего сигнала на светофоре при потере шунта на первом БУ пути отправления и на блок-участках с переездом;

М, ОМ - цепь схемы управления миганием желтого огня на предвходном светофоре; передача на станцию сигналов АЛС для кодирования рельсовых цепей маршрутов отправления на неправильный путь;

ИП, ОИП - цепь извещения на переезд о приближении поезда по правильному пути;

НИП, ОНИП - цепь извещения на переезд о приближении поезда по неправильному пути;

Т, ОТ - цепь передачи кодовых сигналов АЛС в рельсовые цепи переезда;

НИ, ОНИ (ЧИ, ОЧИ) - подача извещения на станцию о состоянии первого и второго участка приближения неправильного пути; передача на станцию сигналов АЛС для кодирования рельсовых цепей маршрутов отправления по правильному пути.

В этих же кабелях организованы **соединительные жилы рельсовых цепей**:

П(П,М) - жилы подключения генератора для питания рельсовых цепей А2П/Б2П. Для жил, подающих питание со станции, вместо буквы П указывается название РЦ, контролируемой на станции; например, 1НГ(П,М). Жилы, к которым подключены генератор и приемник (обычно на БУ с переездом), обозначаются по названию приемника; например, 2А(П,М);

АР(П,М) - для подключения приемной аппаратуры рельсовых цепей А1П и А2П;

БР(П,М) - для подключения приемной аппаратуры рельсовых цепей Б1П и Б2П;

К(П,М) - для подачи кодовых сигналов АЛС в рельсовые цепи А при движении поезда по неправильному пути.

Для увязки с переездом могут дополнительно потребоваться следующие цепи:

ЗУ,ОЗУ - цепь передачи с переезда к предыдущему светофору информации о состоянии рельсовых цепей, контролируемых на переезде, если они входят в состав защитного участка;

АП,ОАП (БП,ОБП) - передача на переезд от впередистоящего светофора информации о состоянии рельсовой цепи А1П (Б1П); применяется в том случае, если переезд расположен у светофора и для его работы используется ТРЦ4 сигнальной установки.

Кроме того, в кабеле СЦБ1 нечетного пути организованы жилы:

ДСН, ОДСН – цепь схемы двойного снижения напряжения; используется также в системе диспетчерского контроля для передачи информации с перегона на ближайшую станцию;

ПГС - провода цепи перегонной связи.

В кабеле СЦБ2 предусмотрены жилы ABC - провода цепи аварийно-восстановительной связи.

В соответствии с кабельным планом сигнальной точки в каждый релейный шкаф кроме указанного выше кабеля вводятся **отдельные кабели** следующих назначений:

1. Для подачи питания на лампы светофоров - кабель емкостью 4 пары жил (З1, З2, Ж1, Ж2, ОЖЗ, К1, К2, ОК). Кабель разделяется в оконечной муфте у мачты светофора.

2. Для подачи питания в рельсовые цепи А1П/Б1П типа ТРЦ4 - трехжильный кабель (жилы 1ПП и 1ПМ для подключения приборов питания и одна жила запасная). Кабель разделяется на клеммной колодке путевого ящика.

3. Для передачи жил ДСН-ОДСН в релейный шкаф спаренного светофора - трехжильный кабель (одна жила запасная).

4. Для подачи в релейный шкаф основного электропитания ПХ-ОХ от высоковольтной линии СЦБ - пятижильный кабель (дублированные рабочие жилы и одна запасная).

5. Для подачи в релейный шкаф резервного электропитания РПХ-РОХ от высоковольтной линии продольного электроснабжения линейных потребителей - аналогичный кабель.

Питание на устройства АБ подается от однофазных подъемно-опускных комплектных трансформаторных подстанций КТП-П-А-1,25/10, понижающих напряжение до 230 В. При этом как основное, так и резервное питание подается в каждый релейный шкаф отдельными кабелями. Устройства и кабели электропитания на схеме рис. 4.2 не показаны.

4.3. Схемы рельсовых цепей и кодирования АЛС

Схемы рельсовых цепей одной СУ в наиболее распространенном варианте их применения приведены на рис. 4.3. В зависимости от длины БУ, наличия переезда и его удаленности от сигнальной точки может измениться количество аппаратуры ТРЦ или ее подключение. Например, параметры аппаратуры позволяют последовательно подключать к одной паре жил не только два приемника, но и приемник ТРЦ4 с передающей аппаратурой ТРЦ3. Но в любом случае схемы рельсовых цепей остаются неизменными.

Назначение, принципиальные схемы, характеристики и особенности применения аппаратуры ТРЦ3 и ТРЦ4 приведены в п. 2.4.2 и 2.4.3, а на-

значение остальных элементов - в п. 2.4.1 и 2.4.4. Рассмотрим особенности применения ТРЦ в системе АБТ.

Для питания рельсовых цепей А1П/Б1П в релейном шкафу установлен **генератор ГП4 с фильтром ФРЦ4Л**, а для рельсовых цепей А2П/Б2П - **генератор ГП3/8,9,11 с фильтром ФПМ8,9,11**. При проектировании АБТ в схемах ТРЦ для каждого генератора и фильтра указывают внешние настроечные переключатели в соответствии с требуемой комбинацией частот, а в регулировочных таблицах - напряжения на выходе генератора в зависимости от длины РЦ.

Первоначально в качестве **резисторов R_d** применялись регулируемые проволочные резисторы типа 7157, которые при эксплуатации показали низкую надежность. С середины 2000 года эти резисторы заменены на резисторы постоянные проволочные изолированные типа С5-35В-25Вт. Величина сопротивления резистора выбирается исходя из длины соединительного кабеля и удельного сопротивления его жил таким образом, чтобы получить в сумме 400 Ом.

В качестве **согласующего трансформатора используется ПОБС-2А** с коэффициентом трансформации $n=38$.

Защитные резисторы R_z предусмотрены во всех УСЗ, кроме места установки дроссель-трансформаторов. В настоящее время вместо двух параллельно включаемых регулируемых проволочных резисторов рекомендуется использовать более надежные и долговечные резисторы РПН (резистор постоянный низкоомный). Эти резисторы выпускаются на номинальные сопротивления от 0,11 Ом до 0,5 Ом.

Подключение питающих жил ТРЦ4 рекомендуется производить не к рельсам, а непосредственно к выводам основной обмотки ДТ. Этим обеспечивается контроль целостности дроссельных переключателей. В соответствии с методическими указаниями И-206-91 в системе АБТ применялись дроссель-трансформаторы ДТ-0,6 с разомкнутой дополнительной обмоткой.

В настоящее время начато производство более дешевых и удобных в эксплуатации сухих дросселей типа ДП-20, ДП-150 и ДП-300, которые рассчитаны на пропускание уравнивающего постоянного тягового тока до 20, 150 и 300 А соответственно. Кроме того, у дросселей предусмотрены выводы средней точки обмотки для организации заземления металлических конструкций. Для участков с тягой переменного тока разработаны аналогичные дроссели Д-20, Д-150 и Д-300. Дроссели ДП-20 и Д-20 имеют малые габариты, применяются только для выравнивания тягового тока и устанавливаются в путевых ящиках.

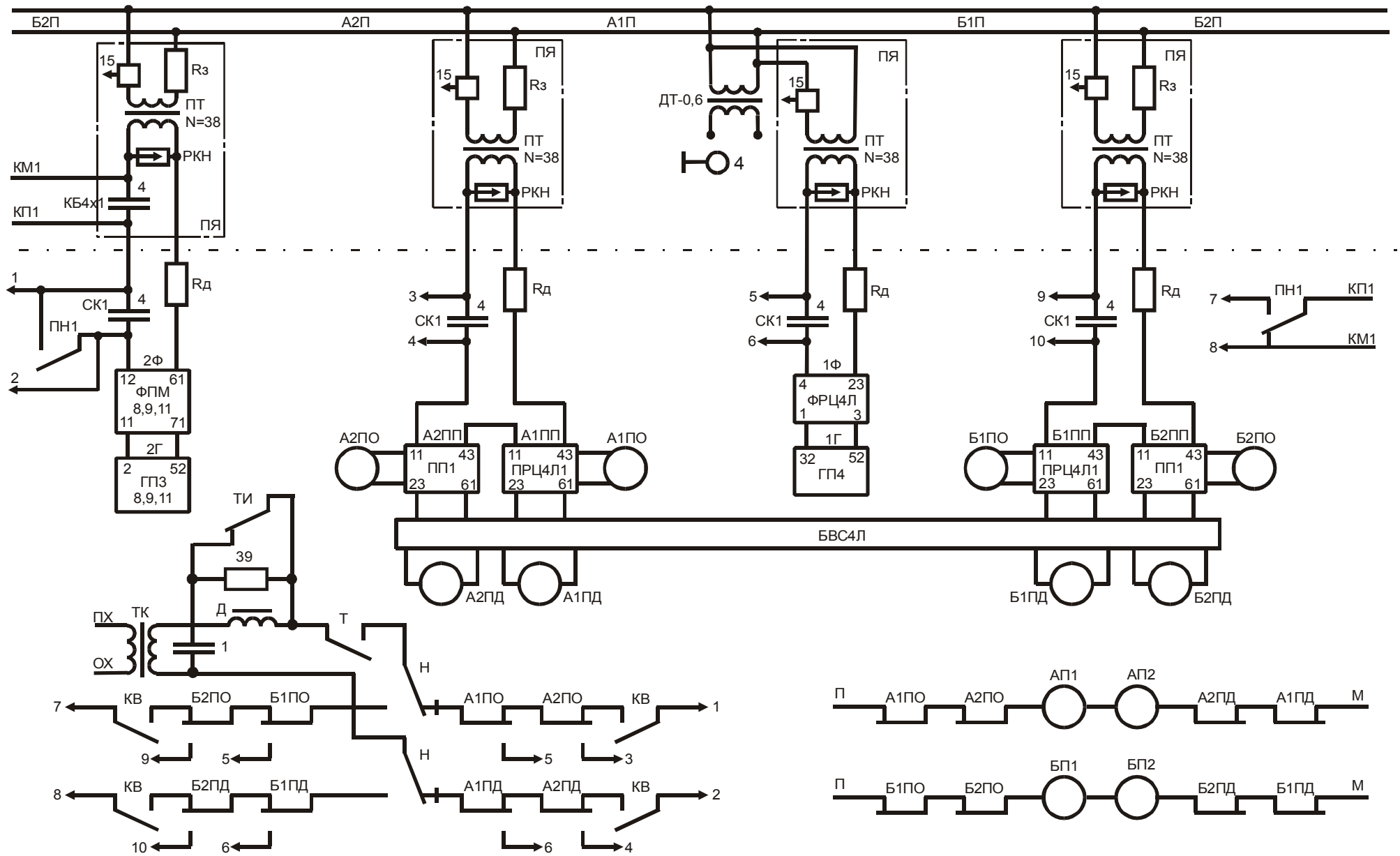


Рис. 4.3. Рельсовые цепи и схема кодирования

Разновидности путевых приемников ПП1 и ПРЦ4Л1 выбираются в зависимости от принятой комбинации частот питания конкретных РЦ и указываются на схемах ТРЦ. В соответствии с этим выбираются и указываются номера выводов для подключения **основных путевых реле А1ПО, А2ПО, Б1ПО и Б2ПО**. **Дублирующие путевые реле А1ПД, А2ПД, Б1ПД и Б2ПД** подключаются к приемникам через **блок выпрямителей сопряжения БВС4Л**. Этим обеспечивается управление путевыми реле через разные выходные цепи путевого приемника, что должно способствовать повышению безопасности работы схемы. Ранее применялись путевые реле типа АНШ2-1230 с параллельным включением обмоток, что обеспечивало напряжение срабатывания реле 3,5 В. В настоящее время рекомендуются к использованию новые реле типа АНШ2-310 с последовательным включением обмоток.

Состояние участка пути, оборудованного рельсовыми цепями А1П и А2П, контролируется общими повторителями основных и дополнительных путевых реле этих РЦ. Дублированные повторители АП1 и АП2 включены по схеме с двухполюсным размыканием (см. рис. 4.3). Для рельсовых цепей Б1П и Б2П применена аналогичная схема. Схемные зависимости в системе АБТ осуществляются этими повторителями.

В системе АБТ для передачи информации на локомотив предусмотрена **числовая АЛС**.

Кодирование рельсовых цепей блок-участка производится от впереди стоящей СУ по соединительным жилам кабеля рельсовых цепей по мере вступления на них поезда. Для этого предусмотрено поочередное подключение схемы кодирования к жилам кабеля параллельно конденсатору СК1. Причем рельсовые цепи Б1П и Б2П кодируются совместно путем подачи кодового сигнала по питающим жилам П(П, М) (точки 1-2).

Формирование кодовых сигналов осуществляет кодовый путевой трансмиттер КПТ типа КПТШ-515, а выбор требуемого кодового сигнала - контакты сигнальных реле Ж1 (Ж2) и З. Трансмиттерное реле Т, работая в такт с импульсами выбранной кодовой комбинации, модулирует ток вторичной обмотки кодирующего трансформатора ТК типа ПОБС-3А (см. рис. 4.3). Напряжение на вторичной обмотке трансформатора ТК устанавливается в соответствии с регулировочными таблицами.

Вступление головы поезда за светофор предыдущей СУ фиксируется **кодировочным реле КВ** по линейной цепи Л-ОЛ (п. 4.4). Оно встает под ток и своими контактами включает кодовый сигнал в точки 1-2. По мере вступления поезда на рельсовые цепи А2П и А1П обесточиваются путевые реле этих РЦ и поочередно подключают кодовый сигнал в точ-

ки 3-4 и 5-6. При этом кодирование каждой предыдущей рельсовой цепи прекращается.

При движении поезда по неправильному пути контакты **реле направления Н** перестраивают схему кодирования, что обеспечивает последовательное подключение кодовых сигналов в точки 7-8, 9-10, 5-6. Как уже отмечалось, для кодирования рельсовых цепей А2П и А1П в этом случае предусмотрены отдельные жилы кабеля КП1-КМ1. Для подключения этих жил в путевом ящике Б2П/А2П устанавливается конденсатор, который при правильном направлении движения шунтируется тыловым контактом ПН1 в релейном шкафу предыдущей СУ (см. рис. 4.3).

4.4. Линейная цепь увязки проходных светофоров

Назначение каждой линейной цепи указано в п. 4.2. В данном пункте рассматривается **схема цепи Л-ОЛ**, обеспечивающая логическую связь между проходными светофорами и управление кодововключающим реле. Для примера рассмотрим цепь между сигнальными установками 4 и 6 светофоров (рис. 4.4).

|| Передача информации осуществляется с использованием полярного признака тока, который воспринимают дублированные линейные реле Л1 и Л2 ||
(комбинированные реле типа КМШ-450).

Сообщения формируются и передаются от 4-й СУ к 6-й следующим образом:

- о состоянии светофора 4 (открыт или закрыт) - контактами дублированных сигнальных реле Ж1, Ж2 (подается ток прямой или обратной полярности);
- о состоянии рельсовых цепей А1П и А2П блок-участка 6П – контактами дублированных реле АП1, АП2 (при занятости любой из этих РЦ цепь Л-ОЛ разрывается);
- о состоянии защитного участка - контактами реле БП1, БП2 (повторители путевых реле рельсовых цепей Б1П и Б2П за светофором 4). При занятом защитном участке линейная цепь разрывается. Этим обеспечивается включение красного огня на светофоре 6 даже при свободном 6П и исключаются последствия при проезде поездом запрещающего сигнала;
- о неисправности лампы красного огня - контактами огневого реле КО, которые при перегорании обеих нитей лампы красного огня обрывают линейную цепь.

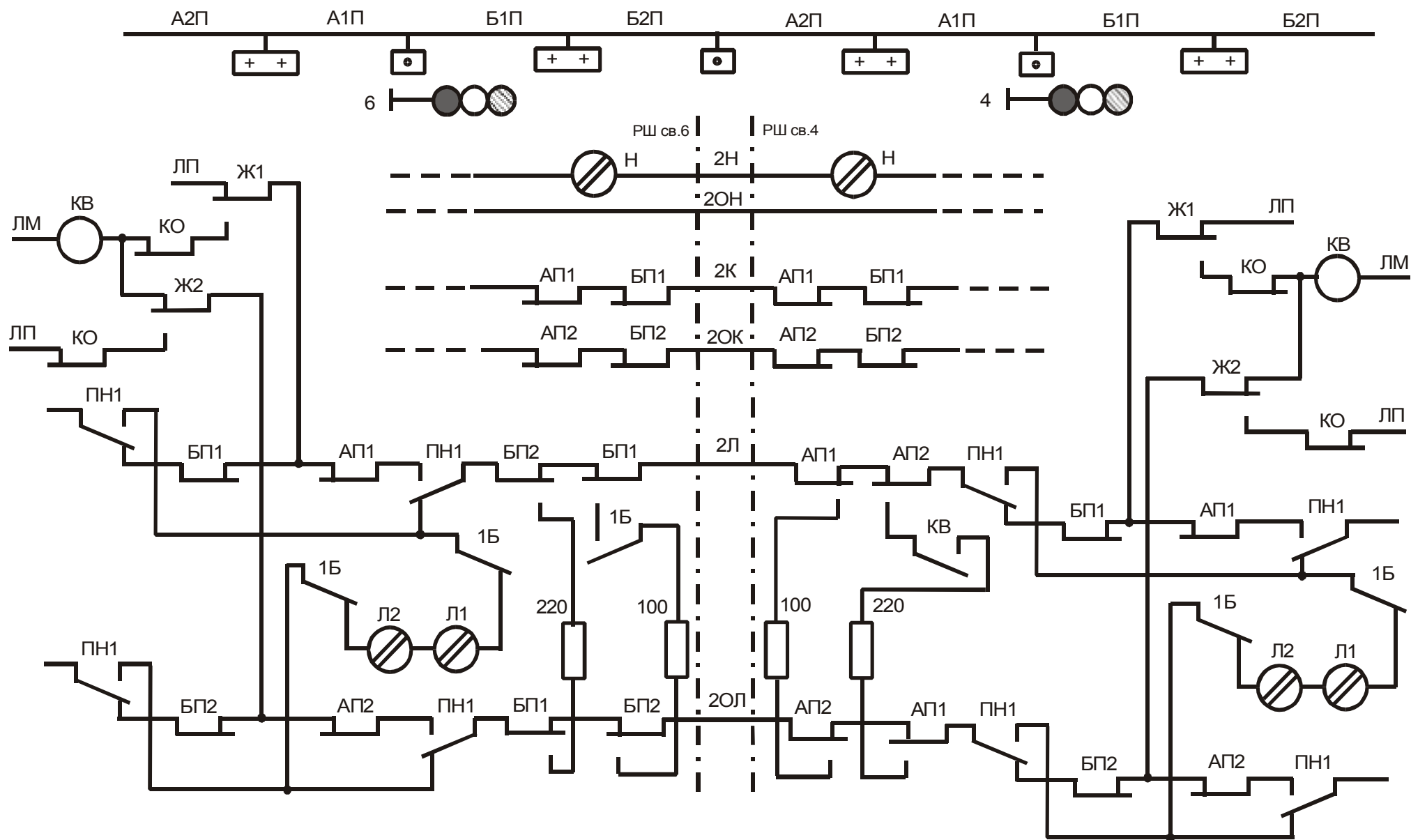


Рис. 4.4. Схема линейной цепи Л-ОЛ

Кроме того, в линейную цепь Л-ОЛ на 6-й сигнальной установке введены контакты реле БП1 и БП2, контролирующих состояние рельсовых цепей Б1П и Б2П блок-участка 4П.

Введение в схему линейной цепи кодеровключающего реле КВ и шунтирующих цепочек через тыловые контакты реле А... и Б... позволило передавать информацию от 6СУ на 4СУ о вступлении поезда на блок-участок 6П. При отсутствии поезда ток, протекающий по цепи Л-ОЛ через достаточно большое сопротивление обмоток реле Л1 и Л2, недостаточен для срабатывания реле КВ.

При вступлении головы поезда за 6-й светофор реле БП1, БП2 шунтируют обмотки реле Л1 и Л2, ток увеличивается и реле КВ притягивает свой якорь. При освобождении рельсовых цепей Б возбужденное состояние реле КВ сохраняется за счет шунтирующей цепочки через тыловые контакты реле АП1, АП2.

Контакты реле КВ в шунтирующей цепи исключают передачу на локомотив, следующий по блок-участку 8П, кодового сигнала от 4СУ при ложной занятости или изломе рельса на 6П. Этим обеспечивается соответствие показаний напольного и локомотивного светофоров.

При смене направления движения линейная цепь коммутируется контактами реле ПН1 для передачи информации в противоположном направлении.

4.5. Схемы управления огнями светофоров

В системе АБТ предусмотрены **двухнитевые лампы** для всех огней светофора (рис. 4.5). При неисправности основных нитей происходит автоматическое подключение питания к резервным нитям ламп, а при перегорании обеих нитей лампы красного огня закрытого светофора производится "перенос" красного огня на предыдущий светофор.

Выбор огней светофоров осуществляется контактами сигнального реле З и дублированных сигнальных реле Ж1 и Ж2, состояния которых зависят от состояния линейных реле Л1, Л2.

В схеме применено двухполюсное размыкание цепей питания ламп разрешающих огней. Кроме того, с целью повышения безопасности функционирования схемы она построена таким образом, что включение разрешающих огней происходит через последовательно включенные фронтальные контакты дублированных реле Ж1 и Ж2, а их выключение и включение запрещающего сигнала происходит при обесточивании любого из этих реле.

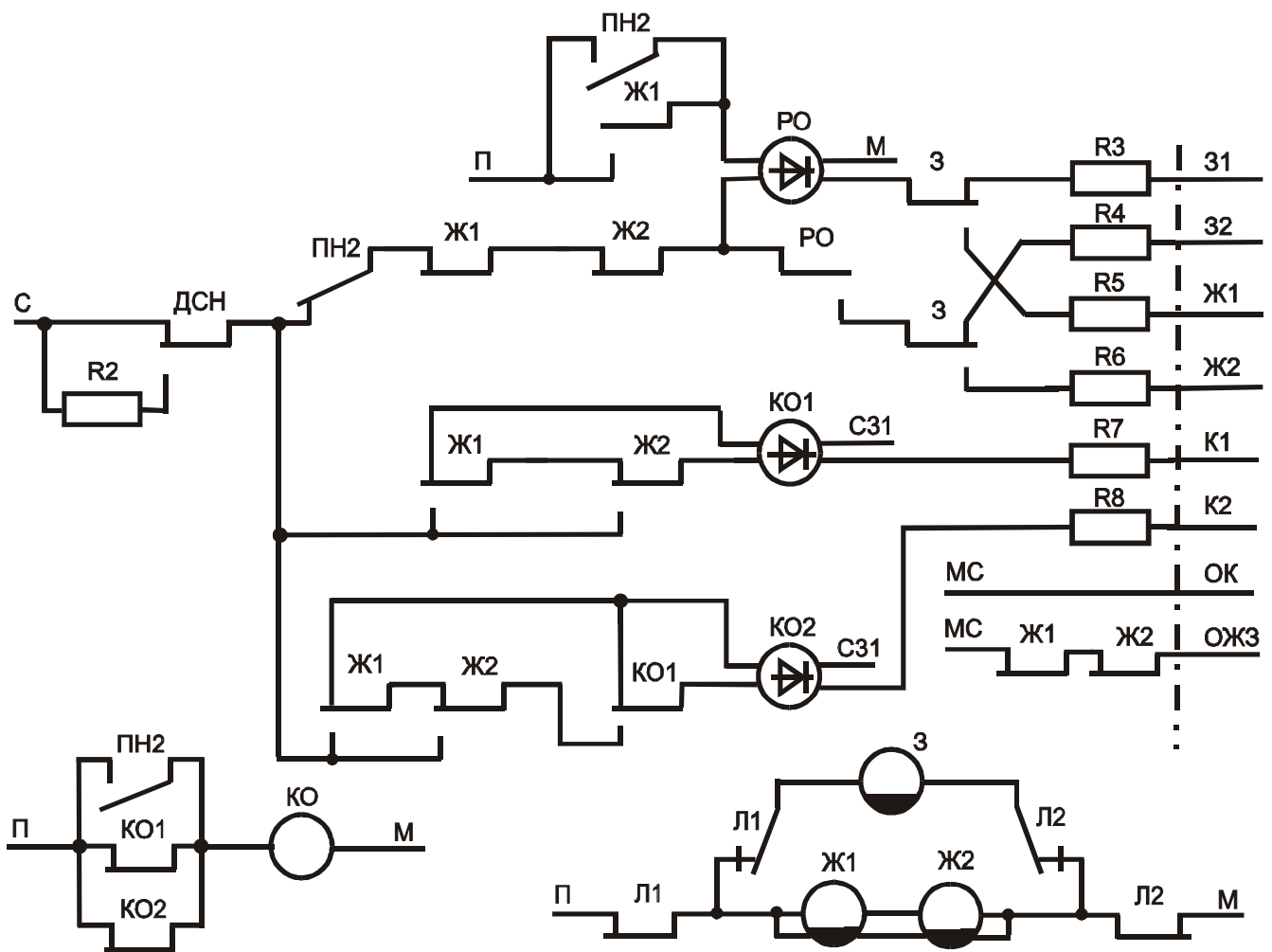


Рис.4.5. Схема управления огнями проходного светофора

Огневые реле выполняют следующие функции:

- РО - контроль основных нитей ламп разрешающих огней в горячем состоянии и включение резервных нитей при неисправности основных;
- КО1 - контроль основной нити лампы красного огня в холодном и горячем состояниях и включение резервной нити;
- КО2 - контроль резервной нити лампы красного огня в холодном и горячем состояниях.

Цепь контроля нитей ламп красного огня в холодном состоянии организована от источника С31-МС через последовательно включенные высокоомную и низкоомную обмотки огневого реле.

При обесточивании любого из указанных реле информация о неисправности передается на ближайшую станцию по цепям диспетчерского контроля. Кроме того, при перегорании обеих нитей лампы красного огня закрытого светофора осуществляется процедура "переноса" красного огня

на предыдущий светофор. Это реализуется с помощью реле КО, которое своими контактами разрывает линейную цепь Л-ОЛ.

При смене направления движения контакт реле ПН2 отключает питание разрешающих огней светофора. Контакты реле Ж1 и ПН2 в цепи высокоомной обмотки реле РО исключают его ложное обесточивание при горении красного огня или при установленном встречном направлении движения.

4.6. Увязка автоблокировки со станционными устройствами

При приеме поездов на станцию решаются задачи:

- передача с перегона на станцию извещения о приближении поезда за два БУ; при этом состояния обоих БУ должны контролироваться раздельно;
- выбор сигнального показания предвходного светофора и/или кодового сигнала АЛС в зависимости от показания входного или входного дополнительного светофора; причем для предвходного светофора должно быть предусмотрено дополнительное сигнальное показание - желтый мигающий огонь, который включается при маршруте приема поезда на боковой путь;
- включение кодовых сигналов АЛС в рельсовые цепи БУ приближения.

При отправлении поезда со станции решаются задачи:

- выбор показания выходного светофора в зависимости от состояния двух участков удаления;
- выбор кодовых сигналов АЛС для подачи в станционные рельсовые цепи маршрутов отправления в зависимости от состояния блокучастков удаления.

В системе АБТ с учетом двухстороннего движения поездов по каждому пути перегона обе группы задач решаются для каждого из этих путей – пути приема и пути отправления.

Построение схем рассмотрим на примере увязки АБТ с устройствами ЭЦ четной горловиной станции.

4.6.1. Схемы увязки по пути приема

Работу схемы увязки при приеме поездов обеспечивают линейные цепи 2Л-2ОЛ, 2И-2ОИ, 2И1-2ОИ1, 2И2-2ОИ2, 2М-2ОМ (рис. 4.6).

Извещение о приближении поезда передается:

- от 4СУ к 2СУ - по цепи 2И-2ОИ (на схеме не показано);
- от предвходной 2СУ на станцию - по цепям 2И2-2ОИ2 и 2И1-2ОИ1 о состоянии 2-го и 1-го участков приближения соответственно.

В передаче извещения участвуют повторители путевых реле БП1 и АП1, а также реле схемы контроля потери шунта ПБП и 1Б. Приемниками на станции являются известитель приближения 2Ч2ИП и известитель 2Ч1ИП, состояние которого зависит от состояния реле 2ПБП и путевого реле рельсовой цепи 2ЧГП.

Управление основными сигналами предвходного светофора и выбор сигналов АЛС для кодирования 4БУ обеспечивается с использованием линейной цепи 2Л-2ОЛ аналогично управлению в АБТ. При этом передается информация о виде маршрута приема (на главный путь или на боковой), фактическом открытии входного светофора, исправности лампы красного огня и состоянии перегонной РЦ, контролируемой на станции. **Мигающий режим** горения желтого огня достигается включением со стороны станции в провода 2Л-2ОЛ тока обратной полярности и подачей в провода 2М-2ОМ импульсного питания. При этом мигающее реле М на предвходной сигнальной установке будет работать в импульсном режиме и обеспечит периодическое замыкание и размыкание цепи питания лампы желтого огня.

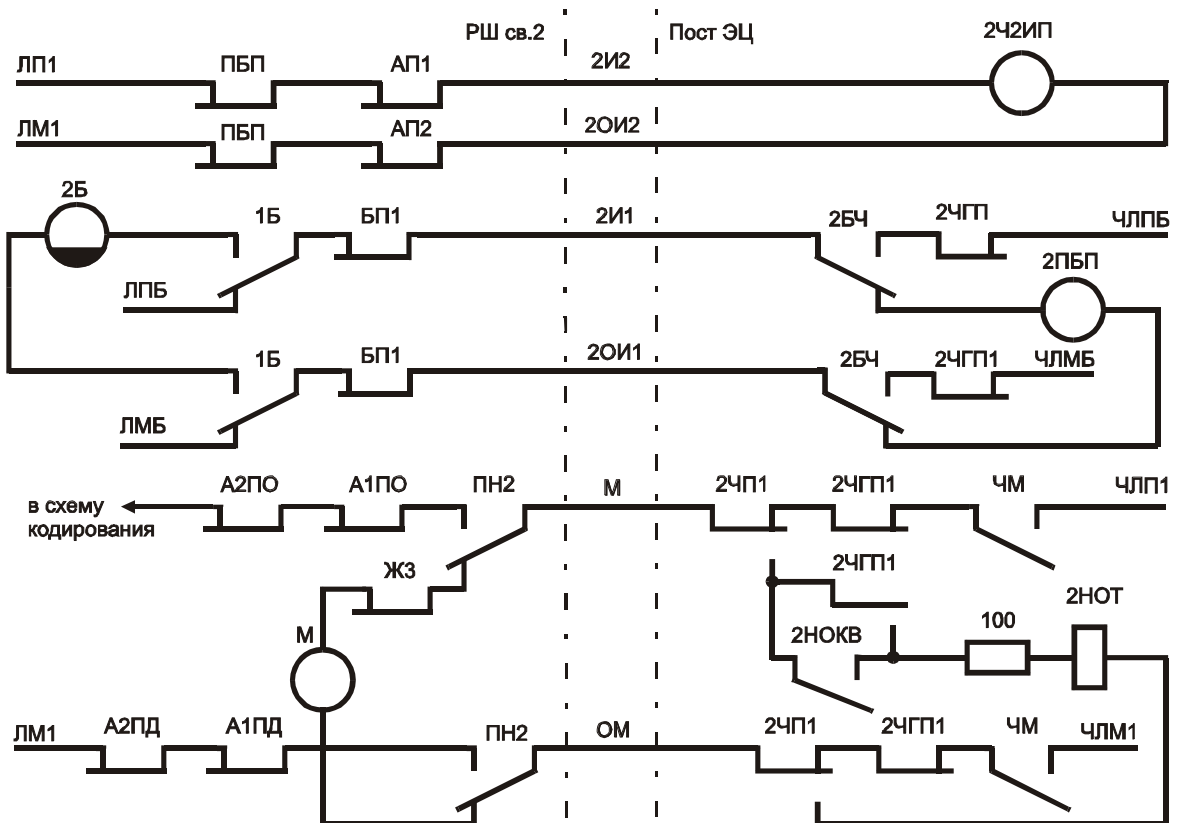


Рис. 4.6. Схемы увязки по пути приема

Кодирование предвходного БУ осуществляется со станции и начинается при вступлении поезда на рельсовую цепь Б1П этого БУ. В результате на станции по цепи 2Л-2ОЛ возбуждается кодововключающее реле 2ЧГКВ, которое включит транзитное реле.

При **смене направления движения** (реле ПН1 и ПН2 возбуждены) для реализации увязки по отправлению используются существующие линейные цепи 2Л-2ОЛ и 2М-2ОМ. При этом направление передачи информации и ее содержание изменяются.

При отправлении поезда по пути приема показания выходных светофоров выбираются с помощью станционного линейного реле 2Л, принимающего информацию по цепи 2Л-2ОЛ от 2СУ. При этом увязка организуется аналогично увязке проходных светофоров.

Кодовые сигналы АЛСН для кодирования РЦ маршрута отправления передаются по цепи 2М-2ОМ. На станции этот сигнал воспринимает транзитное реле 2НОТ, которое обеспечивает подачу кодового сигнала в станционные рельсовые цепи.

4.6.2. Схемы увязки по пути отправления

При отправлении поездов информация для **выбора сигнальных показаний выходных светофоров** передается по линейной цепи 1Л-1ОЛ от первой СУ по удалению и воспринимается на станции линейным реле 1Л.

Для кодирования РЦ маршрутов отправления кодовые сигналы АЛСН передаются с первой по удалению сигнальной установки (5СУ) по цепи 1НИ-1ОНИ (рис. 4.7). Эти сигналы на станции принимает транзитное реле 1НОТ и транслирует их в станционные РЦ.

При **смене направления движения** (реле ПН1 и ПН2 сигнальных установок нечетного пути возбуждены) увязка по приему осуществляется следующим образом.

Извещение о приближении поезда передается с 3СУ на 5СУ разрывом цепи 1НИ-1ОНИ контактами реле АП1 и АП2, а затем с 5СУ на станцию - с использованием полярного признака сигнала. Приемником извещения на станции является реле 1НИП комбинированного типа. Изменение полярности сигнала в цепи реле 1НИП, осуществляемое контактом реле НИП, свидетельствует о занятии второго (дальнего) участка приближения, а размыкание цепи контактом реле АП1 – о занятии первого участка приближения. Раздельный контроль участков приближения в данном случае не предусмотрен из-за неоправданного усложнения схемы.

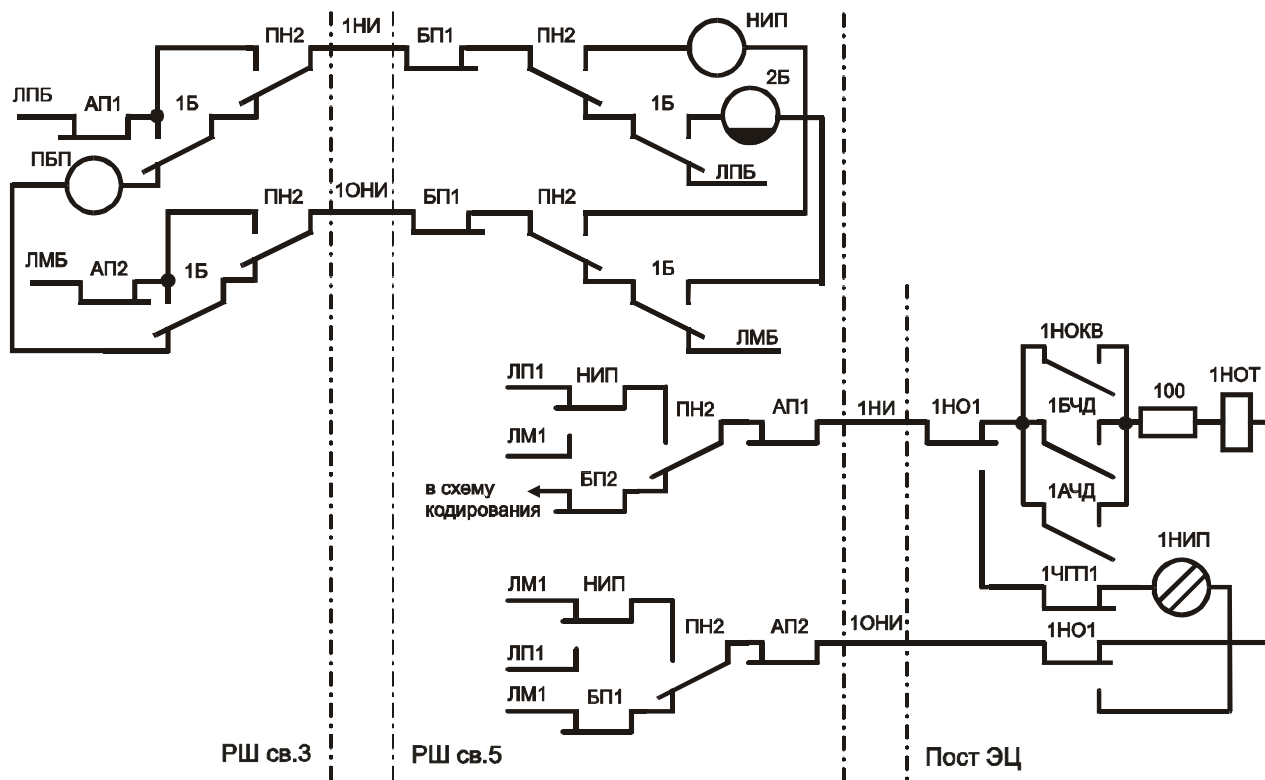


Рис. 4.7. Схемы увязки по пути отправления

Информация для выбора сигнала АЛС при кодировании второго участка приближения передается на 5СУ с поста ЭЦ по проводам 1Л-1ОЛ и содержит те же сообщения, что и в маршруте приема по правильному пути (п. 4.6.1). Кодирование первого участка приближения осуществляется со станции. При этом, когда поезд вступает на первый участок приближения по неправильному пути, встает под ток кодововключающее реле 1ЧГКВ станции и включает трансмиттерное реле ПТ.

4.7. Увязка с переездными устройствами

На двухпутных участках с двухсторонним движением поездов **автоматическое управление переездными устройствами** обеспечивается при проследовании поезда любого направления независимо от специализации путей и установленного направления движения. Схема увязки реализуется в соответствии с техническими решениями 419311-СЦБ.ТР "Схемы переездной сигнализации для переездов, расположенных на перегонах при любых средствах сигнализации и связи АПС-93".

Принцип построения и работы схемы увязки АБ с переездными устройствами рассмотрим на примере схемы четного пути (рис. 4.8).

Для фиксации приближения поезда к переезду и его проследования через переезд, а также для контроля правильности проследования поезда

оборудованы 4 участка приближения - два перед переездом и два за переездом.

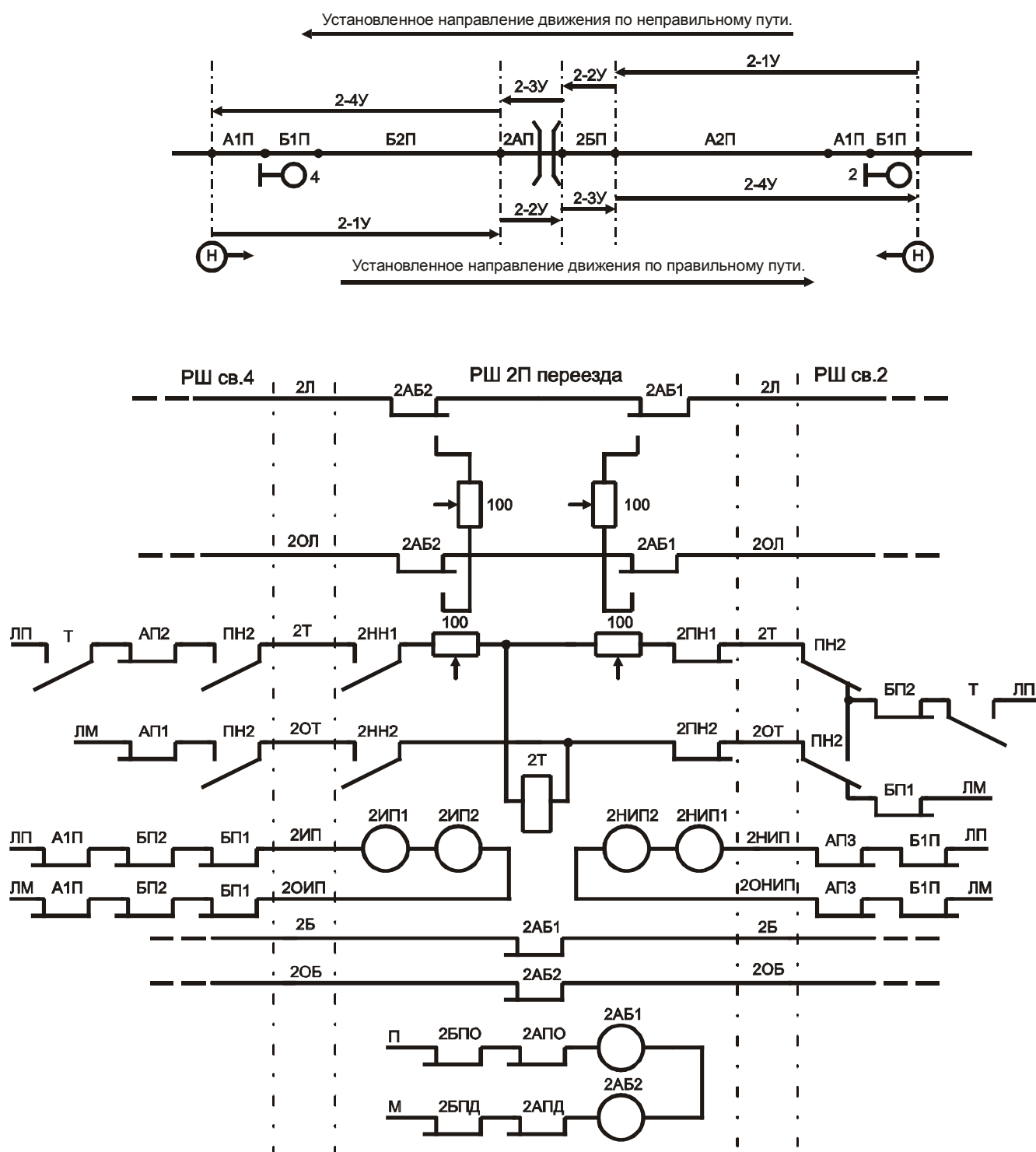


Рис. 4.8. Схема увязки АБТ с переездом

Для организации участков 2-2У и 2-3У по обе стороны от переезда оборудованы рельсовые цепи 2АП и 2БП типа ТРЦ4, которые контролируются на переезде. В некоторых случаях одна из этих рельсовых цепей контролируется на СУ автоблокировки. Тогда информация о ее состоянии передается на переезд по цепи 2АП-2ОАП или 2БП-2ОБП.

Участки 2-1У и 2-4У образуются рельсовыми цепями автоблокировки в соответствии с расчетной длиной участков приближения в четном и нечетном направлениях. Эти РЦ обеспечивают подачу извещения при приближении поездов как установленного, так и неустановленного направления движения, а также участвуют в работе схемы контроля направления и правильности проследования поезда.

Информация о состоянии участков 2-1У и 2-4У передается на переезд по линейным цепям:

- 2ИП-2ОИП с приемниками 2ИП1, 2ИП2 (состояние участка 2-1У),
- 2НИП-2ОНИП с приемниками 2НИП1, 2НИП2 (состояние 2-4У).

При смене направления движения нумерация участков изменяется.

В схеме увязки предусмотрено также следующее:

1. В линейную цепь 2Л-2ОЛ на переезде введены контакты реле 2АБ1, 2АБ2 (дублированные повторители путевых реле РЦ 2АП и 2БП). Этим обеспечивается обесточенное состояние линейных реле Л1 и Л2, а также возбужденное состояние кодововключающего реле КВ при нахождении подвижной единицы на этих РЦ.

2. Для кодирования рельсовых цепей, аппаратура которых размещена на переезде, организованы линейные цепи 2Т-2ОТ с передачей кодовых сигналов АЛС от впередистоящей сигнальной установки на переезд. Передача кодовых сигналов осуществляется от 2СУ или от 4СУ в зависимости от установленного направления движения.

3. Работа схемы исключения разрешающего сигнала на светофоре при потере шунта организована с использованием линейных проводов 2Б-2ОБ, в которые на переезде введены контакты реле 2АБ1, 2АБ2.

4. Если переездные РЦ входят в состав защитного участка, то информация о состоянии этих РЦ передается на СУ по линейной цепи 2ЗУ-2ОЗУ (на схеме рис. 4.8 отсутствует).

5. При оборудовании переезда автошлагбаумами в цепи 2Л-2ОЛ и 2Т-2ОТ вводят контакты реле 3Г1, 3Г2. Этим обеспечивается перекрытие ближайших проходных светофоров на запрещающее показание и выключение кодирования рельсовых цепей при включении заградительных светофоров.

Состояние участков приближения контролируют дублированные реле 2-1У1, 2-1У2; 2-2У1, 2-2У2; 2-3У1, 2-3У2 и 2-4У1, 2-4У2 (рис. 4.9).

При вступлении поезда любого направления на участок приближения независимо от направления действия автоблокировки реле 2-1У1(2) или 2-4У1(2) обесточиваются и обрывают цепь питания дублированных включающих реле 2В1(2), которые осуществляют закрытие переезда.

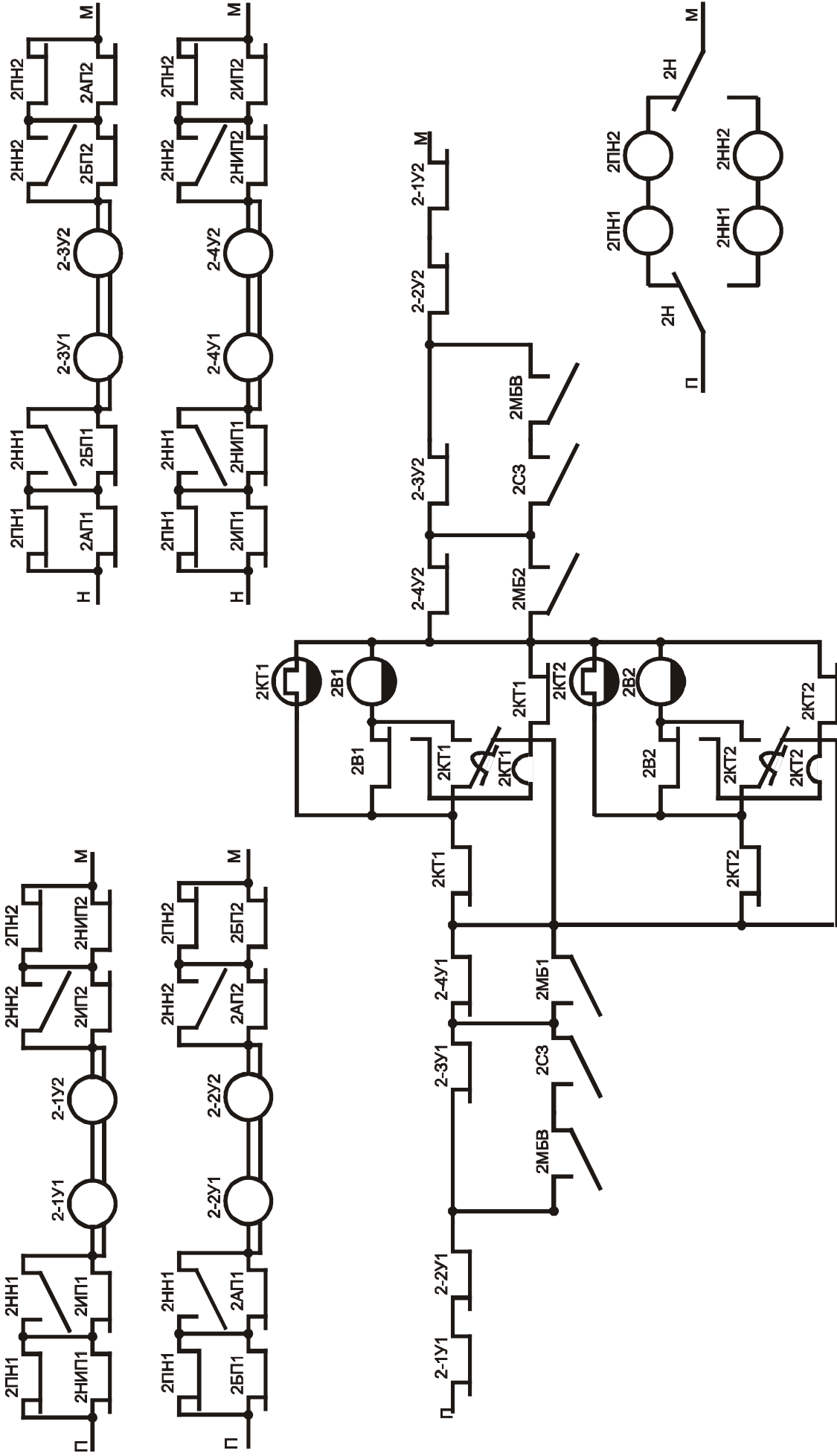


Рис. 4.9. Схема включающих реле переездной сигнализации

В процессе дальнейшего проследования поезда схема счетчиков и блокирующих реле (на рис. 4.8 схема не показана) определяет направление движения поезда, проверяет последовательность занятия и освобождения участков с учетом времени их занятия и обеспечивает открытие переезда с контролем кратковременной потери шунта.

При движении поезда неустановленного направления открытие переезда происходит после освобождения поездом участков приближения для установленного направления (1У и 2У).

При смене направления движения схемы реле У перестраиваются контактами дублированных повторителей реле направления 2ПН1(2) и 2НН1(2).

4.8. Схема исключения разрешающего сигнала на светофоре при потере шунта

Построение и работа схемы исключения разрешающего сигнала на светофоре при потере шунта изложены в дополнениях к методическим указаниям И-206-91.

Принцип действия схемы (рис. 4.10) основан на автоматическом контроле правильности проследования поезда. При этом на сигнальной установке проверяется последовательность занятия и освобождения предыдущего и ограждаемого БУ и вступления поезда на БУ за впереди стоящим светофором.

Вступление поезда на ограждаемый БУ сопровождается блокировкой линейных реле Л1 и Л2. Блокировка снимается только при выполнении заданной последовательности срабатывания приборов схемы. Для исключения ложного блокирования линейных реле при наложении и снятии случайного шунта в алгоритме контроля предусмотрена проверка последовательности занятия всех рельсовых цепей предыдущего и ограждаемого блок-участков.

Кроме того, исключена ложная блокировка линейных реле при отключении и повторном включении питания аппаратуры сигнальной установки.

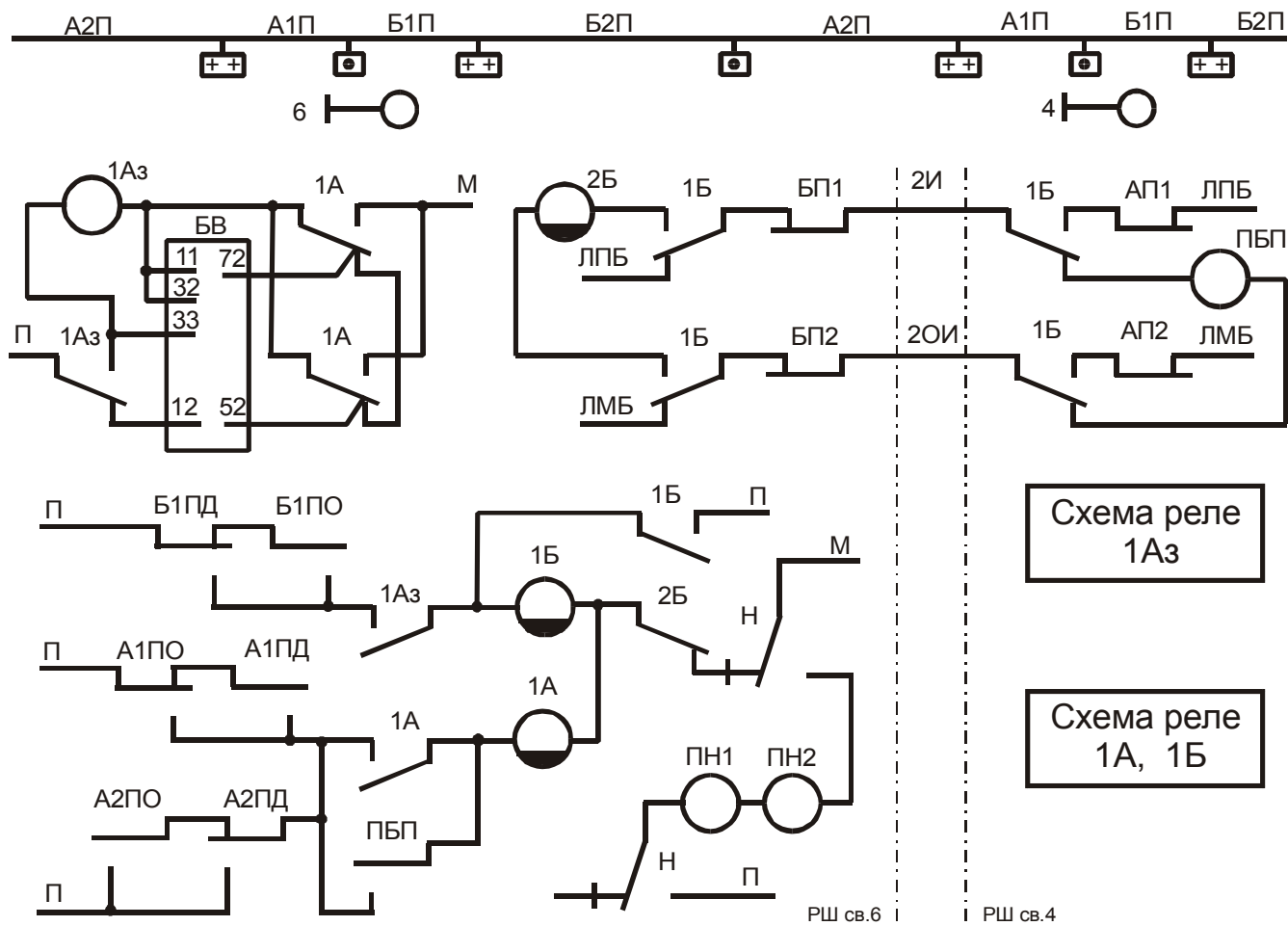


Рис. 4.10. Схема исключения разрешающего сигнала на светофоре при потере шунта

Последовательность срабатывания приборов двух соседних сигнальных установок при проследовании поезда показана в табл. 4.1. Нормально все реле кроме ПБП обесточены.

Указанные приборы (см. рис. 4.10 и табл. 4.1) на каждой СУ выполняют следующие функции.

ПБП – повторитель групповых путевых реле Б1П и Б2П, расположенных на предыдущей СУ. Принимает по цепи И-ОИ (Б-ОБ) и фиксирует информацию о вступлении поезда на предыдущий БУ.

1А, 1Б, 2Б - реле счетчики. Фиксируют вступление поезда соответственно на рельсовые цепи А2П предыдущего БУ, Б1П ограждаемого БУ, Б1П следующего БУ. При возбуждении каждого счетчика проверяется рабочее состояние предыдущего счетчика, т. е. контролируется последовательность занятия рельсовых цепей. Возбуждение счетчика 2Б происходит с проверкой освобождения ограждаемого БУ. Реле Б1 выполняет функции блокировки, отключая реле Л1 и Л2 от линейной цепи.

Последовательность срабатывания приборов

	Этап	Изменение состояния реле	
		на 4СУ	на 2СУ
1	Вступление поезда на Б1П 6БУ	ПБП ↓	
2	Вступление поезда на А2П 6БУ	1А ↑ 1Аз ↑ с выд. времени	
3	Вступление поезда на Б1П 4БУ	Б1ПО, Б1ПД ↓ 1Б ↑ (блокировка Л1, Л2) БП1, БП2 ↓	ПБП ↓
4	Вступление поезда на А2П 4БУ		1А ↑, 1Аз ↑
5	Вступление поезда на Б1П 2БУ		Б1ПО, Б1ПД ↓ 1Б ↑
6	Освобождение А2П и А1П 4БУ	2Б ↑, 1Б ↓ (снятие блокировки)	АП1, АП2 ↑

1Аз – медленнодействующий на притяжение повторитель реле 1А. Исключает ложную работу схемы при отключении питания приборов СУ с последующим включением.

БВ - блок выдержки времени типа БВМШ. Обеспечивает замедление притяжения якоря реле 1Аз на 2,6 с. В последующем было рекомендовано увеличить замедление до 4,8 с.

При установленном направлении движения по неправильному пути схема контроля потери шунта отключается.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите основные отличительные признаки системы АБТ.
2. По структурной схеме определите взаимодействие между основными узлами системы АБТ. Какие сообщения и команды передаются в каждом конкретном случае?
3. Выясните:
 - какие рельсовые цепи питаются от одной сигнальной установки;
 - состояние каких рельсовых цепей контролируется на этой сигнальной установке;
 - в рельсовые линии каких РЦ подаются кодовые сигналы АЛС?
4. С какой целью светофор сдвинут относительно границ рельсовых цепей?

5. Уясните функциональное назначение каждой линейной цепи и найдите на путевом плане перегона соответствующие жилы кабеля. При этом следует учесть, что:

- по некоторым жилам кабеля может быть реализовано несколько линейных цепей;
- некоторые линейные цепи в разных условиях применения имеют разную аббревиатуру.

6. Проверьте правильность указания жильности кабеля на путевом плане перегона для различных случаев.

7. Что изменится в работе схемы кодирования (см. рис. 4.3) при смене направления движения поездов?

8. Какова роль резисторов 100 Ом и резисторов 220 Ом в цепи Л-ОЛ?

9. Определите по принципиальной схеме (см. рис. 4.4) каким образом линейный приемник "узнает" о состоянии рельсовых цепей Б1П и Б2П ограждаемого блок-участка?

10. Обратите внимание на различие во включении контактов реле Ж1 и Ж2 в цепях разрешающих и запрещающего огня светофора. Дайте пояснения.

11. Почему в провод ОЖЗ схемы управления огнями светофора введены контакты реле Ж1 и Ж2, а в провод ОК не введены?

12. Выясните, какие сообщения и в каком направлении передаются по линейным цепям схем увязки перегона со станцией в различных ситуациях.

13. Решите предыдущую задачу для схемы увязки с переездными устройствами.

5. АВТОБЛОКИРОВКА С ТОНАЛЬНЫМИ РЕЛЬСОВЫМИ ЦЕПЯМИ И ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫМ РАЗМЕЩЕНИЕМ АППАРАТУРЫ

5.1. Особенности и структурная схема системы АБТЦ

Автоблокировка с тональными рельсовыми цепями и централизованным размещением оборудования (АБТЦ) была разработана специалистами ВНИИАС МПС совместно с ГТСС и проектируется в соответствии с Типовыми материалами для проектирования 410003-ТМП (АБТЦ-2000) и рассматривается в данной работе с учетом последующих указаний ГТСС.

Основными отличительными особенностями системы АБТЦ являются: использование ТРЦ, отсутствие изолирующих стыков, наличие проходных светофоров и размещение основного оборудования на станциях, ограничивающих перегон.

Достоинства АБТЦ определяются достоинствами ТРЦ (см. п. 2.2) и преимуществами централизованного способа размещения оборудования (см. разд. 3).

С целью повышения эффективности перевозочного процесса, надежности устройств и безопасности движения **в системе АБТЦ предусмотрено:**

1. Двухстороннее движение по каждому пути двухпутного перегона.
2. Наличие защитных участков для обоих направлений движения.
3. Применение двухнитевых ламп красного огня на всех проходных светофорах, а также желтого огня на предвходных светофорах.
4. Контроль исправности жил кабеля рельсовых цепей.
5. Контроль переключения жил кабеля питания ламп проходных светофоров.
6. Контроль последовательности занятия рельсовых цепей при включении кодовых сигналов АЛС.
7. Более совершенная схема контроля правильности занятия и освобождения рельсовых цепей блок-участка (контроль потери шунта) с блокировкой светофоров и схем кодирования АЛС.

Структурная схема системы АБТЦ представлена на рис. 5.1.

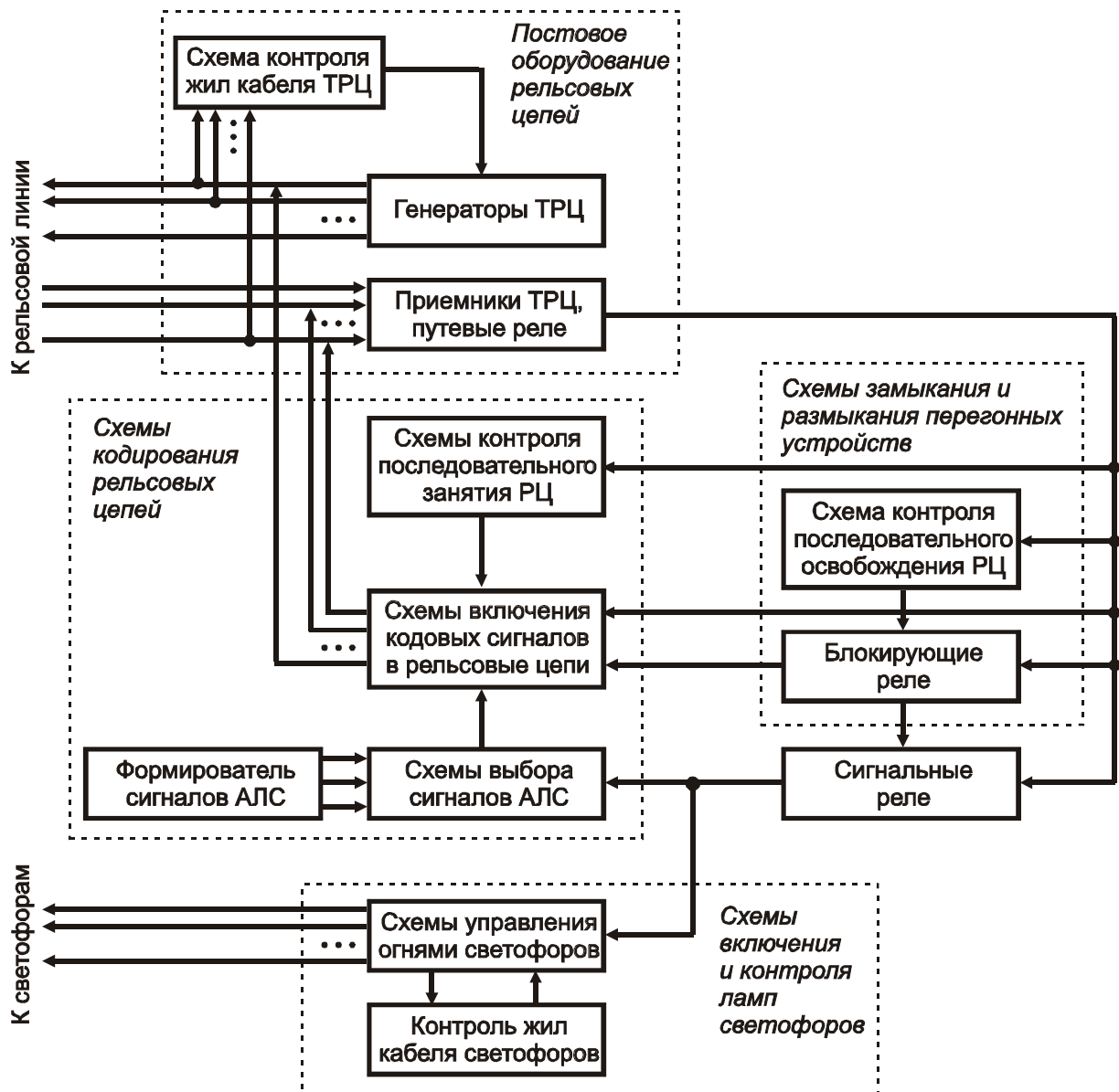


Рис. 5.1. Структурная схема системы АБТЦ

Основными узлами станционных устройств системы являются: постовое оборудование рельсовых цепей, схемы включения и контроля ламп проходных светофоров, схемы кодирования рельсовых цепей для передачи информации на локомотив, схемы замыкания и размыкания перегонных устройств с целью исключения опасных ситуаций при потере шунта. Кроме того, в работе системы участвуют линейные цепи, схема смены направления, схема увязки с устройствами электрической централизации и переездными устройствами (на рис. 5.1 не показаны).

В схемах ТРЦ предусмотрен **контроль исправности жил кабеля**. При перемыкании жил схема контроля отключает питание рельсовых цепей, при обрыве – включает соответствующую индикацию на пульте.

Путевые приемники контролируют состояние рельсовых цепей той части перегона, которая отнесена к данной станции. Путевые реле этих РЦ

воздействуют на сигнальные реле, которые обеспечивают выбор требуемых показаний проходных светофоров и кодовых сигналов АЛС. Кроме того, путевые реле воздействуют на схемы включения кодовых сигналов в рельсовые цепи и на блокирующие реле, управляют схемами контроля последовательного занятия рельсовых цепей и схемами контроля последовательного освобождения РЦ.

В **схемах управления огнями светофоров** предусмотрен **контроль исправности жил кабеля**. При обрыве жил обеспечивается включение на табло индикации о перегорании нити лампы светофора, а в ряде случаев (при обрыве прямой жилы основной нити двухнитевой лампы) осуществляется подключение резервной нити. При перемыкании прямой и обратной жил производится отключение питания ламп светофора.

Для передачи на локомотив информации об условиях движения предусмотрен **формирователь сигналов АЛС**. **Схема выбора сигналов АЛС** выбирает требуемые кодовые комбинации в зависимости от состояния сигнальных реле.

Схема включения кодовых сигналов подает их в рельсы занятой РЦ по команде соответствующего путевого реле. При этом кодовые сигналы подаются в рельсы только при условии соблюдения последовательности их занятия. При наложении постороннего шунта, изломе рельса или ложной занятости рельсовой цепи **схема контроля последовательного занятия рельсовых цепей** запрещает передачу разрешающих кодовых сигналов. Этим исключается возможность включения на локомотивном светофоре разрешающего показания при приближении к закрытому проходному светофору.

Кодовые сигналы АЛС подаются в рельсы по существующим питающим и релейным жилам кабеля рельсовых цепей.

Схемы замыкания и размыкания перегонных устройств включают в себя **блокирующие реле** и **схемы контроля последовательного освобождения рельсовых цепей**. При вступлении поезда на какой-либо блок-участок блокирующее реле воздействует на **сигнальные реле** этого блок-участка, чем исключается открытие светофора, ограждающего данный БУ, и выбор разрешающего кодового сигнала для предыдущего блок-участка (замыкание блок-участка).

Размыкание блок-участка проводится автоматически с участием схемы контроля последовательного освобождения рельсовых цепей этого БУ и защитного участка. Нарушение указанной последовательности при освобождении блок-участка может быть следствием потери шунта при

фактически занятом БУ или защитном участке. При этом размыкание блок-участка не происходит и разрешающий сигнал не включается.

Для размыкания блок-участка при ложной занятости или неисправности схемы в системе АБТЦ предусмотрена схема искусственной разделки, которую в инструктивном порядке проводит дежурный по станции отправления.

Схемы, указанные на структуре АБТЦ (см. рис. 5.1), кроме схем ТРЦ и формирователя сигналов АЛС, строятся для каждого блок-участка и являются общими как для установленного правильного, так и неправильного направлений движения. Перестройка схем в зависимости от установленного направления движения осуществляется схемой смены направления.

5.2. Размещение оборудования и кабельная сеть

Станционная аппаратура АБТЦ размещается на станциях, ограничивающих перегон, устанавливается в постах ЭЦ или в транспортабельных модулях и соединяется с напольным оборудованием при помощи кабеля. Деление перегона (раздел кабеля) производится по сигнальной установке, находящейся в середине перегона. При этом рекомендуется светофор и питающий конец РЦ, расположенный непосредственно за этим светофором, подключать к станции отправления. Длина кабеля не должна превышать 9 км для управления светофором и 12 км - для рельсовых цепей.

При небольшой длине перегона аппаратура может быть размещена на одной из станций. При большой длине перегона часть аппаратуры размещается в транспортабельном модуле в середине перегона.

К напольному оборудованию системы АБТЦ относятся проходные светофоры, соединительные кабели, разветвительные муфты, путевые ящики для размещения устройств согласования и защиты ТРЦ и для установки сигнальных трансформаторов.

На переездах с автоматической светофорной сигнализацией устанавливается релейный шкаф с аппаратурой схемы включения и контроля переездных устройств, переездные светофоры, устройства заграждения переезда и линейные трансформаторы или трансформаторные подстанции для основного и резервного питания. При наличии автошлагбаумов кроме этого устанавливаются батарейный шкаф, заградительные светофоры и щиток управления.

Размещение напольного оборудования и кабельную сеть системы АБТЦ изображают на **путевом плане перегона** (рис. 5.2), на котором должны быть также указаны:

- ординаты установки оборудования;
- длины рельсовых цепей, расположение питающих и релейных концов, комбинации несущих и модулирующих частот путевых генераторов;
- марка кабеля и его назначение, длина, жильность, число запасных жил, схемное обозначение жил.

Рельсовые цепи нумеруются от станции до точки разделения перегона для нечетного пути нечетными числами, для четного - четными. В обозначении РЦ указывается горловина станции, на которой размещен путевой приемник данной РЦ (Н или Ч). Для кодирования рельсовых линий отдельных жил кабеля не требуется, так как оно осуществляется по имеющимся жилам питающих и релейных концов ТРЦ.

Для каждого пути перегона предусматривается по два сигнально-блокировочных кабеля парной скрутки. В схемном обозначении кабеля указывается его принадлежность к соответствующей горловине станции (Н или Ч), назначение (СЦБ) и принадлежность к одному из путей (1 и 3 - для нечетного пути, 2 и 4 - для четного). Жилы питающих и релейных концов ТРЦ, а также прямые и обратные жилы управления светофорами должны размещаться в разных кабелях. Если длина кабеля не превышает 4 км, то все жилы управления светофором организуют в одном кабеле.

При автономной тяге и электротяге постоянного тока рекомендуется применять кабель марки СБЗПУ, при электрической тяге переменного тока - СБЗПАБпШп.

Тип разветвительных муфт должен соответствовать числу разделяемых жил кабеля.

В кабелях СЦБ1 и СЦБ2 предусматривают жилы для организации следующих цепей:

- Н-ОН - цепь схемы смены направления. Кроме перестройки устройств электрической централизации и схем АБТЦ, расположенных на станциях, обеспечивает передачу информации об установленном направлении движения на переездной щиток.
- К-ОК - цепь контроля перегона схемы смены направления.
- Л-ОЛ...(с добавлением номера) - линейные цепи. Обеспечивают увязку схем, приборы которых размещены на разных станциях, ограждающих перегон. Назначение и принципы построения линейных цепей будут рассмотрены далее.

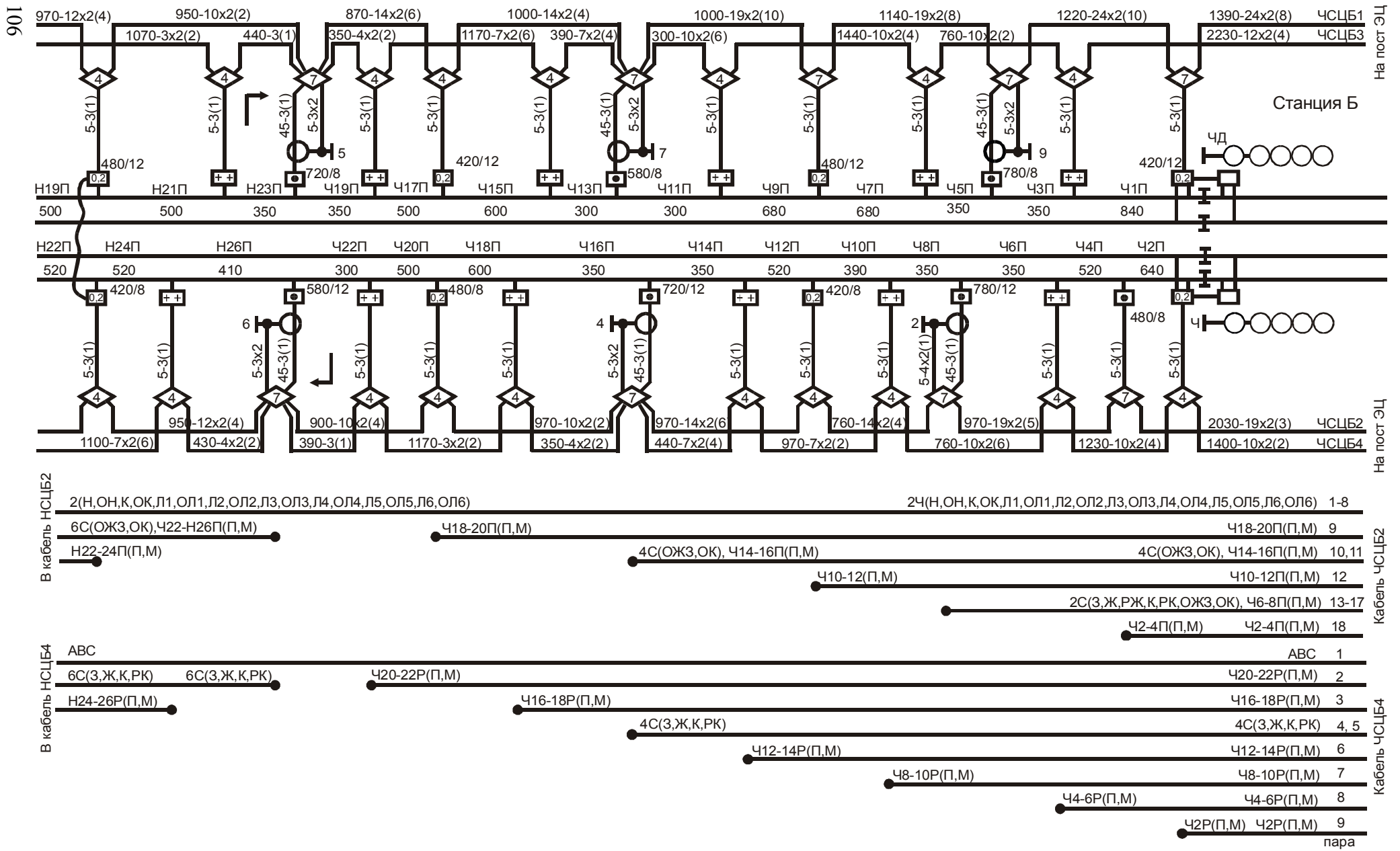


Рис. 5.2. Путь план перегона системы АБТЦ

- ...П(П, М) - питающие концы РЦ. В обозначении жил кабеля указываются номера двух рельсовых цепей, питаемых от одного генератора. Например, Ч6-8П(П, М) – пара жил питания рельсовых цепей Ч6П и Ч8П; Н2П(П, М) – пара жил питания одной рельсовой цепи, примыкающей к станции. Одна жила питания обозначается ...ПП или ...ПМ.

- ...С(ОЖЗ, ОК) - обратные жилы управления огнями светофора. В обозначении указывается номер светофора. Например, 4С(ОЖЗ, ОК). Одиночные жилы обозначаются, например, 4ОЖЗ или 4ОК.

Кроме того, в одном из указанных кабелей (в зависимости от местных условий) предусматриваются **жилы для управления переездными устройствами:**

- ДСН-ОДСН - цепь двойного снижения напряжения на лампах переездных и заградительных светофоров. Используется также для передачи на станцию информации о состоянии переезда и об исправности основных переездных устройств.

- В-ОВ - цепь управления автоматической переездной светофорной сигнализацией.

- 1В-1ОВ, 2В-2ОВ - дублированные цепи управления автоматической светофорной сигнализацией с автошлагбаумами.

- 3Г-О3Г - цепь передачи на станцию информации о состоянии заградительных светофоров.

В кабелях СЦБ3 и СЦБ4 предусматриваются жилы следующих цепей:

- ...Р(П, М) - цепь релейных концов двух смежных РЦ. Например, Ч4-6Р(П, М) - пара жил для подключения путевых приемников рельсовых цепей Ч4П и Ч6П.

- ...С(З, Ж, РЖ, К, РК) - прямые жилы управления огнями светофора с указанием литеры этого светофора.

Для всех цепей СЦБ, кроме сигнальных (цепи управления огнями светофоров), жил РЦ и цепей управления переездными устройствами, указывается принадлежность к кабелю нечетного (цифра 1) или четного (цифра 2) пути.

В одном из кабелей предусматриваются также жилы для цепи аварийно-восстановительной связи (АВС).

На предложенном плане (см. рис. 5.2) изображены **путевой план и кабельная сеть части перегона А-Б и жилы кабелей четного пути.**

Питание рельсовых цепей организовано следующим образом:

Ч2П...Ч20П, Ч1П...Ч19П и Н23П (совместно с Ч19П) - со станции Б;

Н1П...Н21П, Н2П...Н26П и Ч22П (совместно с Н26П) - со станции А.

Путевые приемники всех РЦ с обозначением Ч размещены на станции Б, с обозначением Н - на станции А.

Светофоры 2, 4, 5, 7 и 9 управляются со станции Б. Причем прямые и обратные жилы светофора 2 размещены в одном кабеле СЦБ2, так как длина кабеля не превышает 5 км. Для 9-го светофора аналогично организованы жилы в кабеле СЦБ1 (на схеме не показано).

В дальнейшем принципиальные схемы системы АБТЦ рассматриваются на примере схем блок-участка 4П представленной части перегона (см. рис. 5.2).

5.3. Рельсовые цепи системы АБТЦ

В пределах БУ в зависимости от его длины организуется 2...4 ТРЦ. При длинных БУ или при наличии переезда может быть установлено более 4-х ТРЦ.

В связи с тем, что в системе АБТЦ исключены рельсовые цепи типа ТРЦ4, предусмотрено использование **пяти несущих частот** (420, 480, 580, 720 и 780 Гц). Модулирующие частоты, как и в АБТ, - 8 и 12 Гц.

По назначению в системе АБТЦ различают следующие рельсовые цепи:

РЦ1 - короткие РЦ, которые организуются за светофором для более четкой фиксации границы БУ. Для них рекомендуются частоты 780, 720 или 580 Гц. При длине РЦ до 200...350 м зона дополнительного шунтирования не превышает 40 м. Поэтому точка подключения аппаратуры выносится за светофор на 40 м по направлению движения. РЦ1 может примыкать к границе БУ как питающим, так и релейным концом.

РЦ2 - рельсовая цепь, имеющая общий генератор с РЦ1. Предельная допустимая длина этой РЦ выбирается исходя из условия работы приемника РЦ1 без перегрузки.

РЦ3 - рельсовые цепи, не имеющие общего генератора с РЦ1. Длины этих РЦ выбираются исходя из условия применения на БУ минимального числа РЦ, но не более предельно допустимой длины.

Предельно допустимые длины L1, L2, L3 указанных рельсовых цепей приведены в табл. 5.1 в зависимости от их назначения, несущей частоты и длины соединительного кабеля L_{каб}.

Предельные длины рельсовых цепей

L _{каб} , км	580 Гц		720 Гц		780 Гц		420; 480 Гц	580;720; 780 Гц
	L1, м	L2, м	L1, м	L2, м	L1, м	L2, м	L3, м	L3, м
До 6,0	300	550	350	600	350	600	1000	800
6,0-9,0	300	500	350	500	350	500	800	600
9,0-12	-	-	200	400	200	400	700	500

Если в пределах какой-либо РЦ расположен дроссель-трансформатор, предназначенный для выравнивания тягового тока, включения междупутных перемычек, отсасывающих фидеров или устройства заземлений, то ее предельная длина уменьшается в 1,5 раза по сравнению с данными, указанными в табл. 5.1. В пределах РЦ1 такие ДТ, как правило, не устанавливаются. Подключение к средней точке основной обмотки ДТ междупутных перемычек, отсасывающих фидеров и заземлений должно осуществляться не чаще, чем через 5...6 км. Этим исключается влияние обходных цепей на основные режимы работы РЦ.

Частоты генераторов ТРЦ чередуются и должны выбираться исходя из следующих требований (см. рис. 5.2):

- между двумя ТРЦ с одинаковыми значениями несущей частоты f_n должно быть не менее двух пар рельсовых цепей с частотами, отличными от частоты f_n (например, **420**, 580, 480, **420**,... Гц);
- для одного пути рекомендуются следующие комбинации несущих и модулирующих частот - 580/8, 480/12, 780/8, 420/12, 720/8 Гц; для другого - 580/12, 480/8, 780/12, 420/8, 720/12 Гц.

Принципиальные схемы рельсовых цепей 4БУ (рис. 5.3) аналогичны рельсовым цепям системы АБТ. Отличие заключается в том, что в рассматриваемых РЦ (как и в других схемах АБТЦ) дублирование реле не предусмотрено. Изменена также схема устройств согласования и защиты в местах установки ДТ. В этих случаях подключение аппаратуры ТРЦ к РЛ осуществляется через дополнительную обмотку ДТ, который кроме основной функции выполняет роль согласующего трансформатора. При этом защитный резистор и автоматический выключатель не устанавливаются, а выравниватель устанавливается на посту ЭЦ в связи с отсутствием путевого ящика.

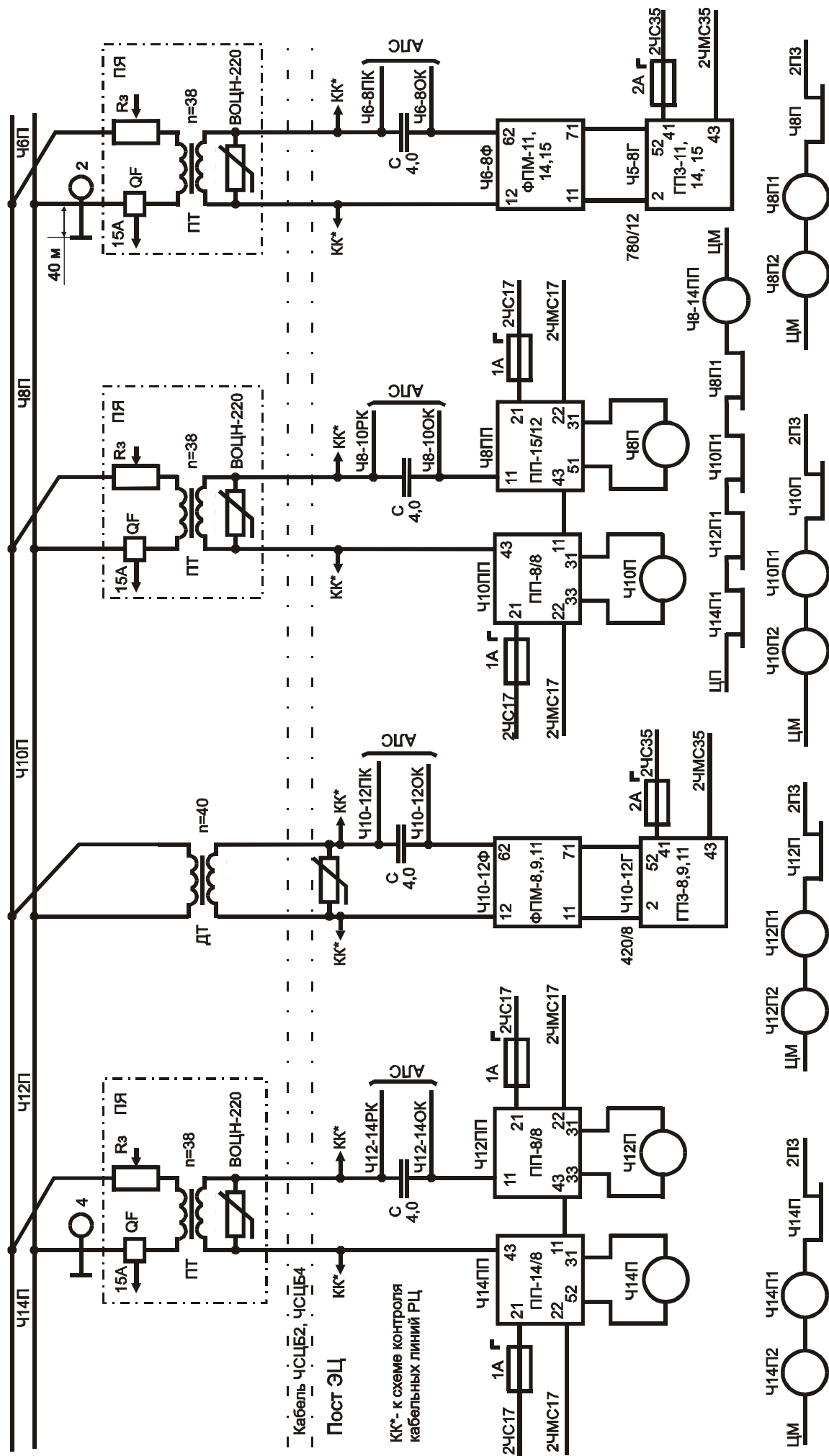


Рис. 5.3. Схемы релейных цепей системы АБТЦ

Установка внешних перемычек для настройки генераторов и фильтров на требуемые несущие и модулирующие частоты осуществляется в соответствии с таблицами настроек (см. табл. 2.2 и табл. 2.3). Выбор выводов приемников ПП для подключения путевых реле осуществляется в соответствии с разновидностью приемника, определяемой его настройкой (см. п. 2.4.2).

Выходное сопротивление фильтров ФПМ выбирается в зависимости от длины соединительного кабеля: при длине кабеля более 5 км используются выводы 12-61; при длине менее 5 км – выводы 12-62 или 12-63 в соответствии с регулировочной таблицей ТРЦ.

Сопротивление защитного резистора R_3 выбирается таким образом, чтобы в сумме с сопротивлением соединительных проводов получить 0,2-0,3 Ом.

Для осуществления схемных зависимостей используются **повторители путевых реле**: ...П1,П2 – два повторителя путевого реле каждой РЦ (например, Ч8П1 и Ч8П2); Ч8-14ПП – групповой повторитель всех РЦ одного БУ, 2ЧПП – групповой повторитель всех путевых реле второго пути, примыкающего к четной горловине станции (на схеме не показано); 4ЗУ – повторитель путевых реле рельсовых цепей, образующих защитный участок за светофором 4 в правильном направлении; 4ЗУН – повторитель путевых реле рельсовых цепей, образующих защитный участок за светофором 4 в неправильном направлении.

При переключении жил кабеля ТРЦ непосредственно между собой или через оболочку, а также при понижении сопротивления изоляции или обрыве кабеля может возникнуть опасная ситуация или сбой в движении поездов. Поэтому в система АБТЦ применяется **схемный контроль исправности кабеля**.

К точкам КК каждой жилы кабеля рельсовых цепей подключается схема контроля. Она строится для каждого пути и состоит из двух идентичных цепей контроля для питающих и для релейных жил (рис. 5.4).

Питание схемы постоянным напряжением 200 В осуществляется от выпрямителей типа БВЗ, на которые отдельно подается переменное напряжение 220 В от изолирующих трансформаторов типа СТ-5МП. Цепь контроля проходит через резисторы, обмотки контрольных реле 2ЧПКЛ (2ЧРКЛ) и индивидуальных контрольных реле, по каждой жиле кабеля и обмоткам трансформаторов схемы УСЗ. Напряжение на обмотках каждого реле 3,7...4,3 В, что на 40% больше напряжения отпущения якоря.

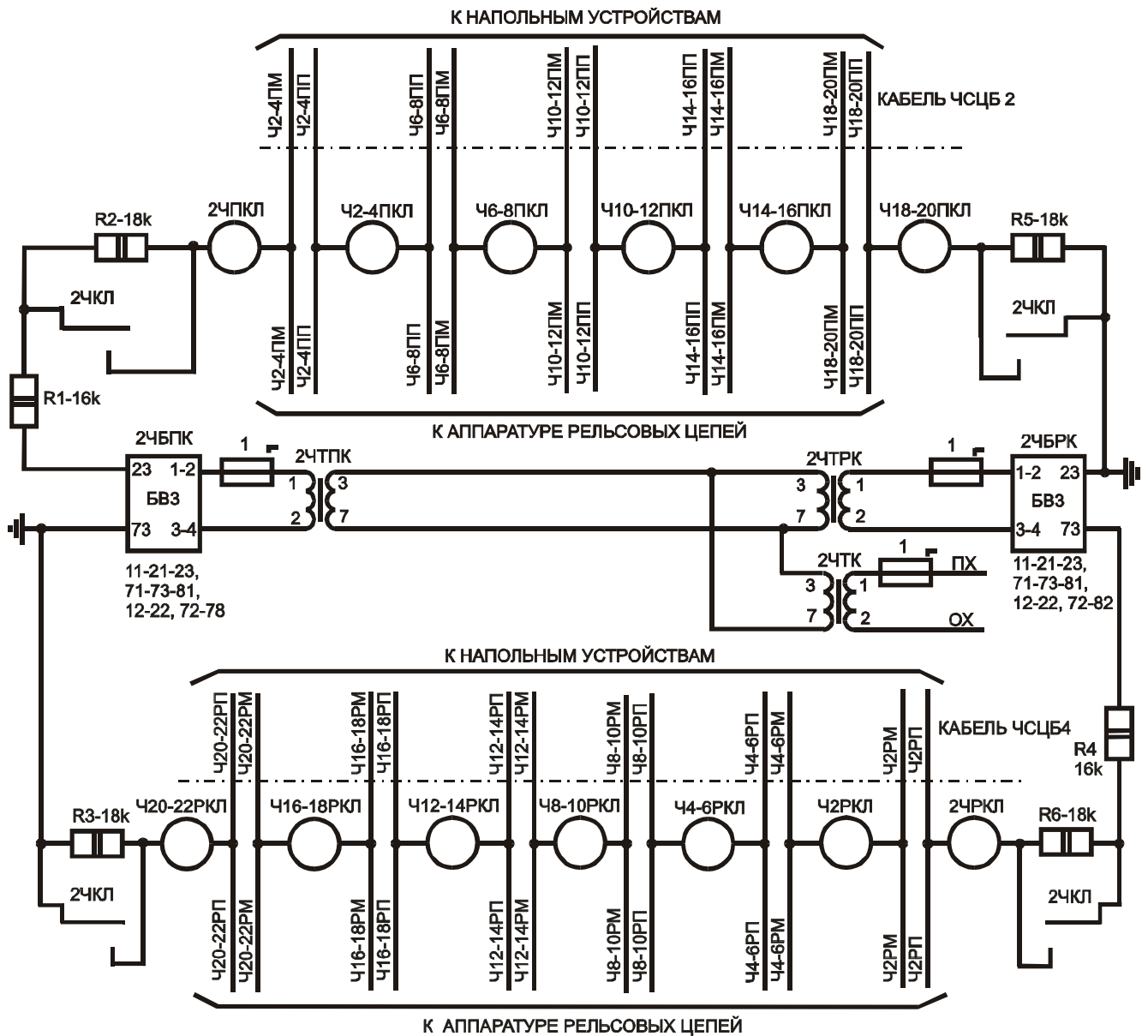


Рис. 5.4. Схема контроля жил кабеля рельсовых цепей

В случае **перемыкания жил** кабеля, понижения сопротивления изоляции между ними или сообщения с землей одно или несколько индивидуальных контрольных реле шунтируются и обесточиваются. При этом обесточивается общий повторитель этих реле 2ЧКЛ (на схеме не показано) и отключает питание генераторов всех ТРЦ. Кроме того, на табло ДСП включается красная мигающая лампочка неисправности кабеля.

В случае размыкания контролируемой цепи, например, **при обрыве жилы** или изъятии (хищении) одного из путевых трансформаторов, все контрольные реле обесточиваются. На табло включается белая лампочка в мигающем режиме; питание ТРЦ сохраняется, так как этот отказ не является опасным.

После устранения повреждения при зашунтированных резисторах R2, R3, R5 и R6 на обмотках контрольных реле получается напряжение 8,7...11,0 В, что достаточно для их надежного срабатывания. Сопротивления резисторов R1 и R4 выбираются в зависимости от числа контролируемых цепей (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Выбор сопротивлений резисторов R1 и R4

Число контролируемых цепей	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сопротивление R1 и R4, кОм	20	20	18	16	16	15	13	12	11

5.4. Схемы управления огнями светофоров

Питание ламп светофора 4 осуществляется от стационарных устройств через изолирующий трансформатор 4СТ типа ПРТ-МП-2 (рис. 5.5). Напряжение вторичной обмотки устанавливается в зависимости от удаленности светофора. Для регулировки напряжения на лампах в трансформаторном ящике у светофора устанавливают сигнальные трансформаторы типа СТ-4М.

Выбор требуемого огня светофора осуществляется контактами сигнальных реле 4Ж и 4З. Реле 4Ж возбуждено при свободности ограждаемого БУ (Ч8-Ч14ПП), защитного участка за светофором 2 (2ЗУ) и разомкнутом состоянии ограждаемого БУ (4Б1). Состояние сигнального реле 4З зависит от состояния реле 4Ж и 2Ж.

Горение разрешающих огней и основной нити красного огня контролирует огневое реле 4О. Перегорание ламп фиксируется схемой повторителя огневого реле 4О2, которое включает на табло мигающий режим горения контрольной лампочки данного светофора. Информация о перегорании нити, то есть обесточенное состояние реле 4О2, сохраняется до устранения неисправности и внешнего воздействия на схему. После замены лампы возбуждение реле 4О2 производится установкой в гнездо 4ГН перемычки, которая затем извлекается.

При перегорании основной нити красного огня питание подается на резервную нить через тыловой контакт 4О1 с проверкой обесточенного состояния сигнальных реле 2Ж и 2Ж1.

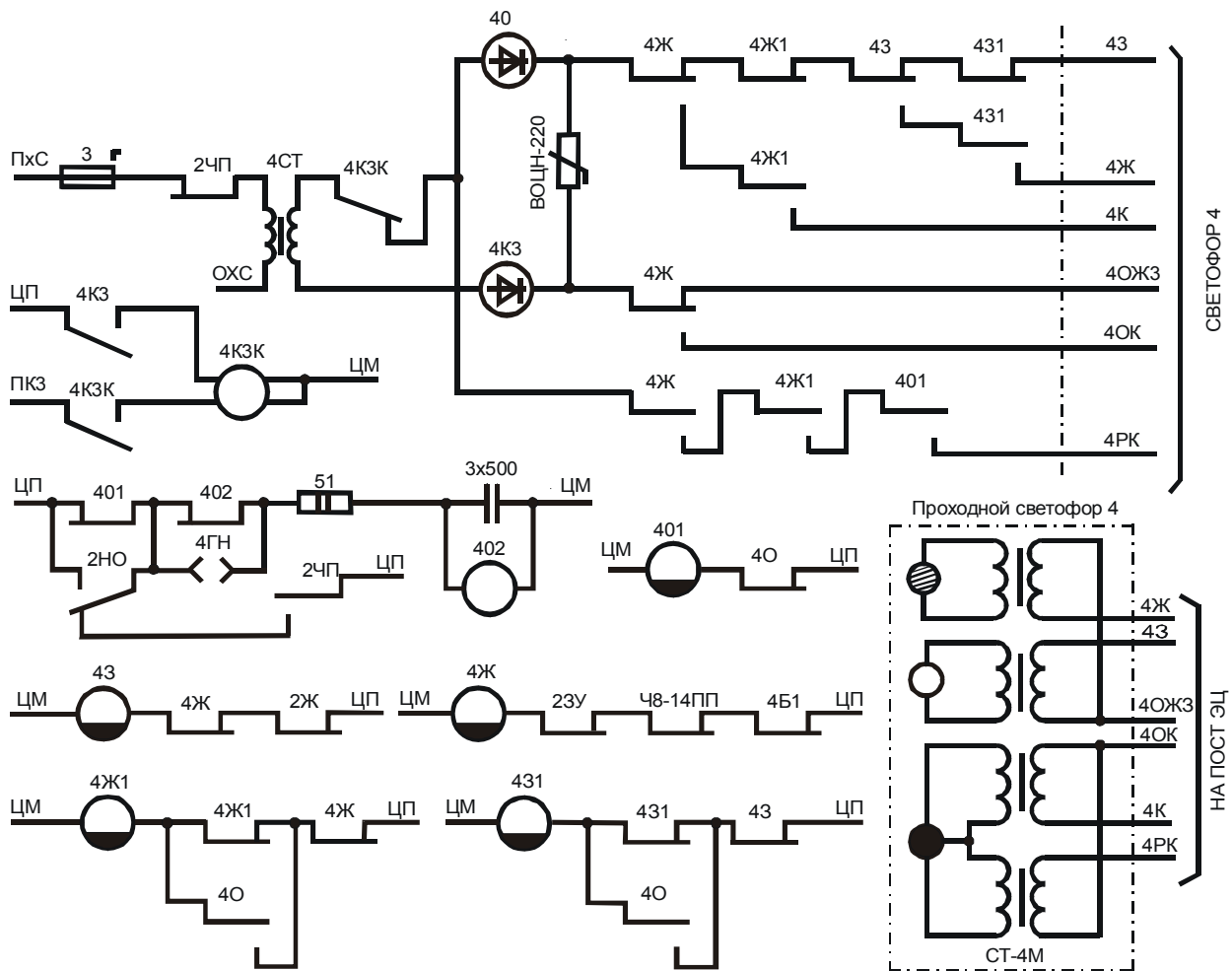


Рис.5.5. Схема управления огнями проходного светофора

В схеме управления огнями светофора при включении более разрешающего огня предусмотрена проверка исправности огневого реле 4О. Для этого введены реле 4Ж1 и 431. При возбуждении реле 4Ж реле 4Ж1 остается обесточенным. Это приводит к разрыву цепи огневого реле 4О, которое отпускает свой якорь и обеспечивает возбуждение реле 4Ж1. После этого организуется цепь питания лампы желтого огня и реле 4О включается. Реле 4О2 в течение этого времени остается в возбужденном состоянии за счет тока разряда конденсатора. Если реле 4О не отпустит свой якорь, что свидетельствует о неисправности, то включение желтого огня не произойдет. Аналогично работает схема реле 431 при включении зеленого огня.

При коротком замыкании между прямыми и обратными жилами кабеля возникает опасная ситуация, в которой при погасшем светофоре огневого реле 4О остается возбужденным, т. е. не контролирует горение

лампы. Кроме того, может произойти накопление отказов, приводящих к включению более разрешающего сигнала. Для исключения такой ситуации предусмотрено реле контроля замыкания 4КЗ типа АОШ2-1 (ток притяжения якоря 0,265 А). Нормально реле 4КЗ выключено. При переключении жил ток увеличивается, реле 4КЗ притягивает свой якорь и возбуждает реле 4КЗК, которое отключает питание прямых жил кабеля. В результате этого реле 4О обесточивается и фиксирует неисправность. Если длина кабеля не превышает 3 км, то вместо реле КЗ устанавливается предохранитель 0,3 А.

На предвходном светофоре применяется двухнитевая лампа желтого огня и предусмотрен мигающий режим ее горения. Резервная нить включается при перегорании основной.

Мигание желтой лампы, например, светофора 2 обеспечивается контактом мигающего реле 2М. Реле 2М работает в импульсном режиме от микроэлектронного датчика импульсов типа ДИМ1 при возбужденном сигнальном реле 2Ж, фактическом горении на входном светофоре двух желтых огней и исправности основной нити лампы желтого огня. Если основная нить неисправна, то резервная нить включается в режиме непрерывного горения.

Предусмотрен контроль схемы мигания. При ее неисправности погасшее состояние светофора исключается, а желтый огонь работает в режиме непрерывного горения.

При установленном неправильном направлении движения питание ламп светофоров отключается контактами повторителя реле направления 2ЧП, введенными в первичную обмотку питающего трансформатора СТ.

5.5. Схемы кодирования рельсовых цепей

Кодирование рельсовых цепей проводится для передачи на локомотив сигналов АЛС и осуществляется из каждой точки подключения аппаратуры ТРЦ с момента вступления поезда на данную РЦ. При включении кодовых сигналов проверяется разомкнутое состояние впередилежащего БУ и соблюдение последовательности занятия РЦ. Все РЦ одного БУ кодируются от общего КПП (за исключением граничных РЦ в неправильном направлении движения).

Схемы кодирования РЦ сигналами АЛС **включают в себя**: формирователи кодовых посылок, схемы выбора кодовых сигналов, схемы групповых кодововключающих реле для правильного и неправильного направ-

лений движения, индивидуальные кодововключающие реле, схемы подачи кодовых сигналов в РЦ.

Для формирования кодовых посылок на каждую горловину станции предусмотрено по **два КПТ** (КПТШ-515 и КПТШ-715). Схемы кодирования нечетного пути перегона используют первые контакты КПТ, четного пути – вторые контакты. В смежных БУ применяют кодовые сигналы разных КПТ (рис. 5.6).

Рассмотрим схемы кодирования на примере схем 4БУ. Выбор кодовых сигналов, то есть подключение транзитного реле 2/4Т к соответствующим контактам КПТ осуществляется **контактами сигнальных реле 2Ж и 2З** (см. рис. 5.6).

Подключение транзитного реле к КПТ осуществляется при свободности защитного участка (фронтальной контактом 23У) и наличии поезда на данном БУ (тыловой контактом Ч8-14ПП). Для разрешающих кодовых сигналов проверяется также включенное состояние группового кодововключающего реле Ч8-14КВ.

В схеме реле 2/4Т, в отличие от схем других БУ, выбор кодового сигнала зависит и от ряда других условий, определяемых особенностями сигнализации предвходного светофора. Так, при обесточенном реле 2З транзитное реле 2/4Т подключается к шине 7-Ч32 (кодированный сигнал "З") при условии – на входном светофоре фактически включены два желтых огня (фронтальной контактом ЧБРУ), схема мигания лампы предвходного светофора исправна (фронтальной контактом 2КМ), основная нить лампы желтого огня предвходного светофора исправна (фронтальной контактом 2ОЗ). При других условиях выбирается кодированный сигнал "Ж".

При установленном направлении движения по неправильному пути кодовые комбинации выбираются контактами сигнальных реле неправильного направления 4ЖН и 4ЗН, а подключение 2/4Т к КПТ осуществляют контактами группового кодововключающего реле неправильного направления Ч8-14КВН при условии свободности ЗУ в неправильном направлении (фронтальной контактом 4ЗУН).

Схемы групповых кодововключающих реле (см. рис. 5.6) строятся для каждого БУ отдельно для каждого направления движения. Цепь возбуждения реле Ч8-14КВ или Ч8-14КВН замыкается фронтальными контактами реле Ч16ПЗ или Ч6ПЗ. Этим проверяется соблюдение последовательности занятия рельсовых цепей предыдущего БУ. Кроме того, в цепи возбуждения проверяется разомкнутое состояние кодируемого БУ (фронтальной контактом 4Б1 или 2Б1).

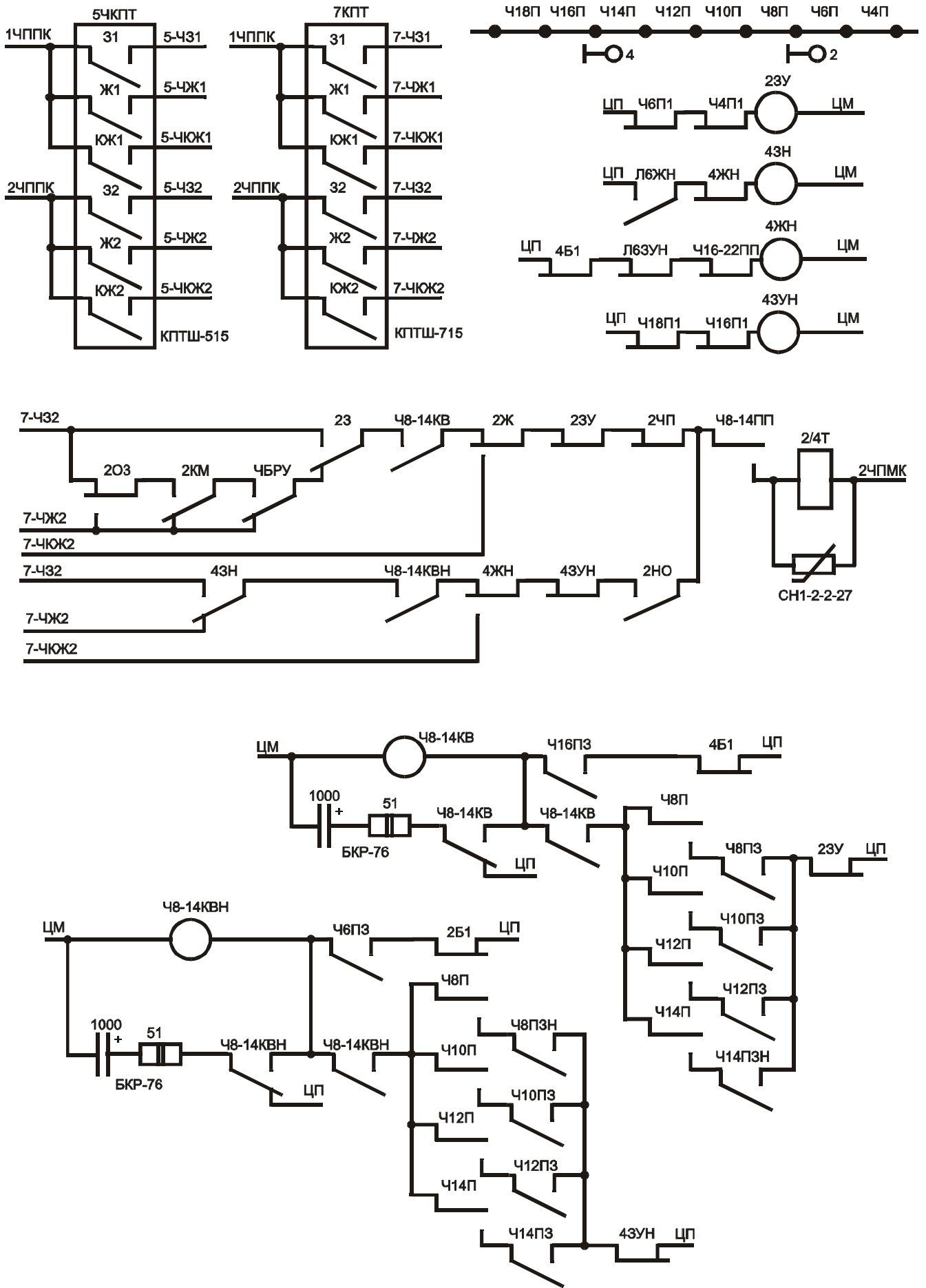


Рис. 5.6. Схема формирования и выбора сигналов АЛС

Удержание кодеровключающих реле под током в процессе движения поезда по БУ осуществляется при помощи дополнительных цепей, в которых проверяется фактическое занятие каждой РЦ (тыловые контакты путевых реле ...П) и соблюдение последовательности их занятия (фронтальные контакты реле ...ПЗ). При вступлении поезда на защитный участок групповое кодеровключающее реле обесточивается.

Замедление на отпускание якоря группового кодеровключающего реле предотвращает срыв кодирования при кратковременной потере шунта.

Индивидуальные кодеровключающие реле устанавливаются для каждой точки подачи кодовых сигналов в РЛ. На рис. 5.7 показана часть общей схемы, обеспечивающая подачу сигналов АЛС в рельсовые цепи 4БУ.

Каждое реле имеет по две цепи питания – для установленного правильного и неправильного направлений движения, которые коммутируются контактами реле 2ЧП и 2НО (повторители реле направления). Цепь включения каждого индивидуального кодеровключающего реле замыкается тыловым контактом путевых реле рельсовых цепей перед точкой подачи кодового сигнала и размыкается при вступлении поезда на следующую РЦ. Так, например, при правильном направлении движения реле Ч10-12КВ возбуждается по цепи через контакт реле 2ЧП при вступлении поезда на Ч12П через тыловой контакт реле Ч12П1 и обесточивается при размыкании фронтального контакта реле Ч10П1. При установленном неправильном направлении движения это реле включается через контакт реле 2НО при вступлении поезда на Ч10П1.

В соответствии с Указаниями ГТСС от 23.09.02 с целью обеспечения устойчивости работы схемы контроля жил кабеля рельсовых цепей в цепь возбуждения каждого индивидуального кодеровключающего реле введен тыловой контакт кодеровключающего реле предыдущей точки включения. При этом включение каждого реле КВ происходит только после обесточивания предыдущего реле КВ.

Схемы подачи кодовых сигналов в рельсы организуются для каждого блок-участка (см. рис. 5.7). Напряжение на вторичной обмотке кодового трансформатора КТ типа ПОБС-3МП (при электрической тяге переменного тока ПТ-25МП-2) устанавливается в соответствии с нормами РЦ. Питание на кодовый трансформатор подается при вступлении поезда на кодируемый БУ.

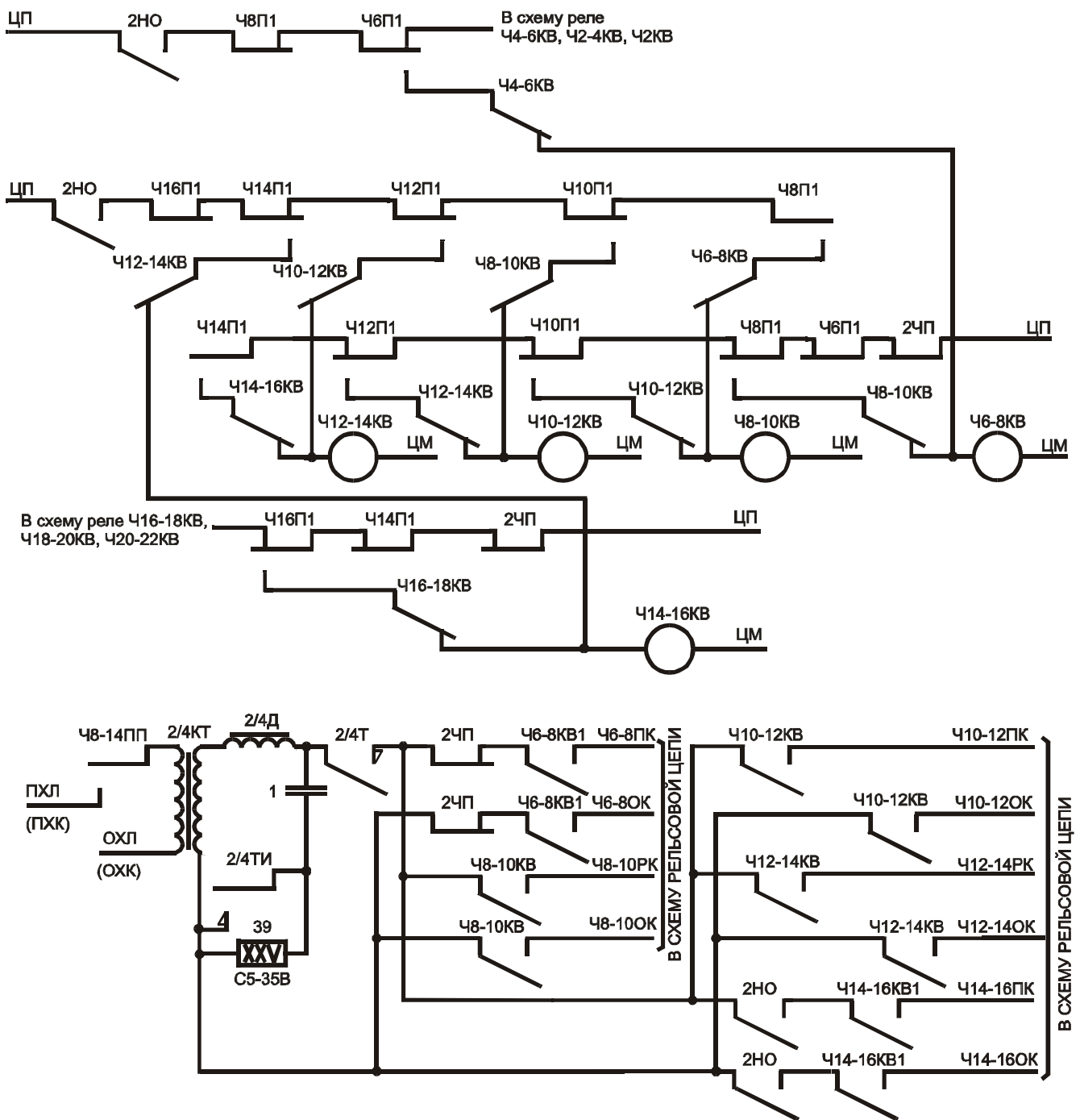


Рис. 5.7. Схема подачи сигналов АЛС в рельсовые цепи

Назначение и принцип работы трансмиттерного реле Т, дросселя Д и искрогасящей цепи аналогичны работе в кодовой РЦ.

Сигналы АЛС подаются в рельсы по существующим питающим и релейным жилам кабеля и включаются контактами индивидуальных кодовключающих реле.

Как уже отмечалось, кодирование осуществляется только при соблюдении последовательности занятия РЦ. Этим исключается передача

на локомотив более разрешающего кодового сигнала из впередилежащего БУ при ложной занятости РЦ или при изломе рельса.

Схемы контроля последовательного занятия РЦ строятся на каждый БУ (рис. 5.8).

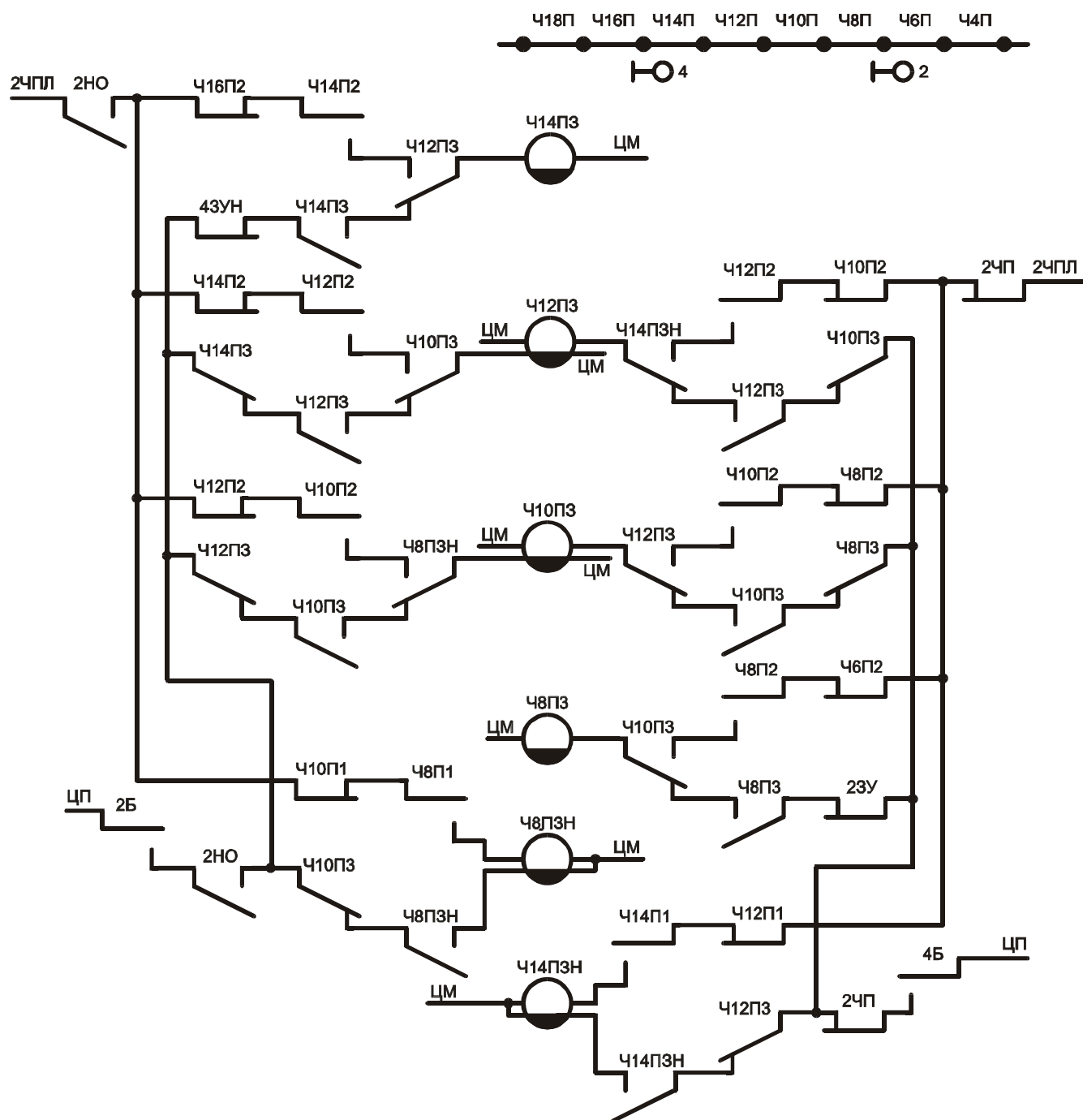


Рис. 5.8. Схема контроля последовательного занятия рельсовых цепей

Для каждой РЦ предусмотрено отдельное реле последовательного занятия ПЗ. Кроме того, установлены начальные реле Ч14ПЗН и Ч8ПЗН, которые фиксируют вступление поезда на 4БУ соответственно при установленном правильном и неправильном направлениях движения.

Нормально все реле схемы находятся без тока. Управление каждым реле ПЗ (кроме Ч14ПЗ и Ч18ПЗ) осуществляется по двум отдельным схемам через контакты 2ЧП или 2НО в зависимости от установленного направления. В этих схемах управления предусмотрена цепь включения реле ПЗ (через тыловой контакт путевого реле соответствующей РЦ и фронтальной контакт реле ПЗ предыдущей по ходу движения поезда рельсовой цепи) и цепь самоблокировки (через тыловые контакты реле ПЗ предыдущей и последующей РЦ). В соответствии с этим возбуждение, например, реле Ч10ПЗ осуществляется при вступлении головы поезда на Ч10П, если реле Ч12ПЗ находилось во включенном состоянии. После включения реле Ч10ПЗ своими контактами разрывает цепь самоблокировки Ч12ПЗ, которое обесточивается и переключает реле Ч10ПЗ с цепи возбуждения на цепь самоблокировки. Кроме того, реле Ч10ПЗ подготавливает цепь возбуждения следующего реле Ч8П. При вступлении головы поезда на следующую РЦ схема работает аналогично.

|| Таким образом, если произойдет занятие какой-либо РЦ без последовательного занятия предыдущих, то реле ПЗ этой РЦ и всех последующих РЦ данного блок-участка не включится. ||

5.6. Замыкание и разделка перегонных устройств

|| Замыкание перегонных устройств заключается в блокировании цепей управления проходными светофорами и схем кодирования рельсовых цепей при нахождении поезда на ограждаемом БУ. Этим исключается появление разрешающего показания на светофоре, ограждающем данный БУ, включение разрешающих кодовых сигналов в рельсовые цепи перед этим светофором и кодирование рельсовых цепей ограждаемого БУ при потере шунта. ||

Практически это реализовано путем введения фронтальных контактов блокирующих реле Б в схемы сигнальных реле Ж (см. рис. 5.5) и в схему групповых кодововключающих реле (см. рис. 5.6).

Замыкание производится отдельно по блок-участкам под действием проходящего поезда. Результатом замыкания является **выключение блокирующего реле Б** занятого БУ. **Размыкание** БУ и возбуждение реле Б проводится с проверкой выполнения последовательности занятия и освобождения рельсовых цепей данного БУ и защитного участка при условии замыкания следующего БУ. Если эти условия будут нарушены, то реле Б останется в обесточенном состоянии.

Схемы блокирующих реле Б предусмотрены на каждый БУ и состоят из двух цепей управления – для установленного правильного и неправильного направлений движения.

Нормально реле 4Б блок-участка 4П включено (рис. 5.9). При вступлении поезда на предыдущий блок-участок 6П блокирующее реле 6Б этого БУ обесточивается и размыкает свои контакты в цепи питания реле 4Б. Наступает **предварительное замыкание 4БУ**. После вступления поезда на 4БУ контакты реле Ч8-14ПП разрывают цепь питания 4Б и оно выключается. Наступает режим **окончательного замыкания БУ**.

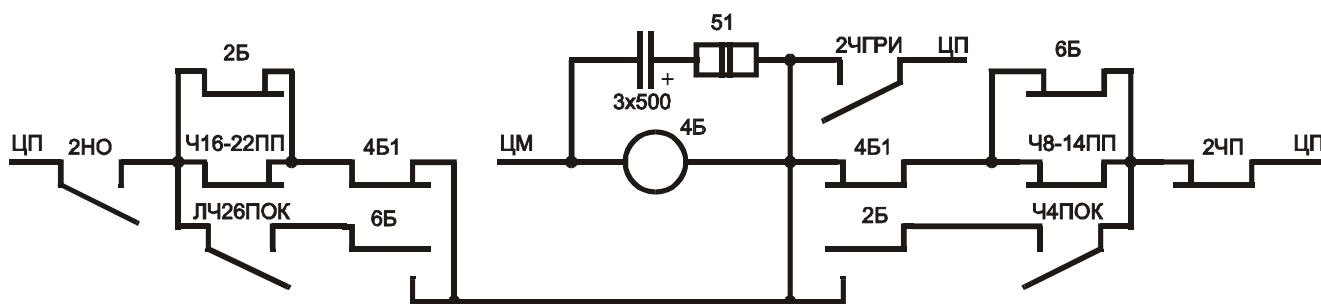


Рис. 5.9. Схема блокирующего реле

Возбуждение реле 4Б и **размыкание БУ** произойдет через тыловой контакт реле 2Б (проверка замыкания 2БУ) и фронтной контакт конечного реле последовательного освобождения рельсовых цепей Ч4ПОК (контроль правильности освобождения рельсовых цепей БУ и ЗУ).

Реле Ч4ПОК входит в состав **схемы контроля последовательности освобождения рельсовых цепей**, которые строятся на каждый БУ. В схеме (рис. 5.10) предусмотрены реле ПО для каждой РЦ данного БУ, а также дополнительное реле Ч6ПОД (Ч16ПОД) и конечное Ч4ПОК (Ч18ПОК) для РЦ защитного участка при установленном правильном (неправильном) направлении движения. Нормально все реле обесточены.

При установленном правильном направлении движения работа схемы начинается при вступлении поезда на Ч14П. При этом тыловым контактом 4Б в схему подается питание, но Ч14ПО остается обесточенным, так как РЦ Ч14П занята. После освобождения этой РЦ реле Ч14ПО включится с проверкой занятия следующей РЦ Ч12П и встанет на блокировку через собственный контакт и тыловой контакт реле Ч12ПО.

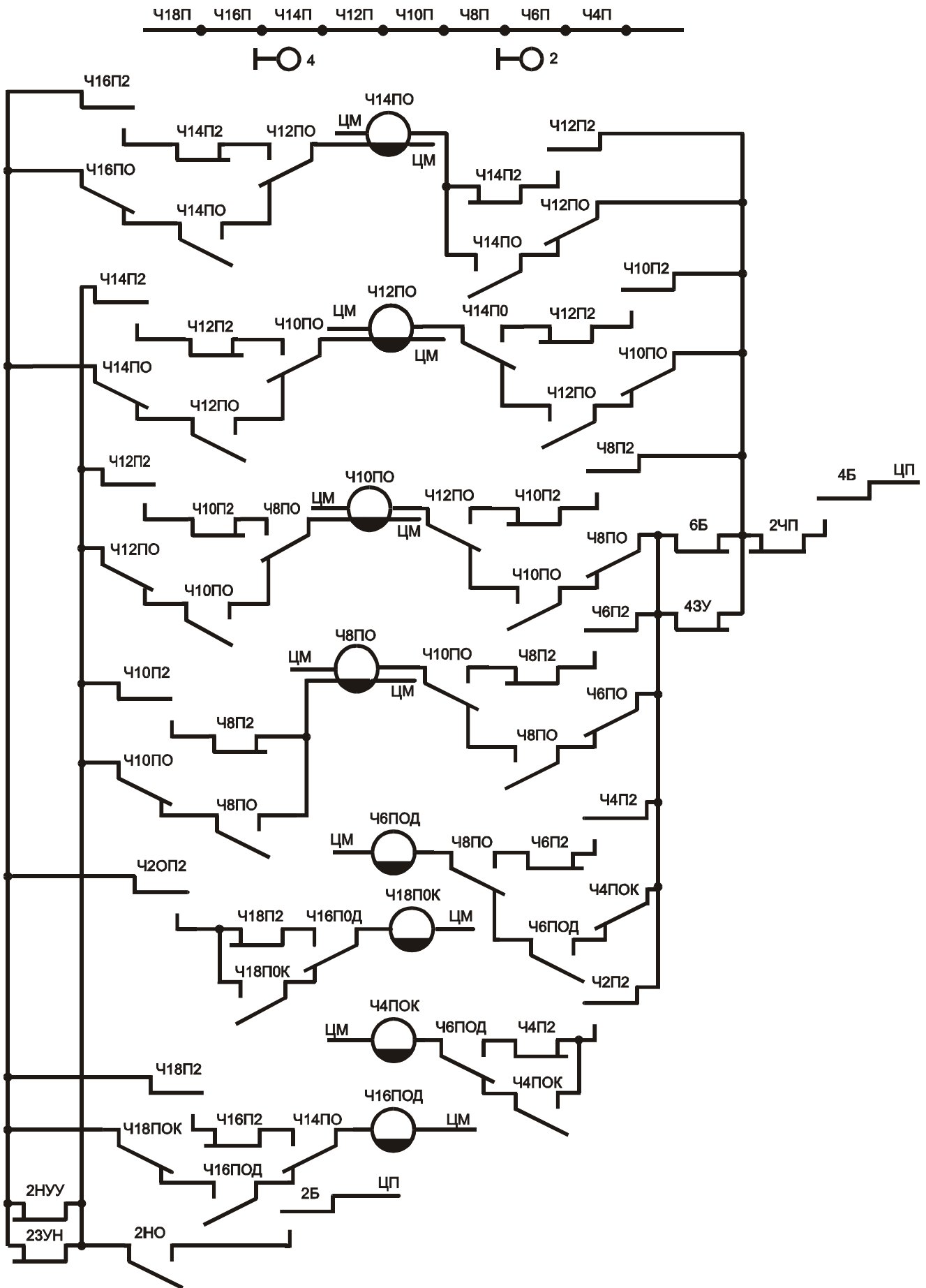


Рис. 5.10. Схема контроля последовательности освобождения рельсовых цепей

После освобождения РЦ Ч12П таким же образом включается реле Ч12ПО, которое разрывает цепь блокировки Ч14ПО. Дальнейшее продвижение поезда приводит к поочередному срабатыванию реле ПО данного БУ и ЗУ. При возбуждении конечного реле Ч4ПОК при условии замкнутого состояния следующего БУ (реле 2Б обесточено) происходит включение реле 4Б (см. рис. 5.9), т. е. размыкание 4БУ.

Таким образом, открытие светофора 4 возможно только после возбуждения реле 4ПОК и 4Б, т. е. после фактического освобождения поездом всего блок-участка 4П и защитного участка 2ЗУ.

5.7. Назначение и схемы линейных цепей

Назначение линейных цепей Н-ОН, К-ОК, ДСН-ОДСН, В-ОВ и ЗГ-ОЗГ указано в п. 5.2. В данном параграфе рассматриваются линейные цепи Л-ОЛ, обеспечивающие увязку схем системы АБТЦ, расположенных на разных станциях. По этим цепям передается информация о состоянии различных объектов и устройств, имеющаяся на одной станции и необходимая для работы схем, размещенных на другой станции (рис. 5.11).

При установленном правильном направлении движения по четному пути линейные цепи 2ЧЛ-2ЧОЛ обеспечивают **передачу со станции Б на станцию А следующей информации:**

2ЧЛ1-2ЧОЛ1 – о состоянии сигнальных реле 6Ж и 6З. Их состояния зависят от состояния рельсовых цепей, контролируемых на станции Б. Кроме того, эти реле участвуют в работе ряда схем на станции Б и поэтому расположены там же. А управление огнями светофора 6 и выбор сигналов АЛС для кодирования рельсовых цепей блок-участка 8БУ осуществляются со станции А.

2ЧЛ2-2ЧОЛ2 – о состоянии реле 6ЗУ. Показания светофора 8 и вид кодового сигнала АЛС для рельсовых цепей 10БУ выбираются на станции А и зависят от состояния рельсовых цепей защитного участка 6ЗУ, которые контролируются на станции Б. Кроме того, по этим же жилам кабеля передается информация о состоянии реле 6Б для размыкания блок-участка 8БУ схемами станции А с проверкой замыкания блок-участка 6БУ, осуществляемого схемой на станции Б.

2ЧЛ3-2ЧОЛ3 – о состоянии реле Ч22П2 и Ч20ПОК для работы на станции А схемы контроля последовательного освобождения рельсовых цепей блок-участка 8БУ и защитного участка 6ЗУ.

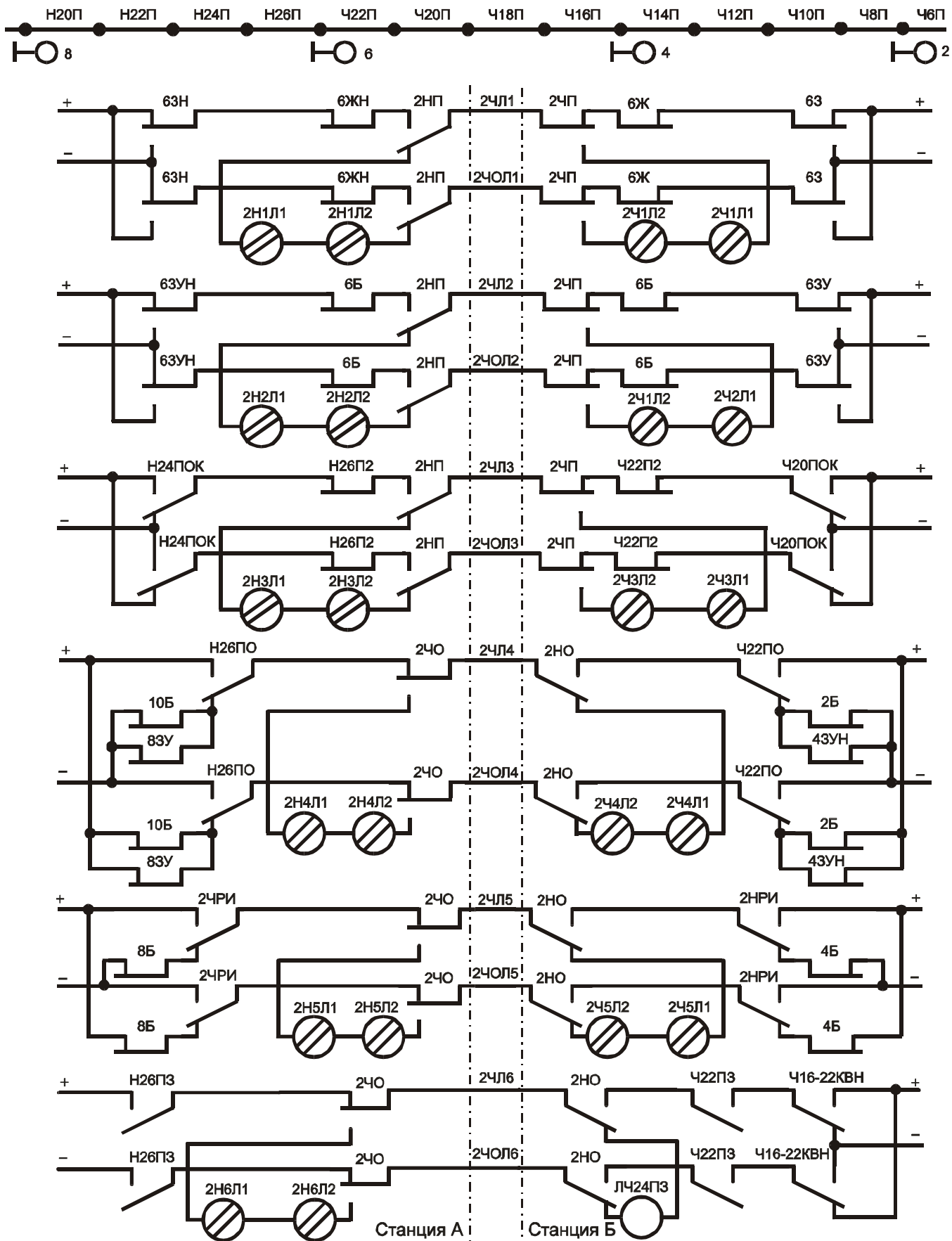
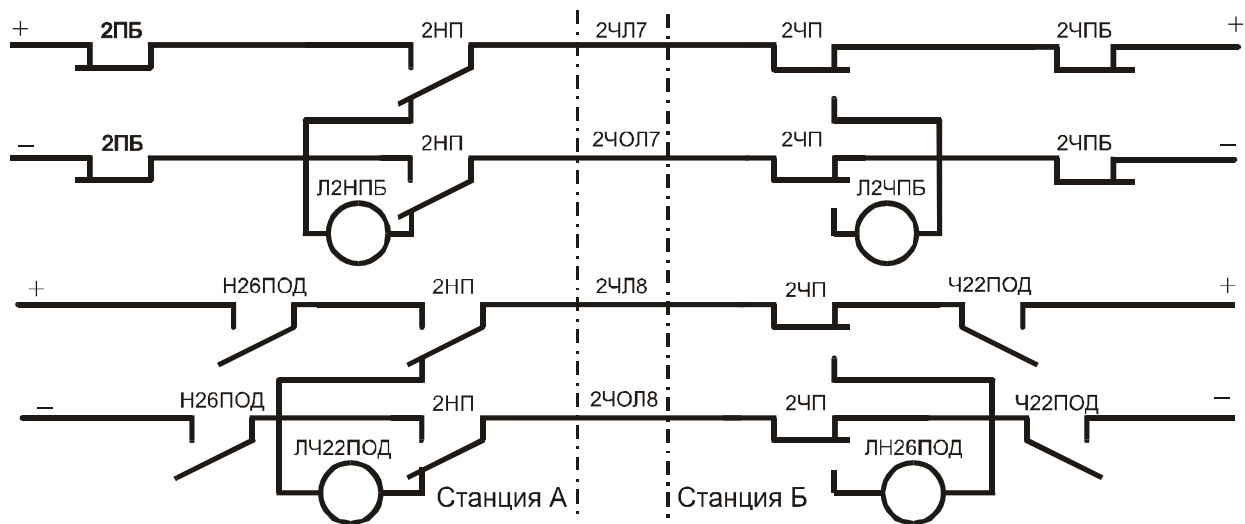


Рис. 5.11. Схемы линейных цепей



Продолжение рис. 5.11

2ЧЛ7-2ЧОЛ7 – о состоянии реле 2ЧПБ, являющегося общим повторителем блокирующих реле 2Б и 4Б. Эта информация используется для включения на станции отправления (станция А) индикации о наличии на перегоне замкнутых БУ.

2ЧЛ8-2ЧОЛ8 – о состоянии реле Ч22ПОД для контроля последовательности освобождения рельсовых цепей защитного участка 63У в схеме контроля последовательного освобождения рельсовых цепей блок-участка 8П и защитного участка 63У.

При этом **со станции А на станцию Б передается информация:**

2ЧЛ4-2ЧОЛ4 – о состоянии реле Н26ПО, 10Б и 83У для управления реле Ч22ПОД и Ч20ПОК схемы контроля последовательного освобождения защитного участка 63У. Информация о состоянии реле Ч20ПОК передается обратно на станцию А по линейной цепи 2ЧЛ3-2ЧОЛ3 для автоматического размыкания граничного блок-участка 8БУ.

2ЧЛ5-2ЧОЛ5 – о состоянии реле 2ЧРИ. Эта информация используется для искусственного размыкания четного пути, примыкающего к станции приема (станция Б), по команде со станции отправления (станция А). По этой же цепи передается информация о состоянии реле 8Б для предварительного замыкания блок-участка 6БУ схемой замыкания, которая расположена на станции Б.

2ЧЛ6-2ЧОЛ6 – о состоянии реле Н26ПЗ для включения группового кодововключающего реле Ч16-22КВ блок-участка 6БУ с проверкой последовательности занятия рельсовых цепей предыдущего блок-участка 8БУ.

При смене направления движения поездов реле 2ЧО и 2НП (отправление в четном направлении и прием нечетных поездов) на станции А

и реле 2ЧП и 2НО (прием четных поездов и отправление в нечетном направлении) на станции Б изменяют свое состояние и своими контактами изменяют направление передачи информации в линейных цепях.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите отличительные особенности системы АБТЦ.
2. Какие мероприятия предусмотрены в системе АБТЦ для повышения уровня безопасности движения поездов и эффективности перевозочного процесса?
3. Выясните назначение и состав основных схемных узлов системы АБТЦ. Обратите внимание, к каким объектам относится каждая из этих схем (рельсовая цепь, блок-участок, защитный участок и т. д.).
4. Проследите по структурной схеме связи между основными узлами. Какие сообщения или команды передаются по этим связям и в какие моменты времени?
5. Какие устройства не указаны на структурной схеме?
6. Найдите на путевом плане перегона соединительные кабели каждого пути (обратите внимание, в какие кабельные муфты они заводятся), места подключения передающей и приемной аппаратуры рельсовых цепей (обратите внимание на чередование несущей и модулирующей частот).
7. Выясните назначение каждой пары жил кабелей ЧСЦБ2 и ЧСЦБ4. Проследите по плану перегона, к каким объектам эти жилы проложены.
8. Почему к светофору 2 проложено 7 жил кабеля, а к светофору 4 – только 6 жил?
9. Почему в системе АБТ проходной светофор смещен относительно точки подключения генератора к рельсовой линии на 20 м, а в системе АБТЦ – на 40 м?
10. Проследите по схемам (см. рис. 5.4 и 5.3) путь контрольного тока. Шунтируются ли контролируемые жилы кабеля сопротивлением входных и выходных цепей аппаратуры ТРЦ?
11. Отличает ли схема контроля исправности жил кабеля рельсовых цепей неисправность типа "перемыкание жил" от неисправности типа "обрыв жилы"? Ответ обосновать.
12. Почему в системе АБТЦ не предусмотрены двухнитевые лампы для всех огней светофоров?

13. Почему перемыкание прямой и обратной жил кабеля управления огнями светофора в системе АБТЦ является опасным? Как обнаруживается этот отказ?

14. В какие моменты и каким образом осуществляется контроль исправности огневого реле?

15. Какие условия и какими схемами проверяются при включении в рельсовую линию сигналов АЛС?

16. Найдите на путевом плане перегона жилы кабеля, по которым подаются кодовые сигналы АЛС при кодировании, например, блок-участка 6БУ.

17. В какой момент и как происходит замыкание блок-участка? Найдите на схеме контакт реле 4Б, обеспечивающий блокировку светофора 4.

18. Какие условия проверяются при автоматическом размыкании блок-участка?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Особенности перегонных систем автоматики, показанные в данной работе, и результаты анализа кодовой автоблокировки приводят к необходимости дальнейшего совершенствования систем автоблокировки как в плане расширения их функциональных возможностей, так и в плане повышения безопасности их функционирования, надежности, долговечности и совершенствования процесса технического обслуживания. Моральный и технический износ большого объема оборудования, находящегося в эксплуатации в настоящее время, также требует незамедлительной модернизации.

Современный этап развития устройств СЖАТ характеризуется началом широкого применения электронной и микропроцессорной техники во вновь разрабатываемых системах автоблокировки, использованием современных методов обработки и передачи сигналов. Ряд таких систем внедряется в эксплуатацию на сети железных дорог России.

Существенные достоинства, которыми обладают тональные рельсовые цепи, привели к созданию целого класса новых систем автоблокировки, принципы построения и схемы основных узлов которых рассмотрены в данном учебном пособии.

Необходимо отметить, что отдельные технические решения указанных систем, как и в любых других новых разработках, недостаточно совершенны, поэтому в типовые материалы по проектированию и в схемы действующих устройств постоянно вносятся изменения. Основанием для таких изменений являются недостатки, вскрытые в процессе эксплуатации или обнаруженные в результате анализа действующих схем широким кругом специалистов.

Другим недостатком систем с ТРЦ является относительно большой расход кабеля. На решение этой проблемы в настоящее время направлены усилия разработчиков систем автоблокировки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики / Под ред. Ю.А. Кравцова. - М.: Транспорт, 1996.
2. Программа ускоренного технического и технологического перевооружения хозяйства СЦБ на период 2002-2005 годы. - М.: МПС РФ, 2002.
3. Нормы технологического проектирования устройств автоматики и телемеханики на федеральном железнодорожном транспорте (НТП СЦБ/МПС-99). - С-Пб.: ГТСС, 1999.
4. Беляков И.В., Неклюдов Ю.Н. и др. Микропроцессорная унифицированная система автоблокировки АБ-УЕ // Автоматика, связь, информатика. 2002. № 6.
5. Приемопередатчик системы автоблокировки АБ-Е2 (МПП-01Ф): Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – М.: МИИТ, 1995.
6. Рекомендации по проектированию ЭЦ, АБ, АЛСО, ПС, ДЦ, ГАЦ: Указание ГТСС № 1490 от 20.03.01.
7. Дмитриев В.С., Минин В.А. Системы автоблокировки с рельсовыми цепями тональной частоты. - М.: Транспорт, 1992.
8. Дмитриев В.С., Минин В.А. Совершенствование систем автоблокировки. - М.: Транспорт, 1987.
9. Автоблокировка с рельсовыми цепями тональной частоты без изолирующих стыков для двухпутных участков при всех видах тяги (АБТ-2-91): Методические указания по проектированию устройств автоматики, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте И-206-91. - Л.: Гипротрансигналсвязь, 1992.
10. Автоблокировка с рельсовыми цепями тональной частоты без изолирующих стыков для однопутных участков при всех видах тяги (АБТ-1-93): Методические указания по проектированию устройств автоматики, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте И-223-93. - Л.: Гипротрансигналсвязь, 1993.
11. Сороко В.И., Милюков В.А. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики: Справочник: в 2 кн. Кн. 1. - М.: НПФ "Планета", 2000.
12. Сороко В.И., Розенберг Е.Н. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики: Справочник: в 2 кн. Кн. 2. - М.: НПФ "Планета", 2000.

13. Схемы переездной сигнализации для переездов, расположенных на перегонах при любых средствах сигнализации и связи (АПС-93): Технические решения 419311-СЦБ.ТР. - С-Пб.: Гипротрансигналсвязь, 1995.

14. Автоблокировка с тональными рельсовыми цепями и централизованным размещением оборудования (АБТЦ-2000): Типовые материалы для проектирования 410003-ТМП. - С-Пб.: Гипротрансигналсвязь, 2000.

План 2004

Учебное издание

Николай Евгеньевич ФЕДОРОВ

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОБЛОКИРОВКИ
С ТОНАЛЬНЫМИ РЕЛЬСОВЫМИ ЦЕПЯМИ

Учебное пособие

Редакторы: Шими́на И.А., Красно́ва Е.А.
Компьютерная верстка: Чертыковцева Н.В.

Подписано в печать 22.06.04. Формат 60x90 1/16.
Бумага писчая. Печать оперативная. Усл. печ. л. 8,2.
Тираж 100. Заказ № 22.

Отпечатано в Самарской государственной академии путей сообщения
г. Самара, ул. Заводское шоссе, 18