

К.Е. Кузнецов, Д.В. Сальникова, А.П. Куцый

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

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ПЕРЕВОООРУЖЕНИЮ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УЧАСТКА НЖ-ЗМ ВОСТОЧНОГО ПОЛИГОНА

Аннотация. Увеличение объемов перевозок и стремительно растущий грузопоток приводят к увеличению протяженности участков железных дорог с недостаточной пропускной способностью. Поэтому ОАО «РЖД» проводит планомерную работу по повышению эффективности перевозок грузов. Программа развития Восточного полигона предусматривает мероприятия по обеспечению пропуска поездов массой 7100 тонн по современным системам интервального регулирования.

Статья посвящена разработке предложений по техническому перевооружению системы электроснабжения участка НЖ-ЗМ при внедрении интервального регулирования движения поездов. В условиях растущего пассажиропотока и развивающейся железнодорожной инфраструктуры, эффективное управление электроснабжением становится ключевым фактором для обеспечения безопасности и пунктуальности движения поездов.

Целью данной статьи является анализ преимуществ и возможностей интервального регулирования движения поездов, основанного на точных временных интервалах между поездами. Для успешной реализации такой системы требуется перевооружение системы электроснабжения, чтобы обеспечить надежную и стабильную подачу энергии на участке.

В статье исследуются существующие технические решения и оборудование. Предлагается набор конкретных мер, таких как ввод в параллельную работу двух трансформаторов на тяговых подстанциях, увеличение сечения контактного провода, использование компенсирующих устройств.

В заключении статьи подведены итоги исследования и сделаны выводы о необходимости технического перевооружения системы электроснабжения на участке НЖ-ЗМ. Разработанные предложения и рекомендации могут быть использованы при внедрении эффективной системы интервального регулирования движения поездов на данном участке, что способствует повышению безопасности и эффективности работы железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: анализ пропускной способности, система тягового электроснабжения, усиление контактной сети, компенсирующее устройство, устройство продольной компенсации.

К.Е. Kuznetsov¹, D.V. Salnikova¹, A.P.Kutsyi¹

¹ Irkutsk State University of Railway Transport, Irkutsk, Russian Federation

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR THE TECHNICAL RE-EQUIPMENT OF THE POWER SUPPLY SYSTEM OF THE NZH-ZM SECTION OF THE EASTERN LANDFILL

Annotation. The increase in traffic volumes and the rapidly growing cargo traffic lead to an increase in the length of railway sections with insufficient capacity. Therefore, JSC "Russian Railways" carries out systematic work to improve the efficiency of cargo transportation. The development program of the Eastern polygon provides for measures to ensure the passage of trains weighing 7,100 tons according to modern interval control systems.

The article is devoted to the development of proposals for the technical re-equipment of the power supply system of the NZH-ZM section with the introduction of interval regulation of train traffic. In the conditions of growing passenger traffic and developing railway infrastructure, effective management of electricity supply is becoming a key factor for ensuring the safety and punctuality of train traffic.

The purpose of this article is to analyze the advantages and possibilities of interval regulation of train traffic based on accurate time intervals between trains. For the successful implementation of such a system, the re-equipment of the power supply system is required to ensure a reliable and stable supply of energy at the site.

The article examines the existing technical solutions and equipment. A set of specific measures is proposed, such as putting two transformers into parallel operation at traction substations, increasing the cross-section of the contact wire, and using compensating devices.

In the conclusion of the article, the results of the study are summarized and conclusions are drawn about the need for technical re-equipment of the power supply system at the NZH-ZM site. The developed proposals and recommendations can be used in the implementation of an effective system of interval regulation of train traffic on this section, which contributes to improving the safety and efficiency of railway transport.

Keywords: *throughput analysis, traction power supply system, reinforcement of the contact network, compensating device, longitudinal compensation device.*

Введение

Одним из направлений повышения эффективности транспортировки грузов в железнодорожной транспортной системе является разработка интервального регулирования движения поездов, которая потенциально может увеличить объем грузоперевозок, свести к минимуму интервалы между поездами и увеличить пропускную способность железнодорожных линий [1-2]. Разработка и внедрение таких современных систем рассматриваются на участке НЖ-ЗМ Восточного полигона. Если будет внедрена данная система, межпоездной интервал сократится до 6-8 минут, что существенно повлияет на скорость и точность доставки грузов, а также на общую эффективность железнодорожной транспортной системы. Вместе с тем, следует учесть и то, что в этом случае также существенно вырастут токовые и другие нагрузки на многие структурные звенья исследуемого участка железной дороги [3-11], что может вызвать потребность их технического обновления.

Описание проблемной ситуации и постановка задачи

Участок НЖ – ЗМ является горно-перевальным с длительными подъемами в зонах ХН – ХД и ТЛ – ХР, максимальная высота уклона которых, составляет 10,3 ‰ протяженностью 23 км и 8,8 ‰ протяженностью 42 километра соответственно (рис. 1). На данном перегоне имеется 7 тяговых подстанций (ТП) на станциях НЖ, ХД, БД, НР, ХР, ТЛ и ЗМ, на которых установлены СТ типа ТДТНЖ– 40000/115/27,5/10.

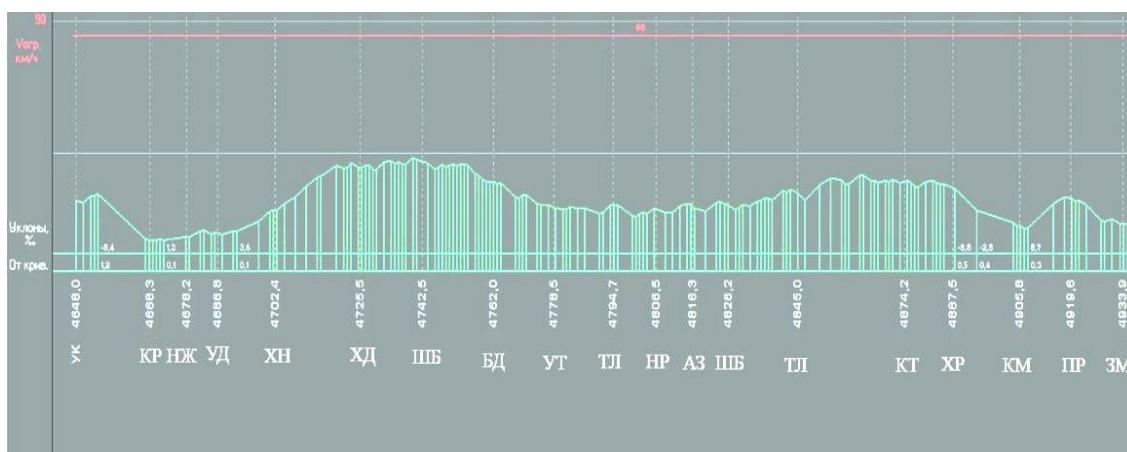


Рис. 1. Профиль пути участка НЖ – ЗМ

На основании рекомендации специалистов дорожной электротехнической лаборатории с целью проверки пропускной способности и с учетом системы интервального регулирования движения поездов на исследуемом участке целесообразно пропускать следующие массы поездов:

– пакет, состоящий из шести поездов массой 3000 тонн, с межпоездным интервалом 8 минут в нечетном направлении, а в четном – два поезда массой 6300 тонн, далее два поезда массой 7100 тонн, после которых интервал составит 10 минут и два поезда 6300 тонн с межпоездным интервалом 8 минут (рис. 2).

Указанные пакеты поездов сформированы для выполнения моделирования в программном комплексе Fazopord. Модель системы электроснабжения исследуемого участка представлена на рис. 3 и 4.

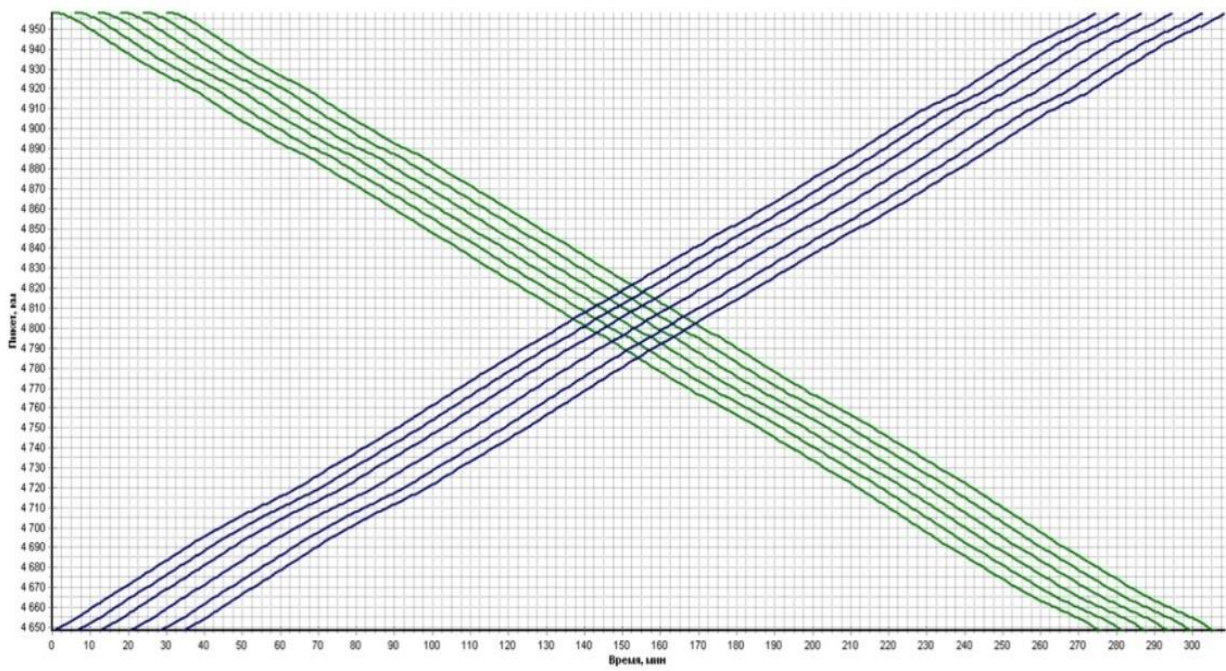


Рис. 2. График движения поездов

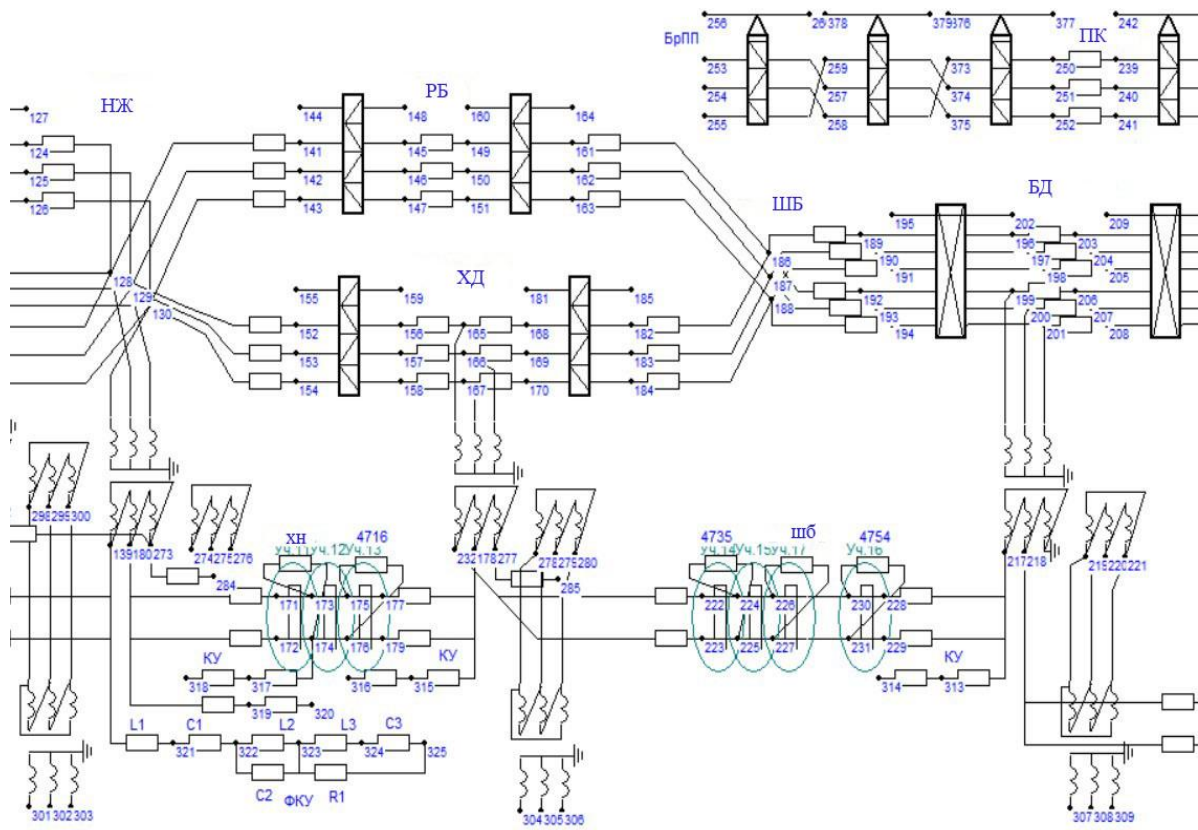


Рис. 3. Схема участка до усиления НЖ-БД

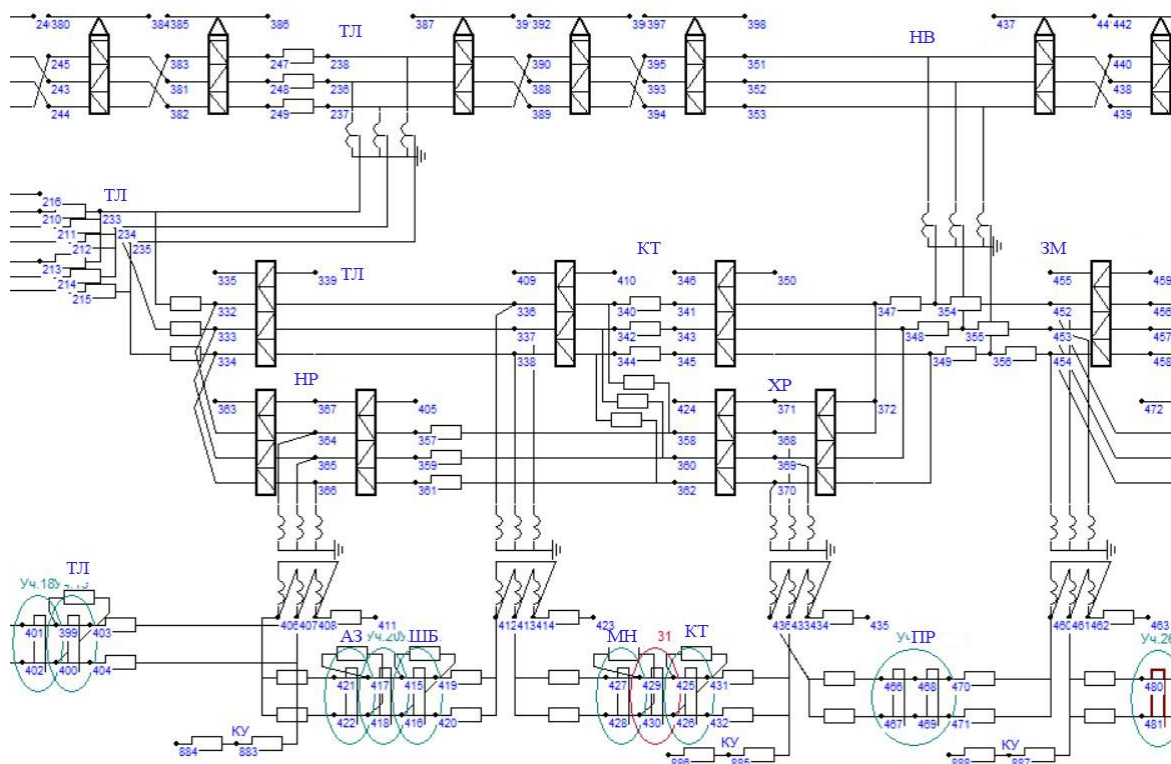


Рис. 4. Схема участка до усиления БД-ЗМ

После проведения моделирования выявлено, что просадка напряжения на токоприемнике одного из поездов в четном направлении составляет 18,7 кВ на станции ТЛ, что недопустимо (рис. 5). Поэтому необходимо разработать предложения по техническому перевооружению системы электроснабжения данного участка [12-13] для повышения уровня напряжения до минимально допустимого значения в 21 кВ.

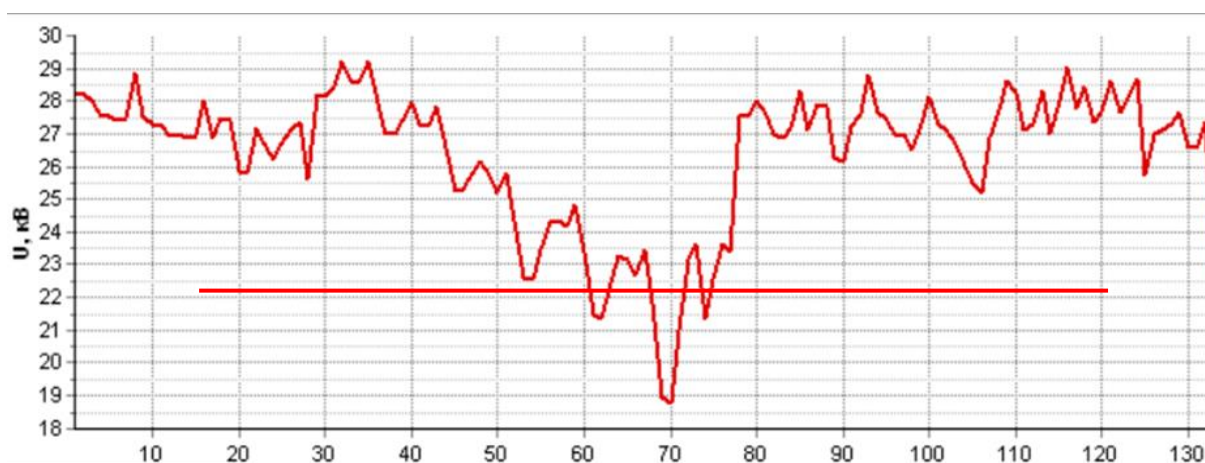


Рис. 5. График изменения напряжения в нормальном режиме до технического перевооружения

Предложения практического решения поставленной задачи

На первом этапе предложено установить третий резервный трансформатор ТДТНЖ-40000/115/27,5/10 и ввести два из них в параллельную работу на тяговых подстанциях HP и БД.

По результатам моделирования данного способа перевооружения приходим к выводу о том, что это не дало значительных результатов, так как напряжение в контактной сети поднялось лишь до 20,3 кВ (рис. 6).

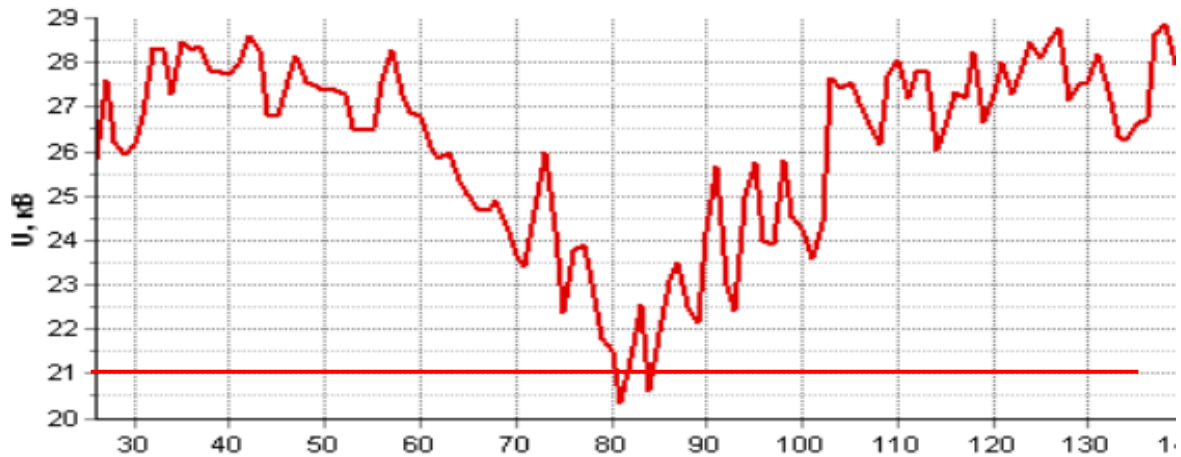


Рис. 6. График изменения напряжения в нормальном режиме после введения второго трансформатора в параллельную работу

В качестве следующей меры повышения уровня напряжения в контактной сети предложено применение усиления контактной подвески путем увеличения сечения контактного провода марки ПБСМ с 85 до 120 мм² от станции ТЛ на 10 км в сторону запада и востока, что позволило уменьшить ее сопротивление и понизить падение напряжения в контактной сети. Однако, это также не решило проблему до конца, напряжение поднялось только до отметки в 20,5 кВ.

Далее предложено увеличить сопротивление компенсирующих устройств (КУ) в три раза на тяговых подстанциях НР и БД и внедрить устройство продольной компенсации (УПК) с сопротивлением 4,15 Ом в фазу С силового трансформатора на этих же подстанциях (рис. 7), так как подъем напряжения обеспечивается прежде всего им за счет компенсации реактивного сопротивления системы.

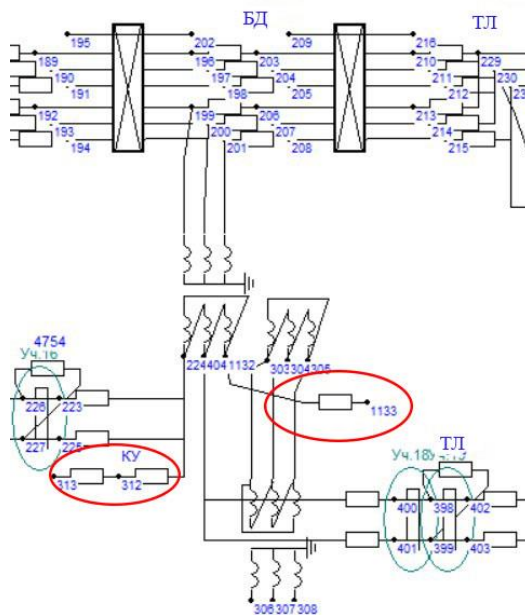


Рис. 7. Устройства продольной и поперечной компенсации на ТП БД

Устройства параллельной компенсации применяют для компенсации реактивной составляющей тока в системе тягового электроснабжения (СТЭ) переменного тока. Особенностью КУ является их однофазное или двухфазное исполнение, наличие защитного реактора для ограничения резонансных явлений. Установки параллельной компенсации реактивной мощности являются многофункциональными: компенсируют реактивную индуктивную мощность тяговой нагрузки, повышают напряжение в точке включения, симметрируют токи и напряжения в тяговом трансформаторе питающей сети, ослабляют уровень высших гармоник в СТЭ. Устройства параллельной компенсации могут располагаться на тяговых подстанциях в отстающей фазе, в тяговой сети на посту секционирования, на ЭПС.

Внедрение каждого вида компенсирующего устройства по отдельности и их совместной использование не дали повышения напряжения до минимально допустимого. Поэтому принято решение о применении всех рассмотренных выше предложений по техническому перевооружению одновременно. Полученные в этом случае результаты расчета показали, что напряжение в контактной сети выше 21 кВ (рис. 8), ток в контактной сети не превышает предельно допустимых значений.

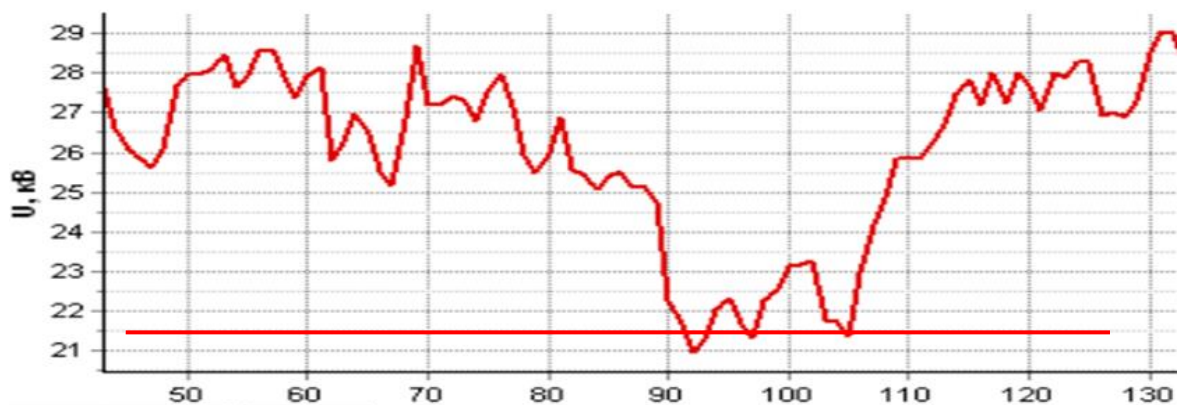


Рис. 8. График изменения напряжения в нормальном режиме после комбинированного способа технического перевооружения

На рис. 9 наглядно видно изменение напряжения в контактной сети до и после технического перевооружения.

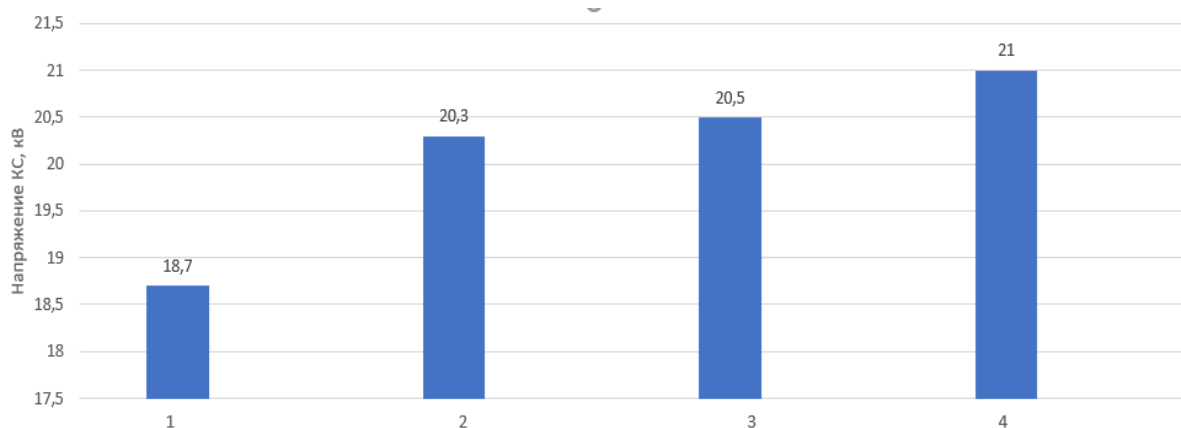


Рис. 9. Гистограмма напряжения в контактной сети:

1 – при исходной системе электроснабжения; 2 - при вводе в параллельную работу двух трансформаторов на ТП НР и БД; 3 - при увеличении сечения контактного провода в дополнение к параллельной работе трансформаторов на ТП НР и БД; 4 - при одновременном увеличении сечения контактного провода, увеличении сопротивления КУ, применении УПК и вводе в параллельную работу двух трансформаторов на ТП НР и БД

Таким образом, подобран оптимальный вариант перевооружения СТЭ для обеспечения пропуска поездов с минимально допустимым межпоездным интервалом для участка НЖ-3М Восточного полигона.

Заключение

В процессе анализа пропускной способности участка НЖ-3М Восточного полигона с учетом пропуска поездов по современной системе интервального регулирования определено, что система тягового электроснабжения (СТЭ) данного участка нуждается в техническом перевооружении, так как при этом возникают определенные проблемы при пропуске интенсивного пакета тяжеловесных поездов с интервалом 8-10 минут, а именно – низкое напряжение в контактной сети.

Моделирование различных вариантов технического перевооружения СТЭ исследуемого участка в программном комплексе Fazonord позволило прийти к заключению о том, что выявленные проблемы могут быть решены только при использовании комбинированного варианта перевооружения СТЭ: увеличение сечения контактного провода, увеличение сопротивления КУ, применение УПК и ввод в параллельную работу двух силовых трансформаторов на ТП НР и БД.

В результате технического перевооружения СТЭ исследуемого участка будут достигнуты комплексные технические и экономические показатели повышения эффективности работы не только системы электроснабжения [14-17], но и всей инфраструктуры исследуемого участка железной дороги [18].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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, FarEastCon2020. 2020. С. 9271385.
2. Куцый А.П., Овечкин И.С., Галков А.А. Повышение пропускной способности участка Якурим – Киренга для обеспечения тяги сдвоенных электроподвижных составов массой 14200 тонн. Электронный научный журнал// Молодая наука Сибири. 2022, № 2(16).
3. Шевердин И.Н., Шаманов В.И., Трофимов Ю.А. Влияние тяжеловесных поездов на рельсовые цепи и АЛС. Автоматика, связь, информатика. 2004. № 8. С.24.
4. 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.
5. Востриков М.В., Менакер К.В., Пультяков А.В. Прогнозирование динамики пусковых и переходных токов с целью повышения селективности микропроцессорных устройств релейной защиты фидеров контактной сети. Транспорт Урала. 2021. № 1 (68). С. 86-92.
6. Воронина Е.В., Куцый А.П. Модернизация пути и повышение пропускной способности однопутного электрифицированного участка железной дороги Якурим-Киренга. Молодая наука Сибири. 2021. № 3 (13). С. 196-204.
7. Черепанов А.В., Куцый А.П., Хисамов А.Р. Влияние режимов систем внешнего электроснабжения на пропускную способность системы тягового электроснабжения. Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2019. Т. 2. С. 8-14.
8. Куцый А.П. Снижение несимметрии и несинусоидальности в линиях электропередач, питающих тяговые подстанции. Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2018. Т. 1. С. 692-696.
9. Пультяков А.В., Трофимов Ю.А., Скоробогатов М.Э. Комплексные решения по повышению устойчивости работы устройств автоматической локомотивной сигнализации на участках с электротягой переменного тока. Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2015. Т 1. С. 328-332.

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. Есауленко А.С., Ступицкий В.П., Тихомиров В.А., Лобанов О.В. К повышению надежности устройств контактной сети. Молодая наука Сибири. 2021. № 2 (12). С. 200-205.
12. Пузина Е.Ю. Усиление системы тягового электроснабжения участка Якурим-Звездная ВСЖД / Транспорт-2013: труды международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУПС, 2013. – С. 176-178.
13. Куцый А.П., Овечкин И.С., Галков А.А. Повышение пропускной способности участка Якурим-Киренга для обеспечения графика движения поездов с максимальной массой 7100 т. Молодая наука Сибири. 2022. № 2 (16). С. 166-174.
14. Пузина Е.Ю. Оценка потенциала повышения энергоэффективности системы тягового электроснабжения Абаканской дистанции электроснабжения / Транспорт: наука, образование, производство: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУПС, 2017. – С. 154-157.
15. Xiaozhou Zhu, Minwu Chen, ShaofengXie and Jie Luo, “Research on new traction power system using power flow controller and Vx connection transformer,” 2016 IEEE International Conference on Intelligent Rail Transportation (ICIRT), Birmingham, pp. 111–115, 2016.
16. Барыкина Ю.Н., Пузина Е.Ю. Интеллектуальные системы потребителей. Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Под общей редакцией В.В. Федчишина. 2015. С. 111-113.
17. Пузина Е.Ю., Барыкина Ю.Н. Бенчмаркинг: основные понятия и процесс реализации. Экономический альманах. Иркутский национальный исследовательский технический университет. Иркутск, 2015. С. 147-150.
18. Каимов Е.В., Оленцевич В.А., Власова Н.В. Проблемы формирования, развития и реконструкции элементов инфраструктурного комплекса железных дорог. Образование – Наука – Производство. Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). В 2-х томах. Чита. 2022. С. 288-296.

REFERENCES

1. 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, FarEastCon2020. 2020. С. 9271385.
2. Kutsy A.P., Ovechkin I.S., Galkov A.A. Increasing the throughput capacity of the Yakurim-Kirenga section to provide traction for twin electric rolling stock weighing 14200 tons. The young science of Siberia. 2022. No. 2 (16). pp. 137-149.
3. Sheverdin I.N., Shamanov V.I., Trofimov Yu.A. Influence of heavy trains on track circuits and ALS. Automation, communication, informatics. 2004. No. 8. P.24.
4. 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.
5. Vostrikov M.V., Menaker K.V., Pulyakov A.V. Forecasting the dynamics of starting and transient currents in order to increase the selectivity of microprocessor devices for relay protection of catenary feeders. Ural transport. 2021. No. 1 (68). pp. 86-92.
6. Voronina E.V., Kutsy A.P. Modernization of the track and increasing the capacity of the single-track electrified section of the Yakurim-Kirenga railway. The young science of Siberia. 2021. No. 3 (13). pp. 196-204.
7. Cherepanov A.V., Kutsy A.P., Hisamov A.R. Influence of modes of external power supply systems on the capacity of the traction power supply system. Transport infrastructure of the Siberian region. 2019. Vol. 2. pp. 8-14.

8. Kutsy A.P. Reduction of asymmetry and non-sinusoidality in power lines feeding traction substations. Transport infrastructure of the Siberian region. 2018. Vol. 1. pp. 692-696.
9. A. V. Pult'yakov, Yu. A. Trofimov, and M. E. Skorobogatov, Russ. Integrated solutions to improve the stability of the operation of automatic locomotive signaling devices in areas with AC electric traction. Transport infrastructure of the Siberian region. 2015. T 1. S. 328-332.
10. V. P. Stupitsky, I. A. Khudonogov, V. A. Tikhomirov, and O. V. Lobanov, Russ. Improving the reliability of diagnosing the state of the carrier cable of the contact network. Modern technologies. System analysis. Modeling. 2020. No. 1 (65). pp. 136-143.
11. Esaulenko A.S., Stupitsky V.P., Tikhomirov V.A., Lobanov O.V. To increase the reliability of contact network devices. Young science of Siberia. 2021. No. 2 (12). pp. 200-205.
12. 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.
13. Kutsy A.P., Ovechkin I.S., Galkov A.A. Increasing the capacity of the Yakurim-Kirenga section to ensure the schedule of trains with a maximum mass of 7,100 tons. The young science of Siberia. 2022. No. 2 (16). pp. 166-174.
14. Puzina E. Yu. Assessment of the potential for improving energy efficiency of the traction power supply system of the Abakan power supply distance / Transport: science, education, production: collection of scientific papers of the International scientific and practical conference. Rostov-on-don: RSUPS Publishing house, 2017, Pp. 154-157.
15. Xiaozhou Zhu, Minwu Chen, ShaofengXie and Jie Luo, "Research on new traction power system using power flow controller and Vx connection transformer," 2016 IEEE International Conference on Intelligent Rail Transportation (ICIRT), Birmingham, pp. 111–115, 2016.
16. Barykina Yu.N., Puzina E.Yu. Intelligent consumer systems. Improving the efficiency of energy production and use in Siberia. Materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation. Under the general editor ship of V.V. Fedchishin. 2015. pp. 111-113.
17. Puzina E.Yu., Barykina Yu.N. Benchmarking: basic concepts and implementation process. Economic almanac. Irkutsk National Research Technical University. Irkutsk, 2015. pp. 147-150.
18. Kaimov E.V., Olentsevich V.A., Vlasova N.V. Problems of formation, development and reconstruction of the elements of the infrastructure complex of railways. Education - Science - Production. Materials of the VI All-Russian Scientific and Practical Conference (with international participation). In 2 volumes. Chita. 2022. S. 288-296.

Информация об авторах

Кузнецов Кирилл Евгеньевич – студент 4 курса специальности «Электроснабжение железных дорог», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, email: 2001kuznetsov@gmail.com

Сальникова Дарья Викторовна – студент 4 курса специальности «Электроснабжение железных дорог», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, email: ds_vo@mail.ru

Куцый Антон Павлович – начальник МНЦ УНИР, старший преподаватель кафедры ЭТ, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск e-mail: kutsyi_ap@irgups.ru

Authors

Kuznetsov Kirill Evgenievich – 4rd year student of the specialty "Electric power supply of railways", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, email: 2001kuznetsov@gmail.com

Salnikova Darya Viktorovna –4rd year student of the specialty "Electric power supply of railways", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, email:ds_vo@mail.ru

Kutsyi Anton Pavlovich – Head of the UNIR Research Center, senior lecturer of the Faculty. ET, Irkutsk State Transport University, Irkutsk e-mail: kutsyi_ap@irgups.ru