

И.С. Овечкин

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ ВСЖД С ПРИМЕНЕНИЕМ SCADA-СИСТЕМЫ

Аннотация. Согласно стратегии развития железнодорожного транспорта Российской Федерации поставлен вопрос цифровизации тяговых подстанций. Приведен текущий уровень цифровизации Российских железных дорог. Определено перспективное начало цифровизации Восточно-Сибирской железной дороги в рамках применения SCADA-системы. Благодаря компактности и мобильности блоков, на основе которых строится SCADA-система, появляется возможность реализовать любые типы подстанций. При этом существует возможность учесть особенности конкретной подстанции. Высоконадежное оборудование, на базе которого строится система, дает возможность организовать нужный уровень резервирования для электроснабжения контактной сети, а так же обеспечивает функционирование без перерыва всей системы тягового электроснабжения. Применение автоматизации в свою очередь позволит Российской железной дороге перейти от работ «по техническому регламенту» к работам «по текущему состоянию».

Одной из ключевых целей применения SCADA-системы является централизация процесса управления всеми тяговыми подстанциями, что в конечном итоге позволит получить единую, централизованную информационно-вычислительную сеть.

В представленной статье представлена структура и ожидаемые эффекты от внедрения SCADA-системы. Приведены основные технические средства, на базе которых строится SCADA-система. Указаны основные преимущества от использования данной системы. Перечислены наиболее популярные отечественные SCADA-системы. На основе технико-функциональных параметров произведено сравнение наиболее популярных систем и выбрана SCADA-система, которая учитывает территориально-климатическое расположение и технические особенности Восточно-Сибирской железной дороги. Выбор был остановлен на системе SCADA NPT Expert. Представлены преимущества и наглядные особенности выбранной SCADA-системы. По результатам работы сделаны соответствующие выводы.

Ключевые слова: тяговая подстанция, автоматизация, SCADA-система, структура, сравнение, преимущества, особенности.

I. S. Ovechkin

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

AUTOMATION OF TRACTION SUBSTATIONS OF VSZHD USING SCADA SYSTEM

Abstract. According to the railway transport development strategy of the Russian Federation, the issue of digitalization of traction substations has been raised. The current level of digitalization of Russian railways is given. A promising beginning of digitalization of the East Siberian Railway within the framework of the SCADA system has been determined. Due to the compactness and mobility of the blocks on the basis of which the SCADA system is built, it becomes possible to implement any types of substations. At the same time, it is possible to take into account the features of a particular substation. Highly reliable equipment, on the basis of which the system is being built, makes it possible to organize the necessary level of redundancy for the power supply of the contact network, as well as ensures the functioning of the entire traction power supply system without interruption. The use of automation, in turn, will allow the Russian Railway to move from work "according to technical regulations" to work "according to the current state".

One of the key goals of using the SCADA system is to centralize the process of managing all traction substations, which ultimately will allow obtaining a single, centralized information and computing network.

The article presents the structure and expected effects of the implementation of the SCADA system. The main technical means on the basis of which the SCADA system is being built are given. The main advantages of using this system are indicated. The most popular domestic SCADA systems are listed. Based on the technical and functional parameters, the most popular systems were compared and a SCADA system was selected that takes into account the territorial and climatic location and technical features of the East Siberian Railway. The choice was made on the SCADA NPT Expert system. The advantages and visual features of the selected SCADA system are presented. According to the results of the work, the relevant conclusions were drawn.

Keywords: traction substation, automation, SCADA system, structure, comparison, advantages, features.

Введение

В Энергетической стратегии развития железнодорожного транспорта поставлена задача цифровизации всех структур железнодорожного транспорта, в том числе и энергетической. Соответственно возник вопрос о цифровизации тяговых подстанций (ТП).

Актуальность данного вопроса состоит в том, что технологические процессы в энергетике потенциально опасны, математически описано в [1]. При возникновении аварий эти процессы зачастую приводят к человеческим жертвам, а также к повреждению дорогостоящего оборудования и экологическому ущербу [2-4]. Исследование многих аварий на железнодорожном транспорте показало, что в 60 годах ошибка человека составляла 20% случаев от общего числа аварий. В конце 90 этот процент стал равен 80 % [5-6].

Причиной данной тенденции является традиционный подход в разработке систем управления, использование инновационных достижений без учета соответствующей важности при процессе разработки интерфейса человек-машина ориентации на человека (диспетчера).

Диспетчеру теперь дополнительно необходим опыт эксплуатации информационных систем. Поэтому для повышения надежности систем диспетчерского управления необходим новый подход такой, как, например, SCADA-системы, которые будут в первую очередь ориентированы на оператора (энергодиспетчера) и его задачи.

Анализируя зарубежный опыт, было выявлено в Европе активно применяют цифровые технологии. Так, например, на подстанции «Блоко» (Франция) [7] во время реконструкции в 2013 году были поставлены оптические трансформаторы тока, установлены новые трансформаторы напряжения, разъединители с функцией контроля момента на валу и др. Как следствие, существенно уменьшилось число «медных» кабельных связей за счет применения оптических кабельных сетей. Было уделено большое внимание резервированию оборудования в составе релейной защиты и автоматики (РЗА). Все элементы, входящие в РЗА, были поделены на разные подсистемы «А» и «Б», это позволило существенно увеличить надежность РЗА.

Подстанция «Блоко» выступает одним из примеров успешной реконструкции находящегося в работе объекта электроэнергетики, как в направлении оптимизации технико-экономических показателей, так и с точки зрения использования передовых технологий. Похожая работа была рассмотрена в [8].

Имеются и другие, так, к примеру, подстанции в Дании, Канаде, Филиппинах, Мексике и др. странах.

Технология «цифровая подстанция» выступает наиболее перспективным этапом развития при учете технико-экономических показателей строительства и реконструкции объектов Российской энергосистемы.

В России подстанция 110/10 кВ имени М. П. Сморгунова определяется одним из важных инвестиционных проектов в области увеличения надежности и качества электроснабжения. Объем реализованной электроэнергии в 2018 году составляет 79800 кВт·ч. Необходимо подчеркнуть, что совместно с оптическими линиями применяются и медные кабели, которые используются для подключения модулей, которые находятся в резерве. Поэтому на объекте фактически имеется две параллельные системы: цифровая, основанная на стандарте IEC 61850, и классическая – РЗА производителя «Экра».

Исследование имеющейся информации об цифровых тяговых подстанциях показало, что есть только 2 подстанции на Российской железной дороге (РЖД), которые заявлены как цифровые: Владимир на Горьковской железной дороге и Иньская на Западно-Сибирской железной дороге. Но уточнение информации о них прояснило, что пока они только оснащены системами мониторинга силовых трансформаторов (СТ), ячеек КРУ-10, оперативных цепей [9-10]. Требуется выполнить еще много работы для завершения их цифровизации.

Решение поставленного вопроса актуально применительно к тяговым подстанциям Восточно-Сибирской железной дороги (ВСЖД), особенно относительно систем SCADA.

Поэтому, в настоящей статье рассмотрена структура SCADA-системы и выбрана та система, которая лучше других подходит для ВСЖД.

Основополагающая концепция SCADA-системы

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition* - диспетчерское управление и сбор данных)

SCADA-система представляется в виде программно-аппаратного комплекса, с помощью которого возможно осуществлять контроль над режимами работы различного оборудования, а так же и электроустановками [11].

Концепция SCADA состоит из автоматизированная разработка и управление технологическими процессами.

Функционал SCADA включает в себя:

- разработка в автоматизированном режиме;
- сбор информации;
- обрабатывание;
- архивирование информации;
- наглядная демонстрация;
- работа как «единое целое».

Ожидаемые эффекты от внедрения:

- сокращение расходов на эксплуатацию (оптимизация кадровых ресурсов);
- сокращение расходов на ремонты (обслуживание оборудования по состоянию);
- снижение капитальных затрат;
- удалённый контроль и управление без персонала;
- повышение надёжности оборудования;
- прогнозирование аварийных режимов работы;
- внедрение новых технологий и решений;
- анализ энергоэффективности.

Структуризация SCADA-системы

SCADA-систему для простоты восприятия можно представить в виде трёх уровней.

Верхний уровень, например АРМы ЦДП, сервера хранения данных, которые обеспечивают:

- отправку информации в ЦДП;
- сохранение информации;

Средний уровень представляют программные и аппаратные средства (ПК оператора на ТП, шкаф управления подстанцией), которые осуществляют:

- начальную обработку;
- принятие установочных значений;
- управление.

На нижнем уровне расположены датчики, контролирующие определенные величины, блоки цифровой РЗА, контроллеры.

Для связи всех трех уровней применяют оптические или же медные кабели, а так же и Ethernet.

На рисунке 1 представлена структура SCADA-системы.

Технические средства

На рисунке 2 представлен шкаф сервера автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП).

Сервер, который выполняет сбор, обработку информации, создает архив и выдает через каналы связи информацию на рабочие места операторов.

На рисунке 3 приведен шкаф устройства сопряжения с объектом (УСО).

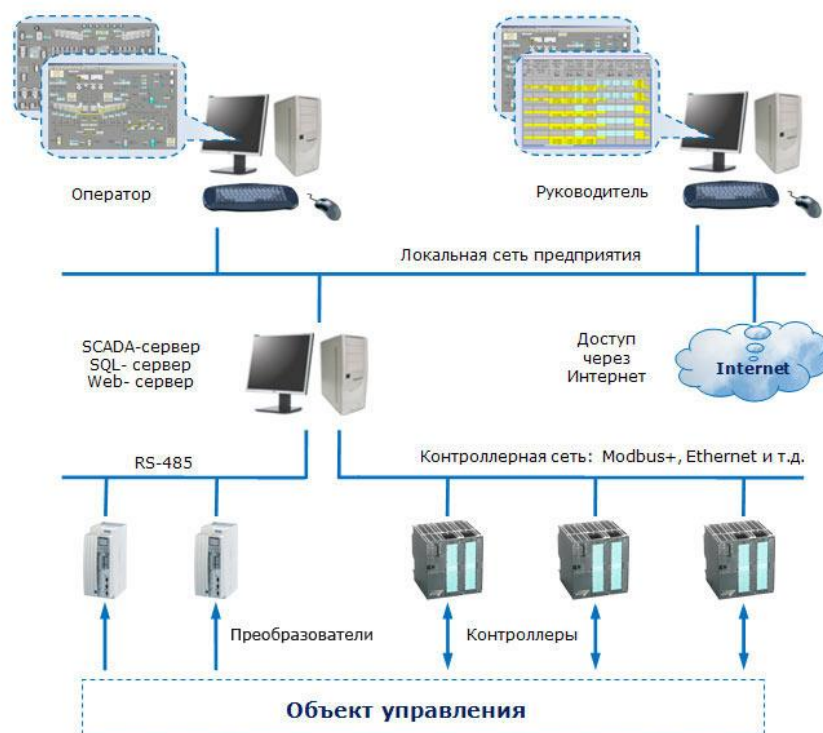


Рис. 1. Структура SCADA-системы



Рис. 2. Шкаф сервера

УСО выполняет сбор, обработку дискретных и аналоговых параметров, а так же обеспечивает управление исполнительными устройствами (реле и др.).

Информация, поступающая на персональные компьютеры, может отображаться в виде таблиц, графиков, мнемосхем, ведомостей событий и др.

Преимущества использования SCADA-системы

Преимущества внедрения Scada-систем:

- вовремя выявленное нарушение позволяет избежать повреждения дорогостоящего оборудования;
- постоянный мониторинг и управление распределительной сетью;
- снижение затрат за счет снижения ручных операций с оборудованием;



Рис. 3. Шкаф УСО

- уменьшение простоя участков распределительной сети благодаря централизованному мониторингу аварийных сигналов и своевременному принятию необходимых мер;
- легкость в получении архивированной информации состояния сети;
- уменьшение затрат из-за сокращенного штата работников;
- контроль оперативного персонала при выполнении их работы, что в свою очередь позволяет исключить наличие оперативных ошибок и сократить несчастные случаи.

Сравнение Scada-систем

Часто применяются российские модели SCADA:

- «Trace Mode»;
- «Master SCADA»;
- SCADA NPT Expert.

В таблице 1 приведено сравнение популярных отечественных SCADA-систем.

Таблица 1 – Типы и технические параметры отечественных SCADA-систем

Параметры	Trace Mode	Master SCADA	Круг-2000	САРГОН	SCADA NPT Expert
Характеристика контроллеров	Разработаны на драйверах, так же возможно создание драйверов	Реализовано на OPC-серверах, либо можно применять драйверы	Сконструированы на драйверах	Сконструированы на драйверах	Сконструированы на драйверах
Виды программирования алгоритмов	последовательность инструкций (FBD+Техно IL)	функциональные блоки (FBD)			
Расширенные функции управления	+	+	-	-	+
Применение на тяговых подстанциях	+	-	-	-	+

На основании сравнения ранее представленных Scada-систем, был произведен выбор системы, которая лучше подходит для тяговых подстанций ВСЖД.

При условии учета особенных тяговых РУ, имеющейся нестандартной, постоянно изменяющейся тяговой нагрузки [12-15], необходимостью нестандартных переключений при выводе в ремонт фидера к.с. выбор был остановлен на Scada-системе NPT Expert.

Особенности интерфейса SCADA-системы NPT Expert:

- диалог управления, который обеспечивает управление коммутационными аппаратами, предоставляет информацию о положении ключей управления, оперативных блокировках, диагностических сигналах;

- интеграция ГИС, позволяющая отображать различные данные в графическом виде на карте, а также выполнять удобную привязку оборудования к его географическому месту расположения, что многократно сокращает время на поиск повреждения;

- электронные бланки переключения, нацеленные на сокращение бумажной работы энергодиспетчера, существенно упрощают процедуру их проверки и редактирования.

На рисунке 4 представлен пример окна диалога управления.

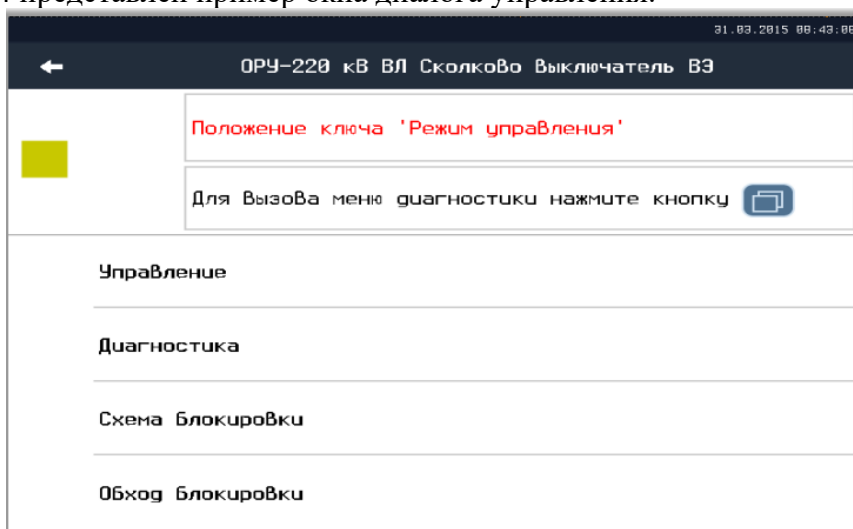


Рис. 4. Пример окна диалога управления

На рисунке 5 приведен пример карты с привязкой оборудования к его конкретному месту расположения.

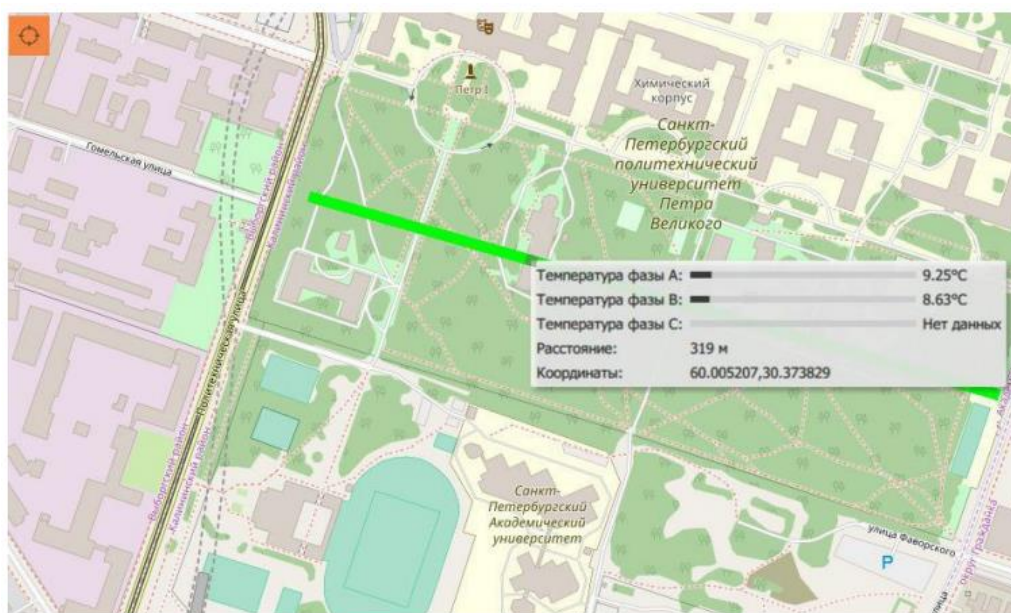


Рис. 5. Пример карты с привязкой оборудования к его месту расположения

Преимущества Scada-системы NPT Expert:

- российская разработка;

- возможен учет особенностей энергетики;
- модульное построение;
- короткие сроки конфигурирования ПО;
- понятный интерфейс с многообразными возможностями для индивидуальной настройки;
- наличие большого числа протоколов обмена, а так же МЭК 61850;
- широкий ценовой ряд;
- наличие масштабируемости системы на разных уровнях;
- гибкая конфигурация SCADA-системы с возможностью использования на любых уровнях (подстанционный, уровень РЭС и т.д.);
- учет особенностей конкретного объекта;
- техническая поддержка в очень короткие сроки.

Заключение

В целом видно, что применение на ТП SCADA-системы направлено на достижение более высокого уровня безопасности при производстве работ в электроустановках, а так же и на оптимизацию технологического процесса, что в свою очередь позволит существенно сократить время на принятие решения и даст возможность выявлять в работе дорогостоящего оборудования нарушения на более ранних этапах их возникновения. К тому же ТП на основе SCADA-системы не требует постоянного присутствия обслуживающего персонала. Соответственно будет снижение расходов на эксплуатацию. Поэтому можно считать, что в перспективе внедрение SCADA-системы на ТП ВСЖД целесообразно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Овечкин И.С., Поляков М.М. Изменение сигнала на выходе линейного колебательного контура при приближении частоты к резонансной // Молодая наука Сибири. 2021. № 2 (12). С. 372-382.
2. Пузина Е.Ю., Алексеенко В.А. Регрессионный анализ повреждаемости измерительных трансформаторов // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири. Иркутск, 2010. С. 421-423.
3. Пузина Е.Ю., Алексеенко В.А. Анализ времени наработки до отказа измерительных трансформаторов // Транспорт-2010. Ч. 2. 2010. С. 307-309.
4. Алексеенко В.А., Пузина Е.Ю. Анализ повреждений измерительных трансформаторов на тяговых подстанциях ВСЖД//Транспортная инфраструктура Сибирского региона. Иркутск. Т. 2. 2009. С. 4-9.
5. Соловьев А.Е. Виды аварийных ситуаций на железнодорожном транспорте и их причины // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2005. № 5. С. 156-159.
6. Лундалин А.А., Пузина Е.Ю., Худоногов И.А. Направления развития релейной защиты и автоматики в Российских электрических сетях. Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2019. № 2 (62). С 77-85.
7. Ковина А.С. Анализ эффективности автоматизированных систем мониторинга и управления подстанций и энергосистем // В сборнике: Образование. Наука. Производство. XIII Международный молодежный форум. Белгород, 2021. С. 1652-1654.
8. Овечкин И.С. Оценка эффективности применения комплектных распределительных устройств для тяговых подстанций // Молодая наука Сибири. 2021. № 2 (12). С. 181-194.
9. Пузина Е.Ю., Туйгунова А.Г., Худоногов И.А. Системы мониторинга силовых трансформаторов тяговых подстанций. Иркутск, 2020. – 184 с.
10. Ступицкий В.П., Худоногов И.А., Тихомиров В.А., Лобанов О.В. Повышение достоверности диагностирования состояния несущего троса контактной сети. Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2020. № 1 (65). С. 136-143.
11. СТО 56947007- 25.040.40.227-2016. Типовые технические требования к функциональной структуре автоматизированных систем управления технологическими

процессами подстанций Единой национальной электрической сети (АСУ ТП ПС ЕНЭС). Утверждён и введён в действие: Приказом ПАО «ФСК ЕЭС» от 26.09.2016 № 341.

12. Puzina E.Yu., Cherniga M.Yu., Khudonogov I.A. Strengthening the power supply system of electrified railways, taking into account the use of interval control devices. 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020. 2020. С. 9271385.

13. Шевердин И.Н., Шаманов В.И., Трофимов Ю.А. Влияние тяжеловесных поездов на рельсовые цепи и АЛС. Автоматика, связь, информатика. 2004. № 8. С.24.

14. Черепанов А.В., Куцкий А.П., Есауленко А.С. Применение технологии виртуальной сцепки для поездов повышенной массы. Молодая наука Сибири. 2020. № 2 (8). С. 191-199.

15. Пузина Е.Ю., Перельгин В.М. Усиление системы тягового электроснабжения участка Якурим-Звездная ВСЖД. Транспорт-2013: труды международной научно-практической конференции. 2013. – С. 176-178.

REFERENCES

1. Ovechkin I.S., Polyakov M.M. Changing the signal at the output of a linear oscillatory circuit when the frequency approaches the resonant one. Molodaya nauka Sibiri. 2021. No. 2 (12). pp. 372-382.

2. Puzina E.Yu., Alekseenko V.A. Regression analysis of instrument transformer damage // Increasing the efficiency of energy production and use in Siberia. Irkutsk, 2010. Pp. 421-423.

3. Puzina E.Yu., Alekseenko V.A. Analysis of the operating time to failure of measuring transformers // Transport-2010. Part 2. 2010. Pp. 307-309.

4. Alekseenko V.A., Puzina E.Yu. Analysis of damage to measuring transformers at traction substations of the ESR // Transport infrastructure of the Siberian region. Ir-Kutsk. 2009. Vol.2. Pp. 4-9.

5. Soloviev A.E. Types of emergency situations in railway transport and their causes // Mining information and analytical bulletin. 2005. No. 5. pp. 156-159.

6. Lundalin A. A., Puzina E. Yu., Khudonogov I. A. Directions of development of relay protection and automation in Russian electric networks. Modern technologies. System analysis. Modeling. 2019. No. 2 (62). pp. 77-85.

7. Kovina A.S. Efficiency analysis of automated monitoring and control systems of substations and power systems // In the collection: Education. The science. Production. XIII International Youth Forum. Belgorod, 2021. pp. 1652-1654.

8. Ovechkin I.S. Evaluation of the effectiveness of the use of complete switchgear for traction substations // Molodaya nauka Sibiri. 2021. No. 2 (12). pp. 181-194.

9. Lundalin A. A., Puzina E. Yu., Khudonogov I. A. Directions of development of relay protection and automation in Russian electric networks. Modern technologies. System analysis. Modeling. 2019. No. 2 (62). pp. 77-85.

10. Stupnitskiy V.P., Khudonogov I.A., Tikhomirov V.A., Lobanov O.V. Increasing the reliability of diagnosing the condition of the carrier cable of the contact network. Modern technologies. System analysis. Modeling. 2020. No. 1 (65). pp. 136-143.

11. STO 56947007- 25.040.40.227-2016 . Standard technical requirements for the functional structure of automated process control systems of substations of the Unified National Electric Grid (ASU TP PS ENES). Approved and put into effect: By Order of PJSC FGC UES No. 341 dated 26.09.2016.

12. Puzina E.Yu., Cherniga M.Yu., Khudonogov I.A. Strengthening the power supply system of electrified railways, taking into account the use of interval control devices. 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020. 2020. С. 9271385.

13. Sheverdin I.N., Shamanov V.I., Trofimov Yu.A. The influence of heavy trains on rail chains and ALS. Automation, communications, computer science. 2004. No. 8. p.24.

14. Cherepanov A.V., Kutsyy A. P., Esaulenko A. S. Application of virtual coupling technology for high-mass trains. Young Science of Siberia. 2020. No. 2 (8). pp. 191-199.

15. Puzina E. Yu. Strengthening of the traction power supply system of the Yakurim-Zvezdnaya section of the VSZHD / Transport-2013: proceedings of the international scientific and practical conference. Rostov-on-don: RSUPS Publishing house, 2013, Pp. 176-178.

Информация об авторе

Овечкин Илья Сергеевич – студент 4 курса специальности «Электроснабжение железных дорог», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: iliaov2015@mail.ru

Information about the author

Ovechkin Ilya Sergeevich – student of the specialty "Power supply of railways", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: iliaov2015@mail.ru