

УСИЛЕНИЕ СИСТЕМЫ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УЧАСТКА ГИДРОСТРОИТЕЛЬ – КОРШУНИХА ВСЖД

Аннотация. Объектом исследования является электрифицированный участок тяговой сети Гидростроитель – Коришуниха Восточно-Сибирской железной дороги.

В связи с планируемым увеличением объема грузоперевозок к 2025 году, по исследуемому участку Гидростроитель – Коришуниха, проведена проверка необходимости усиления системы тягового электроснабжения (СТЭ), с учетом объема грузоперевозок в перспективе, с целью увеличения пропускной способности. Все расчеты проведены в программном комплексе КОРТЭС.

На основании полученных данных проверки системы тягового электроснабжения участка Гидростроитель – Коришуниха Восточно – Сибирской железной дороги можно судить о том, что главным параметром, ограничивающим пропускную способность на данном участке, является напряжение в контактной сети на межподстанционных зонах (МПЗ) Зяба – Кежемская и Кежемская – Видим. Следовательно, СТЭ необходимо усилить.

С целью обеспечения заданной пропускной способности участка Гидростроитель – Коришуниха рассмотрены некоторые возможные способы усиления. В ходе работы выявлены три наиболее эффективных варианта усиления, все они являются комбинированными, так как использование индивидуально рассмотренных вариантов не дало желаемых результатов. В контактной сети отсутствует нагрев проводов, поэтому усиливать контактную подвеску нецелесообразно, данный вариант усиления в работе не рассматривается.

Анализ полученных данных показал, что наиболее оптимальным вариантом усиления является установка тяговой подстанции (ТП) Речушка на МПЗ Кежемская – Видим с переподключением устройства продольной компенсации (УПК) с правого плеча в фазу С на ТП Кежемская.

Ключевые слова: тяговая сеть, варианты усиления, участок тяговой сети, пропускная способность, контактная сеть, тяговая подстанция, трансформатор, устройства компенсации.

STRENGTHENING OF THE TRACTION POWER SUPPLY SYSTEM OF THE HYDROSTROITEL-KORSHUNIKHA SECTION OF THE ESR

Abstract. The object of the study is the electrified section of the traction network Gidrostroytel - Korshunikha of the East Siberian Railway.

In connection with the planned increase in the volume of freight traffic by 2025, in the investigated section Gidrostroytel - Korshunikha, the need to strengthen the traction power supply system (TPSS) was checked, taking into account the volume of cargo transportation in the future, in order to increase the throughput. All calculations were performed using the KORTES software package.

Based on the data obtained from the verification of the traction power supply system of the Gidrostroytel - Korshunikha section of the East Siberian Railway, it can be judged that the main parameter limiting the throughput in this section is the voltage in the contact network at the inter-substation zones (ISZ) Zyaba - Kezhemskaya and Kezhemskaya - Vidim. Therefore, the TPSS needs to be strengthened.

In order to ensure a given throughput capacity of the Gidrostroytel – Korshunikha section, some possible methods of reinforcement are considered. In the course of the work, three most effective amplification options were identified, all of them are combined, since the use of individually considered options did not give the desired results. In the contact network, there is no heating of the wires, so it is not advisable to strengthen the contact suspension, this option of strengthening is not considered in the work.

The analysis of the data obtained showed that the most optimal amplification option is the installation of a traction substation (TS) Rechushka at the IST Kezhemskaya - Vidim with reconnection of the longitudinal compensation device (LCD) from the right shoulder to phase C at the Kezhemskaya TS.

Keywords: traction network, reinforcement options, traction network section, system throughput, contact network, traction substation, transformer, compensation devices

Введение

На сегодняшний день в мире, согласно стратегии развития железнодорожного транспорта, с каждым годом возрастает грузооборот. Большая часть грузоперевозок приходится на электрифицированный железнодорожный транспорт, и это при условии, что большинство электрифицированных железнодорожных линий было проложено в прошлом веке и рассчитано на меньшие объемы транспортирования.

Одним из важнейших вопросов нормальной работы системы электроснабжения является поддержание уровня напряжения в тяговой сети в заданных пределах. Появление современных тяжеловесных поездов и увеличение суточных размеров движения значительно увеличивает нагрузку на все элементы системы тягового электроснабжения [1, 2, 3, 4]. Некоторые участки контактной сети работают на пределе своей пропускной способности. Существенно возрастает токовая нагрузка в системе, следовательно, более интенсивно происходит нагрев оборудования, снижается уровень напряжения в контактной сети и увеличиваются потери электроэнергии [5, 6]. Понижение показателей работы системы тягового электроснабжения говорит о необходимости ее усиления.

Описание проблемы и постановка задачи

Участок Гидростроитель – Коршуниха протяженностью 212,7 км, со стороны станции Гидростроитель принадлежит к Вихоревской дистанции, со стороны станции Коршуниха к Коршуниха – Ангарской дистанции.

Существующий участок Гидростроитель – Коршуниха является двухпутным и электрифицирован по системе переменного тока напряжением 1×25 кВ. Электроснабжение данного участка осуществляется от шести тяговых подстанций. На участке, в середине МПЗ Кежемская – Видим и Черная – Коршуниха, имеются два поста секционирования, Речушка и Среднеилимская, соответственно. Схема питания участка Гидростроитель – Коршуниха представлена на рис. 1.

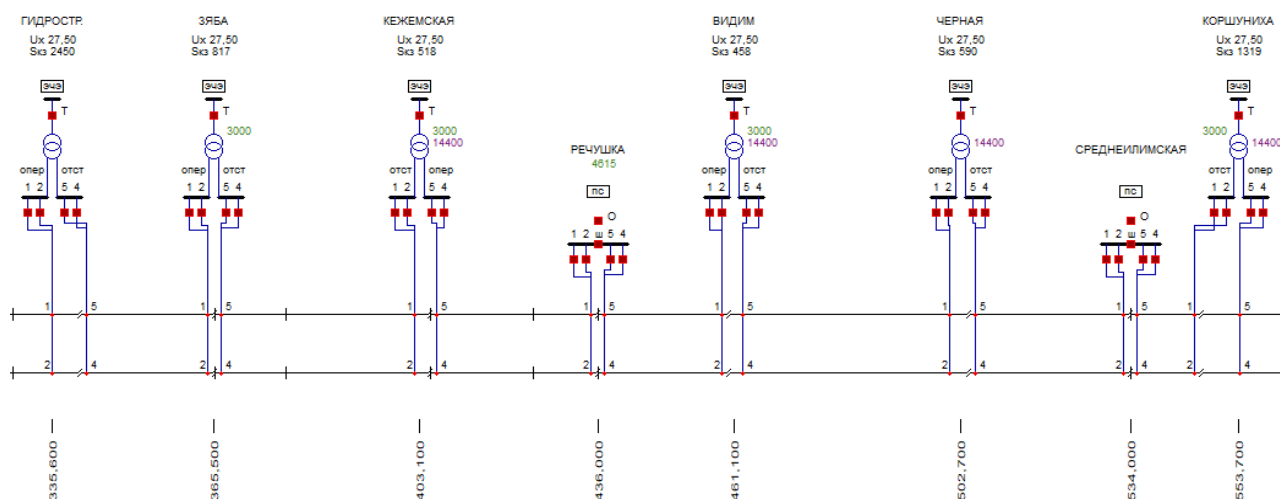


Рис. 1. Схема питания участка Гидростроитель – Коршуниха

Информация по установленным УПК и КУ на участке Гидростроитель - Коршуниха приведена в таблице 1.

Таблица 1

Установленные УПК, КУ и их мощность

| Место установки | Тип | | Мощность (кВАр) |
|-----------------|-------------|--------------|-----------------|
| | Левое плечо | Правое плечо | |
| Зяба | - | КУ | 3000 |
| Кежемская | - | КУ/УПК | 3000/14400 |

| | | | |
|-----------|----|--------|------------|
| Видим | - | КУ/УПК | 3000/14400 |
| Черная | - | УПК | 14400 |
| Коршуниха | КУ | УПК | 3000/14400 |

Профиль двухпутного участка Гидростроитель – Коршуниха холмистый, с затяжными подъемами: в зоне Гидростроитель – Зяба максимальная высота уклона составляет 8,8% протяженностью 7 км, в зоне Зяба – Кежемская максимальная высота уклона 8,6% протяженностью 10 км, в зоне Кежемская – Видим высота уклона равна 9,4% протяженностью 2 км. Продольный профиль пути участка представлен на рис. 2.

Так как в перспективе запланировано увеличение объема грузоперевозок по исследуемому участку Гидростроитель – Коршуниха, проведена проверка необходимости усиления системы тягового электроснабжения. Для точности исследований необходимо нагрузить оба плеча подстанции, поэтому расширим границы до станции Моргудон со стороны Гидростроителя и до станции Хребтовая со стороны Коршунихи.

Для проверки пропускной способности СТЭ участка Гидростроитель – Коршуниха, использован программный комплекс КОРТЭС со встроенными программами. В ходе работы произведен тяговый расчет, результаты которого подробно представлены в таблице 2.

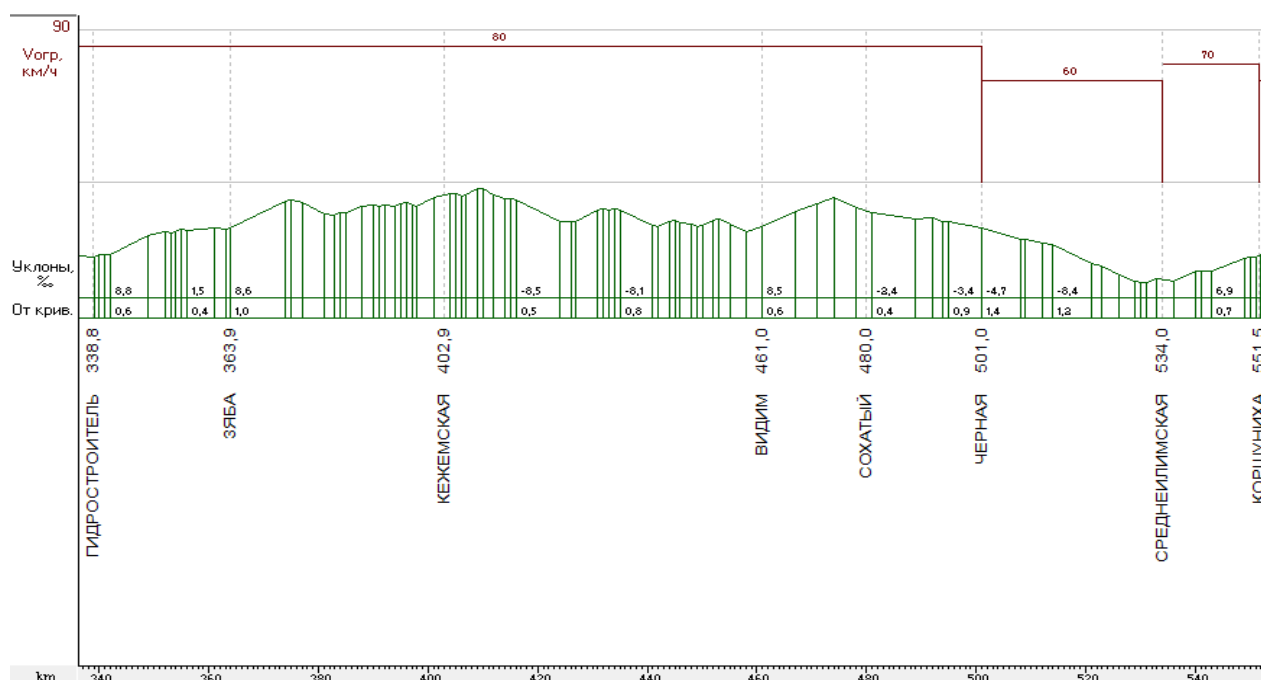


Рис. 2. Продольный профиль пути участка Гидростроитель – Коршуниха

Таблица 2

Подробный тяговый расчет для участка Гидростроитель – Коршуниха

| Масса поезда | Число ЭПС | Направление | Время хода, мин. | | Расход электроэнергии кВт*ч | Рекуперация | |
|--------------|-------------------|-------------|------------------|-----------|-----------------------------|-------------|------|
| | | | Полное | Под током | | кВт*ч | % |
| 1700 | 1-2ЭС5К «Ермак» | нечетное | 252,7 | 173,3 | 6131,9 | 802,4 | 13,1 |
| 3000 | 1-2ЭС5К «Ермак» | нечетное | 255,5 | 180,6 | 9722,2 | 1766,6 | 18,2 |
| 4000 | 1-2ЭС5К «Ермак» | нечетное | 256,7 | 178,6 | 11995,8 | 2088,6 | 17,4 |
| 6000 | 1,5-2ЭС5К «Ермак» | нечетное | 255,9 | 179,3 | 17930,1 | 3118,7 | 17,4 |
| 3000 | 1-2ЭС5К «Ермак» | четное | 261,6 | 173,9 | 11907,6 | 780,3 | 6,6 |

| | | | | | | | |
|------|-------------------|--------|-------|-------|---------|--------|-----|
| 4000 | 1-2ЭС5К «Ермак» | четное | 274,2 | 201,3 | 14898,8 | 952,0 | 6,4 |
| 6000 | 1,5-2ЭС5К «Ермак» | четное | 271,4 | 198,0 | 22351,6 | 1403,1 | 6,3 |
| 7100 | 2-2ЭС5К «Ермак» | четное | 262,8 | 184,6 | 27533,6 | 1885,1 | 6,8 |

Далее произведен расчет пропускной способности системы по перспективному графику движения. Для создания графика движения в четном направлении построен график из 5 поездов с интервалом 10 минут: 6000 т – 7100 т – 4000 т – 7100 т – 3000 т, в нечетном направлении 5 поездов с интервалом 10 минут: 1700 т – 6000 т – 1700 т – 4000 т – 1700 т.

Расчетный график движения поездов с перспективой на 2025 год представлен на рис. 3. Результаты пропуска интенсивного пакета по участку Гидростроитель – Коршуниха представлены ниже в таблице 3. Минимальные напряжения на токоприемниках локомотивов представлены в таблице 4.

Исходя из результатов расчета, можно сделать вывод о том, что параметры СТЭ не отвечают нормируемым требованиям, так как уровень напряжения в контактной сети на МПЗ Зяба – Кежемская и Кежемская – Видим существенно ниже допустимого. Это говорит о необходимости усиления исследуемого участка.

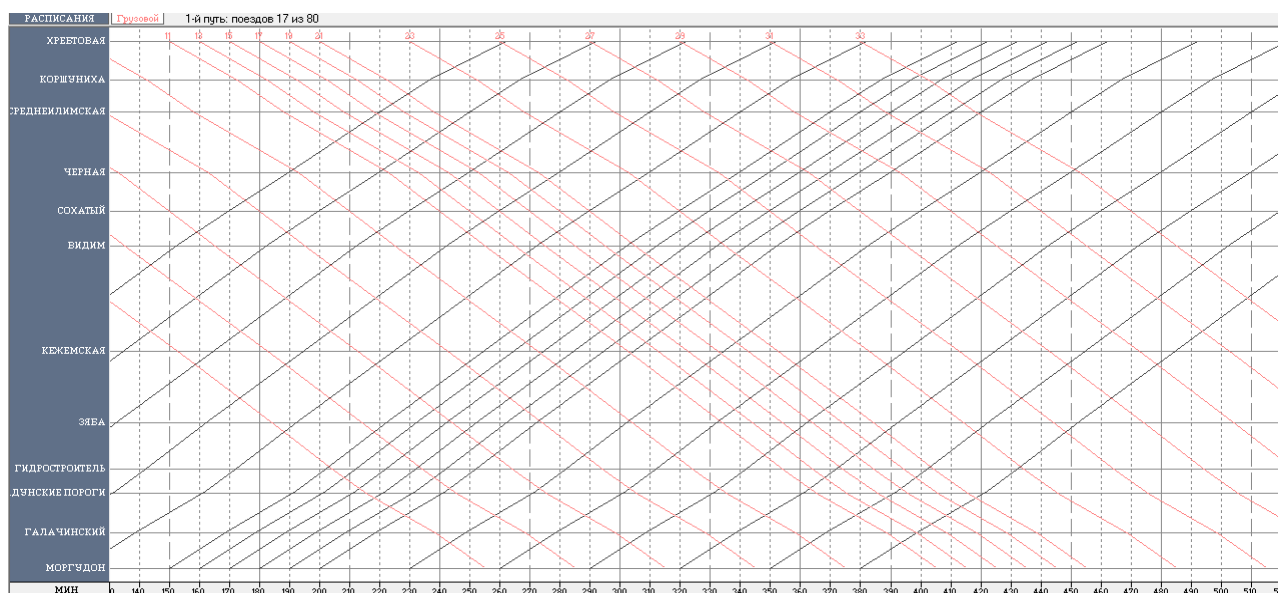


Рис. 3. Расчетный график движения поездов на 2025 год

Таблица 3

Результаты пропуска интенсивного пакета по участку Гидростроитель – Коршуниха с перспективой на 2025 год

| Режим расчетного графика | Θ _{min} в пакете, мин | U _{min} , кВ | Температура к.с. °С | Расход ЭЭ активный, кВт*ч | Коэффициент загрузки трансформатора | | | Температура, °С | |
|--------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-------|
| | | | | | ТП | 1 мин K _{доп} = 2 | 10 мин (1,5) | Обмоток | Масла |
| Интенсивный час | 10 | 17,05 Кежемская – Видим | 44 | 296478 | Гидростроитель | 1,18 | 0,84 | 80 | 66 |
| | | | | | Зяба | 1,28 | 0,90 | 79 | 65 |
| | | | | | Кежемская | 1,57 | 1,05 | 89 | 68 |
| | | | | | Видим | 1,32 | 0,86 | 78 | 65 |
| | | | | | Черная | 0,93 | 0,81 | 74 | 65 |
| Коршуниха | 1,63 | 1,28 | 94 | 70 | | | | | |

Минимальные напряжения на токоприемнике локомотивов

| Межподстанционная зона | Путь | U _{кв} , кВ | |
|------------------------|-------|----------------------|--------------|
| | | Минимальное | 3-х-минутное |
| Гидростроитель - Зяба | 1 - й | 24,15 | 24,56 |
| | 2 - й | 23,28 | 23,65 |
| Зяба - Кежемская | 1 - й | 22,69 | 22,92 |
| | 2 - й | 20,61 | 21,12 |
| Кежемская - Видим | 1 - й | 17,09 | 18,40 |
| | 2 - й | 17,05 | 18,09 |
| Видим - Черная | 1 - й | 22,60 | 22,79 |
| | 2 - й | 21,93 | 22,77 |
| Черная - Коршуниха | 1 - й | 21,72 | 22,15 |
| | 2 - й | 21,75 | 22,15 |

Варианты усиления системы тягового электроснабжения участка Гидростроитель – Коршуниха

Существует несколько вариантов усиления системы тягового электроснабжения:

а) усиливающий провод в тяговой сети марки А – 185. Данная мера применяется для увеличения сечения контактной подвески в связи с увеличением величины тока;

б) устройство продольной компенсации (УПК) на тяговой подстанции. УПК позволяет повысить уровень напряжения в тяговой сети и уменьшает коэффициент несимметрии. УПК включается в отстающую фазу и, компенсируя индуктивное сопротивление КС емкостным сопротивлением, повышает уровень напряжения в фидерной зоне, что в свою очередь приводит к симметрии токов в фазах трансформатора;

в) устройство поперечной компенсации (КУ) в тяговой сети. Применение КУ позволяет повысить уровень напряжения в тяговой сети и компенсировать реактивную мощность. Это происходит путем уменьшения реактивной составляющей тока, вследствие чего увеличивается коэффициент мощности $\cos\varphi$ [7];

г) пост секционирования (ПС) – предназначен для электрического соединения секций контактной сети с целью снижения потерь электроэнергии, для селективного отключения одной или нескольких секций железнодорожной контактной сети при повреждении наней (на них) или для решения указанных задач одновременно;

д) пункт параллельного соединения (ППС) - предназначен для электрического соединения секций контактной сети главных путей двухпутного участка железнодорожной линии с целью снижения потерь напряжения и электроэнергии в контактной сети;

е) установка дополнительного силового трансформатора на тяговую подстанцию для параллельной работы. Этот способ усиления позволяет снизить нагрузку отдельного трансформатора, что положительно сказывается на степени износа его изоляции и продлении остаточного ресурса [8, 13, 14, 15, 16, 17, 19]. Также снижается токовая нагрузка аппаратуры вводов силового трансформатора, что снижает вероятность ее повреждения [9, 10, 11, 12, 18];

е) постройка новой тяговой подстанции в наиболее проблемных МПЗ.

В ходе рассмотрения вариантов усиления для участка Гидростроитель – Коршуниха выявлено три наиболее эффективных варианта усиления.

Первый вариант усиления (вариант № 1) является комбинированным. В данном варианте рассмотрено включение в параллельную работу трансформаторов на ТП Кежемская и Видим, совместно с установкой УПК в фазу С на этих же ТП.

Второй вариант усиления (вариант № 2) также является комбинированным, его суть заключается в установке ТП Речушка на МПЗ Кежемская – Видим с включением в параллельную работу двух дополнительных трансформаторов на ТП Кежемская и Видим.

Третий вариант (вариант № 3) также комбинированный, включает в себя установку ТП Речушка на МПЗ Кежемская – Видим и переподраспределение УПК из правого плеча в фазу С на ТП Кежемская.

Результаты расчета с вариантами усиления представлены в таблице 5. Ниже представлены данные по минимальным напряжениям на токоприемнике локомотивов для каждого варианта усиления (таблицы 6 – 8).

Все три рассмотренных варианта усиления дали хорошие результаты. Из представленных выше таблиц видно, что параметры силового трансформатора находятся в норме, температура обмоток и масла находится в допустимых значениях, контактная сеть не перегревается, напряжение в контактной сети для нормального пропуска поездов достаточно.

Таблица 5

Результаты расчета с вариантами усиления участка Гидростроитель – Коршуниха

| Варианты усиления | Θ _{min} в пакете, мин | U _{min} , кВ | Температура к.с., °С | Расход ЭЭ активный, кВт*ч | Коэффициент загрузки трансформатора | | | Температура, °С | |
|-------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|--------------|-----------------|-------|
| | | | | | ТП | 1 мин K _{доп} = 2 | 10 мин (1,5) | Обмоток | Масла |
| Вариант №1 | 10 | 21,11 Кежемская - Видим | 54 | 302222 | Гидростроитель | 1,18 | 0,85 | 80 | 67 |
| | | | | | Зяба | 0,88 | 0,59 | 69 | 65 |
| | | | | | Кежемская | 1,01 | 0,68 | 73 | 65 |
| | | | | | Видим | 0,96 | 0,63 | 68 | 65 |
| | | | | | Черная | 0,89 | 0,74 | 73 | 65 |
| | | | | Коршуниха | 1,62 | 1,28 | 94 | 70 | |
| Вариант № 2 | 10 | 21,42 Зяба - Кежемская | 45 | 297911 | Гидростроитель | 1,18 | 0,84 | 80 | 66 |
| | | | | | Зяба | 1,16 | 0,82 | 75 | 65 |
| | | | | | Кежемская | 0,62 | 0,46 | 65 | 65 |
| | | | | | Речушка | 1,10 | 0,64 | 70 | 65 |
| | | | | | Видим | 0,70 | 0,43 | 65 | 65 |
| | | | | | Черная | 0,91 | 0,75 | 73 | 65 |
| | | | | Коршуниха | 1,63 | 1,28 | 94 | 70 | |
| Вариант № 3 | 10 | 21,28 Кежемская - Речушка | 45 | 297227 | Гидростроитель | 1,18 | 0,84 | 80 | 66 |
| | | | | | Зяба | 1,15 | 0,80 | 75 | 65 |
| | | | | | Кежемская | 1,31 | 0,98 | 82 | 67 |
| | | | | | Речушка | 1,23 | 0,71 | 72 | 65 |
| | | | | | Видим | 1,26 | 0,78 | 75 | 65 |
| | | | | | Черная | 0,92 | 0,77 | 74 | 65 |
| | | | | Коршуниха | 1,63 | 1,28 | 94 | 70 | |

Таблица 6

Минимальные напряжения на токоприемнике локомотивов для 1 варианта усиления

| Межподстанционная зона | Путь | U _{кв} , кВ | |
|------------------------|-------|----------------------|---------|
| | | Миним. | 3 - мин |
| Гидростроитель - Зяба | 1 - й | 24,02 | 24,48 |
| | 2 - й | 23,20 | 23,59 |

Продолжение таблицы 6

| | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|
| Зяба – Кежемская | 1 - й | 24,08 | 24,44 |
| | 2 - й | 22,83 | 23,13 |
| Кежемская - Видим | 1 - й | 21,16 | 21,80 |
| | 2 - й | 21,11 | 21,42 |
| Видим - Черная | 1 - й | 24,00 | 24,12 |
| | 2 - й | 24,33 | 24,62 |
| Черная - Коршуниха | 1 - й | 21,97 | 22,41 |
| | 2 - й | 21,81 | 22,21 |

Таблица 7

Минимальные напряжения на токоприемнике локомотивов для 2 варианта усиления

| Межподстанционная зона | Путь | U _{кв} , кВ | |
|------------------------|-------|----------------------|---------|
| | | Миним. | 3 - мин |
| Гидростроитель - Зяба | 1 - й | 24,15 | 24,56 |
| | 2 - й | 23,30 | 23,66 |
| Зяба - Кежемская | 1 - й | 23,21 | 23,50 |
| | 2 - й | 21,42 | 21,95 |
| Кежемская - Речушка | 1 - й | 22,45 | 22,82 |
| | 2 - й | 21,85 | 22,25 |
| Речушка - Видим | 1 - й | 23,59 | 24,09 |
| | 2 - й | 23,24 | 24,51 |
| Видим - Черная | 1 - й | 23,17 | 23,31 |
| | 2 - й | 22,86 | 23,51 |
| Черная - Коршуниха | 1 - й | 21,81 | 22,24 |
| | 2 - й | 21,78 | 22,18 |

Таблица 8

Минимальные напряжения на токоприемнике локомотивов для 3 варианта усиления

| Межподстанционная зона | Путь | U _{кв} , кВ | |
|------------------------|-------|----------------------|---------|
| | | Миним. | 3 - мин |
| Гидростроитель - Зяба | 1 - й | 24,14 | 24,55 |
| | 2 - й | 23,29 | 23,65 |
| Зяба - Кежемская | 1 - й | 23,24 | 23,55 |
| | 2 - й | 21,50 | 22,02 |
| Кежемская - Речушка | 1 - й | 21,95 | 22,36 |
| | 2 - й | 21,28 | 21,72 |
| Речушка - Видим | 1 - й | 23,16 | 23,92 |
| | 2 - й | 22,81 | 24,21 |
| Видим - Черная | 1 - й | 22,86 | 22,98 |
| | 2 - й | 22,12 | 23,01 |
| Черная - Коршуниха | 1 - й | 21,76 | 22,20 |
| | 2 - й | 21,77 | 22,17 |

Заключение

В результате проделанной работы исследованы три комбинированных варианта усиления, предложенных для увеличения пропускной способности на участке Гидростроитель – Коршуниха.

Вариант № 2, а именно установка ТП Речушка на МПЗ Кежемская – Видим с включением в параллельную работу двух дополнительных трансформаторов на ТП Кежемская и Видим, соответственно, является самым дорогостоящим, поэтому сравним между собой вариант усиления № 1 и вариант усиления № 3.

Первый вариант усиления, в котором рассмотрено включение в параллельную работу трансформаторов на ТП Кежемская и Видим, совместно с установкой УПК в фазу С на этих же ТП, примерно одинаков по капитальным затратам, что и вариант № 3, включающий в себя установку ТП Речушка на МПЗ Кежемская – Видим и переподключение УПК из правого плеча в фазу С на ТП Кежемская.

Исходя из результатов расчета видно, что температура контактной сети, при варианте усиления № 3 составляет 45°C , что существенно ниже, чем при варианте усиления №1, где эта же температура составляет 54°C . Также расход активной электроэнергии при 3 варианте усиления ниже, чем при 1 варианте, 297227 и $302222\text{кВт}\cdot\text{ч}$, соответственно, что отвечает требованиям энергосбережения в системах электроснабжения [19, 20, 21].

Поэтому, наиболее оптимальным вариантом усиления является установка тяговой подстанции Речушка на МПЗ Кежемская – Видим с переподключением УПК с правого плеча в фазу С на ТП Кежемская.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лебедева О.А., Гозбенко В.Е., Пыхалов А.А., Мухопад Ю.Ф. Сравнительный анализ методов решения транспортных задач при оптимальном планировании перевозочного процесса. Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2020. № 3 (67). С. 134-139.
2. 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.
3. 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.
4. Cherepanov A., Kutsiy A. Modeling of tractive power supply systems for heavy-tonnage trains operation // International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2018. С.8501734.
5. Туйгунова А.Г., Худоногов И.А., Пузина Е.Ю. О переводе питания СЦБ с 27,5 кВ на нетяговую обмотку на тяговой подстанции переменного тока// Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2018. № 4 (60). С. 93-98.
6. Черепанов А.В., Куцый А.П., Есауленко А.С. Применение технологии виртуальной сцепки для поездов повышенной массы. Молодая наука Сибири. 2020. № 2 (8). С. 191-199.
7. Солонина Н.Н., Суслов К.В., Солонина З.В. Новые технологии компенсации реактивной мощности. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2016. № 5 (112). С. 135-143.
8. Пузина Е.Ю. Оценка остаточного ресурса тяговых трансформаторов Северного хода ВСЖД. Транспорт-2013: труды международной научно-практической конференции.–Ростов-на-Дону: Изд-во РГУПС, 2013.–С. 173-175.
9. Лундалин А.А., Пузина Е.Ю., Худоногов И.А., Кашковский В.В. Анализ надежности электроснабжения транспортных систем в зависимости от состояния устройств релейной защиты и автоматики. Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2019. № 3 (63). С. 127-135.

10. Пузина Е.Ю., Алексеенко В.А. Анализ времени наработки до отказа измерительных трансформаторов//Транспорт-2010. Ч.2. 2010. С.307-309.
11. Алексеенко В.А., Пузина Е.Ю. Анализ повреждений измерительных трансформаторов на тяговых подстанциях ВСЖД// Транспортная инфраструктура Сибирского региона. Иркутск. 2009.Т.2. С. 4-9.
12. 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.
13. Keyvan Firuzi, Mehdi Vakilian, B. Toan Phung, Trevor R. Blackburn, "Partial Discharges Pattern Recognition of Transformer Defect Model by LBP & HOG Features," Power Delivery IEEE Transactions on, vol. 34, no. 2, pp. 542–550, 2019.
14. Y. Dang and W. Chen, "Design of Oil-Immersed Apparatus Oil Velocity Measure System Based on the Ultrasonic Wave Doppler Effect," 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), Palermo, pp. 1–4, 2018.
15. Xiaozhou Zhu, Minwu Chen, Shaofeng Xie 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. H. Kalathiripi and S. Karmakar, "Fault analysis of oil-filled power transformers using spectroscopy techniques," 2017 IEEE 19th International Conference on Dielectric Liquids (ICDL), Manchester, pp. 1–5, 2017.
17. Ступицкий В.П., Худоногов И.А. Тихомиров В.А., Лобанов О.В. Определение остаточной несущей способности металлических конструкций контактной сети. Известия Транссиба. 2019. № 3 (39). С. 88-99.
18. Дроздов С.П., Подъячих С.В., Потапов В.В., Чеботнягин Л.М. Расчет остаточного ресурса изоляции обмоток масляного трансформатора. Вестник ИрГСХА. 2017. № 80. С. 155-163.
19. Горбунова В.С., Пузина Е.Ю. Эффективность внедрения системы энергетического менеджмента в промышленных компаниях России. Транспортные системы и технологии. 2018. Т. 4. №1. С. 119-137.
20. 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.
21. 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.

REFERENCES

1. Lebedeva O. A., Gozbenko V. E., Pykhalov A. A., Mukhopad Yu. F. Comparative analysis of methods for solving transport problems with optimal planning of the transportation process. Modern technologies. System analysis. Modeling. 2020. No. 3 (67). pp. 134-139
2. 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.
3. 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. 149-153.
4. Cherepanov A., Kutsiy A. Modeling of tractive power supply systems for heavy-tonnage trains operation // International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2018. С.8501734.

5. Tuigunova A. G., Khudonogov I. A., Puzina E. Yu. On the transfer of the power supply of the SCB from 27.5 kV to a non-traction winding at an AC traction substation// Modern technology. Systemanalysis. Modeling. 2018. no. 4 (60). Pp. 93-98.
6. 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.
7. Solonina N. N., Suslov K. V., Solonina Z. V. New technologies of reactive power compensation. Bulletin of the Irkutsk State Technical University. 2016. No. 5 (112). pp. 135-143.
8. Puzina E. Yu. Evaluation of the residual service life of the Northern route traction transformers East Siberian Railroad. Transport-2013: proceedings of the international scientific and practical conference. Rostov-on-don: RSUPSPublishing house, 2013, Pp. 176-178.
9. Lundalin A.A., Puzina E.Yu., Khudonogov I.A., Kashkovsky V.V. Analysis of the reliability of power supply of transport systems depending on the state of relay protection and automation devices. Modern technologies. System analysis. Modeling. 2019. No. 3 (63). Pp 127-135.
10. Puzina E.Yu., Alekseenko V.A. Analysis of the operating time to failure of measuring transformers // Transport-2010. Part 2. 2010.Pp. 307-309.
11. 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.
12. 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.
13. Keyvan Firuzi, Mehdi Vakilian, B. Toan Phung, Trevor R. Blackburn, "Partial Discharges Pattern Recognition of Transformer Defect Model by LBP & HOG Features," Power Delivery IEEE Transactions on, vol. 34, no. 2, pp. 542–550, 2019.
14. Y. Dang and W. Chen, "Design of Oil-Immersed Apparatus Oil Velocity Measure System Based on the Ultrasonic Wave Doppler Effect," 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), Palermo, pp. 1–4, 2018.
15. Xiaozhou Zhu, Minwu Chen, Shaofeng Xie 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. H. Kalathiripi and S. Karmakar, "Fault analysis of oil-filled power transformers using spectroscopy techniques," 2017 IEEE 19th International Conference on Dielectric Liquids (ICDL), Manchester, pp. 1–5, 2017.
17. Stupitsky V. P., Khudonogov I. A. Tikhomirov V. A., Lobanov O. V. Determination of the residual load-bearing capacity of metal structures of the contact network. News of the Trans-Siberian Railway. 2019. No. 3 (39). pp. 88-99
18. Drozdov S. P., Podyachikh S. V., Potapov V. V., Chebotnyagin L. M. Calculation of the residual insulation resource of oil transformer windings. Vestnik IrGSHA. 2017. No. 80. pp. 155-163.
20. Gorbunova V. S., Puzina E. Yu. Efficiency of implementation of the energy management system in industrial companies of Russia. Transport systems and technologies. 2018. Vol. 4. No. 1. pp. 119-137.
19. Gorbunova V. S., Puzina E. Yu. Efficiency of introduction of the energy management system implementation in Russian industrial companies // Transport systems and technologies. 2018. Vol. 4. No. 1. Pp. 119-137.
20. Bobrova Yu.M., Puzina E.Yu. The need to activate energy saving in Russia // Increasing the efficiency of production and use of energy in Siberia / Materials of the All-Russian. scientific-practical conf. with int. participation. -Irkutsk: IRNITU, 2016. -T.2. - Pp. 142-147.
21. 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. C. 012060.

Информация об авторах

Казакова Кристина Вячеславовна - студент гр. СОД.1-16-2, специальность «Системы обеспечения движения поездов», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск e-mail: shemonaeva1998@mail.ru

Authors

Kazakova Kristina Vyacheslavovna – student gr. SOD.1-16-2, specialty "Train traffic management Systems", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: shemonaeva1998@mail.ru

Для цитирования

Казакова К. В. Усиление системы тягового электроснабжения участка Гидростроитель – Коршуниха ВСЖД [Электронный ресурс] / К. В. Казакова // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. — 2021. — №1. — Режим доступа: <http://mnv.irgups.ru/toma/11-2021>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ. (дата обращения: 12.05.2021)

Forcitation

Kazakova K. V. Strengthening of the traction power supply system of the Hydrostroitel-Korshunikha section of the ESR [Electronic resource] / K. V. Kazakow // Young science of Siberia: electron. scientific journal-2021. — no. 1. — access Mode: <http://mnv.irgups.ru/toma/11-2021>, free. — Blank from the screen. — Yaz. Rus., eng. (accessed: 12.05.2021)