

**МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ РФ
ДЕПАРТАМЕНТ КАДРОВ И УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

САМАРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

**Кафедра «Автоматика, телемеханика и связь
на железнодорожном транспорте»**

Методическое пособие

**по дисциплине
ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ
АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ
для студентов дневного обучения**

**Составители: Ю. И. Полевой
М.В. Трошина**

Самара - 2003

УДК 656

Методические указания по дисциплине “Физические основы железнодорожной автоматики и телемеханики” для студентов дневного обучения. – Самара: СамГАПС, 2003.- 40 с.

Утверждено на заседании кафедры 08.04.03. Протокол № 8.

Печатается по решению редакционно-издательского совета академии.

Методическое пособие предназначено для изучения конструкций реле, рельсовых цепей, светофоров стрелочных электроприводов, расстановке сигналов на станции и перегоне.

Составители: Полевой Юрий Иосифович,
Трошина Марина Васильевна.

Рецензенты: Главный инженер службы сигнализации и связи КБШ Ж.Д. Кандалин Н.В.,
доц. кафедры АТС Пугачев Я.Н.

Редактор: Егорова И.М.

Компьютерная верстка: Эрлих А.В.

Подписано в печать 10.04.03 .Формат 60x84
Бумага писчая. Печать оперативная. Усл. п.л. 2,5.
Тираж 100 экз. Заказ № 47.

Содержание

	Стр.
Введение	4
1. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики	4
2. Общие сведения о системах автоматики и телемеханики	4
3. Электромагнитное реле	7
3.1. Общие сведения	7
3.2. Реле железнодорожной автоматики	9
3.3. Механическая характеристика реле	11
3.4. Временные диаграммы работы реле	12
3.5. Условия для составления временной диаграммы	13
4. Рельсовые цепи	14
4.1. Выполняемые функции и структурные схемы	14
4.2. Режимы работы и основные требования	17
4.3. Расчет РЦ	21
4.4. Разветвленные РЦ	24
5. Конструкция стрелочного привода	26
6. Светофорная сигнализация	28
6.1. Устройство и установка светофоров	28
6.2. Расстановка светофоров автоблокировки	32
6.3. Расстановка сигналов на станции	36
7. Перспективы развития систем железнодорожной автоматики и телемеханики	39
Библиографический список	40

Введение

Методическое пособие предназначено для студентов второго курса Электротехнического факультета. В пособии приводится перечень и пояснения для проведения практических занятий по дисциплине ФОЖАТ. По дисциплине нет специального учебника, и настоящее пособие является первым печатным материалом. Ряд книг и методических указаний, которые были использованы для составления настоящего пособия, являются учебниками или пособиями по дисциплинам «Георетические основы автоматики и телемеханики», «Путевая блокировка и автоблокировка», «Станционные системы автоматики и телемеханики» и др. Книги написаны специфичным техническим языком и представляют некоторую сложность при первоначальном освоении материала. Настоящее пособие составлено с учетом того, что студент впервые знакомится с техническими терминами и устройствами железнодорожной автоматики и телемеханики.

В пособии приводится материал, рассчитанный на девять аудиторных занятий (18 часов) и 9 часов самостоятельной подготовки.

1. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики

На железнодорожном транспорте, как и во всех отраслях народного хозяйства, широко применяют автоматизацию и телемеханизацию производственных процессов, и, прежде всего, процессов управления движением поездов. Первые системы железнодорожной автоматики механического типа появились в середине XIX века. В XX веке им на смену пришли электрические релейно-контактные системы. На современном этапе развития железнодорожной техники широко внедряются микроэлектронная и микропроцессорная аппаратура. К основным системам железнодорожной автоматики и телемеханики относятся электрическая централизация стрелок и сигналов (система регулирования движения поездов на станциях), автоматическая блокировка и диспетчерская централизация (системы регулирования движением поездов соответственно на перегонах и участках), устройства автоматики на сортировочных горках. Работа систем железнодорожной автоматики и телемеханики протекает в сложных эксплуатационных условиях, определяемых высокими скоростями и большой интенсивностью движения поездов, а также часто трудными климатическими условиями. К специфическим условиям работы этих систем относится и то, что они, обеспечивая безопасность движения поездов, в качестве каналов связи используют рельсовые цепи и испытывают влияние помех от токов электрической тяги и др.

2. Общие сведения о системах автоматики и телемеханики

Автоматика – отрасль техники, изучающая теорию автоматического управления, принципы построения автоматических систем и образующих их технических средств.

Автоматическим управлением называется управление техническим объектом, осуществляющее без непосредственного участия человека. Роль человека при этом сводится к наблюдению за работой систем автоматического управления (САУ), к их включению или выключению. Если функции управления частично выполняет человек, то такие системы называют автоматизированными.

Система автоматического управления (или автоматическая система) состоит из управляемого объекта (УО) и автоматического управляющего устройства (АУУ), взаимодействующих между собой. Управляемым объектом является устройство, осуществляющее некоторый технический процесс. Правильное выполнение этого процесса определяется совокупностью предписаний, которая называется *алгоритмом функционирования*. Для выполнения алгоритма функционирования УО необходимо наличие специально организованных воздействий извне со стороны АУУ. Характер этих воздействий определяется совокупностью предписаний, которая называется *алгоритмом управления*.

Примером САУ служит система автоматического ведения поезда, используемая в метрополитене (рис. 1). Управляемым объектом является поезд, который перевозит пассажиров и грузы (технический процесс). Алгоритм функционирования определяет движение поезда с данной скоростью, остановку его в определенных точках пути (на станциях) и обеспечение безопасности движения. Управление поездом для правильного выполнения им перевозочного процесса осуществляет АУУ - "Автомашинист".

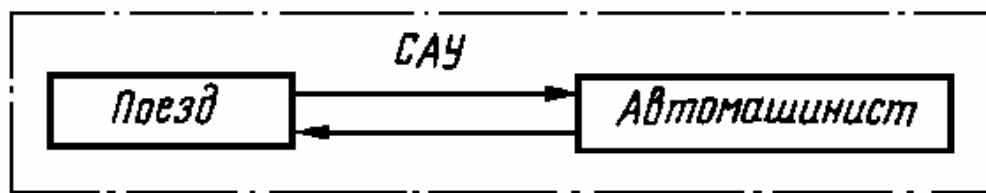


Рис.1. Структурная схема системы «автомашинист»

В системе автоматического управления (рис. 2) устройство предварительной обработки информации 1 воспринимает воздействие внешней среды и внутренние контрольные воздействия. К внешним воздействиям относятся изменения некоторых параметров (температуры, давления и т. п.), воздействия со стороны человека-оператора или другой автоматической системы. Блок 1 содержит разнообразные датчики и органы управления. В задающем или программном устройстве 2, определяющем алгоритм функционирования САУ, записывается программа работы системы с помощью каких-либо запоминающих устройств (перфолента, перфокарта, релейные блоки памяти, программирующие устройства, вычислительные системы и др.). Устройство 3 формирования команд управления реализует алгоритм управления в зависимости от программы работы системы и поступающих в данный момент времени внешних и контрольных воздействий. Блок 3 реализуется как некоторое логическое или вычислительное устройство и в современных системах содержит обычно микропроцессор или микроЭВМ. Усилительно-преобразовательное устройство 4 усиливает и преобразовывает сигналы управления, вырабатываемые блоком 3, а также включает исполнительное устройство 5. Устройство 5, содержащее двигатели, приводы, реле, клапаны, контакторы и другие исполнительные механизмы, действует на управляемый объект 6. С помощью датчиков измерительное устройство 7 фиксирует результаты управления на выходе САУ и подает их на вход системы, чем обеспечивается обратная связь.

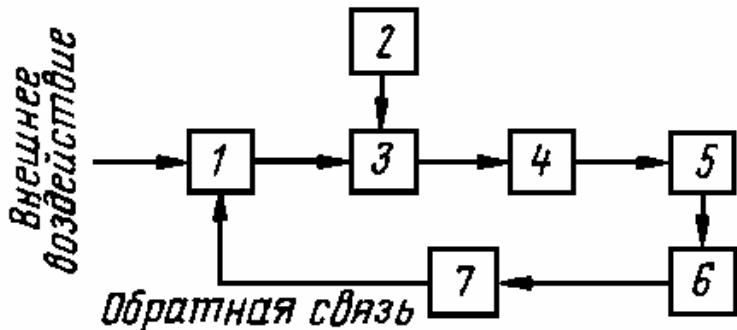


Рис. 2. Структурная схема САУ

Автоматическая система "Автодиспетчер" (рис. 3) осуществляет автоматическое управление движением поездов на однопутном участке дороги. Управляемыми объектами являются стрелки и сигналы на промежуточных станциях, для управления которыми каждую станцию оборудуют системой электрической централизации ЭЦ. Системы электрической централизации всех станций связаны с диспетчерским пунктом ДП, который находится на крупной участковой станции, с помощью системы диспетчерской централизации ДЦ. Последняя через переходное устройство ПУ взаимодействует с электронно-вычислительной машиной ЭЦВМ. Эти связи являются двусторонними и содержат каналы управления и контроля. По каналу контроля в ЭЦВМ непрерывно поступает информация о поездной ситуации на диспетчерском участке. На основании этой информации и в соответствии с запланированным графиком движения ЭЦВМ сравнивает большое число вариантов и принимает оптимальные решения по регулированию движением поездов. Эти решения по каналу управления через ПУ и ДЦ передаются в систему ЭЦ, где они реализуются.

Таким образом, ЭЦВМ является устройством формирования команд управления, ПУ и ДЦ по каналу управления – усилильно-преобразовательными устройствами, ЭЦ – исполнительным устройством, а ДЦ и ПУ по каналу контроля являются соответственно измерительным устройством и устройством предварительной обработки информации. График движения поездов определяет алгоритм функционирования.

Телемеханика - область технической науки об управлении объектами на расстоянии с помощью посылки специальных кодированных сигналов. Телемеханическая система (рис. 4) содержит органы управления и контроля ОУК, управляемые объекты УО, а также устройства кодирования УК и декодирования УД, которые обеспечивают передачу по линии связи большого количества информации по управлению и контролю управляемыми объектами. Часто система телемеханики является составной частью САУ. Например, в системе "Автодиспетчер" системой телемеханики является диспетчерская централизация.

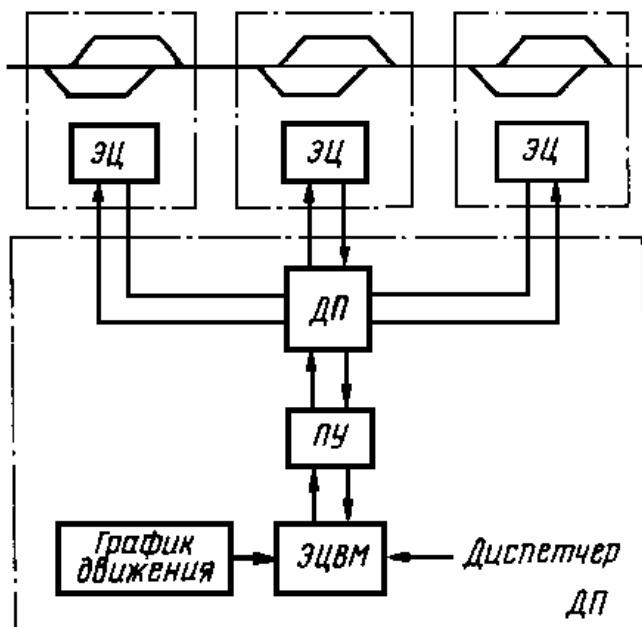


Рис. 3. Структурная схема «автодиспетчера»



Рис. 4. Структурная схема телемеханической системы

Аналогичную структуру имеют системы связи по передаче данных и речевых сигналов (рис. 5). В них передающее Пер У и приемное Пр У устройства решают задачи модуляции и демодуляции сигналов, поступающих к абоненту А, и задачи разделения каналов связи.

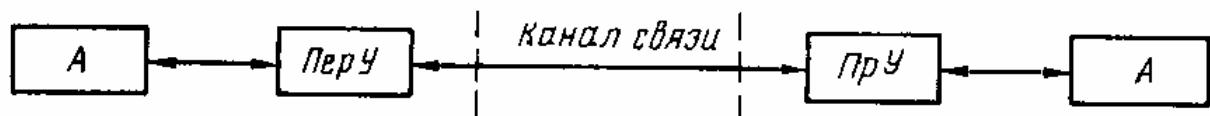


Рис. 5. Структурная схема системы связи

Любая система автоматики, телемеханики и связи состоит из отдельных элементов. Свойства системы, ее надежность и работоспособность, принципы построения и методы обслуживания зависят как от ее структуры, т. е. от способа соединения элементов между собой, так и от свойств самих элементов. Поэтому изучение теоретических основ автоматики, телемеханики и связи необходимо начинать с изучения элементов, из которых состоят эти системы.

3. Электромагнитное реле

3.1. Общие сведения

Электромагнитное реле появилось во второй половине XIX века после изобретения электромагнита. Само слово "реле" – французское *relais* и означает "пункт перегрузки", "место смены лошадей". Выбор этого термина отражает тот факт, что реле –

элемент, переключающий внешние цепи нагрузки.

Теперь мы можем сказать, что изобретение реле явилось важным событием в истории развития техники по своему значению сравнимое с последующим изобретением транзистора. С помощью реле появилась возможность создавать сложные автоматические системы управления и возможность эффективно управлять объектами на расстоянии. Это в свою очередь вызвало развитие теории автоматического управления, теории релейных схем и дискретных устройств. На реле были построены первые вычислительные устройства и машины. Таким образом, именно изобретение электромагнитного реле положило начало сегодняшнему высокому уровню развития средств автоматизации.

Элементом релейного действия, или реле называется элемент автоматики, имеющий выходную характеристику (рис. 6), называемую *релейной*. Ее особенностью является скачкообразное изменение выходной величины y при непрерывном изменении входной величины x . В этом состоит отличие реле от других элементов (усилители, двигатели, трансформаторы и др.), у которых выходная величина изменяется плавно, непрерывно. Реле еще называют *дискретным элементом*, так как его состояние меняется скачком, дискретно.

Реле имеет два состояния. Состоянию "Выключено" соответствует значение $y = y_{выкл}$; состоянию "Включено" – $y = y_{вкл}$.

Если $x = 0$, то реле обесточено и $y = y_{выкл}$ (точка а). С увеличением значения x выходная величина y до определенного предела не изменяется. При $x = x_{вкл}$ реле срабатывает, и величина y , изменяясь скачкообразно, принимает значение $y_{вкл}$ (точка b). При дальнейшем увеличении x значение y не изменяется. В случае уменьшения величины x и достижения значения $x = x_{выкл}$ происходит обратный скачок, реле обесточивается и $y = y_{выкл}$ (точка c). При дальнейшем уменьшении x до нуля значение y не изменяется.

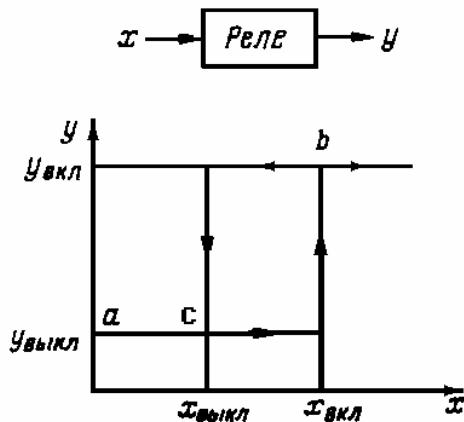


Рис. 6. Релейная характеристика

Таким образом, реле является двоичным (двухпозиционным) элементом, обладающим свойством гистерезиса, так как $x_{выкл} < x_{вкл}$. Данная характеристика является идеальной. В некоторых случаях у реальных элементов релейная характеристика отличается тем, что ее отрезки не строго параллельны осям x и y или не строго прямые линии.

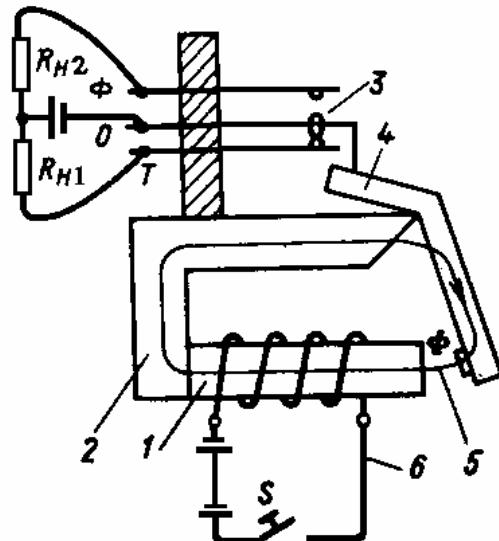


Рис. 7. Электромагнитное реле

Электромагнитное реле постоянного тока (рис. 7) состоит из электромагнита и контактной системы. Обмотка 6 служит для создания магнитного потока Φ и располагается на сердечнике 1. Путь для магнитного потока (магнитопровод) образуют сердечник 1, ярмо 2, якорь 4 и воздушный зазор 5. На ярме крепятся контактная система 3 и якорь. Якорь является подвижной частью магнитопровода и служит для механического воздействия на контакты. Контактная система, переключающая внешние цепи (нагрузки R_{H1} и R_{H2}), состоит из трех упругих пружин с укрепленными на них контактами. Пружина О общего контакта механически связана с якорем. Нижний контакт Т называется тыловым. Он замкнут, если реле обесточено. Через тыловой контакт включается нагрузка R_{H1} , которая нормально должна быть включена (например, красная лампа входного светофора на станции). Верхний контакт Φ называется фронтовым. Он разомкнут, если реле обесточено. Через фронтовой контакт включается нагрузка R_{H2} , которая нормально должна быть выключена (например, зеленая лампа светофора на станции).

Принцип действия данного реле – это принцип действия электромагнита. При замыкании ключа S к выводам обмотки подключается источник питания. По обмотке протекает ток, и создается магнитный поток Φ . В результате чего якорь притягивается к сердечнику и перемещает вверх пружину О. Размыкается тыловой контакт и замыкается фронтовой. Нагрузка R_{H1} выключается, а нагрузка R_{H2} включается. При размыкании ключа S и отключении обмотки реле от источника питания якорь возвращается в исходное (отпущенное) состояние под действием силы со стороны упругих пружин Ф и О; размыкается фронтовой контакт и замыкается тыловой. Нагрузка R_{H2} выключается, а нагрузка R_{H1} включается.

3.2. Реле железнодорожной автоматики

Реле железнодорожной автоматики имеют специальное условное обозначение (шифр), состоящее из букв и цифр. В большинстве случаев на первом месте стоят буквы, которые указывают тип реле: Н – нейтральное, П – поляризованное, К – комбинированное, И – импульсное, ДС – двухэлементное секторное. У реле, предназначенных для использования в схемах автоблокировки, применяют буквы АН – автоблокировочное нейтральное. Эти реле выпускают на напряжение питания 12 В

постоянного тока. Большинство остальных реле имеют напряжение питания 24 В.

В обозначении малогабаритных реле на втором месте обычно расположена буква М (НМ). Буква Ш означает штепсельное исполнение реле, а буква Р - нештепсельное (НМШ, НР). Вторую букву М применяют в обозначении медленнодействующих реле (НМШМ), буквы П, В и Т используют в обозначении пусковых реле, реле с выпрямителями и с термоэлементом (НМПШ, ИМВШ, НМШТ). Первые буквы А и О служат для обозначения аварийных и огневых реле (АШ, ОМШ).

В обозначении реле после букв следует цифра, характеризующая число контактных групп. Цифра 1 означает, что контактный набор у реле содержит восемь переключающих контактов (8фт); цифра 2 - четыре переключающих контакта (4фт); цифра 3 - два переключающих и два фронтовых контакта (2фт), (2ф); цифра 4 - четыре переключающих и четыре фронтовых контакта (4фт), (4ф); цифра 5 - два переключающих и два тыловых контакта (2фт), (2ф). Цифры, отделенные дефисом, указывают сопротивление обмоток в омах.

Например, обозначение реле НМШМ2-3000 означает: нейтральное малогабаритное штепсельное медленнодействующее реле, имеющее четыре переключающих контакта и обмотки сопротивлением 3000 Ом. Если реле имеет две обмотки с разным сопротивлением, то цифры записывают в виде дроби, например НМШЗ-550/400.

У реле РЭЛ (реле электромагнитное) буквенные и цифровые обозначения иные. Нейтральное штепсельное реле обозначают РЭЛ (РЭЛ1, РЭЛ2), а нештепсельное - БН (БН1, БН2). Поляризованное реле имеет обозначение ПЛЗ, БПЗ; огневое реле – ОЛ2, БО2; аварийное реле – А2, БА2; пусковое стрелочное реле – С5, БС5. Цифра 1 означает, что реле имеет шесть переключающих и два фронтовых контакта (6фт), (2ф); цифра 5 – три переключающих и один фронтовой контакт (3фт), (1ф); цифры 2 и 3 имеют тот же смысл, что и в обозначениях реле типа НМШ.

Реле железнодорожной автоматики третьего класса надежности обозначаются КДР (кодовое реле) и КДРШ. В устройствах связи и промышленной автоматики наиболее распространены нейтральные реле с круглым сердечником РКН, с плоским сердечником РПН, малогабаритные реле РКМ и РС, миниатюрные и сверхминиатюрные реле РЭС, поляризованные реле РП.

Таблица 1

Реле	I и II классы надежности	III класс надежности
Нейтральное		
Нейтральное с замедлением на отпускание якоря		
То же с выпрямителем		
Поляризованное		
То же с преобладанием одной полярности		-
Комбинированное		

Продолжение табл.1

Переменного тока		
То же двухэлементное		-

В табл. 1 приведены условные обозначения обмоток реле различного типа.

3.3. Механическая характеристика реле

Работу реле определяют две характеристики - механическая и тяговая. Рассмотрим механическую характеристику на примере реле НМШ (рис. 8). Основными частями этого реле являются: обмотка 10, сердечник 7, ярмо 1, якорь 6, груз 9 для возвращения якоря в отпущенное положение, антимагнитный штифт высотой δ_0 , контактная тяга 4 с верхним 3 и нижним 2 штифтами, контактная система 5. Когда якорь реле отпущен, воздушный зазор равен δ , а когда притянут, то δ_0 .

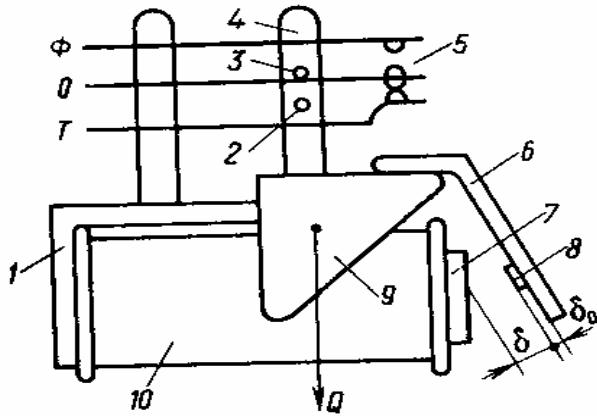


Рис. 8. Реле НМШ

Механической характеристикой реле называется зависимость механических усилий, преодолеваемых при перемещении якоря, от значения хода якоря: $f_m\phi(\delta)$.

Притяжению якоря препятствуют масса якоря и груза Q , сопротивление упругих контактных пружин и силы трения. Механическая характеристика реле НМШ (рис. 9) имеет вид ломаной линии $abcd$ и может быть построена экспериментально или в результате расчета.

В исходном положении, когда якорь реле отпущен, под действием силы Q (рис.8) верхний штифт 3 контактной тяги давит сверху вниз на пружину О и изгибает ее, чем создается контактное нажатие на тыловом контакте. Точка a (рис.9) соответствует началу движения якоря. При этом воздушный зазор равен δ , и требуется приложить к якорю силу Q . Участок ab характеристики соответствует первому этапу движения якоря, когда контактная тяга 4 (рис.8) поднимается вверх, и выпрямляется пружина О. Для этого требуется приложить силу f_1 (рис.9), и якорь перемещается на расстояние δ_1 . Затем нижний штифт 2 (рис.8) подхватывает снизу пружину О и перемещает ее вверх до замыкания фронтового контакта. Этому соответствует участок be (рис. 9). Участок cd соответствует совместному изгибу вверх пружин О и Ф, чем обеспечивается контактное нажатие на фронтовом контакте.

Механическая характеристика необходима для расчета параметров электромагнита

реле. Тяговое усилие f_s , развиваемое электромагнитом, должно быть больше силы f_m , препятствующей притяжению якоря, при всех значениях δ . Это условие срабатывания реле: $f_s > f_m$.

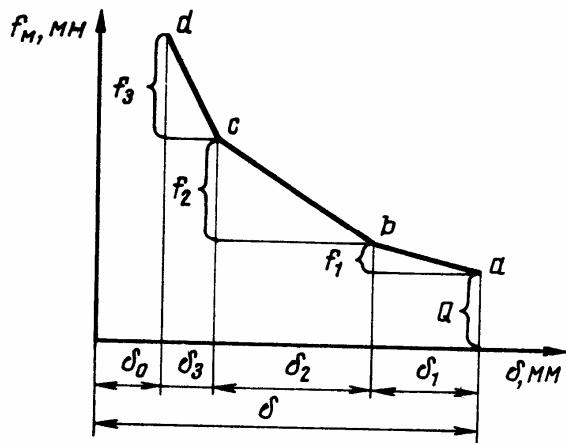


Рис. 9. Механическая характеристика реле

3.4. Временные диаграммы работы реле

Процессы, которые происходят при притяжении и отпускании якоря реле, удобно отображать на специальных временных диаграммах (рис. 10). При срабатывании реле происходят три события, которым соответствуют точки на временной диаграмме (рис. 10, а): точка 1 – момент включения реле; точка 2 – момент размыкания тылового контакта; точка 3 – момент замыкания фронтового контакта. Отрезок 1 – 2 соответствует времени $t_{\text{тр. пр}}$ (время трогания при притяжении), отрезок 2 – 3 – $t_{\text{пер. пр}}$ (время перелета при притяжении), отрезок 1 – 3 – $t_{\text{пр}}$ (время притяжения). При обесточивании реле также происходят три события: точка 4 – выключение обмотки реле, точка 5 – момент размыкания фронтового контакта, точка 6 – момент замыкания тылового контакта. Отрезок 4 – 5 соответствует времени $t_{\text{тр. отп}}$ (время трогания при отпадании), отрезок 5 – 6 – $t_{\text{пер. отп}}$ (время перелета при отпадании), отрезок 4 – 6 – $t_{\text{отп}}$ (время отпадания). Заштрихованная площадь на диаграмме представляет собой время (отрезок 1 – 4), в течение которого по обмотке реле протекает ток.

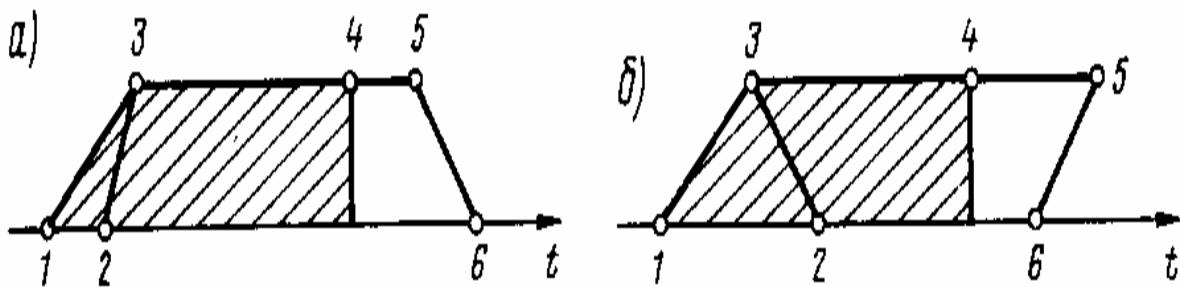


Рис. 10. Временные диаграммы работы реле

На рис. 10, б приведена временная диаграмма для мостового контакта. При срабатывании реле у него сначала (во времени) замыкается фронтовой контакт (точка 3), а затем размыкается тыловой (точка 2). При обесточивании реле сначала замыкается тыловой контакт (точка 6), а затем размыкается фронтовой (точка 5).

Временные диаграммы используют для записи работы релейно-контактных схем.

Работа пульс-пары (рис. 11, а) генератора импульсов на двух реле А и В отображена на временной диаграмме (рис. 11, б). В момент нажатия кнопки S срабатывает реле А (точка 1). При замыкании фронтового контакта 11-12 А (точка 3) срабатывает реле В (точка 1'). Размыкание тылового контакта 11-13 А (точка 2) приводит к обесточиванию реле А (точка 4). При размыкании контакта 11-12 В (точка 5) обесточивается реле В (точка 4'), а при замыкании контакта 11-13 В (точка 6') опять срабатывает реле А и работа схемы повторяется до тех пор, пока нажата кнопка S. Лампа EL периодически включается контактом 21-22 А.

Временные диаграммы являются наиболее детальным способом записи работы релейно-контактных схем, которые отражают все события, происходящие в ее работе, и позволяет рассчитывать временные характеристики схемы. Например, зная временные параметры реле А и В, можно рассчитать время, в течение которого горит ($t_{имп}$) и не горит ($t_{инт}$) лампа EL.

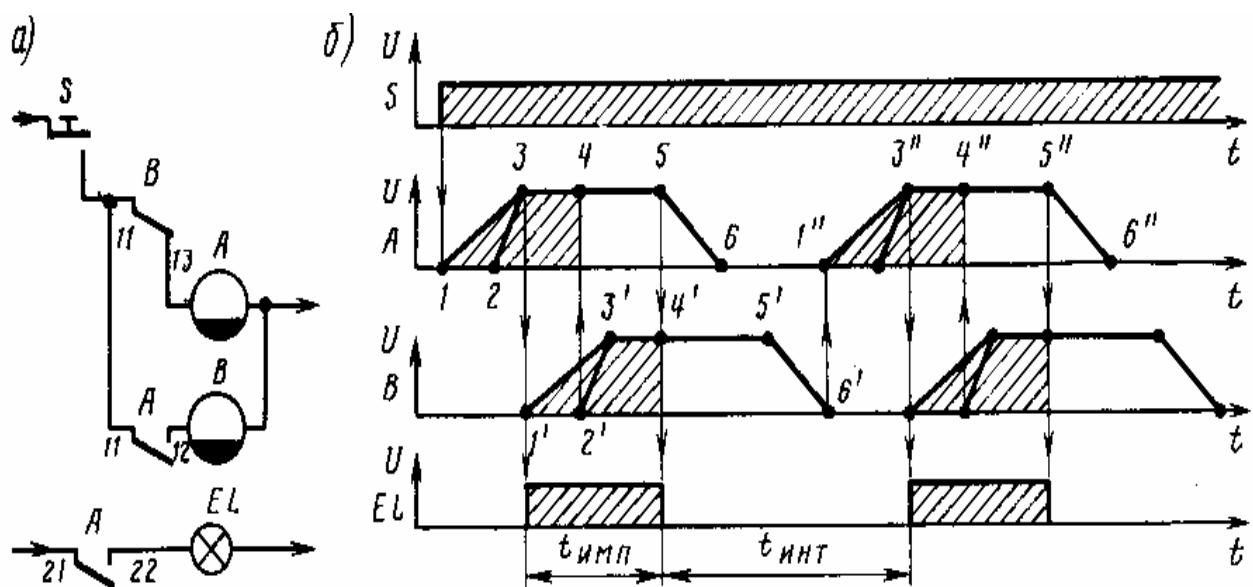


Рис. 11. Схема пульс-пары и временная диаграмма ее работы

3.5. Условия для составления временной диаграммы

Составить временную диаграмму для схемы на рис. 11, а, если замедления реле А и В имеют значения, приведенные в таблице 2. В графе таблицы «№ п.п.» указаны порядковые номера вариантов, в графе «Зам.А» – замедления реле А в секундах, в графе «Зам.В» – замедления реле В в секундах. При составлении временной диаграммы сначала приводится схема включения реле А и В, а также схема включения лампочки, затем сама диаграмма. Горизонтальный масштаб диаграммы – в одном сантиметре 0,1 с, вертикальный масштаб выбирается произвольно.

Таблица 2

№ п.п.	Зам. А	Зам. В	№ п.п.	Зам. А	Зам. В	№ п.п.	Зам. А	Зам. В
1	0,1	0,2	11	0,1	0,3	21	0,1	0,4
2	0,2	0,3	12	0,2	0,4	22	0,2	0,5
3	0,3	0,4	13	0,3	0,5	23	0,3	0,1

4	0,4	0,5	14	0,4	0,1	24	0,4	0,2
5	0,5	0,1	15	0,5	0,2	25	0,5	0,3
6	0,1	0,2	16	0,1	0,3	26	0,1	0,4
7	0,2	0,3	17	0,2	0,4	27	0,2	0,5
8	0,3	0,4	18	0,3	0,5	28	0,3	0,1
9	0,4	0,5	19	0,4	0,1	29	0,4	0,2
10	0,5	0,1	20	0,5	0,2	30	0,5	0,3

4. Рельсовые цепи

4.1. Выполняемые функции и структурные схемы

Современные автоматические и автоматизированные системы регулирования движения поездов на железных дорогах базируются на первичной дискретной информации о состоянии пути. Такую информацию собирают и формируют первичные путевые датчики.

По принципу устройства и действия они могут быть точечными и непрерывными.

Наибольшее распространение получили путевые датчики непрерывного типа, которые обладают большими функциональными возможностями и могут применяться в различных эксплуатационных условиях – на перегонах, станциях, сортировочных горках и др.

В качестве путевого датчика непрерывного типа на железных дорогах используются электрические рельсовые цепи.

Электрической рельсовой цепью, или сокращенно рельсовой цепью (РЦ), называется путевой датчик состояния железнодорожного пути, воспринимающим элементом которого является рельсовая линия. Благодаря этому устанавливается непрерывная связь между подвижным составом и устройствами, регулирующими движение поездов и обеспечивающими его безопасность.

В наиболее ответственных случаях – на перегонах и станциях, где происходит движение поездов с большими скоростями, РЦ фиксирует наличие подвижного состава на изолированном путевом участке и целостность рельсовых нитей (отсутствие полного механического и электрического разрыва рельсовой нити), т. е. состояния РЦ, наиболее опасные для движения поездов. При отсутствии подвижного состава и исправности рельсовых нитей РЦ формирует сигнал, эквивалентный логической единице. Если рельсовые нити заняты или электрически разорваны, РЦ формирует сигнал, соответствующий логическому нулю. Информацию о состоянии пути и целости рельсовой нити известные до сего времени схемы РЦ не разделяют, но такое разделение информации о состоянии путевых участков весьма желательно.

В ряде случаев РЦ выполняют лишь функции путевого датчика, фиксирующего только наличие подвижного состава на изолированном участке или факт проследования поездом определенной точки пути.

Одним из важных качеств РЦ является возможность использования их также в качестве телемеханического канала связи между смежными пунктами (сигнальными точками) в кодовой АБ и передачи оперативной информации с пути на локомотив в системах АЛСН (автоматическая локомотивная сигнализация).

Рельсовые цепи выполняют разнообразные и очень ответственные функции, работают в различных эксплуатационных условиях (на перегонах, станциях,

сортировочных горках, в зоне переездов и др.) при различных видах тяги.

В связи с ростом скоростей и интенсивности движения, а также массы поездов требования к РЦ как путевым датчикам и телемеханическим каналам повышаются и расширяются, в то время как условия, в которых они работают, все время усложняются: повышаются уровни и расширяется спектральный состав помех от тяговых токов и энергосистем, а также от токов поездного централизованного электрического освещения и отопления пассажирских вагонов; ухудшаются электрические параметры рельсовых линий, особенно при железобетонных шпалах, и др.

Для удовлетворения требований к РЦ при указанных условиях приходится непрерывно изыскивать новые методы и технические средства. В связи с этим на дорогах применяют большое количество различных типов и разновидностей РЦ.

Наиболее простой является РЦ постоянного тока с непрерывным питанием (рис. 12), состоящая из рельсовой линии (рельсовые нити со стыковыми соединителями С): передающий конец с источником электрической энергии и ограничивающим резистором (ограничителем) R_0 ; приемный конец с приемником электрической энергии – путевым реле П. В большинстве случаев источник и приемник расположены на разных концах рельсовой линии, а реле П возбуждено. По концам на каждой рельсовой нити устанавливают изолирующие стыки ИС, электрически разделяющие ее со смежными цепями. Ток I_c , посылаемый в рельсовую линию для контроля ее состояния, называют сигнальным током.

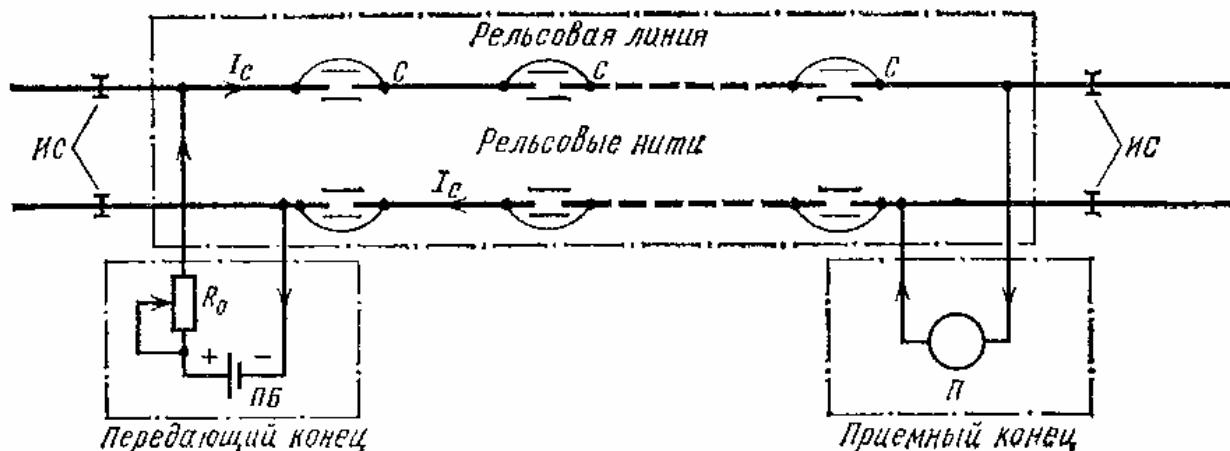


Рис. 12. Простейшая рельсовая цепь

Более сложными являются РЦ, используемые в качестве телемеханического канала связи в кодовых системах автоблокировки и непрерывных системах АЛС.

Общую структурную схему РЦ для кодовой АБ с числовым кодом (рис. 13) образуют следующие звенья: источник И или генератор Г, получающий питание от сети переменного тока частотой f_n и вырабатывающий сигнальный ток частотой f_c , решающее звено РЗ, управляющее шифратором сообщений, роль которого выполняет дешифратор, отражающий состояние переди лежащей рельсовой цепи РЦЗ, шифратор Ш, модулирующий переменный ток частотой f_c в соответствии с передаваемыми кодовыми сигналами; линейный передатчик ЛП; линия связи – промежуточная и защитная аппаратура ПА1 и ПА2 и рельсовая линия; путевой приемник – фильтр, усилитель, выпрямитель и импульсное путевое реле ИП, путевой дешифратор ПД, связанный с выходом путевого приемника и управляющий светофором Св1, путевой объект управления ПОУ - напольный светофор Св1.

Путевой приемник, соединенный с рельсовой линией кондуктивно или индуктивно, при свободности линии получает кодовые сигналы и через дешифратор управляет

светофором. Поэтому пусковой узел в рельсовой цепи отсутствует. Пусковой импульс посыпает сама РЦ, сопротивление передачи которой резко увеличивается при шунтировании рельсовой линии колесными парами поезда. Следовательно, функцию задающего элемента в РЦ как в телемеханическом канале, выполняет рельсовая линия, что является характерной чертой железнодорожных систем автоматического управления. Если линия свободна от подвижного состава и исправна, то кодовые сигналы поступают к путевому приемнику и на светофоре, ограждающем данную РЦ, появляется разрешающее показание; если же линия занята подвижным составом или повреждена, то кодовые сигналы не могут вызвать срабатывание приемника, и на светофоре загорается красный огонь. Выбор кодового сигнала или позиций шифратора Ш определяется состоянием впереди лежащего блок-участка (по ходу поезда).

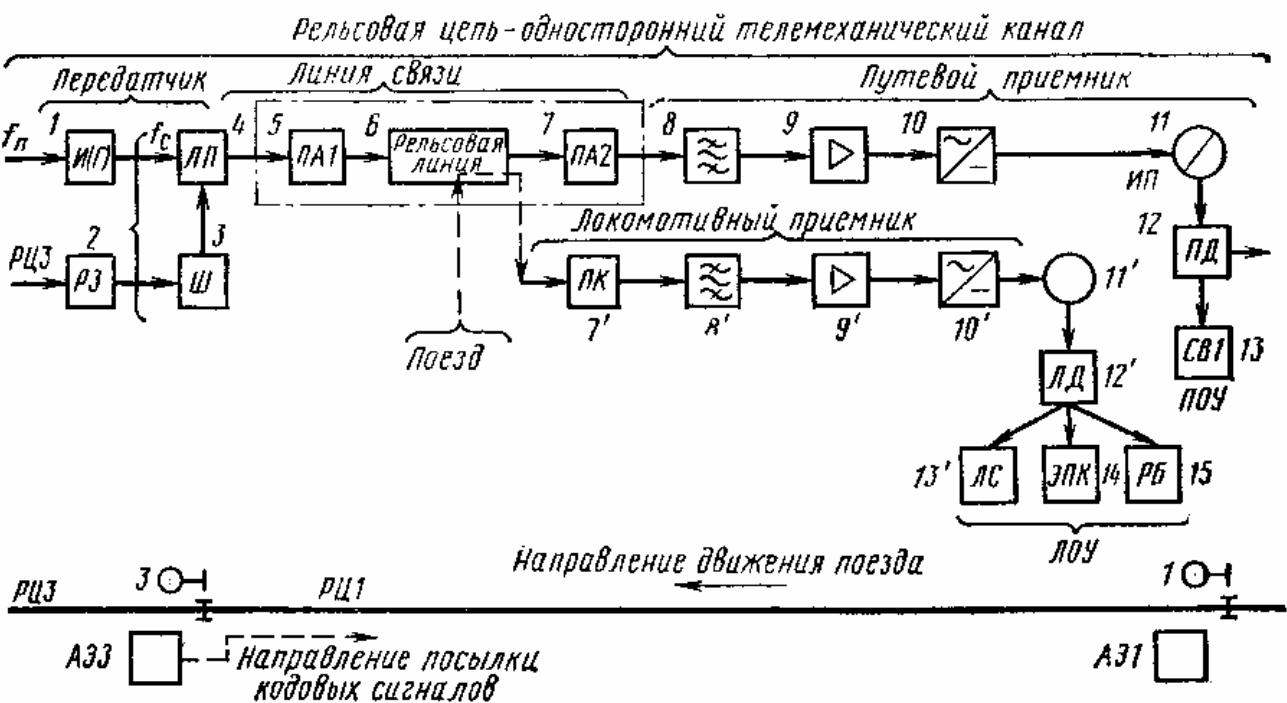


Рис. 13. Структурная схема РЦ как путевого датчика и телемеханического канала

В непрерывных системах АЛСН связь локомотивного приемника с рельсовой линией устанавливается лишь после вступления локомотива на входной конец ее. При этом образуется односторонний телемеханический канал, в состав которого входят узлы 1-6 РЦ. Роль узла 7 выполняют приемные локомотивные катушки ПК (7'), размещенные над рельсами. Между рельсовой линией и этими катушками устанавливается индуктивная связь через воздушный промежуток, входящий в состав линии связи телемеханического канала АЛС. Структурная схема большинства других видов РЦ может быть получена из схемы рис. 13 путем исключения или небольшой корректировки некоторых ее узлов.

4.2. Режимы работы и основные требования

Поскольку рельсовая линия используется как задающий элемент автоматизированной системы, методически удобно различать три вида внешних воздействий на рельсовую линию (рис. 14): непрерывные воздействия, связанные с изменением параметров рельсовой линии от внешних факторов (температуры, влажности и др.); дискретные воздействия, изменяющие структуру схемы замещения рельсовой линии при наложении поездного шунта, полном электрическом разрыве рельса и повреждении любого узла рельсовой цепи; непрерывные или дискретные помехи, которые не влияют на параметры или структуру схемы замещения цепи, а вызывают вследствие электрического и магнитного влияния или гальванической связи появление на входе приемника мешающих или опасных электродвижущих сил или токов.

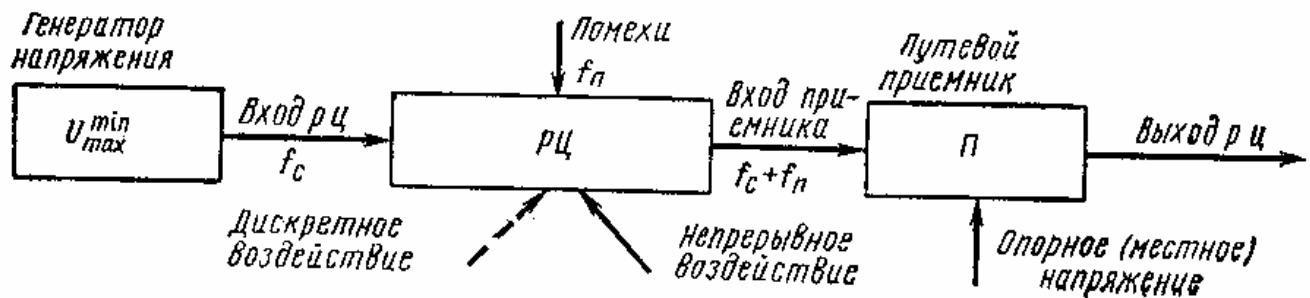


Рис. 14. Схема воздействий на рельсовую цепь

Реакция цепи на все эти воздействия проявляется в изменении уровня и фазы сигнала на входе путевого приемника.

При заданном сопротивлении приемника уровень сигнала определяется током или напряжением на входе, а фаза сигнала – фазовым сдвигом их относительно опорного (местного) напряжения U_m . В тех случаях, когда источником в РЦ являются трансформаторы и аккумуляторы с малым внутренним сопротивлением, можно практически считать, что эти источники имеют не зависящее от нагрузки напряжение U , т. е. являются генераторами напряжения. Поскольку ток на входе приемника $I_p = U/Z_p$, то при $U = \text{const}$ реакция цепи на внешнее воздействие характеризуется изменением сопротивления передачи всей цепи Z_p .

Заданная реакция цепи на внешнее воздействие получится в том случае, если сопротивление Z_p будет изменяться соответствующим образом при каждом воздействии. Такой характер изменения этого сопротивления достигается правильным выбором схем и параметров всех узлов РЦ, в том числе и путевого приемника.

В РЦ применяются приемники с дискретным выходом (рис. 15), граничные характеристики 1 которых определяются током (напряжением) срабатывания $I_{\text{ср}}$ и током (напряжением) несрабатывания $I_{\text{нср}}$, при этом $I_{\text{нср}} = k_B I_{\text{ср}}$, где $k_B < 1$ - коэффициент возврата приемника.

Чем совершеннее дискретный приемник, тем выше его коэффициент возврата и тем уже область между его граничными характеристиками.

Дискретный приемник имеет два устойчивых состояния, соответствующих областям надежного срабатывания 2 и несрабатывания 3. Нижняя граница области 2 определяется рабочим уровнем сигнала I_p . В расчетах и исследованиях принимают $I_p = k_{3\text{ср}} I_{\text{ср}}$, где $k_{3\text{ср}}$ - коэффициент запаса по срабатыванию (1,0 – для электромагнитных и индукционных реле при непрерывном питании, т.е. $U_p = U_{\text{ср}}$ и $I_p = I_{\text{ср}}$; 1,2 - для импульсных путевых реле, т.е. $U_p = 1,2 \cdot U_{\text{ср}}$ и $I_p = 1,2 \cdot I_{\text{ср}}$).

Верхняя граница области 2 определяется допустимым для данного конкретного приемника сигналом перегрузки $I_{\text{пер}} = k_{\text{пер}} I_p$, где $k_{\text{пер}} > 1$ – допустимый

коэффициент перегрузки приемника берется по паспорту реле.

Верхняя граница области 3 характеризуется уровнем сигнала надежного несрабатывания $I_{\text{ннср}} = k_{\text{знср}} I_{\text{ср}}$, где $k_{\text{знср}} < 1$ - коэффициент запаса по несрабатыванию приемника [0,6 - для электромагнитных реле; 0,9 - для индукционных (секторных) реле переменного тока и поляризованных импульсных реле постоянного тока]. Разрывы между граничными характеристиками приемника 1 и областями 2 и 3, определяемые коэффициентами запаса $k_{\text{ср}}$ и $k_{\text{знср}}$, повышают надежность работы приемника в реальных условиях, но снижают его эксплуатационный коэффициент возврата. С учетом этих коэффициентов вводится понятие о коэффициенте надежного возврата приемника $k_{\text{вн}} = k_{\text{в}} k_{\text{знср}} / k_{\text{ср}}$.

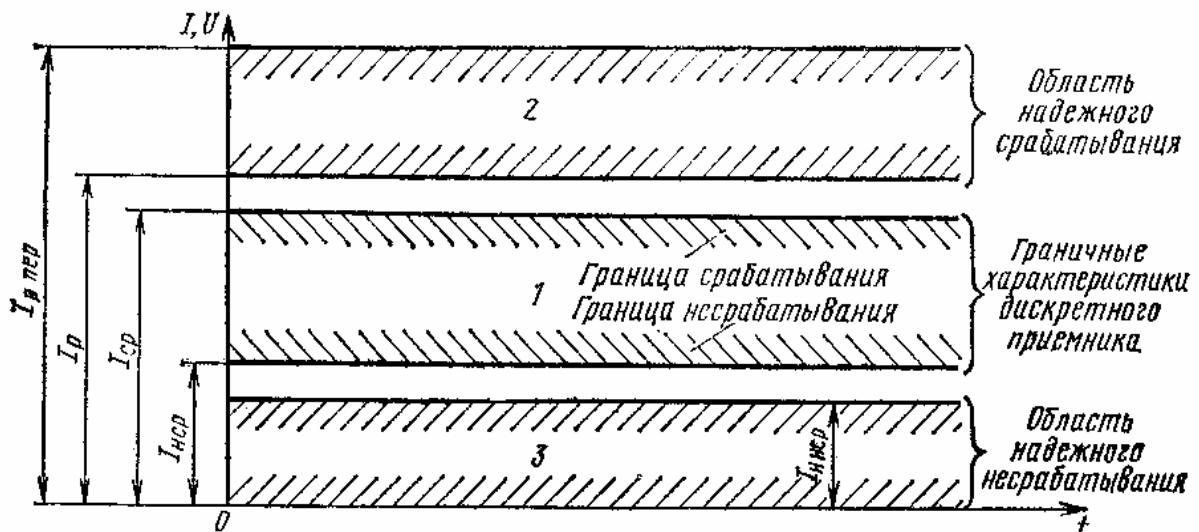


Рис. 15. Граничная характеристика и области работы дискретного приемника

Указанные на рис. 15 граничные характеристики приемника справедливы лишь при постоянном напряжении генератора U . Если же напряжение генератора из-за изменения напряжения питающей сети колеблется от минимума до максимума, то расширяется область граничных характеристик приемника и, следовательно, уменьшается его коэффициент надежного возврата. В этом случае при расчетах и анализе рельсовых цепей принимается приведенный коэффициент надежного возврата $k'_{\text{вн}} = k_{\text{вн}} / k_i$, где $k_i = U_{\text{max}} / U_{\text{min}}$ – допустимый коэффициент колебания напряжения источника; $k_i = 1,26$ – для аккумуляторов, работающих в буфере с выпрямителями; $k_i = 1,21$ – для трансформаторов, питающихся от высоковольтных линий; $k_i = 1,05$ – для статических параметрических преобразователей частоты, которые обладают частичной способностью стабилизации выходного напряжения.

Сопротивление $Z_{\text{п}}$ исправной и свободной цепи во всем диапазоне непрерывного воздействия должно изменяться так, чтобы на вход приемника поступал сигнал, соответствующий области 2. При обоих видах дискретного воздействия сопротивление $Z_{\text{п}}$ должно увеличиться настолько, чтобы уровень сигнала на входе приемника достаточно снизился и находился в области 3. Последнее требование определяется характером дискретного приемника, который и при наложении шунта, и при повреждении рельса выдает на выходе информацию, эквивалентную занятости путевого изолированного участка.

Дискретное воздействие при обеих формах не является стабильным, и степень его влияния на сопротивление $Z_{\text{п}}$ зависит от дополнительных факторов: изменения координаты шунта на рельсовой линии, вероятности возникновения повреждения рельса

в любой точке рельсовой линии, влияния обходных путей через смежные цепи и др.

Из-за указанных обстоятельств синтез схемы РЦ по заданной ее реакции на дискретные и непрерывные воздействия является довольно сложным и не всегда применимым для инженерных или учебных целей, тем более, что разрешимые задачи синтеза имеют множество решений. Поэтому при анализе исследуется реакция цепи на каждое воздействие отдельно, и сложный процесс работы цепи расчленяется на три основных режима, соответствующих различным воздействиям: нормальный, когда цепь исправна и свободна; шунтовой, когда рельсовая линия шунтирована колесными парами; контрольный, когда рельсовая нить повреждена.

Так как во всех этих режимах рельсовая линия может находиться в любой фазе непрерывного воздействия, то для упрощения задачи выбирается такая фаза его, при которой создаются наиболее тяжелые условия для каждого из рассматриваемых режимов. Поскольку непрерывное воздействие выражается в изменении первичных параметров рельсовой линии, можно считать, что на условия работы цепи в каждом из режимов влияют независимые переменные величины: проводимость изоляции y_i , сопротивление рельсов z , напряжение генератора U , относительная координата рельсовой линии p . Относительная координата рельсовой линии (рис. 16) $p = x/l$, где l - длина рельсовой линии, м; x - абсолютная координата рельсовой линии, численно равная расстоянию от координаты до приемного конца, м.

Значения абсолютной и относительной координат изменяются в пределах: $0 < x < l$, $0 < p < 1$.

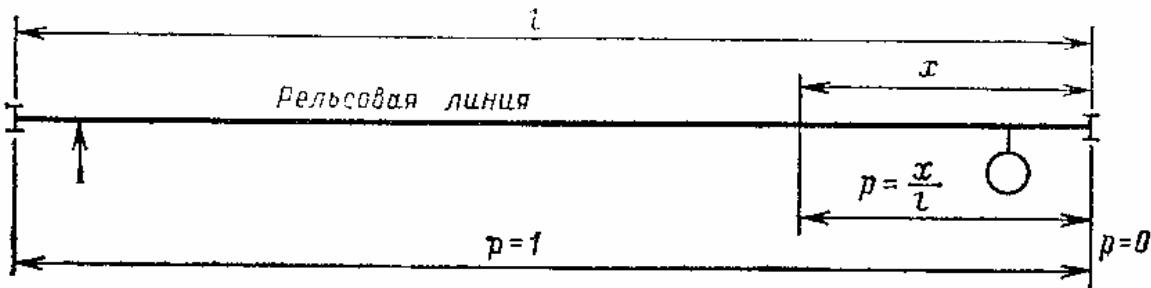


Рис. 16. Абсолютная и относительные координаты рельсовой линии

В нормальном режиме уровень сигнала на входе приемника должен быть не ниже уровня надежного срабатывания, поэтому критическим для этого режима является такой набор значений независимых переменных, при котором создаются наиболее тяжелые условия для передачи сигналов по рельсовой линии, т. е. когда затухание сигнала в ней будет максимальным: z_{\max} , y_{\max} и U_{\min} .

Для нормального режима понятие о критической координате прямого смысла не имеет, так как при свободной и исправной РЦ на рельсовой линии нет ни шунта, ни поврежденного рельса. В этом случае можно считать, что для данной РЦ шунт и место повреждения рельса находятся вне пределов рельсовой линии, т. е. $0 > p > 1$.

В шунтовом режиме, наоборот, уровень сигнала на входе приемника должен быть не выше уровня его надежного несрабатывания, поэтому критическим для этого режима является такой набор значений независимых переменных параметров, при котором создаются наиболее благоприятные условия для передачи сигналов по рельсовой линии: z_{\min} , y_{\min} , U_{\max} и $p_{шкр}$.

В контрольном режиме, так же как и в шунтовом, уровень сигнала на входе приемника не должен быть выше уровня его надежного несрабатывания, поэтому критический набор значений независимых переменных тоже должен соответствовать

наилучшим условиям для передачи сигналов по рельсовой линии.

Однако при разрыве рельса создается совершенно иное изменение структуры схемы замещения рельсовой линии, чем при шунтовом режиме, из-за того, что при полном электрическом разрыве одного из рельсов электрически не разрывается тракт передачи сигналов, поскольку создаются обходные пути места разрыва по земле. Вследствие этого критическое значение $g_{икр}$ при контрольном режиме лежит в пределах $g_{имин} < g_{икр} < g_{имакс}$. Поэтому критический набор значений независимых переменных для контрольного режима составляют z_{max} , $g_{икр}$ и $p_{кпкр}$ (табл. 3).

В связи с тем, что на перегонах с автоблокировкой (АБ) и на станциях с электрической централизацией (ЭЦ) накладываются устройства автоматической локомотивной сигнализации непрерывного действия (АЛСН), основные виды РЦ должны проектироваться с учетом режима АЛСН, при котором проверяется надежная работа локомотивных устройств по заданному (нормативному) току, который должен быть в рельсах под приемными катушками локомотива при вступлении его на самый удаленный участок от источника тока РЦ, т.е. при $p_{ш} = 0$.

Таблица 3

Режим рельсовой цепи	Критические значения переменных параметров			
	Удельное сопротивление рельсов	Удельная проводимость изоляции	Напряжение источника	Относительная координата
Нормальный (по путевому приемнику)	Max	max	min	$0 > p > 1$
Шунтовой	Min	min	max	$p_{шкр}$
Контрольный	Min	Критическая	max	$p_{кпкр}$
АЛС (нормальный режим по локомотивному приемнику)	Max	max	min	$p_{ш} = 0$

По существу режим АЛСН является нормальным режимом РЦ по условиям работы локомотивного приемника, поэтому критический набор значений переменных параметров будет таким же, как и в нормальном режиме по путевому приемнику, но критическая координата $p_{ш} = 0$ (см. табл. 3).

Характер влияния указанных переменных величин на различные режимы зависит от схемы, параметров аппаратуры и длины рельсовой линии.

Кроме того, действие генератора при анализе и синтезе цепей должно проверяться в режиме короткого замыкания линии, т. е. при нахождении поездного шунта нулевого сопротивления на питающем конце ($p_{ш} = 1$). Такая проверка особенно важна для цепей переменного тока, так как напряжение генератора и сопротивление ограничителя в этих цепях могут варьироваться в широких пределах, отчего условия работы генератора будут резко изменяться. Требования режима короткого замыкания во многих случаях являются определяющими для выбора аппаратуры питающего конца и особенно параметров ограничителя.

Таким образом, наиболее сложные виды РЦ проектируются с учетом работы путевого и локомотивного приемников в четырех режимах: нормальном, шунтовом,

контрольном и АЛС, а по условиям работы генератора – с учетом режима короткого замыкания линии.

Помимо этого, РЦ должны защищаться от различного рода помех, которые могут вызывать подачу ложной информации о свободном или занятом состоянии изолированного участка. Помехи первого вида особенно опасны и обычно появляются в цепях с непрерывным питанием: в цепях постоянного тока – от блуждающих постоянных токов или переходных токов от сетей поездного освещения или отопления, а в цепях переменного тока – от гармонических составляющих тягового тока или токов утечки осветительных сетей. Помехи второго вида проявляются при импульсном или некоторых видах кодового питания.

Для защиты РЦ от помех на электрифицированных участках приходится усложнять их схемы или переходить на сигнальный ток другой частоты и коренным образом менять схему РЦ.

По действующим в РФ техническим условиям в РЦ должно также контролироваться появление замыкания в изолирующих стыках. В тех случаях, когда РЦ выполняют также функции телемеханических каналов связи, параметры их элементов выбирают так, чтобы искажения электрических сигналов, несущих информацию, не превышали установленных допусков.

При разработке новых и усовершенствовании существующих схем необходимо стремиться к тому, чтобы каждая РЦ была не только совершенной с технической точки зрения и обеспечивала все требования, вытекающие из условий безопасности движения поездов, но и являлась бы в максимальной мере экономичной – имела возможно большую длину, потребляла малое количество электроэнергии, не требовала большого расхода кабеля и применения дорогой аппаратуры, не нуждалась в больших затратах средств и времени на обслуживание и пр., а также была универсальной, т. е. могла применяться в различных эксплуатационных условиях.

4.3. Расчет рельсовой цепи

Расчет производится по сокращенной методике, т.е. рассчитывается рельсовая цепь с сосредоточенными параметрами в нормальном и шунтовом режимах.

В таблице 4 представлены параметры рельсовой линии для 30 вариантов.

Таблица 4

Вариант	Длина РЛ L, км	Сопротивление изоляции r_i , Ом·км	Сопротивление рельс r , Ом·км
1	0,7	0,8	0,1 – 0,2
2	0,8	0,9	0,3 – 0,6
3	0,9	1,0	0,1 – 0,2
4	1,0	1,1	0,3 – 0,6
5	1,1	1,2	0,1 – 0,2
6	1,2	0,8	0,3 – 0,6
Продолжение табл.4			
7	1,3	0,9	0,1 – 0,2
8	1,4	1,0	0,3 – 0,6
9	1,5	1,1	0,1 – 0,2

10	0,7	1,2	0,3 – 0,6
11	0,8	0,8	0,1 – 0,2
12	0,9	0,9	0,3 – 0,6
13	1,0	1,0	0,1 – 0,2
14	1,1	1,1	0,3 – 0,6
15	1,2	1,2	0,1 – 0,2
16	1,3	0,8	0,3 – 0,6
17	1,4	0,9	0,1 – 0,2
18	1,5	1,0	0,3 – 0,6
19	0,7	1,1	0,1 – 0,2
20	0,8	1,2	0,3 – 0,6
21	0,9	0,8	0,1 – 0,2
22	1,0	0,9	0,3 – 0,6
23	1,1	1,0	0,1 – 0,2
24	1,2	1,1	0,3 – 0,6
25	1,3	1,2	0,1 – 0,2
26	1,4	0,8	0,3 – 0,6
27	1,5	0,9	0,1 – 0,2
28	0,7	1,0	0,3 – 0,6
29	0,8	1,1	0,1 – 0,2
30	0,9	1,2	0,3 – 0,6

На рис. 17 и 18 приводятся схемы замещения рельсовой цепи РЦ с сосредоточенными параметрами. В качестве путевого реле предусмотрено реле типа АНШ2-2.

Схема на рис. 17 соответствует нормальному режиму, а схемы на рис. 18, А и 18, Б – шунтовому при расположении шунта соответственно на питающем и релейном концах.

Для расчета рельсовой цепи задаются следующие исходные данные:

длины рельсовых линий L , удельные сопротивления изоляции r_u и рельс r приведены в табл. 4;

сопротивления соединительных проводов $R_{сп}=0,15 \text{ Ом}$;

сопротивление реле $R_p=2 \text{ Ом}$;

ток надежного срабатывания $I_{нср}=I_{ср} \cdot K_{зср}=0,135 \text{ А}$, где $I_{ср}$ —ток срабатывания, $I_{ср}=0,135 \text{ А}$, $K_{зср}$ — коэффициент запаса по срабатыванию, $K_{зср}=1$;

ток надежного отпадания $I_{нот}=I_{от} \cdot K_{зот}=0,033 \text{ А}$, где $I_{от}$ —ток отпадания, $I_{от}=0,055 \text{ А}$, коэффициент запаса по отпаданию, $K_{зот}=0,6$;

минимальное напряжение источника питания $U_{min}=1,9 \text{ В}$;

максимальное напряжение источника питания $U_{max}=2,4 \text{ В}$.

В нормальном режиме рассчитывается величина сопротивления ограничителя R_o , а в шунтовом режиме определяются коэффициенты шунтовой чувствительности на релейном $K_{шр}$ и питающем $K_{шп}$ концах. Коэффициент шунтовой чувствительности $K_{ш}$ — отношение фактического напряжения источника питания к допустимому напряжению источника питания, при котором обеспечивается шунтовой режим.

Расчет нормального режима начинается с определения эквивалентных значений параметров рельсовой линии R и R_i , где $R=r \cdot l/4$ — эквивалентное сопротивление четверти рельсовой петли, $R_i=r_i/l$ — эквивалентное сопротивление изоляции. Сопротивление рельс и изоляции выбирается с учетом значений таблицы 3. Значения всех элементов рис.17 известны за исключением резистора R_o . Расчет нормального режима и заключается в определении значения этого резистора.

Определив ток надежного срабатывания, рассчитывают напряжение на сопротивлении R_o . Затем определяют величину тока в общей цепи и значение напряжения U_o . Разница между значением напряжения источника питания и U_o – падение напряжения на резисторе R_o . По условиям нормального режима напряжение источника питания берется минимальным. Зная падение напряжения и ток резистора R_o определяют величину этого резистора.

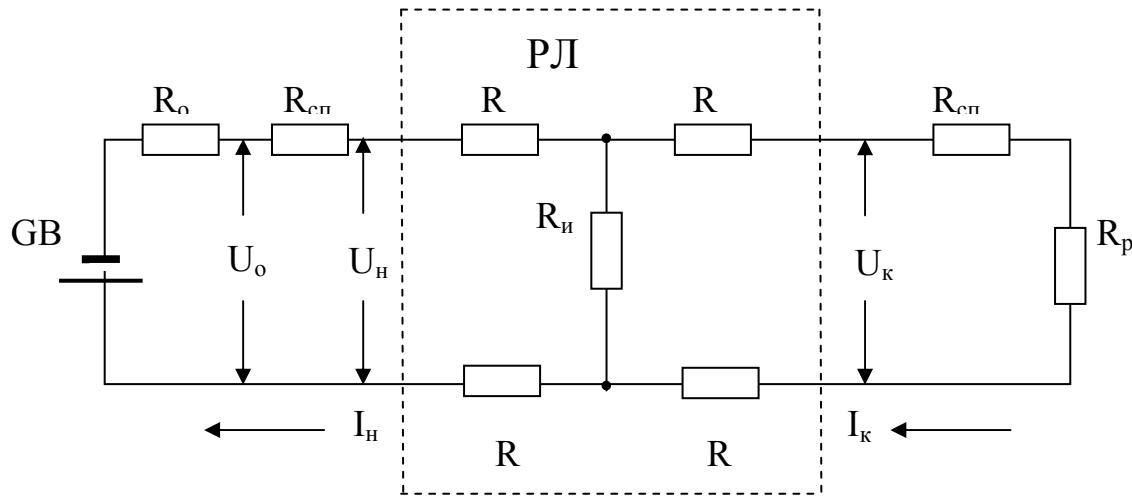
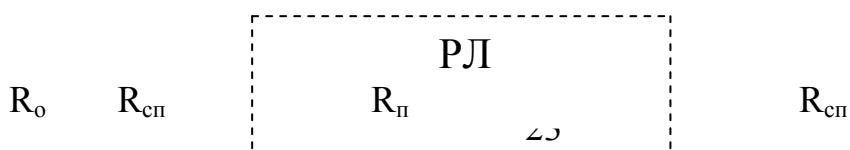


Рис. 17. Схемы замещения рельсовой цепи в нормальном режиме

Расчет шунтового режима выполняется по схемам замещения, приведенным на рис.18. Вначале определяется допустимое напряжение источника питания в условиях шунтового режима при наложении шунта на релейном конце, при котором якорь путевого реле надежно отпадает. Затем определяется то же напряжение при наложении шунта на питающем конце.

Порядок расчета следующий. Задают допустимый ток приемника (ток надежного отпадания) и определяют напряжение (допустимое) источника питания. Отношение этого напряжения к максимально возможному напряжению источника питания – коэффициент шунтовой чувствительности $K_{ш}$, который должен быть больше единицы, если шунтовой режим выполняется. В результате расчета определяют $K_{шр}$ и $K_{шп}$ и делают заключение о возможности контроля наличия нормативного шунта ($R_{шн}=0,06 \text{ Ом}$).

a)



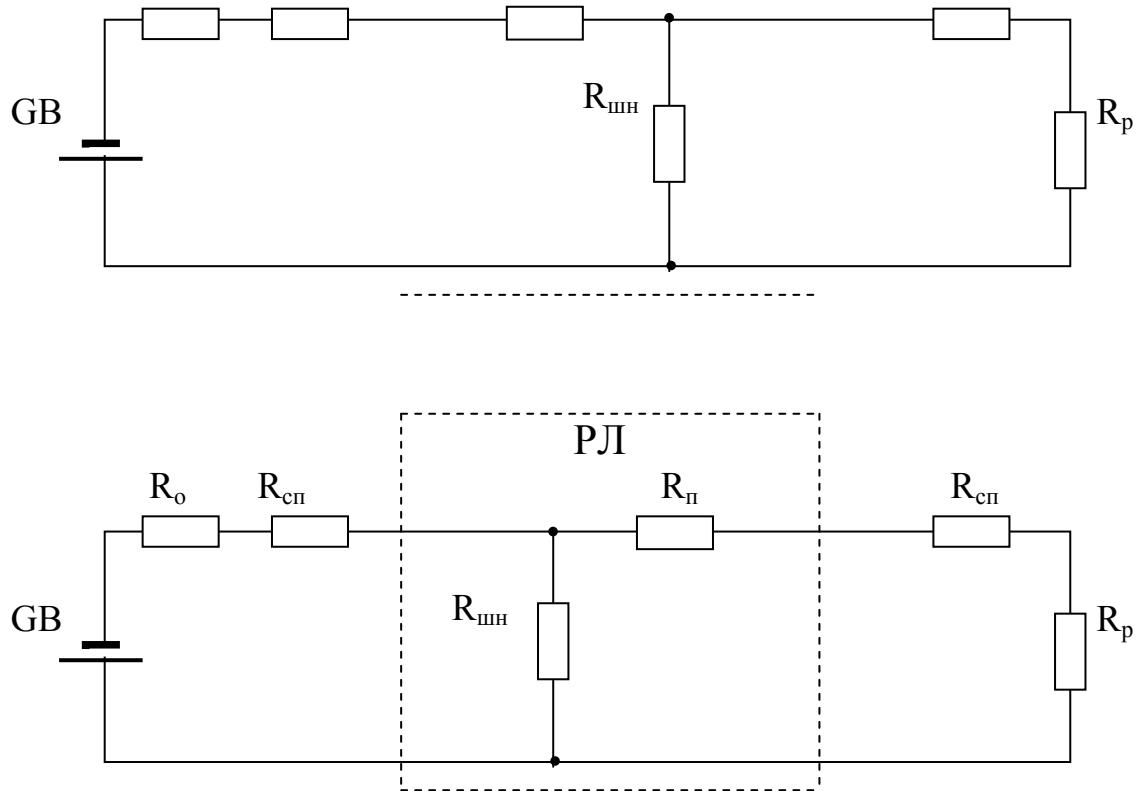


Рис. 18. Схемы замещения рельсовой цепи в шунтовом режиме

4.4. Разветвленные рельсовые цепи

На станциях, оборудованных устройствами релейной централизации, приемо-отправочные пути, участки путей перед светофорами, ограждающими въезд в централизованную зону с подъездных путей, депо, а также все централизуемые стрелки оборудуют электрическими рельсовыми цепями.

В пределах стрелочной горловины станции устраивают разветвленные рельсовые цепи, при этом разбивку стрелочной горловины на изолированные участки выполняют так, чтобы в один изолированный участок входили не более трех одиночных или двух перекрестных стрелочных переводов, при объединении стрелок не исключалась возможность параллельных передвижений.

Изолирующие стыки установлены по границам разветвленной рельсовой цепи, а также в самом стрелочном переводе. Наружные рельсовые нити разветвляющихся путей в стрелочном переводе соединены стрелочным соединителем, через который образуется цепь тока по прямому пути и по отклонению. При установке путевого реле по прямому пути рельсовые нити по отклонению током не обтекаются, что показано штриховыми линиями. В таких рельсовых цепях в случае обрыва соединителя и нахождения подвижной единицы на ответвлении путевое реле не шунтируется и появляется ложная свободность стрелочного участка (рис.19,а).

Для исключения этой опасности на всех необтекаемых током участках устанавливают двойные стрелочные соединители – основной и дублирующий. Стрелочные соединители при автономной тяге применяют стальные, при электротяге – медные (рис.19,б).

Для лучшей контроля обтекания током параллельных ответвлений рельсовой цепи по каждому ответвлению включают стрелочные путевые реле 1-3А, 1-3Б, 1-3В (рис.19,в).

Число путевых реле в разветвленной рельсовой цепи не должно превышать трех. На ответвлениях длиной не более 60 м от центра перевода стрелки до изолирующего стыка путевые реле не включают. На всех параллельных ответвлениях независимо от длины ответвлений, примыкающих к приемо-отправочным путям, по которым возможны поездные маршруты, обязательно включают дополнительные путевые реле. На станциях, где производится кодирование разветвленных рельсовых цепей, изолирующие стыки в стрелочном переводе устанавливают на ответвлении от кодируемого направления. Если кодирование производится по главному пути и по отклонению, то на участках с автономной тягой (рис.19,г) или при электротяге (рис.19,д) применяют специальное расположение стрелочных соединителей. Такое соединение обеспечивает непрерывное кодирование при проходе локомотива над изолирующими стыками стрелочного перевода. Двойные соединители при электротяге показывают штриховыми линиями между нитями пути. Включение кодирования обозначают буквой К.

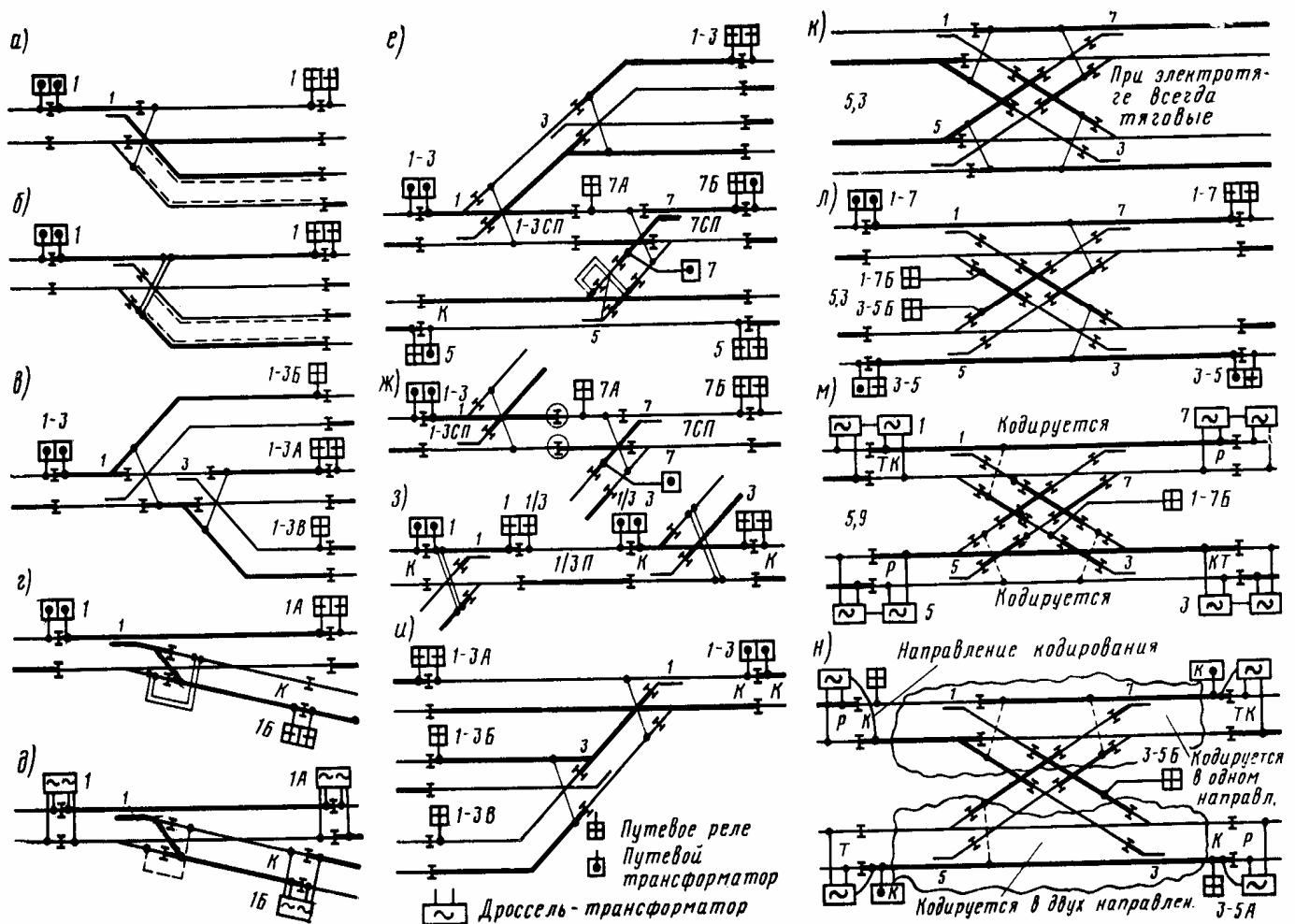


Рис. 19. Схемы разветвленных рельсовых цепей

На рис.19,е показан вариант разделения рельсовых цепей стрелок 1 и 7 для обеспечения параллельных передвижений по ним. Такое разделение возможно при условии, что расстояние между предельными столбиками этих стрелок не менее 7 м. Если это расстояние менее 7 м (рис.19,ж), то изолирующие стыки являются негабаритными (показаны в кружках) и безопасность параллельных передвижений по стрелкам 1 и 7 нарушается. В этом случае стрелочный участок стрелки 1 является негабаритным по отношению к стрелке 7 и наоборот.

Движение по съезду 5/7 возможно при условии свободности негабаритного участка 1-ЗСП, а движение по участку 1-ЗСП - при свободности участка 7СП (рис.19,е).

В разветвленной рельсовой цепи участка 1-ЗСП путевое реле включено по наиболее длинному, обтекаемому током ответвлению и контролирует целостность рельсовых нитей и стрелочных соединителей. Необходимость включения путевого реле на втором ответвлении отпадает.

В случае наличия между стрелками путевого межстрелочного участка (рис.19,з) его обозначают в виде дроби, состоящей из номеров стрелок, между которыми он расположен (1/ЗП).

Разветвленная рельсовая цепь с двумя стрелками 1 и 3 и включением путевых реле по всем ответвлениям (рис.19,и) по главному пути кодируется в обоих направлениях с переключением кодирования в зависимости от направления установленного маршрута.

На рис.19,к показана схема рельсовых цепей на некодируемых перекрестных съездах; на рис.19,л - на кодируемах перекрестных съездах. Оба случая относятся к укладке перекрестных съездов при ширине междупутья 5,3 м. Контроль ответвлений осуществляют дополнительные путевые реле 3-5БСП и 1-7БСП. Рельсовые цепи 1-7СП и 3-5СП имеют общую плюсовую нить. В двухниточных рельсовых цепях, когда кодируются два электрифицированных пути, контроль ответвлений осуществляется дополнительное реле 1-7БСП (рис.19,м). Основные путевые реле и трансформаторы включены по кодируемым направлениям. В однониточных рельсовых цепях на перекрестном съезде, когда кодирование электрифицированных путей осуществлено не по рельсовым цепям, а по специальным шлейфам, установленным вдоль рельсов, кодирование осуществляется от кодирующих трансформаторов К, включенных в шлейфы (рис.19,н). Переходы с двухниточных смежных рельсовых цепей на однониточные выполнены через средние выводы дроссель-трансформаторов смежных рельсовых цепей. Контроль ответвлений с однониточной рельсовой цепи 3-5СП осуществляется дополнительное путевое реле 3-5БСП.

Кодирование по шлейфу требует увеличения кодируемого тока до 10А вместо 2А по рельсовой цепи, что является недостатком такого способа кодирования.

В устройствах релейной централизации применяют типовые электрические рельсовые цепи переменного тока частотой 50 (25) Гц на участках с автономной или электрической тягой на постоянном токе; 25 Гц с электрической тягой на переменном токе. Тип аппаратуры рельсовой цепи выбирают в зависимости от рода тяги и предельной длины по нормам рельсовых цепей, разработанным ГТСС.

5. Конструкция стрелочного привода

В корпусе 1 привода СП-6 (рис.20) расположены электродвигатель 3 постоянного или переменного тока, редуктор 5 со встроенным в том же блоке фрикционным устройством в виде стальных дисков, сжатых пружиной, блок автопереключателя 10, главный вал 6, шибер 8 с кулачковым запирающим механизмом, контрольные линейки 9, штепсельная розетка 4 для подключения переносной осветительной лампы, обогреватели (резисторы) контактов автопереключателя 7, контактное блокировочное устройство 2, управляемое заслонкой (рычаг), которое отключает цепь электродвигателя 3 при переводе стрелки курбельной рукояткой и снятии крышки корпуса 1.

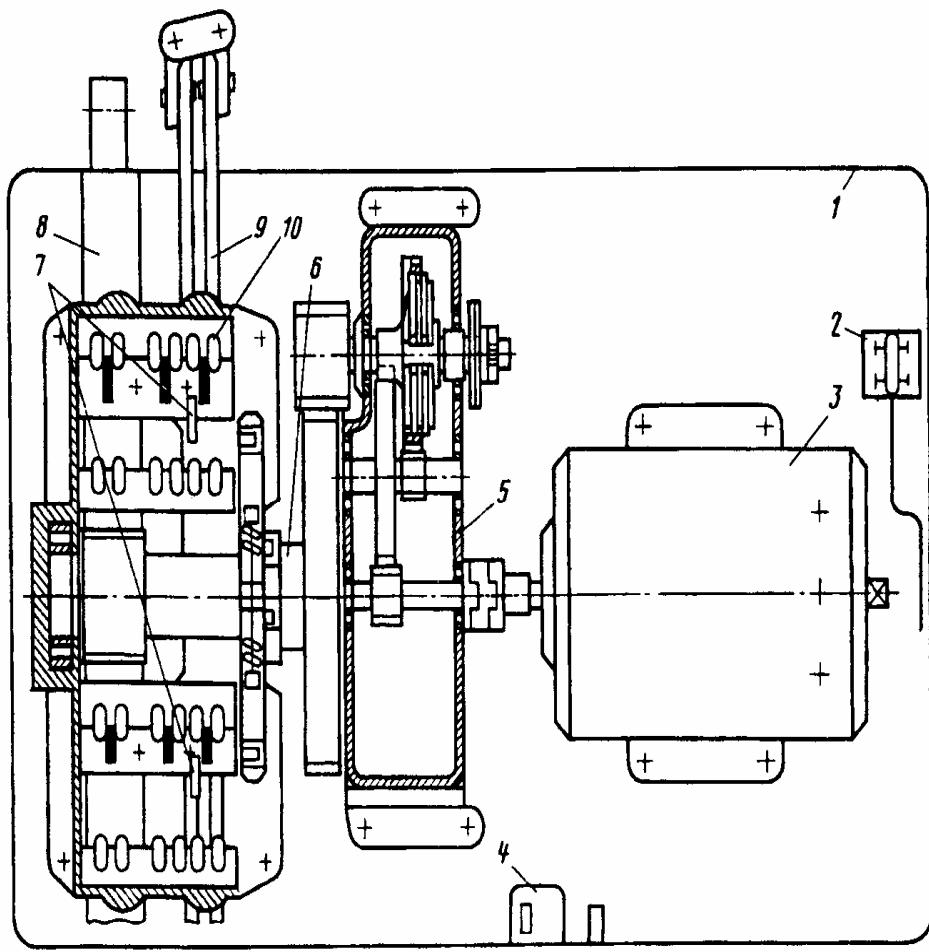


Рис. 20. Неразрезной стрелочный электропривод СП-6

Электродвигатель 3, получая питание с поста управления или от местного источника постоянного или переменного тока, вращает первый из четырех каскадов зубчатых передач редуктора 5. Это вращение передается через диски фрикционной муфты последующим каскадам редуктора и главному валу 6, который при переводе стрелки из одного крайнего положения в другое совершают один неполный оборот (280°).

Главный вал связан с рабочим шибером 8 посредством кулачкового запирающего механизма, который представляет собой зубчатую передачу реечного типа (рис. 21), ведущая шестерня 2 которой расположена на главном валу и имеет специальную форму двух крайних зубьев (зубья скошены, образуя кулачки). Аналогичную форму имеют два крайних зуба рабочего шибера 1. Поэтому в конце привода стрелки, когда скошенные зубья (шестерни главного вала и шибера) входят в соприкосновение, создается упор, препятствующий передвижению шибера и связанной с ним рабочей тяги стрелочной гарнитуры, остряки стрелки оказываются переведенными и запертыми от перемещения стрелочных остряков внутрь колеи. В сторону рамного рельса кулачковый механизм в запирающем положении обеспечивает возможность свободного движения рабочего шибера 8 (см. рис. 21) на 12 мм во избежание разрушения привода при проходе поездов по стрелке. Факт запирания остряков кулачковым механизмом не отражает действительного положения стрелочных остряков, поскольку шибер и рабочая тяга, например, могут оказаться разъединенными до и во время перевода стрелки. Запирание должно контролироваться и происходить одновременно с фактическим приведением остряков в крайнее положение.

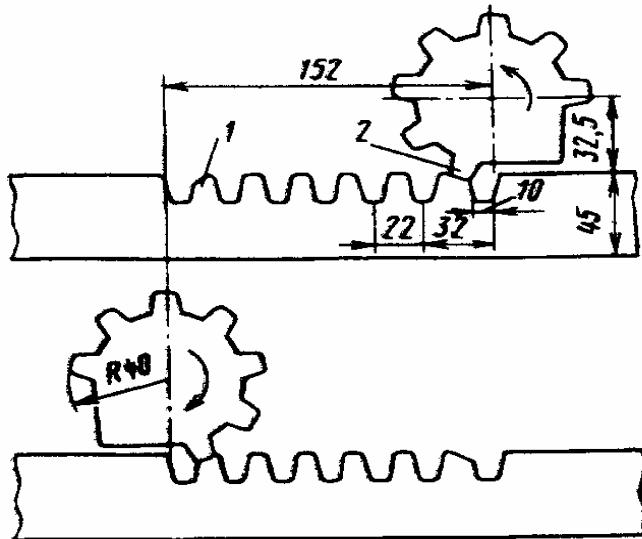


Рис. 21. Кулакковый запирающий механизм

6. Светофорная сигнализация

6.1. Устройство и установка светофоров

На станциях и перегонах применяются линзовые светофоры – мачтовые, карликовые, на мостиках и консолях. Для светофоров используют железобетонные и металлические мачты. Металлические мачты устанавливают при недостаточной ширине между путей или недостаточной длине железобетонных мачт.

Мачтовые светофоры устанавливают на перегонах и главных путях станций, а также на боковых путях станций при безостановочном пропуске по ним поездов. Использование мачтовых светофоров на станциях ограничено, так как они сокращают полезную длину приемо-отправочных путей и увеличивают стоимость строительства. В этих случаях применяются карликовые светофоры.

На мостиках (реже на консолях) светофоры устанавливают в тех случаях, когда по условиям габарита приближения строений нельзя установить мачтовый светофор (например, на многопутных линиях, на участках двухпутной двусторонней АБ и др.).

Светофорные головки подвешиваются на мачтах светофоров с помощью типовых кронштейнов и гарнитур. В нижней части мачты на гарнитуре в необходимых случаях устанавливаются трансформаторные ящики, кабельные муфты, маневровые щитки местного управления и телефон.

Светофор с железобетонной мачтой (рис. 22) содержит бронированный шланг 1, верхний 2 и нижний 3 кронштейны, светофорные двузначные головки 4, световой указатель 5, лестницу 6, железобетонную мачту 7, трансформаторный ящик с гарнитурой 8, кабельную муфту 9.

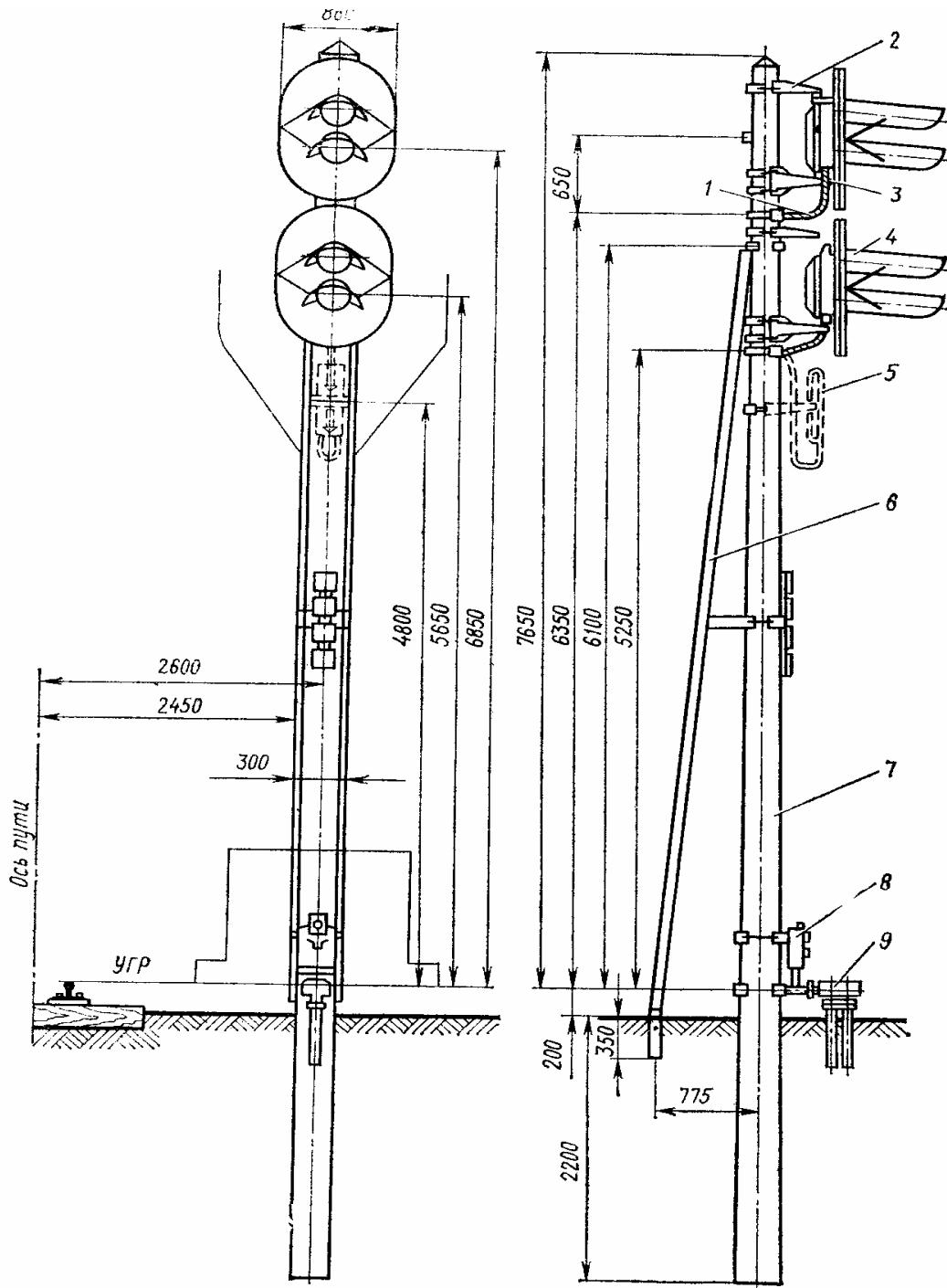


Рис. 22. Оснастка светофора

Светофоры, как правило, необходимо устанавливать с правой стороны по направлению движения поездов или над осью пути следования. Места установки должны выбираться так, чтобы подаваемые светофорами сигналы машинист не мог принять за сигналы, относящиеся к смежным путям.

Светофоры устанавливаются с соблюдением габарита приближения строений. При этом расстояние от оси пути до выступающих частей светофоров на перегонах и крайних путях станций должно быть не менее 3100 мм. В особо трудных условиях это расстояние с разрешения соответствующего министерства или ведомства, в ведении которого находятся железнодорожные пути, может быть уменьшено до 2750 мм на перегонах и до 2450 мм на станциях.

Мачтовые светофоры, устанавливаемые у остальных (не крайних) дистанционных путей, должны располагаться от оси пути на расстоянии не менее 2450 мм, карликовые светофоры - не менее 1920 мм.

Минимальное расстояние от уровня головки рельсов до центра нижней линзы светофора на перегоне должно быть не менее 4190мм у светофоров с железобетонной мачтой и 4510 мм – с металлической мачтой. На станциях эти расстояния увеличены.

По условиям габарита светофоры могут устанавливаться в междупутьях шириной: 5200 мм – светофоры на железобетонной или металлической мачте с наклонной лестницей; 5040 мм – светофоры на металлической мачте без лестницы или со складной лестницей; 4500 мм – светофоры сдвоенные карликовые; 4200 мм – светофоры одиночные карликовые.

Светофор каждого типа имеет определенный номер чертежа и номенклатурный код. Номер чертежа определяет конструкцию, а код – оптическую систему, способ установки, значность, расцветку и дополнительную оснастку.

Номенклатурный код светофора состоит из двух частей. Левая часть шифра может содержать следующие буквы: ЛЦ – линзовый светофор на железобетонной центрифугированной мачте; Л – то же на металлической мачте; ЛМ – то же на мостике или консоли; КЛ – карликовый линзовый светофор; Я – трансформаторный ящик.

Правая часть номенклатурного шифра определяет значность, расцветку и дополнительную оснастку светофора: первая цифра – значность светофора, последующие цифры – расцветка светофора (для данной значности и конструкции); С – указатель скорости; П – пригласительный сигнал; М – маневровый сигнал (устанавливаемый на обратной стороне светофора); УБ – маршрутный указатель с белыми линзами; УЗ – то же с зелеными линзами; УП – маршрутный указатель положения; Т – условно-разрешающий сигнал с отражателями; Р – условно-разрешающий сигнал с синим огнем. Для светофоров четырехзначной сигнализации после цифры расцветки добавляется буква А.

Так, обозначение Л-44АСПМУБ будет расшифровываться так: линзовый светофор на металлической мачте, четырехзначный, 44-й расцветки с указателем скорости, пригласительным и маневровым сигналами и маршрутным указателем с белыми (бесцветными) линзами.

Основным элементом оптики линзового светофора является линзовый комплект (рис.23), в корпусе 5 которого на определенных расстояниях установлены цветная линза 1 (красный, зеленый или желтый светофильтры) диаметром 139 мм и бесцветная ступенчатая линза 3 диаметром 212 мм (тип ЛСМ). В комплекте линз карликовых линзовых светофоров в качестве наружной берется бесцветная ступенчатая линза уменьшенного диаметра (до 160 мм).

Плоскости прилегания линз и корпуса линзового комплекта к кожуху светофорной головки должны быть ровными и параллельными. Для обеспечения в комплекте заданного взаимного расположения бесцветную и цветную линзы монтируют в чугунной оправе. При этом необходимо обеспечить соосность наружной и внутренней линз и строго нормированное расстояние между ними. Для вентиляции в корпусах линзовых комплектов имеются отверстия 2, закрытые мелкой медной сеткой. От посторонних подсветок комплект предохраняется козырьком 4.

Каждый линзовый комплект на заводе подвергается фокусировке. При сборке и фокусировке ламподержатель 8 наглоухо закрепляется на штыре 6 заливкой штыревых отверстий 9 специальным сплавом. Питающие провода подключаются к зажимам 7. В собранном линзовом комплекте ставят метку на цветной линзе и корпусе вверху по оси. Метка ставится на случай разборки комплекта и служит указателем для правильной сборки.

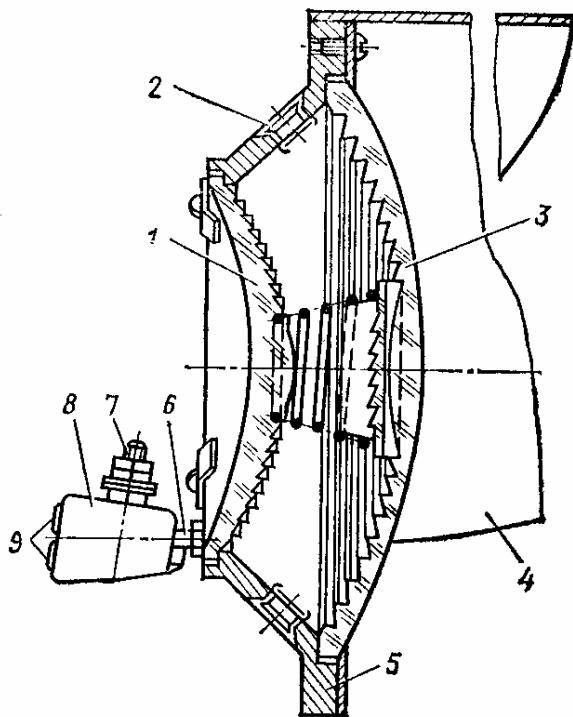


Рис. 23. Линзовый комплект

При установке в линзовом комплекте рассеивающего стекла оно плотно зажимается кольцом, дополнительно закрепленным винтами на корпусе головки.

К корпусу головки светофора прикрепляется щит, окрашенный черной краской для создания контрастного фона сигнальным огням. Ось мачты светофора должна быть прямолинейной (не более 10мм отклонения для наиболее длинных труб). Для возможности регулирования положения головок в двух плоскостях на кронштейнах имеются специальные устройства.

Конструкция головок карликовых линзовых светофоров тождественна конструкции головок мачтовых светофоров, но они отклонены на 5° для поднятия светового пучка вверх.

Видимость сигналов светофоров с определенных мест может быть обеспечена при соответствующей наводке и закреплении светофорных головок. На прямых участках пути ориентир для наводки сигналов выбирается на расстоянии 1000м от светофора. В качестве ориентира можно использовать опору контактной сети или другой подходящий предмет (например, щит площадью около 1m^2), устанавливаемый на расстоянии 1,8-8,5м от головки крайнего рельса и высоте над ним 2,5-3,5м.

При наводке сигналов на кривых место для ориентира выбирается в соответствии с минимальной дальностью видимости сигнала светофора при установленном на нем рассеивателе.

Наводка линзового светофора осуществляется при помощи съемной визирной трубы, укрепляемой на корпусе головки.

В процессе эксплуатации оптическая система загрязняется (особенно наружная поверхность линз), что приводит к существенному снижению дальности видимости сигнальных огней. Поэтому необходимо регулярно удалять загрязнения с линз.

6.2. Расстановка светофоров автоблокировки

Исходные данные. При расстановке светофоров автоблокировки в качестве исходных данных принимают расчетный межпоездной интервал и весовые нормы грузовых поездов. На магистральных участках при трехзначной сигнализации расчетным является грузовой поезд максимальной массы, на пригородных участках при трех- и четырехзначной сигнализации – пригородный поезд, с меньшей массой и скоростью по сравнению с поездами дальнего следования. Расчетные длины грузового поезда на магистральных линиях при трехзначной сигнализации 850, 1050 и 1250 м. За наибольшие установленные скорости пропуска поездов принимают: пассажирских 140 км/ч, грузовых - 90 км/ч. Длина каждого блок-участка должна быть не менее тормозного пути, определенного для данного места пути при полном служебном торможении и максимально реализуемой скорости (но не более 120 км/ч для пассажирского и 80 км/ч для грузового поезда), но должна быть не меньше тормозного пути при экстренном торможении с указанных скоростей (120 и 80 км/ч) с учетом времени, необходимого для воздействия устройств автоматической локомотивной сигнализации и автостопа на тормозную систему поезда. Максимальная длина блок-участка не должна превышать 2600 м, длина предвходных блок-участков должна быть не более 1500 м, минимальная длина блок-участка - не менее 1000 м. Должны быть обеспечены максимально возможная видимость сигналов по условиям расстановки светофоров и совмещение (спаривание) светофоров в противоположных направлениях для удешевления строительства и лучшего обслуживания автоблокировки.

При совмещении светофоров допускается отклонение интервала попутного следования от расчетного значения в пределах ± 1 мин на магистральных участках и $\pm 0,5$ мин на участках пригородного движения.

Применяют два способа расстановки светофоров по кривой скорости с нанесением засечек времени и по кривой времени, построенной для хвоста первого и головы второго поезда. Первый способ, как более простой, получил наибольшее применение. Второй способ более трудоемкий, его применяют, в частности, при расстановке светофоров на пригородных участках.

Чтобы построить кривые скорости или времени, проводят тяговые расчеты, используя при этом уравнение движения поезда. По расчетным данным находят скорости движения поезда на разных элементах профиля пути, время хода по перегону, определяют условия и результаты торможения.

Кривую скорости для перегона строят с указанием профиля пути и длины каждого элемента профиля. Кроме этого, показывают план пути перегона, разделенный по километрам, с указанием кривых участков пути.

Пользуясь кривой скорости, расставливают светофоры автоблокировки. При расстановке учитывают, что светофоры необходимо устанавливать на прямых участках пути или в начале кривых участков. В случае установки светофоров в кривой выбирают место его установки из условия лучшей видимости сигнальных показаний. При наличии выемок светофоры устанавливают с таким расчетом, чтобы выемки не ухудшили видимость сигналов. При наличии тоннелей и больших мостов светофоры, как правило, располагают перед искусственным сооружением или за ним на расстоянии не менее максимальной длины поезда. На пригородных участках светофоры устанавливают, как правило, за платформами по ходу поезда для удобства посадки и высадки пассажиров в случае остановки поезда у закрытого светофора. При необходимости установки светофоров на тяжелом профиле пути их снабжают условно-разрешающими сигналами.

Перечень перегонов и проходных светофоров с условно-разрешающими сигналами, а также массу грузовых поездов, при которых допускается проследование этих сигналов, устанавливает начальник дороги.

После расстановки светофоров их нумеруют. Все светофоры нечетного направления данного перегона, начиная со станции приема, нумеруют нечетными возрастающими цифрами 1, 3, 5 и т.д.; в четном направлении со стороны станции приема - четными возрастающими цифрами 2, 4, 6 и т.д. Такая нумерация дает возможность машинисту поезда по мере убывания номеров светофоров ориентироваться о приближении поезда к станции и принимать своевременные меры по торможению поезда.

Расстановка светофоров по кривой скорости. При расстановке светофоров для определения времени расчетного межпоездного интервала наносят засечки времени на кривой скорости. Засечки наносят с помощью вспомогательного треугольника времени (рис.24,а). Высота треугольника соответствует значению расчетной скорости, а основание - длине пути. Размеры основания и высоту треугольника подбирают так, чтобы раствор угла треугольника в принятых масштабах представлял время, равное 1мин. Для более точного расчета времени раствор угла треугольника принимают 0,5-0,25мин. Свойство треугольника таково, что если его наложить на кривую скорости, как это показано на рис.24,б, пересекающую в точках a , b или c , d боковые стороны треугольника, и спроектировать эти точки на основание треугольника, то полученные отрезки a' , b' или c' , d' будут представлять собой путь, пройденный поездом за 1мин.

Для отсчета долей минуты основание треугольника делят на 10 равных частей и полученные точки соединяют с вершиной треугольника.

В качестве примера на рис. 24,в показан порядок нанесения на кривую скорости засечек времени, начиная с первой минуты. Треугольник основанием вверх располагают строго параллельно оси пути так, что его вершина О совмещается с началом кривой скорости. Полученная при пересечении стороны ОБ треугольника с кривой скорости точка 1 дает засечку первой минуты движения поезда. Затем треугольник передвигают вправо так, чтобы его сторона ОА совместилаась с засечкой 1 первой минуты. Тогда на пересечении стороны О' Б' с кривой скорости получают засечку 2 второй минуты. Передвигая аналогичным порядком треугольник, наносят минутные засечки времени на кривой скорости по всему перегону.

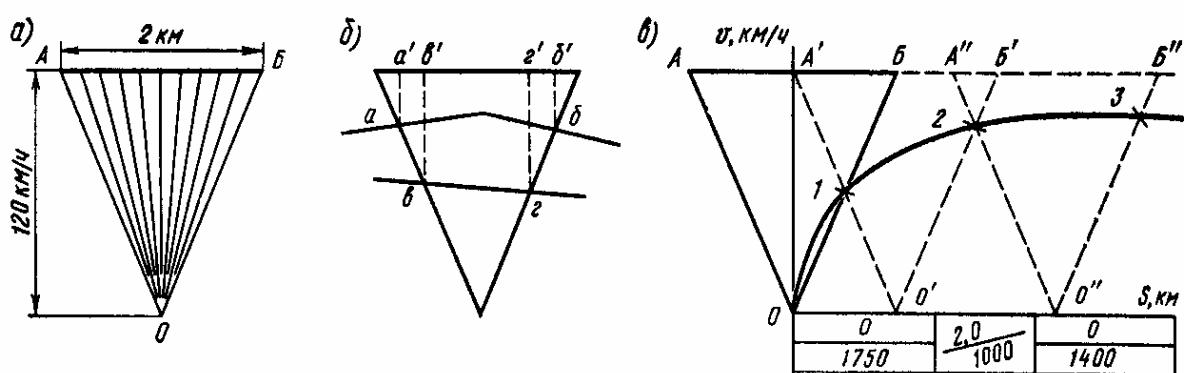


Рис. 24. Нанесение засечек времени с помощью треугольника

Порядок расстановки светофоров трехзначной автоблокировки по засечкам времени на кривой скорости при заданном межпоездном интервале 8мин и расчетной длине поезда $l_p = 850\text{м}$ показан на рис.25.

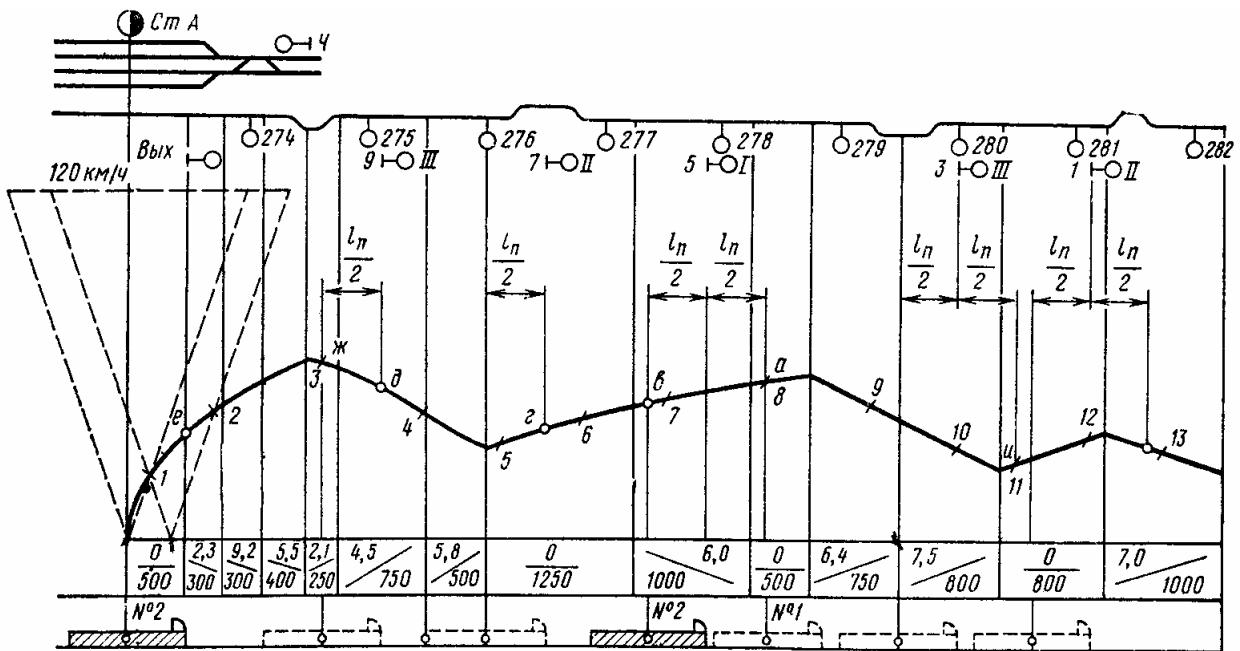


Рис. 25. Расстановка светофоров по кривой скорости

Первоначально расставляют светофоры первой серии. Передвигая треугольник вправо по кривой скорости и нанося засечки времени, отсчитывают 8мин и находят точку *a*, соответствующую центру поезда №1. Через данную точку проводят линию, перпендикулярную линии пути, и от нее откладывают влево половину длины поезда, чтобы определить положение хвоста поезда и место установки светофора 5 серии I. Для определения места установки второго светофора серии I необходимо иметь в виду, что когда поезд №1 удалится от светофора 5 через 8мин, перед этим светофором будет находиться голова поезда №2.

Так как центры поездов смешены один от другого на 8мин, то прежде всего находят центр поезда №2. Для этого от оси светофора 5 откладывают влево половину длины поезда $l_p/2$ и по кривой скорости находят точку *b* (6,8мин). От этой точки, передвигая треугольник вправо, отсчитывают 8мин и находят точку, в которой будет находиться центр поезда №1 в момент нахождения поезда №2 перед светофором 5. Проецируя найденную точку на линию пути и откладывая влево $l_p/2$, находят место установки второго светофора серии I. На рис.25 второй светофор серии I не показан, так как место его размещения находится на следующем перегоне. Дальнейшее определение мест установки светофоров серии I производится аналогично.

Так как поезда всегда должны быть разграничены тремя блок-участками, то между выходными светофорами станции и первым светофором серии I, а также между светофорами серии I должны быть установлены светофоры серий II и III. Для установки первых светофоров серий II и III время хода поезда от выходного светофора до первого светофора серии I делят на три равные части. Тогда точки раздела будут местами расположения первых светофоров серий II и III.

В рассматриваемом случае выходной светофор стоит на ординате, соответствующей засечке времени 1,7 мин (точка *e*), а первый светофор серии I – на ординате 7,5 мин. Время хода поезда от выходного светофора до светофора 5 составляет $7,5 - 1,7 = 5,8$ мин. Разделив 5,8 на 3, получают интервал времени между светофорами серий I и II, равный 1,9 мин. Вычитая полученный интервал 1,9 из ординаты 7,5, получают ординату точки *g*, равную 5,6 мин, где необходимо установить первый светофор 7 серии II. Вычитая из ординаты 5,6 интервал 1,9, получают 3,7 мин, т. е. ординату точки *d*, в которой

устанавливаем первый светофор 9 серии III.

Для определения места установки второго светофора серии III от светофора 9 откладывают влево $l_p/2$ и находят точку $ж$, от которой вправо по кривой скорости откладывают 8мин и находят точку $и$, соответствующую 10,9мин. Точку $и$ сносят на линию пути и откладывают влево $l_p/2$, тем самым определяют место установки второго светофора серии III. Места установки последующих светофоров серий II и III находят аналогично.

После расстановки светофоров в одном направлении их расставляют в другом направлении. Во всех случаях, когда светофоры встречных направлений не совпадают по ординате, решают вопрос об их передвижке и совмещении в допустимых нормами пределах. Передвижка светофоров может производиться и для улучшения их видимости по условиям местности и профиля пути.

По окончании расстановки светофоров проверяют соответствие полученных длин блок-участков принятым нормам и максимальным тормозным путям, определяемым при максимальной скорости пассажирского или грузового поезда. При экстренном торможении к тормозному пути прибавляют дополнительный путь, проходимый поездом за время срабатывания приборов локомотивной сигнализации с автостопом и приведения тормозов в действие, при полном служебном торможении - только путь, проходимый поездом за время приведения тормозов в действие.

Для проверки максимального тормозного пути перед каждым светофором используют тормозные кривые для тех категорий поездов, тормозные пути которых следует проверить. Метод проверки тормозных путей поясняется на рис.26,а. На рис.26,б показаны тормозные кривые, построенные для служебного и экстренного торможений поезда при разных профилях путей, на которых проверяется тормозной путь. Для учета тормозного пути при автостопном торможении слева от оси ординат показаны наклонные линии, построенные для разных элементов профиля пути перед светофором. При определении тормозного пути автостопного торможения суммарное время смены показания локомотивного светофора и срабатывания электропневматического клапана автостопа принимается 12 с.

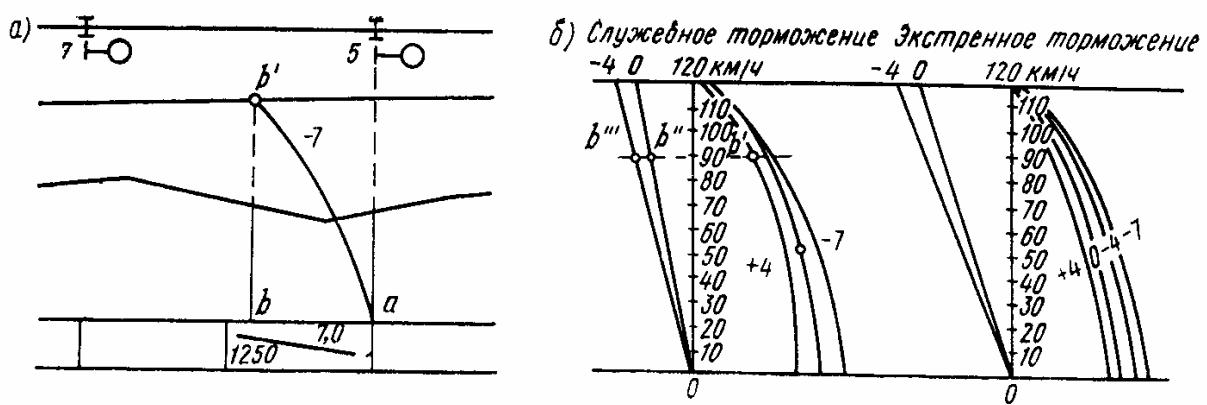


Рис. 26. Проверка тормозного пути и расчетной длины блок-участков

При проверке тормозного пути перед светофором (рис.26,а) ординату этого светофора сносят на ось пути (точка a). Затем берут тормозную кривую, выполненную на кальке для данной категории поезда и соответствующего профиля пути перед светофором, и накладывают ее на чертеж расстановки светофоров так, чтобы их оси пути совпадали, а конец тормозной кривой совместился с ординатой светофора. Точку $в'$

пересечения тормозной кривой с кривой скорости переносят на ось пути и находят точку v . Полученное расстояние av представляет собой тормозной путь перед данным светофором.

Дополнительный путь, проходимый поездом за время приведения в действие тормозов, определяют (рис.26,б) путем проецирования точки v' до пересечения с прямой линией, соответствующей профилю пути перед точкой v в начале тормозного пути ($+4\%$). Полученный отрезок пути ov'' или ov''' добавляют к отрезку av , что и дает полную длину тормозного пути перед светофором.

Если этот путь не укладывается в пределах длины блок-участка, то его длина не удовлетворяет тормозным условиям и необходима перестановка светофоров.

При четырехзначной автоблокировке длину каждого блок-участка проверяют по условиям возможности снижения скорости с максимального значения до допустимой скорости проследования желтого огня и полной остановки поезда у сигнала с красным огнем при вступлении его на блок-участок со скоростью прохода желтого огня.

На участках с электрической тягой при расстановке светофоров проверяют возможность прохода поездом нейтральной вставки с выключенным током со скоростью: 15 км/ч у знака «Включить ток» при движении поезда с остановкой у светофора, установленного перед нейтральной вставкой; 10 км/ч - при движении поезда до знака «Включить ток»; с ограниченной скоростью 20 км/ч - по пригласительному сигналу входного или выходного светофора и при проследовании проходного светофора, установленного перед нейтральной вставкой, с запрещающим показанием.

Первый светофор автоблокировки устанавливают от знака «Включить ток» на расстоянии не менее 300 м. Проходные светофоры должны быть установлены перед переездом в случае совмещения его с одиночной или спаренной сигнальной установкой.

Расстановку светофоров следует проверять по условию видимости их огней на всех элементах профиля перегона. Эту проверку делает комиссия в составе представителей отделения дороги и проектной организации по вехам. Вехи устанавливают на ординатах проектируемых светофоров. Правильную видимость светофоров после их установки подтверждает комиссия и утверждает для составления рабочего проекта автоблокировки.

6.3. Расстановка сигналов на станции

Гарантией обеспечения безопасности движения поездов на железных дорогах является выполнение машинистами приказов, передаваемых сигнальными устройствами. В качестве последних преимущественное распространение получили светофоры, которые передают достаточное число сигнальных показаний и сочетают удобство управления с хорошей круглосуточной видимостью сигналов. Каждое сигнальное показание должно сообщать машинисту информацию для своевременного снижения скорости до требуемой в соответствующем месте пути. Это достигается использованием сигнализации, при которой каждое сигнальное показание (кроме запрещающего движение) передаст основной (скорость движения у данного светофора) и предупредительный (скорость движения у следующего светофора) приказы. Поэтому число сигнальных показаний определяется числом принятых ступеней скорости.

Существует установленная скорость v_y , которая представляет собой известную машинистам максимально допустимую скорость движения поезда во всех точках пути следования, а также нулевая скорость v_o (остановка). Для стрелочных переводов с марками крестовин 1/9 и 1/11 допускается скорость движения на боковой путь v_l не

более 40 км/ч (по переводам из рельсов Р65 с маркой крестовины 1/11 не более 50 км/ч). Применение стрелочных переводов с маркой крестовины 1/18 разрешает движение поездов на боковые пути со скоростью $v_3 = 80$ км/ч.

Основной принцип сигнализации, применяемой на железных дорогах – остановка подвижной единицы перед светофором с красным сигнальным показанием и разрешение проследования светофора с желтым и зеленым сигнальными показаниями.

Один непрерывно горящий или мигающий огонь разрешает проследование данного светофора с установленной скоростью. Зеленый мигающий разрешает проследование следующего светофора со скоростью 80 км/ч, желтый мигающий – со скоростью v_1 , а желтый непрерывно горящий огонь указывает на необходимость остановки поезда у следующего светофора.

Горение двух огней, нижний из которых желтый, разрешает проследование данного светофора со скоростью v_1 . Наличие зелено-й полосы при двух огнях разрешает проследование данного светофора со скоростью v_3 . Верхний огонь указывает скорость проследования следующего светофора: непрерывно горящий желтый предупреждает о необходимости остановки, желтый мигающий – о снижении скорости до значения v_1 , зеленый мигающий – до v_3 .

Таким образом, горение на светофоре двух огней, нижний из которых желтый, требует отклонения поезда за этим светофором на боковой путь. Горение одного желтого или зеленого огня соответствует движению поезда за светофором по прямому пути.

Синий огонь запрещает маневры и для поездных передвижений значения не имеет. Для запрещения маневров можно использовать красный огонь, если это не создает препятствий для поездных передвижений.

Непрерывно горящий лунно-белый огонь разрешает маневры. Мигающий лунно-белый огонь является пригласительным сигналом, разрешающим проследование данного светофора со скоростью до 20 км/ч с готовностью остановиться в случае обнаружения препятствия.

Рассмотрим основные положения, связанные с размещением станционных светофоров (рис. 27). Станцию со стороны перегонов ограждают входными светофорами. Входной светофор со стороны прибытия четных поездов обозначают буквой Ч, а со стороны нечетных — Н. Входные светофоры устанавливают на участках с тепловозной тягой на расстоянии, не меньшем 50 м от остряка противоположного стрелочного перевода или предельного столбика первого входного пошерстного стрелочного перевода. Входной светофор на электрифицированных участках необходимо устанавливать перед воздушным промежутком, разделяющим контактную сеть перегона и станции. Обычно это удаление от входного стрелочного перевода не превышает 300 м.

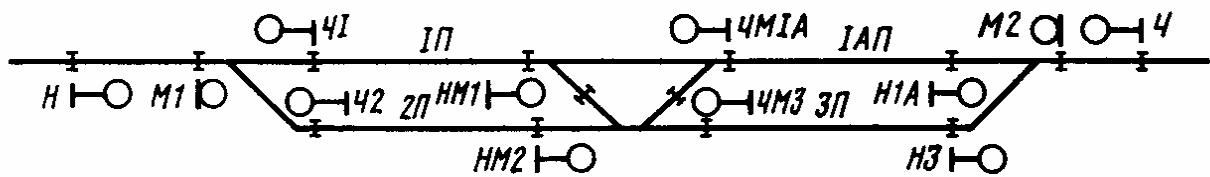


Рис. 27. Схема размещения станционных светофоров

Выходные светофоры разрешают выход поездов на перегон. Их устанавливают с учетом специализации станционных путей. В обозначении выходных светофоров учитывается направление движения и номер пути отправления (Ч1, Ч2, Н1А и Н3).

Маршрутные светофоры применяют на станциях с продольным и

полупротяжным расположением путей, а также на крупных станциях. Они регулируют передачу поездов из одного района станции в другой. Их устанавливают перед стрелками, разделяющими последовательно расположенные группы путей, а также в горловинах крупных станций. Обозначение маршрутных светофоров учитывает направление движения и номер пути (ЧМ1А, ЧМ3, НМ1 и НМ2).

Выходные и маршрутные светофоры на станциях с электрической централизацией дополняют немигающим лунно-белым огнем, разрешающим маневры. Если на таком светофоре установлен пригласительный сигнал, то для маневровых передвижений используют тот же сигнальный комплект. На главных путях и путях безостановочного пропуска поездов используют мачтовые выходные и маршрутные светофоры, а на боковых путях – карликовые. Размещение маневровых светофоров требует знаний технологии работы станций. Маневровые светофоры обозначают буквой М с порядковым номером, начиная от входного светофора, в четной горловине – с четными, а в нечетной – с нечетными (М1, М3 и М2, М4) номерами.

Рассмотрим примеры светофорной сигнализации. Взаимозависимость сигнальных показаний светофоров для движения поездов в нечетном направлении (рис. 28) показана для стрелочных переводов с марками крестовин 1/9 и 1/11.

Желтый огонь на предвходном светофоре 1 загорается при красном и мигающем лунно-белом огнях входного светофора Н. Зеленый огонь на светофоре 1 указывает на возможность проследования светофора Н с установленной скоростью. Последний сигнализирует одним верхним желтым огнем при красном огне на выходном светофоре Н1 и зеленым огнем при желтом или зеленом огне на светофоре Н2. Поезд принимают на главный путь 1П без отклонения по стрелке 1.

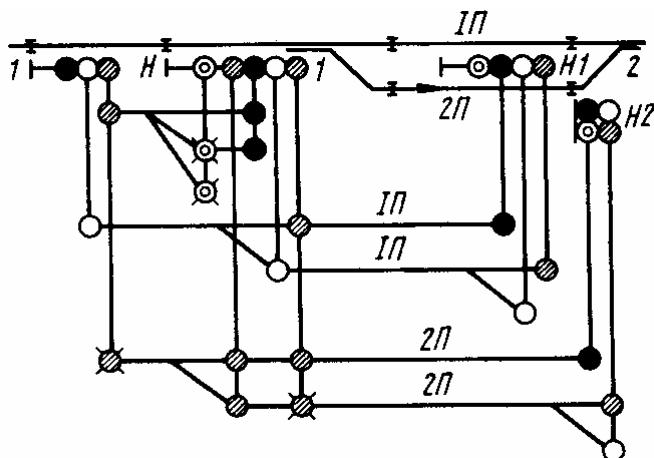


Рис. 28. Схема взаимозависимости показаний светофоров на разъезде при наличии стрелок с марками крестовин 1/9 и 1/11

Желтый мигающий огонь на светофоре 1 предупреждает о том, что входной светофор Н открыт, но его разрешается проследовать со скоростью v_1 , поскольку поезд принимают на боковой путь 2П. На светофоре Н горят два желтых огня, причем непрерывно горящий верхний огонь предупреждает о том, что выходной светофор Н2 закрыт, а мигание этого огня свидетельствует об открытом светофоре Н2.

При отправлении с бокового пути 2П поезд отклоняется по стрелке 2, что обусловливает скорость его движения не более v_1 . В этом случае на выходном светофоре должны гореть два желтых огня. Однако для простоты предусматривают одинаковую сигнализацию светофоров Н2 и Н1, что имеет следующее обоснование. В случае приема поезда на боковой путь 2П машинист снижает скорость до v_1 перед светофором Н и не

превышает ее до проследования последним вагоном стрелки 1, т.е. поезд не может развить скорость более v_1 на всей протяженности пути 2П до светофора Н2. Машинист, зная о приеме на боковой путь по показанию входного светофора Н и о необходимости движения по стрелке 2 со скоростью v_1 , не допускает большей скорости. Поэтому машинисту достаточным является показание первого светофора, который необходимо проезжать со скоростью v_1 .

В случае пропуска по главному пути 1П (рис. 29) поезд отклоняется за выходным светофором Н1 по стрелке 2. Поэтому светофор Н1 сигнализирует двумя желтыми огнями при свободности одного блок-участка удаления и двумя желтыми огнями, из которых верхний мигающий при свободности двух и более блок-участков. Зеленый огонь на светофоре Н1 закрывают металлическим кругом - заглушкой (закрещенный кружок на рис. 29). Входной светофор Н сигнализирует в этом случае одним желтым мигающим огнем, а при пропуске поезда по боковому пути – двумя желтыми огнями аналогично ранее рассмотренному случаю. Зеленый огонь на светофоре Н также закрывают заглушкой.

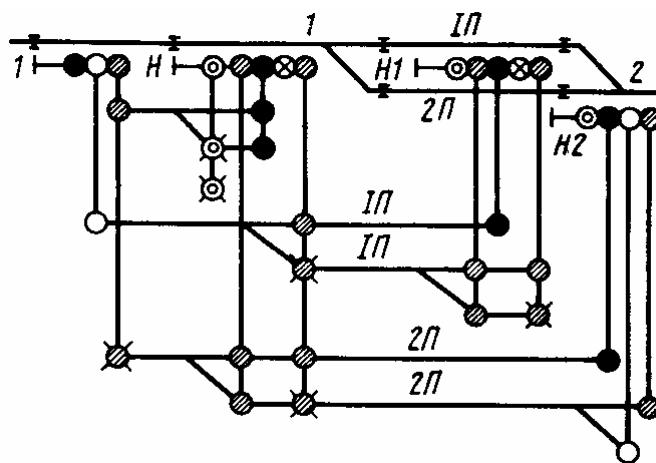


Рис. 29. Схема взаимосвязи сигналных показаний при отсутствии зеленого огня на входном и выходном светофорах

Разнообразные случаи взаимозависимости показаний светофоров рассматриваются в Методических указаниях по применению светофорной сигнализации.

7. Перспективы развития систем железнодорожной автоматики и телемеханики

Современные условия работы железных дорог, повышение скоростей и интенсивности движения поездов требуют все большей степени автоматизации управления процессом перевозок. Перспективные системы автоматики и телемеханики должны обладать качественно новыми и более широкими функциональными возможностями по сравнению с существующими, обеспечивать повышение уровня безопасности движения поездов. Основные требования к новым системам: надежность действия, исключающая возникновение опасных отказов; малое время восстановления работоспособности после возникновения отказов; надежная защита от воздействия различных помех; высокое быстродействие; универсальность для различных условий эксплуатации.

Наиболее полно эти требования могут быть реализованы при разработке новых систем управления на современной элементной базе, и прежде всего, с использованием

микроэлектроники. Создаются микроэлектронные системы автоматической локомотивной сигнализации, микропроцессорная централизация стрелок и сигналов, система диспетчерской централизации на основе применения микропроцессорных комплектов и агрегатных модулей, комплекс горочный микропроцессорный, система автоматического управления тормозами поезда. Для построения таких систем требуется не только современная техника, но и создание специальных программных средств. Разрабатываемые системы автоматического ведения поездов основаны на принципиально отличных от существующих методах построения замкнутых систем регулирования.

Наряду с созданием новых, существующие средства автоматики и телемеханики совершенствуются в направлении повышения надежности, быстродействия и объема передаваемой информации.

На железнодорожных участках внедряются новые виды рельсовых цепей без изолирующих стыков и схемы рельсовых цепей, устойчиво работающие при пониженном сопротивлении балласта. Разработаны новые системы автоблокировки (частотная, унифицированная и с централизованным размещением аппаратуры), многозначная автоматическая локомотивная сигнализация, электрическая централизация с индустриальной системой монтажа, комплексная система автоматизации горочных процессов.

Сложность устройств железнодорожной автоматики и размещение их на значительных расстояниях затрудняют поиск отказов и возможности современного ремонта. Для улучшения условий труда обслуживающего персонала и сокращения среднего времени восстановления используют устройства технического диагностирования основных элементов перегонных и станционных систем управления.

Развитие автоматизации оперативного управления транспортным процессом непосредственно связано с созданием автоматизированных рабочих мест. Создаются АРМ управленческих и оперативных работников. Для ремонтно-технологических участков разрабатываются АРМ автоматического контроля и диагностирования аппаратуры. Основой автоматизированных рабочих мест являются персональные ЭВМ различных типов.

Библиографический список

1. Сапожников В.В., Кравцов Ю.А., Сапожников Вл.В. Теоретические основы железнодорожной автоматики и телемеханики.-М.: Транспорт, 1995.- 320 с.
2. Котляренко Н.Ф. Путевая блокировка и авторегулировка.-М.: Транспорт, 1983.- 408 с.
3. Казаков А.А., Бубнов В.Д., Казаков Е.А. Станционные устройства автоматики и телемеханики. – М.: Транспорт, 1990.- 432 с.
4. Сапожников Вл.В. Станционные системы автоматики и телемеханики – М.: Транспорт, 1997.- 432 с.
5. Казаков А.А., Бубнов В.Д., Казаков Е.А. Системы интервального регулирования движения поездов. – М.: Транспорт, 1986.- 400 с.
6. Кравцов Ю.А. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики – М.: Транспорт, 1996.- 400 с.