Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

Кафедра «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДВУХНИТОЧНОГО ПЛАНА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ СТАНЦИИ

Учебное пособие
к курсовому проекту по дисциплине
«Напольное технологическое оборудование систем железнодорожной автоматики и телемеханики»

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2013

УДК 656.257

В пособии приведены назначение, принцип действия, классификация, основные параметры и режимы работы электрических рельсовых цепей. Основное внимание уделено тональным рельсовым цепям, их особенностям, области применения, методам повышения надежности их работы.

Изложены подходы к составлению схемы канализации обратного тягового тока, приведены расчетные формулы и пример расчета контуров, образованных параллельными путями.

Рассмотрены принципы проектирования двухниточного плана станции, оборудованной тональными рельсовыми цепями. Изложены последовательность построения плана, правила расстановки аппаратуры, наименования устройств. Приведен пример составления двухниточного плана и даны варианты заданий к курсовому проекту.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Двухниточный план (план изоляции путей) станции является основным документом, на основании которого производится строительство или реконструкция устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ). На основании двухниточного плана составляется ряд документов:

– номенклатура устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ), применяемых при строительстве или реконструкции электрической централизации (ЭЦ) на станции (светофоров, стрелочных электроприводов и гарнитуры, релейных и батарейных шкафов, путевых и трансформаторных ящиков, стрелочных и дроссельных соединителей, аппаратуры рельсовых цепей и др.), на основании которой производится экономический расчет и приобретение необходимых устройств;

– план кабельных сетей станции, подразумевающий составление трассы кабеля, расстановку разветвительных и конечных муфт, определение типов и расчет длин и числа жил кабеля для управления напольными объектами.

Двухниточный план строится на основании утвержденного схематического плана станции с осигнализованием (однониточного плана). На нем условными обозначениями изображаются все объекты ЭЦ, их местоположение, сторонность установки относительно путей, расстояние от поста централизации (ординаты), типы применяемых устройств и т.д.

При составлении двухниточного плана станции учитываются требования нормативных документов [1]-[5]. В своей работе проектировщики руководствуются методическими указаниями [6] и большим объемом справочной литературы.

2 РЕЛЬСОВЫЕ ЦЕПИ

2.1 Назначение и принцип действия рельсовых цепей

Для работы систем железнодорожной автоматики и телемеханики необходимо непрерывное получение достоверной информации о местоположении подвижных единиц. Самым распространенным на сети железных дорог России датчиком такой информации служат рельсовые цепи (РЦ) – изолированные участки железнодорожного пути, в котором проводниками тока служат рельсовые нити. РЦ реагируют на воздействие колёс подвижного состава и монтируются в пределах всех изолированных участков, на которые разделены железнодорожные станции.

В устройствах автоматики и телемеханики РЦ позволяют:

– контролировать свободность изолированных участков рельсового пути;

– обеспечивать автоматическую смену сигнальных показаний станционных и перегонных светофоров при их проследовании подвижным составом;

– передавать сигналы АЛСН на локомотив;

– контролировать целостность рельсовых нитей;

– исключать перевод стрелок, занятых подвижным составом;

– осуществлять разделку маршрутов или их частей после проследования подвижного состава;

– закрывать станционные переезды при приближении к ним поезда;

– подавать информацию о занятости станционных путей и изолированных участков на аппарат управления

Принцип действия РЦ поясняется рис. 1. Основными элементами РЦ являются источник питания (ИП), ограничивающий резистор R_o и путевой приемник (путевое реле П). Электрическая связь между ними осуществляется по рельсам. При свободности участка от подвижного состава сигнальный ток I_C от ИП по рельсам поступает на обмотку путевого реле (рис. 1, а), в результате чего реле П включается. При занятии участка колесные пары подвижного состава шунтируют путевое реле (включаются параллельно ему, имея гораздо меньшее сопротивление). Ток источника питания возрастает, увеличивается падение напряжения на ограничителе и резко уменьшается на путевом реле, поэтому путевое реле П выключается (рис. 1, б). Отсутствие резистора R_o при достаточной мощности источника питания привело бы лишь к возрастанию тока (вплоть до разрушения источника питания), а напряжение между рельсами оставалось бы практически неизменным, что привело бы к невыключению путевого реле.

Рельсовая нить, как правило, состоит из нескольких рельсов, соединенных стыками. Для улучшения условий протекания сигнального тока по рельсовым нитям в местах стыков к рельсам прикрепляются стыковые соединители (СС). Электрическая изоляция смежных рельсовых цепей обеспечивается изолирующими стыками (ИС).

Такая РЦ, в которой в нормальном состоянии (когда изолированный участок свободен от подвижного состава) путевое реле включено, а все элементы обтекаются сигнальным током, называется *нормальнозамкнутой*. Путевое реле нормальнозамкнутой РЦ выключается при любой неисправности, приводящей к разрыву электрической цепи (излом рельса, обрыв соединителей), а также при отсутствии питания, что является ее большим достоинством, поскольку позволяет обеспечить необходимый уровень безопасности движения поездов при отказах

элементов РЦ. Очевидные преимущества нормальнозамкнутых РЦ предопределили их широкое распространение на магистральных линиях железных дорог России.

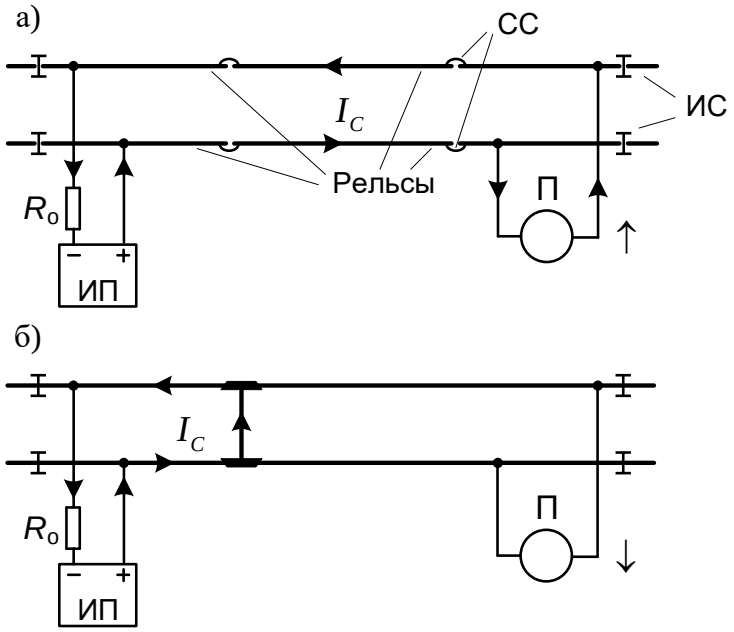


Рис. 1. Принцип действия нормальнозамкнутой рельсовой цепи

В системах ЖАТ иногда применяются нормальноразомкнутые РЦ, не обладающие указанными свойствами. Их достоинством является лишь высокое быстродействие, что и определяет область применения (например, в горочных системах автоматики).

Особенности верхнего и нижнего строения пути с различными свойствами электропроводности среды, напольные условия эксплуатации с большими изменениями температуры и влажности в течение суток и года, необходимость пропуска по рельсовым нитям обратного тягового тока, кодов автоматической локомотивной сигнализации и ряд других причин приводят к необходимости значительного усложнения реальных схем РЦ и являются причиной существования большого числа их видов.

2.2 Виды рельсовых цепей

Виды РЦ, применяемых на станциях, определяются наличием или отсутствием разветвления рельсового пути, сопротивлением балласта, родом тяги, необходимостью передачи кодов автоматической локомотивной сигнализации.

Выше мы уже рассмотрели два вида РЦ, различающиеся *по нормальному состоянию путевого реле* – нормальнозамкнутые и нормальноразомкнутые.

РЦ также различаются:

– *по роду сигнального тока*; применяются РЦ постоянного тока с непрерывным и импульсным питанием; РЦ переменного тока с непрерывным и кодовым питанием, работающие на частотах 25, 50, 75 Гц; РЦ тональной частоты, работающие на частотах 420–780 Гц и 4500–5500 Гц;

– *по конфигурации*; в зависимости от наличия в изолированном участке стрелочного перевода РЦ подразделяются на разветвленные и неразветвленные;

– *по способу разделения смежных РЦ*; РЦ могут отделяться от смежных с помощью ИС (стыковые РЦ); при отсутствии электрической изоляции со смежными, РЦ называются бесстыковыми; на станциях применяются стыковые РЦ;

– *по способу канализации обратного тягового тока;* различают двухниточные РЦ, в которых обратный тяговый ток протекает по обеим рельсовым нитям, и однониточные, когда тяговый ток протекает только по одной рельсовой нити;

– *по типу применяемой аппаратуры;* РЦ подразделяются на РЦ с электромагнитными путевыми приемниками (одноэлементными и двухэлементными); с электронными приемниками; с микропроцессорными приемниками.

Для работы станционных РЦ необходимы ИС, являющиеся препятствием для протекания обратного тягового тока. На железных дорогах России применяются однониточные (рис. 2, а) и двухниточные (рис. 2, б) рельсовые цепи. Более экономичным, но менее надежным, является пропуск тягового тока по одной рельсовой нити, которая называется тяговой. Возле ИС тяговые нити соединяются с помощью электротягового соединителя (ЭТС). ЭТС изготавливаются из многожильного медного провода сечением 50 мм^2 при электрической тяге переменного тока и 70 мм^2 – постоянного тока. Аппаратура питающего конца (АПК) и аппаратура релейного конца (АРК) рельсовой цепи при этом подключается к рельсам через изолирующий трансформатор ИТ (см. рис. 2, а). Однониточные РЦ наиболее подвержены влиянию тягового тока, что снижает надежность их работы. Кроме того, неравномерное распределение тягового тока по рельсовым нитям (асимметрия) исключает возможность наложения сигналов АЛСН на однониточные РЦ.

Для пропуска обратного тягового тока по двум рельсовым нитям применяют дроссель-трансформаторы (ДТ). ДТ имеет две обмотки на общем сердечнике. Одна обмотка, служащая для пропуска обратного тягового тока, разделена на две полуобмотки и называется *тяговой*. Концы тяговых обмоток ДТ присоединяются к рельсам, а средний вывод соединяется с таким же выводом ДТ смежной РЦ. Вторая обмотка ДТ служит для подключения аппаратуры РЦ и называется *сигнальной* (см. рис. 2, б).

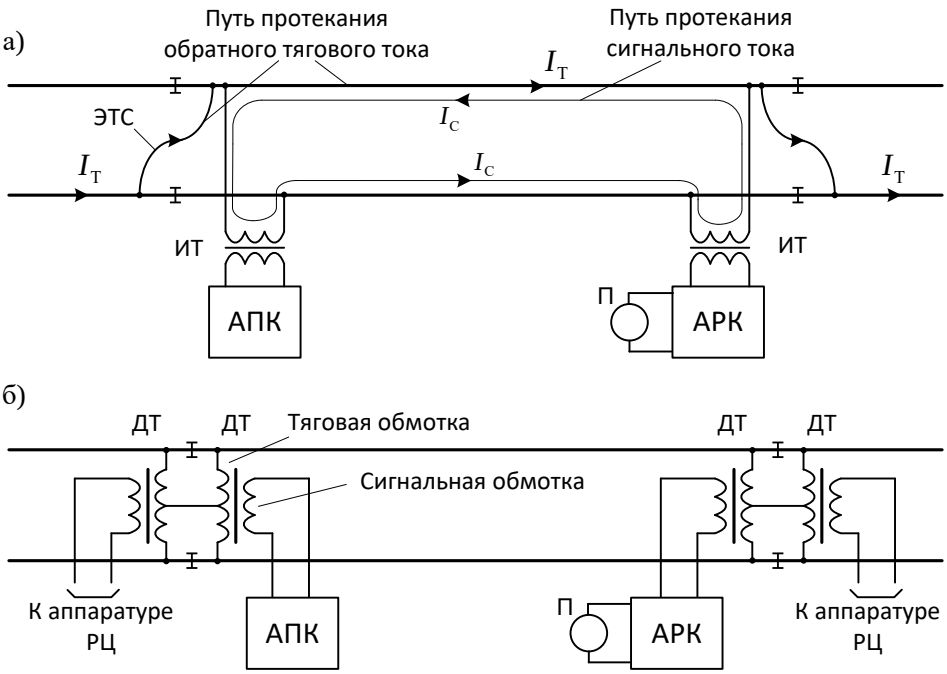


Рис. 2. Рельсовые цепи при электротяге:
а) однониточная; б) двухниточная

Принцип действия дроссель-трансформаторов иллюстрируется рис. 3, где показан путь протекания обратного тягового и сигнального токов. Протекая по половинам тяговой обмотки, обратный тяговый ток $I_Т$ наводит в магнитной системе ДТ1 два магнитных потока, направленных навстречу друг другу. Эти потоки взаимно компенсируются, в результате чего ток $I_Т$ в сигнальную обмотку не трансформируется. Через дроссельную перемычку этот ток поступает в ДТ2 смежной РЦ, а затем по полуобмоткам тяговой обмотки в рельсы. Таким образом, в ДТ2 ток $I_Т$ также не трансформируется в сигнальную обмотку.

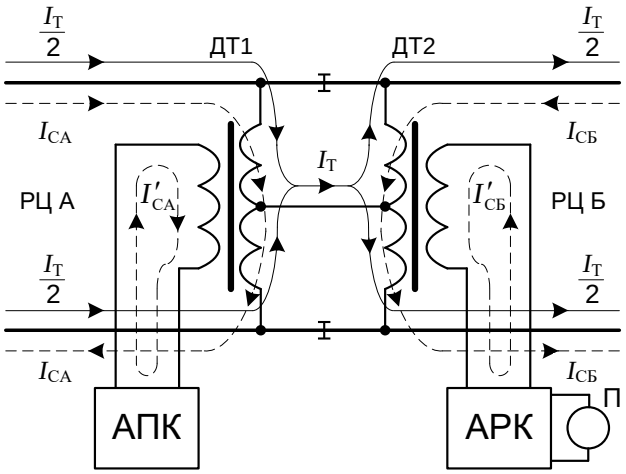


Рис. 3. Принцип действия дроссель-трансформатора

Сигнальный ток $I'_{СА}$, поступающий от аппаратуры питающего конца РЦ А, наводит в магнитной системе ДТ1 магнитный поток, в результате чего в тяговой обмотке ДТ1 возникает сигнальный ток $I_{СА}$. Этот ток протекает по рельсам, обеспечивая контроль свободности РЦ А. Аналогично на релейном конце сигнальный ток $I_{СБ}$ протекает по обеим половинам тяговой обмотки ДТ2 в одном направлении, в результате чего трансформируется в сигнальную обмотку, где возникает ток $I'_{СБ}$, поступающий к аппаратуре релейного конца РЦ Б.

При электротяге постоянного тока с ТРЦ применяются дроссель-трансформаторы типов ДТ-0,2-500, ДТ-0,2-1000 с коэффициентом трансформации n=40. При электротяге переменного тока – масляные одиночные дроссель-трансформаторы типов ДТ-1-150, ДТ-1-300 и сдвоенные (два ДТ помещены в один корпус) 2ДТ-1-150, 2ДТ-1-300 или сухие ДТ-1МГ-150, ДТ-1МГ-300, 2ДТ-1МГ-150, 2ДТ-1МГ-300. Дроссель-трансформаторы соединяются с рельсами при помощи дроссельных перемычек различной длины, а друг с другом – междроссельными перемычками, подключаемыми к средней точке основной обмотки. Применяются медные, сталемедные, а при электротяге переменного тока также и стальные перемычки. Максимальная длина дроссельных или электротяговых соединителей не должна превышать 100 м.

Неразветвленные РЦ применяются для контроля приемо-отправочных путей и бесстрелочных секций. Разветвленные РЦ характеризуются наличием ответвлений рельсовой линии и применяются на участках пути, содержащих стрелочные переводы. В таких РЦ необходимо обеспечить контроль ответвлений, пропуск сигнального тока по этим ответвлениям, исключить шунтирующее действие металлических соединений между рельсовыми нитями (крестовина переводной кривой, сквозные полосы, соединительные тяги электропривода).

Разветвленными РЦ контролируют свободность стрелочно-путевых секций. Для сокращения расхода аппаратуры и кабеля в одну РЦ допускается включать несколько стрелок, но не более:

- трех одиночных стрелок (в т.ч. имеющих крестовины с подвижными сердечниками);
- двух перекрестных стрелок;
- одной перекрестной и двух одиночных стрелок.

Сбрасывающие стрелки, сбрасывающие башмаки и тормозные упоры могут быть включены в рельсовую цепь дополнительно к основным стрелкам без ограничения количества.

В разветвленных РЦ для исключения короткого замыкания источника питания и шунтирование путевого приемника через крестовину стрелочного перевода устанавливаются дополнительные ИС (рис. 4). Эти стыки могут устанавливаться как по прямому направлению (рис. 4, б), так

и боковому (рис. 4, а). Для обтекания сигнальным током ответвлений на стрелках устанавливаются стрелочные соединители. Обеспечение контроля рельсовых нитей и других элементов всех ответвлений стрелочной секции обеспечивается установкой дополнительных путевых реле на боковых ответвлениях. Разветвленная РЦ свободна (включен общий повторитель стрелочного путевого реле СП), если включены оба реле СПА и СПБ (рис. 4, а). Установка дополнительных реле требует увеличения расхода аппаратуры и кабеля, поэтому допускается не устанавливать аппаратуру релейных концов на ответвлениях съездов, а также на ответвлениях длиной менее 40 м, если они не входят в маршруты приема, передачи и отправления поездов (рис. 4, б).

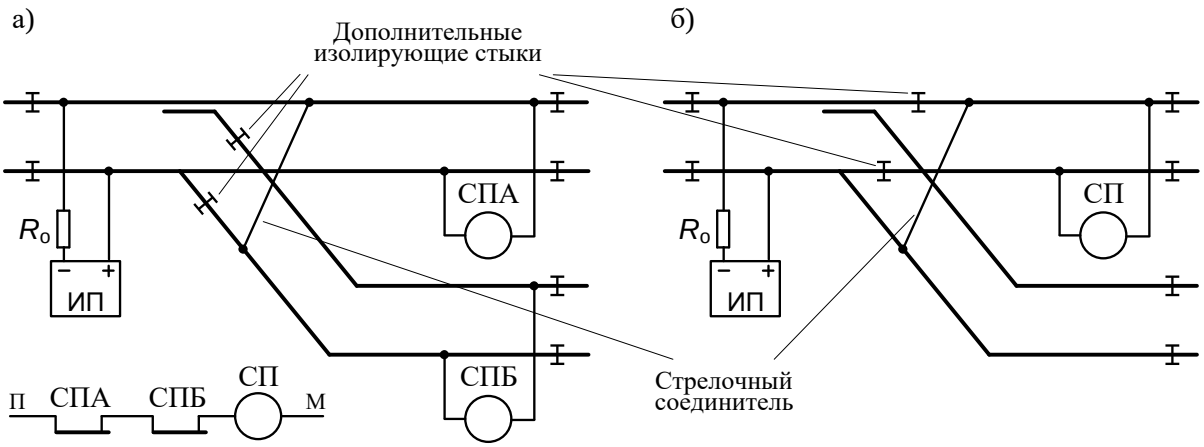


Рис. 4. Разветвленные рельсовые цепи

2.3 Основные параметры и режимы работы рельсовых цепей

2.3.1 Параметры и расчет рельсовых цепей

Итак, в нормальнозамкнутой РЦ происходит передача электрической энергии от ИП к путевому приемнику (ПП) по рельсовой линии. Рельсы уложены на шпалы, которые передают нагрузку от подвижного состава, воспринятую рельсами, на балластный слой и далее на грунт. Несмотря на наличие электрической изоляции между рельсами и шпалами и отсутствие прямого контакта между рельсами и балластом, часть энергии РЦ переходит с рельсов на шпалы и в балласт, т.е. теряется. При этом ток и напряжение источника питания $I_н$ и $U_н$ по мере приближения к приемному концу рельсовой цепи уменьшаются до величин $I_р$ и $U_р$. Потери энергии в рельсовой линии определяются ее первичными параметрами: сопротивлением изоляции (балласта) $r_и$ и сопротивлением рельсов Z (рис. 5).

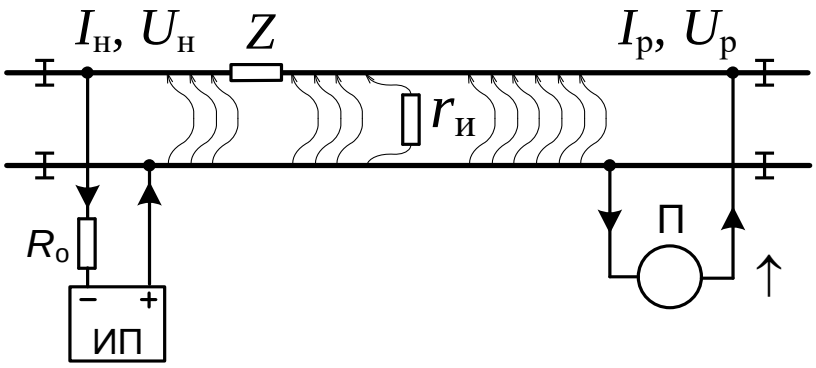


Рис. 5. Параметры рельсовой цепи

Сопротивлением изоляции $r_и$ называется сопротивление, оказываемое току утечки из одной рельсовой нити в другую через шпалы и балласт. Оно зависит от температуры и влажности воздуха, типа применяемых шпал, качества и состояния балласта и может изменяться в широких пределах. В расчетах применяют нормативные минимальные значения удельного сопротивления изоляции, которые для двухниточных неразветвленных РЦ составляют 1,0 Ом·км, для однониточных и разветвленных РЦ – 0,5 Ом·км.

Под сопротивлением рельсов Z подразумевают сопротивление двух рельсовых нитей (рельсовой петли) с учетом сопротивления СС. Его величина зависит от типа рельсов, вида и состояния СС и частоты сигнального тока (с ростом частоты индуктивная составляющая величины Z преобладает над активной) и выражается величиной модуля и аргумента (фазового угла). При расчетах принимают нормативные максимальные значения сопротивления рельсов, которые приведены в табл. 1.

Нормативные максимальные значения сопротивления рельсов

Табл. 1

Частота сигнального тока, Гц		0	25	50	75	175	420	480	580	720	780	4500	5000	5500
Величина Z	модуль, Ом/км	0,2	0,5	0,8	1,07	2,0	4,9	5,4	6,2	7,4	7,9	43,8	48,7	53,6
	аргумент, град.	0	52	65	68	72	79	80	80	80,5	81	88	88	88

Расчет РЦ является сложной инженерной задачей, решающей вопросы анализа и синтеза, и заключается в определении параметров источника питания и других элементов, а также в проверке работоспособности конкретной РЦ заданной длины при различных внешних условиях и воздействиях. Особое внимание уделяется обеспечению достоверности информации и исключения случаев ложной

свободности или занятости участков пути. При расчете РЦ широко применяются математические модели, которые устанавливают взаимозависимость сигналов и параметров РЦ и позволяют определить реакцию РЦ на различные воздействия. Для этого используются математические выражения теории электрически длинных линий с распределенными параметрами, модифицированные с учетом особенностей РЦ, а также совокупность критериев и граничных условий, характеризующих требования к работе РЦ в различных условиях.

Результаты анализа РЦ необходимы для оценки устойчивости и безопасности их функционирования в различных условиях эксплуатации, в т.ч. для оценки степени влияния температуры и влажности окружающей среды на способность РЦ обнаруживать подвижную единицу или излом рельса. Рассчитываются значения токов и напряжений в различных точках РЦ, а результаты заносятся в специальные регулировочные таблицы. Расчет производится в трех основных режимах: нормальном, шунтовом и контрольном.

Под синтезом РЦ с известными первичными параметрами понимается процесс выбора оптимальных параметров элементов схемы, при которых обеспечиваются условия шунтового и контрольного режимов. Эти показатели позволяют определить предельные возможности РЦ по обнаружению в ее пределах подвижной единицы или оборванной рельсовой нити.

По результатам расчетов РЦ строятся регулировочные таблицы, по которым в соответствии со схемой РЦ, ее длиной и состоянием балласта выставляют напряжение на путевом приемнике.

2.3.2 Режимы работы рельсовых цепей

К РЦ предъявляются требования, обусловленные специфичностью их работы. Они должны надежно функционировать и исключать опасные положения во всем диапазоне изменения параметров рельсовой линии, местонахождения поездного шунта, колебания напряжения источников питания, воздействия помех от тягового и других токов. Эти требования к различным режимам работы РЦ являются противоречивыми – значения параметров благоприятные для одного режима, оказываются неблагоприятными для другого. Наихудшие условия работы РЦ в различных режимах сведены в табл. 2. Правильно рассчитанная и отрегулированная РЦ должна удовлетворять требованиям всех режимов.

Различают следующие основные режимы работы РЦ: нормальный, шунтовой и контрольный. РЦ также рассчитывают в режимах короткого замыкания и передачи кодов АЛСН.

Нормальный режим соответствует такому состоянию исправной и свободной от подвижного состава РЦ, при котором путевой приемник выдает дискретную информацию «свободно».

Наихудшие условия работы РЦ в различных режимах

Табл. 2

Параметр / Режим работы РЦ	$U_н$, В	Z, Ом/км	$r_и$, Ом·км
Нормальный	min	max	min
Шунтовой	max	min	max
Контрольный	max	min	критич.
АЛС	min	min	max
Короткое замыкание	max	–	–

Такая информация будет выдаваться надежно, если в правильно спроектированной и отрегулированной рельсовой цепи обеспечивается напряжение надежного срабатывания приемника $U_р$ при наихудших условиях передачи энергии – минимальном напряжении источника питания $U_н$ (чем меньше напряжение на питающем конце, тем оно меньше и на релейном), максимальном сопротивлении рельсов Z (приводит к увеличению падения напряжения в рельсовой линии), минимальном сопротивлении изоляции $r_и$ (приводит к увеличению токов утечки через балласт).

Для оценки нормального режима служит коэффициент перегрузки $k_п = \frac{U_{рф}}{U_р}$, где $U_{рф}$ – фактическое напряжение на путевом приемнике, $U_р$ – его рабочее напряжение (напряжение надежного срабатывания). Нормальный режим выполнен, если $k_п \geq 1$. Максимальное значение $k_п$ зависит от наиболее благоприятных условий передачи энергии ($U_н = U_{н\max}$, $Z = Z_{\min}$ и $r_и = r_{и\max}$) и не должно превышать максимального коэффициента перегрузки приемника, определяемого техническими характеристиками.

Шунтовой режим соответствует состоянию РЦ, в котором путевой приемник выдает дискретную информацию «занято» при наложении в любом месте рельсовой линии поездного шунта сопротивлением не выше нормативного. В шунтовом режиме уровень сигнала на входе приемника $U_{ршф}$ не должен быть выше уровня его надежного несрабатывания $U_{рн}$, при наиболее благоприятных условиях для передачи энергии по рельсовой линии – максимальном напряжении источника питания ($U_н = U_{н\max}$), минимальном сопротивлении рельсов ($Z = Z_{\min}$), максимальном сопротивлении изоляции ($r_и = r_{и\max}$).

Для оценки шунтового режима служит коэффициент шунтовой чувствительности $k_ш = \frac{U_{рн}}{U_{ршф}}$, где $U_{рн}$ – напряжение надежного несрабатывания путевого приемника, $U_{ршф}$ – фактическое напряжение на

путевом приемнике при наложении в любой точке рельсовой линии нормативного поездного шунта ($R_{шн}$=0,06 Ом). Шунтовой режим выполнен, если $k_{ш} \geq 1$.

Контрольный режим соответствует состоянию РЦ, в котором путевой приемник передает дискретную информацию «занято» при полном электрическом разрыве рельсовой нити в любой точке рельсовой линии. В контрольном режиме, как и в шунтовом, фактический уровень сигнала на входе приемника $U_{рфк}$ не должен быть выше уровня его надежного несрабатывания $U_{рн}$ при наиболее благоприятных условиях для передачи энергии по рельсовой линии ($U_{н} = U_{н\,max}$, $Z = Z_{min}$ и $r_{и} = r_{и\,кр}$). При полном электрическом разрыве одного из рельсов создаются обходные пути протекания тока по балласту и земле, вследствие чего критическое сопротивление изоляции $r_{и\,кр}$ лежит в пределах $r_{и\,min} \leq r_{и\,кр} \leq r_{и\,max}$.

Для оценки работы РЦ в контрольном режиме используется коэффициент чувствительности к повреждению рельса $k_{кп} = \dfrac{U_{рн}}{U_{рфк}}$. Критерием выполнения контрольного режима при изломе рельса в любой точке является условие $k_{кп} \geq 1$.

Режим *короткого замыкания* характеризует работу источника питания при наложении нормативного поездного шунта в точке его подключения к РЦ. В этом режиме требуется, чтобы мощность $S_{кз}$ и ток короткого замыкания $I_{кз}$ при самых неблагоприятных условиях ($U_{н} = U_{н\,max}$) не превышали допустимых номинальных мощности и тока источника питания, определяемых техническими характеристиками. Величины сопротивления рельсов и изоляции влияния на режим короткого замыкания не оказывают.

Режим *АЛС* соответствует состоянию исправной занятой РЦ, при котором в рельсовой линии создается уровень кодового сигнала, достаточный для надежного действия локомотивного приемника, расположенного на удаленном от генератора кодов АЛС конце РЦ.

Выполнение режима АЛС оценивают соотношением $k_{л} = \dfrac{I_{лф}}{I_{лн}}$, где $I_{лф}$ – фактический минимальный ток в рельсовой линии при наложении поездного шунта на удаленном от генератора кодовых сигналов АЛС конце рельсовой линии, $I_{лн}$ – нормативный ток АЛС, при котором локомотивный приемник работает устойчиво. Значения тока $I_{лн}$ в зависимости от рода тяги и частоты сигнального тока приведены в табл. 3. Критерием выполнения режима АЛС является условие $k_{л} \geq 1$.

Величина нормативного тока АЛС

Табл. 3

Частота тока АЛС / Род тяги	25 Гц	50 Гц	75 Гц
Автономная	1,4	1,2	1,4
Электротяга постоянного тока	–	2,0	–
Электротяга переменного тока	1,4	–	1,4

2.3 Тональные рельсовые цепи

2.3.1 Устройство и принцип действия тональной рельсовой цепи

В настоящее время при новом проектировании применяются, как правило, РЦ тональной частоты (ТРЦ), работающие на частотах 420-780 Гц (третье поколение ТРЦ) с наложением сигналов АЛС 25, 50 или 75Гц, в зависимости от рода тяги.

РЦ с сигнальными токами тональной частоты являются устройствами с электронными приборами формирования и приёма частотных сигналов. Сигнальные частоты диапазона 420-780 Гц обеспечивают хорошую защиту приёмника от гармоник тягового тока, существенно уменьшают потребляемую РЦ мощность и достаточно простыми способами позволяют исключить взаимные влияния между РЦ.

Аппаратура ТРЦ работает на частотах 420, 480, 580, 720 и 780 Гц, которые выбраны в промежутках между гармониками тягового тока и тока промышленной частоты, что позволяет использовать ТРЦ при любом виде тяги.

Разграничение РЦ на станциях производится с помощью ИС, которые обладают достаточно низкой надежностью в работе. При пробое изоляции ИС две смежные рельсовые цепи соединяются между собой электрически, т.е. на путевой приемник одной РЦ попадает ток от источника питания другой РЦ. Это может привести к появлению ложной свободности – включенному состоянию путевого реле при занятом участке. Защита от взаимного влияния ТРЦ осуществляется чередованием частот генераторов и применением на приемном конце фильтров для разделения этих частот. Для повышения защищенности от гармоник тягового тока и защиты от влияния смежных ТРЦ применяется амплитудная модуляция сигнального тока частотами 8 или 12 Гц.

На рис. 5 приведена неразветвленная (автономная тяга), а на рис. 6 – разветвленная (электротяга постоянного тока) ТРЦ. АПК ТРЦ состоит из путевого генератора амплитудно-модулированных сигналов ГП3 и путевого фильтра ФПМ. Путевые генераторы формируют амплитудно-

модулированные сигналы с несущими частотами 420, 480, 580, 720, 780 Гц и частотами модуляции 8 или 12 Гц. Через путевой фильтр, настроенный в резонанс с частотой генератора, амплитудно-модулированный сигнал поступает в кабельную линию (провода 1П и 2П). Путевой фильтр предназначен для защиты выходных цепей генератора от влияния тягового тока, токов АЛС и атмосферных перенапряжений, обеспечения требуемого обратного входного сопротивления питающего конца и гальванического разделения выходной цепи генератора от кабельной линии. Последовательно с выходами путевого фильтра могут быть установлены согласующие элементы передающих устройств АЛС – конденсаторы $C_{РЦ}$ и сопротивления $R_К$.

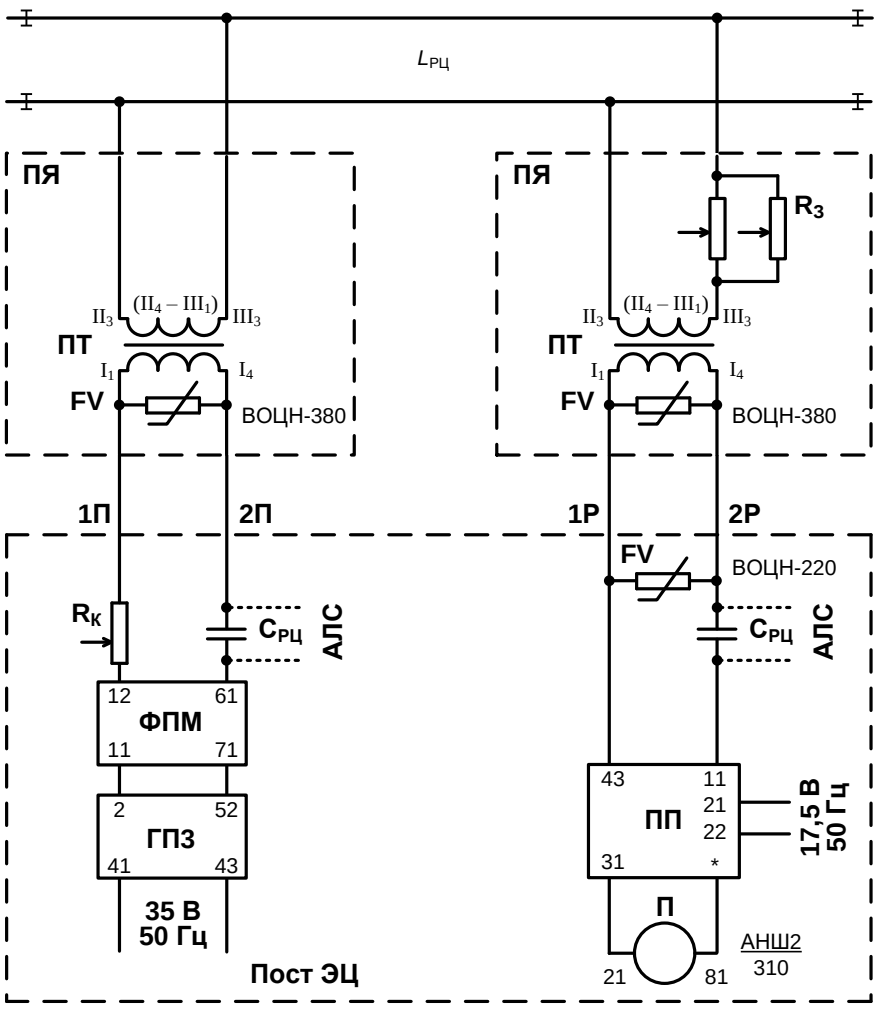


Рис. 5. Неразветвленная тональная рельсовая цепь

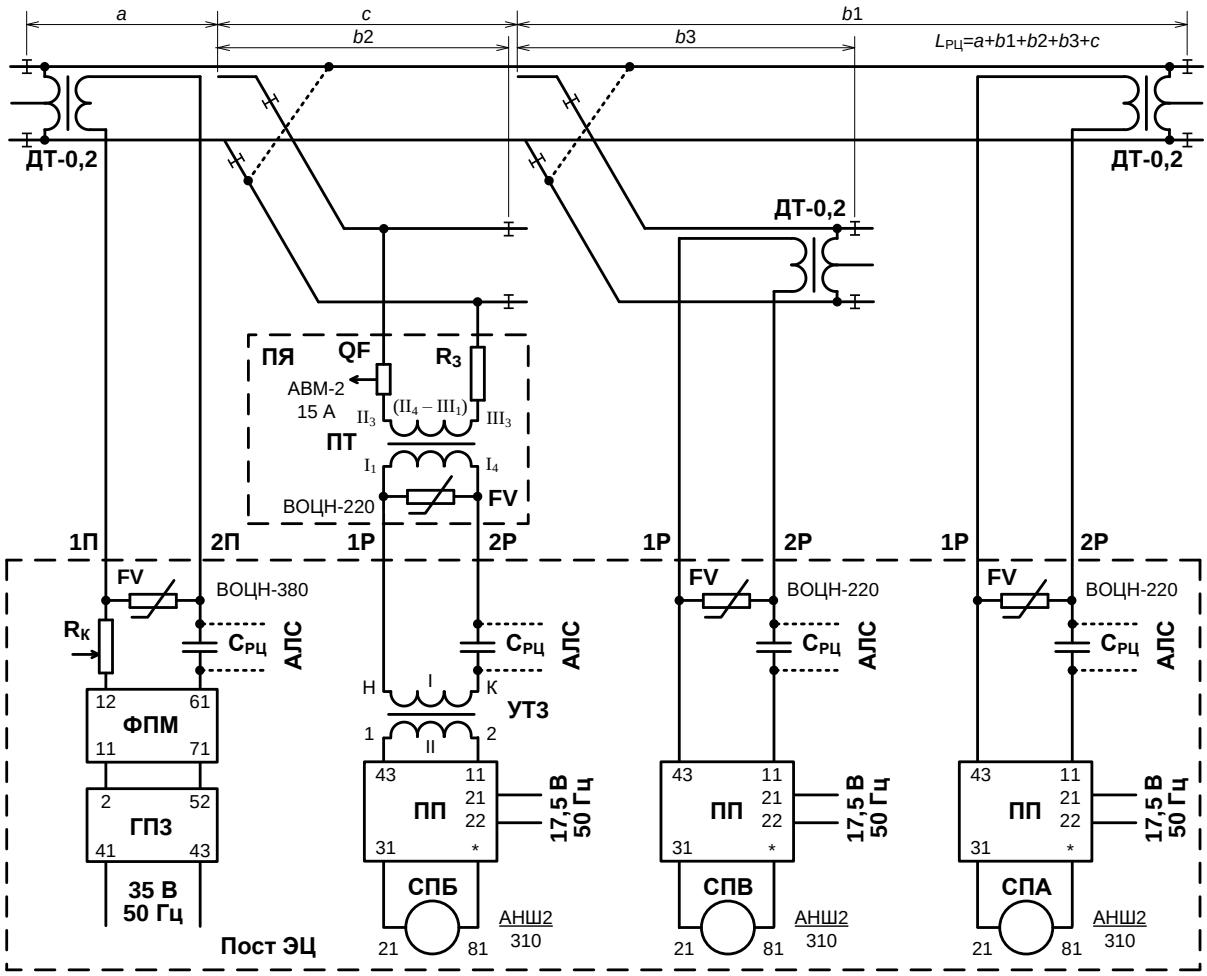


Рис. 6. Разветвленная тональная рельсовая цепь

Далее сигнал поступает в рельсовую линию. Для согласования сопротивления соединительного кабеля и аппаратуры с сопротивлением рельсовой линии, защиты аппаратуры ТРЦ от грозового разряда, коммутационных перенапряжений в контактной сети, асимметрии обратного тягового тока применяются устройства согласования и защиты (УСЗ). В качестве таких устройств применяются согласующие трансформаторы ПТ и выравниватели ВОЦН, устанавливаемые в путевом ящике. При электротяге при наличии на питающем или релейном конце дроссель-трансформатора для подключения аппаратуры ТРЦ используется его дополнительная обмотка. При этом на посту устанавливается выравниватель ВОЦН, защищающий аппаратуру от коммутационных перенапряжений в контактной сети.

Пройдя рельсовую линию, сигнал через УЗС по проводам 1Р, 2Р поступает в АРК, которая состоит из путевых приемника и реле. Путевые приемники ПП представляют собой усилители, настроенные с помощью встроенных фильтров на прием сигнала определенного («своего») ГП и предназначены для приема и дешифрирования амплитудно-

модулированных сигналов и управления путевым реле в соответствии с уровнем этого сигнала. В качестве путевого применяется электромагнитное реле I класса надежности типа АНШ2-310.

Таким образом, при свободности изолированного участка от подвижного состава уровень сигнального тока поступающего в ПП достаточен для включения на их выходах путевых реле. В схемы ЭЦ подается сигнал «свободно». При занятии секции большая часть сигнального тока шунтируется колесными парами, путевые реле выключаются, что приводит к подаче сигнала «занято».

В разветвленных ТРЦ в зависимости от количества входящих в секцию стрелок может устанавливаться несколько ПП (до четырех). Если их количество превышает два (а в ТРЦ со схемой КСС – один), для исключения перегрузки напряжения на путевых приемниках из-за разницы в длинах ответвлений должны использоваться уравнивающие трансформаторы УТ типа УТ3 с коэффициентом трансформации от 1,2 до 5,08.

2.3.2 Контроль схода изолирующих стыков

Короткое замыкание (сход) ИС на стрелочном съезде между кодируемыми станционными путями может привести к попаданию кодов АЛСН из одной ТРЦ в другую, и, как следствие, к восприятию локомотивными устройствами «чужих» кодов. Для исключения опасных последствий этого съезды главных путей станции должны оборудоваться схемами контроля схода стыков (КСС).

Существует две разновидности схем КСС: схема с общим питающим концом смежных ТРЦ и схема КСС для релейных концов. Схему КСС с общим питающим концом рекомендуется применять в тех случаях, когда смежные ТРЦ съезда являются симметричными (т.е. имеют одинаковое количество ответвлении и путевых приемников, длины ответвлений примерно равны).

Для обеспечения контроля короткого замыкания ИС питание смежных рельсовых цепей предусматривается от одного генератора ГПЗ, но через отдельные фильтры ФПМ-СП1 и ФПМ-СП2 и трансформаторы ПТ, подключаемые к рельсам таким образом, чтобы сигналы в рельсы смежных РЦ поступали в противофазе (рис. 7).

При сходе ИС сигналы, поступающие от разных фильтров в смежные рельсовые цепи, будут взаимно компенсироваться, и путевые реле обеих рельсовых цепей выключатся. Понятно, что для нормальной работы этой схемы необходимо, чтобы длины смежных РЦ были соразмерны и величины питающего напряжения не отличались более чем на 10–15 %, в противном случае на релейных концах необходимо применять уравнивающие трансформаторы.

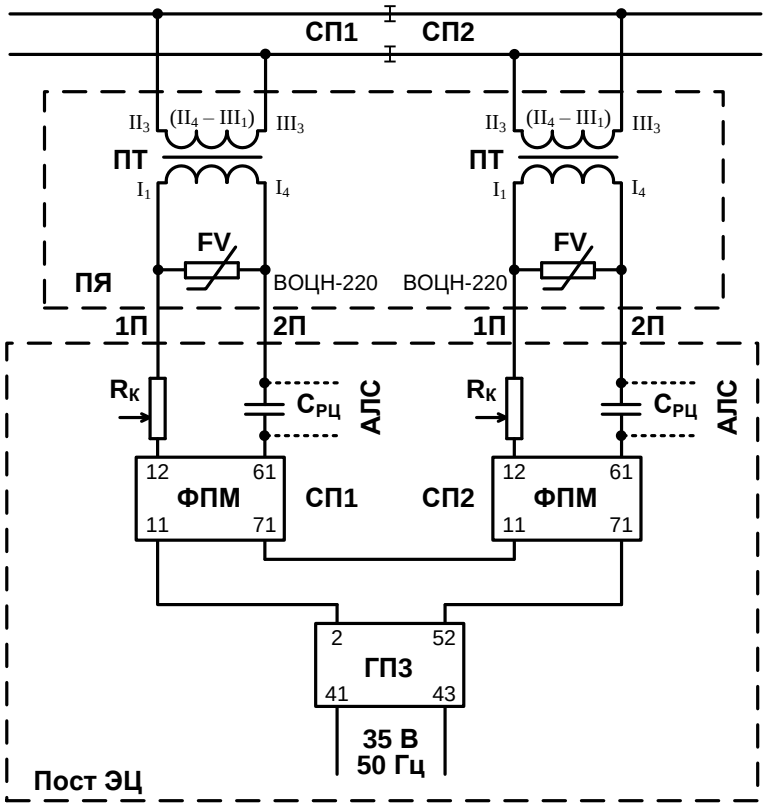


Рис. 7. Схема контроля схода изолирующих стыков с общим питающим концом

Чаще применяется представленная на рис. 8 схема КСС на релейных концах. В ней путевые приемники смежных ТРЦ включаются последовательно, и на них одновременно поступает ток из двух РЦ. Благодаря настройке каждого ПП на прием сигналов «своего» генератора, каждое путевое реле контролирует свободность «своего» изолированного участка и РЦ не оказывают влияния друг на друга. При коротком замыкании ИС сигналы из одной РЦ будут поступать в другую и наоборот. При этом направление их протекания в левом и правом ПТ разные. Например, если сигнальный ток ТРЦ СП1 протекает в левом ПТ в направлении II_3 – III_3, то в правом – наоборот. Сигналы во вторичных обмотках обоих ПТ при этом взаимно компенсируются, что приводит к выключению путевого реле СП1. Аналогично выключается и реле СП2. Другими словами, благодаря применению схемы КСС при сходе ИС путевые реле обеих секций выключаются, фиксируется занятость обеих РЦ, и исключается возможность установки маршрутов через стрелки съезда.

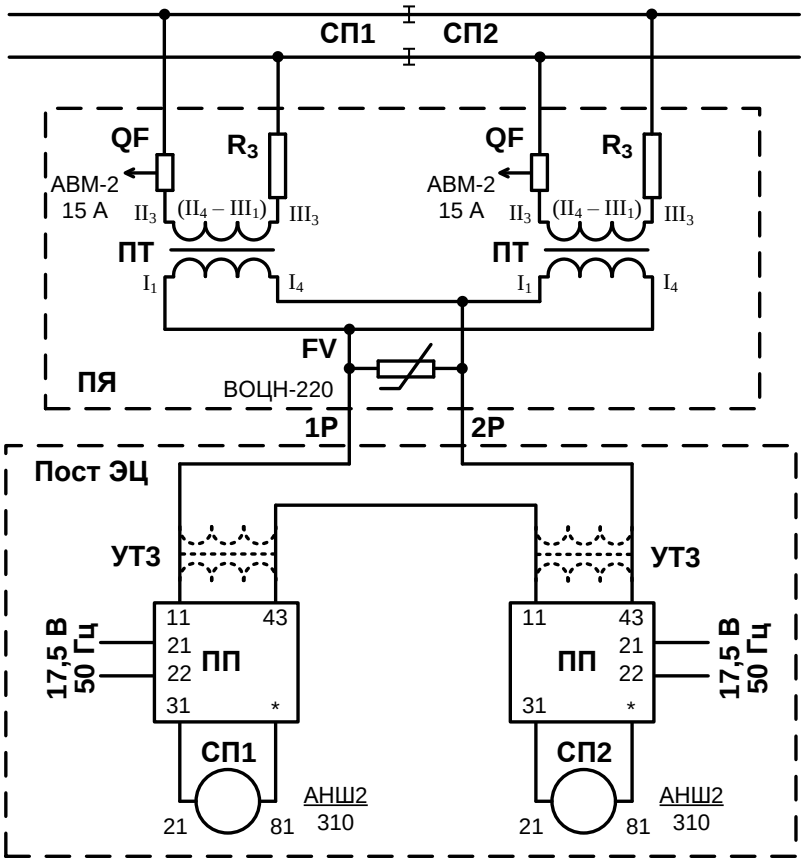


Рис. 8. Схема контроля схода изолирующих стыков на релейных концах

2.3.3 Контроль занятия ответвлений

Рассмотрим разветвленную ТРЦ 11СП, изображенную на рис. 9. Эта секция расположена на главном пути, и имеет два ответвления, контролируемых путевыми реле 11СПА и 11СПБ, примыкающих соответственно к приемо-отправочным путям 2П и 4П.

При установке маршрута отправления по светофору Ч2 в рельсовую цепь 11СП подаются коды АЛСН. Если при этом произойдет несанкционированный выход локомотива за светофор Ч4, то его приемные устройства начнут получать коды, в этом случае автостоп не сработает и возможны самые опасные последствия, вплоть до крушения поездов.

Поэтому на кодируемых стрелочных участках, расположенных на главных путях, при наличии выходных светофоров на ответвлении предусматривается контроль очередности занятия ответвления (КЗО), который обеспечивается схемой реле 11КЗО. Контакты реле 11КЗО включены в цепь кодовключающего реле схемы кодирования маршрутов отправления. Подача кодов при выключенном состоянии этого реле исключается.

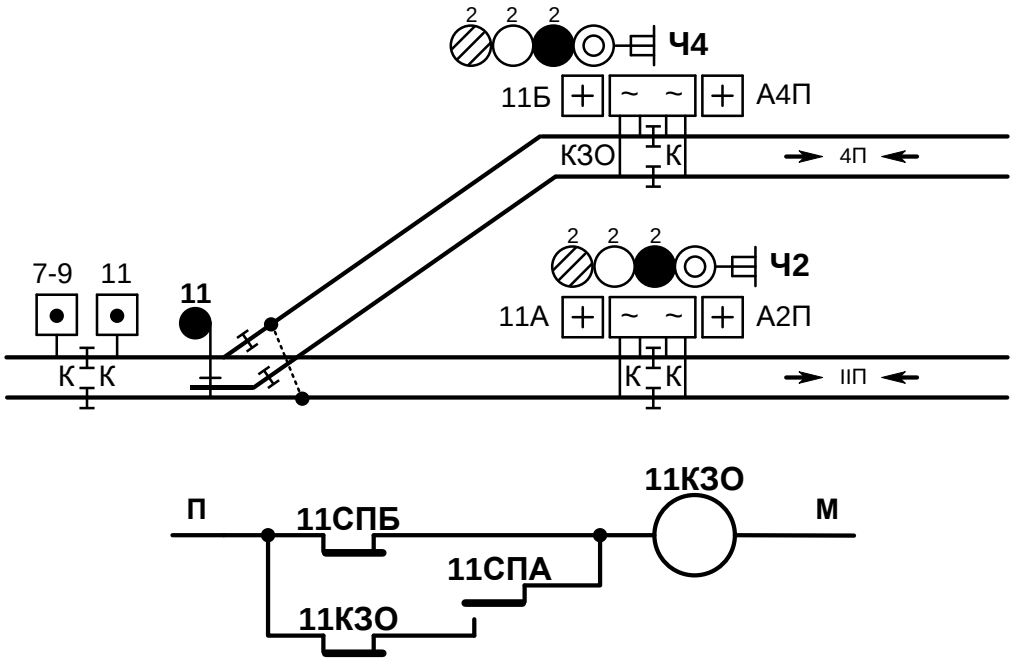


Рис. 9. Схема контроля занятия ответвления

Работа схемы КЗО обеспечивается такой регулировкой ТРЦ, что при наложении шунта на одном из ответвлений выключается только одно путевое реле, подключенное к этому ответвлению. Нормально реле 11КЗО включено через фронтовой контакт реле 11СПБ. При выезде подвижного состава на секцию 11СП с главного пути 2П сначала выключится путевое реле 11СПА, и реле 11КЗО останется во включенном состоянии. Если произойдет выезд на секцию с бокового пути, первым выключится путевое реле 11СПБ и обесточит реле 11КЗО, контакты которого отключат кодирование этой секции.

3 Проектирование двухниточного плана станции

3.1 Элементы двухниточного плана и их условное изображение

Условные обозначения, используемые при составлении двухниточного плана, соответствуют ГОСТ 2.749-84 и приведены на рис. 10.

На двухниточном плане изображаются:

– железнодорожные пути в двухниточном изображении;

– стрелочные переводы, сбрасывающие остряки, тормозные упоры;

– стрелочные электроприводы (СЭП), контрольные стрелочные замки;

– изолирующие стыки: основные (габаритные и негабаритные) и дополнительные (стрелочные);

– аппаратура РЦ с учетом направления посылки кодов АЛСН; несущие и модулирующие частоты ТРЦ; стрелочные, дроссельные и электротяговые соединители; путевые дроссель-трансформаторы;

– светофоры с указанием конструкции (карликовые, мачтовые, консольные) и расцветки огней;

– релейные и батарейные шкафы;

– переезды и пешеходные переходы в пределах станции, а также перегонные, требующие увязки со станционными устройствами;

– маневровые колонки, будки, посты и вышки;

– пассажирское здание, посты централизации, прочие станционные здания, куда осуществляется ввод кабеля СЦБ;

– пассажирские и грузовые платформы и искусственные сооружения (мосты, путепроводы и т.д.), влияющие на производство кабельных работ и монтаж устройств СЦБ;

– высоковольтные линии автоблокировки и линии продольного электроснабжения в местах установки разъединителей и питающих трансформаторов;

– воздушные промежутки и нейтральные вставки контактной сети;

– отсасывающие линии тяговых подстанций;

– основные трассы кабелей СЦБ и разветвительные муфты;

– ординаты напольных объектов от оси поста электрической централизации (ординаты остряков стрелок и светофоров указываются в таблице в верхней части чертежа; ординаты негабаритных ИС, ИС не расположенных в створе со светофорами, границ платформ, упоров тупиков указываются в скобках рядом с объектом).

Для привязки напольных устройств ЭЦ к существующему километражу железнодорожного участка на двухниточном плане также указывается пикетаж осей постов ЭЦ, входных и выходных светофоров с главных путей, осей переездов и пешеходных переходов, а также крупных искусственных сооружений: мостов, путепроводов и т.д.

В качестве примера для станции, схематический план которой приведен на рис. 11, построен двухниточный план. Он изображен на рис. 12, 13.

Стрелочные переводы

обыкновенный

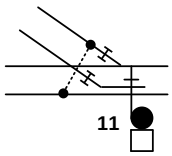
с непрерывной поверхностью катания

остряк сбрасывающий

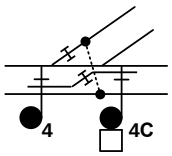
стрелочные электроприводы:

с выходом шибера вправо

с выходом шибера влево



обыкновенный стрелочный перевод с электроприводом, с изоляцией гарнитуры и трансформаторным ящиком, с дополнительными изолирующими стыками и стрелочным соединителем



стрелочный перевод с непрерывной поверхностью катания, с электроприводами для остряков и сердечника крестовины, с изоляцией гарнитуры и трансформаторным ящиком, с дополнительными изолирующими стыками и стрелочным соединителем

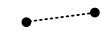
Аппаратура рельсовых цепей

релейный конец рельсовой цепи

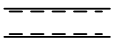
питающий конец рельсовой цепи

стрелочные соединители:

одинарный



двойной



ответвление, оборудованное двойными стыковыми соединителями

К

направление кодирования

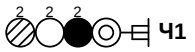
дроссель-трансформаторы:

постоянного тока

переменного тока

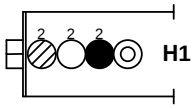
рельсовая цепь с дроссель-трансформаторами постоянного тока, подключением аппаратуры питающего и релейного концов, с кодированием с питающего и релейного концов, оборудованная двойными стыковыми соединителями

Светофоры



мачтовый с двухнитевыми лампами красного и разрешающих огней и двумя трансформаторными ящиками

сдвоенный карликовый с двухнитевой лампой красного огня



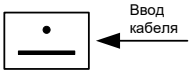
консольный с двухнитевыми лампами и двумя трансформаторными ящиками

релейный шкаф

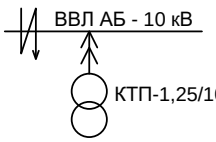
батарейный шкаф с семью аккумуляторами

шлагбаум автоматический со светофором переездной сигнализации

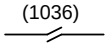
колонка маневровая



пост ЭЦ с указанием места ввода кабеля



высоковольтная линия автоблокировки с разъединителем и питающим трансформатором



воздушный промежуток контактной сети с ординатой

трасса кабеля СЦБ

муфта разветвительная кабельной сети стрелок на 8 выходов с ординатой

трансформаторный ящик с трансформатором обогрева СЭП

Рис. 10. Условные обозначения, применяемые при составлении двухниточного плана

3.2 Построение двухниточного плана станции

Построение двухниточного плана заключается в последовательном нанесении на путевое развитие станции, вычерченное в двухниточном изображении, проектируемых устройств СЦБ. При выполнении курсового проекта рекомендуется составление двухниточного плана станции в следующей последовательности.

После получения задания необходимо составить и согласовать с преподавателем схематический план станции с осигнализованием (однониточный план).

Следующим этапом на заготовку двухниточного плана наносят стрелочные переводы, на которые устанавливаются СЭП. На чертеже указываются наименования стрелок (для одиночных стрелок – номер стрелки; для сердечников крестовин стрелок с непрерывной поверхностью катания (НПК) – номер стрелки с добавлением литеры «С»; для сбрасывающего остряка – с добавлением букв «СБ») и ординаты (указываются в специальных графах в верхней части чертежа). Как правило, СЭП располагают с полевой стороны или со стороны широкого междупутья, исходя из соображений габарита, удобства монтажа, обслуживания, подвода кабелей и трубопровода пневмообдувки. Рядом с ближайшими к посту ЭЦ из двух спаренных СЭП устанавливают трансформаторные ящики.

Далее на двухниточный план со схематического переносятся ИС, обеспечивающие деление станционных путей на изолированные секции. Эти секции оснащаются рельсовыми цепями. Для контроля ответвлений РЦ на них устанавливаются ПП. Их наименование образуется из названия РЦ с добавлением букв «А», «Б», «В», причем литера «А» присваивается релейному концу, движение по которому осуществляется без отклонения по стрелкам данного участка.

Длины ТРЦ должны составлять:

- приемо-отправочных путей:
    - с одним ПП – 25-800 м;
    - с двумя ПП и питанием из середины – 100-1500 м;
- разветвленных РЦ:
    - с двумя ПП – 60-500м;
    - с темя или четырьмя ПП – 100-500 м.

Если длина приемо-отправочного пути превышает 800 м, применяют ТРЦ с двумя путевыми приемниками и общим путевым генератором, располагаемым в середине пути (пример такой ТРЦ при электротяге переменного тока приведен на рис. 14). При использовании такой схемы, левый по расположению на двухниточном плане ПП обозначают буквой «А» перед номером пути, правый – «Б», например, А1П, Б1П.

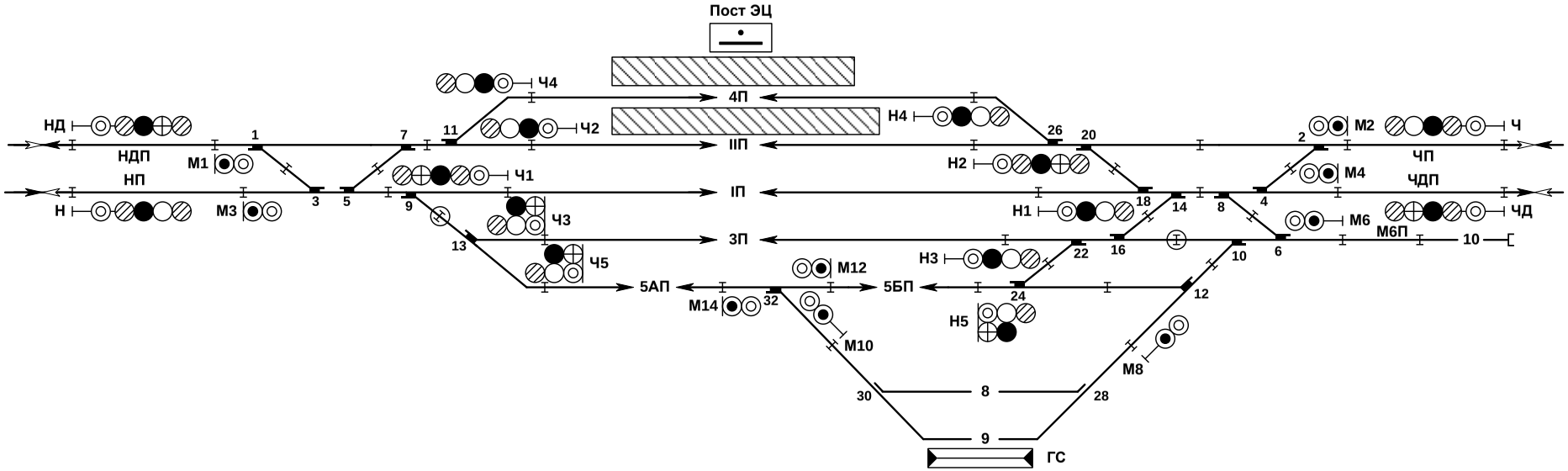
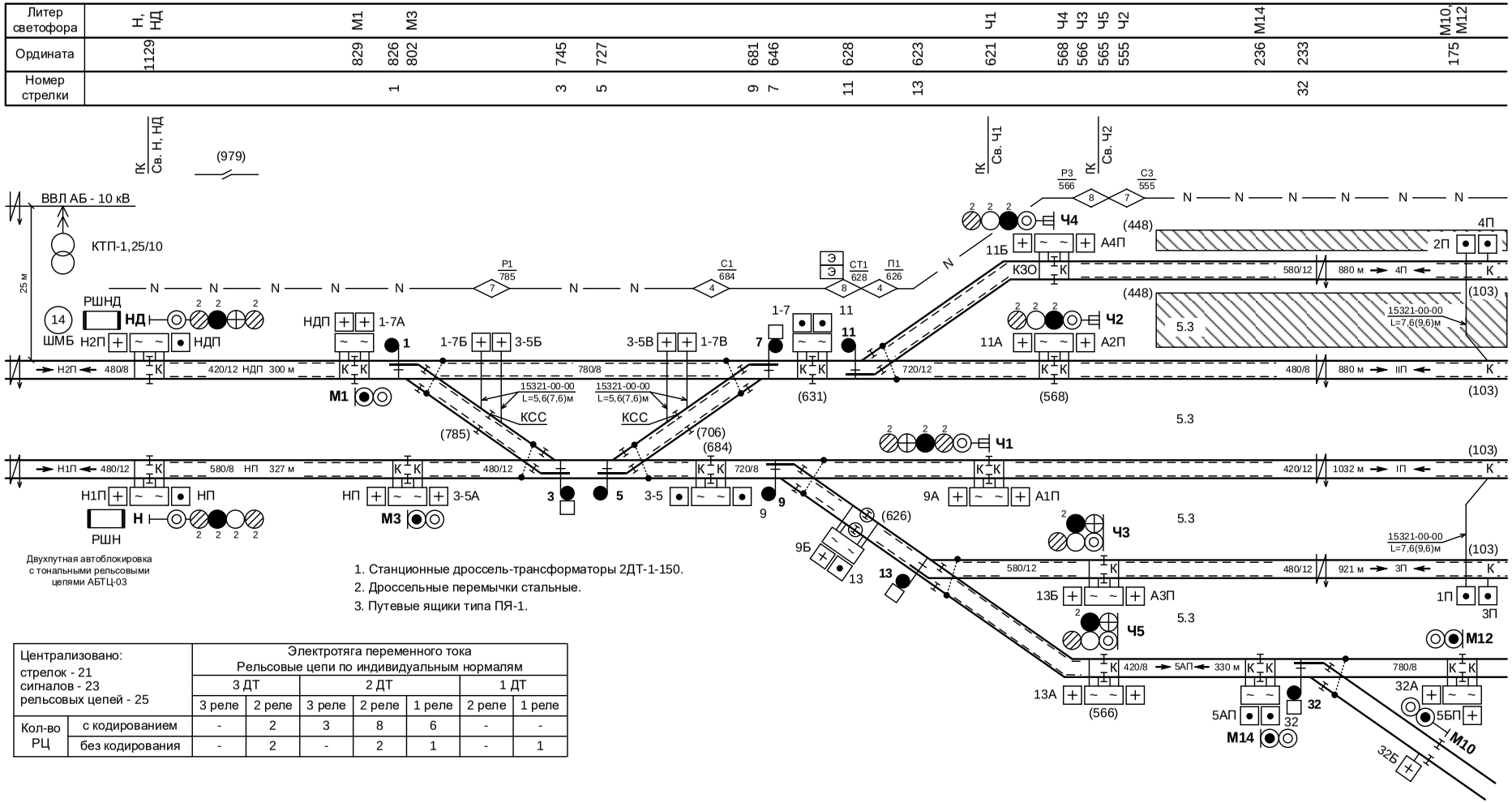


Рис. 11. Схематический план промежуточной станции



Централизовано: стрелок - 21 сигналов - 23 рельсовых цепей - 25		Электротяга переменного тока Рельсовые цепи по индивидуальным нормалям						
		3 ДТ		2 ДТ			1 ДТ	
		3 реле	2 реле	3 реле	2 реле	1 реле	2 реле	1 реле
Кол-во РЦ	с кодированием	-	2	3	8	6	-	-
	без кодирования	-	2	-	2	1	-	1

Рис. 12. Двухниточный план нечетной горловины промежуточной станции

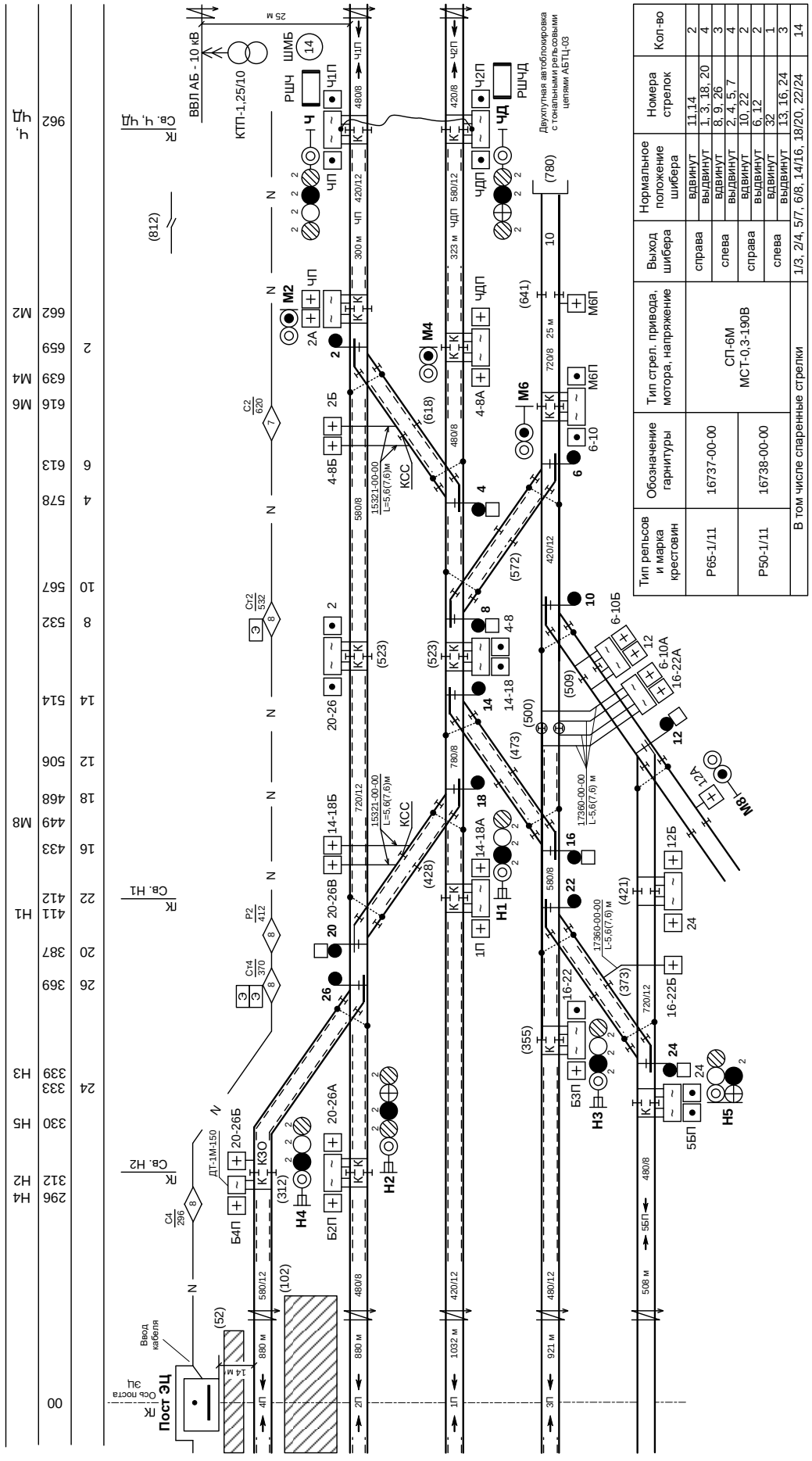


Рис. 13. Двухниточный план четной горловины промежуточной станции

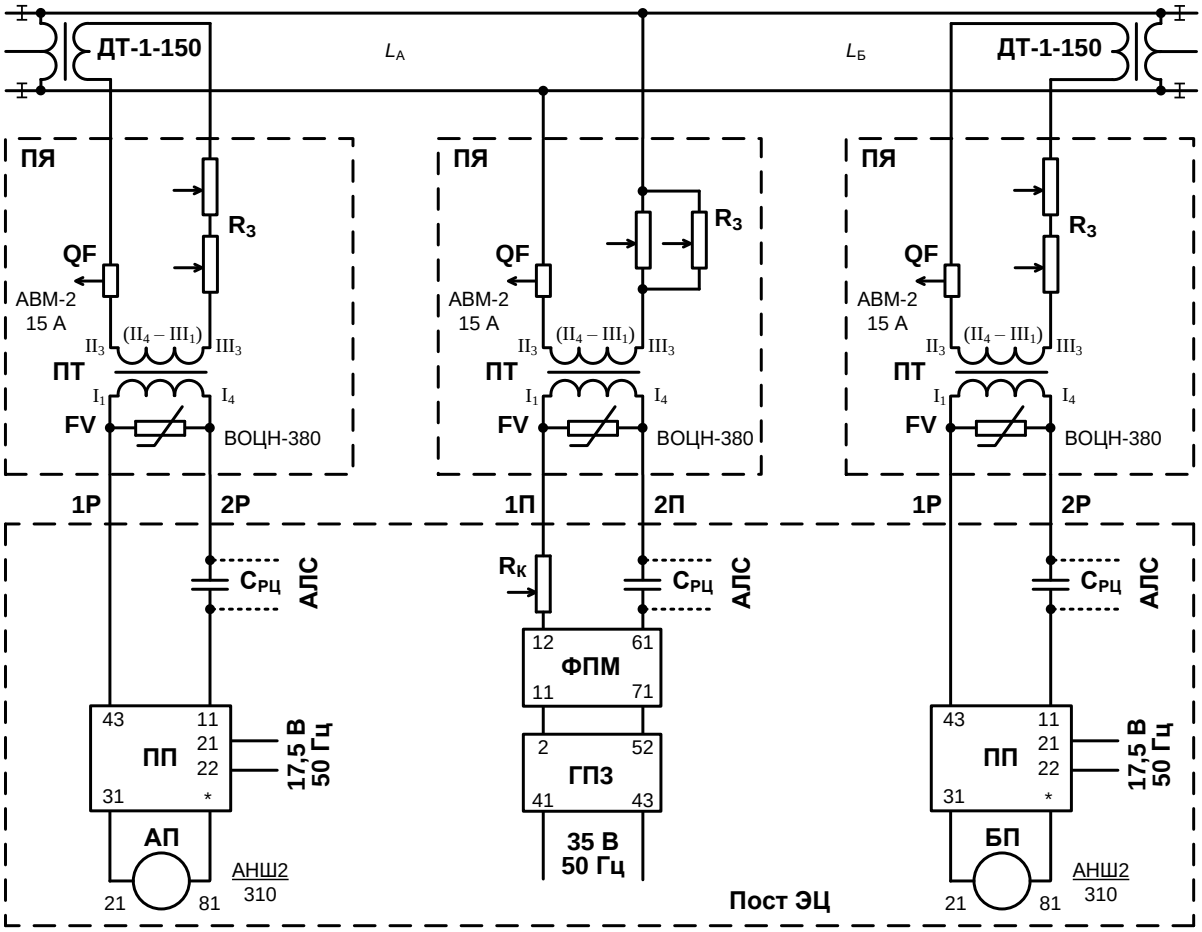


Рис. 14. Схема ТРЦ для приемо-отправочного пути

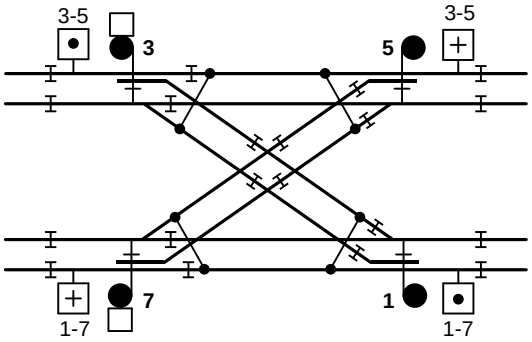
В разветвленных РЦ для исключения короткого замыкания сигнального тока через крестовины стрелок устанавливаются дополнительные ИС. Для создания оптимальных условий приема кодов АЛСН дополнительные ИС в стрелочных переводах устанавливают на некодируемых ответвлениях. В особых случаях применяются схемы изоляции стрелочных переводов, приведенные на рис. 15.

Наряду с перегонными, станционные пути оборудуются устройствами посылки в рельсы кодов АЛСН. На станциях кодируются:

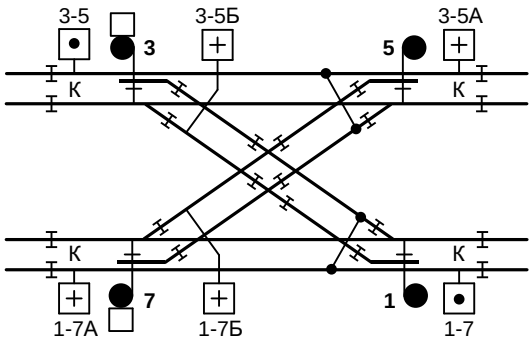
- приемо-отправочные пути, по которым предусматривается:
  - безостановочный пропуск поездов;
  - прием, передача и отправление пассажирских поездов;
  - отправление поездов на неправильный перегонный путь двухпутного участка, оборудованного автоблокировкой;
- стрелочные и бесстрелочные секции, являющиеся продолжением главных путей.

Наличие кодирования с питающего или релейного конца РЦ на чертеже отмечается буквами «К» внутри рельсовой колеи.

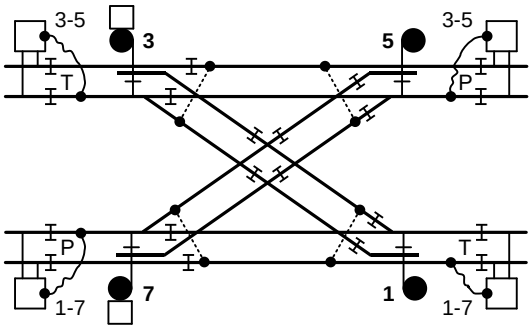
а) при автономной тяге без кодирования



в) при автономной тяге с кодированием главных путей



б) при электротяге без кодирования



г) при электротяге с кодированием главных путей

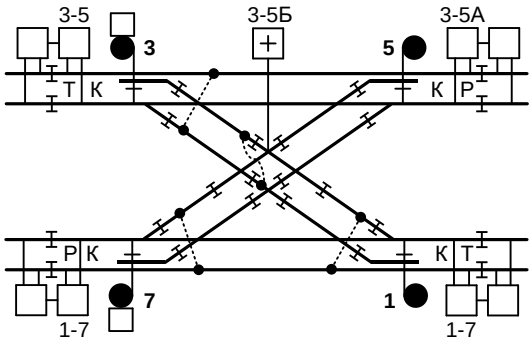


Рис. 15. Схемы изоляции перекрестных съездов при ширине междупутья 5,3 м

На кодируемых направлениях в горловинах станций необходимо стремиться к сокращению числа изолированных участков и ИС, т.к. при переходе локомотива с одной РЦ на другую происходит сбой в получении кодовых комбинаций АЛСН. Для устойчивой работы устройств АЛСН минимальная длина РЦ должна обеспечить при максимальной скорости движения прием хотя бы одной полной кодовой комбинации. Поэтому минимальная длина РЦ должна составлять

$$L_{\min} = \frac{2T_{\text{Ц}} \cdot V_{\max}}{3,6}, \qquad (1)$$

где $T_{\text{Ц}}$ – продолжительность кодовой комбинации, с; для кодового путевого трансмиттера КПТШ-515 величина $T_{\text{ц}}$=1,6 с, для КПТШ-715 – $T_{\text{Ц}}$=1,9 с;

2 – коэффициент, учитывающий, что первая кодовая комбинация при вступлении на РЦ может быть неполной;

$V_{\max}$ – максимальная скорость движения поездов, км/ч;

3,6 – коэффициент перевода размерности скорости из км/ч в м/с.

В соответствии с ПТЭ [2] сооружения и устройства инфраструктуры железных дорог должны обеспечивать пропуск поездов с наибольшими

установленными скоростями: пассажирских – 140 км/ч, рефрижераторных – 120 км/ч, грузовых – 90 км/ч (если иное не предусмотрено местными особенностями). Рассчитаем для примера минимальную длину РЦ, обеспечивающую устойчивую работу АЛСН для пропуска поездов со скоростью 140 км/ч. Подставляя соответствующие значения в (1) получим L_{min} (КПТШ-515)=124 м, L_{min} (КПТШ-715)=148 м.

Для обтекания сигнальным током ответвлений на стрелках устанавливаются стрелочные соединители (см. п. 2.2). При электротяге все стрелочные соединители дублируются, при автономной тяге – только необтекаемые сигнальным током. При автономной тяге применяются стальные стрелочные соединители, при электротяге – медные, сталемедные или стальные (для электротяги переменного тока). На чертеже в виде примечаний должны быть указаны типы примененных дроссельных и электротяговых соединителей.

Питающие и релейные концы, а также дополнительные ИС и стрелочные соединители разветвленных РЦ располагаются с учетом необходимости обтекания сигнальным током:

– рамных рельсов всех входящих в изолированную секцию стрелок;

– стрелочных соединителей;

– всех ответвлений РЦ; допускается не устанавливать аппаратуру релейных концов на ответвлениях съездов, а также на ответвлениях длиной менее 40 м, если они не входят в маршруты приема, передачи и отправления поездов.

При проектировании РЦ стараются по возможности добиться расположения по обе стороны ИС одноименных концов РЦ, поскольку это позволяет существенно снизить затраты на прокладку кабельной сети.

Для повышения надежности фиксации занятия изолированных участков необтекаемые сигнальным током ответвления РЦ оборудуются двойными СС. Двойными СС также оборудуются приемо-отправочные пути, бесстрелочные и стрелочные секции (включая все ответвления РЦ), по которым предусматривается безостановочный пропуск поездов. На чертеже участки, оборудуемые двойными СС, отмечаются штриховой линией внутри рельсовой колеи (см. рис. 9).

Рельсовые цепи должны быть защищены от взаимного влияния при коротком замыкании ИС между ними. В ТРЦ это обеспечивается чередованием в смежных РЦ несущих частот ($f_Н$) и частот модуляции ($f_М$). ТРЦ, работающие на одной несущей частоте и частоте модуляции по возможности разделяют не менее чем тремя парами ИС. Однако в крайних случаях допускаются и другие варианты подключения аппаратуры ТРЦ [7]. Эти варианты приведены в табл. 4, которой удобно пользоваться при расстановке частот.

В табл. 4 используются следующие условные обозначения:

п/п – допускается совмещать питающие концы при любой длине смежных ТРЦ;

п/п* – допускается совмещать питающие концы, если разница в длинах смежных ТРЦ не превышает 150 м.

Пустые клетки в рассматриваемой таблице означают, что в этих случаях допускается любое расположение концов смежных ТРЦ любой длины.

Допустимые варианты подключения аппаратуры смежных ТРЦ

Табл. 4.

				Несущая частота генератора ТРЦ $f_Н$, Гц									
				420		480		580		720		780	
				Частота модуляции генератора ТРЦ $f_М$, Гц									
				8	12	8	12	8	12	8	12	8	12
Несущая частота генератора ТРЦ $f_Н$, Гц	420	Частота модуляции генератора ТРЦ $f_М$, Гц	8	п/п*	п/п	п/п							
			12	п/п	п/п*		п/п						
	480		8	п/п		п/п*	п/п						
			12		п/п	п/п	п/п*						
	580		8					п/п*	п/п				
			12					п/п	п/п*				
	720		8							п/п*	п/п	п/п	
			12							п/п	п/п*		п/п
	780		8							п/п		п/п*	п/п
			12								п/п	п/п	п/п*

При использовании схемы КСС на релейных концах рекомендуется в смежных ТРЦ применять различные несущие частоты. Защита ТРЦ параллельных путей от взаимного влияния достигается применением различных несущих частот или частот модуляции.

Наличие устройств контроля схода стыков и контроля занятия ответвлений отмечается у соответствующих стыков надписями «КСС» и «КЗО».

Поскольку с ростом частоты затухание сигнала возрастает, при составлении двухниточного плана стремятся по возможности в более длинных ТРЦ применять меньшие несущие частоты. При необходимости

создания рельсовой цепи большой длины, например на приемо-отправочных путях, в середине ТРЦ устанавливается путевой генератор, а по краям пути путевые приемники.

При электротяге главные и все кодируемые пути станции, стрелочные и бесстрелочные секции, являющиеся продолжением главных путей, а также стрелочные секции, имеющие более одного путевого приемника, должны проектироваться двухниточными. Кроме того, на станциях с числом приемо-отправочных путей до шести все изолированные секции делаются двухниточными. В остальных случаях допускается применение однониточных РЦ.

Аппаратура питающих и релейных концов подключается к двухниточной РЦ через сигнальную обмотку ДТ. Количество ДТ в РЦ определяется специально проектируемой схемой канализации тягового тока (см. п. 3.3). На двухниточном плане указываются типы и коэффициенты трансформации всех ДТ. Если все они одного типа, то сведения приводятся в примечании.

Следующим этапом на чертеж с однониточного плана переносятся поездные и маневровые светофоры. Для станционных светофоров определяется необходимость установки двухнитевых ламп. В соответствии с [4] двухнитевые лампы с автоматическим переключением с основной нити при ее перегорании на резервную применяются для красных огней входных, а также выходных и маршрутных светофоров, до которых производится прием поездов. Кроме того, схемы с двухнитевыми лампами монтируются для всех разрешающих огней поездных светофоров по главным путям станции, по которым предусматривается безостановочный пропуск поездов. На двухниточном плане сигнальные огни с двухнитевыми лампами отмечаются цифрой 2.

После этого уточняется количество трансформаторных ящиков на мачтах светофоров, необходимое для размещения сигнальных трансформаторов с учетом того, что в одном ящике их может быть установлено до шести.

Затем на двухниточный план наносятся станционные переезды (пешеходные дорожки). Условными обозначениями на чертеже показываются переездные (пешеходные) светофоры, шлагбаумы, устройства заграждения переезда, релейные и батарейные шкафы. Также указывается расстояние от светофоров (шлагбаумов) до ближайшего рельса и ширина проезжей части автодороги.

Заключительным этапом на чертеж наносятся остальные релейные и батарейные шкафы, в том числе и шкафы электрообогрева стрелок, указываются их ординаты. Для релейных шкафов дополнительно указываются их наименование и тип, для батарейных шкафов – тип и количество аккумуляторов, для шкафов обогрева – порядковый номер и номера обогреваемых стрелок. При наличии двойного (местного)

управления стрелками на план наносятся маневровые колонки, вышки с указанием их наименований, ординат и расстояний от путей.

В верхней части чертежа чертится таблица ординат стрелок и светофоров. В отличие от однониточного плана на двухниточном ординаты рассчитываются не от оси станции, а от поста ЭЦ.

В завершении с учетом сведений о типах стрелочных переводов и сторонности установки СЭП составляется таблица стрелочных электроприводов и гарнитур. Форма таблицы и примеры ее заполнения приведены на рис. 12. Основные типы стрелочных гарнитур приведены в табл. 5.

На двухниточный план также наносятся междроссельные перемычки, междупутные и междурельсовые электротяговые соединители, точки подключения отсасывающих линий тяговых подстанций, тяговых отсасывающих автотрансформаторов и заземлений, подключаемых к средним точкам ДТ. Пунктирными линиями отмечаются участки пути с двойными стыковыми соединителями.

Основные типы стрелочных гарнитур

Табл. 5

Тип стрелочного перевода	Тип стрелочного электропривода	Номер чертежа стрелочной гарнитуры
Обыкновенный, тип рельсов Р65, марка крестовины 1/9, 1/11	СП-6М	16737-00-00
Обыкновенный, тип рельсов Р50, марка крестовины 1/9, 1/11	СП-6М	16738-00-00
Для высокоскоростного движения, тип рельсов Р50, марка крестовины 1/11	СП-6М	16739-00-00
Перекрестный, тип рельсов Р65, марка крестовины 1/9	СП-6М	16751-00-00
Перекрестный, тип рельсов Р50, марка крестовины 1/9	СП-6М	16752-00-00
Сбрасывающий остряк, тип рельсов Р50	СП-6М	16757-00-00
Сбрасывающий остряк, тип рельсов Р65	СП-6М	16758-00-00
Крестовина с НПК, тип рельсов Р65, марка крестовины 1/11, 1/18	СП-6М	16835-00-00

Все напольные объекты ЭЦ: СЭП, светофоры, РЦ и т.д. соединяются с управляющей и контролирующей аппаратурой кабельной сетью [8]. Кабельный план станции строится на основании однониточного и двухниточного планов. С подготовленного кабельного плана на двухниточный план переносят основные трассы кабелей СЦБ,

разветвительные муфты, путевые ящики обогрева СЭП с указанием их ординат.

3.3 Канализация обратного тягового тока

Для правильной канализации обратного тягового тока на станции составляется схема, на которую условными обозначениями наносят все РЦ, ДТ и электротяговые соединители. В местах, где на стыках смежных РЦ пропуск тягового тока отсутствует, изображаются разрывы.

В горловинах станций и между приемо-отправочными путями могут образовываться замкнутые контуры из РЦ. Для повышения чувствительности к повреждениям элементов РЦ (обрыв СС, перемычки между ДТ и рельсом и др.) в контрольном режиме должно выполняться условие

$$L_{\text{К}} \geq 4L_{\text{РЦ}}^{\max} \qquad (2)$$

где $L_{\text{К}}$ – длина контура,

$L_{\text{РЦ}}^{\max}$ – длина самой длинной РЦ контура,

то есть длина контура должна быть не менее четырехкратной длины самой длинной из входящих в него РЦ. В противном случае уровень сигнального тока поврежденной РЦ, протекающего в обход по междроссельным, междупутным перемычкам и другим РЦ может оказаться достаточным для удержания путевого реле под током, и контрольный режим не будет выполняться.

Таким образом, для правильного составления схемы канализации обратного тягового тока необходимо произвести расчет контуров на выполнение условия (2).

В расчетах значение $L_{\text{К}}$ определяется как

$$L_{\text{К}} = \sum_{i=1}^{n} L_{i\text{РЦ}}\,, \qquad (3)$$

где $L_{i\ \text{РЦ}}$ – длины ответвлений РЦ, входящих в контур; для РЦ с питанием из середины (например, приемо-отправочных путей) учитывается только длина бóльшего плеча.

n – количество РЦ в контуре.

Длины ответвлений определяются по ординатам.

Если рассчитанная длина контура требованию (2) не удовлетворяет, контур размыкают – не устанавливают междроссельную перемычку между смежными РЦ. При этом на конце соответствующего ответвления РЦ ДТ может вообще не устанавливаться. В ряде случаев применяются РЦ с одним ДТ (однодроссельные РЦ). Однако при электротяге каждая РЦ должна иметь не менее двух выходов обратного тягового тока [4]. В однодроссельной РЦ за два выхода обратного тягового тока принимается подключение среднего вывода ДТ:

– к среднему выводу ДТ смежной РЦ;

– к среднему выводу ближайшего ДТ соседней (несмежной) РЦ двумя электротяговыми соединителями, проложенными в разных шпальных ящиках;

– к средним выводам двух разных ДТ двумя раздельными электротяговыми соединителями, проложенными в разных шпальных ящиках.

В необходимых случаях допускается пропускать обратный тяговый ток по неэлектрифицированным путям, для чего на них должна предусматриваться установка стыковых, электротяговых, дроссельных и стрелочных соединителей.

На рис. 16 приведена схема канализации обратного тягового тока для станции, двухниточный план которой изображен на рис. 12, 13. На схеме имеется два контура: образованный РЦ 11СП, 4П, 20-26СП и 2П, а также образованный РЦ 13СП, 3П, 16-22СП, 6-10СП, 12СП, 24СП, 5БП, 32СП и 5АП. Проверим эти контуры на выполнение требования (2).

Рассчитаем длины ответвлений РЦ, входящих в первый контур. Ординаты питающего конца РЦ 11СП – 631, обоих релейных – 568. Отсюда длина ответвлений РЦ 11СП, входящих в контур: 2(631–568) $L_{11\text{СП}} = 2 \cdot (631 - 568) = 126$ м.

В контур также входят два ответвления РЦ 20-26СП. Ординаты ее питающего конца 523, релейных концов 20-26АСП и 20-26БСП – 312, откуда $L_{20\text{-}26\text{СП}} = 2 \cdot (523 - 312) = 422$ м.

Кроме того в контур включены приемо-отправочные пути 2П и 4П. Питание этих РЦ осуществляется из середины, путевые генераторы установлены на ординате 103. Длины плеч составляют $L_{\text{А2П}} = L_{\text{А4П}} = 568 - 103 = 465$ м, $L_{\text{А2П}} = L_{\text{А4П}} = 568 - 103 = 465$ м. Поскольку $L_{\text{А2П}} = L_{\text{А4П}} > L_{\text{Б2П}} = L_{\text{Б4П}}$ длины РЦ приемо-отправочных путей для расчетов составляют $L_{2\text{П}} = L_{4\text{П}} = 465$ м.

Таким образом, величина $L_{\text{К}}$ по (3) составляет $L_{\text{К}} = L_{11\text{СП}} + L_{4\text{П}} + L_{20-26\text{СП}} + L_{2\text{П}} = 126 + 465 + 422 + 465 = 1478$ м, самая длинная РЦ $L_{\text{РЦ}}^{\max} = 465$ м, значит, $4L_{\text{РЦ}}^{\max} = 4 \cdot 465 = 1860$ м. Условие (2) не выполняется, поэтому контур проектируется разомкнутым (см. рис. 16).

Произведя аналогичные вычисления, определим, что длины остальных РЦ контура составляют

$L_{13\text{СП}} = 120$ м; $L_{3\text{П}} = 463$ м; $L_{16\text{-}22\text{СП}} = 145$ м; $L_{6-10\text{СП}} = 174$ м; $L_{12\text{СП}} = 148$ м; $L_{24\text{СП}} = 91$ м; $L_{5\text{БП}} = 508$ м; $L_{32\text{СП}} = 61$ м; $L_{5\text{АП}} = 330$ м.

Подставив эти значения в формулу (3) получим $L_{\text{К}} = 2040$ м. Для рассматриваемого контура $L_{\text{РЦ}}^{\max} = L_{5\text{БП}} = 508$ м, а $4L_{\text{РЦ}}^{\max} = 4 \cdot 508 = 2032$ м, т.е. условие (2) выполняется, контур можно делать замкнутым.

После составления плана канализации обратного тягового тока вносятся коррективы в двухниточный план (см. рис. 13, разрыв канализации обратного тягового тока между РЦ 4П и 20-26СП).

4 ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Содержание, объем и сроки выполнения курсового проекта по дисциплине «Напольное технологическое оборудование систем железнодорожной автоматики и телемеханики» определяется преподавателем – руководителем курсового проектирования. Эскиз плана станции выдается преподавателем из представленных на рис. 17–21. По согласованию с руководителем курсового проектирования допускается использовать схематический план станции, составленный студентом и защищенный в установленном порядке в процессе курсового проектирования по дисциплине «Эксплуатационные основы железнодорожной автоматики и телемеханики».

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и чертежей. Примерный план пояснительной записки состоит из введения, основной части и заключения. Рекомендуемый объем пояснительной записки 10-12 страниц машинописного текста.

К пояснительной записке прилагаются чертежи, выполненные на миллиметровой бумаге, размер которой кратен формату А4 – т.е. высота листа составляет 297 мм, а ширина кратна 210 мм. В соответствии с ГОСТ XXX на листе чертится рамка и основная надпись (штамп) с указанием учебного заведения, наименования работы, номера варианта, фамилии студента и преподавателя. Количество чертежей определяется руководителем курсового проекта.

Рекомендуемый перечень чертежей:

1. Схематический план станции.
2. Двухниточный план станции.
3. Схема канализации обратного тягового тока.
4. Схемы станционных рельсовых цепей: неразветвленной с одним путевым приемником, неразветвленной с двумя путевыми приемниками, разветвленной с одним, двумя и тремя путевыми приемниками.

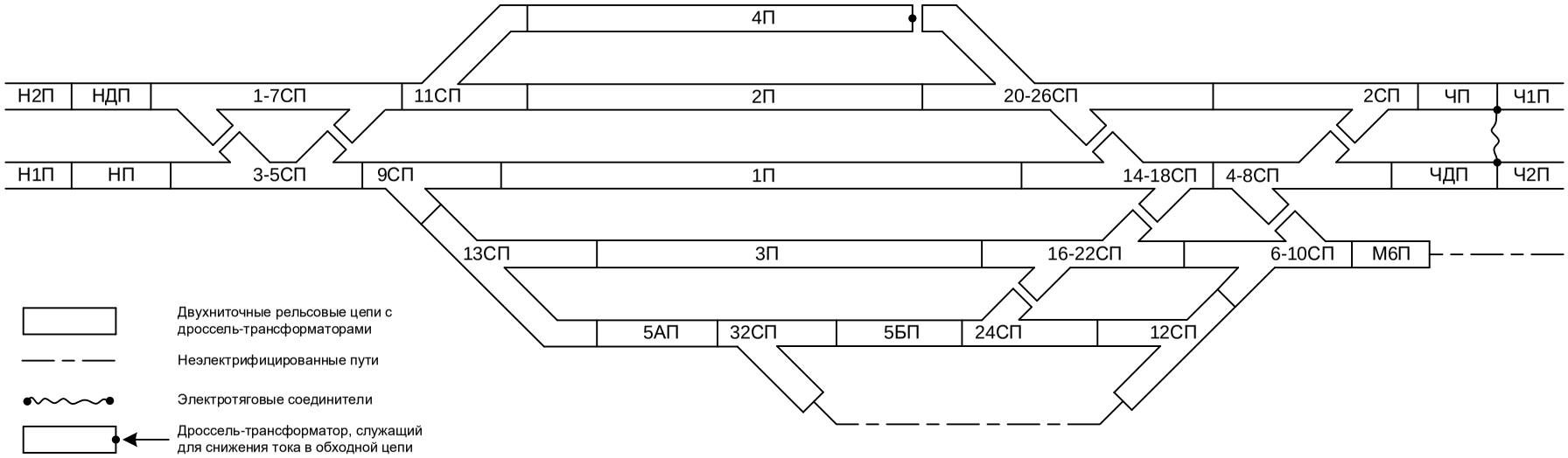


Рис. 16. Схема канализации обратного тягового тока

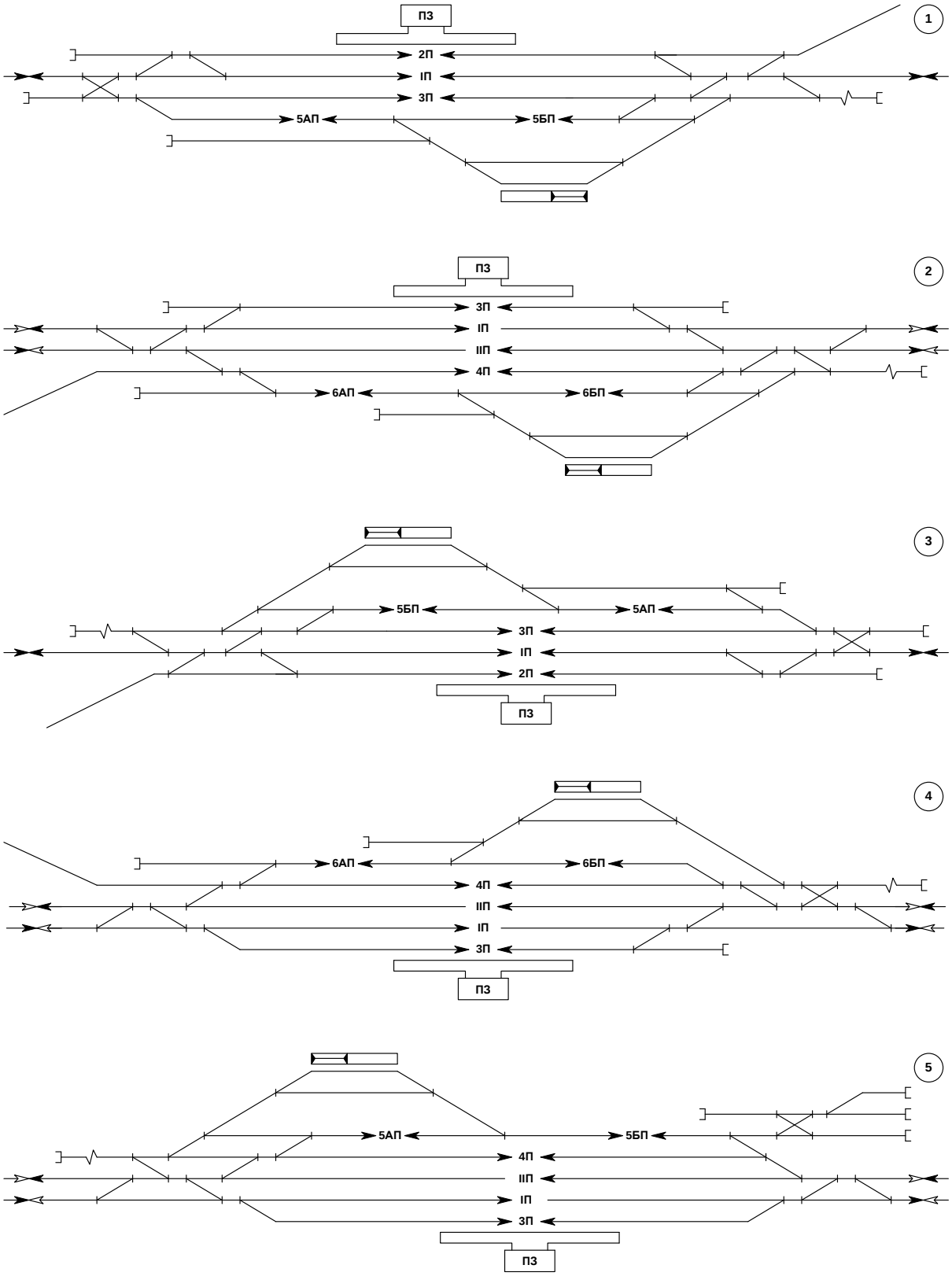


Рис. 17. Варианты заданий (начало)

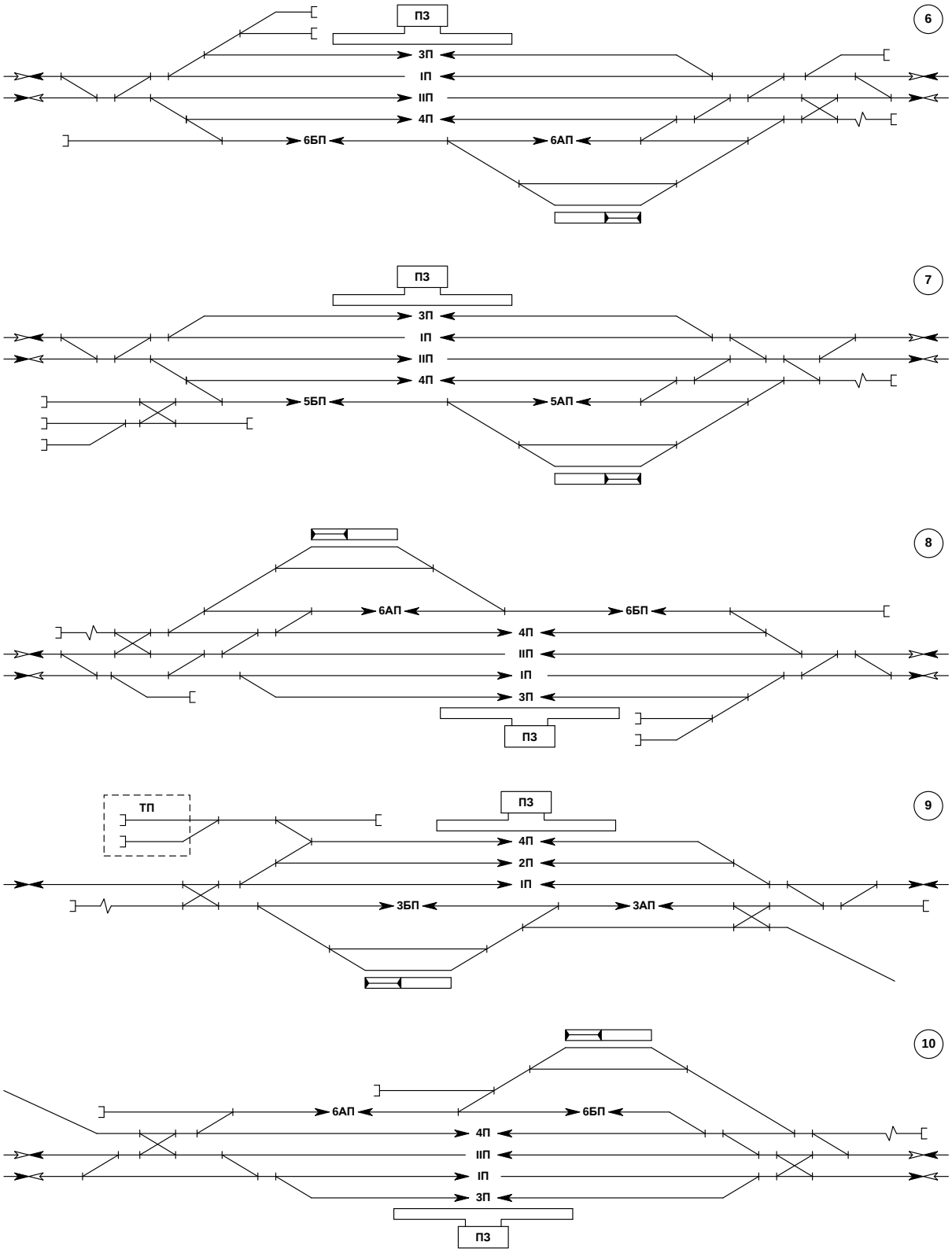


Рис. 18. Варианты заданий (продолжение)

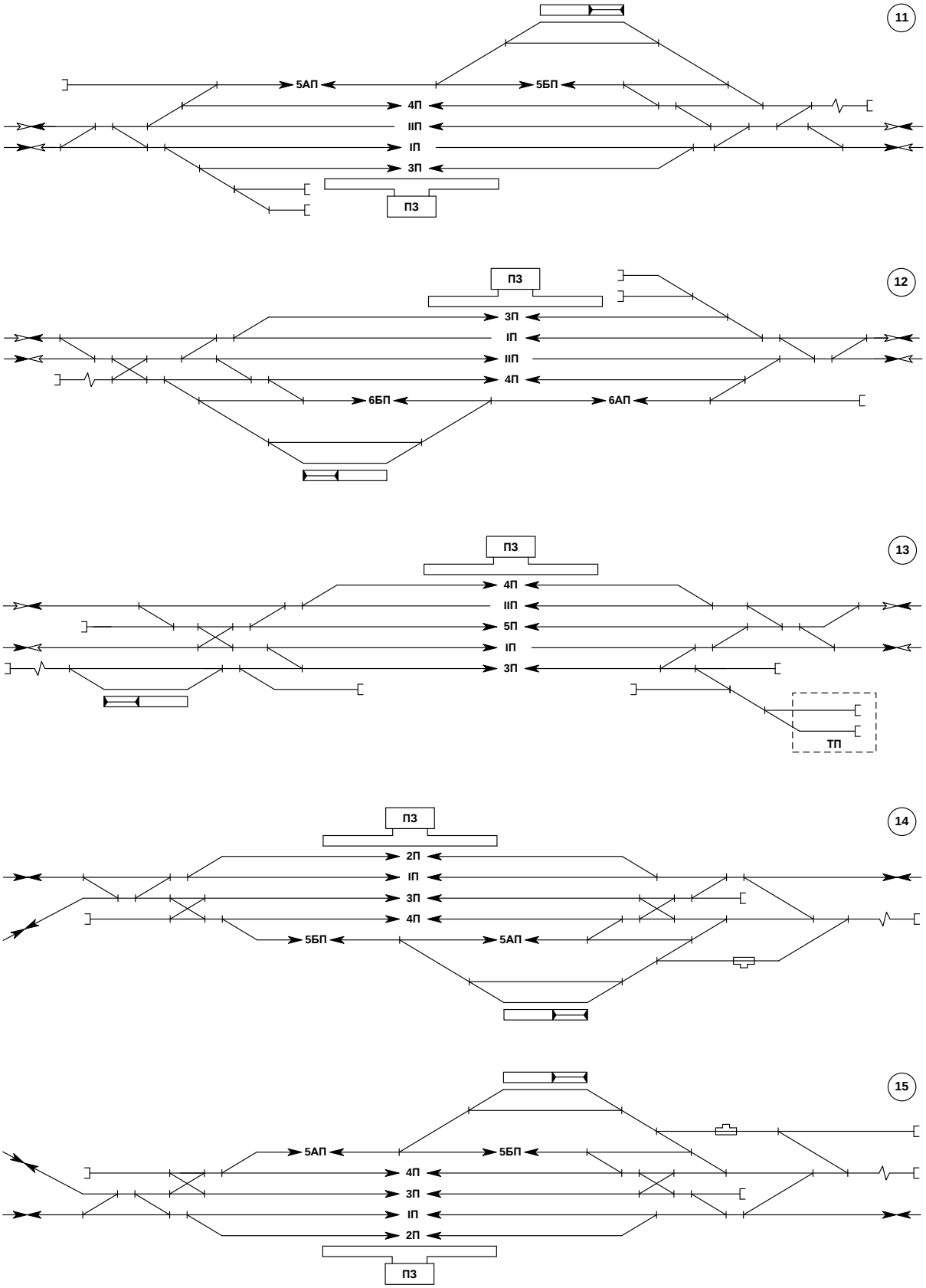


Рис. 19. Варианты заданий (продолжение)

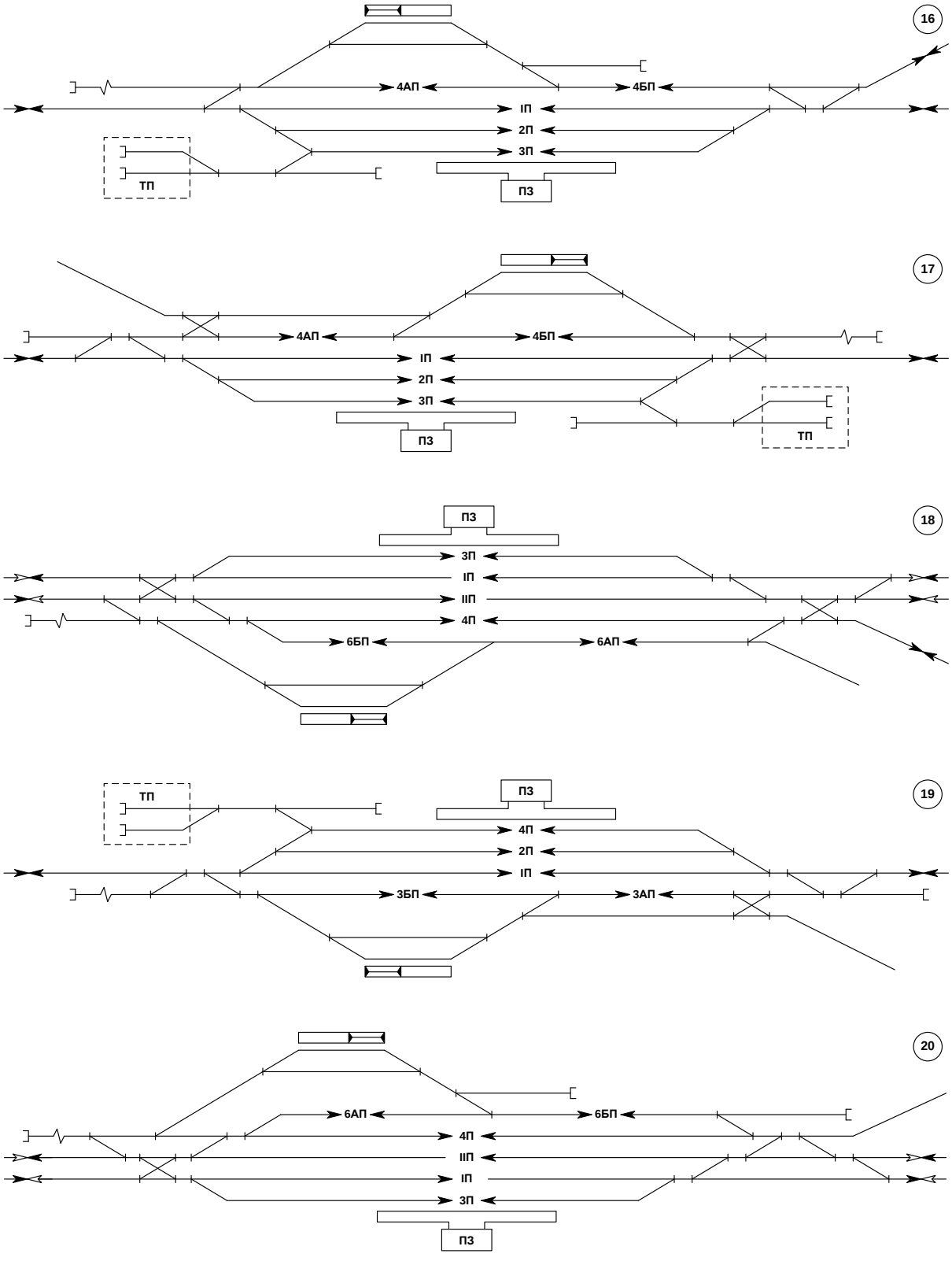


Рис. 20. Варианты заданий (продолжение)

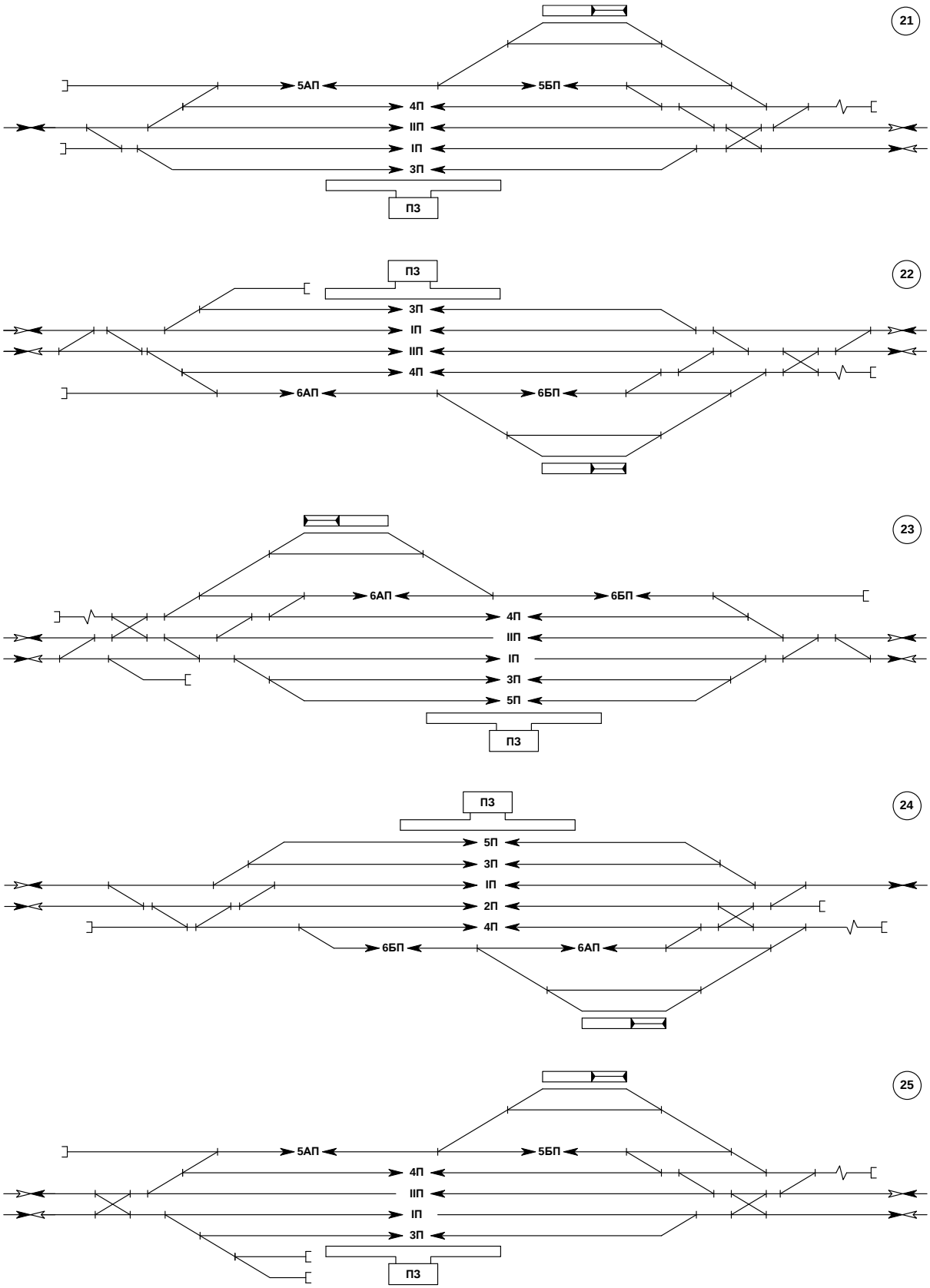


Рис. 21. Варианты заданий (продолжение)

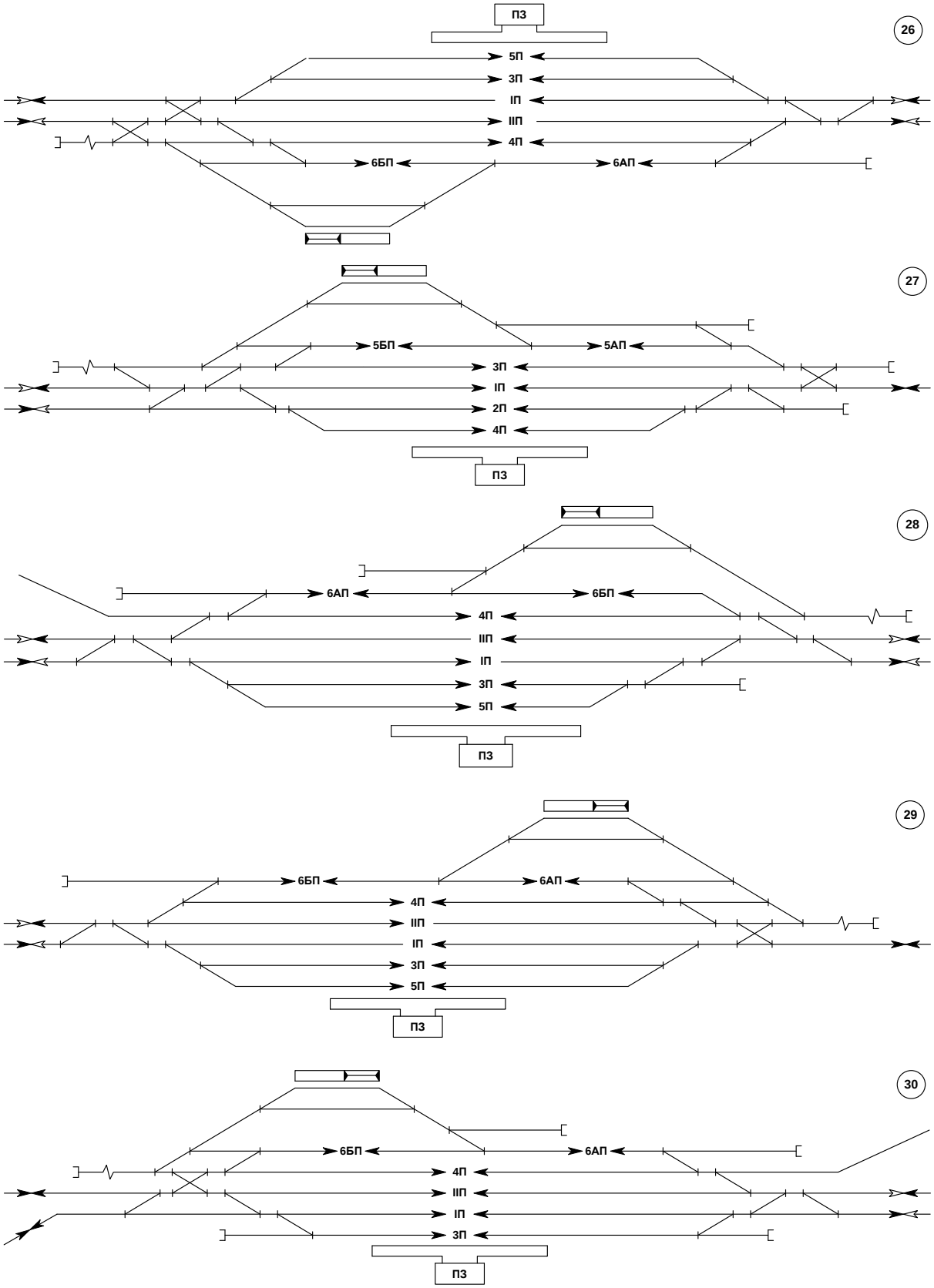


Рис. 22. Варианты заданий (окончание)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 2.749-84. ЕСКД. Элементы и устройства железнодорожной сигнализации, централизации и блокировки.

2. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. – М.: «Омега-Л», 2013. – 448 с.

3. Инструкция по сигнализации на железных дорогах Российской Федерации (ЦРБ/757). – М.: ЦВНТТ «Транспорт», 2000. – 128 с.

4. Нормы технологического проектирования устройств автоматики и телемеханики на федеральном железнодорожном транспорте (НТП СЦБ/МПС-99).

5. Правила по монтажу устройств СЦБ (ПР 32 ЦШ 10.02-96).

6. Типовые материалы для проектирования 410104-ТМП. Проектирование двухниточных планов станций с электрическими рельсовыми цепями. /Утв. МПС ЦШТех-27/22 от 26.10.2001/ ГТСС, 2001.

7. Станционные рельсовые цепи тональной частоты с наложением АЛС 25 (75) Гц при электротяге переменного тока ТРЦ-ЭТ50 (АЛС-25, 75)-С-96.

8. Кононов В.А., Лыков А.А., Никитин А.Б. Основы проектирования электрической централизации промежуточных станций. // Уч. пособие для вузов ж. д. транспорта. – М.: Маршрут. 2003. – 316 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....1
2 РЕЛЬСОВЫЕ ЦЕПИ.....1
2.1 Назначение и принцип действия рельсовых цепей.....1
2.2 Виды рельсовых цепей.....3
2.3 Основные параметры и режимы работы рельсовых цепей.....7
2.3 Тональные рельсовые цепи.....12
3 Проектирование двухниточного плана станции.....18
3.1 Элементы двухниточного плана и их условное изображение.18
3.2 Построение двухниточного плана станции.....21
3.3 Канализация обратного тягового тока.....31
4 ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....33
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....41

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДВУХНИТОЧНОГО ПЛАНА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ СТАНЦИИ

Учебное пособие
к курсовому проекту по дисциплине
по дисциплине «Напольное технологическое оборудование систем железнодорожной автоматики и телемеханики»

Составили: доцент ЛЫКОВ Андрей Александрович
старший преподаватель СОКОЛОВ Валерий Александрович

Редактор
Технический редактор
Корректор

Подписано в печать с оригинал-макета
Формат 60×84 1/16. Бумага для множ. апп. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 2,5. Уч.-изд. л. 2,5.
Заказ Тираж 300.
Петербургский государственный университет путей сообщения.
190031, СПб., Московский пр., 9.
Типография ПГУПС. 190031, СПб., Московский пр., 9.