

УДК 004.896+656:25

Д. В. Седых**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТОПОЛОГИЙ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ
В ОТРАСЛЕВОМ ФОРМАТЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ
НА УСТРОЙСТВА СЦБ**

Дата поступления: 26.07.2016

Решение о публикации: 06.09.2016

Цель: Исследовать возможность представления и описания конфигураций рельсовых цепей для проектирования и ведения технической документации в отраслевом формате технической документации. **Методы:** Используются методы теории графов. **Результаты:** Разработан формат описания рельсовых цепей, достаточных для решения задач хозяйства СЦБ. Формат описания рельсовых цепей утвержден в качестве отраслевого в ОАО «РЖД» и в настоящее время активно используется как в системе ведения технической документации, так и в задачах смежных систем. Модуль формирования описания действует полностью автоматически и сохраняет данные в утвержденном формате. Разработан способ идентификации одинаковых рельсовых цепей независимо от того, как их нарисовал проектировщик на схеме станции. Данный способ реализован в виде алгоритма и программы, которая автоматически формирует марку топологии рельсовой цепи по двухниточному плану. Приведены результаты идентификации топологий рельсовых цепей для реальной станции. **Практическая значимость:** Использование предложенного метода представлений топологий рельсовых цепей позволяет упростить разработку модулей сверки технической документации.

Проектирование, напольное технологическое оборудование, АРМ-ВТД, экспертиза технической документации, рельсовые цепи, отраслевой формат, техническая документация.

Dmitriy V. Sedykh, engineer, sedyhdmitriy@gmail.com (Petersburg State Transport University)
IDENTIFICATION OF TOPOLOGIES OF RAIL TRACK CIRCUITS IN INDUSTRY-SPECIFIC
FORMAT OF ENGINEERING DOCUMENTATION FOR SIGNALLING ARRANGEMENTS

Objective: To study possibilities for presenting and describing configurations of rail track circuits for designing and keeping engineering documentation in industry-specific format of engineering documentation. **Methods:** Graph theory methods were applied. **Results:** A format for describing rail track circuits was developed, sufficient for the purposes of signalling infrastructure. A format for describing rail track circuits was approved by Russian Railways JSC as industry-specific and is regularly used at present both in the system for keeping engineering documentation and in the tasks of related systems. A module for forming a description operates fully autonomously and saves the data in approved format. A method for identification of similar rail circuits was developed, independent from how a designer drew them on a station scheme. The method was realised as an algorithm and a program which automatically forms rail track circuit topology mark on double-rail track circuit. Results of identification of rail track circuits' topologies are provided for a real-life station. **Practical importance:** Application of the proposed method of presenting rail track circuits' topologies allows for simplification of development of modules for comparative check of engineering documentation.

Designing, floor-standing processing equipment, automated workstation for keeping technical documents (ARM-VTD), examination of engineering documentation, rail track circuits, industry-specific format, engineering documentation.

В области железнодорожной автоматики и телемеханики активно развиваются системы автоматизированного проектирования и электронного документооборота [3–5, 7–9, 19]. Чтобы интегрировать различные системы и разработчиков, разработан отраслевой формат технической документации (ОФ-ТД).

ОФ-ТД способен представить всю необходимую документацию на технические устройства транспортной отрасли. ОФ-ТД содержит в себе не только информацию об изображении чертежа (в универсальном формате векторной графики – Scalable Vector Graphics (SVG)), но и модель изображенного на ней элемента или схемы. При этом приложение может извлекать необходимую информацию по требованию (только графику, или только модель, или и то, и другое). Также чертеж в ОФ-ТД может быть прочитан не только специализированным приложением, но и обычным браузером.

В настоящее время в ОАО «РЖД» ОФ-ТД уже используется для обмена информацией между автоматизированными системами, а также для обмена данными с системами автоматизированного проектирования

Один из чертежей напольного технологического оборудования – двухниточный план станции и перегона (рис. 1) [18]. Формат данных для этого чертежа является самым сложным среди чертежей напольного оборудования, так как он насыщен графически, кроме того, он должен содержать в себе описание дополнительных параметров оборудования, не отображаемых на чертеже, структур данных и связей.

Двухниточный план станции является следующим шагом при проектировании напольного технологического оборудования: на схематическом плане станции есть только понятие «секция», а на двухниточном возникает понятие «рельсовая цепь». К описанию

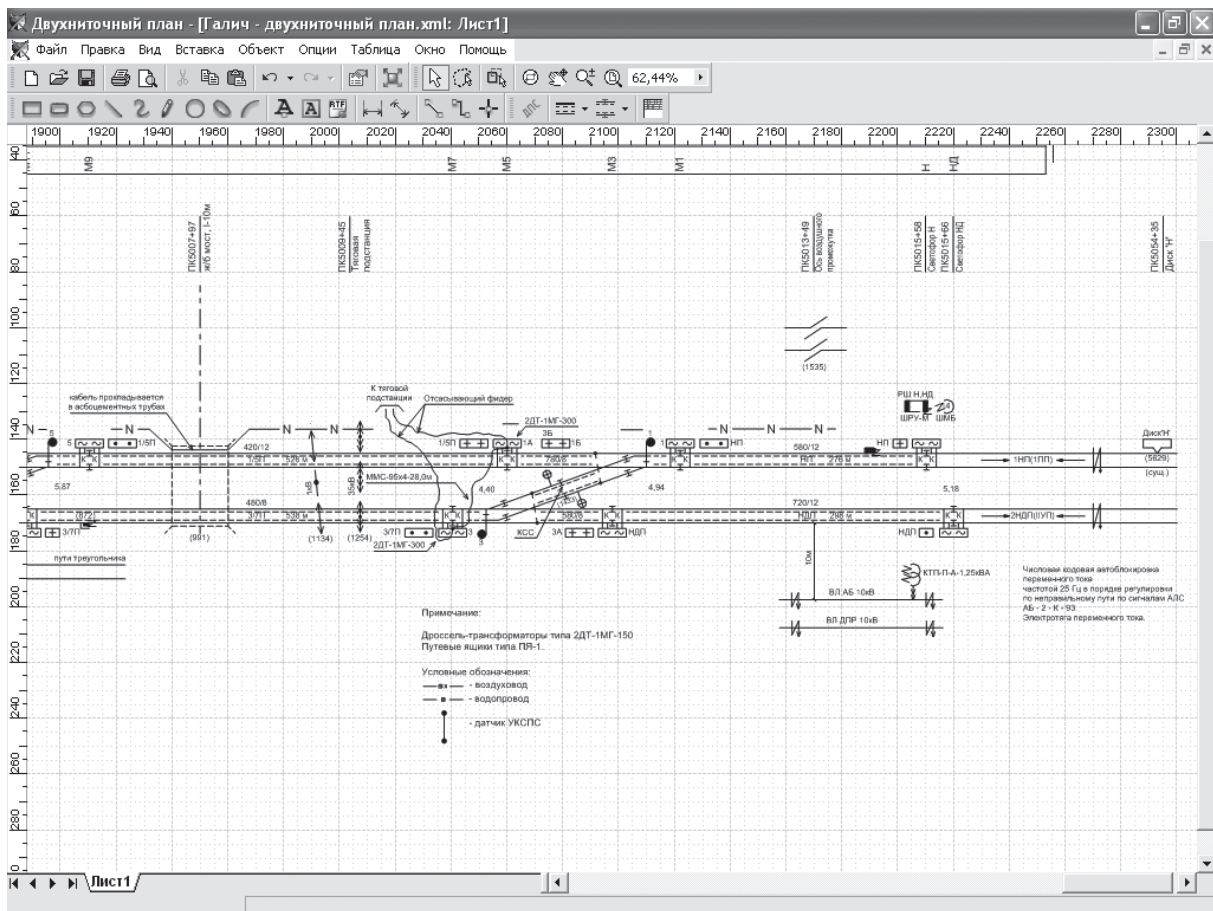


Рис. 1. Двухниточный план станции

схематического плана добавляется информация об оборудовании рельсовых цепей и месте его установки, о канализации обратного тягового тока, местах установки дроссель-трансформаторов и их точках подключения, о полярности или частотах разграничения рельсовых цепей [6, 10, 11, 17]. Можно сказать, что на схематическом плане есть только топология будущей рельсовой цепи – секция, а на двухниточном понятие секции оснащается всем необходимым оборудованием и появляется рельсовая цепь. Выделение понятия рельсовой цепи в отдельную структуру необходимо, так как оно используется в дальнейшем как для автоматизации выполнения самого двухниточного плана, так и для проектирования постовой части устройств СЦБ. Также понятие рельсовой цепи применимо для автоматизированной экспертизы технической документации, что будет показано ниже.

Формат описания рельсовых цепей

Описание рельсовой цепи как обособленного объекта необходимо для многих задач. В результате возникла потребность разработать формат описания и модуль для автоматического формирования описания рельсовой цепи по двухниточному плану станции.

В отраслевом формате технической документации на устройства СЦБ (ОФ-ТД СЦБ) описание рельсовой цепи вошло как отдельная составляющая описания формата двухниточных планов станций [1, 19]. Как и остальные сущности, описание включает в себя элементы и атрибуты.

Атрибуты описания рельсовой цепи (рис. 2) можно разделить на несколько групп:

- графические – для описания изображения рельсовой цепи на чертеже;
- параметры – для описания характеристик рельсовой цепи и ее составляющих;
- флаги – обозначают наличие определенных свойств у рельсовой цепи. Иногда могут дублировать другие описания параметров, но в одной комплексной оценке.

В зависимости от характеристик конкретной рельсовой цепи, для которой строится описание, атрибуты могут быть внесены в описание, а могут и нет. Правила формирования всех атрибутов описаны в соответствующей документации на ОФ-ТД.

Кроме атрибутов описание рельсовой цепи должно содержать основную информацию и ссылки на входящие в нее элементы и сущности (рис. 3). Элементы чертежа, входящие в рельсовую цепь:

- участок пути;
- стрелочный перевод;
- изолирующей стык;
- ссылки на другие сущности и элементы.

Ссылки на другие сущности необходимы для хранения данных в рельсовой цепи для решения специфичных задач. Например, ссылка на переезд или пешеходную дорожку, пересекающие данную рельсовую цепь. Данная информация необходима для модулей расчета сигнализации извещения.

Отдельной сущностью является «Конец рельсовой цепи». Конец – это отдельная структура, описывающая оборудование и характеристики границы рельсовой цепи (рис. 4). Кроме того, у каждой границы рельсовой цепи есть свой список входящих в него элементов (рис. 5) со своими характеристиками:

- изолирующий стык;
- дроссель-трансформатор;
- путевой ящик.

Описание рельсовой цепи, полученное автоматически, записывается в отраслевой формат, основой которого является формат XML. Пример описания рельсовой цепи в отраслевом формате представлен на рис. 6.

Топология рельсовой цепи

Одна из важных проблем в описании рельсовой цепи – идентификация топологии, так как одна и та же топология на двухниточном плане может быть представлена по-разному, являясь по сути одним и тем же (рис. 7, 8). Идентификация топологии необходима для

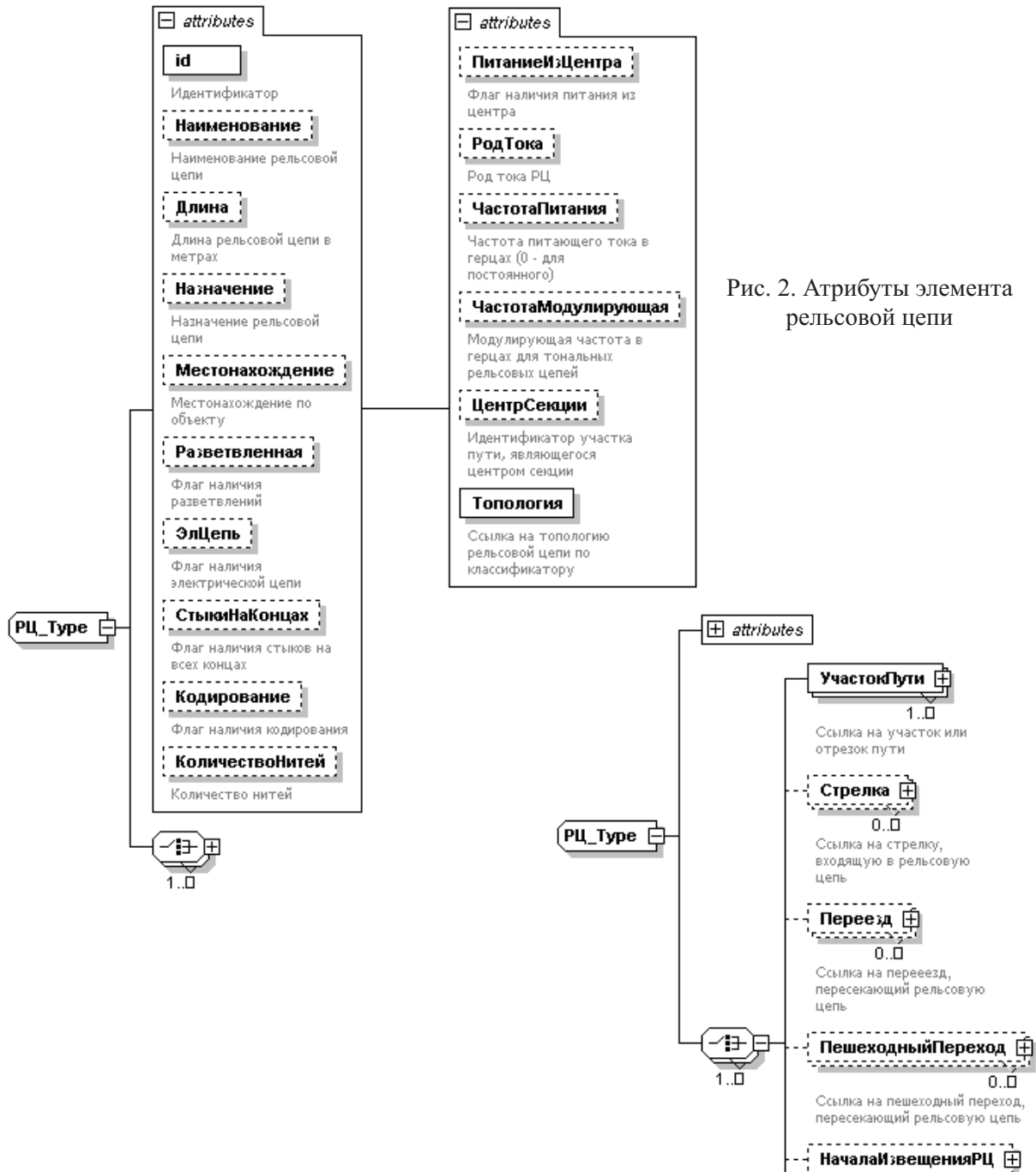


Рис. 2. Атрибуты элемента рельсовой цепи

Рис. 3. Элементы рельсовой цепи

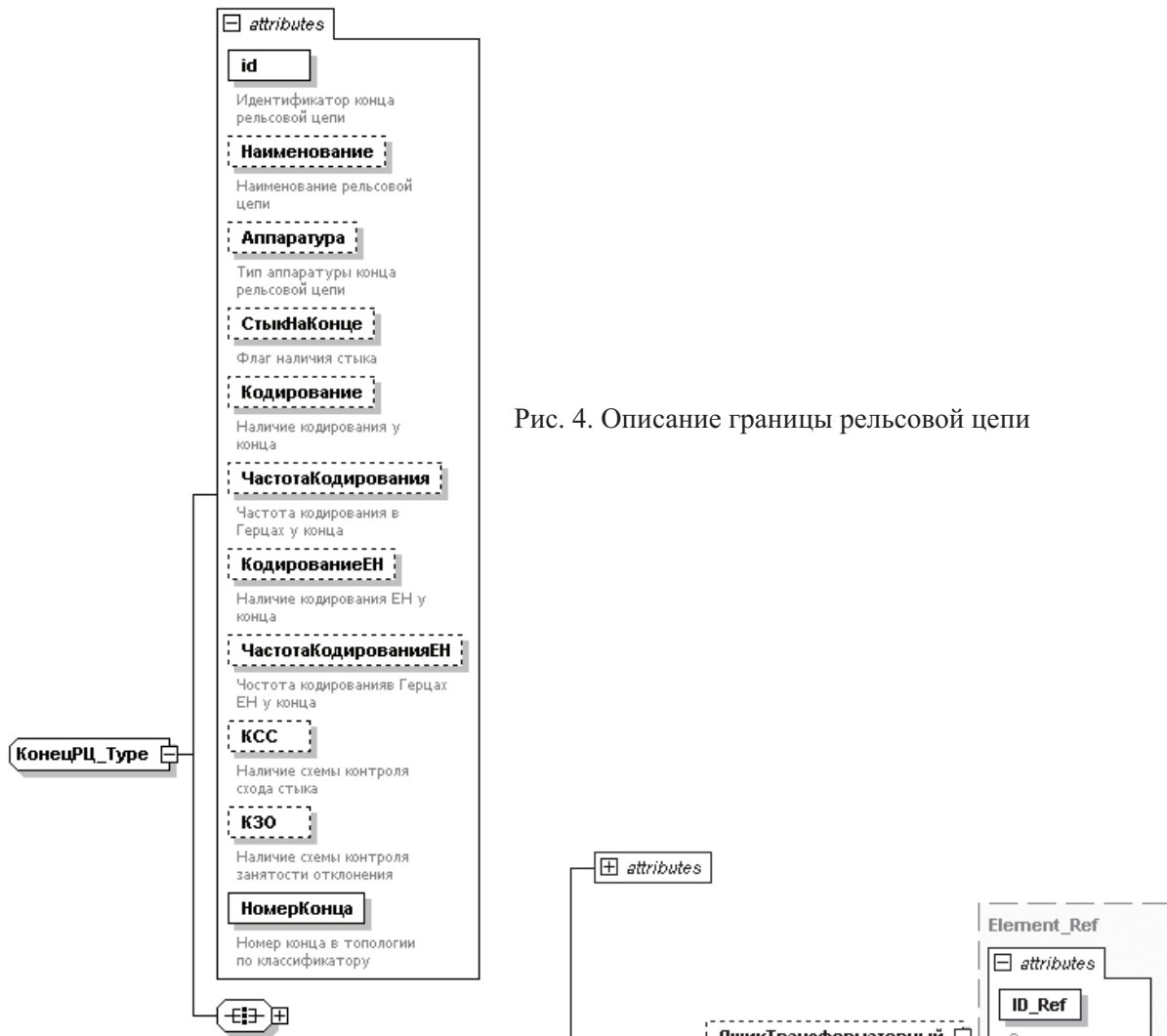
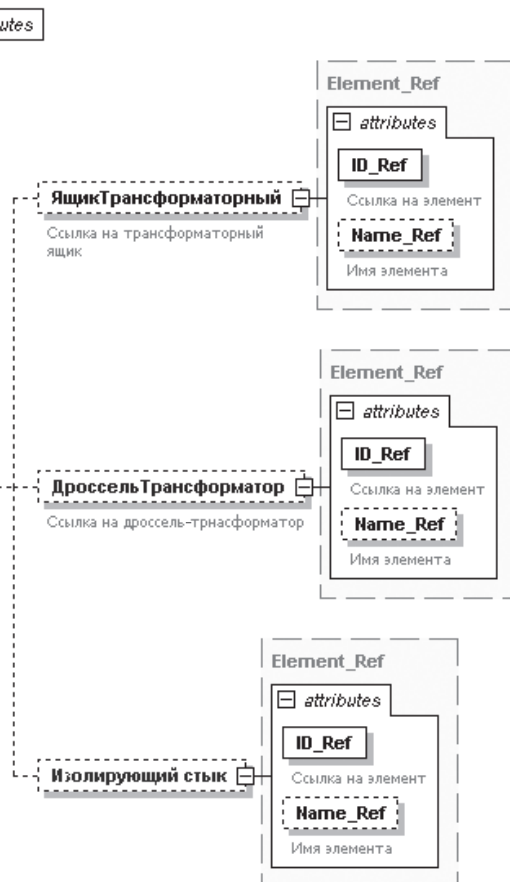


Рис. 4. Описание границы рельсовой цепи

Рис. 5. Элементы границы рельсовой цепи



```

<?xml version="1.0" encoding="windows-1251" ?>
- <RC id="1801" Наименование="БСП" Длина="125" Назначение="Стрелочная секция"
  Местонахождение="Станция" Разветвленная="Да" ЭлЦель="Да" СтыкиНаКонцах="Да" Кодирование="Нет"
  КоличествоНитей="Две" ПитаниеИзЦентра="Нет" РодТока="Нет" ЧастотаМодулирующая="" ЧастотаПитания=""
  ЦентрСекции="240" Топология="К1КК">
  <УчастокПути ID_Ref="240" />
  <Стрелка ID_Ref="95" />
  <УчастокПути ID_Ref="239" />
  <УчастокПути ID_Ref="270" />
- <КонецРЦ id="1798" Наименование="6" Аппаратура="Питающая" Кодирование="Нет"
  ЧастотаКодирования="0" КодированиеЕН="Нет" КСС="Нет" КЗО="Нет" СтыкНаКонце="Да" НомерКонца="1">
  <Изолирующий_Стык ID_Ref="94" />
  <УчастокПути ID_Ref="240" />
  <Ящик_трансформаторный ID_Ref="348" />
</КонецРЦ>
- <КонецРЦ id="1799" Наименование="6А" Аппаратура="Релейная" Кодирование="Нет"
  ЧастотаКодирования="0" КодированиеЕН="Нет" КСС="Нет" КЗО="Нет" СтыкНаКонце="Да" НомерКонца="2">
  <Изолирующий_Стык ID_Ref="96" />
  <УчастокПути ID_Ref="239" />
  <Ящик_трансформаторный ID_Ref="347" />
</КонецРЦ>
- <КонецРЦ id="1800" Наименование="6Б" Аппаратура="Релейная" Кодирование="Нет"
  ЧастотаКодирования="0" КодированиеЕН="Нет" КСС="Нет" КЗО="Нет" СтыкНаКонце="Да" НомерКонца="3">
  <Изолирующий_Стык ID_Ref="107" />
  <УчастокПути ID_Ref="270" />
  <Ящик_трансформаторный ID_Ref="350" />
</КонецРЦ>
</RC>

```

Рис. 6. Формат описания рельсовой цепи

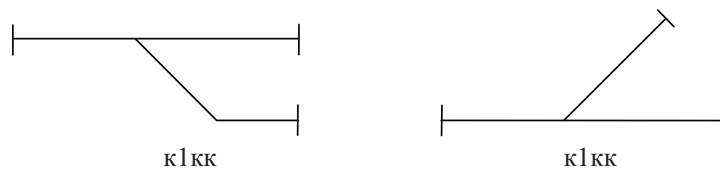


Рис. 7. Схематичные варианты топологии рельсовой цепи одной марки

многих задач, например, для модулей автоматического расчета параметров рельсовых цепей, задач АСУ-Ш2, экспертизы технических решений, расчета параметров рельсовых цепей и др.

Предложенный формат рельсовых цепей содержит все данные, которые необходимы для идентификации топологии рельсовой цепи. В нем предусмотрен отдельный параметр, который содержит идентификатор топологии рельсовой цепи (марку топологии). Для доказательства возможности автоматического построения классификатора топологий и их идентификаторов (марок) разработан автоматический модуль синтеза идентификатора топологии по описанию рельсовой цепи. Модуль позволяет автоматически определить марку рельсовой цепи, которая будет одинаковой для идентичных топологий (рис. 9).

Так что же представляет собой марка топологии рельсовой цепи? По сути марка – это текстовый идентификатор, который однозначно определяет топологию конкретной рельсовой цепи. Он не должен зависеть от способа рисования рельсовой цепи, от того, как она расположена на чертеже, как повернута и как отражена по разным осям. На марку топологии не должны влиять графические параметры элементов, а самое главное – количество и расположение участков путей между границами рельсовой цепи и стрелочными переводами.

Формирование марки топологии рельсовой цепи

Рассмотрим кодировку марки топологии. Марка топологии может содержать пять раз-

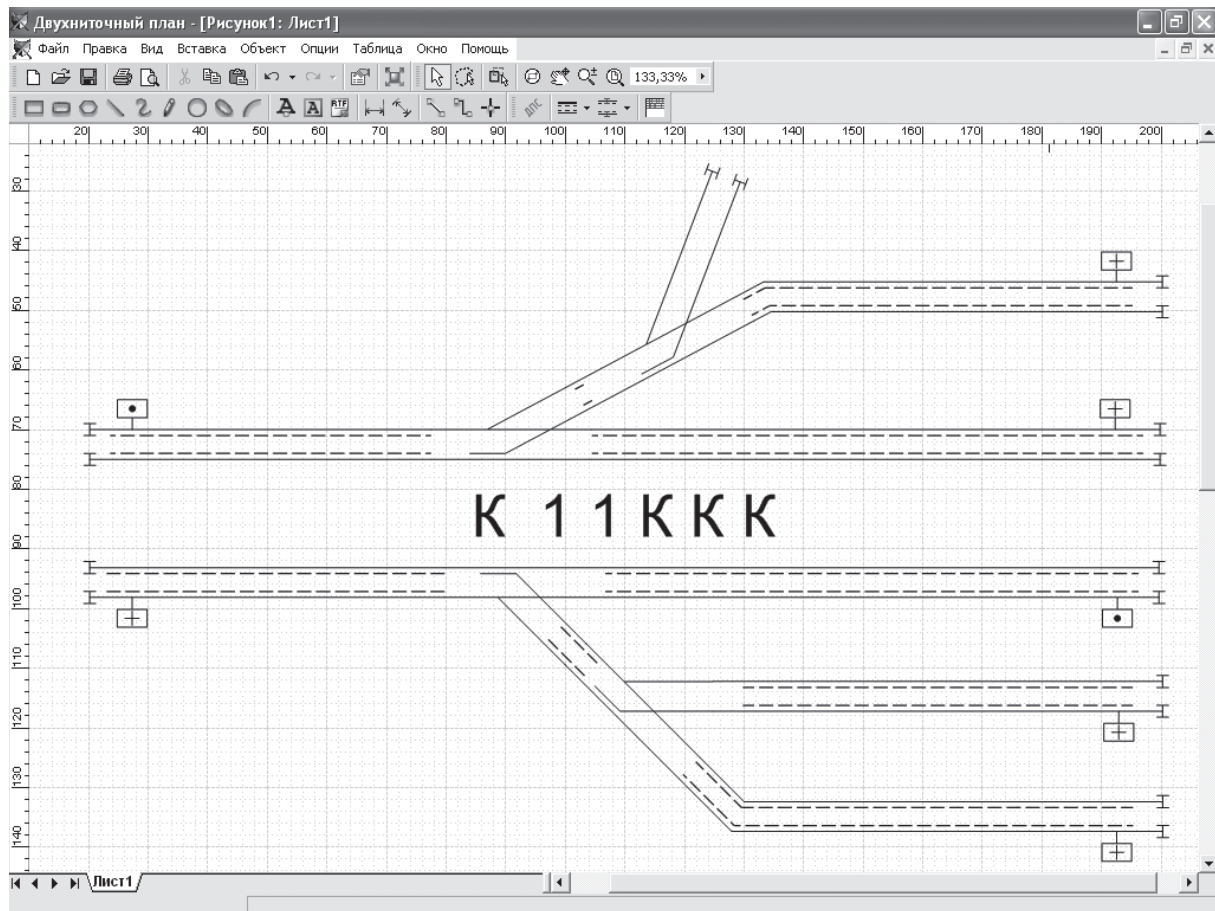


Рис. 8. Варианты топологии рельсовой цепи одной марки на двухниточном плане станции

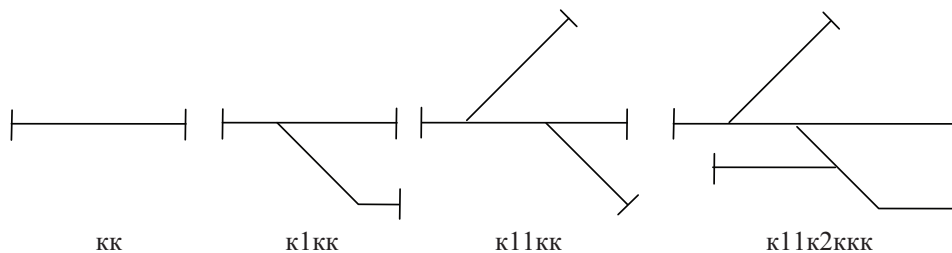


Рис. 9. Восстановление рисунка рельсовой цепи по марке

ных символов: «к», «1», «2», «3», «4». С точки зрения сущностей, входящих в определение топологии, их всего две: стрелка и граница рельсовой цепи для упрощения пути опускаются, так как не содержат смысловой нагрузки для данной задачи. Символ «к» означает границу рельсовой цепи (конец рельсовой цепи, поэтому «к»), символы с «1» до «4» – номер примыкания к стрелочному переводу. У обычного стрелочного перевода четыре

точки примыкания (направления заезда на стрелочный перевод):

- «1» – движение на стрелку в пошерстном направлении;
- «2» – движение на стрелку в противощерстном направлении с примыкания без отклонения;
- «3» – движение на стрелку в противощерстном направлении с примыкания с отклонением;

«4» – данный вид движения возможен только для перекрестных стрелок.

Частные случаи стрелочных переводов только с двумя примыканиями – это сбрасывающие остряки, сбрасывающие стрелки, с точки зрения формата представления сюда же относятся сбрасывающие башмаки и противооткатные упоры. Порядок символов при построении марки определяется рекурсивным алгоритмом прохождения по рельсовой цепи от одного из концов во все остальные по связям элементов. При этом предполагается, что отклонения по стрелкам происходят последовательно: сначала в прямом направлении движения, а потом – по отклонению. При этом, как видно из примера, марка всегда начинается с символа «к», так как начинается с границы рельсовой цепи, и заканчивается символом «к», так как на одной из границ она всегда заканчивается. Также символы «к» могут быть в середине марки топологии – для тех границ, которые были пройдены по мере прохождения по всей рельсовой цепи.

Важный фактор: в зависимости от того, с какой границы мы начали строить марку топологии, сформированные марки будут разные. Так, для простой рельсовой цепи из одной стрелки могут быть получены следующие марки топологии: «к1кк», «к2кк», «к3кк». Все зависит от точки, с которой начался алгоритм. Необходимо определить способ выбора марки топологии, которая была бы однозначна для двух рельсовых цепей независимо от выбора начальной точки. Один из способов решения данной задачи – выбор начальной границы, которая является центром секции этой рельсовой цепи. Но данный подход ограничит однозначное определение марки топологии только для типовых рельсовых цепей и не позволит использовать марку топологии для идентификации более крупных структур. К тому же не все рельсовые цепи могут иметь центр секции, это довольно распространенное явление в случае организации перекрестного съезда в горловинах. Для решения данной проблемы в настоящий момент алгоритм формирует все возможные марки топологии рельсовой цепи,

после этого сформированный массив сортируется в алфавитном порядке и по увеличению количества символов. Выбирается первая марка топологии по списку. Данный способ позволяет выбрать самую короткую марку топологии и однозначно определить ее независимо от начальной точки старта алгоритма.

Марка несет также смысловую нагрузку: она содержит описание топологии рельсовой цепи, позволяющее восстановить ее по марке. Схемы, представленные на рис. 9, автоматически сформированы по заданным маркам рельсовых цепей и позволяют графически показать пользователю, какая именно рельсовая цепь представлена каждой маркой.

Все идентифицированные топологии рельсовых цепей сгруппированы по типам марок. Там, где можно формировать имя, оно автоматически получается из имен входящих в них стрелок. Если имена стрелок не обозначены на двухниточном плане, то рельсовая цепь обозначается «<без имени>». Такое может быть для путевого развития в маневровых районах и на подъездных путях.

Метод сверки схем напольного технологического оборудования с использованием рельсовых цепей

Актуальная задача при экспертизе технической документации – сверка технической документации [2]. Это важно для ряда чертежей, получаемых в результате сквозного проектирования друг из друга. Например, схематический план станции является первичной схемой при любом проектировании устройств СЦБ. На его основе строится двухниточный план станции и далее – схема канализации тягового тока. Все эти чертежи строятся на основе другого и содержат новые подмножества параметров и дополнительных элементов по сравнению с предыдущим чертежом. Все данные схемы (их основа) представляют собой связанные графы, где вершинами являются основные элементы топологического

развития, а ребрами – участки путей (рельсы). В общем случае задача сравнения таких схем сводится к идентификации вершин графа на соответствие и к сравнению графов между собой.

Использование описания рельсовых цепей в отраслевом формате с разработанной структурой позволило значительно упростить задачу сверки. Теперь схему можно представить графом меньшей размерности, где вершинами являются рельсовые цепи, а ребрами – связи между границами рельсовой цепи. Данное представление позволило не только использовать второй раз многие алгоритмы «как есть», но и сократить время работы алгоритма в несколько раз.

Заключение

Разработанный формат описания рельсовых цепей в настоящее время утвержден в качестве отраслевого формата в ОАО «РЖД». Модуль формирования описания рельсовых цепей внедрен во все продукты ООО «ИМСАТ» для работы с технической документацией напольного технологического оборудования. В настоящее время формат используется и как внутренний (для описания рельсовых цепей), и как внешний формат интеграции с другими информационными системами.

Разработка системы экспертизы показала, что применение данного формата и описаний рельсовых цепей для схем напольного технологического оборудования позволяет упростить разработку модулей сверки технической документации.

Описанная технология формирования технической документации напольного технологического оборудования рельсовых цепей помимо отмеченных преимуществ имеет и другие перспективные направления приложения, например, в задачах автоматизации проектирования внешних средств технического диагностирования [12–16]. Решение этих и других задач – ближайшая перспектива развития систем автоматизации проектирования и

электронного документооборота в области железнодорожной автоматики и телемеханики.

Библиографический список

1. Балуев Н. Н. Проблемы внедрения отраслевого формата / Н. Н. Балуев, М. Н. Василенко, В. Г. Трохов, Д. В. Седых // Автоматика, связь, информатика. – 2010. – № 3. – С. 2.
2. Безродный Б. Ф. Автоматизация проверки проектов на основе АРМ-ТЕСТ / Б. Ф. Безродный, М. Н. Василенко, Б. П. Денисов, Д. В. Седых // Автоматика, связь, информатика. – 2008. – № 3. – С. 22–24.
3. Булавский П. Е. Методика оценки временных характеристик процессов электронного документооборота технической документации / П. Е. Булавский, Д. С. Марков // Автоматика на транспорте. – 2016. – Т. 2, № 1. – С. 81–94.
4. Булавский П. Е. Формализация алгоритмического описания систем обеспечения жизненного цикла железнодорожной автоматики и телемеханики / П. Е. Булавский, Д. С. Марков, В. Б. Соколов, Т. Ю. Константинова // Автоматика на транспорте. – 2015. – Т. 1, № 4. – С. 418–432.
5. Василенко М. Н. Методы выделения текстовых выражений принципиальных электрических схем железнодорожной автоматики и телемеханики / М. Н. Василенко, Р. А. Ковалев // Автоматика на транспорте. – 2016. – Т. 2, № 4.
6. Василенко М. Н. Расчет параметров и проверка работоспособности бесстыковых тональных рельсовых цепей / М. Н. Василенко, Б. П. Денисов, В. Б. Культин, С. Н. Растегаев // Изв. ПГУПС. – 2006. – Вып. 2. – С. 104–112.
7. Василенко М. Н. Принципы организации электронного документооборота технической документации / М. Н. Василенко, Б. П. Денисов, П. Е. Булавский, Д. В. Седых // Транспорт РФ. – 2006. – № 7. – С. 31–35.
8. Василенко М. Н. Развитие электронного документооборота в хозяйстве АТ / М. Н. Василенко, В. Г. Трохов, Д. В. Зуев, Д. В. Седых // Автоматика, связь, информатика. – 2015. – № 1. – С. 14–16.
9. Горбачев А. М. Автоматизация анализа, экспертизы и сверки технической документации

системы железнодорожной автоматики и телемеханики / А. М. Горбачев // Изв. ПГУПС. – 2012. – Вып. 4. – С. 73–78.

10. Денисов Б. П. Автоматизация проектирования систем железнодорожной автоматики и телемеханики на базе АРМ-ПТД версии 6 / Б. П. Денисов, Н. И. Рубинштейн, С. Н. Растегаев, Н. Ю. Воробей // Актуальные вопросы развития систем железнодорожной автоматики и телемеханики : сб. науч. тр. ; под ред. Вл. В. Сапожников. – СПб. : Петербург. гос. ун-т путей сообщения, 2013. – С. 66–74.

11. Денисов Б. П. Методы контроля корректности построения схем замещения тональных рельсовых цепей в АРМ-ТРЦ / Б. П. Денисов, В. Б. Культин, С. Н. Растегаев, Н. Ю. Воробей // Изв. ПГУПС. – 2010. – Вып. 4. – С. 110–120.

12. Ефанов Д. В. Мониторинг параметров рельсовых цепей тональной частоты / Д. В. Ефанов, Н. А. Богданов // Транспорт Урала. – 2013. – № 1. – С. 36–42.

13. Ефанов Д. В. Некоторые аспекты развития систем функционального контроля устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Д. В. Ефанов // Транспорт Урала. – 2015. – № 1. – С. 35–40.

14. Ефанов Д. В. Основы построения и принципы функционирования систем технического диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : учеб. пособие / Д. В. Ефанов, А. А. Лыков. – СПб. : Петербург. гос. ун-т путей сообщения, 2012. – 59 с.

15. Ефанов Д. В. Становление и перспективы развития систем функционального контроля и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Д. В. Ефанов // Автоматика на транспорте. – 2016. – Т. 2, № 1. – С. 124–148.

16. Ефанов Д. В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : моногр. – СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016.

17. Растегаев С. Н. Автоматизация формирования схем замещения для расчета ТРЦ / С. Н. Растегаев, Н. Ю. Воробей // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 4. – С. 12–13.

18. Сапожников Вл. В. Эксплуатационные основы автоматики и телемеханики : учеб. для вузов ж.-д. транспорта / Вл. В. Сапожников, И. М. Коку-

рин, В. А. Кононов и др. ; под ред. Вл. В. Сапожникова. – М. : Маршрут, 2006. – 247 с.

19. Седых Д. В. Применение отраслевого формата технической документации на устройства железнодорожной автоматики и телемеханики для интеграции приложений / Д. В. Седых, С. А. Суханов // Изв. ПГУПС. – 2005. – Вып. 3. – С. 74–79.

References

1. Baluyev N. N., Vasilenko M. N., Trokhov V. G. & Sedykh D. V. *Avtomatika, svyaz, informatika – Automatics, Communications, Informatics*, 2010, no. 3, pp. 2.

2. Bezrodnyy B. F., Vasilenko M. N., Denisov B. P. & Sedykh D. V. *Avtomatika, svyaz, informatika – Automatics, Communications, Informatics*, 2008, no. 3, pp. 22–24.

3. Bulavskiy P. Ye. & Markov D. S. *Avtomatika na transporte – Automatics at Transport*, 2016, T. 2, no. 1, pp. 81–94.

4. Bulavskiy P. Ye., Markov D. S., Sokolov V. B. & Konstantinova T. Yu. *Avtomatika na transporte – Automatics at Transport*, 2015, T. 1, no. 4, pp. 418–432.

5. Vasilenko M. N. & Kovalev R. A. *Avtomatika na transporte – Automatics at Transport*, 2016, T. 2, no. 4.

6. Vasilenko M. N., Denisov B. P., Kultin V. B. & Rastegayev S. N. *Izvestiya PGUPS – Proc. Petersburg Transp. Univ.*, 2006, Is. 2, pp. 104–112.

7. Vasilenko M. N., Denisov B. P., Bulavskiy P. Ye. & Sedykh D. V. *Transport Rossiyskoy Federatsii – Transport of the Russian Federation*, 2006, no. 7, pp. 31–35.

8. Vasilenko M. N., Trokhov V. G., Zuyev D. V. & Sedykh D. V. *Avtomatika, svyaz, informatika – Automatics, Communications, Informatics*, 2015, no. 1, pp. 14–16.

9. Gorbachev A. M. *Izvestiya PGUPS – Proc. Petersburg Transp. Univ.*, 2012, Is. 4, pp. 73–78.

10. Denisov B. P., Rubinshteyn N. I., Rastegayev S. N. & Vorobey N. Yu. *Avtomatizatsiya proyektirovaniya sistem zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki na baze ARM-PTD versii 6* [Automation of Designing Rail Automatics and Telematics Systems with the Automated Workstation ARM-PTD Version 6].

Aktualnyye voprosy razvitiya sistem zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki: sbornik nauchnykh trudov [Current Issues in Development of Rail Automatics and Telematics Systems: Coll. Sci. Papers]; ed. V.I. V. Sapozhnikov. St. Petersburg, FGBOU VPO PGUPS, 2013. Pp. 66-74.

11. Denisov B. P., Kultin V. B., Rastegayev S. N. & Vorobey N. Yu. *Izvestiya PGUPS – Proc. Petersburg Transp. Univ.*, 2010, Is. 4, pp. 110-120.

12. Yefanov D. V. & Bodganov N. A. *Transport Urala – Urals Transport*, 2013, no. 1, pp. 36-42.

13. Yefanov D. V. *Transport Urala – Urals Transport*, 2015, no. 1, pp. 35-40.

14. Yefanov D. V. & Lykov A. A. *Osnovy postroyeniya i printsipy funktsionirovaniya sistem tekhnicheskogo diagnostirovaniya i monitoringa ustroystv zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki: uchebnoye posobiye [Basic Course of Designing and Functioning Principles of Technical Diagnostics and Monitoring Systems for Rail Automatics and Telematics Devices: Course Guide]*. St. Petersburg, PGUPS, 2012. 59 p.

15. Yefanov D. V. *Avtomatika na transporte – Automatics at Transport*, 2016, T. 2, no. 1, pp. 124-148.

16. Yefanov D. V. *Funktionalnyy kontrol i monitoring ustroystv zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki: monografiya [Functional Control and Monitoring of Rail Automatics and Telematics Devices: A Monograph]*. St. Petersburg, FGBOU VO PGUPS, 2016.

17. Rastegayev S. N. & Vorobey N. Yu. *Avtomatika, svyaz, informatika – Automatics, Communications, Informatics*, 2011, no. 4, pp. 12-13.

18. Sapozhnikov V. I., Kokurin I. M., Kononov V. A., Lykov A. A. & Nikitin A. B. *Ekspluatatsionnyye osnovy avtomatiki i telemekhaniki: uchebnik dlya vuzov zh.-d. transporta [Operational Basics of Automatics and Telematics: Course Book for Railway Transport Universities]*; ed. V. I. V. Sapozhnikov. Moscow, Marshrut, 2006. 247 p.

19. Sedykh D. V. & Sukhanov S. A. *Izvestiya PGUPS – Proc. Petersburg Transp. Univ.*, 2005, Is. 3, pp. 74-79.

СЕДЫХ Дмитрий Владимирович – инженер, sedyhdmitriy@gmail.com (Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I).