

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

**Кафедра автоматике и телемеханики**

**О. В. САВКО, К. С. ШЕТЕТКОВ**

**АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА**  
**НА ПЕРЕГОНАХ**

**Лабораторный практикум**

**Гомель 2014**

УДК 656.25:656.222 (076.5)  
ББК 39.275.8  
С13

Рецензент – канд. техн. наук, доцент *С. Н. Харлап* (УО «БелГУТ»).

**Савко, О. В.**

С13 Автоматика и телемеханика на перегонах : лаб. практикум /  
О. В. Савко, К. С. Шеметков; М-во образования Респ. Беларусь,  
Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 56 с.  
ISBN 978-985-554-366-5

Изложены принципы железнодорожной светофорной сигнализации и устройства светофоров. Рассмотрены вопросы построения рельсовых цепей, их назначение и принципы работы.

Предназначен для студентов заочного и электротехнического факультетов в качестве руководства при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Автоматика и телемеханика на перегонах».

**УДК 656.25:656.222 (076.5)**  
**ББК 39.275.8**

**ISBN 978-985-554-366-5**

© Савко О. В., Шеметков К. С., 2014  
© Оформление. УО «БелГУТ», 2014

## Лабораторная работа № 1

### УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ СВЕТОФОРОВ

Цель работы. Изучить конструкцию и работу светофоров и исследовать линзовую оптическую систему.

#### 1 КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

##### 1.1 Сигнальные головки и оптические системы светофоров

Для обеспечения безопасности и четкой организации движения поездов и маневровой работы служат сигналы. Основными сигнальными устройствами, с помощью которых передаются приказы машинисту поезда с пути, являются **светофоры**, относящиеся к постоянным, круглосуточным видимым сигналам.

Основным элементом светофора является *сигнальная головка*, корпус которой отливается из чугуна или силумина. В зависимости от типа оптической системы сигнальной головки они делятся на *линзовые* и *светодиодные*.

Сигнальная головка светофора может содержать один, два или три световых комплекта, каждый из которых обеспечивает один сигнальный огонь. Линзовый комплект состоит из наружной бесцветной линзы, внутренней цветной (линзы-светофильтры) и электрической лампы, закрепленных на точно определенных расстояниях друг от друга на чугунном или силуминовом корпусе в виде конического кольца. Для вентиляции внутреннего пространства (во избежание запотевания линз) в корпусе имеются отверстия, закрытые сеткой.

Линзы служат для усиления сила света, собирания максимально возможного светового потока лампы и концентрации его в параллельный пучок. Чем ближе лампа к линзе, тем большая часть ее светового потока попадет на линзу (больше угол охвата), но при этом за линзой получается расходящийся световой пучок. С целью максимального приближения лампы к линзе и одновременно получения нераздельного пучка применяются две собирательные линзы, при этом внутренняя – вогнуто-выпуклая (рисунок 1).

Для уменьшения массы и потерь световой энергии линзы изготавливают ступенчатыми (линзы Френеля). Наружные бесцветные линзы мачтовых (типа ЛСМ  $\varnothing$  212 мм) и карликовых (типа ЛСК  $\varnothing$  160 мм) светофоров выполняется с ступенями на внутренней поверхности. Внутренние цветные линзы типа СЛ  $\varnothing$  139 мм изготавливаются со ступенями на наружной поверхности. Обе линзы и лампа на заводе тщательно фокусируются и закрепляются на корпусе линзового комплекта.

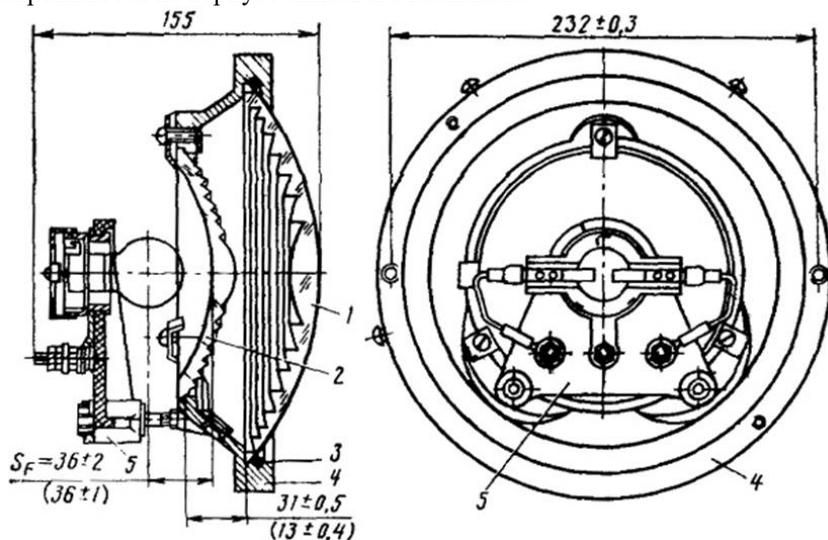


Рисунок 1 – Линзовый комплект с двухнитевой лампой

Лампа устанавливается в ламподержателе, который имеет клеммы для подключения питающих проводов. Ламподержатель крепится на корпусе линзового комплекта с помощью двух штырей, которые после фокусировки заливаются специальным сплавом.

К светофорным лампам предъявляются специфические требования – они должны иметь нить накала малых размеров со строго фиксированным положением ее относительно цоколя. Первое требование выполняется использованием низкого напряжения питания, а второе – применением специального цоколя с секторными выступами разных размеров, который припаивается к основному цоколю лампы после фокусировки. При смещении нити накала лампы на 2 мм от фокуса сила света линзового комплекта снижается на 40 %.

В линзовых светофорах применяются двухнитевые лампы типов ЖЛС 12-15-15, ЖЛС 12-25-25 и ЖЛС 12-35-35 напряжением 12 В, мощностью 15; 25 и 35 Вт, со сроком службы: основной нити – 2000 часов, резервной – 300 часов.

В настоящее время разработаны и внедряются светодиодные линзовые комплекты (рисунок 2).

## 1.2 Оснастка светофоров

Светофоры бывают мачтовые и карликовые.

**Мачтовые светофоры** применяются в качестве входных, проходных, маршрутных, прикрытия и других сигналов, а также выходных с главных и боковых путей, по которым предусматривается безостановочный пропуск поездов. Выходные с остальных боковых путей, а также маневровые светофоры могут быть карликовыми, требующими меньшей ширины между путями для их установки.

На рисунке 3 представлена конструкция мачтового светофора. Он состоит из следующих элементов: 1 – железобетонная или металлическая мачта, на которой крепятся остальные детали светофора; 2 – сигнальная головка, которая комплектуется линзовым или светодиодным комплектами; 3 – защитные козырьки; 4 – световой указатель скорости; 5 – маршрутный указатель; 6 – сигнальная головка пригласительного сигнала; 7 – металлическая лестница; 8 – литерные знаки наименования светофора; 9 – трансформаторные ящики для установки понижающих сигнальных трансформаторов; 10 – стакан для ввода и разделки сигнального кабеля; 11 – железобетонный фундамент; 12 – световые указатели; 13 – фоновый щит для обеспечения восприятия сигнального показания светофора.



Рисунок 2 – Светодиодный линзовый комплект

**Карликовый светофор** (рисунок 4) включает: 1 – железобетонное или металлическое основание для крепления деталей светофора; 2 – сигнальную головку; 3 – защитные козырьки; 4 – универсальную муфту

Рисунок 3 – Светофор шестизначный на металлической



указывает номер пути; маневровые – М1, М2, М3 и т.д., где цифра указывает номер светофора; маршрутные – НМ1, ЧМ2 и т.д. Входные светофоры, по которым принимаются поезда, следующие по неправильному пути перегона при двухпутной двусторонней автоблокировке, обозначаются литерами НД и ЧД.

На мачте предвходного светофора (проходного светофора, расположенного перед входным) над номерной табличкой устанавливается оповестительная табличка размером 140 x 620 мм, имеющая наклонные черные полосы на белом фоне; на каждой черной полосе установлены две отражательные линзы прозрачно-белого цвета.

На мачтах входных и выходных светофоров могут устанавливаться указатели скорости – горизонтальные зеленые светящиеся полосы размером 600×160 мм – одна или две. Указатель скорости собирается из трех линзовых комплектов карликового светофора и размещается под нижней головкой светофора на расстоянии 0,8–1,0 м от нее (головка пригласительного огня устанавливается ниже указателя скорости).

На участках, оборудованных автоблокировкой с трехзначной сигнализацией, на светофоре, ограждающем блок-участок длиной менее тормозного пути, устанавливается световой указатель белого цвета в виде двух стрел, а на предупредительном к нему – такой же указатель в виде одной стрелы. Размер стрелы – 40×165 мм; освещается она одной светофорной лампой 12 В, 15 Вт.

Все мачтовые светофоры снабжаются складными (при длине мачты до 8 м) или наклонными металлическими лестницами.

Для разделки кабеля и подключения проводов, идущих к лампам, у основания светофоров на железобетонных мачтах и карликовых монтируются кабельные универсальные муфты типа УКМ-12 или УПМ-24. У светофоров на металлической мачте разделка кабеля осуществляется в стакане, с помощью которого мачты крепятся к фундаменту. На станциях, где питание ламп осуществляется из поста через сигнальные трансформаторы, на мачте, кроме того, закрепляются трансформаторные ящики.

На некоторых мачтовых светофорах устанавливаются маршрутные указатели, имеющие ширину 590 и высоту 840 мм. В них размещается до 42 электрических ламп 220 В, 25–40 Вт с линзами (6 вертикальных рядов по 7 ламп в каждом). Передняя наклонная сторона указателя имеет застекленную раму.

Применяются *три типа маршрутных указателей* (рисунок 5):

- 1) с белыми линзами для буквенных показаний – на входных, выходных и маршрутных светофорах (см. рисунок 5, а);
- 2) с зелеными линзами в основном для цифровых показаний – на групповых выходных светофорах для указания, с какого пути установлен маршрут;

3) с белыми линзами – для указания направления заданного маршрута полосой горящих ламп (направо, прямо, налево) (см. рисунок 5, б).

Маршрутные указатели устанавливают под нижней головкой светофора выше пригласительного огня или на отдельных мачтах.

Для пригласительного сигнала на входных светофорах применяется однозначная головка с круглым щитом и линзовым комплектом лунно-белого света.

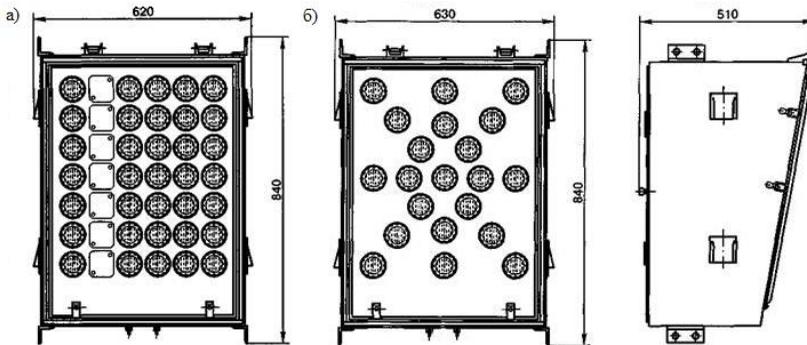


Рисунок 5 – Указатели:  
а – световой маршрутный; б – указатель положения

Условно-разрешающий сигнал проходного светофора, расположенного на затяжном подъеме, подается знаком в виде буквы Т на ромбовидном щите, собранном из отражательных стеклянных линз прозрачно-белого цвета.

На обратной стороне входного светофора иногда устанавливают однозначную линзовую головку маневрового сигнала с круглым щитом.

Металлические мачты, головки, кронштейны, обратную сторону щитов, шланги, корпуса световых указателей, лестницы и трансформаторные ящики окрашивают алюминиевой или светло-серой масляной краской. Черной масляной краской покрывают лицевые стороны щитов светофорных головок и световых указателей, козырьки – снаружи и изнутри, кабельные муфты и светофорные головки – изнутри.

### 1.3 Номенклатура и расцветка светофоров

Светофор каждого типа имеет присвоенный ему номер чертежа и номенклатурное обозначение. Номенклатура светофора, записываемая буквами и цифрами, состоит из двух частей (левой и правой), разделенных знаком тире, левая часть номенклатуры означает: ЛЦ (ПЦ) – линзовый (прожекторный) светофор на железобетонной центрифугированной мачте; Л (П) – то же на

металлической мачте; ЛМ (ПМ) – то же на мостике или консоли; КЛ (КП) – карликовый линзовый (прожекторный) светофор; Я – наличие трансформаторного ящика.

В правой части номенклатуры записывается значность, расцветка и дополнительная оснастка светофора. Первая цифра от 1 до 6 означает значность светофора – количество сигнальных огней, вторая – номер расцветки для данных значности и конструкции. Последующие буквы указывают на наличие: С – указателя скорости; П – пригласительного сигнала; М – маневрового сигнала, установленного на обратной стороне светофора; УВ –

маршрутного указателя с белыми линзами; УЗ – то же с зелеными линзами; УП – маршрутного указателя положения; Т – условно-разрешающего сигнала. В номенклатуру светофора четырехзначной сигнализации после второй цифры-расцветки добавляется буква А.

На рисунке 6 для примера показаны условные обозначения трех линзовых светофоров на железобетонных центрифугированных мачтах (ЛЦ):

а) ЛЦЯ-44 СП – с трансформаторным ящиком, четырехзначный, четвертой расцветки, с указателем скорости и пригласительным сигналом (см. рисунок 6, а);

б) ЛЦ-36Т – трехзначный, шестой расцветки, с условно-разрешающим сигналом (см. рисунок 6, б);

в) ЛЦ-36АУБ – трехзначный, шестой расцветки, для четырехзначной сигнализации, содержит маршрутный указатель с белыми линзами (см. рисунок 6, в).

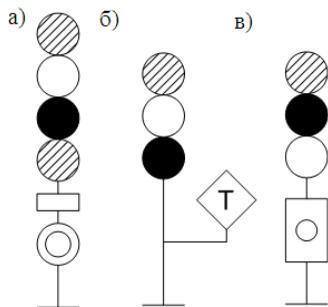


Рисунок 6 – Условные обозначения светофоров

## 1.4 Наводка светофора

Оптическая система светофора фокусируется, таким образом, чтобы получить почти параллельный пучок света и обеспечить за счет этого необходимую дальность видимости огней. Максимальная сила света получается в центре пучка и уменьшается к его краям. Угол, в пределах которого сила света уменьшается в два раза по сравнению с максимальной, называется углом рассеяния. Для линзовых комплектов этот угол равен  $4^\circ$ , по  $2^\circ$  в обе стороны от оси. Для обеспечения видимости огней светофора с пути на заданном расстоянии его луч должен быть соответствующим образом направлен. С этой целью осуществляется наводка светофоров на диск, отнесенный от сигнала на требуемое расстояние и установленный на

высоте 4200 мм от уровня головки рельса. Наводка осуществляется поворотом головки в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

## **2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

- 1 Назначение светофоров.
- 2 Оптическая система линзового светофора.
- 3 Устройство мачтового и карликового светофоров.
- 4 Номенклатурные обозначения светофоров.
- 5 Порядок определения нумерации станционных и перегонных светофоров.

## **СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

- 1 Наименование и цель работы.
- 2 Изучить устройство мачтового и карликового светофоров (привести в отчете рисунки 2 и 3).
- 3 Устройство оптической системы линзового комплекта.
- 4 Устройство светофорных ламп.
- 5 Принципы номенклатурного обозначения светофоров.
- 6 Нумерация станционных и перегонных светофоров.
- 7 Габаритная установка мачтовых и карликовых светофоров.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- 1 Для чего служит светофор?
- 2 Из каких основных узлов состоит светофор?
- 3 Какие оптические системы применяются в светофорах, их устройство?
- 4 Что из себя представляет мачтовый и карликовый светофоры, где они применяются и по каким габаритам устанавливаются?
- 5 Какие устройства и приборы могут входить в оснастку мачтовых светофоров? Для чего они служат и что из себя представляют?
- 6 Как нумеруются светофоры на перегоне и станции?
- 7 Как составляется номенклатурное обозначение светофоров?
- 8 Для чего и как осуществляется наводка светофоров?
- 9 Что такое угол рассеяния оптической системы, как он определяется?
- 10 Чем отличается светофорные лампы от осветительных?

**Рекомендуемая литература:** [3, 8].

## **Лабораторная работа № 2**

### **СВЕТОФОРНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ**

**Цель работы.** Изучить принципы построения скоростной

сигнализации, классификацию светофоров и видов сигналов, подаваемых ими.

## 1 КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

### 1.1 Классификация светофоров и требования, предъявляемые к ним

Сигналы служат для обеспечения безопасности движения, а также для четкой организации движения поездов и маневровой работы [1].

Сигнал является приказом и подлежит беспрекословному выполнению, работники железнодорожного транспорта должны использовать все возможные средства для выполнения требований сигнала.

#### **Проезд закрытого светофора запрещается.**

Погасшие огни на светофорах (кроме заградительных и повторительных), неправильное или непонятное их показание требуют остановки. Заградительные и повторительные светофоры имеют ромбовидный щит, и этим они отличаются от других, имеющих овальный или круглый щит.

В сигнализации, связанной с движением поездов, применяются следующие основные с и г н а л ь н ы е ц в е т а :

- *зеленый*, разрешающий движение с установленной скоростью;
- *желтый*, разрешающий движение и требующий уменьшения скорости;
- *красный*, требующий остановки.

Красный цвет хорошо воспринимается при разном освещении, наиболее контрастен по отношению к окружающему фону (лес, небо), поэтому он выбран для самого ответственного сигнала "Стоить!" Кроме основных применяется синий и лунно-белый цвета. *Синий* запрещает производство маневров, а *лунно-белый* разрешает их. Кроме того, последний используется в качестве пригласительного.

На железнодорожном транспорте применяются только сигналы, утвержденные министром путей сообщения. В качестве постоянных сигналов применяются с в е т о ф о р ы [2]:

- *входные* – разрешающие или запрещающие поезду следовать с перегона на станцию;
- *выходные* – разрешающие или запрещающие поезду отправиться со станции на перегон;
- *маршрутные* – разрешающие или запрещающие поезду проследовать из одного района станции в другой;
- *проходные* – разрешающие или запрещающие поезду проследовать с одного блок-участка (межпостового перегона) на другой;
- *прикрытия* – для ограждения мест пересечений железных дорог в одном уровне с другими железными дорогами, трамвайными путями и

троллейбусными линиями, разводных мостов и участков, проходимых с проводником;

- *заградительные* – требующие остановки при опасности для движения, возникшей на переездах, крупных искусственных сооружениях и обвальных местах, а также при ограждении составов для осмотра и ремонта вагонов на станциях;

- *предупредительные* – заблаговременно предупреждавшие о показании основного светофора (входного, проходного, заградительного и прикрытия);

- *повторительные* – для оповещения о разрешающем показании выходного, маршрутного и о показаниях горочного светофора, когда по местным условиям видимость основного светофора не обеспечивается;

- *локомотивные* – для разрешения или запрещения поезду следовать по перегону с одного блок-участка на другой, а также предупреждения о показании путевого светофора, к которому приближается поезд;

- *маневровые* – разрешающие или запрещающие производство маневров;

- *горочные* – разрешающие или запрещающие роспуск вагонов с горки.

Один светофор может совмещать несколько назначений (входной и выходной, выходной и маневровой, выходной и маршрутный и др.).

Красные, зеленые и желтые сигнальные огни светофоров входных, проходных, заградительных и прикрытия на прямых участках пути должны быть днем и ночью отчетливо различимы из кабины управления локомотива приближающегося поезда на расстоянии не менее 1000 м. На кривых участках показания этих светофоров, а также сигнальных полос на светофорах и предупредительных светофоров на участках, не оборудованных автоблокировкой, должны быть отчетливо различимы на расстоянии не менее 400 м. В сильно пересеченной местности (горы, глубокие выемки) допускается видимость перечисленных сигналов на расстоянии менее 400 м, но не меньше 200 м.

Показания выходных и маршрутных светофоров главных путей должны быть отчетливо различимы на расстоянии не менее 400 м, выходных и маршрутных светофоров боковых путей, а также пригласительных сигналов и маневровых светофоров – не менее 200 м.

Перед всеми проходными и входными светофорами и светофорами прикрытия должны устанавливаться предупредительные светофоры. На участках, оборудованных автоблокировкой, каждый проходной светофор является предупредительным по отношению к следующему светофору.

На участках, где автоматическая локомотивная сигнализация применяется как самостоятельное средство сигнализации и связи, предупредительный светофор перед входными светофорами не устанавливается.

На линиях, оборудованных автоблокировкой с трехзначной сигнализацией, расстояние между смежными светофорами должно быть не менее тормозного пути, определенного для данного места при полном

служебном торможении и максимальной реализуемой скорости, но не более 120 км/ч для пассажирских и 80 км/ч для грузовых поездов. Кроме этого, оно должно быть не менее тормозного пути при экстренном торможении с учетом времени, необходимого для воздействия устройств автоматической локомотивной сигнализации и автостопа на тормозную систему поезда. При этом на участках, где видимость сигналов менее 400 м, а также на линиях, вновь оборудуемых автоблокировкой, указанное расстояние должно быть не менее 1000 м.

На линиях, ранее оборудованных автоблокировкой с трехзначной сигнализацией, отдельные светофоры могут быть оставлены с разрешения начальника дороги на расстоянии менее необходимого тормозного пути. На таком светофоре, а также на предупредительном к нему должны устанавливаться световые указатели. На станциях световые указатели применяются, когда расстояние между смежными светофорами (входным, маршрутным, выходным) главного пути менее необходимого тормозного пути.

Линии с особо интенсивным движением пригородных поездов, где требуется иметь блок-участок короче минимальной длины, установленной для трехзначной сигнализации, оборудуются автоблокировкой с четырехзначной сигнализацией. Перечень таких линий устанавливает МПС.

На линиях, оборудованных автоблокировкой с трехзначной сигнализацией, на которых обращаются пассажирские поезда со скоростью более 120 км/ч или грузовые со скоростью более 80 км/ч, движение их с установленной максимальной скоростью разрешается при зеленом огне локомотивного светофора, если обеспечивается остановка поезда перед путевым светофором с запрещающим показанием при применении служебного торможения после смены зеленого огня локомотивного светофора на желтый.

Светофоры размещаются с правой стороны по направлению движения поездов или над осью ограждаемого ими пути. Заградительные светофоры и предупредительные к ним, устанавливаемые на перегоне перед переездами для поездов, следующих по неправильному пути, могут располагаться и с левой стороны по направлению движения.

Для приема на станцию поездов, следующих по неправильному пути, а также подталкивающих локомотивов и хозяйственных поездов, возвращающихся с перегона по неправильному пути, разрешается (в случае отсутствия габарита для установки их с правой стороны) располагать входные светофоры с левой стороны по направлению движения.

Необходимость установки входных светофоров с левой стороны определяет начальник дороги.

При организации двустороннего движения на двухпутных перегонах в случаях, установленных МПС, разрешается также применение светофоров с левой стороны по направлению движения поездов.

При повреждении светофоры должны автоматически принимать запрещающее показание, а предупредительные светофоры – показание, соответствующее запрещающему показанию связанных с ними основных светофоров.

Нормальным показанием проходных светофоров является разрешающее, а входных, маршрутных и выходных – запрещающее.

На участках дорог, где входные, маршрутные и выходные светофоры могут переводиться на автоматическое действие, для сквозного прохода поездов по станции разрешающее показание является нормальным при переводе их на автоматическое действие.

Входные светофоры должны быть установлены от первого входного стрелочного перевода на расстоянии не ближе 50 м, считая от остряка противошерстного или предельного столбика пошерстного стрелочного перевода.

На электрифицированных участках входные светофоры, а также сигнальные знаки "Граница станции должны располагаться перед воздушными промежутками (со стороны перегона), отделяющими контактную сеть перегона от контактной сети станции.

Выходные светофоры устанавливаются для каждого отправочного пути впереди места, предназначенного для стоянки локомотива отправляющегося поезда.

Допускается установка групповых выходных и маршрутных светофоров для группы путей, кроме тех, по которым производится безостановочный пропуск поездов. Групповые выходные и маршрутные светофоры дополняются маршрутными указателями, показывающими номер пути, с которого разрешается отправление поезда.

Проходные светофоры автоматической блокировки устанавливаются на границах между блок-участками, а полуавтоматической – на границах между межпостовыми перегонами.

Пересечение в одном уровне и сплетения линий а также разводные мосты должны ограждаться светофорами прикрытия, установленными с обеих сторон на расстоянии не ближе 50 м соответственно от предельных столбиков или начала моста.

При пересечениях в одном уровне и сплетения линий светофоры прикрытия должны иметь такую взаимозависимость, при которой открытие одного из них было бы возможно только при запрещающих показаниях враждебных сигналов. На разводных мостах открытие светофоров прикрытия должно быть возможно только при наведенном положении моста.

По значению различают з а п р е щ а ю щ и е с и г н а л ы :

- *абсолютные*, проезд которых ни при каких условиях не разрешается (светофоры входные, выходные, маршрутные, прикрытия, и заградительные);

- *абсолютно-разрешающие*, проезд которых после остановки и отпуска автотормозов разрешается со скоростью, не свыше 20 км/ч (проходные светофоры при автоблокировке);

- *условно-разрешающие*, проезд которых разрешен без остановки, с особой бдительностью, со скоростью не свыше 20 км/ч грузовым поездам определенной массы (проходные светофоры при автоблокировке, расположенные на затяжных подъемах и имеющие дополнительный щит с отражательным знаком в виде буквы Т).

При наличии разрешающего огня на локомотивной светофоре проходной светофор с погасшим огнем разрешается проследовать безостановочно, руководствуясь показанием локомотивного светофора.

## 1.2 Принципы скоростной сигнализации

**Светофорная сигнализация** предназначена для передачи машинисту локомотива с пути приказов, непосредственно относящихся к движению поездов. Для осуществления такой сигнализации используются светофоры, установленные на путях (напольные) или в кабине машиниста (локомотивные).

Светофорная сигнализация использует скоростной принцип, при котором каждым сигналом передается два вида приказов: основной – о скорости движения у данного светофора и предупредительный – о скорости у следующего светофора [3].

Общее количество возможных приказов зависит от числа фиксированных скоростей при движении поезда. Простейшим случаем является использование двух скоростей: максимальной ( $v_{\max}$ ), установленной для данного участка соответствующими документами, и нулевой ( $v_0$ ), означающей остановку. Этот случай используется при движении поездов по главным путям, если расстояние между попутными светофорами не менее тормозного пути для остановки поезда, движущегося со скоростью  $v_{\max}$ .

Кроме крайних значений  $v_{\max}$  и  $v_0$  используются четыре промежуточные скорости:  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$  и  $v_4$ . На железных дорогах применяются скорости:  $v_0 = 0$ ;  $v_1 = 40$  или  $50$  (для рельсов типа Р65);  $v_3 = 80$ ;  $v_4 = 120$  км/ч. Промежуточные скорости используются при отклонении поезда по стрелочным переводам.

Движение на боковые пути по стрелкам с обычными марками крестовин (1/9 и 1/11) разрешается с уменьшенной скоростью  $v_1$ , а по пологим стрелкам с марками крестовин 1/18 и 1/22 – с ограниченными скоростями  $v_3$  и  $v_4$  соответственно.

Так как сигнал всегда содержит два приказа, то ему присваивается шифр, состоящий из буквы С и двух цифр, обозначающих скорости у данного светофора и у следующего. Скорости обозначаются цифрами:  $v_0 - 0$ ,  $v_1 - 1$ ,  $v_3 - 3$ ,  $v_4 - 4$  и  $v_{\max} - 9$ . Сигнал, имеющий шифр С91, показывает, что данный

светофор можно проследовать со скоростью  $v_{\max}$ , а следующий – с  $v_1$ . Запрещающий сигнал (красный огонь) передает только один приказ – "Стой!", его шифр С0.

Система разрешающих сигналов, применяемых на железной дороге Беларуси, приведена в таблице 1.

Сигнал, подаваемый одним огнем светофора, разрешает движение у данного светофора с установленной скоростью  $v_{\max}$  и одновременно цветом и характером горения предупреждает о скорости у следующего (см. первую строку таблицы 1).

У сигнала, подаваемого двумя огнями, нижний – всегда желтый немигающий огонь – разрешает движение у данного светофора с ограниченной скоростью:  $v_1$  – при отсутствии зеленых полос;  $v_3$  – в сочетании с одной зеленой светящейся полосой;  $v_4$  – в сочетании с двумя зелеными светящимися полосами. Верхний огонь этого сигнала показывает скорость у следующего светофора так же, как и сигнал, подаваемый одним огнем (см. таблицу 1).

**Таблица 1 – Система разрешающих сигналов**

Скорость у данного светофора	Скорость у следующего светофора				
	$V_{max}$	$V_0$	$V_1$	$V_3$	$V_4$
$V_{max}$	 C99	 C90	 C91	 C93	
$V_1$		 C10	 C11		
$V_3$		 C30	 C31	 C33	
$V_4$					 C44

Условные обозначения:  – зелёный огонь;  – желтый огонь;   – мигающий сигнал;  
 – горизонтальная зелёная полоса.

Основные значения сигналов, подаваемых светофорами (независимо от места установки и назначения), следующие:

- *один зелёный огонь* – «Разрешается движение с установленной скоростью, следующий светофор открыт»;
- *один желтый мигающий огонь* – «Разрешается движение с установленной скоростью; следующий светофор открыт и требует проследования его с уменьшенной скоростью»;
- *один желтый огонь* – «Разрешается движение с готовностью остановиться, следующий светофор закрыт»;
- *два желтых огня, из них верхний мигающий* – «Разрешается проследование светофора с уменьшенной скоростью (не более 50 км/ч), поезд следует с отклонением по стрелочному переводу, светофор открыт»;
- *два желтых огня* – «Разрешается проследование светофора с уменьшенной скоростью (не более 50 км/ч) и готовностью остановиться у следующего светофора, поезд следует с отклонением по стрелочному переводу, следующий светофор закрыт».
- *один красный огонь* – «Стой! Запрещается проезжать сигнал».

### 1.3 Сигнализация светофорами различного назначения

Данный раздел изучается по Инструкции по сигнализации и связи на Белорусской железной дороге, с. 14 – 18.

## **2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1 Изучить классификацию светофоров и требования, предъявляемые к ним по настоящей методике.

2 Изучить принципы скоростной светофорной сигнализации по настоящей методике.

3 Изучить виды сигналов, подаваемых светофорами, по Инструкции [2, с. 9–34].

4 Проверить свои знания с помощью модели "Светофоры". Для этого включить тумблер "Сеть" и один из тумблеров соответствующих видов сигналов. Нажимая по одной кнопке, включать огни светофоров и определять схему, которой они соответствуют. Для проверки правильности выбора схемы нажимать кнопку "Схема", при этом под схемой, соответствующей горящему светофору, загорится белая лампа.

### **СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

1 Наименование и цель работы.

2 Классификация светофоров по назначению и требования, предъявляемые к ним.

3 Таблица «Система разрешающих сигналов».

4 Основные значения сигналов, подаваемых светофорами независимо от места их установки.

5 Требования ПТЭ к видимости станционных и перегонных светофоров.

6 Схема взаимозависимости сигнальных показаний предвходного, входного и выходного светофоров (по заданию преподавателя).

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1 Для чего служат светофоры?

2 Какие бывают светофоры по назначению, где они устанавливаются?

3 Какие сигналы подаются входными светофорами?

4 Какие сигналы подаются выходными и проходными светофорами при автоблокировке?

5 В чём заключается принцип скоростной светофорной сигнализации?

**Рекомендуемая литература:** [1].

## ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цель работы. Изучить элементы и работу рельсовых цепей постоянного тока с непрерывным и импульсным питанием.

### 1 КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

**Рельсовые цепи** являются основным элементом многих современных систем железнодорожной автоматики и телемеханики. Они выполняют функции датчика свободности или занятости путевого участка, датчика целостности рельсовых нитей и исправности элементов рельсовой цепи, телемеханического канала передачи информации между сигнальными установками и на локомотив.

Рельсовой цепью называется цепь особого вида, проводниками тока в которой служат рельсовые нити железнодорожного пути. Основные элементы рельсовой цепи (рисунок 7): источник сигнального тока (ИП), ограничивающее сопротивление  $R_0$ , рельсовая линия, путевой приемник (ПП). У большинства типов рельсовых цепей путевой приемник представлен в виде реле.

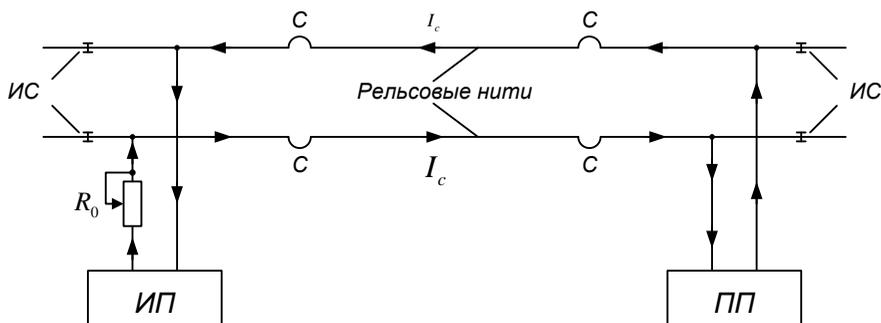


Рисунок 7 – Построение рельсовой цепи

Рельсовая линия состоит из рельсовых нитей, соединенных металлическими накладками с болтовым креплением. Для уменьшения величины переходного сопротивления рельсовых накладок и его стабилизации звенья соединяются стыковыми соединителями (С).

Рельсовые линии смежных рельсовых цепей разделяются изолирующими стыками (ИС).

Виды стыковых соединителей: стальные штепсельные, медные и стальные приварные. *Стальные* применяются на участках с автономной тягой поездов, медные – с электротягой.

*Стальные приварные* соединители состоят из стального троса диаметром 6 мм, заваренного по концам в стальные наконечники (манжеты), которые привариваются к головкам рельсов на расстоянии 150 мм.

*Медные приварные* соединители состоят из медного троса диаметром 70 мм, заваренного в стальные наконечники. Длина приварных соединителей в растянутом виде – 200 мм.

Тип рельсов и стыковых соединителей определяет электрическое сопротивление рельсовых нитей. Под электрическим сопротивлением рельсовых нитей (рельсов) понимают сопротивление рельсовой нити, состоящее из сопротивления собственно рельсов и рельсовых соединителей. Это сопротивление имеет активно-индуктивный характер. Приняты следующие нормативные величины максимального сопротивления рельсов  $Z$  при частоте сигнального тока 50 Гц для различного типа соединителей: стальные штепсельные –  $Z = 1e^{j60^\circ}$  Ом/км; стальные приварные –  $Z = 0,85e^{j60^\circ}$  Ом/км; медные приварные –  $Z = 0,8e^{j60^\circ}$  Ом/км. При медных приварных соединителях для частоты 25 Гц –  $Z = 0,5e^{j52^\circ}$  Ом/км .

Рельсы, соединенные в рельсовые нити, служат проводниками сигнального тока  $I_c$ , поступающего в путевой приемник. Изоляцией между рельсовыми нитями является сопротивление шпал, уложенных через каждые 600 мм, балласта и земляного полотна. Сопротивление изоляции зависит от способа крепления рельсов к шпалам, типа балласта, степени его загрязненности, погодных условий и может меняться в широких пределах: от десятых долей до сотен ом на один километр. При расчетах рельсовых цепей приняты следующие нормативные величины сопротивления изоляции: 1 Ом·км – для магистральных линий; 0,5 Ом·км – для сети промышленного транспорта и сортировочных горок.

В большинстве рельсовых цепей источник и приемник тока подключают на разных концах рельсовой линии, которые в этом случае называются нормально замкнутыми.

Аппаратура питающего и релейного концов может располагаться в трансформаторных или релейных ящиках, релейных шкафах РШ или будках, а также на постах централизации. При значительном удалении места расположения приборов от рельсовой линии между ними прокладывается кабель СЦБ, который разделяется в трансформаторных ящиках или кабельных стойках.

Основным требованием, предъявляемым к современным рельсовым цепям, является надежный контроль состояния путевых, стрелочных и бесстрелочных участков (свободен, занят). Рельсовые цепи должны также

надежно контролировать состояние целости рельсовой нити. Исходя из требований, различают три основных режима работы рельсовой цепи: нормальный (регулируемый), шунтовой и контрольный. В каждом из режимов должна обеспечиваться надежная работа рельсовой цепи при наихудших условиях, определяемых сопротивлением  $Z$  рельсовых нитей, сопротивлением изоляции  $r_{и}$  и напряжением  $U$  источника питания.

Нормальный режим определяет условия надежного притяжения якоря (сектора) реле свободной от подвижного состава рельсовой цепи.

Шунтовой режим проверяет обеспечение надежного отпускания якоря реле рельсовой цепи с непрерывным питанием или непритяжение якоря реле рельсовой цепи с импульсным питанием при наложении типового шунта в любой точке рельсовой цепи. В качестве нормативного шунта принято сопротивление 0,06 Ом. Для шунтового режима наихудшими являются условия, определяющие максимальное напряжение (ток) на путевом реле.

Контрольный режим проверяет обеспечение условия надежного несрабатывания импульсного путевого реле или отпускания якоря (сектора) непрерывной рельсовой цепи при разрыве одной из рельсовых нитей.

В настоящее время для различных условий эксплуатации разработано более 800 разновидностей рельсовых цепей.

Рельсовые цепи подразделяются: по схемам включения – нормально замкнутые и нормально разомкнутые; по способу питания – с импульсным и непрерывным питанием; по роду сигнального тока – постоянного тока, переменного тока частотой 25, 50 Гц и тональной частоты; по наличию и способу канализации тягового тока для участков с электротягой поездов – двухниточные и однониточные; однодрессельные, двухдрессельные и трехдрессельные; по типу путевого приемника – с одноэлементным и двухэлементным (фазочувствительным) приемником; по месту применения рельсовой цепи – разветвленные и неразветвленные.

## **2 РЕЛЬСОВЫЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА С НЕПРЕРЫВНЫМ ПИТАНИЕМ**

Рельсовые цепи постоянного тока применяются на участках с автономной тягой. Достоинством данной рельсовой цепи является надежное резервирование питания от аккумуляторной батареи. Источником питания рельсовой цепи является путевая батарея (один аккумулятор типа АБН-72 или АБН-80), работающая в режиме непрерывного подзаряда от выпрямительного агрегата типа ВАК-14А или ВАК-14Б.

На рисунке 8 приведена неразветвленная рельсовая цепь постоянного тока с непрерывным питанием. В качестве путевого реле используется реле типа АНШ2-2 с сопротивлением обмотки 2 Ом. Рельсовая цепь получает питание от выпрямителя ВАК-14. Для резервирования питания



Ток АЛСН в рельсовой цепи регулируется изменением напряжения на вторичной обмотке кодового трансформатора КТ. Нормативный ток должен быть не менее 1,2 А.

### 3 РЕЛЬСОВЫЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ИМПУЛЬСНЫМ ПИТАНИЕМ

Импульсные рельсовые цепи постоянного тока с путевым реле ИМШ-0,3 (рисунок 9) применяются на перегонах с автономной тягой. Предельная длина таких рельсовых цепей равна 2600 м.

Импульсные рельсовые цепи питаются от одного аккумулятора типа АБН-72 (АБН-80), работающего в режиме непрерывного подзаряда от выпрямителя типа ВАК-14. Сопротивление ограничивающего резистора  $R_0$  вместе с соединительными проводами на питающем конце должно быть не менее 2,2 Ом.

Импульсное питание рельсовой цепи обеспечивает маятниковый трансмиттер МТ-1 или датчик импульсный микропроцессорный ДИМ-1 (ДИМ-3), который обеспечивает импульсное питание реле ДИ (ТШ-65В), через контакты которого подаются импульсы тока в рельсовую цепь.

Для контроля короткого замыкания изолирующих стыков в смежных рельсовых цепях выполняется чередование полярности сигнального тока.

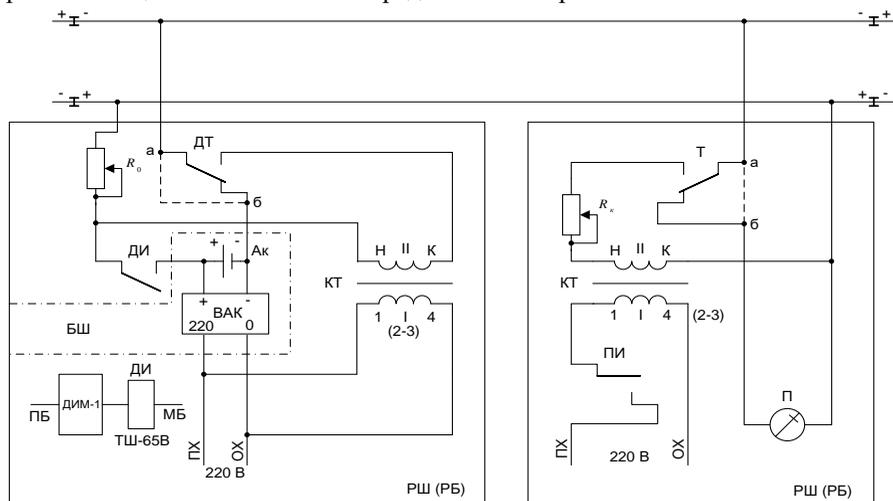


Рисунок 9 – Импульсная рельсовая цепь постоянного тока

Для защиты путевых приборов от перенапряжений устанавливают керамические выравниватели типа ВК-10.

Для кодирования рельсовой цепи с питающего и релейного концов при вступлении поезда устанавливаются кодовые трансформаторы КТ типа СОБС-2А. Кодирование начинается при обесточивании путевого реле (контакт реле ПИ). Кодовые импульсы в рельсовую цепь посылаются

контактом реле Т (ДТ). Резистор  $R_k$  служит для ограничения тока короткого замыкания трансформатора КТ при шунтировании поездом релейного конца.

Регулировка напряжения на путевом реле выполняется изменением величины сопротивления  $R_o$ , а величина кодового тока регулируется изменением напряжения на выходе вторичной обмотки трансформатора КТ.

В импульсной рельсовой цепи постоянного тока контроль ее состояния «свободно» – «занято» осуществляется с помощью конденсаторного (рисунок 10) или релейного (рисунок 11) дешифратора. Дешифратор работает таким образом, что при работе импульсного реле И в такт с контактом датчика импульсов ДИ реле П находится под током. Если реле И прекращает работу, то реле П обесточивается.

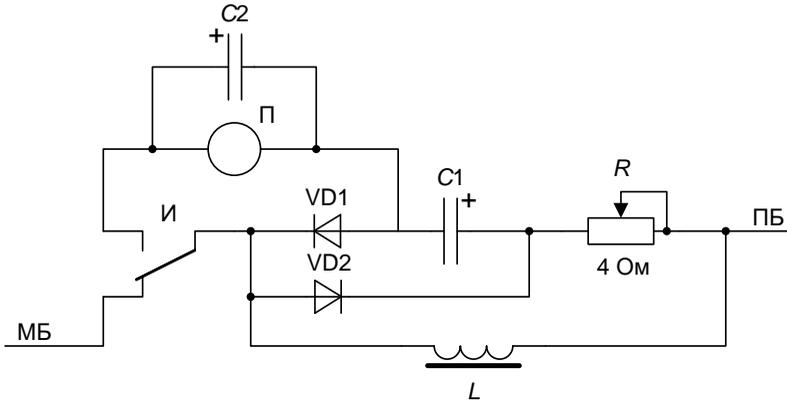
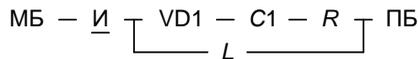


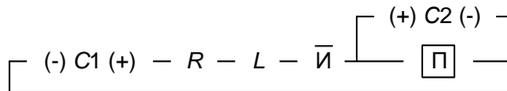
Рисунок 10 – Схема конденсаторного дешифратора

Конденсаторный дешифратор работает следующим образом.

В интервале, когда замкнут тыловой контакт реле И, заряжается конденсатор  $C1$  и идет запас энергии дросселя  $L$ :



Во время импульса, когда реле И под током, конденсатор  $C1$  разряжается на обмотку путевого реле П и конденсатор  $C2$ :



Реле П возбуждается, а конденсатор  $C2$  заряжается. В следующем интервале заряжается конденсатор  $C1$ , а путевое реле П получает питание от конденсатора  $C2$ .

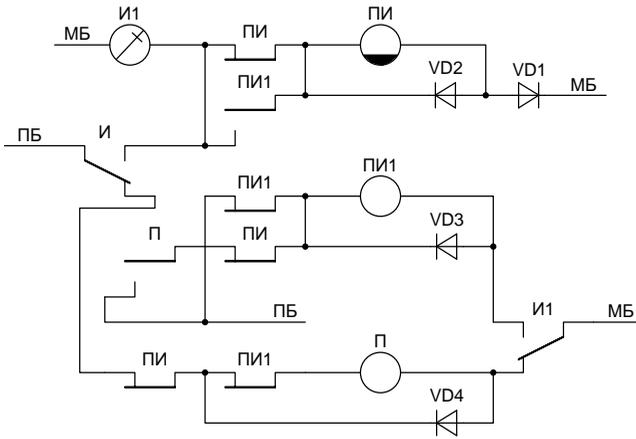
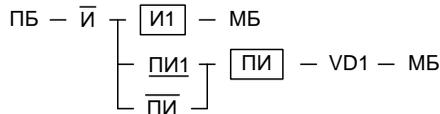


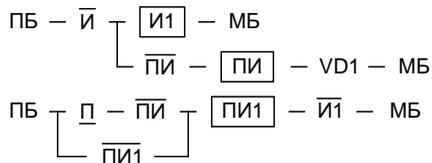
Рисунок 11 – Схема релейного дешифратора

Релейный дешифратор работает следующим образом.

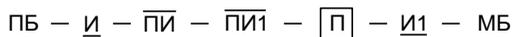
При поступлении первого импульса, когда реле И включено, создаются цепи включения реле И1 и ПИ:



В интервале реле И1 выключается, повторяя работу реле И, а реле ПИ остается под током за счет замедления на отпадании. При поступлении второго импульса включаются реле И1, ПИ1 и подпитывается реле ПИ:



Во втором интервале реле ПИ и ПИ1 остаются под током за счет замедления, создаваемого диодами VD2, VD3, и возбуждается реле П:



Таким образом реле П будет находиться под током на все время импульсной работы реле И.

## **4 ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ**

Макет рельсовой цепи с источником питания и путевым реле.

## **5 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

- 1 Ознакомиться с макетом рельсовой цепи. Определить назначение ее элементов.
- 2 Запустить макет в работу и измерить напряжение на путевом реле: в нормальном режиме; в шунтовом режиме; в контрольном режиме.
- 3 Произвести регулировку напряжения на путевом реле.
- 4 Ознакомиться с устройством путевого реле типа ИМШ-0,3.
- 5 Изучить принцип работы дешифраторов импульсной рельсовой цепи.
- 6 Оформление отчета.

## **СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Схемы рельсовых цепей, описание их элементов, аппаратуры и принципа работы. Результаты измерений. Привести схемы дешифраторов с описанием их работы. Ответы на контрольные вопросы.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- 1 Классификация рельсовых цепей.
- 2 Режимы работы рельсовых цепей.
- 3 Наихудшие условия для каждого режима работы рельсовой цепи.
- 4 Нормативное значение шунтовой чувствительности.
- 5 Назначение элементов рельсовых цепей.
- 6 Назначение рельсовых цепей.
- 7 Нормативная величина кодового тока при автономной тяге.
- 8 Способы регулировки напряжения на путевом реле.
- 9 Защита от короткого замыкания изолирующих стыков в рельсовых цепях.

**Рекомендуемая литература:** [1, 3, 6, 7].

## **Лабораторная работа № 4**

### **КОДОВЫЕ РЕЛЬСОВЫЕ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

**Цель работы.** Изучить устройство и работу рельсовых цепей переменного тока частотой 50 и 25 Гц.

## 1 КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

**Кодовые РЦ переменного тока** применяются на участках с автоматической блокировкой. В устройствах автоблокировки они выполняют контроль свободности и занятости блок-участков, являются телемеханическим каналом передачи информации между сигнальными установками и на локомотив.

Увязка показаний путевых светофоров и действия АЛС осуществляется с помощью кодовых сигналов (рисунок 1). С питающего конца рельсовой цепи контактами реле 1Т посылаются кодовые сигналы КЖ, Ж или З в зависимости от сигнального показания светофора 1. При зеленом огне светофора возбуждены сигнальные реле Ж и З и реле 1Т подключается к контакту З КПТШ (кодowego путевого трансмиттера), при горящем желтом огне на светофоре – к контакту Ж и при красном огне – к контакту КЖ. В рельсовую цепь ЗП посылается соответствующая кодовая комбинация (рисунок 12).

На релейном конце при свободной рельсовой цепи кодовые сигналы воспринимает импульсное реле ЗИ, действующее на дешифраторную ячейку Д, на выходе которой включены сигнальные реле Ж и З, контактами которых включаются соответствующие сигнальные показания путевого светофора 3 и формируются кодовые сигналы, посылаемые в смежную рельсовую цепь.

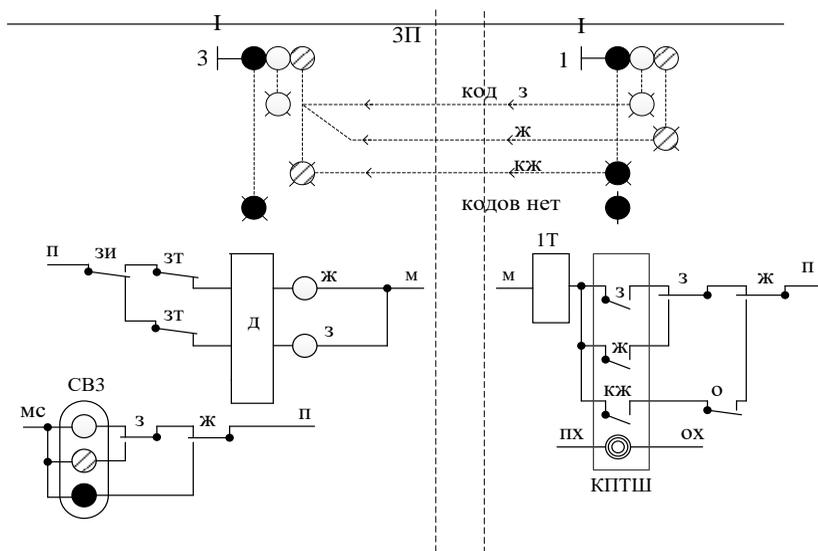


Рисунок 12 – Схема увязки показаний проходных светофоров

Кодовые рельсовые цепи переменного тока 50 Гц без дроссель-трансформаторов применяют на участках с автономной тягой (рисунок 13).

В качестве питающего используют трансформатор типа ПОбС-2А. Для искрогашения на контактах реле Т служат конденсатор  $C_{и} = 4$  мкФ и резистор  $R_{и} = 47$  Ом, ограничителем является реактор  $Z_0$  типа РОБС-4А. Импульсное путевое реле ИМВШ-110 подключают через трансформатор РТ типа СТ-4, согласующий высокое сопротивление путевого реле с низким входным сопротивлением рельсовой цепи. Для защиты аппаратуры от перенапряжения при грозовых разрядах на обоих концах цепи установлены керамические выравниватели ВК-10.

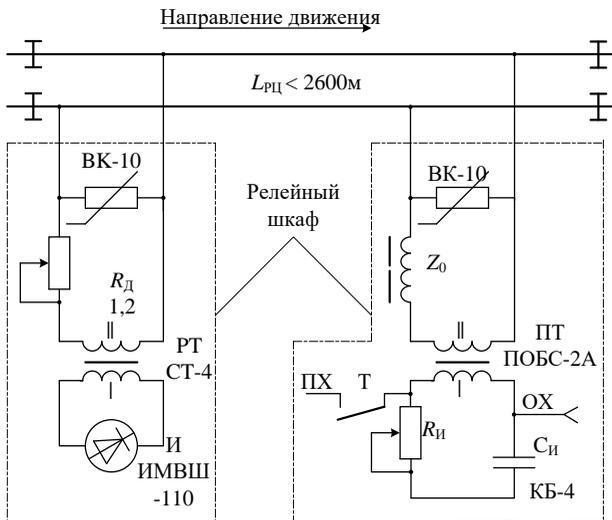


Рисунок 13 – Кодовая рельсовая цепь переменного тока 50 Гц без дроссель-трансформаторов

Рельсовая цепь регулируется изменением напряжения на путевом трансформаторе таким образом, чтобы при шунтировании поездом релейного конца ток АЛС был не менее 1,2 А.

На перегонах с электротягой постоянного тока применяют рельсовые цепи переменного тока 50 Гц с дроссель-трансформаторами, которые служат для пропуска обратного тягового тока в обход изолирующих стыков (рисунок 14).

Питание рельсовой цепи выполняется от путевого трансформатора ПОбС-3А. В качестве ограничителя применяют реактор РОБС-3А. С помощью конденсаторов общей емкостью 24 мкФ дополнительную обмотку ДТ настраивают в резонанс токов на частоте 50 Гц. Для защиты от воздействия гармоник тягового тока на работу путевого реле оно включается через защитный фильтр ЗБФ. Фильтр представляет собой последовательный резонансный контур, составленный из индуктивности  $L_{\phi}$  и емкости

конденсатора  $C_{\phi}$ , настроенный в резонанс напряжений на частоту 50 Гц.

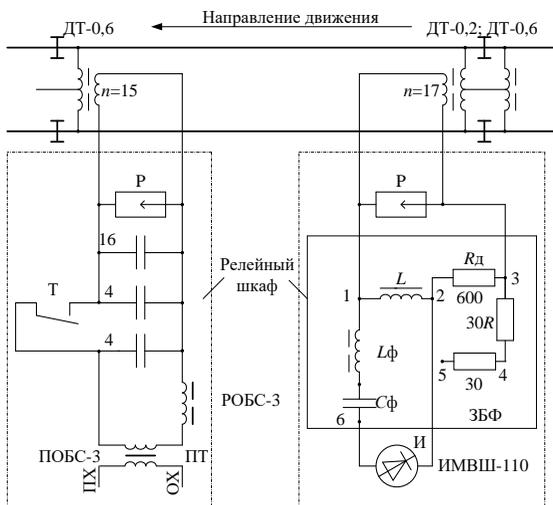


Рисунок 14 – Кодовая рельсовая цепь переменного тока 50 Гц

На линиях с электротягой переменного тока применяются кодовые рельсовые цепи переменного тока частотой сигнального тока 25 Гц (рисунок 15).

Для пропуска тягового тока по концам рельсовой цепи устанавливают дроссель-трансформаторы: ДТ-0,6 – на питающем и ДТ-0,2 – на релейном. Питающая и релейная аппаратура подключается к дополнительным обмоткам дроссель-трансформаторов. Для защиты аппаратуры от перенапряжения устанавливают разрядники РВП-250.

Рельсовые цепи, питаемые током частотой 25 Гц, устойчиво работают при пониженном сопротивлении изоляции (балласта) и потребляют меньшую мощность. Сигнальный ток частотой 25 Гц получается с помощью статического электромагнитного преобразователя частоты ПЧ 50/25.

Для пропуска тягового тока в обход изолирующих стыков применяются дроссель-трансформаторы ДТ-1-150 с коэффициентом трансформации  $n = 3$ .

Статический электромагнитный преобразователь состоит из двух магнитопроводов (рисунок 16).

На магнитопроводах имеются три обмотки: две из них, включенные последовательно, подключаются через выпрямитель к внешнему источнику питания частотой 50 Гц; третья контурная замыкается через конденсатор  $C_k$  и охватывает оба магнитопровода.

Принцип действия преобразователя основан на использовании явления возбуждения параметрических колебаний, т.е. при принудительном

изменении параметра контура с частотой  $f$  в контуре возбуждаются колебания с частотой  $f/2$ .

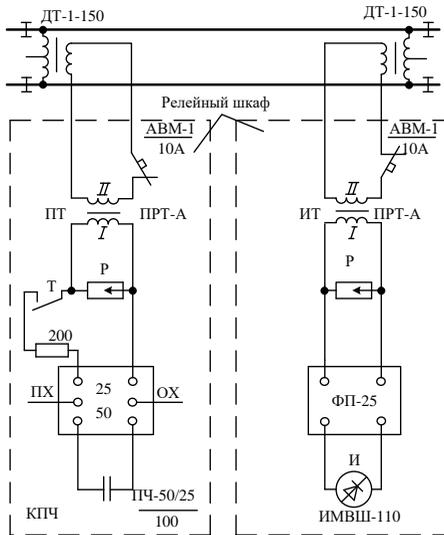


Рисунок 15 – Кодовая рельсовая цепь переменного тока 25 Гц

Для ограничения потребляемой мощности от преобразователя в данной схеме рельсовой цепи установлен резистор сопротивлением 200 Ом. Для согласования аппаратуры с дроссель-трансформаторами установлены трансформаторы ПТ на питающем и ИТ на релейном конце.

От мешающего действия путевого тока и его гармоник импульсное путевое реле защищено путевым фильтром ФП-25 (рисунок 17).

Фильтр настроен на пропускание сигнального тока 25 Гц и представляет большое сопротивление для тягового тока и его гармоник. Параллельные колебательные контура С1-Т1 и С2-Т2 настроены на частоту 25 Гц, а контур С3-L – настроен на частоту 50 Гц и

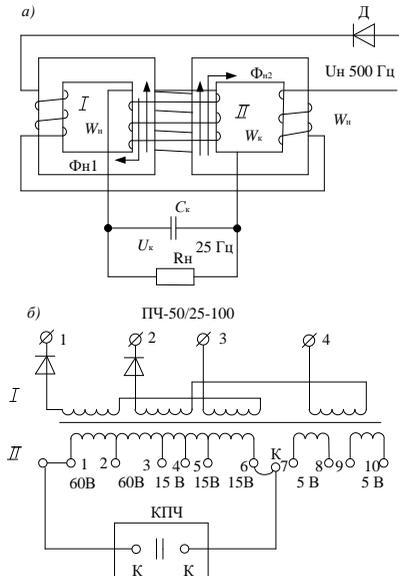


Рисунок 16 – Принципиальная (б) и структурная (а) схемы преобразователя ПЧ50/25

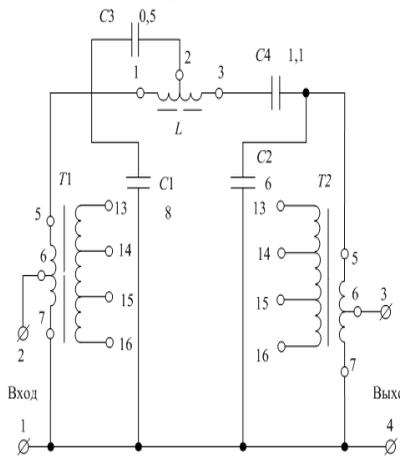


Рисунок 17 –Схема фильтра ФП-25

препятствует прохождению тока частотой 50 Гц на выход фильтра. Этот контур для частоты 25 Гц, пропуская ток этой частоты на выход фильтра. Этот контур вместе с конденсатором С4 образует последовательный резонансный контур.

Для защиты аппаратуры и обслуживающего персонала от перенапряжений, которые могут возникнуть при асимметрии тягового тока, установлены автоматические выключатели АВМ -1. Защита аппаратуры от импульсных перенапряжений, возникающих от воздействия тягового тока и грозных разрядов, выполняется с помощью разрядников РВП-250.

Рельсовые цепи 25 Гц регулируются изменением напряжения, снимаемого с преобразователя частоты. При шунтировании входного (релейного) конца ток под приемными катушками должен быть не менее 1.4 А.

## **ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ**

Макет кодовой рельсовой цепи переменного тока 50 Гц.

### **3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

- 1 Ознакомиться с аппаратурой макета кодовой рельсовой цепи.
- 2 Изучить порядок работы приборов рельсовой цепи в режимах:
  - в нормальном;
  - шунтовом;
  - контрольном;
- 3 Ознакомиться с устройством кодового путевого трансмиттера КПТШ.
- 4 Проследить работу дешифратора при приеме кодов КЖ, Ж и З.
- 5 Ответы на тесты автоматизированной обучающей системы (АОС).

### **СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Схемы рельсовых цепей. Описание их элементов, аппаратуры и принципа работы. Принцип работы статического электромагнитного преобразователя частоты ПЧ 50/25. Ответы на контрольные вопросы.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- 1 Назначение кодовых рельсовых цепей.

- 2 Основные элементы рельсовых цепей, их устройство и электрические характеристики.
- 3 Назначение защитных и ограничивающих сопротивлений.
- 4 Принципы защиты путевых реле от гармоник тягового тока.
- 5 Защита аппаратуры при асимметрии тягового тока.
- 6 Нормативная величина кодового тока в рельсовой цепи при различных видах тяги.
- 7 Регулирование напряжения в рельсовых цепях.

**Рекомендуемая литература:** [3, 6, 7].

## Лабораторная работа № 5

### **ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ РАЗВЕТВЛЕННЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ**

**Цель работы.** Изучить элементы и работу разветвленных рельсовых цепей.

#### **1 КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ**

Рельсовые цепи, содержащие хотя бы один стрелочный перевод, называются разветвленными. Разветвленные рельсовые цепи устраиваются в пределах стрелочных горловин станции.

На двухниточном плане изоляции путевого участка (рисунок 18) показаны: изолирующие стыки 2, ограничивающие разветвленную рельсовую цепь; два стыка 3 внутренней изоляции стрелки 1, установленные в данном случае по отклонению на боковой путь; соединитель 4; трансформаторные ящики, расположенные у пути, в которых размещены путевые питающие трансформаторы, обозначенные точкой; регулировочные сопротивления; приборы защиты и релейные трансформаторы, показанные крестиком.

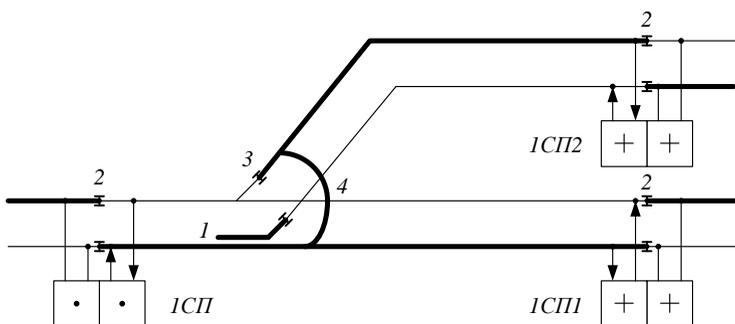


Рисунок 18 – Схема разветвленной рельсовой цепи

Путевые и релейные трансформаторы подключаются к обеим рельсовым нитям. Сигнальный ток, допустим, мгновенной положительной полярности поступает от одной клеммы питающего трансформатора 1СП в нижнюю рельсовую нить, показанную утолщенной линией, часть тока проходит через обмотку релейного трансформатора 1СП1 и возвращается по рельсовой нити, показанной тонкой линией, на вторую клемму питающего трансформатора. Вторая часть тока проходит через соединитель 4, обмотку релейного трансформатора 1СП2 и возвращается по рельсовой нити, показанной тонкой линией. Следует иметь в виду, что в крестовине имеется электрическое соединение рельсовых нитей. Однако на двухниточном плане это соединение нитей не отмечается точкой.

На рисунке 19 изображены элементы стрелочной секции: 1 – изолирующие стыки; 2 – изоляция сквозных полюсов; 3 – изоляция тяг; 4 – соединители.

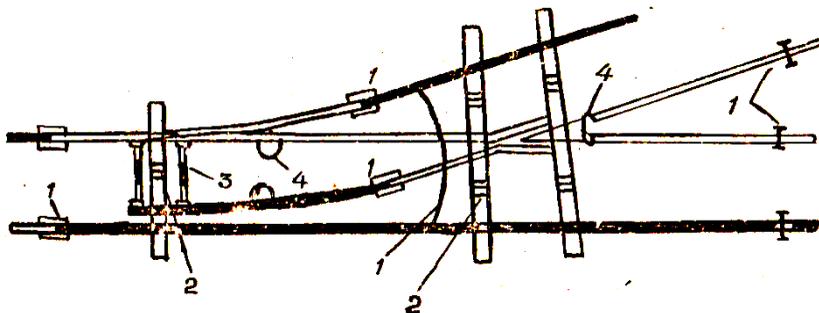


Рисунок 19 – Элементы стрелочной секции

В разветвленных рельсовых цепях путевых участков с одиночной стрелкой устанавливается восемь изолирующих стыков 1. Изолирующие стыки выполняются с металлическими накладками и фибровой изоляцией

между ними и шейкой рельса. Кроме изолирующих стыков имеется изоляция сквозных полос 2 и тяг 3.

Для изоляции полос и тяг применяют листовую и трубчатую фибру. Новые стрелочные переводы поставляют с разрезанными полосами и со стягивающими болтами. При установке изоляции из пространства между вертикальными стенками угольников полосы извлекают металлическую прокладку и вместо нее ставят прокладку из фибры, а на болты надевают фибровые трубки и шайбы. Соединительные тяги между острьями изолируют прокладками из фибры между серьгой и острьяком и фибровыми втулками, надеваемыми на болты.

На стрелочных переводах для непрерывности рельсовой цепи устанавливаются стрелочные гибкие соединители 4 (рисунок 20).

При автономной тяге используются стрелочные штепсельные соединители типов I и II из оцинкованного троса диаметром 9 мм и длиной 600 и 1200 мм, а также соединители типа III, которые имеют штепселя с резьбой для крепления в шейке рельса гайками. Длина соединителя типа III составляет 3300 мм.

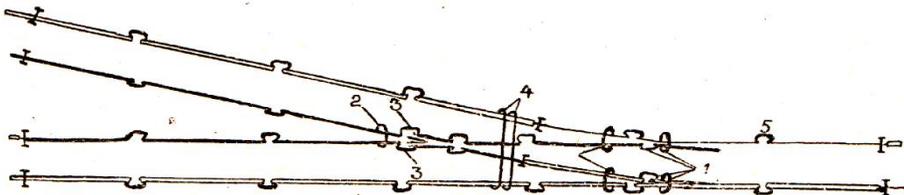


Рисунок 20 – Схема изоляции стрелочного перевода

При электротяге применяются медные соединители следующих типов: 1, 3 – типа III-э длиной 1200 мм; 2 – типа III-э длиной 600 мм; 4 – типа II-э длиной 3300 мм. Медные стрелочные соединители при электротяге на постоянном токе изготавливаются сечением 70 мм<sup>2</sup>, при электротяге на переменном токе – сечением 50 мм<sup>2</sup>.

По условиям надежности работы в одну разветвленную рельсовую цепь допускается включать не более трех одиночных или двух перекрестных стрелок.

В настоящее время на параллельные ответвления устанавливаются путевые реле. Общее путевое реле включается через фронтные контакты реле ответвлений. Длина параллельного ответвления, не оборудованного реле, ограничивается 60 м. Включение дополнительных реле позволяет контролировать исправность ответвлений разветвленной рельсовой цепи.

В разветвленной рельсовой цепи не должно быть более трех путевых реле, при этом длины ответвлений с релейными трансформаторами не должны отличаться более чем на 200 м, считая от точки разветвления до



Питание рельсовой цепи осуществляется путевым трансформатором ПТ типа ПОБС-2А, в качестве релейных трансформаторов РТ используют трансформаторы типа СОБС-2А, а для кодирования – трансформаторы КТ типа ПОБС-3А.

На питающем и релейных концах, а также в схемах кодирования установлены защитные резисторы  $R_{п}$ ,  $R_{д}$ ,  $R_{к}$ . Для защиты от искрообразования, возникающего на контактах транзитного реле Т, установлена цепь  $R_{и} - C_{и}$  на питающем конце. Для сдвига фаз напряжений на путевом и местном элементах реле ДСШ-12 установлен конденсатор  $C_p = 4$  мкФ.

Короткое замыкание изолирующих стыков смежных рельсовых цепей контролируется чередованием мгновенных полярностей напряжений. Допускается любое расположение питающих и релейных концов в смежных рельсовых цепях.

Регулировка напряжений на путевых реле выполняется изменением напряжений на вторичных обмотках путевых трансформаторов.

При электротяге постоянного тока применяют рельсовые цепи переменного тока с реле ДСШ и дроссель-трансформаторами (рисунок 22).

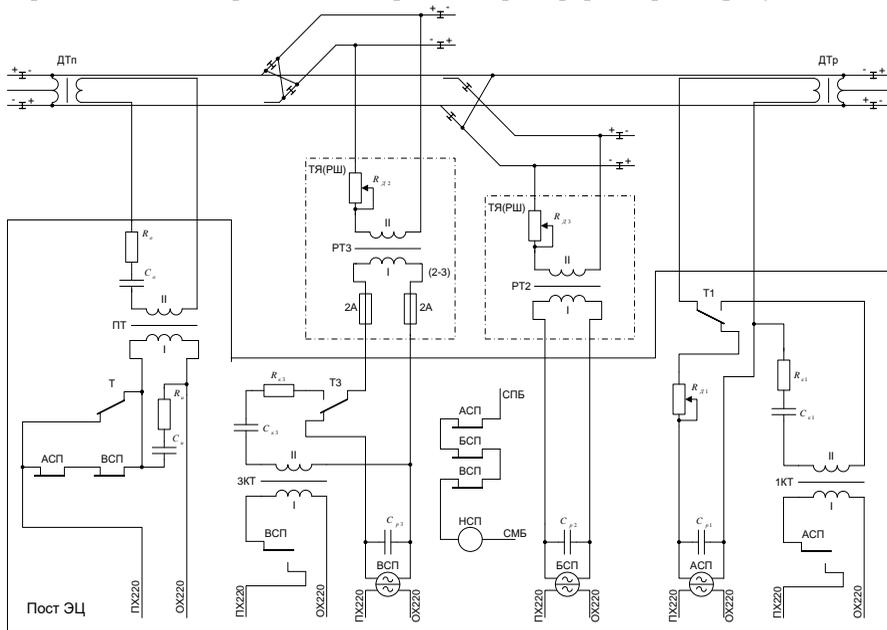


Рисунок 22 – Разветвленная рельсовая цепь 50 Гц с дроссель-трансформаторами

Дроссель-трансформаторы служат для пропуска обратного тягового тока в обход изолирующих стыков (рисунок 23). Они состоят из двух обмоток: основной и дополнительной.

Основная обмотка служит для пропуска тягового тока, а к дополнительной обмотке подключается аппаратура релейной цепи. В качестве путевого ПТ и кодирующих КТ трансформаторов применены трансформаторы типа ПОБС-3А.

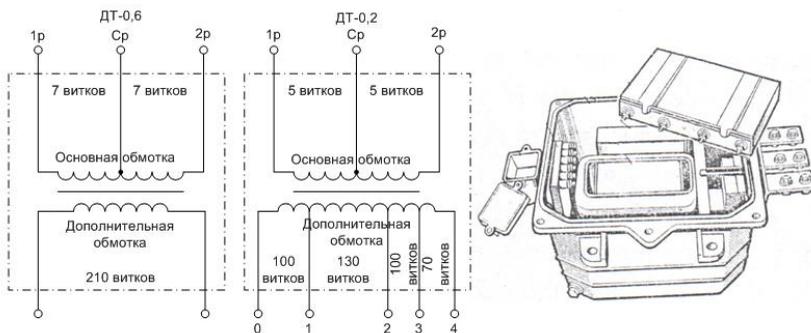


Рисунок 23 – Схемы обмоток дроссель-трансформаторов

Конденсатор  $C_0$  обеспечивает сдвиг фаз напряжения путевого элемента по отношению к напряжению местного элемента на угол  $90^\circ$ . Резистор  $R_0$  на питающем конце включен для защиты путевого трансформатора в случае пробоя конденсатора  $C_0$ .

Для обеспечения на путевых обмотках реле ДСШ-12 необходимого рабочего напряжения и требуемых фазовых соотношений включены конденсаторы  $C_p = 4$  мкФ.

Для уравнивания напряжений на путевых реле при различной длине ответвлений установлены резисторы  $R_{д1}$ ,  $R_{д2}$ ,  $R_{д3}$  на релейных концах рельсовой цепи.

Цепь  $R_{и} - C_{и}$  обеспечивает искрогашение на контакте транзитного реле Т при его работе в кодовом режиме на питающем конце рельсовой цепи.

Регулировка напряжения в рельсовой цепи выполняется изменением напряжения на вторичной обмотке путевого трансформатора. Защита от ложного срабатывания путевого реле при коротком замыкании изолирующих стыков выполняется чередованием мгновенных полярностей напряжения. Общее путевое реле включают через фронтные контакты путевых реле ответвлений.

При электротяге переменного тока применяют рельсовые цепи переменного тока 25 Гц с дроссель-трансформаторами ДТ1-150 (рисунок 24).

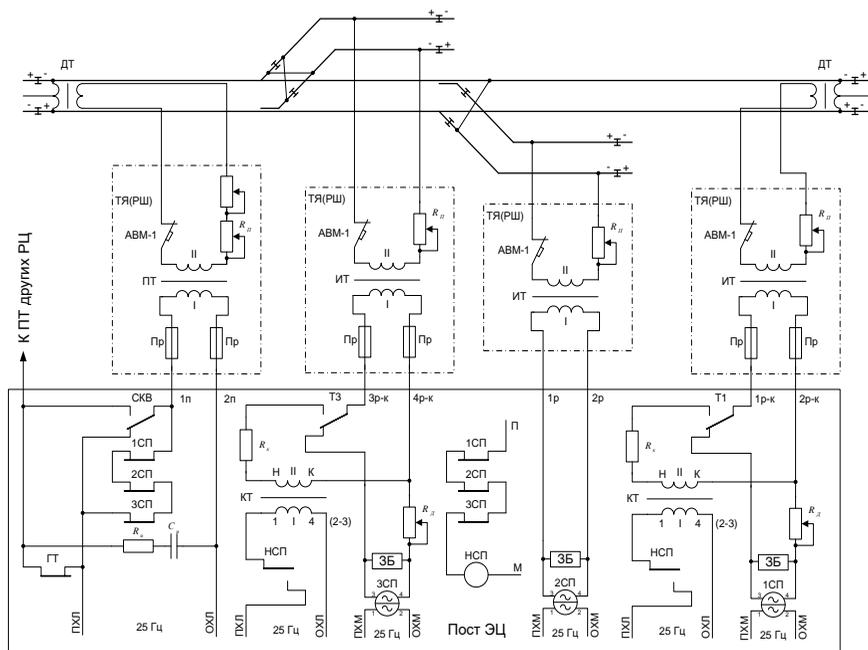


Рисунок 24 – Разветвленная рельсовая цепь 25 Гц с дроссель-трансформаторами

Особенностью питающих устройств станционных фазочувствительных рельсовых цепей переменного тока 25 Гц является использование разных преобразователей частоты для питания путевых (ПЭ) и местных (МЭ) элементов путевых реле, обеспечивающих сдвиг фаз напряжений на  $90^\circ$  (рисунок 25). В качестве питающего ПТ и изолирующих ИТ трансформаторов применены трансформаторы ПРТ-А, а в качестве кодовых трансформаторов КТ – ПОБС-3А.

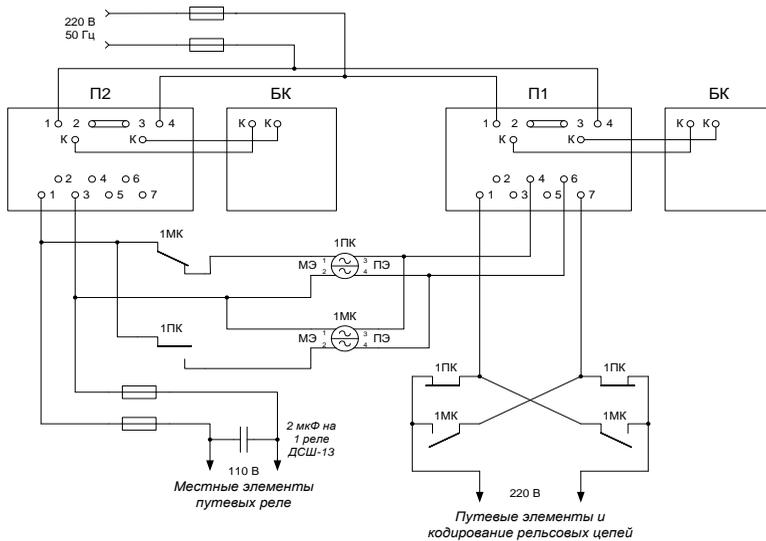


Рисунок 25 – Схема питания рельсовых цепей переменного тока 25 Гц

Для защиты устройств рельсовой цепи от асимметрии тягового тока применены автоматические выключатели многократного действия АВМ-1. Защита путевых реле от воздействия гармоник тягового тока выполнена установкой блоков ЗБ-ДСШ.

Регулировка напряжения в рельсовой цепи и на путевых реле выполняется изменением напряжения во вторичной обмотке путевого трансформатора ПТ. Схема допускает кодирование рельсовой цепи с питающего и релейного концов. Защита от короткого замыкания изолирующих стыков выполняется чередованием мгновенных фаз напряжений в смежных рельсовых цепях. Допускается любое расположение питающих и релейных концов в смежных рельсовых цепях.

## 2 ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ

Макет разветвленной рельсовой цепи переменного тока 50 Гц.

## 3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 1 Ознакомиться с аппаратурой рельсовой цепи.
- 2 Определить назначение изолирующих стыков, стрелочных соединителей стрелочного перевода.

3 Изучить порядок работы рельсовой цепи:

- в нормальном режиме;
- в шунтовом режиме;
- в контрольном режиме.

4 Измерить напряжение на путевом элементе реле во всех трех режимах.

## **СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Привести схемы рельсовых цепей. Назначение элементов приведенных схем рельсовых цепей. Назначение изолирующих элементов и стрелочных соединителей стрелочного перевода.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- 1 Какие рельсовые цепи называются разветвленными?
- 2 Что означает параллельное включение ответвлений рельсовой цепи?
- 3 Назначение изолирующих элементов и стрелочных соединителей стрелочного перевода.
- 4 Принцип действия двухэлементного фазочувствительного реле типа ДСШ.
- 5 Нормативная величина кодового тока в рельсовой цепи при автономной тяге и электротяге постоянного и переменного токов.
- 6 Технические требования к разветвленным рельсовым цепям.
- 7 Принцип действия защитного блока ЗБ-ДСШ.
- 8 Регулировка напряжений в рельсовой цепи.
- 9 Принцип защиты в станционных рельсовых цепях при коротком замыкании изолирующих стыков.

**Рекомендуемая литература:** [3, 6, 7].

## РЕЛЬСОВЫЕ ЦЕПИ ТОНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ

**Цель работы.** Изучить назначение, принципы построения и аппаратуру рельсовых цепей тональной частоты.

### 1 КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

#### 1.1 Общие сведения

**Рельсовыми цепями тональной частоты (ТРЦ)** называют класс рельсовых цепей, частота сигнального тока которых находится в диапазоне тональных частот (от 125 Гц до 5 кГц).

Рельсовые цепи тональной частоты в настоящее время находят широкое применение на железнодорожном транспорте и линиях метрополитена. Они обладают рядом существенных эксплуатационных, технических и экономических преимуществ.

Использование сигнального тока тонального диапазона позволяет повысить защищенность от воздействия помех тягового тока, применять современную элементную базу, осуществлять централизованные размещение аппаратуры.

Применение ТРЦ на перегонах позволяет исключить изолирующие стыки – самый ненадежный элемент рельсовых цепей. Отсутствие изолирующих стыков обеспечивает надежную электрическую непрерывность цепи протекания обратного тягового тока, сокращая число используемых дроссель-трансформаторов. Эти рельсовые цепи могут работать при пониженном сопротивлении изоляции балласта.

Впервые рельсовые цепи без изолирующих стыков были применены в автоблокировке с централизованным размещением аппаратуры, в которой в качестве основного средства регулирования движения поездов используются средства автоматической локомотивной сигнализации, а путевые светофоры отсутствуют (ЦАП – АЛСО).

При сохранении изолирующих стыков ТРЦ используют в системе централизованной автоблокировки с путевыми светофорами (ЦАБс).

В настоящее время рельсовые цепи тональной частоты применяют в устройствах автоблокировки без изолирующих стыков, с путевыми светофорами и централизованным размещении аппаратуры (АБТЦ).

#### 1.2 Принципы построения ТРЦ

Основной отличительной особенностью ТРЦ является питание двух смешанных рельсовых цепей от одного общего источника сигнального тока

(генератора) и возможность работы без изолирующих стыков (рисунок 26). Такое построение ТРЦ сокращает число аппаратуры, кабеля для соединения аппаратуры с рельсовой линией.

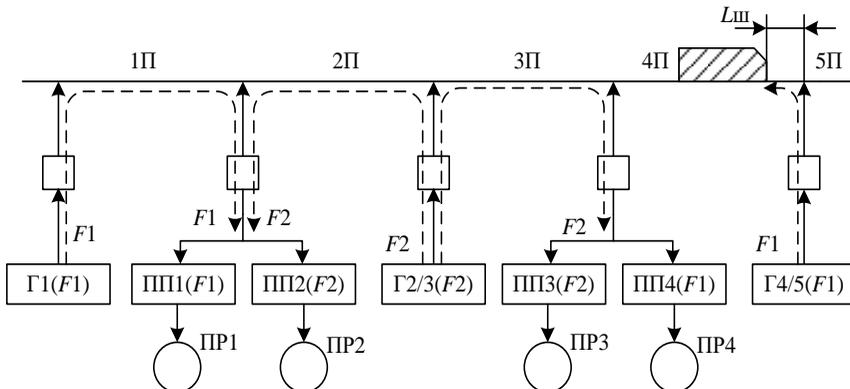


Рисунок 26 – Принцип построения ТРЦ

Сигнальный ток частотой  $F1$  или  $F2$  от генераторов  $\Gamma$  подается в рельсовую линию, по которой распространяется в обе стороны от точки подключения. От генератора  $\Gamma1$  питается рельсовая цепь 1, от генератора  $\Gamma2/3$  – рельсовые цепи 2 и 3 и т.д. Путьевые приемники ПП1 и ПП2, ПП3 и ПП4 подключаются к общей точке релейных концов рельсовых цепей.

Приемники реагируют на сигнал определенной частоты и амплитуды.

На выходе путевого приемника выключаются путьевые реле.

В связи с отсутствием изолирующих стыков шунтовой режим ТРЦ наступает при нахождении подвижной единицы на некотором расстоянии от точки подключения аппаратуры ТРЦ и рельсовой линии. Эта зона называется зоной дополнительного шунтирования. Так, при приближении подвижной единицы на расстояние  $L_{ш}$  от точки подключения генератора  $\Gamma4/5$  путьевые реле ПР5 обесточиваются.

Величина зоны дополнительного шунтирования зависит от несущей частоты и удельного сопротивления балласта.

Аппаратура ТРЦ размещается на постах ЭЦ станции ограничивающих данный перегон.

В аппаратуре третьего поколения ТРЦ3 приняты несущие частоты 420, 480, 580, 720 и 780 Гц и частоты модуляции 8 и 12 Гц. Это позволяет применять ТРЦ при любом виде тяги.

Максимальная длина ТРЦ  $L_{max} = 1000$  м. При этом все режимы работы рельсовой цепи обеспечиваются при  $R_{min} = 0,7$  Ом·км.

Достоинства ТРЦ:

- возможность работы без изолирующих стыков;
- улучшаются условия протекания обратного тягового тока;

- отпадает необходимость установки дроссель-трансформаторов;
- повышается помехозащищенность рельсовых цепей;
- возможность применения на участках с пониженным сопротивлением балласта.

### 1.3 Аппаратура ТРЦЗ

Для рельсовых цепей тональной частоты ТРЦЗ разработаны три функциональных блока: путевой генератор типа ГП, путевой фильтр ФПМ, путевой приемник ПП. Генераторы ГП и фильтры ФПМ собраны на базе реле НШ, а приемники ПП – на базе реле ДСШ.

Генератор ГПЗ, принципиальная схема которого представлена на рисунке 27 обеспечивает формирование амплитудно-модулированных сигналов ТРЦ. Он содержит выпрямитель – диодный мост  $VD1-V D4$  со сглаживающими конденсаторами  $C2, C3$  и параметрический стабилизатор на стабилитроне  $VD7$  с балластными резисторами  $R13, R14$  и конденсаторами  $C4, C5$  (для исключения паразитных связей по цепям питания). Выпрямитель обеспечивает двухполупериодное выпрямление и получение двух двухполярных напряжений: нестабилизированного  $+20$  В – для питания транзисторных схем и стабилизированного  $+8,2$  В – для питания микросхем. Питание блока (выводы 41–43) обеспечивается номинальным напряжением 35 В переменного тока. Кроме выпрямителя, схема имеет следующие функциональные узлы: генератор несущих частот, генератор модулирующих частот, модулятор, предварительный усилитель, регулятор выходного напряжения и выходной усилитель.

Генератор несущей частоты выполнен на микроузле  $DD1$ , который содержит генератор сигнала 1 МГц с кварцевой стабилизацией  $GB$  и управляемые делители частоты. В зависимости от переключки между входами  $D3-D10$  и минусом источника питания  $U_{п1}$  они формируют один из сигналов несущей частоты на выходе  $F_{н}$ . В таблице 2 приведены настроечные переключки генераторов в зависимости от частот формируемых амплитудномодулированных сигналов.

Генератор частот модуляции и модулятор собраны на микроузле  $DD2$ . Он включает в себя манипулятор, осуществляющий амплитудную модуляцию сигнала на выходах  $Q$ , и управляемые делители частоты, которые в зависимости от переключки между входами  $F_{м8}$  или  $F_{м12}$  и минусом источника питания  $U_{п1}$  со скважностью, равной двум. Частота 8 Гц образуется при установке внешней переключки между выводами 62-42, а частота 12 Гц – при переключке между выводами 62-33.

Регулятор выходного напряжения содержит последовательно соединенные резисторы  $R9-R11$  и обмотку 1-3 трансформатора  $TV$ . Ток в этой цепи, а следовательно, напряжение на обмотке 1-3 и выходе (выводы 2-52) генератора регулируют переменным резистором  $R11$ .

Выходной усилитель выполнен на двух каскадах с общим коллектором

(транзисторы VT6, VT7 и VT8, VT9). Каждый каскад является двухтактным усилителем класса В. Выходной усилитель обеспечивает усиление сигнала только по току. Из-за отсутствия усиления по напряжению в нем исключены изменения выходного напряжения от изменения коэффициента усиления транзисторов. Питание к выходному усилителю подается внешними перемычками на выводе 3-4 и 51-61. Номинальная выходная мощность усилителя составляет 20 В·А. На номинальной нагрузке сопротивлением 7 Ом он обеспечивает напряженно не менее 12 В при немодулированном сигнале и не менее 6,0 В – при модулированном. Модулированный сигнал измеряется прибором, реагирующим на средневыпрямленное значение напряжения (ВЗ-38Б, Ц4380 и др.).

На передней панели кожуха блока ГПЗ установлены ручка резистора R1 и два светодиода. Положение ручки резистора R1 во избежание самопроизвольного поворота фиксируется стопорным устройством. Ровное свечение светодиода VD11 свидетельствует о наличии питания на выходном каскаде.

Мигающее (с частотой модуляции) свечение светодиода VD6 соответствует наличию на выходе предварительного усилителя АМ сигнала, непрерывное свечение – наличию непрерывного сигнала несущей частот; отсутствие свечения – неисправности или отсутствию электропитания.

На печатной плате А1 внутри генератора расположены технологические контакты «а», «b» и «с». Перемычка, установленная между контактами «а» и «b», обеспечивает поступление на вход предварительного усилителя АМ сигнала, перемычка между «а» и «с», обеспечивает поступление непрерывного сигнала несущей частоты. Блок путевого генератора имеет две разновидности – ГП 8, 9, 11 и ГП 11, 14, 15. Путевой фильтр также имеет две разновидности ФПМ 8, 9, 11 и ФПМ 11, 14, 15.

Блок путевого приемника имеет 10 разновидностей, отличающихся несущей частотой и частотой модуляции рабочего сигнала. Они получили обозначения: ПП-8/8, ПП-9/8, ПП-11/8, ПП-14/8, ПП-15/8, ПП-8/12, ПП-9/12, ПП-11/12, ПП-14/12, ПП-15/12 .

Номера 8, 9, 11, 14, 15 в аппаратуре ТРЦ соответствуют несущим частотам 420, 480, 580, 720, 780 Гц, а 8 и 12 Гц – это частота модуляции. Рассмотрим устройства и работу отдельных блоков.

Фильтр ФПМ (рисунок 28) представляет собой последовательный LC-контур, содержащий трансформатор Т в качестве индуктивности и конденсаторы.

Входной сигнал подается от генератора ГПЗ на входные выводы 11-71. Фильтр настраивается на требуемую частоту установкой внешних перемычек между соответствующими выводами трансформатора Т и конденсаторами.

Одновременное изменение индуктивности и емкости при настройке фильтра позволяет иметь примерно одинаковые его входные сопротивления на различных частотах. Это положительно сказывается на режиме работы

генератора.

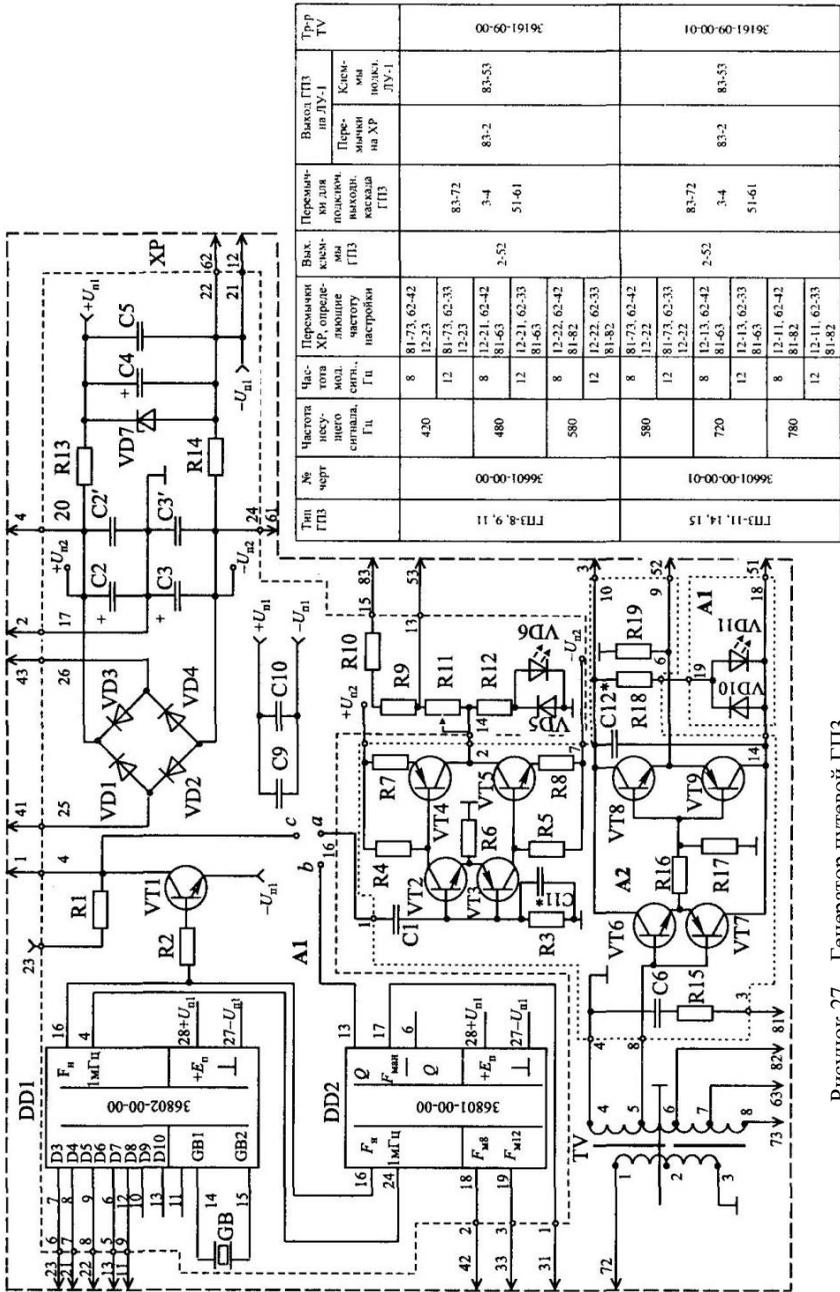


Рисунок 27 – Генератор путевой ГПС

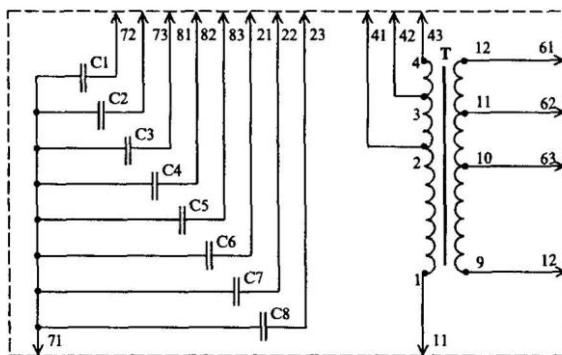


Рисунок 28 – Путьевой фильтр ФПМ

В фильтре ФПМ 8, 9, 11 на частоте 420 Гц используется вся индуктивность трансформатора (вывод 43 блока). На частотах 480 и 580 Гц она уменьшается примерно пропорционально частоте (выводы 42, 41 соответственно). В фильтрах ФПМ 11, 14, 15 выводы 43, 42 и 41 используются, соответственно, на частотах 580, 720 и 780 Гц.

Ориентировочные настроечные перемычки блока ФПМ, соответствующие расчетным значениям индуктивности и емкости на каждой частоте, представлены в таблице 3, генератора – в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 – Настройка генераторов на несущую и модулирующую частоты

Номера контактов для измерения	Номер элемента	Емкость, мкФ	Номера контактов для измерения	Номер элемента	Емкость, мкФ
71-72	C1	0,10	71-83	C5	0,47
71-73	C2	0,15	71-21	C6	0,68
71-81	C3	0,22	71-22	C7	1,50
71-82	C4	0,33	71-23	C8	2,20

Т а б л и ц а 3 – Настройка фильтров на несущую и модулирующую частоты

Тип фильтра	Несущая частота, Гц	Величина емкости, мкФ	Перемычки
ФПМ 8,9,11	420	4,85	43-23-22-21-83
	480	4,38	42-23-22-21
	580	4,07	41-23-22-73-81
ФПМ 11,14,15	580	4,08	43-23-22-73-81
	720	3,68	42-23-82-21-83
	780	3,57	41-23-81-21-83

Для учета фактических значений емкостей, индуктивности, а также влияния емкости кабеля, подключаемого к выходу фильтра, ФПМ

настраивают на месте его включения изменением емкости конденсатора. Для этого можно добавлять и снимать отдельные перемычки, идущие от подстроенных конденсаторов.

Если напряжение на емкости выше напряжения на индуктивности, то значение емкости фильтра необходимо увеличить путем установки дополнительных перемычек или переносом уже существующих на выводы с конденсаторами большей емкости.

Если напряжение на емкости ниже напряжения на индуктивности, то настройку фильтра осуществляют уменьшением емкости путем отпайки перемычек или переносом существующих перемычек на выводы с конденсаторами меньшей емкости. Целью настройки является получение максимума напряжения на выходе блока, что соответствует равенству напряжений индуктивности (выводы 23-11) и емкости (выводы 23-71).

Фильтры имеют три выхода, отличающиеся различным выходным сопротивлением (выводы 61-12, 62-12 и 63-12). Эти выходы используются в зависимости от условий применения рельсовых цепей.

На участках с низким сопротивлением балласта при относительно коротких длинах рельсовых цепей используют выход I (выводы 63-12) при электротяге и выход II (выводы 62-12) при автономной тяге. Выход III (выводы 61-12) используют при централизованном расположении аппаратуры.

Выходное сопротивление блока на выходе I (выводы 63-12) составляет примерно 140 Ом на частоте настройки. Такое сопротивление фильтра на участках с электротягой, при наличии в схеме рельсовых цепей защитного резистора, обеспечивает оптимальное по условиям работы (при низком сопротивлении балласта) сопротивление питающего конца (0,4 Ом).

На участках с автономной тягой, при отсутствии в схеме рельсовой цепи защитного резистора в путевом ящике, сопротивление питающего конца 0,4 Ом обеспечивается использованием выхода II ФПМ (выводы 62-12) с выходным сопротивлением примерно 400 Ом на частоте настройки. Требуемая мощность сигнала с выхода генератора уменьшается более чем в 2 раза (по сравнению с выходом I ФПМ на выводах 63-12). Это упрощает технические решения по использованию на участках с автономной тягой аккумуляторных батарей в качестве резервного источника питания.

Выход III (выводы 61-12) имеет выходное сопротивление на частоте настройки примерно 800 Ом. Он является наиболее энергетически выгодным и может использоваться в рельсовых цепях на участках с нормальным сопротивлением балласта ( $r_{и} > 1$  Ом·км). Например, в системе ЦАБ-АЛСО, при длине ТРЦЗ без изолирующих стыков 1000 м, ее работа обеспечивается при  $r_{и} = 0,7$  Ом·км. Входное сопротивление ненагруженного фильтра на частоте настройки составляет 5,5–6,5 Ом.

Путевой приемник ПП1 (рисунок 29) предназначен для приема АМ сигналов и возбуждения путевого реле при свободном состоянии рельсовой

цепи и напряжении АМ сигнала выше определенного порогового значения.

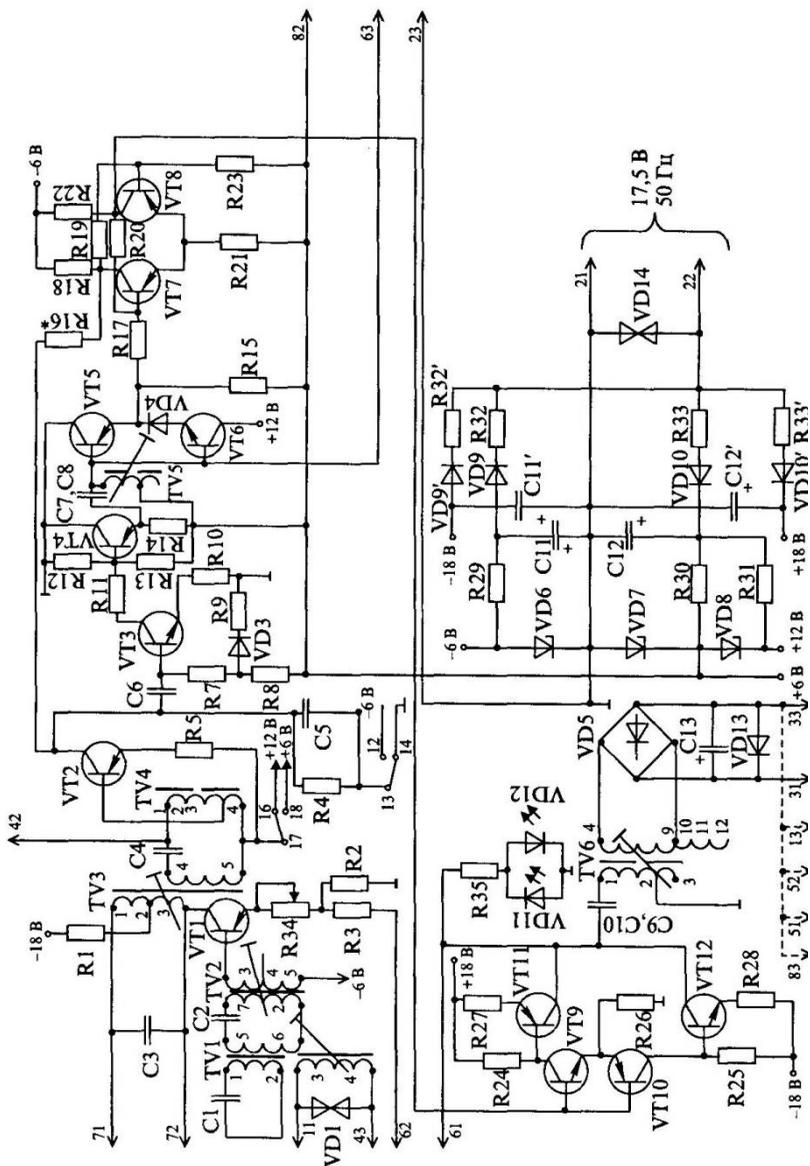


Рисунок 29 — Путевой приемник III

Путевой приемник имеет 10 разновидностей на все сочетания несущих и модулирующих частот: ПП1-8/8, ПП1-8/12, ПП1-9/8, ПП1-9/12, ПП1-11/8, ПП1-11/12, ПП1-14/8, ПП1-14/12, ПП1-15/8, ПП1-15/12. Первая цифра в обозначении указывает номер принимаемой несущей частоты, а вторая – частоту модуляции в герцах.

Приемник содержит следующие функциональные узлы:

- входной фильтр;
- демодулятор;
- амплитудный ограничитель;
- усилитель тока;
- низкочастотный промежуточный фильтр;
- выходной усилитель;
- пороговое устройство;
- выходной фильтр с выпрямителем;
- вторичный источник питания постоянного тока.

Входной фильтр выделяет АМ-сигнал с заданной несущей частотой и подавляет сигналы с другими несущими частотами, а также сигналы числовой АЛСН и гармоника тягового тока. Он представляет собой полосовой фильтр, служащий для выделения несущей и боковых частот АМ сигнала, который включает в себя две системы спаренных контуров, выполненных на трансформаторах TV1–TV4 и конденсаторах C1–C4.

Связь в спаренных контурах (между первым и вторым, третьим и четвертым контурами) трансформаторная выше критической и обеспечивает заданную ширину полосы пропускания фильтра. Связь между спаренными контурами осуществляется через усилитель, выполненный на транзисторе VT1, включенном по схеме с общим эмиттером. Резисторы R2, R34 в эмиттерной цепи этого транзистора обеспечивают обратную связь по току и определяют коэффициент усиления каскада. Параллельно резистору R2 через контакты путевого реле может подключаться резистор R3 для снижения коэффициента возврата приемника. Для защиты входного фильтра от перенапряжений, которые могут возникнуть на входе приемника со стороны рельсовой линии, к входной обмотке трансформатора TV1 подключен ограничитель напряжения VD1. Выделенный входным фильтром частотный сигнал снимается с части обмотки трансформатора TV4 четвертого контура и поступает на вход демодулятора.

Демодулятор выполнен по схеме усилителя с общим эмиттером на транзисторе VT2. С нагрузки усилителя (R4, C5) включенной коллекторной цепи транзистора снимается низкочастотный сигнал. Величина этого сигнала, а также чувствительность всего приемника регулируются резистором R34, включенным в эмиттерную цепь транзистора TV1. Выделенный низкочастотный сигнал с демодулятора поступает на вход амплитудного ограничителя.

Амплитудный ограничитель выполнен на транзисторе  $VT3$  и представляет собой усилитель, собранный по схеме с общим эмиттером. Он служит для ограничения амплитуды низкочастотного сигнала при больших уровнях сигнала и тем самым предотвращает от перегрузки последующие каскады. Сигнал с амплитудного ограничителя поступает на вход усилителя.

Усилитель тока выполнен на транзисторе  $VT4$ , который включен по схеме с общим коллектором и служит для усиления низкочастотного сигнала по току. Нагрузкой усилителя является низкочастотный фильтр.

Низкочастотный промежуточный фильтр представляет собой LC-контур, выполненный на дросселе  $TV5$  и конденсаторах  $C7$  и  $C8$ , настроенный на собственную частоту модуляции и служащий для выделения и пропускания собственной частоты модуляции приемника и подавления частотных сигналов, частоты которых располагаются вне полосы пропускания фильтра (сигналы частот модуляции соседнего канала, пульсации выпрямленного напряжения и др.). Частотный сигнал, выделенный фильтром, через буферный каскад, состоящий из транзисторов  $VT5$  и  $VT6$ , включенных по схеме с общим коллектором, поступает на вход симметричного триггера. Симметричный триггер выполнен на транзисторах  $VT7$ ,  $VT8$  и резисторах  $R17$ – $R23$  и служит пороговым элементом и формирователем скважности выходного сигнала. С выхода симметричного триггера сигнал поступает на вход выходного усилителя.

Выходной усилитель представляет собой двухкаскадный двухтактный усилитель мощности с двухполярным питанием, служащий для усиления сформированного симметричным триггером прямоугольного сигнала частоты модуляции. Первый каскад усиления выполнен на транзисторах  $VT9$ ,  $VT10$ , включенных по схеме с общим эмиттером. Второй каскад усиления выполнен на транзисторах  $VT11$  и  $VT12$ , включенных по схеме с общим эмиттером. Резистор  $R26$ , включенный на выходе первого каскада, задает ключевой режим работы транзисторов  $VT11$  и  $VT12$ .

Выходной фильтр выполнен на трансформаторе  $TV6$  и конденсаторах  $C9$ ,  $C10$ . Функции этого фильтра аналогичны низкочастотному фильтру ( $VT5$ ,  $C7$ ,  $C8$ ). Выделенный фильтром частотный сигнал выпрямляется  $VD5$  и поступает на выход для питания обмотки реле АНШ2-310 (с последовательно включенными обмотками).

Вторичный источник питания постоянного тока представляет собой однополупериодный выпрямитель, выполненный на диодах  $VD9$ ,  $VD10$ , конденсаторах  $C11$ ,  $C12$  и выравнивающих резисторах  $R32$ ,  $R33$ . Выпрямленное напряжение через балластные резисторы  $R29$ – $R31$  поступают на стабилитроны  $VD6$ – $VD8$  для организации трех стабилизированных источников питания ( $-6$ ;  $+6$ ;  $+12$  В). Нестабилизированное выпрямленное двухполярное напряжение  $\pm 18$  В, снимаемое с конденсаторов  $C11'$ ,  $C12'$  и средней точки (общая точка соединения конденсаторов), служит для питания выходного усилителя, а одно его плечо  $-18$  В – для питания транзистора

VT1.

Стабилизированные напряжения  $\pm 6$  и  $\pm 12$  В, снимаемые со стабилизаторов VD6–VD8, служат для питания демодулятора, амплитудного ограничителя, усилителя тока, буферного каскада и порогового устройства (триггера).

В схему приемника введена цепь обратной связи с коллектора транзистора VT7 через резистор R16 на коллектор транзистора VT2 для снижения коэффициента возврата.

С помощью светодиодов VD11, VD12 обеспечивается световая индикация состояния приемника. Поочередное мигание светодиодов (с частотой модуляции) указывает на то, что на входе приемника присутствует напряжение сигнала выше порога чувствительности, и все его тракты до второго фильтра модуляции работают нормально. Ровное свечение одного из диодов и погасшее состояние другого свидетельствует о занятости рельсовой цепи или о повреждении приемника.

Питание приемника ПП1 должно осуществляться от источника однофазного переменного тока частотой 50 Гц номинальным напряжением 17,5 В с допускаемыми отклонениями от 15,7 до 18,4 В. Нагрузкой приемника ПП1 служит нейтральное малогабаритное реле постоянного тока типа АНШ2-310 с последовательно включенными обмотками.

#### 1.4 Схема рельсовых цепей тональной частоты

**Перегонные ТРЦ.** По назначению перегонные ТРЦ (рисунок 30) различают:

- РЦ1 – короткие рельсовые цепи, которые организуются за светофором для более четкой фиксации границ блок-участков. Для них применяются частоты 580, 720 и 780 Гц, что обеспечивает зону дополнительного шунтирования не более 40 м. Поэтому точка подключения аппаратуры выносится за светофор на 40 м по направлению движения поезда.

- РЦ2 – рельсовая цепь, имеющая общий генератор с РЦ1.

- РЦ3 – рельсовая цепь, не имеющая общего генератора с РЦ1.

Частоты генераторов ТРЦ чередуются, исходя из следующих требований:

- между двумя ТРЦ с одинаковыми значениями несущей частоты  $f_n$  должно быть не менее двух пар рельсовых цепей с частотами отличными от несущей частоты  $f_n$  (например, 420, 580, 480, 420 ... Гц);

- для одного пути необходимо использовать комбинации несущих и модулирующих частот – 580/8, 480/12, 780/8, 420/12, 720/8 Гц, для другого – 580/12, 280/8, 780/12, 420/8, 720/12 Гц.

Аппаратура питающего и релейного концов РЦ размещается централизованно на посту ЭЦ, прилегающих к перегону станции. Станционная аппаратура связана с аппаратурой размещаемой в путевом ящике

непосредственно у пути, посредством сигнально-блокировочного кабеля с парной скруткой жил.

Амплитудно-модулированный сигнал частотой 480/12, формируемый путевым генератором 2-4Г, с выводов 2-52 поступает на вход фильтра 2-4Ф (выводы 11-71). С выхода фильтра (выводы 12-61) он поступает в кабельную линию. Последовательно с выходом фильтра для кодирования включается разделительный конденсатор С емкостью 4 мкФ, служащий для подключения передающей аппаратуры АЛСН. Далее сигнал поступает к аппаратуре, размещенной в путевом ящике.

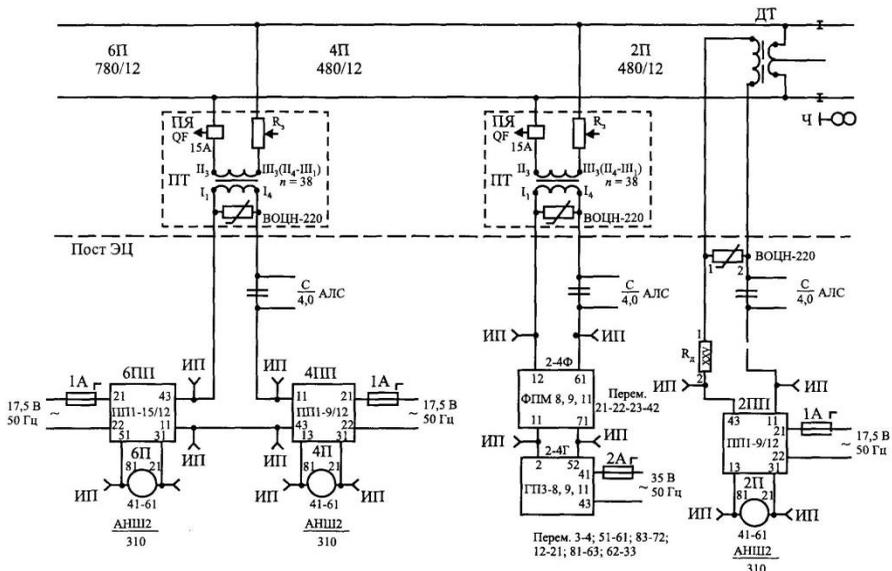


Рисунок 30 – Схема перегонной ТРЦ

В путевом ящике (ПЯ) устанавливаются:

- согласующие путевые трансформаторы типа ПОБС-2м;
- выравниватели ВОЦН-220;
- защитные резисторы РМР – 1,1 Ом;
- автоматические выключатели АВМ2-15.

Сигнальный ток ТРЦ с питающего конца от генератора 2-4Г через трансформатор 2-4ПТ, резистор R<sub>3</sub> и АВМ поступает в рельсовую линию и растекается в обе стороны. По рельсовой линии сигнальный ток поступает на приемный (релейный) конец рельсовой цепи.

На релейном конце в путевом ящике используется аналогичная приемному концу аппаратура.

Сигнал через кабельную линию поступает на вход путевого приемника 4ПП и 6ПП смежных ТРЦ, включенных последовательно. На выходе

путевых приемников включены путевые реле 4п и 6п типа АНШ2-310.

**Станционные рельсовые цепи тональной частоты.** В настоящее время тональные РЦ широко применяются на станциях. Станционные ТРЦ (рисунки 31 и 32) одна от другой разделяются изолирующими стыками. Защита смежных станционных рельсовых цепей тональной частоты от короткого замыкания изолирующих стыков выполняется следующим образом:

- если смежные ТРЦ отличаются как по несущей, так и модулирующей частотам, они могут стыковаться как питающими, так и релейными концами;
- если сигнальный ток в смежных ТРЦ отличается только несущей или модулирующей частотой, они стыкуются только питающими концами.

В ТРЦ приемо-отправочных и подъездных путей используются несущие частоты  $f_n = 420$  и  $480$  Гц с частотой модуляции  $f_m = 8$  или  $12$  Гц.

В ТРЦ стрелочных горловин используются частоты  $f_n = 580, 720$  и  $780$  Гц с частотой модуляции  $f_m = 8$  или  $12$  Гц.

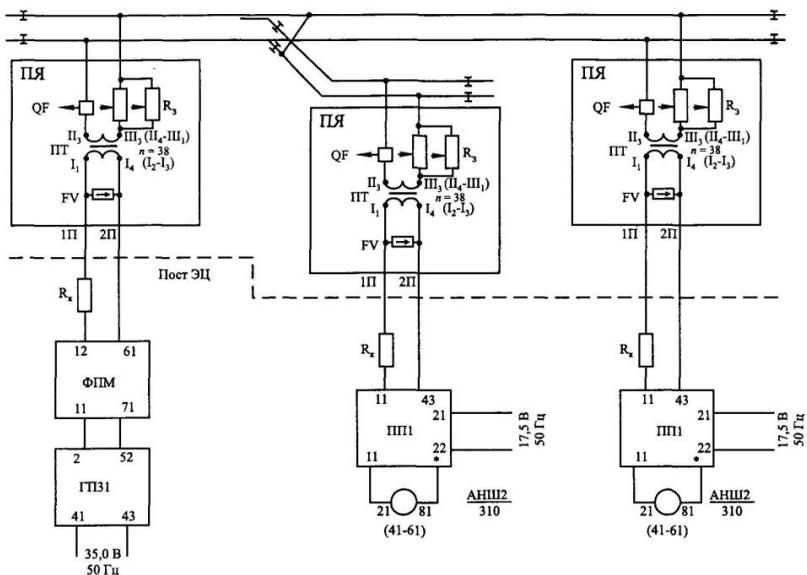


Рисунок 31 – Схема разветвленной ТРЦ

Аппаратура ТРЦ (ПП, ГП, ФПМ) располагается на посту ЭЦ. В путевых ящиках устанавливаются путевые трансформаторы типа ПОБС-2Г или используют дроссель-трансформаторы типа ДТ-0,2, ДТ-0,6 при электротяге постоянного тока или Дт-0,1 – для электротяги переменного тока.

Защита приборов от атмосферных и коммутационных перенапряжении выполняется с помощью выравнивателей ВОЦН-220. Защита от асимметрии тягового тока выполняется автоматическими выключателями АВМ2-15.

Длина тональной РЦ составляет:

- станционных приемо-отправочных путей с одним путевым приемником – до 800 м; с двумя путевыми приемниками (с питанием из середины) – 1500 м;
- разветвленной стрелочной ТРЦ с двумя и тремя путевыми приемниками – 500 м.

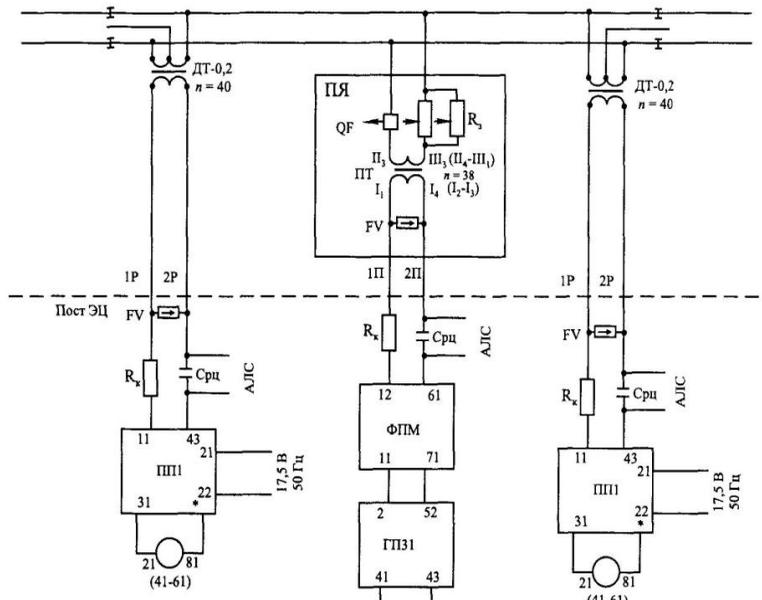


Рисунок 32 – Схема неразветвленной станционной ТРЦ

## 2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 1 Изучить принципы построения рельсовых цепей тональной частоты.
- 2 Ознакомиться с аппаратурой, применяемой в устройствах ТРЦ.
- 3 Определить принципы построения перегонных и станционных ТРЦ.
- 4 Защита смежных ТРЦ от взаимного влияния.
- 5 Закрепить свои знания по программе АОС «Тональные рельсовые цепи» в компьютерном классе.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 1 Назначение и принципы построения рельсовых цепей тональной частоты.
- 2 Краткое описание аппаратуры, применяемой в ТРЦ.
- 3 Схемы перегонной и станционной ТРЦ.
- 4 Достоинства и недостатки ТРЦ.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Назначение ТРЦ.
- 2 Несущие и модулирующие частоты применяемые в ТРЦЗ.
- 3 Назначение аппаратуры ТРЦ.
- 4 Типы аппаратуры применяемые в ТРЦЗ.
- 5 Зона дополнительного шунтирования.
- 6 Порядок распределения несущих частот в станционных ТРЦ.
- 7 Как контролируется исправная работа путевого генератора ГП и путевого приемника ПП?
- 8 Ответы на тесте АОС.

**Рекомендуемая литература:** [2, 4, 5].

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Котляренко, Н. Ф.** Путевая блокировка и авторегулировка / Н. Ф. Котляренко. – М. : Транспорт, 1983. – 408 с.
- 2 **Дмитриев, В. Е.** Системы автоблокировки с рельсовыми цепями тональной частоты / В. Е. Дмитриев. – М. : Транспорт, 1992. – 182 с.
- 3 **Дмитриев, В. С.** Основы железнодорожной автоматики и телемеханики / В. С. Дмитриев. – М. : Транспорт, 1988. – 288 с.
- 4 Техническое обслуживание тональных рельсовых цепей / В. А. Воронин [и др.]. – М. : Транспортная книга, 2007 – 90 с.
- 5 **Виноградова, В. Ю.** Перегонные системы автоматики / В. Ю. Виноградова, В. А. Воронин, Е. А. Казаков. – М. : Маршрут, 2005. – 292 с.
- 6 Рельсовые цепи магистральных железных дорог / В. С. Аркатов [и др.]. – М. : Транспорт, 1982. – 360 с.
- 7 Рельсовые цепи, анализ работы и техническое обслуживание / В. С. Аркатов [и др.]. – М. : Транспорт, 1990. – 294 с.
- 8 Правила технической эксплуатации на Белорусской железной дороге. – Мн., 2002.

## СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1. Устройство и принцип действия светофоров.....	3
Лабораторная работа № 2. Светофорная сигнализация.....	10
Лабораторная работа № 3. Изучение устройства и работы рельсовых цепей постоянного тока.....	18
Лабораторная работа № 4. Кодовые рельсовые цепи переменного тока.....	25
Лабораторная работа № 5. Изучение устройства и работы разветвленных рельсовых цепей.....	31
Лабораторная работа № 6. Рельсовые цепи тональной частоты.....	39
Список используемой литературы.....	54

Учебное издание

*САВКО Олег Владимирович*  
*ШЕМЕТКОВ Константин Сергеевич*

**АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА  
НА ПЕРЕГОНАХ**

Лабораторный практикум

Редактор *И. И. Эвентов*  
Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Подписано в печать 03.12.2014 г. Формат 60×84  $\frac{1}{6}$  .  
Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 3,25. Уч.-изд. л. 3,23. Тираж 150 экз.  
Зак. № . Изд. № 23.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский государственный университет транспорта.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/361 от 13.06.2014.  
№ 2/104 от 01.04.2014.  
Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра автоматики и телемеханики

О. В. САВКО, К. С. ШЕМЕТКОВ

# АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА НА ПЕРЕГОНАХ

*Одобрено методическими комиссиями  
заочного и электротехнического факультетов в качестве  
лабораторного практикума для студентов специальности  
«Автоматика, телемеханика и связь на  
железнодорожном транспорте»*

Гомель 2014