

Д.М. Дорофеев<sup>1</sup>, Е.Ю. Пузина<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

<sup>2</sup> Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

## ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ АБТЦ-МШ И ВСЦ НА УЧАСТКЕ ЮРТЫ-НИЖНЕУДИНСК

**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 т с применением современных систем интервального регулирования АБТЦ-МШ и ВСЦ.

Целью данной статьи является анализ пропускной способности участка Юрты – Нижнеудинск Восточно-Сибирской железной дороги с целью выявления проблемных зон на участках системы тягового электроснабжения и разработка технических предложений по усилению системы тягового электроснабжения и, при необходимости, системы внешнего электроснабжения. На основании результатов компьютерного моделирования системы электроснабжения исследуемого участка и полученных результатов расчета параметров нормального режима работы систем тягового и внешнего электроснабжения предложено произвести необходимое техническое перевооружение системы электроснабжения на участке Юрты – Нижнеудинск для обеспечения пропуска тяжеловесных поездов массой 7100 т с учетом перспективных размеров движения на 2025 год.

В статье рассмотрены одиночные и комбинированные варианты усиления систем внешнего и тягового электроснабжения на исследуемом участке. По результатам расчета выбран их оптимальный комбинированный способ усиления при использовании современных систем интервального регулирования. Также в статье приведена сравнительная оценка полученных результатов для систем ВСЦ и АБТЦ-МШ.

**Ключевые слова:** анализ пропускной способности, системы внешнего тягового электроснабжения, система интервального регулирования.

D.M. Dorofeev<sup>1</sup>, E.Yu. Puzina<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

<sup>2</sup> Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, the Russian Federation

## INTRODUCTION OF MODERN SYSTEMS OF INTERVAL REGULATION ABTC-MSH AND VCC IN THE YURTS-NIZHNEUDINSK SECTION

**Abstract.** The increase in traffic volumes and the rapidly growing freight traffic lead to an increase in the length of railway sections with insufficient capacity. Therefore, Russian Railways is carrying out systematic work to improve the efficiency of cargo transportation. The program for the development of the Eastern range provides for measures to ensure the passage of trains weighing 7100 tons using modern interval control systems ABTTs-MSH and VTSS.

The purpose of this article is to analyze the capacity of the Yurta – Nizhneudinsk section of the East Siberian Railway in order to identify problem areas in sections of the traction power supply system and develop technical proposals for strengthening the traction power supply system and, if necessary, the external power supply system. Based on the results of computer modeling of the power supply system of the study area and the results of calculating the parameters of the normal operation of the traction and external power supply systems, it is proposed to carry out the necessary technical re-equipment of the power supply system in the Yurta - Nizhneudinsk section to ensure the passage of heavy trains weighing 7100 tons taking into account the prospective size of the movement for 2025.

The article considers single and combined options for strengthening the systems of external and traction power supply in the study area. Based on the results of the calculation, their optimal combined method of amplification was chosen using modern systems of interval control. The article also provides a comparative assessment of the results obtained for the VCC and ABTC-MSH systems.

**Key words:** capacity analysis, external traction power supply systems, interval control system.

### Введение

Одним из основных направлений повышения эффективности перевозочного процесса в железнодорожной транспортной системе на сегодняшний день является разработка технологий интервального регулирования АБТЦ-МШ и ВСЦ, использование которых потенциально

может увеличить объем грузоперевозок, сократить интервал попутного движения поездов, а также увеличить пропускную и провозную способности железнодорожных линий [1-4].

Возможность внедрения современных систем рассмотрена на участке Юрты – Нижнеудинск Восточно-Сибирской железной дороги. При внедрении данных систем межпоездной интервал сократится до 6-8 минут, что значительно повлияет на существующие систему тягового электроснабжения (СТЭ) и систему внешнего электроснабжения (СВЭ), поэтому необходимо проверить потребность технического перевооружения устройств электроснабжения исследуемого участка [5-11].

### **Принцип работы систем «виртуальная сцепка» и АБТЦ-МШ**

АБТЦ-МШ - это микропроцессорная автоблокировка с тональными рельсовыми цепями с централизованным размещением аппаратуры в шкафном варианте.

Система выполняет следующие функции:

- контроль проследования поезда;
- автоматическая диагностика устройств системы с регистрацией отказов;
- взаимодействие с другими устройствами и системами СЦБ;
- передача извещения в систему переездной сигнализации и контроль за ее работой;
- организация и обеспечение безопасности движения поездов на участках с применением подвижных блок-участков;
- формирование и передача на локомотив информации о поездной ситуации по каналам автоматической локомотивной сигнализации;
- контроль свободности и занятости (целостности) рельсовых цепей);

Технология виртуальной сцепки, далее по тексту ВСЦ, - это движение пакета поездов (для начала – сдвоенной пары) на минимально безопасном расстоянии с отслеживанием информации между ними по цифровому радиоканалу. Технология исключает дополнительные затраты времени на формирование тяжеловесных и соединенных составов, кроме того сокращаются потери времени при обгонах в случае неисправности подвижного состава в пути следования.

Технология виртуальной сцепки позволяет:

- повысить производительность направления т/км в сутки на 10 – 15 %;
- увеличить пропускную способность направления на 10 – 15 % (в зависимости от обеспечения энергетикой и насыщенности графика движения);
- исключить занятость станционных путей и перегонов, связанную с действиями по физической сцепке сдвоенных поездов;
- оперативно виртуально формировать сдвоенные поезда в больших количествах на участках и перегонах, где проводятся работы в «окнах», повышая пропуск поездов в единицу времени;
- оперативно и мобильно действовать при обгонах пассажирскими поездами и в случае технических неисправностей.

### **Характеристика исследуемого участка**

Расчетный участок Юрты – Нижнеудинск характеризуется сложным горным профилем с затяжными подъемами в зонах Тайшет – Облепиха и Ук – Нижнеудинск, максимальная высота уклона которых, составляет 7,2 ‰ протяженностью 6 км и 8,2 ‰ протяженностью 17 километров соответственно.

Профиль пути показан на рис. 1.

Для анализа пропускной способности в ПВК Fazonord смоделированы графики движения с учетом систем ВСЦ и АБТЦ-МШ:

- с учетом системы АБТЦ-МШ пакет, состоящий из восьми поездов весом 7100 т с межпоездным интервалом 6 минут в четном направлении и поездов весом 3100 т с межпоездным интервалом 12 минут в нечетном направлении (рис. 2);

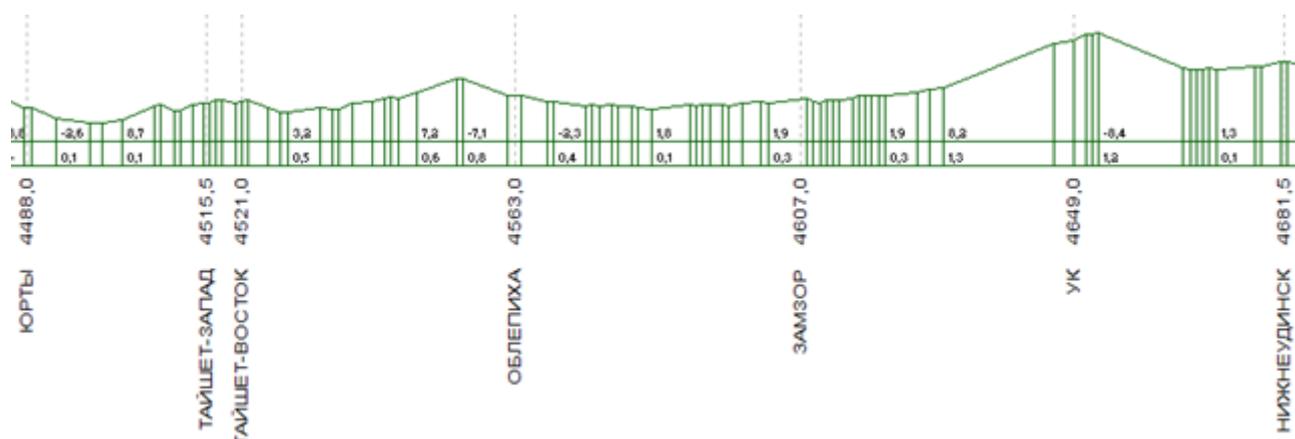


Рис. 1. Профиль пути участка Юрты – Нижнеудинск

– в четном направлении – три поезда массой 6100 тонн, движущихся с интервалом 8 минут, далее два поезда массой 7100 тонн, движущихся по ВСЦ с интервалом 6 минут и следом три поезда массой 6100 тонн, движущихся с интервалом 8 минут, в нечетном направлении – поезда массой 3100 тонн, движущиеся с интервалом 12 минут (рис. 3);

Результаты проведенного расчета до усиления СТЭ и СВЭ с учетом систем АБТЦ-МШ и ВСЦ представлены в таблицах 1, 2, 3.

Таблица 1 – Полученные данные в нормальном режиме с учетом систем ВСЦ и АБТЦ-МШ

Режим	Данные поездов по направлению	Минимальное напряжение в контактной сети $U_{\text{minкс}}$ , кВ		Максимальный ток проводов контактной сети $I_{\text{кс max}}$ , А	
		АБТЦ-МШ	ВСЦ	АБТЦ-МШ	ВСЦ
Нормальный режим	Четный	17,1	18,2	893,3	851,3
	Нечетный	19,8	20,3	375,2	360,2

Таблица 2 – Коэффициенты загрузки силовых трансформаторов тяговых подстанций в нормальном режиме с учетом систем ВСЦ и АБТЦ-МШ

Тяговые трансформаторы на подстанциях	Коэффициент загрузки трансформатора $k_3$	
	АБТЦ-МШ	ВСЦ
Тайшет	0,87	0,85
Облепиха	0,73	0,70
Замзор	1,93	1,89
Ук	1,52	1,49
Нижнеудинск	1,63	1,61

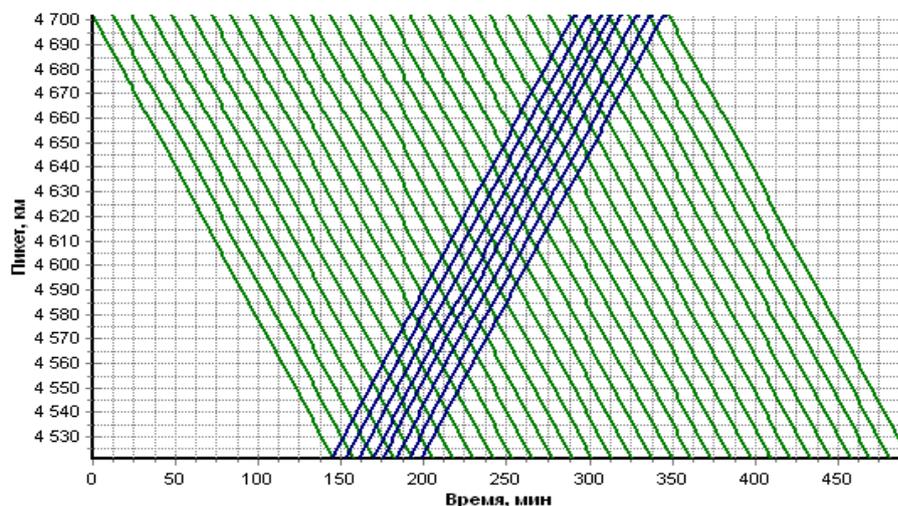


Рис. 2. Моделируемый график движения с учетом системы ВСЦ

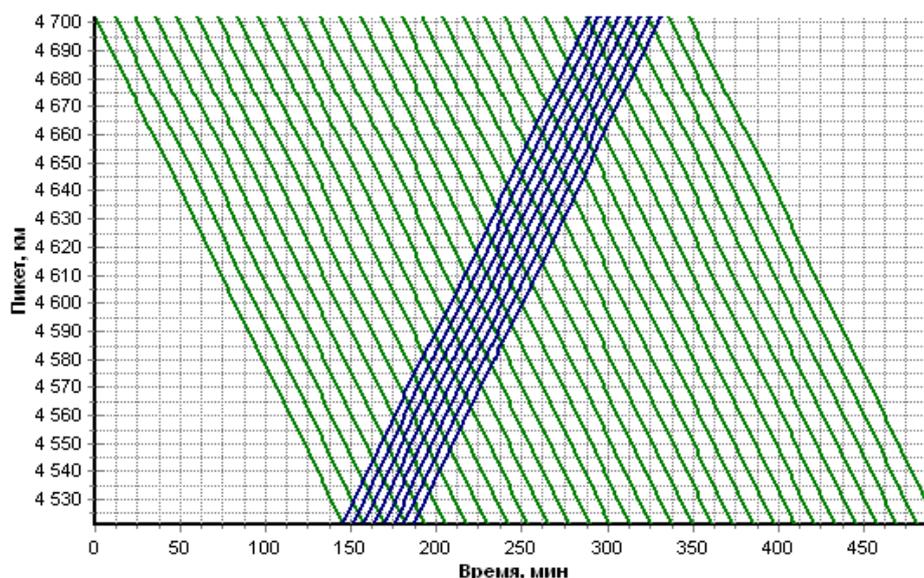


Рис. 3. Моделируемый график движения с учетом системы АБТЦ-МШ

Таблица 3 – Показатели несимметрии напряжения в нормальном режиме с учетом систем АБТЦ-МШ и ВСЦ

Тяговая подстанция	K <sub>2U</sub> , %	Нормальный режим	
		АБТЦ-МШ	ВСЦ
Тайшет	Сред, %	0,66	0,75
	Макс, %	2,79	3,66
	T1, %	2,9	4
	T2, %	0	0
Облепиха	Сред, %	2,35	2,74
	Макс, %	8,65	10,48
	T1, %	43,3	61,5
	T2, %	14,3	15,3
Замзор	Сред, %	2,45	2,77
	Макс, %	10,15	10,92
	T1, %	43,7	69,9
	T2, %	15	17,9
Ук	Сред, %	3,1	3,16
	Макс, %	15,14	11,4
	T1, %	62,3	66,2
	T2, %	23,3	24,3
Нижеудинск	Сред, %	2,69	2,74
	Макс, %	10,17	10,34
	T1, %	60,5	60,6
	T2, %	17,7	15,7

При анализе пропускной способности для схемы питания без усиления по системам ВСЦ и АБТЦ-МШ можно сказать, что обеспечить заданный минимальный межпоездной интервал не удастся, напряжение в контактной сети составляет 18,2 кВ и 20,3 кВ для поездов четного и нечетного направления по системе ВСЦ, и по системе АБТЦ-МШ – соответственно, 17,1 кВ и 19,8 кВ. Так же по результатам расчета видим, что ток контактной сети превышает предельно допустимое значение по системе АБТЦ-МШ, по ВСЦ близится к предельно допустимому. Качество электрической энергии по коэффициенту несимметрии напряжения по обратной последовательности не соответствует ГОСТ-32144-2013.

Следовательно, можно сделать вывод, что необходимо провести усиление СТЭ и СВЭ исследуемого участка.

## Предложения по усилению СТЭ и СВЭ

Авторами выполнено исследование эффективности нескольких вариантов усиления.

В варианте №1 предлагается использовать следующие средства усиления: установка автотрансформатора (АТ) на ТП Замзор, установка третьего дополнительного СТ на ТП Тайшет, Облепиха, Замзор, Ук, Нижнеудинск с целью включения двух других на параллельную работу, изменение мощности КУ до 6,9 МВАр на посту секционирования Камышет, изменение мощности УПК до 14,4 МВАр на ТП Облепиха, Ук, Нижнеудинск.

В варианте №2 предлагается: установка батареи статических конденсаторов (БСК) 25 МВАр на ТП Нижнеудинск, установка третьего дополнительного СТ на ТП Тайшет, Облепиха, Замзор, Ук, Нижнеудинск с целью включения двух других на параллельную работу, изменение мощности КУ 6,9 МВАр на посту секционирования Камышет, изменение мощности УПК до 14,4 МВАр на ТП Облепиха, Ук, Нижнеудинск

Результаты расчета нормального режима работы СТЭ по предложенным вариантам усиления с представлены в таблицах 4, 5, 6, 7.

Таблица 4 - Полученные данные в нормальном режиме с учетом систем ВСЦ и АБТЦ-МШ

Режим	Направление движения	Без усиления		АТ+СТ+КУ+УПК		БСК+ СТ+КУ+УПК	
		ВСЦ	АБТЦ-МШ	ВСЦ	АБТЦ-МШ	ВСЦ	АБТЦ-МШ
Параметры							
U <sub>минкс</sub> , кВ	Четное	18,2	17,1	22,6	22,1	23,4	22,8
	Нечетное	20,3	19,8	22,8	22,6	22,4	22,9
I <sub>кс max</sub> , А	Четное	911,3	851,3	803,9	690,4	781,7	667,8
	Нечетное	300,2	375,2	245,1	312,7	243,1	309,7

Таблица 5 - Сравнение тока ВЛ при комбинированных вариантах усиления для систем АБТЦ – МШ и ВСЦ

Нормальный режим	Участок с максимальным током на ВЛ	Максимальный ток ВЛ I <sub>вл</sub> , А	
		АБТЦ-МШ	ВСЦ
Без усиления схемы	Водопад - Нижнеудинск	498,7	490,9
АТ+СТ+КУ+УПК	Водопад - Нижнеудинск	392,1	385,1
БСК+СТ+КУ+УПК	Водопад - Нижнеудинск	359,2	343,1

Таблица 6 – Сравнение коэффициентов загрузки трансформаторов при комбинированных вариантах усиления для систем АБТЦ – МШ и ВСЦ

Режим	Коэффициент загрузки трансформатора k <sub>з</sub>					
	Без усиления		АТ+СТ+КУ+УПК		БСК+ СТ+КУ+УПК	
	АБТЦ-МШ	ВСЦ	АБТЦ-МШ	ВСЦ	АБТЦ-МШ	ВСЦ
Наименование ТП						
Тайшет	0,87	0,85	0,51	0,50	0,49	0,48
Облепиха	0,73	0,70	0,50	0,49	0,50	0,49
Замзор	1,89	1,89	1,31	1,31	1,29	1,27
Ук	1,49	1,49	0,98	0,98	0,95	0,93
Нижнеудинск	1,61	1,61	1,02	1,02	1,01	0,93

Таблица 7 – Сравнение показателей несимметрии напряжения на шинах питающего напряжения тяговых подстанций при комбинированных вариантах усиления для систем АБТЦ – МШ и ВСЦ

Наименование ТП	K <sub>2U</sub> , %	Без усиления		АТ+СТ+КУ+УПК		БСК+ СТ+КУ+УПК	
		АБТЦ-МШ	ВСЦ	АБТЦ-МШ	ВСЦ	АБТЦ-МШ	ВСЦ
Тайшет	Сред, %	0,66	0,75	0,45	0,43	0,44	0,41
	Макс, %	2,79	3,66	1,95	1,97	1,97	1,91
	T1, %	2,9	4	0	0	0	0
	T2, %	0	0	0	0	0	0
Облепиха	Сред, %	2,35	2,74	1,97	1,94	1,96	1,91
	Макс, %	8,65	10,48	3,99	3,98	3,79	3,89
	T1, %	43,3	61,5	25,5	27,51	26,1	26,19
	T2, %	14,3	15,3	0	0	0	0
Замзор	Сред, %	2,45	2,77	1,87	1,75	1,86	1,73
	Макс, %	10,15	10,92	3,95	3,91	3,91	3,71
	T1, %	43,7	69,9	0	14,2	0	13,7
	T2, %	15,0	17,9	0	0	0	0
Ук	Сред, %	3,1	3,16	1,71	1,69	1,69	1,65
	Макс, %	15,14	11,4	4,25	4,31	4,19	4,12
	T1, %	62,3	66,2	30,15	25,67	32,71	23,67
	T2, %	23,3	24,3	12,1	12,05	7,1	9,14
Нижнеудинск	Сред, %	2,69	2,74	1,89	1,75	1,78	1,63
	Макс, %	10,17	10,34	3,91	3,95	3,97	3,89
	T1, %	60,5	60,6	30,7	29,79	31,84	26,41
	T2, %	17,7	15,7	9,12	8,53	8,78	8,18

Далее на рисунках 4, 5 и 6 наглядно видим изменения контролируемых параметров режима работы при использовании системы АБТЦ – МШ и ВСЦ.

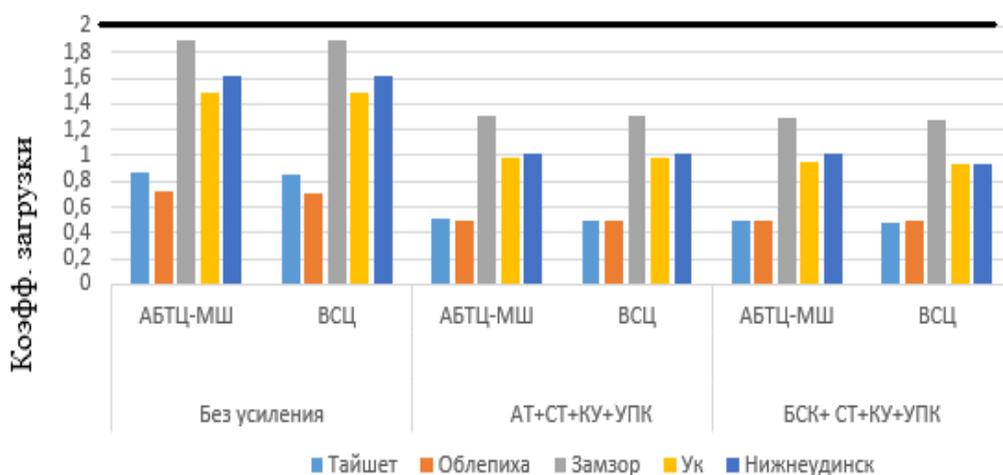


Рис. 4. Гистограмма изменения коэффициента загрузки СТ при различных комбинированных способах усиления по системе АБТЦ-МШ

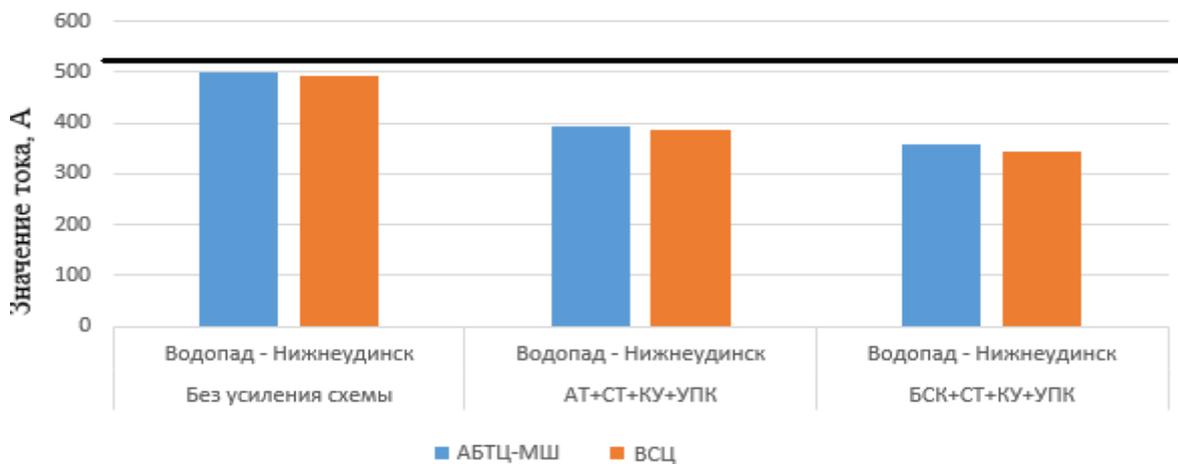


Рис. 5. Гистограмма изменения тока ВЛ на участке Водопад - Нижнеудинск при различных комбинированных способах усиления по системе АБТЦ-МШ

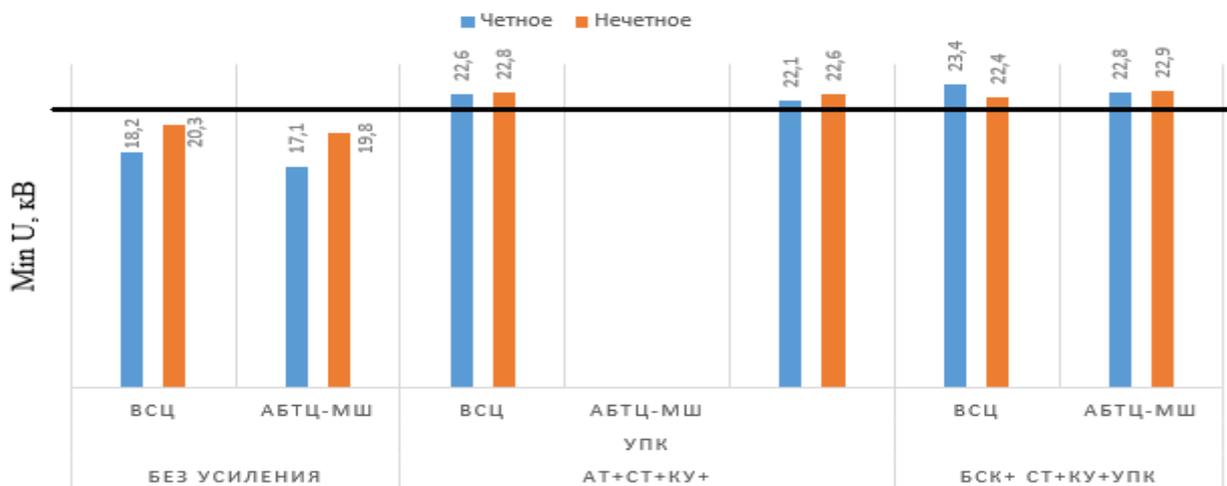


Рис. 6. Гистограмма напряжения контактной сети при различных комбинированных способах усиления по системе АБТЦ-МШ

По результатам расчета видно, что напряжение в контактной сети выше 21 кВ, токи ВЛ и контактной сети не превышают предельно допустимых значений, коэффициенты загрузки СТ не превышают максимально допустимых значений. Значения предельно допустимого и нормально допустимого коэффициентов несимметрии напряжения по обратной последовательности не выходят за нормативные значения на всех тяговых подстанциях, кроме ТП УК, где наблюдается небольшое отклонение от нормативного значения предельно допустимого коэффициента несимметрии напряжения по обратной последовательности, но это отклонение невелико.

Таким образом, разработаны два оптимальных варианта усиления для обеспечения пропуска поездов с минимально допустимым межпоездным интервалам по современным системам интервального регулирования АБТЦ-МШ и ВСЦ для участка Юрты – Нижнеудинск. Наибольшую экономическую эффективность даст второй вариант, поскольку он обладает наименьшим сроком окупаемости – 4,2 года.

### Заключение

В процессе анализа пропускной способности участка Юрты – Нижнеудинск Восточно-Сибирской железной дороги с учетом пропуска поездов по современным системам интервального регулирования определено, что данный участок нуждается в усилении СТЭ и СВЭ, так

как система электроснабжения имеет определенные проблемы при пропуске интенсивного пакета тяжеловесных поездов с интервалом 6-8 минут, а именно, наблюдается низкое напряжение в контактной сети, увеличенные значения коэффициентов несимметрии напряжения по обратной последовательности. Предложено использование комбинированных способов усиления систем внешнего и тягового электроснабжения, внедрение которых приведет к существенному повышению энергоэффективности [12-15] системы электроснабжения исследуемого участка. Более эффективным в экономическом отношении является вариант с установкой автотрансформатора (АТ) мощностью 250000 кВА на ТП Замзор, с установкой третьего дополнительного СТ на ТП Тайшет, Облепиха, Замзор, Ук, Нижнеудинск с целью включения двух других на параллельную работу, при изменении мощности КУ до 6,9 МВАр на посту секционирования Камышет и изменении мощности УПК до 14,4 МВАр на ТП Облепиха, Ук, Нижнеудинск.

### 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, FarEastCon 2020. 2020. С. 9271385.
2. 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. Yue Han, 3. Qiang Gao, Xuebin Li. Research on the Application of Modern Power System Based on Automatic Control Technology. 2015. 4th International Conference on Modeling and Simulation (MAS), IEEE, 2015.
4. C. Li, L. Zhang, J. Sheng and D. Chen, "Research on intelligent load transfer strategy based on distribution automation", 2016 China International Conference on Electricity Distribution (CICED), Xi'an, pp. 13, 2016.
5. Cherepanov A., Kutsiy A. Modeling of tractive power supply systems for heavy-tonnage trains operation// International Russian Automation Conference, RusAutoCon2018. С.8501734.
6. Шевердин И.Н., Шаманов В.И., Трофимов Ю.А. Влияние тяжеловесных поездов на рельсовые цепи и АЛС. Автоматика, связь, информатика. 2004. № 8. С.24.
7. Yue Han, Qiang Gao, Xuebin Li. Research on the Application of Modern Power System Based on Automatic Control Technology. 2015. 4th International Conference on Modeling and Simulation (MAS), IEEE, 2015.
8. 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.
9. Пузина Е.Ю., Туйгунова А.Г., Худоногов И.А. Системы мониторинга силовых трансформаторов тяговых подстанций. Иркутск, 2020. – 184 с.
10. Пузина Е.Ю. Оценка эффективности применения устройств компенсации реактивной мощности на тяговой подстанции Кежемская ВСЖД/Транспорт: наука, образование, производство: труды Международной научно-практической конференции.– Ростов-на-Дону: Изд-во РГУПС, 2016. – С. 229-233.
11. Черепанов А.В., Куцкий А.П. Использование управляемых источников реактивной мощности в системах тягового электроснабжения. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2016. Т. 20. № 9(116). С. 103-110.
12. Grigoriev N.P., Klykov M.S., Tikhomirov V.A., Trofimovich P.N. Reduction of electrical energy losses of power transformer of 25 kV traction substations. IOP Conferens Series: Materials Science and Engineering. 2020. № 760. С. 012060.
13. Королева А.В., Аршинов С.А. К вопросу об энергосбережении на метрополитене. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2013. № 11 (82). С.283-288.
14. Воинова Д.В., Пузина Е.Ю. Повышение эффективности функционирования энергетических объектов муниципальной инфраструктуры. Повышение эффективности

производства и использования энергии в условиях Сибири. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2016. С.170-175.

15. Боброва Ю.М., Пузина Е.Ю. Необходимость активизации энергосбережения в России//Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири/ Материалы Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием. -Иркутск: ИРНТУ, 2016. -Т.2. - С. 142-147.

## 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, FarEastCon 2020. 2020. P. 9271385.

2. Cherepanov A., Kutsiy A. Modeling of tractive power supply systems for heavy-tonnage trains operation// International Russian Automation Conference, RusAutoCon2018. С.8501734.

3. Qiang Gao, Xuebin Li. Research on the Application of Modern Power System Based on Automatic Control Technology. 2015. 4th International Conference on Modeling and Simulation (MAS), IEEE, 2015.

4. C. Li, L. Zhang, J. Sheng and D. Chen, "Research on intelligent load transfer strategy based on distribution automation", 2016 China International Conference on Electricity Distribution (CICED), Xi'an, pp. 13, 2016.

5. Cherepanov A., Kutsiy A. Modeling of tractive power supply systems for heavy-tonnage trains operation// International Russian Automation Conference, RusAutoCon2018. С.8501734.

6. 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.

7. Yue Han, Qiang Gao, Xuebin Li. Research on the Application of Modern Power System Based on Automatic Control Technology. 2015. 4th International Conference on Modeling and Simulation (MAS), IEEE, 2015.

8. 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.

9. Puzina E.Yu., Tuigunova A.G., Khudonogov I.A. Monitoring systems for power transformers of traction substations. Irkutsk, 2020. –184 p.

10. Puzina E.Yu. Evaluation of the effectiveness of the use of reactive power compensation devices at the traction substation Kezhemskaya VSShD / Transport: science, education, production: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. - Rostov-on-Don: RGUPS Publishing House, 2016. - pp. 229 -233.

11. Cherepanov A.V., Kutsyy A. P. The use of controlled reactive power sources in traction power supply systems. Bulletin of the Irkutsk State Technical University. 2016. Vol. 20. No. 9 (116). pp. 103-110.

12. Grigoriev N.P., Klykov M.S., Tikhomirov V.A., Trofimovich P.N. Reduction of electrical energy losses of power transformer of 25 kV traction substations. IOP Conferens Series: Materials Science and Engineering. 2020. № 760. P. 012060.

13. Koroleva A.V., Arshinov S.A. On the issue of energy saving in the subway. Bulletin of the Irkutsk State Technical University. 2013. No. 11 (82). pp.283-288.

14. Voinova D.V., Puzina E.Yu. Improving the efficiency of the functioning of energy facilities of the municipal infrastructure. Increasing the efficiency of production and use of energy in Siberia. Materials of the All-Russian scientific-practical conference with international participation. 2016. pp.170-175.

15. Bobrova Yu.M., Puzina E.Yu. The need to intensify energy conservation in Russia//Improving the efficiency of production and use of energy in Siberia/Materials of the All-Russian. scientific-practical. conf. with international participation. - Irkutsk: IRNITU, 2016. - Vol. 2. - pp. 142-147.

### **Информация об авторах**

*Дорофеев Дмитрий Михайлович* - студент гр. СОД.1-17-1, специальность «Системы обеспечения движения поездов», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск e-mail: [dmitriiirgups@mail.ru](mailto:dmitriiirgups@mail.ru)

*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: [lana-rus05@mail.ru](mailto:lana-rus05@mail.ru)

### **Information about the authors**

*Dorofeev Dmitrii Mihailovich* – student g. SOD.1-17-1, specialty "Train traffic management Systems", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: [dmitriiirgups@mail.ru](mailto:dmitriiirgups@mail.ru)

*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: [lana-rus05@mail.ru](mailto:lana-rus05@mail.ru);