

Birmingham, 2016. Pp. 111–115.

18. Grigoriev N.P., Krikun A.A. *Sistema elektrosnabzheniya elektrifitsirovannykh zheleznykh dorog peremennogo toka 25 kV* [Power supply system of electrified Railways AC 25 kV]. Patent for invention RU 2427484 C1, 27.08.2011. Application no. 2010119621/11 dated May 17, 2010.

19. Bulatov Yu.N., Kryukov A.V., Suslov K.V., Cherepanov A.V. Operativnoe opredelenie zapasov staticheskoi ustoichivosti v sistemakh elektrosnabzheniya s ustanovkami raspredelennoi generatsii [Operational determination of static stability reserves in power supply systems with distributed generation installations]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of Irkutsk State Technical University], 2021. Vol. 25 No. 1 (156). Pp. 31–43.

20. Burkov A.T., Seronosov V.V., Stepanskaya O.A. Marketing v elektroenergetike [Power engineering marketing]. *Transportnye sredstva. Sistemy obespecheniya dvizheniya poezdov* [Vehicles. Train traffic support systems]. Moscow, 2014. 284 p.

21. Gorbunova V.S., Puzina E.Yu. Effektivnost' vnedreniya sistemy energeticheskogo menedzhmenta v promyshlennykh kompaniyakh Rossii [Efficiency of energy management system implementation in industrial companies of Russia]. *Transportnye sistemy i tekhnologii* [Transportation systems and technology], 2018. Vol. 4. No. 1. Pp. 119–137.

22. Konoplev T.F. Metodika otsenki kachestva upravleniya energosberezheniem i povysheniem energoeffektivnosti predpriyatii gazovoi otrasli [The methodology of assessing the quality of energy saving management and energy efficiency improvement of gas industry enterprises]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [The bulletin of civil engineers], 2020. No. 5 (82). Pp. 161–172.

23. Safarov G.G., Glinka D.Yu. Upravlenie energeticheskimi zatratami promyshlennykh predpriyatii kak faktor povysheniya effektivnosti [Management of energy costs of industrial enterprises as a factor in increasing efficiency]. *Innovatsionnye podkhody razvitiya ekonomiki i upravleniya v XXI veke. Sbornik trudov III Natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Federal'noe agentstvo zheleznodorozhnogo transporta* [Innovative approaches to economic development and management in the XXI century. Proceedings of the III National Scientific and Practical Conference. Federal Agency for Railway Transport]. St. Petersburg State Transport University of Emperor Alexander I, 2020. Pp. 220–225.

Информация об авторах

Пузина Елена Юрьевна – канд. техн. наук, доцент кафедры электроэнергетики транспорта, Иркутский государственный университет путей сообщения; доцент кафедры электроснабжения и электротехники, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, e-mail: lena-rus05@mail.ru.

Худогов Игорь Анатольевич – д-р техн. наук, профессор кафедры электроэнергетики транспорта, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: hudonogovi@mail.ru

Information about the authors

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

Igor' A. Khudonogov – Doctor of Engineering Science, Professor of the Subdepartment of Electric Power Industry of Transport, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: Hudonogovi@mail.ru

DOI 10.26731/1813-9108.2021.1(69).234-241

УДК 656.222.4

Процедура эффективной организации работы автоматизированной системы прогрева тягового электрооборудования электровоза

Н. П. Асташков, В. А. Оленцевич ✉, **Ю. И. Белоголов**

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

✉ olencevich_va@mail.ru

Резюме

При разработке методики расчёта надёжности электрической машины одним из основных этапов является разработка математической модели, в которой возможен учет факторов, воздействие которых непосредственно отражается на техническом состоянии и уровне безопасности эксплуатации. В настоящее время в различных областях науки и техники существует достаточно большое количество методов прогнозирования показателей надёжности, отличающихся совокупностью решаемых задач и особенностями применяемого математического аппарата. Учет возмущающих воздействий при реализации технологического процесса возможен при условии использования средств автоматизации. Выполненный авторами факторный анализ статистических данных по отказам тяговых электродвигателей позволил обосновать целесообразность организации процедуры прогрева. Наибольший процент технических отказов электрической части приходится на осенне – зимне – весенний периоды. Выявленная динамика распределения отказов в определенной степени обусловлена непосредственным увлажнением изоляции и снижением ее диэлектрической прочности, что вызвано резким перепадом внешних и внутренних температурных режимов при постановке локомотива в депо. Выявлено, что именно данный фактор способствует появлению конденсата на изоляции, ее дальнейшему разрушению. Параметры окружающей среды являются основным фактором, который оказывает влияние на эксплуатационную надёжность электрических машин, что подчеркивает актуальность представленной к рассмотрению статьи. Предложенное в статье техническое решение по прогреву тягового электрооборудования ориентировано на целочисленное уменьшение количества технических отказов электрической части рассматриваемых электродвигателей. С целью учета параметров окружающего воздуха в представленной математической модели использован многопозиционный ключ МК2, с помощью которого

реализовано переключение на различные уровни не только положительной, но и отрицательной температуры. Данный контур использован для оценки адекватности представленной модели реальным физическим процессам.

Ключевые слова

автоматизированная система прогрева, тяговый подвижной состав, процедура организации работы, алгоритм управления, мотор-вентиляторы, верхние слои изоляции, параметры окружающей среды, повышение эксплуатационной надежности

Для цитирования

Асташков Н. П. Процедура эффективной организации работы автоматизированной системы прогрева тягового электрооборудования электровоза / Н. П. Асташков, В. А. Оленцевич, Ю. И. Белоголов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 1 (69). – С. 234–241. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.1(69).234-241

Информация о статье

поступила в редакцию: 17.01.2021, поступила после рецензирования: 28.01.2021, принята к публикации: 05.02.2021

The procedure of effective organization of the work of the automated warm-up system of the electric locomotive traction equipment

N. P. Astashkov, V. A. Olentsevich✉, Yu. I. Belogolov

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

✉ olentsevich_va@mail.ru

Abstract

During the development of the method of calculating the electric machine reliability, one of the main stages is the development of a mathematical model, in which it is possible to take into account factors whose impact directly affects the technical condition and operation safety level. At present, there is a fairly large number of methods of predicting reliability indicators in various fields of science and technology, which are distinguished by the totality of current problems and the specific aspects of the mathematical tools applied. It is possible to take consideration of the disturbing impacts during the implementation of the technological process if automation tools are used. The factor analysis of statistic data on the failure of traction electric motors made it possible to substantiate the feasibility of the warm-up procedure. The largest percentage of technical failures of the electric part corresponds to the autumn - winter - spring periods. The detected failure distribution dynamics results from the direct hydration of the insulation and the decrease in its dielectric strength, which is caused by a sharp change in the external and internal temperature regimes when the locomotive is put in the depot. It has been revealed that this factor contributes to the condensation that appears on the insulation and its further destruction. Environmental parameters are the main factor that influences the operational reliability of electrical machines, which emphasizes the relevance of the article presented for consideration. The article proposes a technical solution on the warm-up of traction electrical equipment that is focused on the integer reduction of technical failures of the electric part of the considered electric motors. In order to take into account the ambient air parameters in the presented mathematical model, a multipositional key MK2 is used, with the help of which it was possible to implement the switch of not only positive, but also negative temperature to different levels. This circuit is used to evaluate the adequacy of the presented model to real physical processes.

Keywords

automated warm-up system, traction rolling stock, work organization procedure, control algorithm, motor fans, upper layers of insulation, environmental parameters, increased operational reliability

For citation

Astashkov N. P., Olentsevich V. A., Belogolov Yu. I. Protsejura effektivnoy organizatsii raboty avtomatizirovannoy sistemy progrevya tyagovogo elektrooborudovaniya elektrovoza [The procedure of effective organization of the work of the automated warm-up system of the electric locomotive traction equipment]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2021, No. 1 (69), pp. 234–241. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.1(69).234-241

Article Info

Received: 17.01.2021, Revised: 28.01.2021, Accepted: 05.02.2021

Введение

В целях поддержания требуемого уровня сопротивления изоляции тяговых двигателей (ТЭД), предупреждения выделения влаги и образования инея на коллекторах, щеточных аппаратах, электровозов, прибывших в депо и при их выдаче в работу, осуществляется обдув путем включения мотор-вентиляторов для выравнивания температуры яко-

рей и окружающего воздуха. Представленная технология позволяет удалить влагу только с верхних слоев изоляции, что является основополагающим фактором низкой эффективности данного метода.

В период сложных погодных-климатических условий (метель и снегопад) с целью предупреждения попадания снега в ТЭД и другое электрическое обо-

рудование электровозов реализуются следующие мероприятия:

- устанавливаются фильтр-круги на всасывающие отверстия раструбов вентиляторов электровозов с соответствующей записью в журнал установленной формы;
- производится включение мотор-вентиляторов;
- расправляются шторы в форкамерах.

При температуре наружного воздуха ниже -8°C каждое открывание ворот локомотивного депо должно сопровождаться включением воздушных тепловых завес. Закрепление подвижного состава на ремонтных позициях деповского отстоя производится тормозными башмаками, с применением тормозных средств локомотива в соответствии с имеющейся инструкцией.

Проблемы эксплуатационной надежности тяговых электрических машин электровоза

Проблемы надежности электрических машин условно подразделяются на конструкционную, технологическую и эксплуатационную [1-3].

Конструкционная надежность любой электрической машины в целом зависит от применяемых в ней активных и конструктивных материалов, качества изготовления ее основных частей и деталей.

Параметры окружающей среды являются основным фактором, который оказывает влияние на эксплуатационную надежность электрических машин, что подчеркивает актуальность представленной к рассмотрению статьи.

Повышение эксплуатационной надежности электрических машин – проблема многогранная и требует комплексного решения, которое реализуется в следующих направлениях:

- совершенствование конструкции электрических машин;
- модернизация действующих электрических машин;
- совершенствование устройств защиты в аварийных режимах;
- использование современных средств, методов и оборудования для реализации планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания.

На основе выполненного анализа статистических данных по отказам ТЭД выявлено, что большая их часть приходится на осенне – зимне – весенний периоды времени (рис. 1).

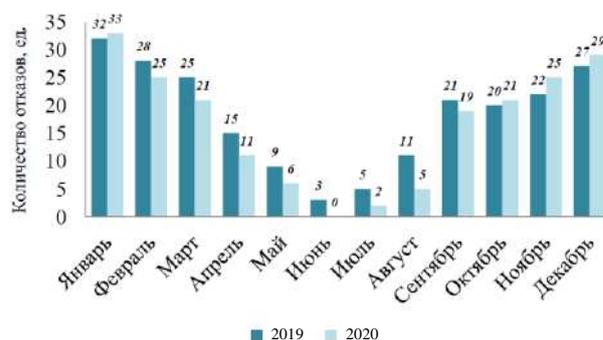


Рис. 1. Отказы тяговых электродвигателей за 2019 – 2020 года

Fig. 1. Failures of traction electric engines for 2019 – 2020

Данная особенность распределения отказов в определенной степени обусловлена непосредственным увлажнением изоляции и снижением ее диэлек-



Рис. 2. Причины отказов ТЭД
Fig. 2. Reasons for traction electric engine failures

трической прочности [4, 7]. Такой процесс можно связать с резким перепадом температур при постановке локомотива в депо, что непосредственно приводит к появлению конденсата на изоляции, ее дальнейшему разрушению. Предложенное мероприятие по прогреву тягового электрооборудования ориентировано на целочисленное уменьшение отказов электрической части рассматриваемых электродвигателей.

Согласно представленным статистическим данным следует, что большую долю составляют отказы электрической части рассматриваемых электрических машин (рис. 2).

Алгоритм управления автоматизированной системы прогрева тягового электрооборудования электровоза

Учет достоинств и недостатков существующих методов восстановления изоляции ТЭД позволил обосновать структуру предложенной технологии прогрева [12-14]. Реализация пуска мотор-вентиляторов электровоза на пониженной частоте вращения возможна с помощью полупроводникового преобразова-

теля частоты [8-11], что реализовано в математической модели с помощью многопозиционного ключа МК1 (рис. 3). Следует отметить, что работа электродвигателей охлаждения на максимальной частоте вращения возможна с учетом штатной схемы. Данное решение благоприятно отразится не только на массогабаритных размерах предложенной системы при ее практической реализации, но и технико-экономическом обосновании [5, 6, 15].

Задание предложенной величины тока тягового электрооборудования позволит реализовать вытеснение влаги из внутренних слоев изоляции наружу. Контроль температурного режима осуществляется с помощью датчика температуры Dt, сигнал которого реализует переключение мотор-вентиляторов на максимальную частоту вращения с целью беспрепятственного удаления влаги с поверхности изоляционных материалов в течение 10 минут (рис. 4, 5, 6). Окончание вышеизложенного алгоритма работы с учетом параметров окружающей среды позволит задать необходимую величину тока для благоприятного поддержания температуры ТЭД для постановки локомотива на ремонтные позиции (табл. 1).

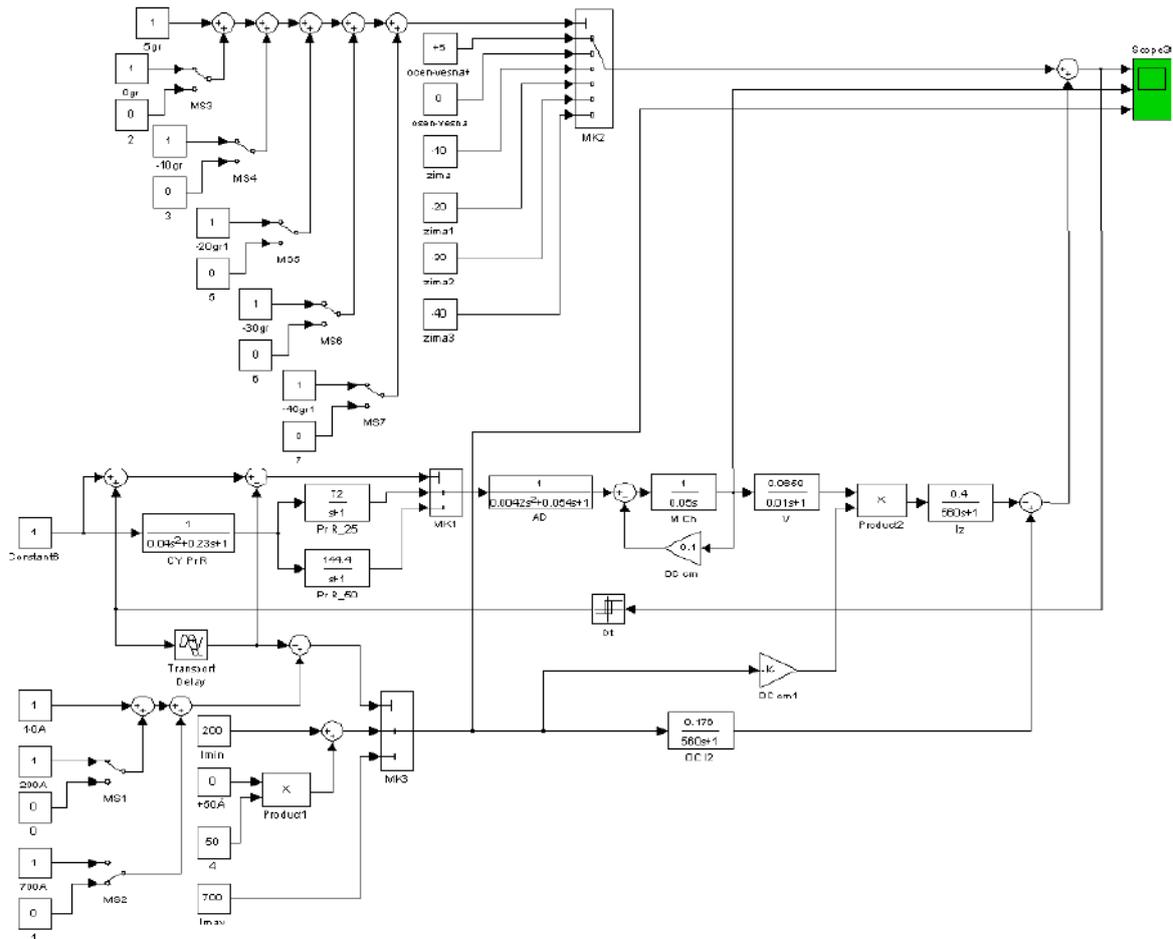


Рис. 3. Математическая модель предложенной автоматизированной системы прогрева

Fig. 3. Mathematical model of the proposed automated heating system

Таблица 1. Рекомендуемые значения тока с учетом параметров окружающей среды
Table 1. Recommended current values based on environmental parameters

$t_{\text{окр. возд.}}$, °C	5	0	-10	-20	-30	-40
$I_{\text{гз}}$, А	200	200	250	300	350	400

С целью учета параметров окружающего воздуха в представленной математической модели использо-

ван многопозиционный ключ МК2, с помощью которого реализовано переключение на различные уровни не только положительной, но и отрицательной температуры. Данный контур использован для оценки адекватности представленной модели реальным физическим процессам.

Аналогичным образом представлен контур моделирования величины тока в тяговом электрооборудовании с использованием МК3 (рис. 3).

Переходные процессы для различных параметров окружающего воздуха представлены на рисунках 4-6.

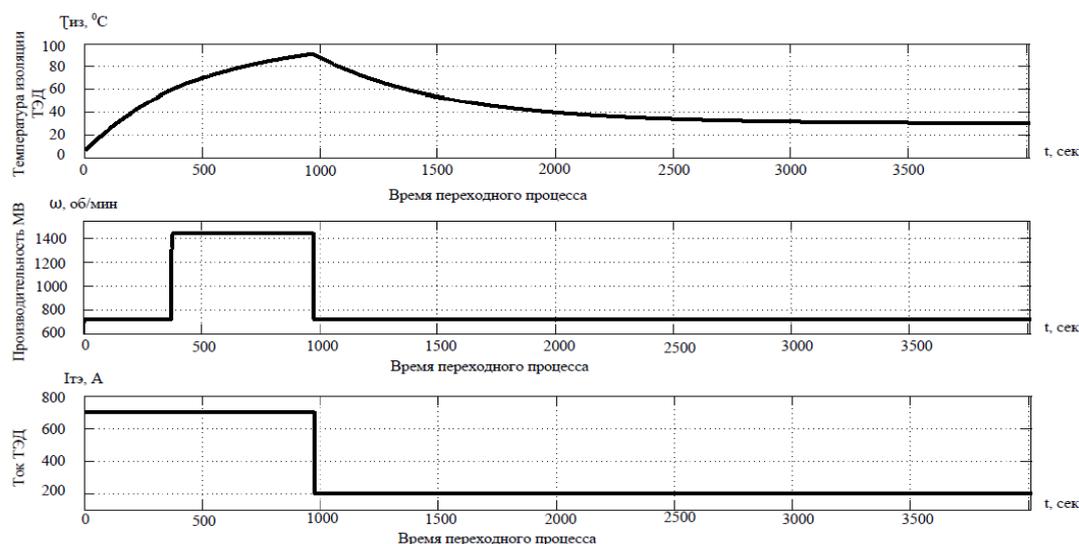


Рис. 4. Переходные процессы прогрева при температуре окружающего воздуха 5°C
Fig. 4. Transitional processes of warming at ambient air temperature of 5 degrees Celsius

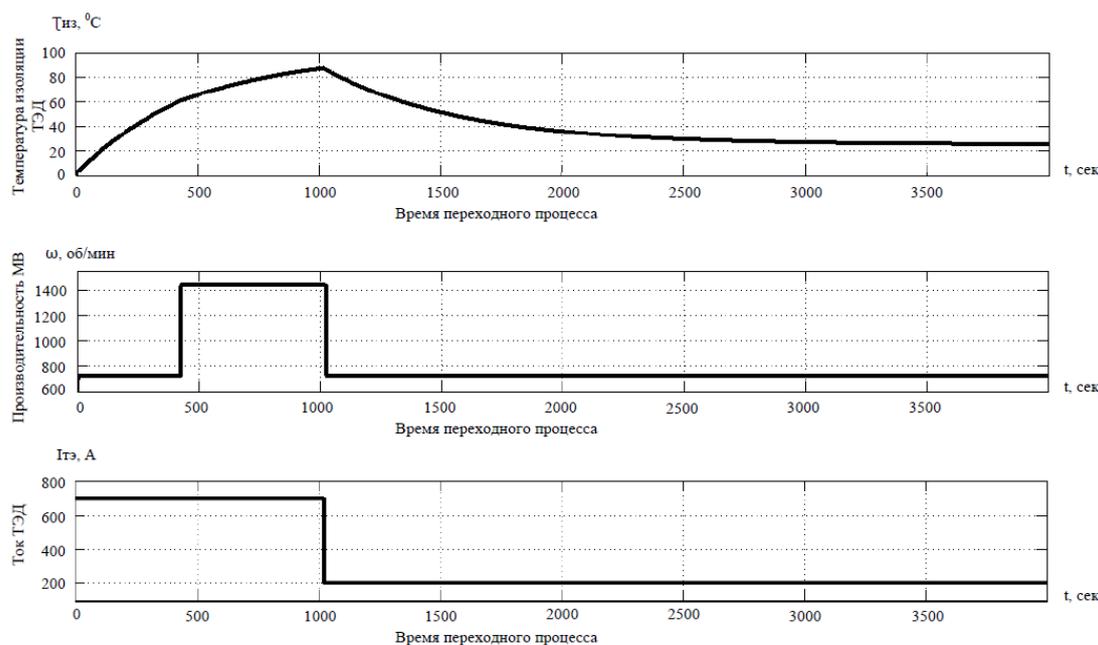


Рис. 5. Переходные процессы прогрева при температуре окружающего воздуха 0°C
Fig. 5. Transitional processes of warming at ambient air temperature of 0 degrees Celsius

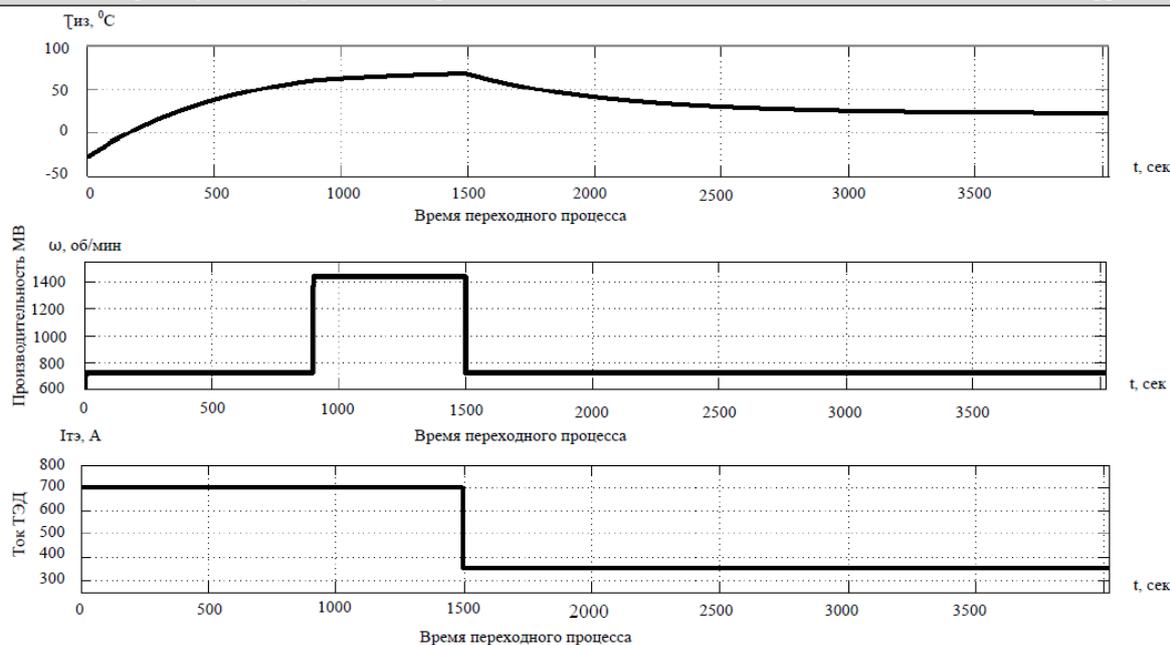


Рис. 6. Переходные процессы прогрева при температуре окружающего воздуха -30°C
Fig. 6. Transitional processes of warming at ambient air temperature of -30 degrees Celsius

Вывод

С целью практической реализации предложенной автоматизированной системы необходимо выполнить акцент на серию электровоза и назначение машин охлаждения. Руководствуясь разработанной математической моделью необходимо выполнить обоснование практического использования допол-

нительного оборудования, учитывая массогабаритные и технико-экономические аспекты. Основным преимуществом внедрения данной системы является не только сокращение времени прогрева, но и повышение надежности ТЭД, ремонт которых является трудоемким и экономически затратным [16-19].

Список литературы

1. Гольберг О.Д. Надежность электрических машин общепромышленного и бытового назначения. – М.: Энергия, 1976.
2. Ермолин Н.П., Жерихин И.П. Надежность электрических машин. – Л.: Энергия, 1976.
3. Котеленец Н.Ф., Кузнецов Н.Л. Испытания и надежность электрических машин. – М.: Высшая школа, 1988.
4. Маслов В.В. Влагостойкость электрической изоляции. – М.: Энергия, 1973 – 208 с.
5. Olentsevich V.A., Belogolov Y.I., Kramynina G.N. 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 Conference Series: Materials Science and Engineering. Ser. "International Conference on Digital Solutions for Automotive Industry, Roadway Maintenance and Traffic Control, DS ART 2019" 2020. С. 012038.
6. Olentsevich, V.A., Belogolov, Y.I., Grigoryeva, N.N. Analysis of reliability and sustainability of organizational and technical systems of railway transportation process // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 832(1), 012061
7. Страшинин Э.П. Увлажнение изоляции тяговых двигателей в зимних условиях. Свердловск: УПИ, 1958. - 37с.
8. Alekseeva T.L., Ryabchyonok N.L., Astrakhantsev L.A., Tikhomirov V.A., Astashkov N.P., Martusov A.L., Alekseev M.E. PARALLEL OPERATION OF AN INVERTER WITH AN ELECTRICAL AC NETWORK В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Transport and Infrastructure of the Siberian Region, SibTrans 2019. 2020. С. 012003.
9. Ryabchenok N., Alekseeva T., Astrakhancev L., Astashkov N., Tikhomirov V. ENERGY-SAVING DRIVING OF HEAVY TRAINS Advances in Intelligent Systems and Computing (см. в книгах). 2020. Т. 982. С. 491-508.
10. Астраханцев Л.А., Астраханцева Н.М., Асташков Н.П. Разработка ресурсосберегающих электрифицированных технологических процессов // Вестник КрасГАУ. 2012. № 8 (71). С. 166-169.
11. Иванкова Л.Н., Иванков А.Н., Фуфачева М.В. Развитие методов этапного овладения перевозками на двухпутных линиях при обращении длиннооставных грузовых поездов // Магнитогорск, 2012
12. Тихомиров В.А. Ресурсосберегающее управление мощностью электросушильных печей в технологических процессах сушки изоляции электрических машин подвижного состава // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2012. № 1. С. 318-321.
13. 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

14. Гозбенко В.Е., Иванков А.Н., Колесник М.Н., Пашкова А.С. Методы прогнозирования и оптимизации транспортной сети с учетом мощности пассажиро- и грузопотоков // Депонированная рукопись № 330-V2008 17.04.2008
15. Белоголов Ю.И., Стецова Ю.М., Оленцевич А.А. Использование методов математического моделирования при управлении транспортными процессами на железной дороге // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2018. Т. 1. С. 145-148.
16. 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 // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Transport and Infrastructure of the Siberian Region, SibTrans 2019. 2020. С. 012060
17. Оленцевич В.А., Асташков Н.П. Анализ рабочих режимов системы тягового электроснабжения при использовании интеллектуальной системы автоматизированного вождения поездов повышенной массы и длины // Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии. 2020. Т. 4. № 2. С. 66-73.
18. Волчек Т.В., Асташков Н.П. Повышение надёжности фазорасщепителей электровозов переменного тока // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2017. Т. 2. С. 456-461.
19. Патент на изобретение RU 2553978 С2, 20.06.2015. Заявка № 2013147972/07 от 28.10.2013. Установка для сушки изоляции обмотки тяговых электрических машин Кочетков А.В., Худоногов А.М., Асташков Н.П., Шрамко С.Г.

References

1. Gol'berg O.D. Nadezhnost' elektricheskikh mashin obshchepromyshlennogo i bytovogo naznacheniya [Reliability of electric machines of industrial and domestic use]. Moscow: Energiya Publ., 1976.
2. Ermolin N.P., Zherikhin I.P. Nadezhnost' elektricheskikh mashin [Reliability of electric machines]. Leningrad: Energiya Publ., 1976.
3. Kotelenets N.F., Kuznetsov N.L. Ispytaniya i nadezhnost' elektricheskikh mashin [Tests and reliability of electric machines]. Moscow: Vysshaya shkola Publ., 1988.
4. Maslov V.V. Vlagostoikost' elektricheskoi izolyatsii [The moisture resistance of electrical insulation]. Moscow: Energiya Publ., 1973. 208 p.
5. Olentsevich V.A., Belogolov Yu.I., Kramynina G.N. 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 Conference Series: Materials Science and Engineering. Ser. "International Conference on Digital Solutions for Automotive Industry, Roadway Maintenance and Traffic Control, DS ART 2019" 2020. Pp. 012038.
6. Olentsevich V.A., Belogolov Yu.I., Grigoryeva N.N. Analysis of reliability and sustainability of organizational and technical systems of railway transportation process. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 832(1), 012061
7. Strashinin E.P. Uvlazhnenie izolyatsii tyagovykh dvigatelei v zimnikh usloviyakh [Moisturization of the insulation of traction engines in winter conditions]. Sverdlovsk: UPI Publ., 1958. 37 p.
8. Alekseeva T.L., Ryabchyonok N.L., Astrakhantsev L.A., Tikhomirov V.A., Astashkov N.P., Martusov A.L., Alekseev M.E. Parallel operation of an inverter with an electrical AC network. In the coll.: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Transport and Infrastructure of the Siberian Region, SibTrans 2019. 2020. Pp. 012003.
9. Ryabchenok N., Alekseeva T., Astrakhantsev L., Astashkov N., Tikhomirov V. Energy-saving driving of heavy trains. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020. Vol. 982. Pp. 491-508.
10. Astrakhantsev L.A., Astrakhantseva N.M., Astashkov N.P. Razrabotka resursosberegayushchikh elektrifitsirovannykh tekhnologicheskikh protsessov [Development of resource-saving electrified processes]. Vestnik KrasGAU [The Bulletin of KrasGAU], 2012. No. 8 (71). Pp. 166-169.
11. Ivankova L.N., Ivankov A.N., Fufacheva M.V. Razvitie metodov etapnogo ovladeniya perevozkami na dvukhputnykh liniyakh pri obrashchenii dlinnosostavnykh gruzovykh poezdov [Development of methods for the stage-by-stage acquisition of transportation on double-track lines during the circulation of long-haul freight trains]. Magnitogorsk, 2012.
12. Tikhomirov V.A. Resursosberegayushchee upravlenie moshchnost'yu elektrosushil'nykh pechei v tekhnologicheskikh protsessakh sushki izolyatsii elektricheskikh mashin podvizhnogo sostava [Resource-saving management of power of electric drying furnaces in the process of drying the insulation of electric machines of rolling stock]. Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka [Scientific problems of transport of Siberia and the Far East], 2012. No. 1. Pp. 318-321.
13. Konstantinova M.V., Olentsevich A. A., Konyukhov V.Yu., Guseva E. A. and Olentsevich V.A. 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
14. Gozbenko V.E., Ivankov A.N., Kolesnik M.N., Pashkova A.S. Metody prognozirovaniya i optimizatsii transportnoi seti s uchetom moshchnosti passazhiro- i gruzopotokov. Deponirovannaya rukopis' No. 330-V2008 17.04.2008 [Methods of forecasting and optimizing the transport network, taking into account the capacity of passenger and cargo flows. Deposited manuscript No. 330-V2008 04.17.2008].
15. Belogolov Yu.I., Stetsova Yu.M., Olentsevich A.A. Ispol'zovanie metodov matematicheskogo modelirovaniya pri upravlenii transportnymi protsessami na zheleznoi doroge [Using mathematical modeling techniques in the management of railway transport processes]. Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona [Transport infrastructure of the Siberian region], 2018. Vol. 1. Pp. 145-148.
16. 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. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Transport and Infrastructure of the Siberian Region, SibTrans 2019, 2020. Pp. 012060

17. Olentsevich V.A., Astashkov N.P. Analiz rabochikh rezhimov sistemy tyagovogo elektrosnabzheniya pri ispol'zovanii intellektual'noi sistemy avtomatizirovannogo vozhdeniya poezdov povyshennoi massy i dliny [Analysis of the working modes of the traction electric supply system using the intelligent system of automated driving of heavy-weight and long-length trains]. *Vysokoproizvoditel'nye vychislitel'nye sistemy i tekhnologii* [High-performance computing systems and technologies], 2020. Vol. 4. No. 2. Pp. 66-73.

18. Volchek T.V., Astashkov N.P. Povyshenie nadezhnosti fazorasshchepitelei elektrovozov peremennogo toka [Increased reliability of phase splitters of AC electric locomotives]. *Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona* [Transport infrastructure of the Siberian region], 2017. Vol. 2. Pp. 456-461.

19. Kochetkov A.V., Khudonogov A.M., Astashkov N.P., Shramko S.G. Ustanovka dlya sushki izolyatsii obmotki tyagovykh elektricheskikh mashin [Installation for drying the winding of traction electric machines]. Patent for invention RU 2553978 C2, 20.06.2015. Application No. 2013147972/07 dated October 28, 2013.

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

Оленцевич Виктория Александровна – к. т. н., доцент; доцент кафедры управление эксплуатационной работой, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: olencevich_va@irgups.ru

Белоголов Юрий Игоревич – к. т. н., доцент; доцент кафедры управление эксплуатационной работой, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: pr-mech@mail.ru

Information about the authors

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

Victoria A. Olentsevich – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor; Associate Professor of the Subdepartment of Operations Management, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: olencevich_va@irgups.ru

Yuriy I. Belogolov – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor; Associate Professor of the Subdepartment of Operations Management, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: pr-mech@mail.ru

DOI 10.26731/1813-9108.2021.1(69).241-247

УДК 656.222.4

Оценка качественных и количественных характеристик системы «локомотив – вагон – путь» с использованием математической модели для определения вероятности схода вагонов

В. Н. Железняк, Л. В. Мартыненко ✉

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

✉ liuba.martinenko@yandex.ru

Резюме

В статье рассмотрены меры, направленные на повышение безопасности движения подвижного состава за счет рационального использования информации, полученной с комплекса ходовых (поездных) экспериментальных лабораторий Восточно-Сибирской железной дороги: тягово-энергетической, путеизмерительной, тормозо-испытательной. Каждый из названных источников позволяет получить реальную и достоверную на данный момент информацию о состоянии технических систем подвижного состава и пути. Для упрощения поиска неисправностей, которые могут инициировать сход, предлагается в созданной логической взаимосвязи системы «локомотив – вагон – путь» разделить ее условно на отдельные три части для выявления нарушений при эксплуатации, которые могут быть причастны к сходу. Обнаруженные отклонения параметров транспортной системы анализируют и устанавливают причастность определенного объекта к конкретному сходу. В данном анализе обязательно наличие перечня возможных неисправностей (выделено по шесть неисправностей), которые позволяют оценить техническое состояние и степень участия в сходе. Количественные и качественные характеристики системы «локомотив – вагон – путь» были сняты с каждого участка схода и занесены как отдельные параметры в таблицу, по которым с использованием математической модели просчитывали относительную меру участия в сходе. Прежде всего, выделенные значимые дефекты характеризовали отклонениями от нормативных, которые могли быть относительными и абсолютными отклонениями. Полученные расчетные параметры представили в графическом виде как зависимость относительной меры при участии в сходе от количества рассматриваемых параметров (неисправностей).

Ключевые слова

система «локомотив – вагон – путь», сход вагонов, безопасность движения, параметры транспортной системы, количественные и качественные характеристики, математическая модель для определения вероятности схода вагонов

Для цитирования

Железняк В. Н. Оценка качественных и количественных характеристик системы «локомотив – вагон – путь» с использованием математической модели для определения вероятности схода вагонов / В. Н. Железняк, Л. В. Мартыненко // Со-