

# Защита приемника рельсовых цепей от помех с помощью импульсно-фазового анализатора

А. М. КОСТРОМИНОВ, доктор техн. наук, профессор кафедры «Электрическая связь»,

Д. Х. РЫХСИЕВ, аспирант, Петербургский государственный университет путей сообщения (ПГУПС)



**Проблема защиты рельсовых цепей от помех обретает особую актуальность в связи с повышением риска возникновения опасных отказов, которые становятся причиной аварий на железнодорожном транспорте. Авторы предлагают импульсно-фазовый метод повышения помехоустойчивости путевого приемника, позволяющий повысить безопасность движение поездов.**

Рельсовые цепи (РЦ) в системах железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) являются датчиками информации о том, где находится подвижной состав в пределах станции или перегонов. РЦ являются важнейшими элементами СЖАТ, поскольку играют определяющую роль в обеспечении безопасности движения поездов.

РЦ позволяют автоматически и надежно связать показания сигнализатора, управляющего движением поездов, с занятостью защищаемого им участка пути. В некоторых случаях РЦ используются для непрерывной передачи информации о состоянии устройств сигнализации (АЛС) непосредственно на локомотив, находящийся на данном участке, и способствуют повышению безопасности движения в неблагоприятных погодных условиях и темное время суток. Кроме того, РЦ обеспечивают оперативное управление железнодорожным движением и наблюдение над ним на станциях и перегонах благодаря использованию непрерывно получаемой информации о состоянии каждого блок-участка, что дает возможность осуществлять контроль над следованием поездов, не прибегая к визуальному наблюдению.

## Актуальность проблемы

В целях повышения комфортабельности пассажирских перевозок и приведения их к уровню мировых стандартов 15 января 2004 г. ОАО «Узжелездорпасс» организовало маршрут скоростного пассажирского поезда

повышенной комфортности [2]. Спустя некоторое время Государственно-акционерная железнодорожная компания (ГАЖК) «Узбекистон темир йуллари» открыла регулярное движение экспресс-поезда Shark (в пер. с узб. «Восток») по маршруту Ташкент — Бухара. Таким образом, был сделан очередной шаг по реализации решения правления ГАЖК о пуске скоростных поездов по самым востребованным направлениям в республике [3]. Скорость этих поездов составляет 160–200 км/ч. С 26 августа 2011 г. высокоскоростной электропоезд Afrosiyob (PATENTES TALGO, S.L., Испания) выполнил свой первый рейс по направлению Ташкент — Самарканд. Максимальная скорость поезда составляет 250 км/ч, расстояние от Ташкента до Самарканда — 344 км — поезд будет покрывать за 2 часа [4]. С внедрением высокоскоростных поездов растет актуальность вопросов, связанных с безопасностью.

21 ноября 2010 г. в 00:25 по московскому времени на севере Москвы в районе станции Ховрино с рельсов сошли два хвостовых вагона электропоезда. Причиной аварии стал перевод стрелки под движущимся составом. По данным комиссии Ространснадзора, несанкционированный перевод стрелки произошел в результате «попадания постороннего напряжения в рельсовую цепь из-за повреждения силового кабеля» [5].

В настоящее время условия функционирования РЦ становятся менее благоприятными. Острота проблемы воз-

растает в связи с загрязнением балласта, изменением состояния изолирующих стыков, рельсовых соединителей, замыканием накоротко различными элементами, влиянием одной РЦ на другую при повреждении изоляции между ними, а также воздействием на РЦ блуждающих токов промышленных зон.

Таким образом, требуется постоянное улучшение надежности и безопасности работы РЦ. О влиянии некоторых источников помех было известно с момента применения РЦ. На сегодняшний день разработаны и применяются соответствующие методы и средства защиты; наиболее известными из них являются фазовые принципы защиты с применением противоположных фаз смежных РЦ.

## Импульсно-фазовый анализатор

Относительно построения путевого приемника на электронной элементной базе, обладающего фазовой селективностью, существует множество предложений [6; 7 и др.]. Основная причина, по которой эти предложения не получили практического применения, заключается в том, что в них были совмещены функции фазового анализа и анализа мощности сигнала, причем анализатор фазы выполнялся сравнительно легко во множестве вариантов, а анализатор мощности, от которого непосредственно зависит безопасность движения, не мог успешно конкурировать с существующими приемниками.

Будем считать, что импульсная рельсовая цепь удовлетворяет потребностям проектирования СЖАТ по критерию максимальной длины. Допустим также, что имеется импульсный пороговый анализатор мощности сигнала, достаточно простой и надежный. Это допущение основано на положительном опыте эксплуатации реле ИВГ с жидкометаллическим контактом, име-

ющим ресурс более 10 лет непрерывной работы в импульсном режиме. В кодовых рельсовых цепях с использованием реле ИВГ обеспечивается пороговый анализ мощности импульсных сигналов.

Таким образом, используя в качестве порогового анализатора автономное устройство, хорошо зарекомендовавшее себя в эксплуатации (либо любое другое, эквивалентное по свойствам), и фазовый анализатор электронного типа, который характеризуется: а) минимальным потреблением энергии по входу; б) заданным углом фазовой прозрачности (УФП); в) импульсным выходом (например, на базе ИВГ), мы получим в комплексе импульсно-фазовый анализатор (рис. 1). Чтобы от импульсного выходного сигнала перейти к непрерывному, выберем дешифратор импульсов, описанный в работе [8].

Сигнал  $u_c = U_c \sin \omega t$  поступает от рельсовой линии на импульсный анализатор мощности (ИАМ), который его регистрирует. Через фронтонный контакт ИАМ сигнал  $u_c$  затем подается на вход анализатора фазы АФ. Последний сравнивает его с опорным сигналом  $u_0 = U_0 \sin \omega t$  и, если результат сравнения положительный (сигнал  $u_c$  находится в области УФП), на выходе фазового анализатора включается импульсное фазовое реле ИФ. Таким образом, имеет место синхронная (в определенных допустимых пределах) и синфазная динамическая работа пары реле ИАМ и ИФ. Импульсный дешифратор, или правильнее динамический конъюнктор ДК, обеспечивает статический сигнал на выходе реле П в результате динамической работы импульсных реле. ДК не только выполняет преобразование, но и контролирует исправность анализаторов мощности и фазы.

Фазовый анализатор ФА (рис. 2а) предлагается делать на основе двух транзисторов VT1 и VT2 с различной проводимостью, базовые и эмиттерные цепи которых объединены и совместно с включенным в базовые цепи резистором R1 образуют вход ФА. Коллекторные цепи транзисторов объединены через диоды VD1 и VD2, назначение которых — обеспечить надежную работу VT1 и VT2 при знакопеременном напряжении опорного источника питания. В объединенную коллекторную цепь транзисторов включено реле ИФ с усредняющими и пороговыми свойствами, имеющее встроенный двухполупериодный выпрямитель. В любой момент транзисторы сравнивают

$u_c$ , приложенные к базам, и  $u_0$ , приложенные к коллекторам. Если напряжения совпадают, один из транзисторов открыт и пропускает ток к реле ИФ. При смене полярностей открывается другой транзистор. При несовпадении напряжений (фаз) транзисторы постоянно закрыты. Следовательно, в случае приема сфазированного входного сигнала реле ИФ включено на время его действия.

Динамический конъюнктор представляет собой мостовую схему (рис. 2б), в диагональ которой включены обмотки двух электромагнитных реле П1 и П2. Другие две обмотки этих реле подключены к источнику питания постоянного тока. Особенностью реле ПЛЗМ, на основе которых выполнены реле П1 и П2, является свойство притягивать якорь только в том случае, когда ток протекает в обеих обмотках и магнитные потоки от этих токов совпадают по направлению. У реле есть медные короткозамкнутые гильзы, которые обеспечивают замедление на отпускание якоря примерно 0,4 с. При необходимости это замедление можно увеличить, подключая конденсаторы параллельно обмоткам, включенным в диагональ. Диоды VD3 и VD4 обеспечивают поочередное подключение питания к обмоткам П1, П2 в зависимости от полярности напряжения в диагонали моста.

Принцип работы схемы ДК заключен в поочередной, регламентированной по времени замедлением реле П1, П2 на отпускание якоря смене напряжения в диагонали моста. Смена полярности напряжения обеспечивается синхронной и синфазной работой ИАМ и ИФ (реализуется логическая операция и в динамическом виде). Если конъюнкция работы реле ИАМ и ИФ нарушится (допустим, вместо сигнала поступила помеха из соседней РЦ, фаза которой противоположна фазе опорного сигнала  $u_0$ , тогда реле ИАМ продолжает импульсно работать, а реле ИФ останется в выключенном состоянии), поляр-

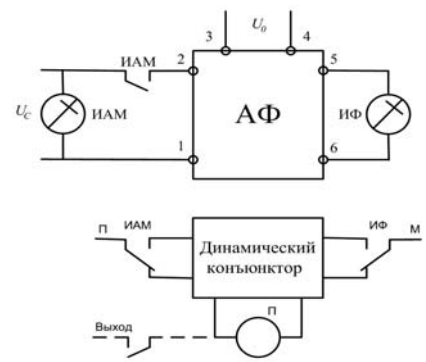


Рис. 1. Импульсно-фазовый анализатор

ность в диагонали моста не меняется, и одно из реле П1, П2 не получает питания, а следовательно, не включается

Конъюнктивное соединение контактов обоих реле исключает сигнал в выходной цепи. Поскольку реле ПЛЗМ являются реле I класса надежности, для создания выходных цепей можно пользоваться полным набором конъюнктивных соединений их контактов. Возможно также в одну из таких цепей включить повторитель П (рис. 1). Реле П — выходной элемент импульсно-фазового приемника.

В схеме ДК есть вспомогательные элементы, улучшающие ее работу. Резистор R3 ограничивает ток, потребляемый от источника в случае возникновения «мостящих» контактов у реле ИАМ и ИФ (тогда контактами образуется короткое замыкание). Контакт П1 в цепи обмотки реле П2 обеспечивает выключение обоих реле, если  $u_c = 0$ .

### Фазочастотный фильтр

Блок контроля фаз (БКФ) в процессе лабораторных и заводских эксплуатационных испытаний получил более широкие помехозащитные свойства. В частности, БКФ не только селектирует фазовый сдвиг между  $u_c$  и  $u_0$ , но и является эффективным полосовым фильтром при соблюдении ряда условий. Испытания БКФ показали, что эмпирически оценить границы его свойств сложно. Таким образом, возникла необходимость в формализа-

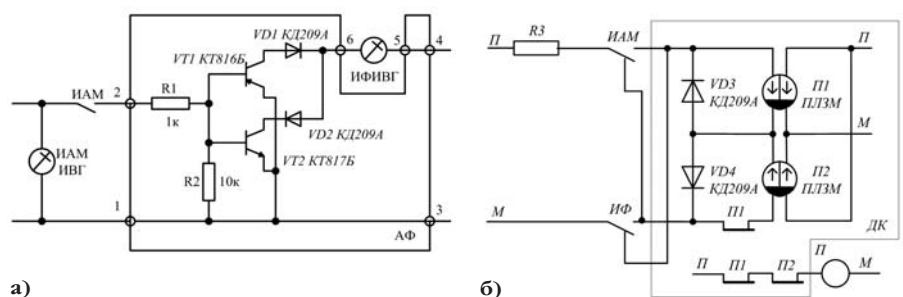


Рис. 2. а) фазовый анализатор; б) динамический конъюнктор

ции технического предложения БКФ и разработке теоретических основ расчета его свойств как фазочастотного фильтра.

Если признаком разделения является полоса частот, то устройства, осуществляющие частотное разделение, называют частотными фильтрами. Очевидно, что фильтром можно назвать устройство, признаком разделения в котором является фаза электрического сигнала. Следовательно, устройство БКФ может быть названо фазочастотным фильтром (ФЧФ), имеющим заданные угловой сектор фазы и полосу частот прозрачности.

На сети дорог, независимо от вида тяги, проектирование РЦ ведется на частоте 25 Гц. Подавляющее большинство помех действует на частоте 50 Гц или кратной ей (в случае отказа фильтров на тяговых подстанциях при электрической тяге постоянного тока). Значит, имея пороговый элемент в цепи ФЧФ с пренебрежимо малой дисперсией и выбрав уровень порога (либо, что то же самое, выбрав опорное напряжение по заданному уровню порогового элемента), можно гаранти-

ровать защиту путевого приемника от ложного приема такой помехи. Особо актуальным такое решение является при кодировании информации АЛС частотой 50 Гц на участках с электрической тягой постоянного тока и импульсными РЦ частотой 25 Гц. В импульсно-фазовых РЦ частотой 25 Гц доказанное свойство является средством обеспечения безопасности движения поездов.

\*\*\*

Случай в районе станции Ховрино показал, что существующие методы защиты не вполне обеспечивают достаточную безопасность движения подвижного состава. Учитывая, что в Узбекистане примерно 90% станционных РЦ оборудованы реле ДСШ и ДСР, можно прогнозировать вероятность такого же опасного сбоя.

Импульсно-кодовые рельсовые цепи хорошо защищены от непрерывных помех, однако имеют неудовлетворительную защиту от смежной РЦ. Очевидно, что для класса импульсных РЦ наилучшим методом является фазовый метод защиты путевого приемника от

помех со стороны соседней РЦ. Реализация этого метода невозможна на базе индукционного реле типа ДСШ. Следовательно, существует необходимость в разработке основных положений по реализации импульсно-фазового признака сигнала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриев В. С., Серганов И. Г. Основы железнодорожной автоматики и телемеханики. — М.: Транспорт, 1988. — С. 182–189.
2. [http://www.uzrailway.uz/rus\\_p\\_2\\_p\\_5.html](http://www.uzrailway.uz/rus_p_2_p_5.html)
3. [http://www.uzrailway.uz/rus\\_p\\_2\\_p\\_6.html](http://www.uzrailway.uz/rus_p_2_p_6.html)
4. <http://news.olam.uz/economica/4380.html>
5. <http://www.rian.ru/incidents/20101123/299988117.html>
6. Переборов А. С., Сироткин В. И., Лисовский М. П., Абросимов А. В. Фазочувствительный приемник для рельсовой цепи // А. с. 992293, В 61 L 23/16. Опубл. 30.01.83. Бюлл. № 4.
7. Абросимов А. В., Беляев Н. М., Лисовский М. П., Сироткин В. И. Путевой приемник для рельсовой цепи // А. с. 796033, В 61 L 23/16. Опубл. 15.01.81. Бюлл. № 2.
8. Иванов А. А., Костроминов А. М., Молодцов В. П., Сироткин В. И., Сусоев В. Н. Дешифратор для рельсовых цепей // А. с. 1143635, В 61 L 23/16. Опубл. 07.03.85. Бюлл. № 9.

При поддержке:



VI Международная выставка современной продукции, новых технологий и услуг железнодорожного транспорта

exporail2012

31 октября – 2 ноября

ЦВК "ЭКСПОЦЕНТР", Москва

Организатор:

**РЕСТЭК БРУКС**

Тел.: (812) 320-80-94  
E-mail: exporail@restec.ru  
www.exporail.ru

В деловой программе выставки Транспортный конгресс и Дискуссионный клуб

[www.exporail.ru](http://www.exporail.ru)

Генеральный информационный партнер:

