

Хуснутдинов А.Н., Идиятуллин Р.Г., Аухадеев А.Э., Филина О.А.

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОЩЕТОК С ПОВЫШЕННЫМ РЕСУРСОМ В РЕАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

В работе описывается применение разрезной электрощетки с повышенным ресурсом. Приводится сравнение электрощеток серийных заводских с предлагаемыми по конструктивным, надежностным и стоимостным характеристикам. Предложен метод совершенствования конструкций серийных электрощеток и построена диаграмма динамических характеристик.

Ключевые слова: электрическая машина, электрощетка, графитовая вставка, ресурс, коммутация, коллектор, переходное сопротивление.

ВВЕДЕНИЕ

Эксплуатация электрических машин подвижного состава предполагает периодическую замену электрических щеток, подверженных механическому и электроэрозионному износу.

Исследования, проведенные в условиях эксплуатации, показывают, что ресурс серийной электрощетки имеет значительную дисперсию из-за влияния различных эксплуатационных факторов. Он значительно ниже по сравнению с расчетными значениями. Это объясняется влиянием неблагоприятных факторов, заложенных на заводе-изготовителе: низким качеством материалов; технологическими отклонениями (отклонение геометрии коллектора из-за усадки изоляции); плохой настройкой зоны безыскровой работы машины; низким качеством балансировки вращающихся частей машины и др. Все эти факторы ускоряют износ электрощеток и снижают их ресурс.

Многолетние исследования показывают, что бороться с этими негативными явлениями просто невозможно, т.е. этот путь является неэффективным. Требуется большая работа по созданию более жестких нормативных актов для изготовления электрических машин; коренное обновление технологического оборудования на заводах-изготовителях и др. Необходим поиск эффективных технологических путей решения, направленных на повышение ресурса, технологичности, снижение себестоимости и повышение эксплуатационной надежности электрощеток [1 – 3].

ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРОЩЕТОК С ПОВЫШЕННЫМ РЕСУРСОМ

Рекомендуемая электрощетка принципиально отличается по конструктивным признакам и по сроку эксплуатации от существующих. Данная электрощетка является составной [4], в то время как существующие конструкции электрощеток цельные. Химический состав и пропорции компонентов составных электрощеток, их размеры не отличаются от серийных. Конструктивные параметры электрической машины и щеткодержателя также остаются неизменными. Это подтверждает отсутствие малейшего технологического риска при эксплуатации нового вида электрощеток [5,6].

Основной идеей проекта является увеличение срока эксплуатации (ресурса) электрощеток электрических машин (дополнительно от 30 до 44 %) в зависимости от их конструкции.

При эксплуатации электродвигателя происходит постоянный непрерывный износ электрощеток. Изношенные щетки не восстанавливаются и подлежат замене вместе с дорогостоящими элементами конструкции:

- 1) провод гибкий неизолированный плетеный. Материал – рафинированная медь;
- 2) наконечники луженые. Материал – медь;
- 3) неизношенная часть электрощетки (электрощетка изнашивается на 2/3 своей высоты). Материал – графит, сажа, медь;
- 4) материалы для соединения токоведущего провода с угольно-графитовой частью щетки (конопатка, электропроводящий клей).

Ориентировочная стоимость недоиспользованной верхней части электрощетки составляет 40 % от общей ее стоимости.

Предлагаемая технология позволяет использовать верхнюю (недоиспользованную) часть электрощетки многократно при применении сменной вставки, что существенно снижает эксплуатационные затраты. Весь процесс замены сменной вставки значительно облегчает работу обслуживающего персонала и сокращает время профилактических работ до 70 %. Это достигается тем, что отпадает необходимость отворачивания и закрепления болта наконечника токопроводящего шунта электрощетки.

На **рис. 1** приведено схематическое изображение серийной электрощетки с указанием основных ее составляющих.

Составная электрощетка функционально подобна серийной. Основное отличие заключается в ее конструкции. Она состоит из двух частей: основной, посредством которой осуществляется подвод электроэнергии от щеткодержательного аппарата, и сменной графитовой вставки. По мере эксплуатации электрической машины сменная графитовая вставка изнашивается практически полностью и во время профилактического осмотра, ремонта заменяется на новую.

В состав основной части новой электрощетки входят дорогостоящие элементы конструкции, описанные выше. За счет того, что изнашиваемой

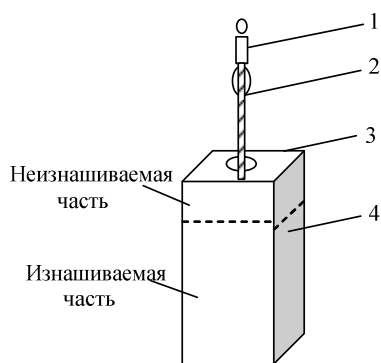


Рис. 1. Конструкция серийной электрощетки:
1 - наконечник луженый; 2 - медный провод гибкий
неизолированный плетеный; 3 - материалы
для соединения токоведущего провода с угольно-
графитовой частью щетки (конопатка,
электропроводящий клей);
4 - угольно-графитовая часть

частью электрощетки при правильной ее эксплуатации является сменная графитовая вставка, верхняя ее часть не изнашивается и не требует замены. Это показывает очевидную возможность экономии на дорогостоящих элементах конструкции, которые являются отходами при эксплуатации серийной электрощетки. Таким образом, применение составной электрощетки исключает возможность недоиспользования заложенного ресурса электрощетки.

Возможность широкого применения предлагаемой конструкции электрощетки определяется стандартной конструкцией щеткодержательного аппарата. Данное устройство предназначено для обеспечения точного положения электрощеток на коллекторе и надежного контакта. Конструкция щеткодержателя должна обеспечивать также практически стабильное нажатие на щетку независимо от степени износа её по высоте, надежную изоляцию от корпуса. В щеткодержателе электрощетки устанавливаются в специальные гильзы. Техническое состояние щеткодержательного узла должно удовлетворять ТУ на их эксплуатацию.

На рис. 2 показан фрагмент серийного щеткодержательного аппарата. В гильзе щеткодержательного аппарата 1 располагается верхняя часть составной электрощетки 2 и нижняя сменная графитовая вставка 3, скользящая по коллектору 4 электрической машины. Прижим электрощетки к коллектору осуществляется пружиной 5. Данное усилие создает надежный контакт в контактной поверхности 6 между основной частью составной электрощетки и сменной графитовой вставкой. Для осмотра технического состояния электрощеток и замены предельно изношенной нижней сменной части используется специальный съемник 8. Острие съемника 8 вводится в отверстие 7 нижней сменной части 3. Затем съемником 8 нижняя сменная часть 3 вынимается из гильзы щеткодержателя 1.

Рекомендуемая электрощетка с увеличенным ресурсом прошла успешные испытания в реальных условиях эксплуатации на опытном парке троллейбусов и трамваев в МУП «Метроэлектротранс» (г. Казань), а также на базе ОАО «Нижнекамскнефтехим» (г. Нижнекамск) и ООО «Электротранспорт» (г. Набережные Челны). Данные испытания подтвердили повышение ресурса и надежность ее эксплуатации как на подвиж-

ном составе, так и на синхронных машинах. Ежегодные осмотры электродвигателей, оборудованных составными электрощетками показали отсутствие каких-либо следов нежелательных процессов в электродвигателях (искрение, местное выгорание коллекторных пластин, разрушение щеток, «круговой огонь», перенапряжение в обмотках, возникновение пульсаций тока, приводящих к динамическим биениям якоря тягового электродвигателя и др.).

По мере износа сменных вставок электрощеток с повышенным ресурсом требуется их замена. Для улучшения условий коммутации новых вставок рекомендуется их предварительная притирка под радиус коллектора. Для этого разработана шлифовальная матрица (рис. 3). Удобство обращения и небольшие габариты позволяют ускорить процесс установки сменных вставок, что, в свою очередь, помогает до минимума сократить время простоя электрической машины.

Динамические характеристики исследуемых разрезных электрощеток приведены на рис. 4 [7, 8].

Использование разрезных электрощеток позволяет:

1. Снизить силу удара коллектора.
2. Раздвинуть во времени импульсы ударов F_2 и F_3 .
3. Снизить уровень отрыва электрощетки от поверхности коллектора.
4. Улучшить коммутацию и снизить переходное сопротивление в переходном контакте (коллектор – щетка).
5. За счет снижения уровня воздействия механических и электрических (коммутационных) факторов снизить износ элементов трущейся пары – коллектора и электрощеток.

Существующая технологическая схема эксплуатации электрощеток является неэффективной. Она приводит:

- к недоиспользованию ресурса электрощеток и в отдельных случаях может достигать 44 %;
- перерасходу меди;
- значительным трудозатратам при их обслуживании.

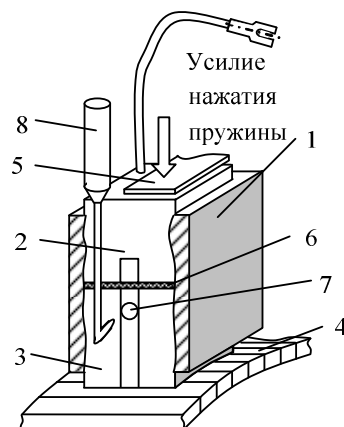


Рис. 2. Схематическое изображение гильзы щеткодержательного аппарата с составной электрощеткой: 1 – гильза щеткодержательного аппарата; 2 – верхняя часть составной электрощетки; 3 – нижняя сменная вставка; 4 – коллектор; 5 – пружина щеткодержателя; 6 – контактная поверхность между частями составной электрощетки; 7 – отверстие для съемника сменной графитовой вставки; 8 – съемник

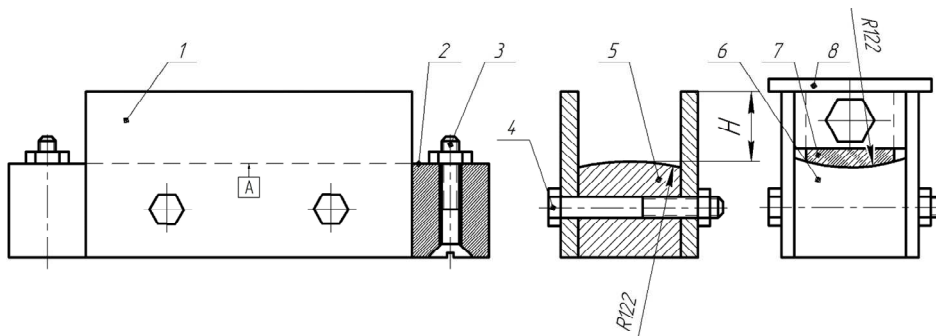


Рис. 3. Матрица шлифовальная:

1 – щека; 2 – абразивный шлифовальный лист; 3 – винт; 4 – болт; 5 – матрица (с выгнутым рельефом); 6 – матрица (с вогнутым рельефом); 7 – электрощетка; 8 – щеткодержатель на 2 электрощетки

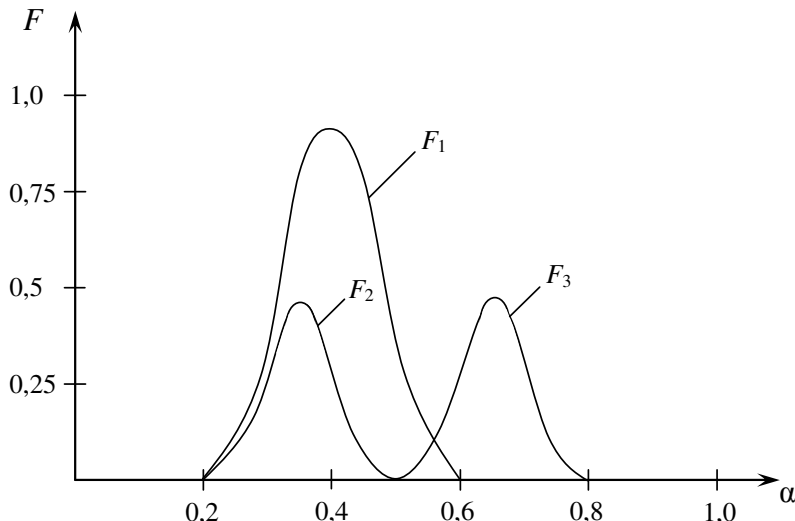


Рис. 4. Динамические характеристики разрезных электрощеток:

F_1 – импульс от удара монолитной электрощетки; F_2 – импульс от удара верхней части электрощетки; F_3 – импульс от удара нижней вставки

В связи с этим рекомендуется новая технология эксплуатации электрощеток электрических машин, позволяющая устранить указанные недостатки. При этом конструкция щеткодержателей электрических машин и марка электрощеток не изменяется. Проведенные лабораторные и эксплуатационные исследования подтвердили обоснованность использования новой технологии эксплуатации электрощеток. Их работа на тяговых двигателях городского электрического транспорта (трамваи и троллейбусы), электровозах и тепловозах дали обнадеживающие результаты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основании проведенных эксплуатационных испытаний на тепловозах, электровозах (Казанское отделение Горьковской железной дороги), трамваях, троллейбусах (МУП «Метроэлектротранс», г. Казань) получены следующие важные результаты:

- ресурс электрощеток, используемых по новой технологии, по сравнению с существующими увеличивается на 30% и более, в зависимости от высоты электрощетки;
- стоимость новой электрощетки снижается на 28,8%;
- трудозатраты сокращаются до 70%; срок окупаемости равен нулю.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермуратский П.В., Косякин А.А., Листвин А.С. Справочное пособие по основам электротехники и электроники. М.: Энергоатомиздат, 1995. 353 с.
2. Справочник по электрическим машинам / под общ. ред. И.П. Копылова Т.1. М.: Энергоатомиздат, 1988. 453 с.
3. Справочник по электрическим машинам / под общ. ред. И.П. Копылова Т.2. М.: Энергоатомиздат, 1988. 688 с.
4. Щеточный узел электрической машины: пат. 64821 Рос. Федерация, МПК Н 01 R 39/40/ Идиятуллин Р.Г.; заявитель и патентообладатель Идиятуллин Р.Г. №2007102195/22; опубл. 19.01.2007.
5. Литвиненко Р.С., Идиятуллин Р.Г., Аухадеев А.Э. Моделирование отказов электротехнического комплекса и его элементов на этапе разработки // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2015. № 4. Т. 11. С. 17 – 25.
6. Оценка эксплуатационной надежности тяговых генераторов / Р.Г. Идиятуллин, А.Н. Хуснутдинов, А.М. Вдовин, А.В. Попов, Л.Н. Киснеева // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2012. №1 1-12. С. 108 – 114.
7. Филина О.А., Идиятуллин Р.Г. Аппроксимация вольт-амперной характеристики щеточного контакта составной щетки с повышенным ресурсом // Современные тенденции развития науки и техники. 2015. № 8-1. С.134 – 136.
8. Хуснутдинов А.Н., Рыбаков Р.Б., Аллямова Н.М. Применение итерационных методов при проектировании электрических машин // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2014. №1-2. С.272 – 274.

Поступила в редакцию 29 сентября 2016 г.

INFORMATION IN ENGLISH

OPERATING EXPERIENCE OF COLLECTOR BRUSHES WITH IMPROVED SERVICE LIFE IN REAL-LIFE OPERATING CONDITIONS

Azat N. Khusnutdinov

Lecturer, the Department of Electrotechnical complexes and systems, Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia. e-mail: aktuba@mail.ru

Rinat G. Idiyatullin

D.Sc. (Engineering), Professor, Professor, the Department of Electrotechnical complexes and systems, Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia. E-mail: mcelt@rambler.ru

Aver E. Aukhadeev

Ph.D. (Engineering), Associate Professor, the Department of Electrotechnical complexes and systems, Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia. E-mail: auhadeevk@gmail.com

Ol'ga A. Filina

Assistant Professor, the Department of Electrotechnical complexes and systems, Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia. E-mail: olga_yuminova83@mail.ru

The paper describes the application of split brushes with improved service life. Conventional brushed are compared with the modified ones by such characteristics as design features, reliability and cost. The suggested method improves the design of collector brushes; the diagram of dynamic characteristics is also given in the paper.

Keywords: Electrical machine, collector brush, graphite insertion, service life, switching, collector, transient resistance.

REFERENCES

1. Ermuratsky P. V., Kosyakin A. A., Listvin A. S. *Spravochnoe posobie po osnovam elektrotekhniki i elektroniki* [Reference book on fundamentals of electrical equipment and Electronics]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1995. 353 p.
2. *Spravochnik po elektricheskim mashinam* [Reference book on electrical machines]. Under the general editorship of I.P. Kopylov. Vol. 1. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1988. 453 p.
3. *Spravochnik po elektricheskim mashinam* [Reference book on electrical machines]. Under the general editorship of I.P. Kopylov. Vol. 2. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1988. 688 p.
4. Idiyatullin R. G. *Schetochnyi uzel elektricheskoy mashiny* [Brush group of the electrical machine]. Patent RF, no. 2007102195/22, 2007.
5. Litvinenko R. S., Idiyatullin R. G., Aukhadeev A.E. Failure simulation of an electrotechnical complex and its elements at the development stage. *Elektrotekhnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy* [Electrotechnical and information complexes and systems], 2015, no. 4, vol. 11, pp. 17 – 25. (In Russian)
6. Idiyatullin R. G., Khusnutdinov A.N., Vdovin A. M., Popov A. V., Kisneeva of L. N. Assessment of operational reliability of traction generators. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Problemy energetiki* [News of higher educational institutions. Power problems], 2012, no. 11-12, pp. 108 – 114. (In Russian)
7. Filina O. A., Idiyatullin R. G. Approximation of volt-ampere characteristic of brush contact of a compound brush with improved service life. *Sovremennye tendentsii razvitiya nauki i tekhniki* [Current trends of development of science and technology], 2015, no. 8-1, pp. 134 – 136. (In Russian)
8. Khusnutdinov A. N., Rybakov R. B., Allyamova N. M. Application of iterative methods when designing electrical machines. *Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka* [Scientific problems of transport of Siberia and the Far East], 2014, no. 1-2, pp. 272 – 274. (In Russian)

Хуснутдинов А.Н., Идиятуллин Р.Г., Аухадеев А.Э., Филина О.А. Опыт эксплуатации электрощеток с повышенным ресурсом в реальных технологических условиях // Электротехнические системы и комплексы. 2017. №1(34). С. 56-59. doi: 10.18503/2311-8318-2017-1(34)-56-59

Khusnutdinov A.N., Idiyatullin R.G., Aukhadeev A.E., Filina O.A. Operating Experience of Collector Brushes with Improved Service Life in Real-life Operating Conditions. *Elektrotekhnicheskie sistemy i komplekсы* [Electrotechnical Systems and Complexes], 2017, no.1(34), pp. 56-59. (In Russian) doi: 10.18503/2311-8318-2017-1(34)-56-59