

26. Maher M. SAM – a stochastic assignment model, mathematics in transportation planning and control. Oxford University Press, 1991. Pp. 121–132.

27. Brenninger-Gothe M., Jurnsten K.O. Estimation of origin-destination matrices from traffic count using multi-objective programming formulation. Transportation Research. Part. B, 23B(4). 1989. Pp. 257–269.

28. Krishnan V., Hancock K.L. Highway freight flow assignment in Massachusetts using geographic information system. Transportation Research Record, 1998. No. 1625.

Информация об авторах

Лебедева Ольга Анатольевна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры управления на автомобильном транспорте, Ангарский государственный технический университет, г. Ангарск, e-mail: kravhome@mail.ru.

Гозбенко Валерий Ерофеевич – д-р техн. наук, профессор, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск; Ангарский государственный технический университет, г. Ангарск, e-mail: vgozbenko@yandex.ru

Information about the authors

Ol'ga A. Lebedeva – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor at the Subdepartment of Management of Automobile Transport, Angarsk State Technical University, Angarsk, e-mail: kravhome@mail.ru.

Valerii E. Gozbenko – Doctor of Engineering Science, Professor, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Angarsk State Technical University, Angarsk, e-mail: vgozbenko@yandex.ru

DOI 10.26731/1813-9108.2021.2(70).170-180

УДК 629.4.025

Техническое решение повышения уровня надежности фазорасщепителей электровозов переменного тока

Н. П. Асташков, В. А. Оленцевич✉

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

✉ olencevich_va@mail.ru

Резюме

Эффективная работа по реализации планов увеличения пропускной и провозной способностей транспортной инфраструктуры Восточного полигона в полной мере обеспечивается локомотивным комплексом. Повышение тягово-энергетических, скоростных характеристик и экономичности локомотивного парка ОАО «Российские железные дороги» возможно за счет обеспечения устойчивой работы элементов подвижного состава. Актуальность представленной работы доказывает производство и испытание современных локомотивов нового поколения с асинхронным тяговым приводом. Основным ориентиром конструкторов и разработчиков являются решения, которые позволят обеспечить высокие тягово-энергетические показатели электровоза. Учет специфических условий эксплуатации и факторов, оказывающих непосредственное влияние на режимы работы, долговечность и надежность, позволили обосновать структуру и разработать алгоритм работы предложенной системы управления. Руководствуясь отчетами и статистическими данными локомотивных депо Восточного полигона о надежности работы электрооборудования, находящихся в эксплуатации электровозов следует, что используемые для защиты вспомогательных машин аппараты имеют недостатки, обусловленные наличием большого количества случайных факторов, предопределяющих их срабатывание. Технической предпосылкой разработки предложенной системы с адаптацией к условиям эксплуатации является реализация последовательного пуска электродвигателей нагрузки на пониженной частоте вращения. Отказ от использования различных систем автоматического регулирования производительностью вентиляторов электровозов обусловлен низкими энергетическими показателями преобразователей в режимах управления. Фазорасщепитель, обладая несомненными достоинствами, в свою очередь, не позволяет реализовать «мягкий» пуск электродвигателей нагрузки. В настоящее время существуют множество устройств плавного пуска, преимущества применения которых очевидны благодаря широкому спектру функциональных возможностей. Сопоставление данных устройств с предложенной в рамках статьи системой доказывает ее целесообразность как с технической, так и финансово-экономической позиции.

Ключевые слова

безопасность перевозочного процесса, надежность электроподвижного состава, условия эксплуатации электрооборудования, фазорасщепитель, полупроводниковый преобразователь частоты, мотор-вентилятор, система управления, алгоритм работы

Для цитирования

Асташков Н. П. Техническое решение повышения уровня надежности фазорасщепителей электровозов переменного тока / Н. П. Асташков, В. А. Оленцевич // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 2 (70). – С. 170–180. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.2(70).170-180

Информация о статье

поступила в редакцию: 17.03.2021, поступила после рецензирования: 06.04.2021, принята к публикации: 05.05.2021

Technical solution to increase the reliability level of phase separators of AC electric locomotives

N. P. Astashkov, V. A. Olentsevich✉

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

✉ olentsevich_va@mail.ru

Abstract

Effective work on the implementation of plans on increasing the throughput and carrying capacity of the transport infrastructure of the Eastern polygon is fully provided by the locomotive complex. It is possible to increase the traction and energy, speed characteristics and efficiency of the locomotive fleet of OAO "Russian Railways" by ensuring the stable operation of the rolling stock elements. The relevance of the presented work is proven by the production and testing of modern new-generation locomotives with an asynchronous traction drive. The main reference point of designers and developers are solutions that will ensure high traction and energy performance of an electric locomotive. Taking into account the specific operating conditions and factors that directly affect the operating modes, durability and reliability, made it possible to justify the structure and develop an algorithm of the proposed control system. In line with the reports and statistical data of the locomotive depots of the Eastern polygon on the reliability of the operation of electrical equipment in operation of electric locomotives, it can be concluded that the devices used to protect auxiliary machines have disadvantages due to the presence of a large number of accidental factors that determine their operation. The technical prerequisite for the development of the proposed system with adaptation to operating conditions is the implementation of sequential start-up of load electric motors at a reduced speed. The refusal to use various automatic control systems of the performance of electric locomotive valves is conditioned by the low energy indicators of the converters in control modes. Though the phase separator has undoubted advantages, in turn, it does not allow implementing the "soft" start-up of the load electric motors. Currently there are many soft-start-up devices, the advantages of which are obvious due to a wide range of functionality. The comparison of these devices with the system proposed in the framework of the article proves its feasibility both from a technical and financial and economic point of view.

Keywords

safety of the transportation process, reliability of electric rolling stock, operating conditions of electrical equipment, phase splitter, semiconductor frequency converter, motor blower, control system, operation algorithm

For citation

Astashkov N. P., Olentsevich V. A. Tekhnicheskoe reshenie povysheniya urovnya nadyozhnosti fazorasshchepitelei elektrovozov peremennogo toka [Technical solution to increase the reliability level of phase separators of AC electric locomotives]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovaniye* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2021, No. 2 (70), pp. 170–180. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.2(70).170-180

Article info

Received: 17.03.2021, Revised: 06.04.2021, Accepted: 15.05.2021

Введение

Одной из наиболее сложных транспортных систем современной экономики страны является железнодорожный транспорт, поскольку именно он является связующим звеном общей экономической системы Российской Федерации. Сбалансированная работа промышленных производств, своевременная доставка жизненно важных грузов в наиболее удаленные регионы, оптимальное функционирование экономических направлений в регионах и в стране в целом, невозможно без оптимизации деятельности железнодорожной отрасли. Именно для реализации данных направлений в ОАО «Российские железные дороги» создан и успешно функционирует полигон опережающего развития, реализующий в своей деятельности самые передовые технологии и технические средства, применяющий новые административные и управленческие подходы. В рамках Восточного полигона предусмотрено комплексное развитие направлений, направленных на увеличение

эффективности перевозочного процесса, снижение финансовых потерь, облегчение процедур документооборота и коммуникации между работниками, обеспечение качественной аналитики и надёжной поддержки принятия решений: «Разработка и реализация проекта «Цифровая железная дорога», «Создание передовых условий труда», «Локомотивный комплекс», «Инфраструктурный комплекс», «Транспортно-логистическое обслуживание», «Комплексное обслуживание пассажиров», «Развитие социокультурных аспектов и мотивации», «Участие органов государственной власти в реализации программы».

Значение основного показателя работы Восточного полигона - пропускной способности в течение ближайших пяти лет должно увеличиться до 180 млн тонн, а это относительно уровня 2020 года около четверти. Если рассматривать перевозку угольных маршрутов, то плановый прирост должен составить 30%. Плановый объем перевозки отрасли на

восточном направлении из районов Кузбасса к 2024 году составит 68 млн тонн грузов в год, при этом на сегодняшний день данное значение составляет 53 млн тонн, прогнозное ежегодное увеличение 5 млн тонн. Согласно плану развития, на первоначальном этапе модернизации Восточного полигона должно быть сооружено свыше 650 км путевого комплекса, до 2024 года (второй этап) – более 1,3 тыс. км. И первый, и второй этапы включают масштабную реконструкцию инфраструктуры железнодорожных станций, реализацию проектов модернизации систем тягового электроснабжения [1-5]. Эффективная работа по реализации планов увеличения пропускной и провозной способностей транспортной инфраструктуры Восточного полигона в полной мере обеспечивается локомотивным комплексом.

Актуальность представленной работы доказывает производство и испытание современных локомотивов нового поколения с асинхронным тяговым приводом. Основным ориентиром конструкторов и разработчиков являются решения, которые позволяют обеспечить высокие тягово-энергетические показатели электровоза.

Анализ состояния локомотивного парка свидетельствует о его значительном износе, требующем обновления. В силу ряда объективных и субъективных причин оздоровление парка осуществляется крайне низкими темпами. Для решения поставленной задачи представляется целесообразной реализация нескольких направлений. Первое – поддержка государства с использованием различных инструментов, одним из которых является субсидирование процентных ставок на приобретение локомотивов. Второе – снижение стоимости локомотивов. Проводимые научные исследования доказывают, что на сегодняшний день одним из направлений, не требующих значительных инвестиций, является повышение уровня надёжности и безопасности существующего парка за счет его модернизации [6].

Основные причины отклонения напряжения в системе вспомогательных машин

С целью выявления наиболее значимых причин нарушения уровня безопасности функционирования железнодорожного транспорта, оптимизации технологических процессов по направлениям деятельности, повышения конкурентоспособности отрасли на рынке современных транспортных услуг по данным состояния безопасности на Восточном полигоне в 2018-2020 гг выполнено построение диаграммы Исайки. На основе статистических данных работы полигона опережающего развития выявлены наиболее значимые причины нарушения уровня безопасности, проанализирована степень их влияния:

1 – низкое качество и нарушение технологии проведения всех категорий ремонта подвижного состава;

2 – низкий уровень качества осмотра подвижного состава;

3 – физический и моральный износ основных фондов;

4 – отсутствие и низкое качество запасных частей и необходимых материалов;

5 – несоответствие численности работников заданному объему работы;

6 – увеличение гарантийных плеч;

7 – недостаточное техническое и организационное оснащение пунктов технического и коммерческого осмотра приборами обнаружения неисправностей;

8 – нарушение действующей технологии роспуска и торможения отцепов на сортировочных горках;

9 – несоблюдение требований инструкций и нормативной документации;

10 – проезд запрещающих сигналов светофоров;

11 – обрыв автосцепок;

12 – сход и столкновение при производстве маневровой работы;

13 – падение на железнодорожный путь деталей подвижного состава и груза;

14 – задержка более одного часа поездов всех категорий по причине неисправности локомотива;

15 – отказ в работе технических средств и оборудования;

16 – неудовлетворительное содержание железнодорожного пути;

17 – отступления от норм содержания железнодорожного пути;

18 – выбросы железнодорожного пути по причине природно-климатических условий местности;

19 – неогражденные мест проведения путевых работ сигналами остановки;

20 – изломы рельсов и неукрытие остряка стрелочного перевода;

21 – уширение рельсовой колеи;

22 – техническое состояние элементов кузова грузовых вагонов;

23 – состояние настила пола платформ грузовых вагонов;

24 – отсутствие или неисправность средств крепления груза в вагонах и контейнерах;

25 – несоблюдение грузоотправителями нормативных требований погрузки и крепления грузов, предусмотренных Техническими условиями размещения и крепления груза;

26 – наличие остатков ранее перевозимых грузов в вагоне;

27 – несогласованность действий сторонних организаций и транспортных компаний;

28 – низкая трудовая и технологическая дисциплина работников транспортных компаний, недостаточный профессиональный уровень персонала;

29 – несовершенство технических средств и технологий предупреждения случаев нарушения безопасности перевозочного процесса;

30 – кража основных фондов;

31 – неудовлетворительные знания и несоблюдение нормативной документации работниками транспортных компаний;

32 – упущения в организации профилактической работы;

33 – нарушение установленного режима труда и отдыха работников транспортных компаний;

34 – загрузка грузовых вагонов сверх установленных норм и нормативов;

35 – отсутствие должного контроля со стороны работников железнодорожного транспорта при приеме груза к перевозке.

Основываясь на выявленных факторах, построена диаграмма Исикава, рис. 1.

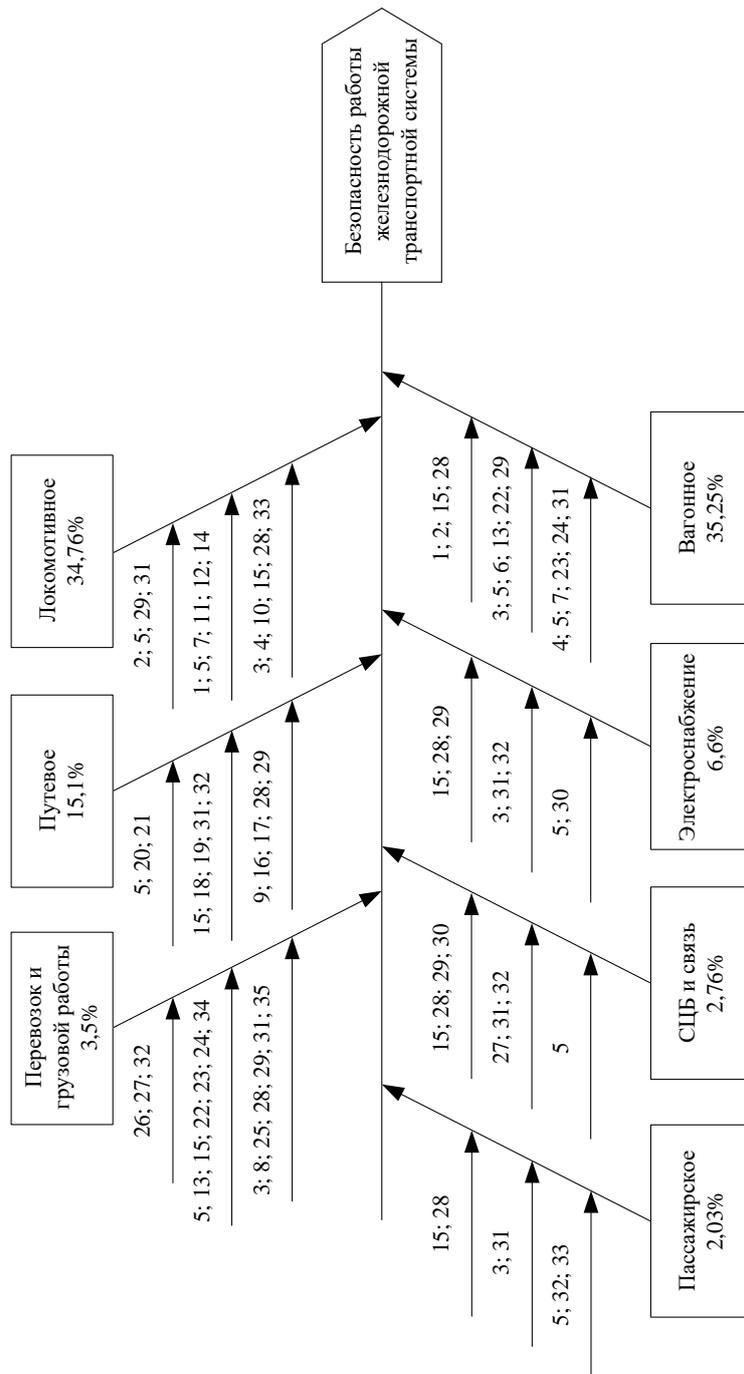


Рис. 1. Факторы, оказывающие непосредственное влияние на уровень безопасности работы на Восточном полигоне
 Fig.1. Factors that have a direct impact on the work reliability level at the Eastern polygon

Как показывает анализ уровня безопасности на Восточном полигоне в 2018-2020 гг причиной нарушения практически каждого случая является влияние человеческого фактора. В связи с этим, рассматривая первоочередные задачи в области обеспечения высокого уровня безопасности организации перевозочного процесса, необходимо обратить внимание на степень подготовленности, дисциплинированности и организованности работников транспортных компаний. Подводя итоги анализа уровня безопасности, можно сказать, что основными факторами большинства случаев наступления риска по всем направлениям деятельности Восточного полигона являются: низкая степень трудовой дисциплины и недостаточный профессиональная подготовка работников транспортных компаний; высокий уровень физического и морального износа подвижного состава. Ошибочные действия локомотивной бригады, либо пренебрежение регламентированным порядком и требованиями выполнения конкретного технологического процесса предопределяют определенное количество отказов [7-10].

На основании объемных и качественных показателей работы, функционирующих в границах Восточного региона локомотивных депо авторами выполнен анализ уровня надежности тягового электрооборудования электровозов переменного тока. Результаты позволили авторам утверждать, что наибольший процент отказов технических средств подвижного состава приходится на вспомогательные машины. Более 60% от суммарной величины неисправностей приходится на повреждение электрической части электродвигателей. Необходимо также отметить, что устранение именно данных неисправностей является наиболее трудоемкой процедурой, обладает высоким уровнем денежных затрат ресурсов заменяемых узлов при их неремонтопригодности. Проведенный анализ характеров повреждений вспомогательных машин свидетельствует, что имеющиеся неисправности электрической части возникают вследствие неудовлетворительных показателей качества используемой электроэнергии [11-13].

Такие неисправности как обрыв фазы, выплавление обмотки ротора, пробой изоляции, низкое сопротивление изоляции обмотки статора и выгорание обмоток электродвигателя подразумевают разработку кардинально новых методов повышения надежности электродвигателя.

Зачастую данный вопрос рассматривается только в части локомотива как объекта перевозок в отрыве от комплекса задач, решаемых в перевозочном процессе. Управление локомотивными парками, организация взаимодействия с ремонтным комплексом сервисных компаний, осуществляющих техническое обслуживание и ремонт тягового подвижного состава, организация движения поездов в период летних путевых работ с учетом существующего и планиру-

емого на перспективу графика движения поездов позволили обосновать предложенное техническое решение [1, 11].

Опыт эксплуатации электроподвижного состава позволил выделить следующие группы факторов, воздействие которых отражается на надежности фазорасщепителей электровозов переменного тока:

- конструктивные, обусловленные использованием элементов и узлов с низкой надежностью;
- применяемых схемных решений, недостатки которых не учтены при реализации используемых технических устройств;
- использование в практической сфере комплектующих деталей, которые не в полной мере соответствуют параметрам эксплуатации;
- производственные технологические решения, обусловленные нарушением установленной процедуры ремонта;
- отсутствие или недостаточный контроль уровня качества проведения монтажа или изготовления технических средств;
- несоблюдением технологических требований и регламентов в формате деповского ремонта;
- монтажные, обусловленные несоблюдением требований технологии монтажа;
- эксплуатационные, обусловленные режимом работы нагрузки фазорасщепителя;
- отклонением величины действующего значения напряжения во вторичной обмотке тягового трансформатора электровоза;
- реализация пуска электродвигателей нагрузки прямым способом;
- климатическими факторами.

Влияние климатических факторов в значительной мере влияет на степень надежности функционирования электрической части фазорасщепителей, поскольку именно запыленность и повышенная влажность окружающей среды оказывают непосредственное негативное влияние на диэлектрические свойства изоляции. Исключение влажности возможно за счет использования электрокалориферных установок, однако, данное техническое решение усложнит конструкцию электровоза. Кроме того, воздействие температуры окружающего воздуха, особенно в летний период времени, в совокупности с эксплуатационными факторами может привести к превышению предельно допустимой температуры изоляции рассматриваемой электрической машины, согласно ее классу.

Особое внимание необходимо уделить эксплуатационным факторам, учет которых предопределяет возможность модернизации системы и повышения ее надежности. К таким факторам относятся:

- качество электроэнергии на обмотках электрических машин;
- несимметрия напряжений;

– несинусоидальность напряжения во вторичной обмотке трансформатора.

Величина и продолжительность отклонения напряжения непосредственно определяют ресурс электродвигателей и их эффективность.

Отклонение напряжения на токоприёмнике электровоза переменного тока, а также элементах электрической цепи при прохождении тока нагрузки является определяющим фактором, оказывающим воздействие на отклонение напряжения в цепи трёхфазного тока вспомогательных машин электровозов.

Отклонение уровня напряжения в системе напряжений вспомогательных машин имеет ряд причин:

- снижение электродвижущей силы вспомогательной обмотки трансформатора из-за активного и реактивного сопротивлений первичной обмотки при нагрузке обмоток трансформатора, питающих выпрямительно-инверторный преобразователь;

- отклонение напряжения в контурах первичной и вспомогательной обмоток трансформатора от тока двигателей вспомогательных машин и симметрирующих конденсаторов;

- изменение гармонических составляющих несинусоидального переменного напряжения на токоприемнике в ходе управления тяговым и скоростным режимом электровоза;

- зависимость действующего значения напряжения прямой последовательности в трехфазной системе напряжений от действующего однофазного напряжения на вспомогательной обмотке тягового трансформатора вследствие погрешности работы симметрирующих устройств [14, 15].

Повышение уровня надежности фазорасщепителей электровозов переменного тока

Длительное отклонение напряжения от номинального значения на обмотках статора трехфазных асинхронных двигателей предопределяет повышение тока, что приводит к росту температуры активных частей электрической машины, ухудшению энергетических показателей и сокращению срока службы.

При разработке систем вспомогательного привода для электровозов переменного тока рассматривались варианты применения автоматической стабилизации симметрии трехфазной системы. В рамках представленной статьи рассмотрены технические решения устройств стабилизации напряжения питания вспомогательных машин, использование которых позволит оптимизировать режимы работы приводных электродвигателей. Однако, практическое использование данных устройств в системе привода вспомогательных машин не только усложнит конструкцию, но и вызовет сложности ее размещения в секции локомотива [16].

В этой связи на всех отечественных электровозах питание вспомогательных машин осуществляется без стабилизации и симметрии напряжений [17]. В то же время для обеспечения надежности самих приводных электродвигателей при работе во всем диапазоне изменения питающего напряжения их номинальная мощность завышена до 50 %, чем обусловлены повышенные габаритные размеры и масса вспомогательных машин. Этот недостаток в определенной степени компенсируется простотой схемотехнического исполнения.

Первым этапом разработки системы явилось рассмотрение паспортных данных вспомогательных машин для оценки параметров переходных процессов пуска и обоснования предложенного алгоритма управления [18]. В рамках исследования рассмотрен электровоз серии ВЛ80Р.

Особое внимание уделено определенным эксплуатационным режимам. Пример, при проследовании нейтральной вставки контактной сети участка железнодорожной линии локомотивная бригада, согласно установленной технологии работы, обязана произвести отключение вспомогательных машин в соответствии со следующим алгоритмом действия:

- отключение мотор-вентиляторов МВ;
- отключение мотор-компрессора МК;
- отключение фазорасщепителей;
- отключение главного выключателя ГВ.

По окончании проследования нейтральной вставки данного участка железнодорожной линии необходимо произвести включение указанных вспомогательных машин в последовательности, обратной выключению.

При этом необходимо учитывать, что подключение нагрузки должно производиться последовательно, что позволяет в свою очередь минимизировать величину пусковых токов и обеспечить необходимые технические характеристики работы подвижного состава. Не допускается одновременное включение всех вспомогательных машин, питаемых через фазорасщепитель. Между включениями каждого двигателя должна соблюдаться выдержка времени, необходимая для перехода двигателя на устойчивую ветвь механической характеристики. Пренебрежение регламентированным временем между включением вспомогательных машин локомотивными бригадами предопределяет целочисленное количество отказов электрической части рассматриваемых электрических машин. Предложенное в рамках статьи техническое решение позволит исключить человеческий фактор, обеспечивая регламентируемую последовательность и время между включением электродвигателей нагрузки.

Реализация предложенного технического решения возможна с учетом использования полупроводникового преобразователя частоты, использование

которого позволит реализовать «мягкий» пуск мотор-вентиляторов на пониженной частоте [19, 20].

Контур, осуществляющий контроль величины напряжения во вторичной обмотке собственных нужд тягового трансформатора, предупредит включение предложенной системы управления. Следует отметить, что параллельная работа фазорасщепителя и предложенного полупроводникового преобразователя частоты не только позволяет решать поставленные в рамках статьи задачи, но и осуществляет резервирование штатной схемы, рис. 2.

Поднятие электровоза либо проследование им нейтральной вставки контактной сети, системой управления необходимо обеспечить первоочередной запуск мотор-компрессора и масляного насоса с последующим поочередным пуском мотор-вентиляторов на пониженной частоте вращения, по истечению которого происходит переход в штатную схему. Включение при этом производится от штатной схемы с фазорасщепителем с использованием предложенного преобразователя.

Реализация последовательного пуска на пониженной частоте вращения реализована за счет использования контакторов КМ1-КМ4. Таймерами микропроцессорной системы управления предлагаемая схема будет переведена в штатный режим по истечению запрограммированного времени.

С целью рекомендации данной системы для практического применения в структуре ОАО «РЖД» и ее дочерних компаниях, необходимо произвести технический расчет его потребной мощности, а также обосновать процедуру выбора преобразователя частоты.

Началом работы предложенной системы является запуск фазорасщепителя и мотор-компрессора от штатной схемы электровоза ВЛ80Р. В данный момент времени контакторы КМ1-КМ4 переключены и разрывают цепь штатной схемы на предложенное схемотехническое решение. Уставка микроконтроллера учитывает параметры переходного процесса запуска мотор-компрессора, истечение которой определяется замыкание контакта КМ5 с целью пуска

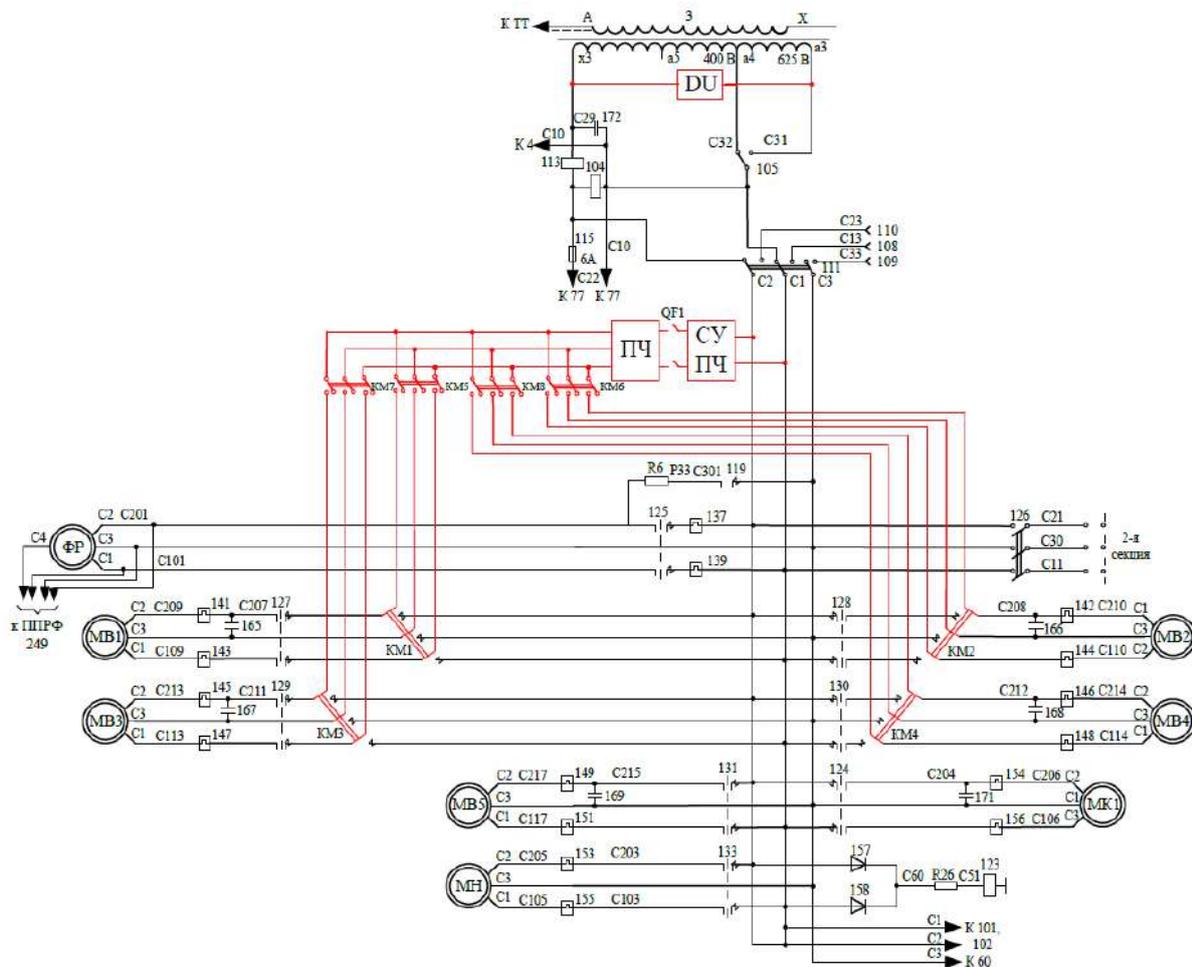


Рис. 2. Предлагаемая схема работы вспомогательных машин электровоза серии ВЛ80Р с учетом конструктивных особенностей

Fig. 2. The proposed scheme of operation of auxiliary machines of the VL80R series electric locomotive, taking into account design features

МВ1 на пониженной частоте вращения от предложенного полупроводникового преобразователя.

Анализ технических характеристик асинхронного электродвигателя предопределил время, по истечении которого контакт КМ6 замыкается. Аналогичный процесс происходит и при включении оставшихся мотор-вентиляторов. Реализация предложенного алгоритма управления за счет устранения пусковых токов машин нагрузки позволит повысить надежность электрической части фазорасщепителей, рис. 3.

После пуска последнего мотор-вентилятора с учетом времени переходного процесса контакторы

КМ1-КМ4 переключают машины охлаждения на штатную схему электровоза, а контактор QF1 отключает питание предложенной в рамках статьи системы.

Современными тенденциями на подвижном составе являются улучшение показателей надежности, минимизация энергопотребления с сохранением надежности оборудования, что принесет несомненную экономическую выгоду и простоту эксплуатации электроподвижного состава.

Предложена схема питания вспомогательных машин на пониженной частоте путем установки в силовую схему электровозов серии ВЛ80Р полупро-

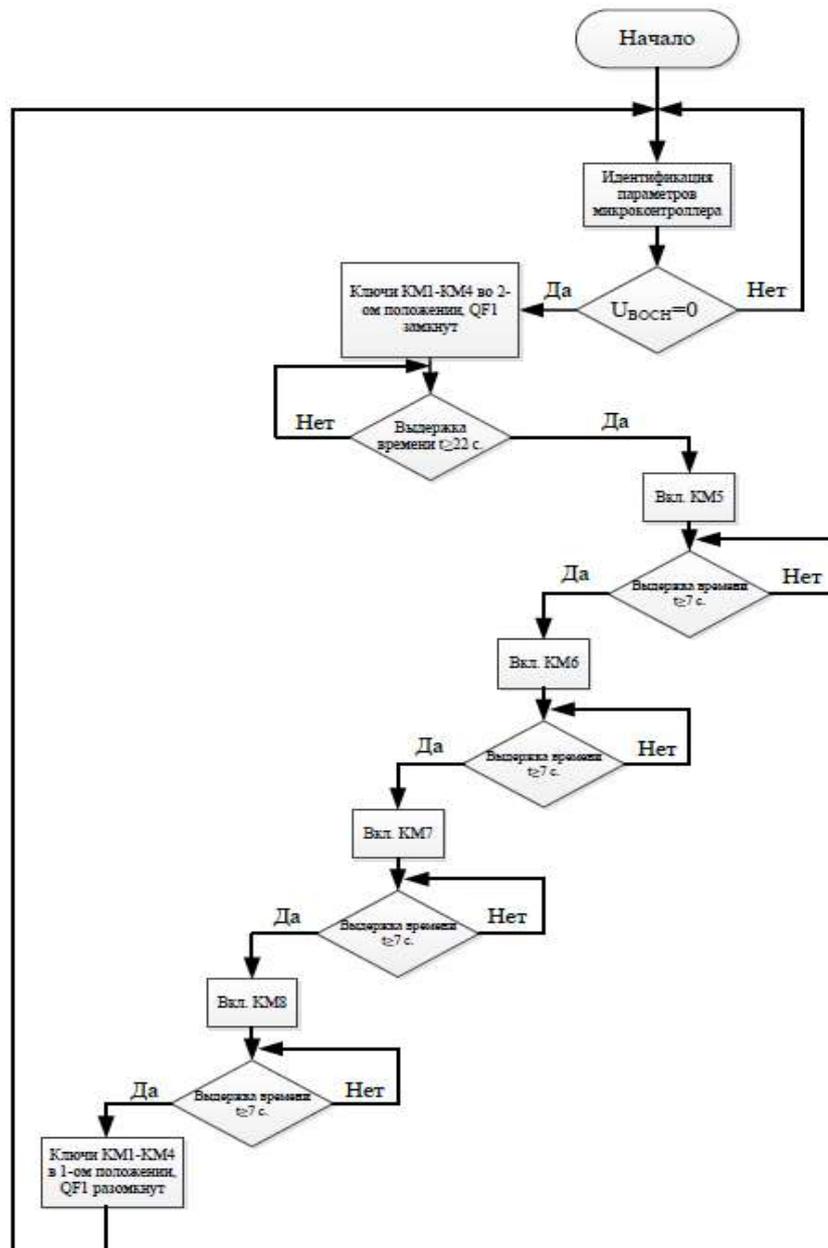


Рис. 3. Алгоритм работы предложенной системы управления вспомогательными машинами электровоза
Fig. 3. The algorithm of the proposed control system for auxiliary machines of an electric locomotive

водникового преобразователя частоты для его параллельной работы с фазорасщепителем. Проведенный экономический расчет показал, что срок окупаемости предложенной системы управления вспомогательными машинами электровоза составляет 1,26 года.

Выводы

Представленная авторами в статье система управления вспомогательными машинами электровозов переменного тока в первую очередь направлена на исключение или минимизацию влияния величины пусковых токов на энергосистему подвижного состава в целом. Особенностью является то, что практическое использование предложенной системы окажет минимальные воздействия на геометрические параметры кузова электровоза.

Практическое применение данной системы управления вспомогательными машинами электровозов переменного тока на Восточном полигоне

позволит в значительной степени снизить число отказов фазорасщепителей, связанных с выплавлением и выгоранием его основных элементов и технических узлов.

Представленный алгоритм реализует последовательный пуск мотор-вентиляторов электровоза с учетом времени переходного процесса данного режима каждого электродвигателя. Как только механическая характеристика переходит на установившуюся ветвь осуществляется пуск следующего электродвигателя нагрузки, что позволяет сделать объективный вывод об отсутствии пусковых токов рассматриваемых машин.

Предлагаемая система управления преобразователем частоты является безопасной для жизнедеятельности работников, ее обслуживающих и ремонтирующих, и экологичной для окружающей среды.

Список литературы

1. ОАО «Российские железные дороги»: офиц. портал. URL: <http://www.rzd.ru>
2. Для увеличения пропускной способности БАМа и Транссиба потребуется практически удвоить потребление электрической мощности // Инфраструктура, 28.01.21. e-mail: info@gudok.ru
3. Muzyko T. Osobennosti pokazatelei otsenki kachestva transportnykh uslug [Features of indicators for assessing the quality of transport services] [Electronic media]. URL: <https://popravu.club/transport/prava-passazhirov-i-perevozchikov/kachestvo-transportnyh-uslug.html>.
4. Гозбенко В.Е., Иванков А.Н., Колесник М.Н., Пашкова А.С. Методы прогнозирования и оптимизации транспортной сети с учетом мощности пассажира и грузопотоков. Депонированная рукопись № 330-В2008. 17.04.2008.
5. M V Konstantinova, A A Olentsevich, V Yu Konyukhov, E A Guseva and V A Olentsevich Automation of failure forecasting on the subsystems of the railway transport complex in order to optimize the transportation process as a whole IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2020, 1064 (2021) 012020
6. Olentsevich V A, Belogolov Yu I, Kramynina G N 2019 Set of organizational, technical and reconstructive measures aimed at improvement of section performance indicators based on the study of systemic relations and regularities of functioning of railway transport system // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 832 (2020) 012038
7. Pogodin V.K., Belogolov Yu.I., Gozbenko V.E., Kargapol'tsev S.K., Olentsevich V.A., Gladkih A.M. CALCULATION OF SEALING PRESSURES OF SHUT-OFF VALVES В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2020, MEACS 2020. 2021. С. 012035.
8. Иванкова Л.Н. Основные факторы, влияющие на ритмичность работы грузовых специализированных станций // В сборнике: Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта. Межвузовский сборник научных трудов. Москва, 2020. С. 10-17.
9. Иванкова Л.Н., Иванков А.Н., Куныгина Л.В. Совершенствование схем и технологии работы решающих технических и грузовых станций Восточного полигона // В сборнике: Современные подходы к управлению на транспорте и в логистике. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. 2016. С. 52-56.
10. Громышова С.С., Зуева Л.Д., Савельева Т.А., Гозбенко В.Е. Анализ отказов технических средств контроля и управления в сложноструктурированной транспортной системе // В сборнике: НАУКА СЕГОДНЯ: ВЫЗОВЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ. материалы международной научно-практической конференции. Вологда, 2020. С. 8-9.
11. Файзрахманова Е.В., Игнатъева Е.И., Оленцевич А.А. Безбарьерная транспортная среда как средство повышения эффективности грузовых перевозок // В сборнике: Повышение управленческого, экономического, социального и инновационно-технического потенциала предприятий, отраслей и народно-хозяйственных комплексов. сборник статей XI Международной научно-практической конференции. Пенза, 2020. С. 210-213.
12. Бурянина Н.С., Королук Ю.Ф., Корякина М.Л., Малеева Е.И., Лесных Е.В., Суслов К.В. Линии электропередачи с увеличенной пропускной способностью // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2019. Т. 4. № 3 (17). С. 83-90.
13. Воропай Н.И., Суслов К.В. Задачи обоснования развития активных систем электроснабжения // Промышленная энергетика. 2018. № 1. С. 2-6.
14. Минуллин Р.Г., Волченко К.М., Абдуллазянов Э.Ю., Касимов В.А., Филимонова Т.К. Предельные возможности локационного мониторинга состояния проводов линий электропередачи // В сборнике: Кибернетика энергетических систем. Сборник материалов XI сессии научного семинара по тематике "Диагностика энергооборудования". 2018. С. 164-168.

15. Правила устройства системы тягового электроснабжения железных дорог Российской Федерации ЦЭ-462. – М.: Транспорт, 2007. – 450 с.
16. Akhmetshin A.R., Suslov K.V., Astashkov N.P., Olentsevich V.A., Shtayger M.G., Karlina A.I. Development of the performance control algorithm of the blower motors of electric locomotives for various operating modes В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference: Actual Issues of Mechanical Engineering (AIME 2020). 2021. С. 012001.
17. Алексеева Т.Л., Рябченко Н.Л., Астраханцев Л.А. Электроэнергетическая система железной дороги и электрическая тяга поездов. Состояние и перспективы развития // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2018. Т. 2. С. 234-239.
18. Асташков Н.П., Оленцевич А.А. Изменение технологии работы транспортно-технологической системы железнодорожного транспорта за счет использования нового типа подвижного состава // В сборнике: Наука сегодня: задачи и пути их решения. материалы международной научно-практической конференции. 2019. С. 16-17.
19. Асташков Н.П., Тихомиров В.А., Асташков С.П. Функциональная схема системы автоматического управления мотор-вентиляторами электровоза на выбеге и остановках на промежуточных станциях // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2016. Т. 2. С. 354-357.
20. Ryabchenok N., Alekseeva T., Astrakhancev L., Astashkov N., Tikhomirov V. ENERGY-SAVING DRIVING OF HEAVY TRAINS // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. Т. 982. С. 491-508.
21. Grigoriev N.P., Klykov M.S., Trofimovich P.N., Tikhomirov V.A. Reduction of electrical energy losses of power transformers of 25 Kv traction substations // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Transport and Infrastructure of the Siberian Region, SibTrans 2019. 2020. С. 012060.

References

1. ОАО «Российские железные дороги»: ofits. portal [ОАО "Russian Railways": the official portal] [Electronic media]. URL: <http://www.rzd.ru>.
2. Dlya uvelicheniya propusknnoi sposobnosti BAMa i Transsiba potrebuetsia prakticheski udvoit' potreblenie elektricheskoi moshchnosti [To increase the capacity of the BAM and the Transsib, it will be necessary to almost double the consumption of electric power]. GUDOK.RU. Transportnyi portal [GUDOK.RU. The transportation portal]. URL: <https://gudok.ru/news/?ID=1551229>. Accessed: January 28, 2021.
3. Muzyko T. Osobennosti pokazatelei otsenki kachestva transportnykh uslug [Features of indicators for assessing the quality of transport services] [Electronic media]. URL: <https://popravu.club/transport/prava-passazhirov-i-perevozchikov/kachestvo-transportnyh-uslug.html>.
4. Gozbenko V. E., Ivanov A. N., Kolesnik M. N., Pashkova A. S. Metody prognozirovaniya i optimizatsii transportnoi seti s uchyotom moshchnosti passazhiro- i gruzopotokov. Deponirovannaya rukopis' No. 330-V2008. 17.04.2008 [Methods of forecasting and optimization of the transport network taking into account the capacity of passenger and cargo flows. Deposited manuscript No. 330 - V2008. 17.04.2008].
5. Konstantinova M.V., Olentsevich A. A., Konyukhov V. Yu., Guseva E. A. and Olentsevich V. A. Automation of failure forecasting on subsystems of the railway transport complex in order to optimize the transportation process as a whole. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2020, 1064 (2021) 012020
6. Olentsevich V. A., Belogolov Yu. I., Kramynina G. N. A set of organizational, technical and reconstructive measures aimed at improving the performance indicators of the work of sections based on the study of system connections and patterns of functioning of the railway transport system. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 832 (2020) 012038
7. Pogodin V. K., Belogolov Yu. I., Gozbenko V. E., Kargapoltsev S. K., Olentsevich V. A., Gladkikh A.M. Calculation of the sealing pressure of shut-off valves. In the collection: IOP conference series: Materials Science and Technology. International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2020, MEAC 2020. 2021. p. 012035.
8. Ivankova L. N. Osnovnye faktory, vliyayushchie na ritmichnost' raboty gruzovykh spetsializirovannykh stantsii [The main factors affecting the rhythm of the work of specialized cargo stations]. V sbornike: Sovremennye problemy sovershenstvovaniya raboty zheleznodorozhnogo transporta. Mezhevuzovskii sbornik nauchnykh trudov [In the collection: Modern problems of improving the work of railway transport. Interuniversity collection of scientific papers]. Moscow, 2020. pp. 10-17.
9. Ivankova L. N., Ivankov A. N., Kunygina L. V. Sovershenstvovanie skhem i tekhnologii raboty reshayushchikh tekhnicheskikh i gruzovykh stantsii Vostochnogo poligona [Improvement of schemes and technologies of operation of crucial technical and cargo stations of the Eastern polygon]. V sbornike: Sovremennye podkhody k upravleniyu na transporte i v logistike. Sbornik materialov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [In the collection: Modern approaches to management in transport and logistics. Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference, 2016. pp. 52-56.
10. Gromyshova S. S., Zueva L. D., Savel'eva T. A., Gozbenko V. E. Analiz otkazov tekhnicheskikh sredstv kontrolya i upravleniya v slozhnostrukturirovannoi transportnoi sisteme. [Analysis of failures of technical means of control and management in a complex structured transport system]. V sbornike: Nauka segodnya: vyzovy, perspektivy i vozmozhnosti. Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [In the collection: NAUKA SEGODNYA: CHALLENGES, PROSPECTS AND OPPORTUNITIES. Materials of the international scientific and practical conference]. Vologda, 2020. pp. 8-9.
11. Faizrahmanova E. V., Ignat'eva E. I., Olentsevich A. A. Bezbar'ernaya transportnaya sreda kak sredstvo povysheniya effektivnosti gruzovykh perevozok [Barrier-free transport environment as a means of increasing the efficiency of cargo transportation]. V sbornike: Povyshenie upravlencheskogo, ekonomicheskogo, sotsial'nogo i innovatsionno-tekhnicheskogo potentsiala predpriyatii, otraslei i narodno-khozyaistvennykh kompleksov. sbornik statei XI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [In the collection: Improving the managerial, economic, social and innovative-technical potential of enterprises,

industries and national economic complexes. collection of articles of the XI Scientific and Practical International Conference]. Penza, 2020. pp. 210-213.

12. Buryanina N. S., Korolyuk Yu. F., Koryakina M. L., Maleeva E. I. et al. Linii elektroperedachi s uvelichennoi propusknoi sposobnost'yu [Electric power transmission lines with increased throughput capacity]. Groznenskiy estestvennonauchnyi byulleten' [Grozny Natural Science Bulletin], 2019. Vol. 4. No. 3 (17). pp. 83-90.

13. Voropai N. I., Suslov K. V. Zadachi obosnovaniya razvitiya aktivnykh sistem elektrosnabzheniya [Problems of substantiation of the development of active power supply systems]. Promyshlennaya energetika [Industrial power engineering], 2018. No. 1. pp. 2-6.

14. Minullin R. G., Volchenko K. M., Abdullazyanov E. Yu., Kasimov V. A., Filimonova T. K. Predel'nye vozmozhnosti lokatsionnogo monitoringa sostoyaniya provodov linii elektroperedachi [Limiting possibilities of location monitoring of the state of wires of power transmission lines]. V sbornike: Kibernetika energeticheskikh sistem. Sbornik materialov KhL sessii nauchnogo seminaru po tematike "Diagnostika energooborudovaniya" [In the collection: Cybernetics of energy systems. Collection of materials of the XL session of the scientific seminar on the topic "Diagnostics of energy consumption"], 2018. pp. 164-168.

15. Pravila ustroystva sistemy tyagovogo elektrosnabzheniya zheleznykh dorog Rossiiskoi Federatsii TsE-462 [Rules for the device of the traction power supply system of the railways of the Russian Federation CE-462]. Moscow: Transport Publ., 2007. 450 p.

16. Akhmetshin A. R., Suslov K. V., Astashkov N. P., Olentsevich V. A. et al. Development of an algorithm for controlling the performance of electric locomotive fan motors for various operating modes. In the collection: IOP Conference series: Materials Science and Engineering. International Conference: Topical issues of Mechanical Engineering (AIME 2020). 2021. p. 012001.

17. Alekseeva T. L., Ryabchenok N. L., Astrakhansev L. A. Elektroenergeticheskaya sistema zheleznoi dorogi i elektricheskaya tyaga poezdov. Sostoyanie i perspektivy razvitiya [Electric power system of the railway and electric traction of trains. State and prospects of development]. Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona [Transport infrastructure of the Siberian region], 2018. Vol. 2. Pp. 234-239.

18. Astashkov N. P., Olentsevich A. A. Izmenenie tekhnologii raboty transportno-tekhnologicheskoi sistemy zheleznodorozhnogo transporta za schet ispol'zovaniya novogo tipa podvizhnogo sostava [Changing the technology of the transport and technological system of railway transport through the use of a new type of rolling stock]. V sbornike: Nauka segodnya: zadachi i puti ikh resheniya. materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [In the collection: Science today: tasks and ways to solve them. Materials of the international scientific and practical conference], 2019. Pp. 16-17.

19. Astashkov N. P., Tikhomirov V. A., Astashkov S. P. Funktsional'naya skhema sistemy avtomaticheskogo upravleniya motor-ventilyatorami elektrovoza na vybege i ostanovkakh na promezhutochnykh stantsiyakh [Functional scheme of the system of automatic control of electric locomotive motor fans at slowing-down and stops at intermediate stations]. [Transport infrastructure of the Siberian region], 2016. Vol. 2. pp. 354-357.

20. Ryabchenok N., Alekseeva T., Astrakhansev L., Astashkov N., Tikhomirov V. Energy-saving driving of heavy-load trains. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020. Vol. 982. pp. 491-508.

21. Grigoriev N. P., Klykov M. S., Trofimovich P. N., Tikhomirov V. A. Reduction of electric energy losses of power transformers of 25 kV traction substations. In the collection: IOP Conference Series: Materials Science and Technology. International Conference on Transport and Infrastructure of the Siberian Region, SibTrans 2019. 2020. p. 012060.

Информация об авторах

Асташков Николай Павлович – к. т. н., доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: astashkovnp@yandex.ru

Оленевич Виктория Александровна – к. т. н., доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: olencevich_va@mail.ru

Information about the authors

Nikolai P. Astashkov – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, the Subdepartment of Operational Work Management, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: astashkovnp@yandex.ru

Viktoriya A. Olentsevich – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, the Subdepartment of Operational Work Management, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: olencevich_va@mail.ru