

Рельсовые цепи

Теоретическое занятие

Специальность: 27.02.03 Автоматика и телемеханика
на транспорте (железнодорожном транспорте)

МДК 01.02 Теоретические основы построения и эксплуатации
перегонных систем железнодорожной автоматики

Тема 2.2. Рельсовые цепи

Преподаватель: Зуева Н.П.

2023

Рельсовые цепи

Рельсовой цепью называется электрическая цепь, проводниками которого служат рельсовые нити пути.

Рельсовые цепи являются основными элементами всех устройств ж.д. АТ: АБ, АЛС, ЭЦ, ДК, АПС и других систем.

Рельсовые цепи выполняют разнообразные и ответственные функции:

- автоматически непрерывно контролируют состояние путевых участков на перегонах и станциях и целостность рельсовых нитей;
- исключают возможность приема поезда на занятый путь;
- не позволяют перевести стрелку под составом;
- обеспечивают индикацию контроля свободности или занятости пути и стрелок на аппарате управления;
- передают кодовые сигналы на локомотив для действия устройств АЛС;
- обеспечивают увязку между показаниями светофоров в кодовой АБ;
- автоматически контролируют приближение поездов к переездам и последующий контроль их проследования.

Однако рельсовые цепи имеют ряд недостатков:

- зависимость их работы от состояния верхнего строения пути (балласта, шпал, рельсов, соединителей и других элементов)
- климатические условия (суровый климат, колебание температуры и влажности);
- загрязнения поверхности рельсов и колесных пар;
- большие затраты труда и средств на техническое обслуживание.

Простейшая рельсовая цепь постоянного тока с непрерывным питанием

Снижение тока (напряжения) в обмотках реле под действием колесных пар называется шунтовым эффектом, а колесная пара в данном случае называется поездным шунтом. В электрическое сопротивление поездного шунта входит сопротивление:

- колесных пар;
- переходное сопротивление между бандажами колес и рельсами.

Для ж.д. России нормальное значение сопротивления поездного шунта принято 0,06 Ом. Такое сопротивление может иметь одна колесная пара у легкой подвижной единицы вместе с переходным сопротивлением между бандажами и чистыми головками рельсов.

Шунтовой эффект в рельсовых цепях в значительной мере обеспечивается ограничивающим резистором R_0 .

При отсутствии R_0 при большой мощности источника питания под воздействием поездного шунта произошло бы лишь возрастание тока источника, а напряжение на рельсах практически не изменилось бы, и реле могло остаться возбужденным.

$$U = R_i I$$

Т.е. основным назначением ограничителя (R_0) является обеспечение шунтового эффекта рельсовой цепи. R_0 также снижает ток при нахождении поезда на питающем конце, защищая источник от разрушения

В рельсовых цепях постоянного тока ограничитель R_0 используется для регулировки рельсовой цепи.

Наличие ограничителя является обязательным. Вход и выход рельсовой цепи определяется по направлению движения поезда.

Классификация рельсовых цепей

1. По принципу действия рельсовых цепей подразделяются на нормально замкнутые и нормально разомкнутые. В нормально замкнутой рельсовой цепи при свободном ее состоянии путевое реле находится под током, контролируя свободу и исправность всех ее элементов.

2. По роду сигнального тока различают рельсовые цепи:

- постоянного тока;
- переменного тока.

Рельсовые цепи постоянного тока применяют только на линиях с автономной тягой. Рельсовые цепи просты по устройству, но при новом проектировании их не применяют.

Рельсовые цепи переменного тока применяют на электрофицированных линиях и при автономной тяге.

3. По режиму питания различают рельсовые цепи:

- непрерывного питания;
- импульсного питания;
- кодового питания.

4. По способу пропуска обратного тягового тока рельсовые цепи подразделяются на

- однониточные;
- двухниточные.

В однониточных рельсовых цепях обратный тяговый ток проходит по одной рельсовой нити.

В двухниточных рельсовых цепях обратный тяговый ток пропускается по обоим рельсовым нитям. Для пропуска этого тока в обход изолирующих стыков для создания непрерывности цепи тяговому току, используют дроссель-трансформаторы.

5. По месту применения рельсовые цепи подразделяются на неразветвленные и разветвленные.

Разветвленные рельсовые цепи могут иметь несколько путевых реле (но не более трех) для контроля свободности и исправности ответвлений. Разветвленные рельсовые цепи применяются на станции.¹

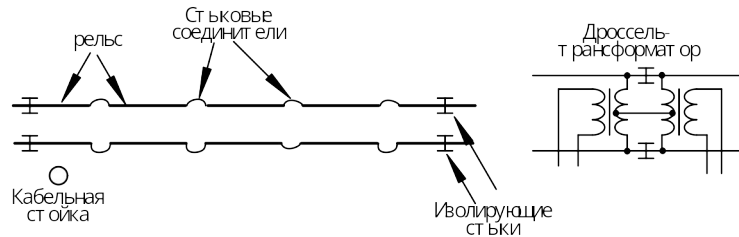
Неразветвленные рельсовые цепи имеют только одно путевое реле и устанавливаются на перегонах и станциях.

¹ Войнов С. А. Построение и эксплуатация станционных, перегонных, микропроцессорных и диагностических систем железнодорожной автоматики. Учебное пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019.

Основные элементы рельсовой цепи

Составными частями рельсовых цепей являются:

- рельсовые нити пути;
- стыковые соединители;
- изолирующие стыки;
- кабельные стойки;
- дроссель-трансформаторы.



Стыковые соединители устанавливают для устойчивой работы рельсовых цепей на стыках рельсов стальные или медные. В зависимости от способа присоединения к рельсам они подразделяются на штепсельные и приварные.

Штепсельные соединители применяются только на неэлектрофицированных участках.

На электрифицированных участках применяют приварные медные рельсовые соединители. Такие соединители предназначены для уменьшения сопротивления не только сигнальному, но и тяговому току. Соединитель представляет собой гибкий медный трос длиной 200 мм, заваренный по концам в стальные наконечники (манжеты).

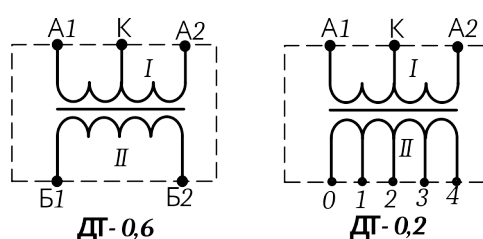
Число стыковых соединителей в рельсовой линии зависит от ее длины и типа рельсов. При длине рельсов 12,5 м на 1 км рельсовой линии необходимо примерно 160 соединителей, а при длине рельса 25 м – примерно 80 соединителей.

Изолирующие стыки устанавливают для электрического разделения смежных рельсовых цепей. Их изготавливают с металлическими накладками и изолирующими прокладками. Кабельные стойки применяются на участках без электротяги по концам рельсовых цепей. Они служат для соединения стальных тросов, идущих от рельсов с жилами кабеля, проложенного от релейного шкафа.

Путевые дроссель-трансформаторы предназначены для пропуска обратного тягового тока, в обход изолирующих стыков и согласования низкоомного входного сопротивления рельсовой цепи с аппаратурой питающего и релейного концов.

Типы дроссель-трансформаторов ДТ-0,2-1000, ДТ-0,6-1000, ДТ-0,2-500, ДТ-0,6-500 применяются на линиях с эл. тягой постоянного тока. Цифры 0,2 и 0,6 указывают полное сопротивление переменному сигнальному току частотой 50 Гц. Цифры 500, 1000 – это значение номинального тягового тока, на пропускание которого рассчитана основная обмотка (500А и 1000А на каждый рельс).

Схемы обмоток дроссель-трансформаторов



Дроссель-трансформатор состоит из сердечника и ярма, собранных из листовой электротехнической технической стали, основной и дополнительной обмоток. Сердечник с обмотками помещен в чугунный корпус и закрыт крышкой, на которой имеется вентиляционная пробка и уплотнитель из резины. В задней части корпуса расположена муфта для разделки кабеля, подводимого к дроссель-трансформатору.

Для охлаждения основной и дополнительной обмоток в корпус ДТ перед установкой в эксплуатацию заливают трансформаторное масло до уровня контрольного отверстия на корпусе.

Основная обмотка ДТ выполнена из медной шины большого сечения и имеет малое сопротивление постоянному тяговому току.

Дополнительная обмотка ДТ-0,2 секционированная, т.е. имеет несколько выводов, что позволяет установить различные коэффициенты трансформации (7, 10, 17, 23, 30, 33,40).

Коэффициент трансформации определяется по формуле:

$$n = W1 / W2,$$

где W_1 – число витков первичной обмотки, W_2 - число витков вторичной обмотки.

При $W_1 > W_2$, $n > 1$ – трансформатор понижающий,

При $W_1 < W_2$, $n < 1$ – трансформатор повышающий.

Аппаратуру рельсовых цепей подключают к дополнительной обмотке ДТ кабелем.

Чем больше расстояние от ДТ до места подключения аппаратуры рельсовых цепей, тем выше должен быть коэффициент трансформации ДТ.

На участках с электротягой переменного тока частотой 50 Гц применяют дроссель-трансформаторы типа ДТ-1-150, рассчитанные на тяговой ток 150 А в каждой рельсовой нити.

Параметры рельсовых цепей и режимы работы

Удельное электрическое сопротивление рельсов r (Ом/км) представляет собой электрическое сопротивление обеих рельсовых нитей (рельсовой петли) с учетом сопротивления стыковых соединителей, отнесенное к 1 км рельсовой линии.

Сопротивление рельсов зависит от их типа, состояния стыковых накладок, от типа и состояния стыковых соединителей.

Сопротивление рельсовой петли равно сумме сопротивлений обеих рельсовых нитей: $r = r_1 + r_2$.

Полное сопротивление рельсов:

$$R = rL,$$

где r – удельное сопротивление рельсов Ом/км;

L – длина рельсовой линии км.

Сопротивление рельсовой петли переменному току Z не является суммой сопротивлений обеих рельсовых нитей Z_1 и Z_2 в отдельности, т.е. $Z = Z_1 + Z_2$. Это объясняется явлением взаимной индуктивности рельсовых нитей.

Ток, проходящий по каждой рельсовой нити, наводит в противоположной нити ток взаимоиндукции, совпадающий по направлению с основным током.

$$Z = Z_1 + Z_2 - 2Z_{12},$$

где Z_{12} – сопротивление, обусловленное взаимной индуктивностью рельсовых нитей.

Сопротивление каждой рельсовой нити в отдельности:

$$Z_1 = Z_2 = Z/2 - Z_{12}$$

Расчеты показывают, что $Z = Z_1 = Z_2$.

Электрическое сопротивление изоляции (балласта) рельсовой линии R_i (Ом/км) называется сопротивление, оказываемое току утечки из одной рельсовой нити в другую через балласт и шпалы.

Значение сопротивления изоляции зависит:

- от типа и состояния балласта и шпал;
- арматуры крепления рельсов к шпалам;
- наличия зазора между подошвой рельсов и балласта;
- от температуры и влажности окружающего воздуха.

Наилучшим материалом для балластного слоя является щебень, может применяться гравий. При песчаном и асбестовом балласте сопротивление изоляции ниже.

Сопротивление изоляции снижается от степени загрязнения балласта песком, пылью, шлаком, углем, также из-за перевозки минеральных удобрений и солей.

На ж.д. России для рельсовых цепей постоянного и переменного тока для всех видов балласта установлена единая норма минимального сопротивления изоляции равная 1Ом/км.

Режимы работы рельсовых цепей

Основные требования к рельсовым цепям:

- при отсутствии подвижного состава на рельсовой цепи путевой приемник должен надежно фиксировать ее свободу;
- при шунтировании в любой точке рельсовой линии хотя бы одной колесной парой, а также при полном изломе рельса должно фиксировать занятое состояние;
- в кодовых и кодированных рельсовых цепях с вступлением поезда на входной конец рельсовой цепи под приемными катушками локомотива должен

обеспечиваться нормативный ток АЛС, необходимый для действия приемных локомотивных устройств.

В соответствии с этими требованиями различают основные режимы работы рельсовых цепей: нормальный, шунтовой, контрольный, режим АЛС.

Нормальный режим соответствует свободному состоянию рельсовой цепи. В этом режиме путевое реле при непрерывном питании надежно удерживает якорь в притянутом положении, а при импульсном питании надежно срабатывает от каждого импульса при самых неблагоприятных условиях.

Шунтовой режим соответствует занятости рельсовой цепи подвижным составом. В этом режиме путевое реле при непрерывном питании должно отпускать якорь, а при импульсном питании исключать срабатывание реле от импульсов тока.

Контрольный режим (или режим поврежденного рельса) соответствует нарушению целостности рельсовой нити. В этом режиме путевое реле не должно срабатывать, т.е. требования этого режима совпадают с требованиями шунтового режима.

Режим АЛС соответствует вступлению поезда на входной конец рельсовой цепи. В этом режиме ток в рельсах под приемными катушками локомотива должен быть не менее расчетного, необходимого для надежной работы приемных устройств АЛС на локомотиве.

Импульсная рельсовая цепь постоянного тока с конденсаторным дешифратором

От каждого импульса конденсатор С1 разряжается на реле П, а конденсатор С2 заряжается. В каждом интервале конденсатор С1 заряжается, а конденсатор С2 разряжается на обмотку реле П.

Реле П получает попеременно питание в импульсах от конденсатора С1 через ДР, в интервалах – от конденсатора С2, удерживая якорь в притянутом состоянии и контролируя свободное состояние рельсовой цепи.

Диод Д1 разделяет цепи заряда и разряда конденсатора С1.

Диод Д2 защищает контакт реле И от искрообразования.

Схема конденсаторного дешифратора:

– исключает срабатывание путевого реле П от кодового тока АЛС 50Гц. В цепь разряда конденсатора С1 включен ограничивающий дроссель Др большим индуктивным сопротивлением (тр-р СТ-3). Дроссель Др препятствует нарастанию напряжения на обмотке реле П и конденсатор С2 до напряжения срабатывания;

– исключает срабатывание путевого реле при обрыве или пробое конденсаторов С1, С2, Д1, Д2;

– исключает срабатывание путевого реле при мостовом замыкании контакта реле И. Конденсатор С1 остается полностью заряженным, ток его разряда не проходит через обмотку реле П т.к. она шунтирована Д1. Цепь разряда конденсатора С1 на реле П и С2 не образуется;

– исключает срабатывание реле П при залипании фронтового контакта реле И. Конденсатор С1 отключается от источника питания. Конденсаторы С1, С2 одновременно разряжаются на реле П и затем реле П отпускает свой якорь;

– исключает срабатывание реле П при КЗ дросселя, напряжение на реле П становится недостаточным для его срабатывания;

Резистор $R=40$ Ом ограничивает ток, протекающий через диод Д1.

Недостатки конденсаторного дешифратора:

– зависимость времени отпускания якоря реле П в шунтовом режиме рельсовых цепей от значений емкости С1 и С2 и напряжения источника питания;

– возможность перегрева дросселя Др при длительном протекании через него постоянного тока в шунтовом режиме;

– конденсаторы С1, С2 электролитические, их работа зависит от температуры окружающей среды, продолжительности их работы.

Импульсная рельсовая цепь постоянного тока с релейным дешифратором

При новом проектировании и строительстве АБ используют схему релейного конденсатора. При нормальном режиме работы рельсовой цепи реле ПИ, ПИ1 получают подпитку от каждого импульса, а реле П – в каждом интервале и все реле дешифратора находятся в возбужденном состоянии.

При шунтовом режиме работы рельсовой цепи прекращается поступление импульсов из рельсовых цепей. Не получая подпитки, выдерживают замедление на отпадание реле ПИ, ПИ1 и своими контактами выключают реле П.

При мостовом замыкании контактов реле И приводит к непрерывному возбуждению реле И1, ПИ, ПИ1; тыловыми контактами И1 выключается реле П.

Диоды Д1, Д2, включенные в шунтирующие цепи реле ПИ1 и П, создают замедление на отпадание этих реле, за счет которого реле П удерживает якорь притянутым на время каждого импульса, а реле ПИ1 – в течение каждого интервала.

Диоды Д1, Д2 обеспечивают искрогашение на контактах, включенных последовательно с обмоткой реле.

Варисторы, включенные параллельно диодам, защищают их от разрушения при различных перенапряжениях в цепи. Варистор, включенный параллельно обмотке реле ПИ, защищает контакт реле И от разрушения. При непрерывном питании реле И остаются возбужденными реле И, ПИ, ПИ1. Контактными реле И и И1 выключается реле П.

При попадании в рельсовую цепь переменного тока частотой 50 Гц импульсные реле И, И1 начинают работать с этой же частотой. Вспомогательные реле ПИ, ПИ1, обладая большим реактивным сопротивлением для частоты 50 Гц, не получают необходимой импульсной подпитки и отпускают свои якоря.

– В случае повреждения изоляции стыков в обмотку реле И могут поступать импульсы тока из смежной рельсовой цепи. Под действием этих импульсов тока реле И может работать при занятой собственной рельсовых цепей и на светофоре вместо запрещающего будет гореть разрешающий огонь.

Защита от ложного срабатывания путевого реле осуществляется путем применения импульсных путевых реле, имеющих регулировку якоря с преобладанием, и посредством чередования полярности в смежных рельсовых цепях.

Достоинство рельсовых цепей постоянного тока:

- простота;
- надежное резервирование питания от аккумуляторных батарей;

– малое потребление электрической энергии рельсовых цепей.

Недостатки рельсовых цепей постоянного тока:

– обесточивание реле П при наличии блуждающих токов;

– от блуждающих токов с импульсным характером может реле П возбуждаться;

– влияние токов аккумуляторного эффекта, это действие электрохимических процессов, протекающих в верхних строениях пути. Рельсовая линия как бы запасает энергию, накопленную в течение импульса. В интервале, когда импульсное реле должно отпускать якорь, за счет тока аккумуляторного эффекта, оно удерживает его притянутым;

– аккумуляторы для резервного питания чувствительны к изменению температуры окружающей среды, требуют тщательного ухода и частого осмотра;

– на входе рельсовой цепи установлен питающий конец.

Кодовые рельсовые цепи переменного тока при электротяге постоянного тока

Постоянный тяговой ток получают путем выпрямления переменного тока частотой 50 Гц с помощью мощных выпрямителей по шестифазной схеме включения.

Кривая выпрямленного напряжения, кроме постоянной составляющей, содержит гармоники переменного тока, т.е. составляющие с частотой кратной 300 Гц (300, 600, 900, 1200 и выше). Эти гармоники оказывают мешающие действия на устройства АТ и линии связи.

Для снижения уровня гармоник на тяговых подстанциях устанавливают сглаживающие фильтры. При неисправности фильтров в составе выпрямленного напряжения появляются гармоники, кратные 50 Гц (50, 100, 150, 200, 250).

На участках с электрической тягой сигнальный ток, питающий рельсовые цепи должен качественно отличаться от тягового тока и его гармоник. Во всех случаях рельсовые цепи должны быть защищены от опасного и мешающего действия тягового тока и его гармоник.

Опасным считается влияние тягового тока, которое может привести к ложному контролю свободности рельсовой цепи при ее фактической занятости.

Мешающий тяговый ток нарушает нормальную работу путевого реле, что приводит к неоправданным задержкам поездов.

Рельсовые цепи переменного тока частотой 50 Гц

при элетротяге постоянного тока

Для пропуска обратного тягового тока по концам рельсовой цепи установлены дроссель-трансформаторы.

На питающем конце установлен дроссель-трансформатор типа ДТ-0,6, который надежно обеспечивает шунтовой и контрольный режимы и позволяет снизить общий ток, потребляемый рельсовой цепью от источника питания.

На релейном конце установлен дроссель-трансформатор типа ДТ-0,2, который обеспечивает все режимы работы при максимальной длине рельсовой цепи.

Для защиты аппаратуры от перенапряжения на питающем и релейном концах включены выравниватели типа ВОЦН-220. Это нелинейные сопротивления, которые при нормальном напряжении обладают высоким сопротивлением и не влияют на работу р.ц. При перенапряжении их сопротивление резко снижается, и ток замыкается через выравниватели, тем самым предохраняют аппаратуру от выхода из строя.

Ограничителем является дроссель типа РОБС-ЗА.

На питающем конце рельсовых цепей дополнительная обмотка ДТ-0,6 и емкость 24 мкф настраиваются в резонанс токов на частоту 50Гц. Индуктивная составляющая дополнительной обмотки ДТ-0,6 компенсируется емкостным током конденсаторов и общий ток, потребляемый рельсовой цепью, значительно снижается.

Конденсаторы одновременно уменьшают искрообразование на контактах реле Т, улучшая условия их работы, увеличивая срок службы реле.

Трансформатор ПТ типа ПОБС-ЗМП источник питания рельсовой цепи.

Контакт реле Т обеспечивает подачу кодового питания в рельсовую цепь. В качестве датчика числового кода используется кодовый путевого транзиттер типа КПТШ. Из-за маломощных контактов КПТШ последовательно с ним включается транзиттерное реле типа ТШ-65. Его усиленные контакты со схемной искрогашения подают коды в рельсовую цепь

Для защиты от подпитки из смежной рельсовой цепи при коротком замыкании изолирующего стыка делается чередование типов КПТШ-515 и КПТШ-715 с разными временными параметрами кодов.

В качестве путевого реле используется герконовое реле типа ИВГ-В второго класса надежности.

Для защиты от воздействия гармоник тягового тока, путевое реле включается через защитный фильтр типа ЗБФ-2. Для сигнальной частоты фильтр имеет сопротивление около 60 Ом, а для гармоник тягового тока – очень высокое сопротивление.

На входе рельсовой цепи установлен релейный конец, на выходе – питающий конец.

Рельсовые цепи переменного тока частотой 25 Гц при электротяге переменного тока

Сигнальный ток частотой 25Гц подается в рельсовую цепь от статического электромагнитного преобразователя частоты ПЧ50/25.

В качестве ограничителя используется нерегулируемый резистор сопротивлением 200 Ом.

Контакт реле Т обеспечивает подачу кодового питания в рельсовую цепь.

Для согласования аппаратуры с ДТ установлены трансформаторы ПТ на питающем конце и ИТ на релейном конце рельсовых цепей. Эти трансформаторы вместе с АВМ-1 обеспечивают защиту аппаратуры и обслуживающего персонала от перенапряжений, которые могут возникнуть при значительной асимметрии тягового тока (при обрыве одной из перемычек ДТ).

В этом случае на дополнительной обмотке ДТ появляется высокое напряжение, происходит насыщение магнитопровода трансформатора ПТ или ИТ, вследствие чего их сопротивление падает ток в цепи возрастает, срабатывают автоматические выключатели АВМ-1 и отключают аппаратуру от ДТ, защищая ее от повреждений тяговым током.

От мешающего действия тягового тока и его гармоник импульсное путевое реле И защищено путевым фильтром типа ФП-25. Фильтр настроен на пропускание сигнального тока частотой 25 Гц и представляет большое сопротивление для тягового тока и его гармоник. Фильтр ФП-25 ослабляет помехи частотой 50 Гц более чем в 100 раз.²

Асимметрии тягового тока и ее нормы

Асимметрия тягового тока – это неравенство тяговых токов в рельсовых нитях пути. Неравенство тягового тока возникает вследствие неодинакового продольного электрического сопротивления рельсовых нитей или неравенства переходных сопротивлений рельсовых нитей относительно земли.

Гармоники тягового тока могут оказывать влияние на работу путевого реле только в случае неравенства тяговых токов в рельсовых нитях. Это называется асимметрией тягового тока. При неравенстве тяговых токов в рельсовых нитях в дополнительной обмотке ДТ появляется напряжение помехи, пропорциональное разности токов в рельсах. Допуски асимметрии в рельсовых цепях при электрической тяге составляет 10%-12%.

Причины асимметрии тягового тока:

- неодинаковое сопротивление рельсовых нитей из-за неисправности стыковых соединителей;
- утечка тягового тока из рельсовых цепей через опоры контактной сети;
- неисправность перемычек ДТ.

Виды асимметрии

Поперечная асимметрия или асимметрия по изоляции является следствием присоединения к одной из тяговых нитей заземлений контактных опор и других

² Курченко А. В. Теоретические основы построения и эксплуатации микропроцессорных и диагностических систем железнодорожной автоматики. Учебное пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2021.

металлических сооружений, в результате чего по этой тяговой нити протекает больший тяговый ток, чем по другой.

Продольная асимметрия или асимметрия по сопротивлению возникает чаще всего в результате отсутствия или нарушения целостности нескольких стыковых соединителей на одной из рельсовых нитей, засоренности балласта, отчего сопротивление этой нити возрастает и по ней протекает меньший тяговый ток, чем по другой нити.

Оба вида асимметрии при электротяге приводит к искажению импульсов АЛСН, а при значительной разнице токов также и к повреждению аппаратуры рельсовой цепи.

В кодовых рельсовых цепях переменного тока частотой 25Гц на релейном конце ДТ-0,2 заменяется на ДТ-0,6, т.к. у ДТ-0,2 низкое сопротивление току 25Гц.

Тональные рельсовые цепи

Применение тональных рельсовых цепей позволяет отказаться от применения наиболее ненадежных элементов рельсовой цепи – изолирующих стыков, сократить число отказов автоблокировки, а также сократить количество ДТ, но при этом увеличивается количество аппаратуры рельсовой цепи и бутлежных перемычек.

Достоинства тональных рельсовых цепей:

- возможность выноса аппаратуры с перегона на прилегающую станцию;
- сокращение потребляемой мощности;
- укладка цельносварного пути от станции до станции;
- более высокая защищенность данного типа рельсовых цепей от воздействия помех тягового тока;
- надежная работа при пониженном сопротивлении балласта;
- возможность исключения в ТРЦ малонадежных в эксплуатации изолирующих стыков;
- применение ТРЦ при любом виде тяги поездов.

В основу построения тональных рельсовых цепей ТРЦ положена бесстыковая рельсовая цепь, не имеющая изолирующих стыков на питающем и релейном концах.

Структурная схема смежных тональных рельсовых цепей

Вдоль рельсовой линии тональных РЦ размещены питающие и релейные концы, в которой от одного источника сигнального тока (генератора) осуществляется питание двух смежных ТРЦ. В соответствии с таким построением осуществляется чередование питающих и релейных концов.

Сигнальный ток представляет собой амплитудно-модулированный сигнал. Он обеспечивает надежную защиту приемных устройств (путевых приемников) от воздействия гармонических и импульсных помех тягового тока и других источников.

В качестве несущей частоте используются частоты: 420, 480, 580, 720, и 780 Гц, а также 4,5; 5,0; 5,5кГц. В качестве модуляции используется частоты 8гц или 12Гц. Каждой несущей частоте в диапазоне 420- 780 Гц присвоено кодовое число 8, 9, 11,14, 15.

Чередованием на питающих концах ТРЦ вдоль перегона несущих частот и частот модуляции обеспечивается надежная защита приемных устройств от влияния токов смежных ТРЦ (420/8, 480/12, 580/8, 720/12, 780/8).

Рельсовые цепи с несущей частотой 420, 480,580, 720, 780 Гц получили индекс ТРЦ3, а рельсовые цепи с несущей частотой 4,5 -5,5 кГц – ТРЦ4.

Одной из основных особенностей ТРЦ, как бесстыковой рельсовой цепью, является то, что ее шунтирование и смена кодового сигнала АЛС наступает не с момента вступления на ее поезда, а при приближении его крельсовой цепи на некоторое расстояние. Это расстояние называется зоной дополнительного шунтирования.

Расстояние от точки подключения аппаратуры к рельсовой линии до места нахождения колесной пары, вызывающей обесточивание путевого реле, называется зоной дополнительного шунтирования $L_{ш}$.

Длина зоны дополнительного шунтирования зависит $L_{ш}$:

- от частоты сигнального тока;
- сопротивления изоляции балласта;

– длины рельсовой цепи (составляет примерно 10% от длины самой рельсовой цепи).

Для исключения перекрытия сигнала, когда поезд попадает в зону дополнительного шунтирования, светофор устанавливают на 20 метров от точки подключения аппаратуры навстречу движения

В состав основной аппаратуры тональных рельсовых цепей ТРЦЗ входят:

- путевой генератор ГПЗ;
- путевой фильтр ФПМ;
- путевой приемник ПП1.

Путевой генератор ГПЗ предназначен для формирования и усиления амплитудно-модулированного сигнала для работы ТРЦЗ

Путевой фильтр ФПМ обеспечивает защиту выходных цепей генератора ГПЗ от влияния токов локомотивной сигнализации, тягового тока и атмосферных помех формирует требуемое по условиям работы ТРЦ обратное входное сопротивление питающего конца.

Путевой приемник ПП1 предназначен для приема и дешифрации сигналов ТРЦ, поступающих из рельсовой цепи и формирования выходного напряжения на путевом реле.

Блок сопряжения БВС-4Л предназначен для обеспечения сопряжения реле типа АНШ2-1230 с выходным усилителем путевых приемников типа ПП или ПРЦ4Л. Блок выпрямителей сопряжения БВС-4Л обеспечивает сопряжение между четырьмя путевыми приемниками и четырьмя путевыми реле.

Аппаратура ТРЦ, расположенная на посту ЭЦ или в релейном шкафу, соединяется с рельсовой линией через путевой ящик, в котором установлены разрядники, выравниватели, путевой трансформатор, резисторы, автоматические выключатели.

Список использованной литературы

1. Войнов С.А. Построение и эксплуатация станционных, перегонных, микропроцессорных и диагностических систем железнодорожной автоматики. Учебное пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019. – 108 с.

2. Курченко А.В. Теоретические основы построения и эксплуатации микропроцессорных и диагностических систем железнодорожной автоматики. Учебное пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2021. –176 с.