

В. В. Чернышев¹, А. А. Денисенко¹, Е. Ю. Пузина¹

¹ Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ПЕРЕВООРУЖЕНИЮ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА УЧАСТКЕ СЛЮДЯНКА-УЛАН-УДЭ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОЕЗДОВ

Аннотация. В условиях постоянного роста объемов пассажиропотока и грузопотока на железнодорожных магистралях, обновление и модернизация систем электроснабжения становится важной задачей для обеспечения безопасности и эффективности движения поездов. Одним из инновационных решений, которые могут применяться для улучшения работы электроснабжения, является внедрение интервального регулирования поездов, которое позволит оптимизировать использование электроэнергии, улучшить координацию движения поездов и снизить нагрузку на систему электроснабжения.

В данной статье произведён анализ текущего состояния существующей системы электроснабжения. Смоделирован участок железной дороги и произведен тяговый расчет на участке. Найдены и исследованы проблемные места на исследуемом участке. Смоделирован график движения поездов с учетом системы интервального регулирования движения поездов.

Рассмотрены несколько способов усиления участка и получены их характеристики. Произведены сравнения перечисленных способов усиления между собой и до внедрения их. Построена гистограмма напряжения на проблемных участках для наглядного сравнения полученной величины напряжения при различных решениях.

На основании полученных данных и характеристик сделано заключение о потребности усиления данного участка и о самом технически эффективном решении проблемы на участке.

Ключевые слова: Проблемные места, способы усиления, пакетное движение, интервальное регулирование, участок железной дороги, УПК, параллельная работа трансформаторов, сравнение способов.

V. V. Chernyshev¹, A. A. Denisenko¹, E. Yu. Puzina¹

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

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR TECHNICAL RE-EQUIPMENT OF POWER SUPPLY ON THE SLYUDYANKA-ULAN-UDE SECTION WITH THE INTRODUCTION OF INTERVAL REGULATION OF TRAINS

Annotation. In conditions of constant growth in passenger and freight traffic on railways, the renewal and modernization of power supply systems is becoming an important task to ensure the safety and efficiency of train traffic. One of the innovative solutions that can be used to improve the operation of power supply is the introduction of interval train regulation, which will optimize the use of electricity, improve train coordination and reduce the load on the power supply system.

This article analyzes the current state of the existing power supply system. A section of the railway has been modeled and traction calculations have been performed on the site. Problem areas in the study area have been found and investigated. The train schedule has been modeled taking into account the system of interval regulation of train traffic.

Several ways of strengthening the site are considered and their characteristics are obtained. Comparisons of the listed reinforcement methods have been made with each other and before their implementation. A histogram of the voltage in the problem areas is constructed for a visual comparison of the obtained voltage value for various solutions.

Based on the data and characteristics obtained, a conclusion was made about the need to strengthen this site and about the most technically effective solution to the problem at the site.

Keywords: Problem areas, reinforcement methods, batch movement, interval regulation, railway section, CPC, parallel operation of transformers, comparison of methods.

Введение

Повышение пропускной способности системы тягового электроснабжения необходимо для увеличения эффективности работы электрооборудования, снижения потерь электроэнергии и повышения пропускной способности железнодорожного транспорта. Для этого применяются различные способы, которые позволяют добиться повышения пропускной способности.

Способ установки ёмкостной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторных установок. Упк, имеющая ёмкостное сопротивление, подключается последовательно с тяговой нагрузкой, которая имеет индуктивное сопротивление, за счет этого происходит снижение общего реактивного сопротивления, которое позволяет уменьшить потери напряжения, соответственно повысить уровень напряжения в сети.

Также применяется включение трансформаторов в параллельную работу. Представляет собой одновременное подключение двух трансформаторов на одноименные выводы обмоток. Снижение потерь с помощью этого способа происходит за счет снижения сопротивления трансформаторов, тем самым повышая уровень напряжения.

Кроме того, изменение параметров контактной сети будет являться одним из способов повышения пропускной способности. К таким параметрам относятся расстояние между контактными проводниками и материал проводников.

При увеличении сечения контактного провода происходит уменьшение падения напряжения на контактной сети, что позволяет увеличить пропускную способность системы.

Описание проблемной ситуации и постановка задачи

С каждым годом экономика страны растет, вместе с ней растут и количества грузоперевозок. Участок железной дороги не может справиться с большим объёмом грузов ещё и за короткий промежуток времени из-за различных проблем. Одной из них является низкая пропускная способность системы тягового электроснабжения. Пропускная способность - это наибольшее количество поездов, которые могут проследовать по участку железной дороги в зависимости от мощности тяговых подстанций и напряжения на токоприемнике подвижного состава. Одним из проблемных участков с низкой пропускной способностью является участок Сл-Ул-Уд. Профиль участка представлен на рисунке 1.

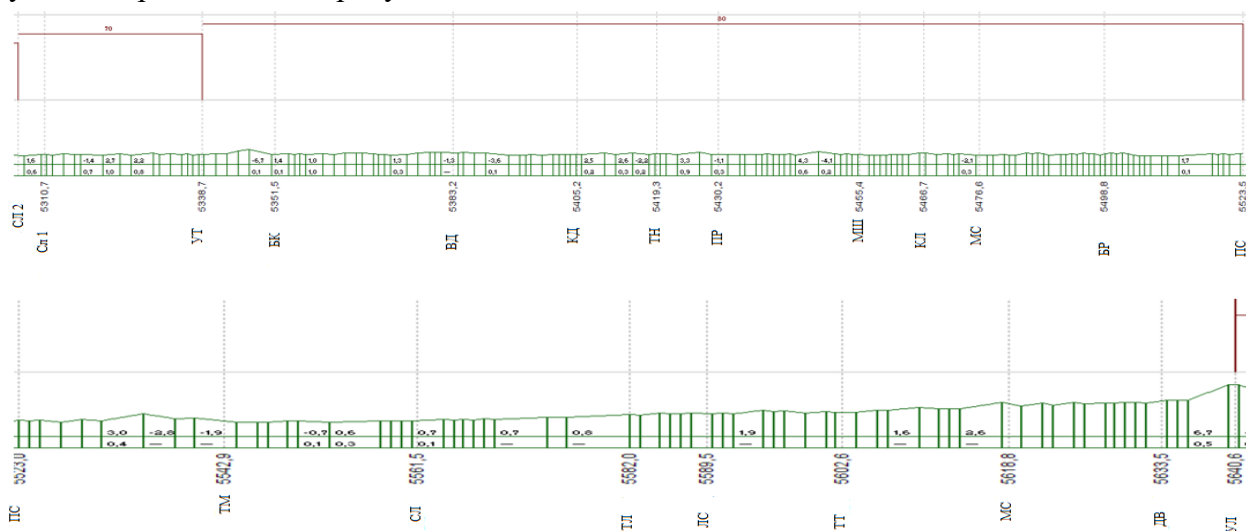


Рис. 1. Профиль пути участка Слюдянка-Улан-Удэ
Имеющиеся объекты на участке представлены в таблице 2.

Таблица 2- объекты на участке Сл-Ул-Уд

Тип объекта и его наименование	Тип СТ	Количество СТ	координата
ЭЧЭ Адр	ТДТНЖ-40000/110-71-У1	1	5273
ЭЧЭ Анг	ТДТНЖ-40000/110-71-У1		5285
ЭЧЭ Сл	ТДТНЖ-40000/110-71-У1	1	5305,1
ПС Ут			5338,2
ЭЧЭ Бк	ТДТНЖ-40000/220-71-У1	1	5352,6
ПС Мр			5364,7
ЭЧЭ Вд	ТДТНЖ-40000/220-71-У1	1	5384
ПС Кд			5406,1
ЭЧЭ Пр	ТДТНЖ-40000/220-71-У1	1	5429,5
ПС Мш			5454,5
ЭЧЭ Мс	ТДТНЖ-40000/220-71-У1	1	5478,7
ПС Бр			5499,7
ЭЧЭ Пс	ТДТНЖ-40000/220-71-У1	1	5522,5
ПС Тм			5542,5
ЭЧЭ Сг	ТДТНЖ-40000/110-71-У1	1	5562,5
ПС Тл			5582,9
ЭЧЭ Ттр	ТДТНЖ-40000/110-71-У1	1	5609,4
ПС Мст			5620,2
ПС Ул-Уд			5639

На схеме участка (Рис.2.), учитывая систему интервального регулирования движения поездов, рекомендуется пропускать поезда следующей массы:
 – с учетом системы пакет, состоящий из шести поездов весом 3600 тонн с межпоездным интервалом 6 минут в нечетном направлении, в четном два поезда весом 6000 тонн, далее два поезда массой 7000 тонн и два поезда 6000 тонн с межпоездным интервалом 6 минут (Рис. 3).

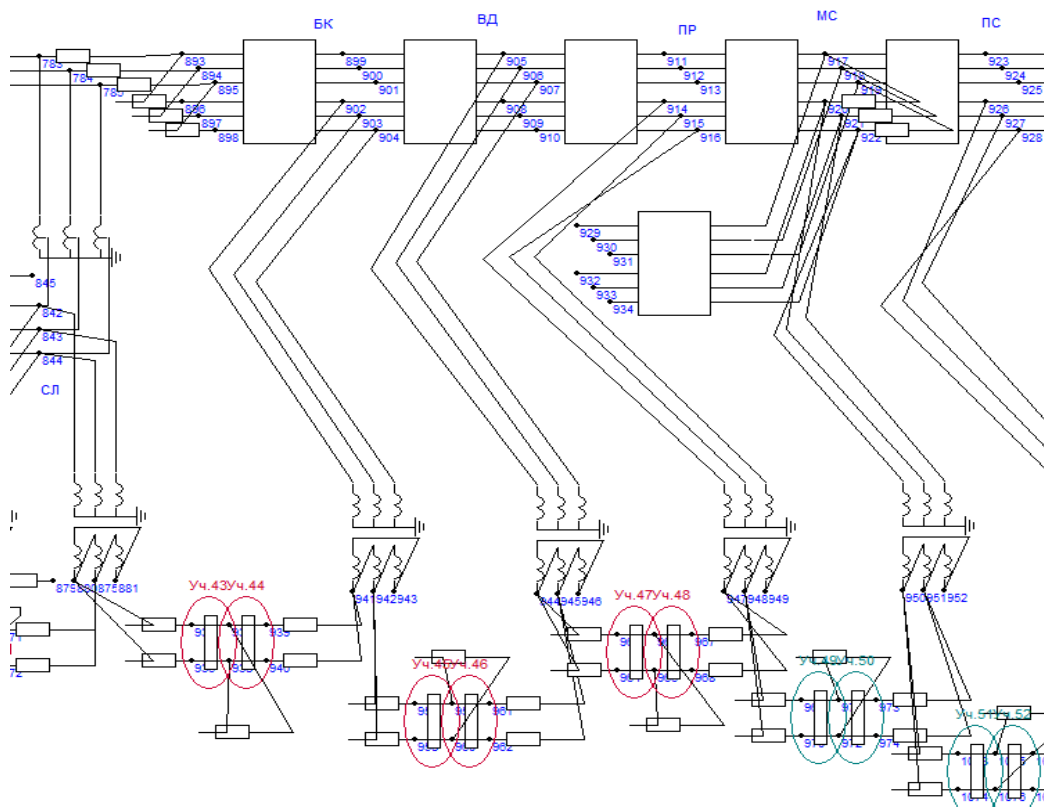


Рис.2. Схема участка Слюдянка-Улан-Удэ

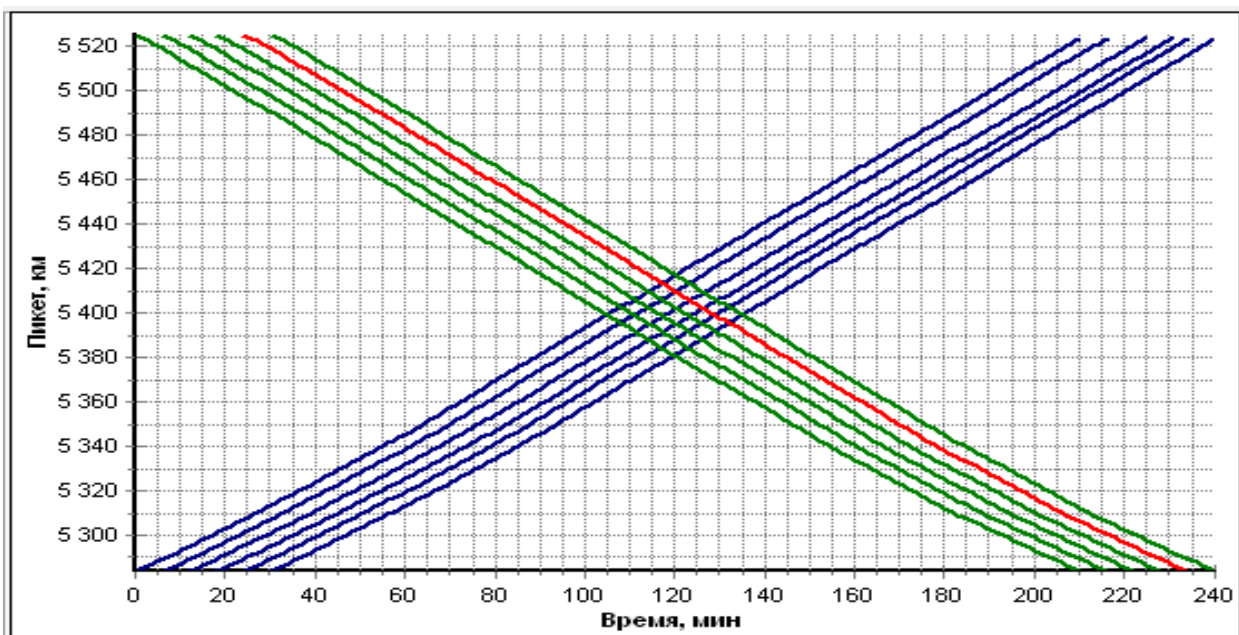


Рис.3. График движения с учетом системы интервального регулирования движения поездов

После проведения расчетов в программном комплексе Fazanord выявлены 4 проблемных места на участке (Рис. 4). Минимальные значения напряжения представлены в таблице 1.

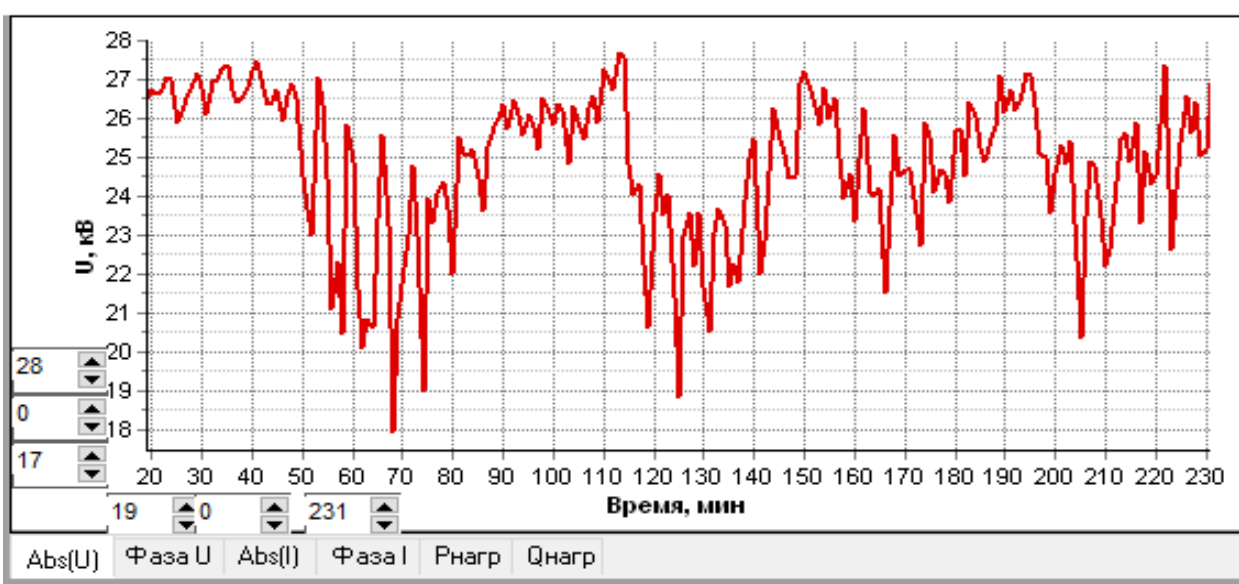


Рис.4. График изменения напряжения до усиления

Таблица 1 – Полученные значения напряжения на проблемных участках

Название участка	U _{min.кв} , кВ
Сл-Ут	20,18
Вд-Кд	20,32
Кд-Тн	19,22
Мс-Бр	20,37

Анализируя таблицу 1, можно сделать вывод о том, что система тягового электроснабжения на данных перегонах нуждается в усилении.

Предложения практического решения поставленной задачи

На первом этапе усиления было решено изменить параметры контактной сети. На всех проблемных участках установлена контактная сеть с несущим тросом марки ПБСМ-70 и контактным проводом МФ-100. Было принято решение заменить несущий трос на трос марки М-120 и контактный провод на провод марки 2МФ-100 на участках Сл-Ут, Вд-Кд, Кд-Тн, Мс-Бр. После проведения данного мероприятия получены следующие результаты (Рис. 5).

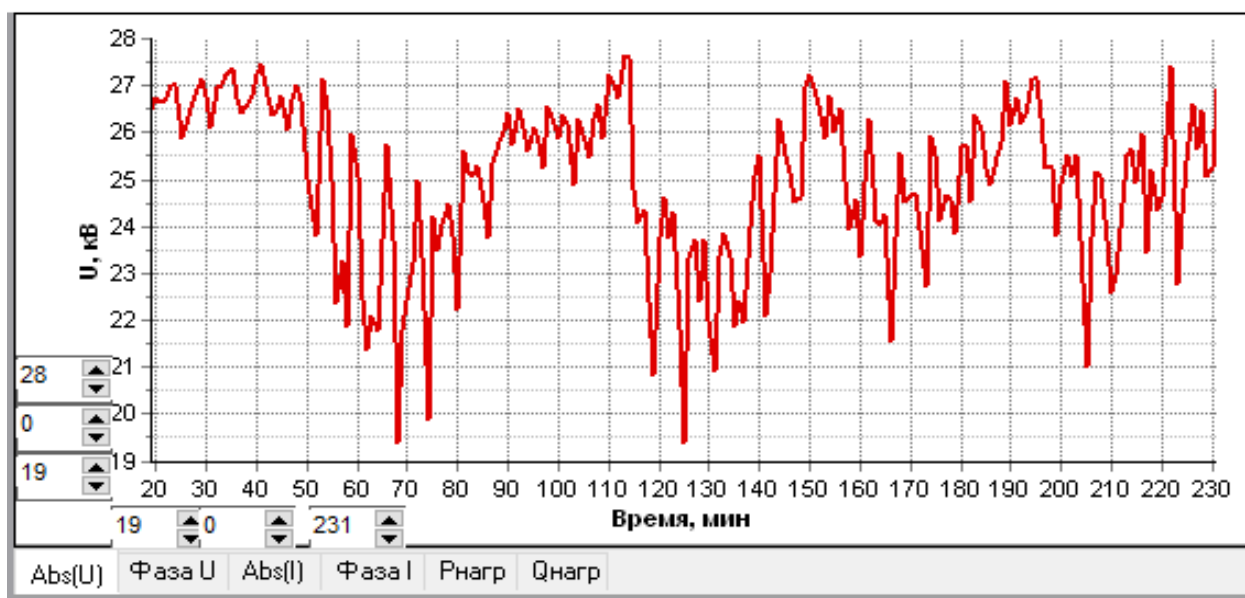


Рис.5. Результат проведения расчетов после изменения параметров контактной сети

На Рисунке 5 видно, что изменение параметров контактной сети позволило увеличить напряжение, но достигнутое значение не входит в пределы допустимых. Проведение данного мероприятия позволило увеличить значения напряжения на всех участках примерно на 0,5 кВ. Поэтому можно сделать вывод, что данный способ усиления не удовлетворяет условиям, так как значения не достигают минимально допустимых.

Следующей мерой повышения уровня напряжения стало включение трансформаторов на тяговых подстанциях Сл, Вд, Пр, Мс в параллельную работу (Рис.5).

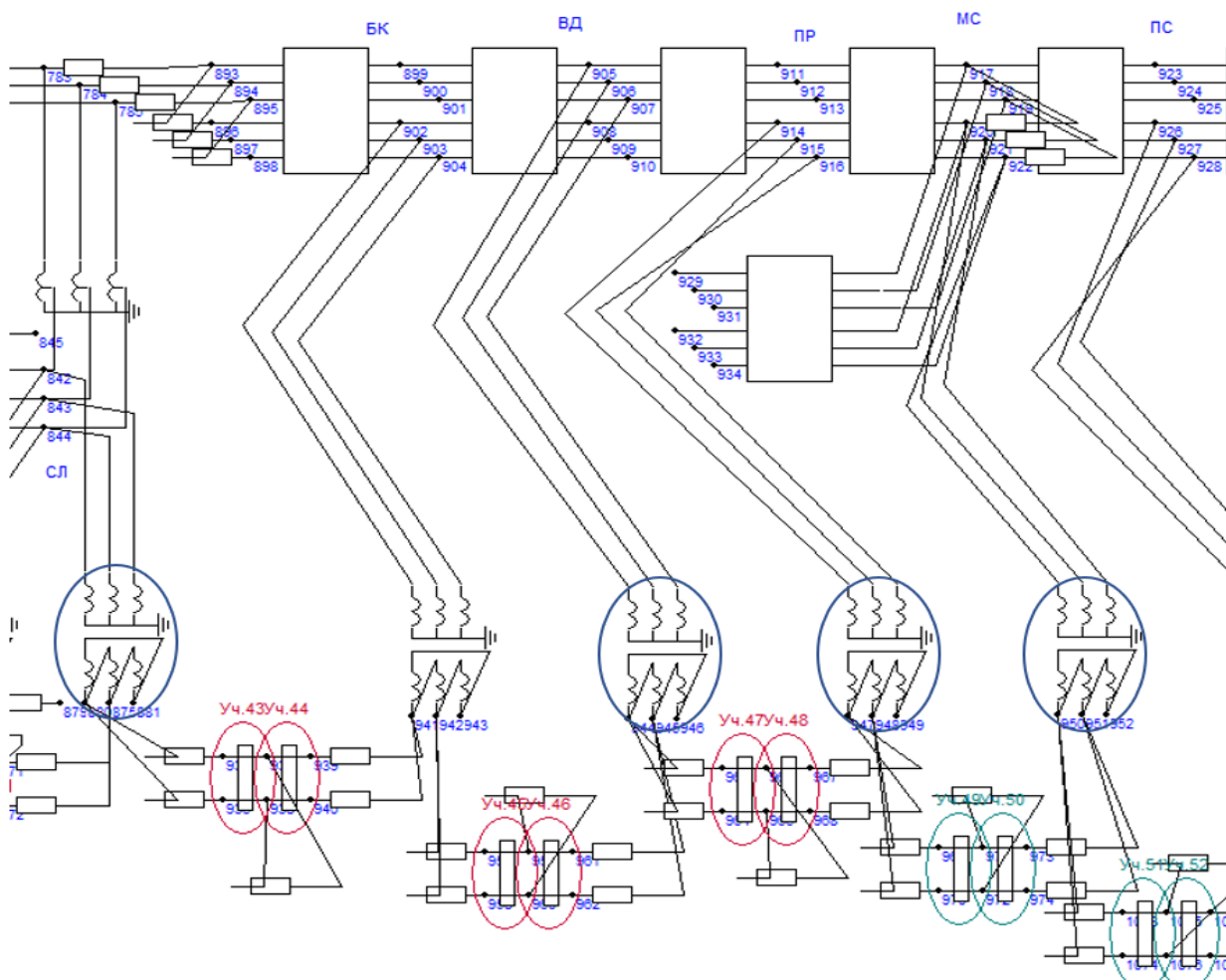


Рис.6. Места проведения второго способа усиления

После проведения данного мероприятия получены следующие результаты на проблемных участках (Рис.7).

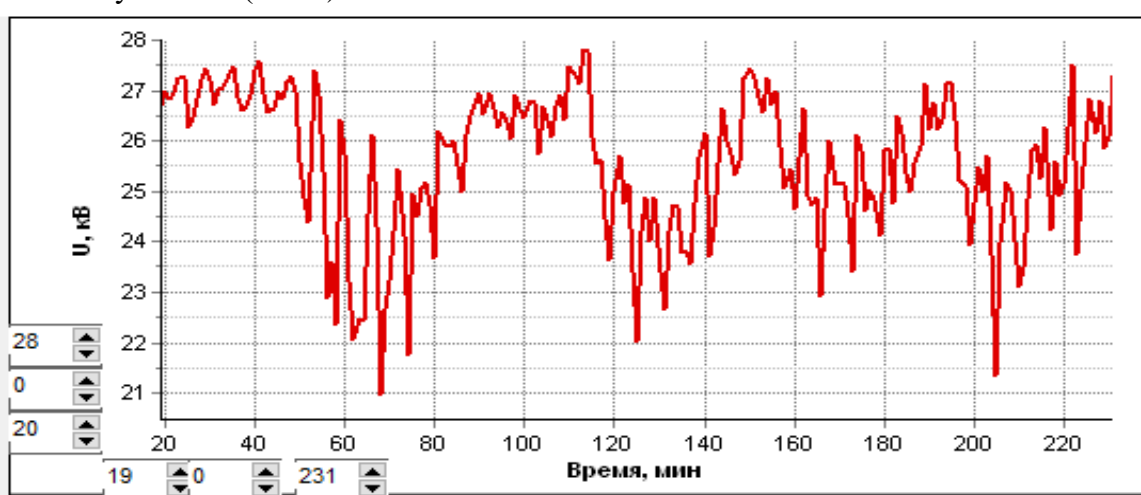


Рис.7. График изменения напряжения после введения трансформаторов в параллельную работу

После проведения данного мероприятия из графиков напряжения видно, что на всех перегонах, кроме Сл-Ут, значение напряжения вошло в пределы допустимых значений.

Третьим способом усиления стала установка УПК мощностью 9,6 МВАр на тяговых подстанциях проблемных участков (Рис.8).

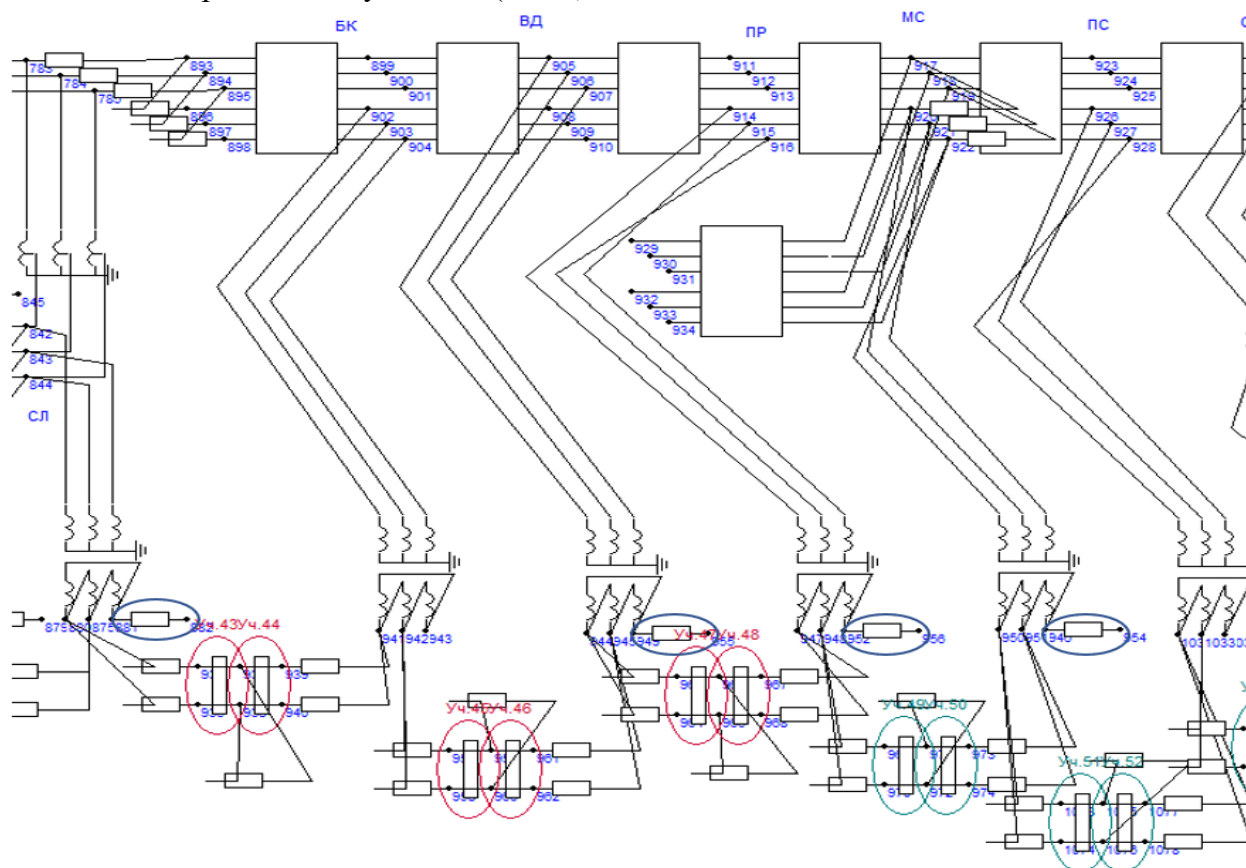


Рис. 8. Места установки УПК на участке

На каждом проблемном участке УПК будет включаться в отсос. Получены следующие значения напряжений на проблемных участках (Рис.9).

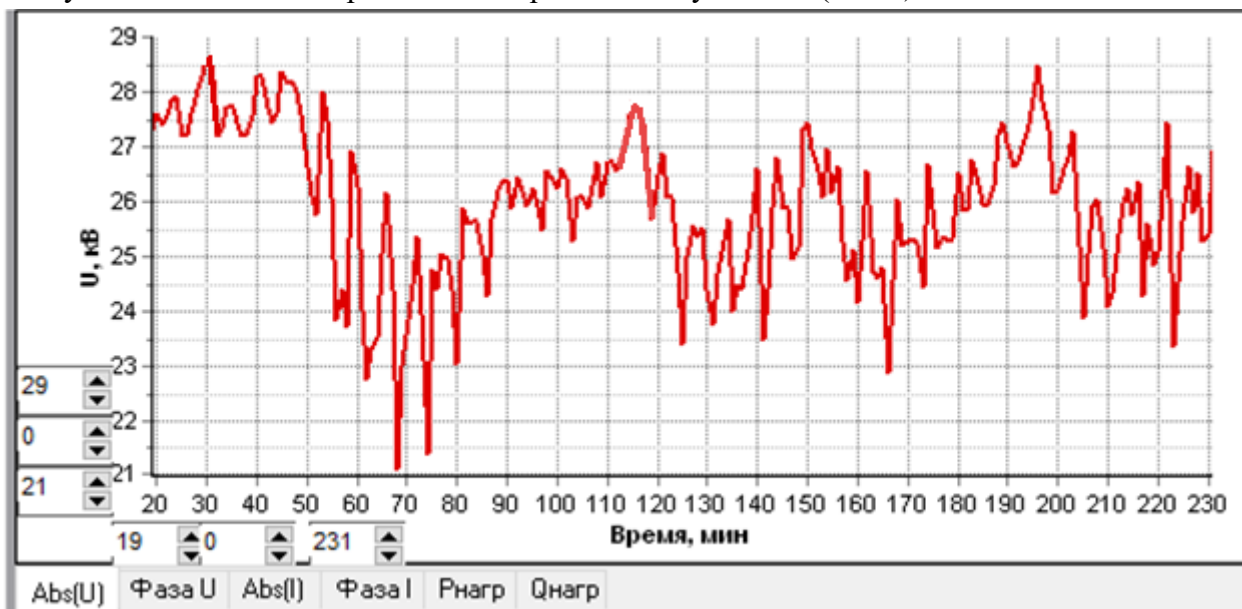


Рис.9. Результаты расчета после установки УПК

Как видно из графика, установка УПК позволила повысить напряжение до допустимых значений. Исходя из этого можно сделать вывод о том, что данный способ является самым эффективным из всех предложенных ранее.

В таблице 3 представлены все полученные значения напряжений при каждом способе усиления.

Таблица 3 – Результаты расчетов при различных способах усиления

Участок	Способы усиления			
	Исходные	Контактная сеть	Включение трансформаторов в параллель	УПК
	U _{min.кв} , кВ			
Сл-Ут	20,18	20,60	20,90	21,14
Вд-Кд	20,32	20,80	23,55	27,70
Кд-Тн	19,22	20,90	22,60	27,30
Мс-Бр	20,37	20,10	21,40	23,80

При построении гистограммы (Рис. 10), можно сделать вывод о том, что самым эффективным способом усиления участка является установка УПК.

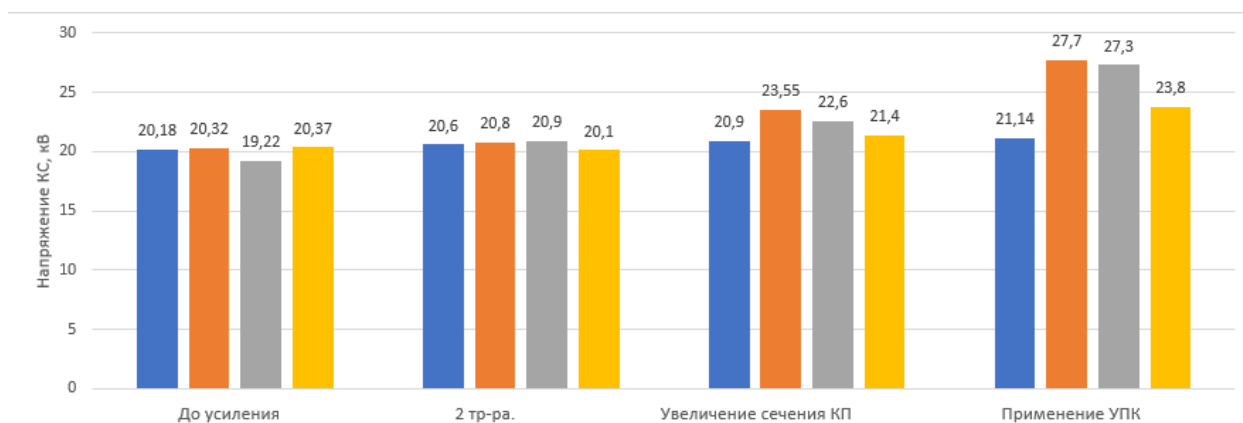


Рис.10. Гистограмма напряжения на проблемных участках

Заключение

В результате анализа пропускной способности участка, учитывая пропуск поездов с помощью современной системы интервального регулирования, было выявлено, что требуется усиление данного участка. Это обусловлено проблемами в системе электроснабжения, которые возникают при пропуске пакета тяжеловесных поездов с интервалом в 8-10 минут, в частности – низким напряжением в контактной сети.

После проведения всех мероприятий сделан вывод о том, что единственный из всех способ повышения напряжения, которые входят в предел допустимого значения это использование УПК. Этот способ усиления СТЭ является технически выгодным и эффективным среди всех предложенных выше.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пузина Е.Ю. Оборудование и аппаратура электроустановок: практикум -Иркутск: ИрГУПС,2017. – 124с.
2. Пузина Е.Ю. Аппаратура тяговых и трансформаторных подстанций: учеб. пособие – Иркутск: ИрГУПС, 2017.- 180с.
3. Почапаевец В.С. Электрические подстанции: Учеб. Для техникумов и колледжей ж.-д. транспо – М.: Желдориздат, 2001. – 512 с.
4. 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).
5. Пузина Е.Ю. Усиление системы тягового электроснабжения участка Ния-Киренга ВСЖД/ Электрификация и развитие инфраструктуры энергообеспечения тяги поездов на железнодорожном транспорте. материалы Шестого Международного симпозиума "Элтранс-2011". 2013. С. 464-468.
6. Капранов П.А.. Реконструкция районов электрических сетей с целью снижения потерь мощности. / П.А. Капранов, Е.Ю. Пузина. / Изд.: Ростовский государственный университет путей сообщения (Ростов-на-Дону). 2020. - 113-116 с.

REFERENCES

1. Puzina E.Yu. Equipment and equipment of electrical installations: practicum -Irkutsk: IrGUPS, 2017. – 124s.
2. Puzina E.Yu. Apparatus of Traction and transformer substations: textbook. manual – Irkutsk: IrGUPS, 2017.- 180с.
3. By chapaevets V.S. Electrical substations: Textbook. For technical schools and colleges zh.-D. transpyu – М.: Zheldorizdat, 2001. – 512 p.
4. Kutsyi 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. Electronic scientific journal // Young Science of Siberia. 2022, № 2(16).
5. Puzina E.Yu. Strengthening of the traction power supply system of the Nia-Kirenga section of the VSZHD/ Electrification and development of the infrastructure for power supply of train traction on railway transport. Proceedings of the Sixth International Symposium "Eltrans-2011". 2013. pp. 464-468.
6. Kapranov P.A. Reconstruction of areas of electric networks in order to reduce power losses. / P.A. Kapranov, E.Yu. Puzina. / Ed.: Rostov State University of Railways (Rostov-on-Don). 2020. - 113-116 p

Информация об авторах

Чернышев Владислав Вячеславович – студент 4 курса специальности «Электроснабжение железных дорог», Иркутский Государственный Университет Путей Сообщения, г. Иркутск, email: vladchernyshev6703@gmail.com

Денисенко Алексей Алексеевич – студент 4 курса специальности «Электроснабжение железных дорог», Иркутский Государственный Университет Путей Сообщения, г. Иркутск, email: alexey.iceberg65@gmail.com

Пузина Елена Юрьевна – к. т. н., доцент кафедры Электроэнергетика транспорта, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, к. т. н., доцент кафедры электроснабжения и электротехники, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, e-mail: lena-rus05@mail.ru

Authors

Chernyshev Vladislav Vyacheslavovich – 4th year student of the specialty "Electric power supply of railways", Irkutsk State University of Railways, Irkutsk, email: vladchernyshev6703@gmail.com

Denisenko Alexey Alexeevich – 4th year student of the specialty "Electric power supply of railways", Irkutsk State University of Railways, Irkutsk, email: alexey.iceberg65@gmail.com

Puzina Elena Yur'evna – Ph.D. in Engineering Science, Assoc. Prof. at the Subdepartment of Electric Power Industry of Transport, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Ph.D. in Engineering Science, Assoc. Prof. at the Subdepartment of Power Supply and Electrical Engineering, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, e-mail: lena-rus05@mail.ru