

И. А. ТРОШИН (ДВГУПС, ХАБАРОВСК, РФ)

ФГБОУ ВПО Дальневосточный государственный университет путей сообщения, ул. Серышева, 47, Хабаровск, РФ, 680021, тел.: (4212) 407-559, эл. почта: [ens@festu.khv.ru](mailto:ens@festu.khv.ru)

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ КОММУТАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

### Введение

Развитие электропривода и повышения надежности работы всех его устройств является одной из основных задач, стоящих перед промышленностью и транспортом. В свою очередь их нормальная работа оказывает существенное влияние на экологическое состояние окружающей среды.

Постоянное совершенствование методов эксплуатации электропривода, направленное на повышение производительности труда, сдерживается недостаточной надежностью электродвигателей и их отдельных узлов. Их надежность в значительной степени зависит от надежности щёточно-коллекторного устройства (ЩКУ), за состоянием которого требуется постоянное наблюдение.

### Описание проблемы

Круговые огни возникают от износа коллекторных пластин и щеток, нарушения монолитности коллектора, плохой коммутации и как следствие большого искрения по коллектору, загрязнения и других причин, которые приводят к тому, что двигатель после непродолжительной работы не в состоянии выполнять свои функции и требует значительных затрат по уходу.

При эксплуатации электровозов нередко наблюдаются перебросы электрической дуги и круговые огни по коллекторам тяговых двигателей, причем эти причины имеют довольно распространенное явление. Так из работы [1] известно, что в депо Георгиу-Деж из-за перебросов электрической дуги и круговых огней по коллекторам в отдельные периоды эксплуатации ежемесячно заходили на ремонт 40-50 электровозов ВЛ80К, эксплуатируемых сменными локомотивными бригадами на большом полигоне разных дорог. Подобное поведение наблюдается и на полигоне железных дорог Сибири и Дальнего Востока на электровозах ВЛ80С, ВЛ80Т, ВЛ80Р, ВЛ85, ЭП1, и 2(3)ЭС5К.

Перебросы приводят к ухудшению общего технического состояния двигателей, так как

происходит интенсивное старение изоляции обмоток с последующим преждевременным выходом их из строя, которые вызывают непланируемые затраты по материалам и рабочей силе при устранении их последствий.

Практикой установлено [1], что если электровоз проследует 600-700 км с таким дефектом двигателя, то щетки полностью изнашиваются, скользя по коллектору, который после переброса и связанных с ним оплавлений и крапинок имеет шероховатую поверхность. Нередки случаи, когда перебросы дуги приводят к сильным оплавлениям окон и прогарам пальцев щетко-держателей.

Как показывает анализ материалов, опубликованных в работе [1], причинами перебросов дуги и круговых огней в 80% случаев являются различные нарушения, допускаемые локомотивными и ремонтными бригадами в обслуживании, эксплуатации и ремонте двигателей. В результате образуется повышенное искрение под щетками, ухудшается коммутация и, как следствие, возникают перебросы электрической дуги по коллектору. Дуга возникает в случае неисправности электрической машины, вызываемой ненормальным режимом работы, большим загрязнением или попаданием внутрь машины посторонних предметов. Круговой огонь возникает при замыкании электрической дугой щеткодержателей противоположной полярности, которая на вращающемся коллекторе создает впечатление огненного кольца. При круговом огне оплавляется рабочая поверхность коллектора и петушков.

Поиски конструктивных решений, направленных на повышение надежности работы коллекторно-щеточного узла, такие как усовершенствование конструкции, применение различных композитных материалов щетки и коллекторных пластин, установка компенсационной обмотки, различные технологии и методы обработки КЩУ не привели к значительным результатам, а лишь снизили количество отказов и увеличили наработку тяговых двигателей (ТД) на отказ.

Для электрических машин постоянного тока существует оценки уровня искрения по бальной шкале согласно ГОСТ 183-74[2]. В этом ГОСТе степень искрения щёток электрических машин постоянного тока (МПТ) определяется визуальной оценкой интенсивности световых вспышек на сбегавшем крае щетки и состоянии поверхности скользящего контакта. Кроме визуального метода оценки степени искрения существуют фотоэлектрический метод, описанный в работе [2]. По этому методу разработаны приборы, измеряющие длительности импульсов фототока и позволяющие оценивать уровень искрения отдельно на всех коллекторных пластинах. Таким прибором является ПККМ – 2.

Из публикаций [2] известно, что проведенные наблюдения за достаточно большим числом ТД позволяют сделать вывод о том, что предварительная настройка коммутации существенно влияет на показатели надежности работы двигателей. Улучшение качества коммутации — один из тех скрытых резервов повышения производительности электроподвижного состава (ЭПС), которое требует первоочередного использования, тем более, что здесь не нужны сколько-нибудь существенные материальные и трудовые затраты.

Из работы [3, 4] известно, что в качестве диагностического сигнала могут быть использованы импульсы напряжения от коммутационной реакции якоря. При этом измерительная обмотка располагается на главном полюсе испытуемой машины, а значение тока разрыва коммутируемой секции оценивается с помощью электронного осциллографа по амплитуде импульсов, наведенных в этой обмотке, или путем усреднения высокочастотных импульсов.

Наличие демпфирования потока коммутируемых секций по оси главных полюсов вследствие возникновения вихревых токов в магнитопроводе и взаимоиндуктивной связи секций с обмотками возбуждения приводит к значительному снижению амплитуды наведенных импульсов. В результате на двигателях средней и большой мощности невозможно выделить импульсы напряжения дуговых разрядов на фоне низкочастотных пульсаций, связанных с током разрыва. Это является недостатком при применении данного метода.

Известны такие приборы, которые измеряют высокочастотные пульсации тока между щетками одноименной полярности [5, 6, 7]. Они основаны на том факте, что одна из переменных составляющих тока шунта, включенного

между этими щеткодержателями, содержит информацию о процессе коммутации под ними. По амплитуде токовых пульсаций производится оценка степени искрения. Данный диагностический сигнал применен в ряде устройств улучшения коммутации машин постоянного тока. Достоинством данного метода является сравнительная простота получения диагностического сигнала. Однако этот сигнал может быть использован в машинах с числом полюсов не менее четырех при волновой обмотке якоря или петлевой с уравнивателями, что является ограничением его применения.

Ток в цепи якоря работающей машины постоянного тока также содержит высокочастотные пульсации, связанные с коммутационными процессами в скользящем контакте. В качестве датчика в этом случае может быть применен трансформатор тока, преобразующий токовые пульсации в пропорциональный сигнал напряжения. Этот сигнал используется в ряде способов и устройств, изложенных в [8, 9, 10], для без разборного определения технического состояния скользящего контакта машин постоянного тока (МПТ), основанных на определении отношения пикового и средневыпрямленного значений пульсаций, а также на измерении значения коэффициента пульсаций в различных специально задаваемых режимах работы исследуемых машин.

### Методы диагностирования

Метод оценки искрения по уровню радиопомех, изложенный в [11, 12, 13], основан на принципе измерения интенсивности электромагнитного излучения, возникающего при дуговых разрядах под щетками. К приемной антенне приборов, воспринимающих уровень радиопомех, предъявляются жесткие требования по направленности, диапазону воспринимаемых частот, чувствительности и помехозащищенности. Антенны, удовлетворяющие всем этим требованиям, не могут быть применены для контроля коммутации большинства электрических машин. Приборы, реализующие этот метод, воспринимают искрение всех щеткодержателей исследуемой машины, а также радиопомехи, создаваемые всеми электрическими машинами, работающими в схеме. Исследованиями установлено, что основной несущей частотой, задающей общий уровень радиопомех (70 – 90 %) в измеряемом диапазоне частот от 0,15 до 300 МГц у электрических машин с медными коллекторами, является частота, вызванная пульсациями токопрохождения через

окисную пленку скользящего контакта. Кроме того, величина электромагнитных излучений зависит от параметров внешней и внутренней цепи исследуемой машины. Таким образом, использование данных приборов, для оценки степени искрения при контрольных испытаниях нецелесообразно.

С изменением характера коммутации секций якорной обмотки изменяется и форма кривой магнитного потока коммутируемого паза. В работах [14, 15] характер изменений магнитного потока предложено контролировать с помощью магнитопровода, содержащего неподвижную часть, закрепленную на индукторе и подвижную, охватывающую катушки якоря при выходе их из паза. Неподвижная часть выполнена в виде двух дуг, размещенных в зоне коммутации над лобовой частью обмотки, и переключки, соединяющей эти дуги. Датчиками устройств являются измерительная катушка, расположенная на переключке и датчик Холла, размещенный в зоне магнитопровода. В процессе коммутации секций паза магнитный поток изменяется и в измерительной катушке (датчике Холла) наводится ЭДС, по форме которой предлагается судить о характере коммутации секций паза. Метод обусловлен применением дополнительных датчиков и оборудования, необходимостью разбора машины для подготовки к испытанию, и даёт лишь качественную оценку коммутации только для секций расположенных в одном пазу. Это является существенным недостатком при диагностировании коммутации электрической машины.

В работах [13, 16, 17, 18, 19] показано, что наиболее достоверную информацию о процессе коммутации содержит падение напряжения под сбегавшим краем щеток, образующееся в процессе токосяема на завершающем этапе. Для выделения этого сигнала широко используется дополнительная щетка, устанавливаемая у сбегавшего края основной. Ширина контактной поверхности щетки-датчика с коллектором не должна превышать ширины изоляционного промежутка между коллекторными пластинами. Сигнал со щетки датчика содержит высокочастотные импульсы от тока разрыва и пульсации напряжения от поперечных и продольных токов в контакте.

Индикатор искрения, подключаемый к основной и вспомогательной щеткам, был применен М. Ф. Карасевым и В. П. Суворовым для диагностики состояния дополнительных полюсов МПТ [22]. Индикатор обеспечивает выделение импульсов дуговых разрядов, их усред-

нение и индикацию на электронном осциллографе. Это позволяет оценивать влияние различных факторов на качество коммутации и осуществлять ее настройку в лабораторных и эксплуатационных условиях. На основе этого способа создана серия приборов, в том числе и для контроля коммутации в переходных режимах [20, 21, 23, 24, 25]. Поскольку напряжение коммутационной дуги постоянно для данной марки щеток, то авторы предлагают оценивать степень искрения по среднеинтегральной длительности дуговых разрядов на коллекторе. Это позволило значительно упростить схему устройства. В этих работах приводится описание приборов, показания которых пропорциональны средней энергии импульсов дуговых разрядов. Однако все эти методы и приборы, оценивающие качество коммутации по среднеинтегральным значениям параметров сигнала, не позволяют достоверно определять степень искрения однотипных машин при наличии значительной механической неидентичности коммутации, в результате которой появляется повышенное искрение отдельных пластин, изменяется число искрящих ламелей от машины к машине. Это является их большим недостатком.

Для анализа коммутации по группам ламелей коллектора путем измерения параметров импульсов падения напряжения в щеточном контакте разработан ряд специальных приборов, позволяющих исследовать коммутационные свойства якорных обмоток и машины в целом [26, 27, 28]. Данные приборы более целесообразно использовать для диагностики и наладки коммутации МПТ в стационарных и переходных режимах их работы.

Способ оценки искрения по максимальной длительности дуговых разрядов, разработанный в Томском политехническом институте [28, 29], характеризует уровень надежности работы коллектора. Однако износ щеток определяется интенсивностью не одного, а всех разрядов на коллекторе, что снижает ценность данного способа.

Предложенный Ю. Я. Безбородовым [30] метод оценки уровня искрения по средней и максимальной длительности дуговых разрядов более достоверно характеризует интенсивность искрения, поскольку данные параметры однозначно определяют износ щеток и ламелей коллектора для конкретной машины. В рассматриваемом методе первичным преобразователем приборов является бесконтактный преобразователь емкостного типа, который представляет

собой металлическую пластину, устанавливаемую на сбегающем крае щетки. Емкостный преобразователь наиболее целесообразно применять в устройствах оценки степени искрения по длительности дуговых разрядов в стационарных режимах работы МПТ. При оценке искрения по площади импульсов с бесконтактно-го преобразователя необходимы строгая установка зазора и учет погрешности, определяемой скважностью импульсов. По сравнению с дополнительной щеткой бесконтактный преобразователь емкостного типа обеспечивает значительное сокращение времени на подготовку машины к испытаниям. Это дает возможность использовать данный прибор в условиях серийного и массового производства. Однако оценка по средней длительности импульсов искрения не позволяет достоверно оценить интенсивность износа щеток у однотипных машин в условиях массового производства из-за наличия неидентичности коммутации щеточных бракетов и секций обмотки якоря. При этом от машины к машине изменяется как число искрящих пластин, так и интенсивность разрядов на них. Кроме того, даже у одной машины с изменением степени искрения изменяется как число импульсов дуговых разрядов, так и их длительность. Все это снижает ценность данного метода оценки уровня искрения.

Сигнал с разнополярных щеток МПТ впервые предложил использовать для оценки интенсивности искрения Ромениус в 1956 г. [31]. В спектре напряжения с разнополярных щеток содержатся как низкочастотные составляющие сигнала, уровень которых зависит от режима работы исследуемой машины, так и высокочастотные импульсы, связанные с процессом коммутации на завершающем этапе. Полярность импульсов определяется характером коммутации соответствующих секций якорной обмотки, что позволяет проводить диагностику состояния дополнительных полюсов. Выделение высокочастотных импульсов искрения из сигнала с разнополярных щеток осуществляется различными фильтрами верхних частот, схемой ограничения снизу и амплитудным селектором. Сигнал с разнополярных щеток применен в качестве диагностического в ряде способов и устройств для оценки технического состояния МПТ через знание значений пульса-

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Абрамов Н. Г. О перебросах дуги по коллектору двигателя [Текст] / Н. Г. Абрамов // Электрическая и тепловозная тяга. – 1978. – №6.
2. Исмаилов Ш.К. Повышение коммутационной

ции напряжения [32, 33]. В этих устройствах амплитуда высокочастотных импульсов в сигнале с разнополярных щеток зависит от параметров внешней цепи испытуемой машины, одновременности размыкания секций, а также от интенсивности искрения всех машин, якоря которых имеют между собой электрическую связь. Установка фильтров в цепи питания, введение цепи автоматической регулировки усиления прибора, а также оценка степени искрения по длительности высокочастотных импульсов позволяют ослабить это влияние. Преимуществами приборов данного типа являются отсутствие каких либо первичных преобразователей и возможность оценки уровня искрения всей машины в целом. Это позволяет использовать сигнал с разнополярных щеток для оценки интенсивности искрения при контрольных испытаниях в условиях массового производства. Однако недостатком вышеупомянутых приборов является невозможность выделения импульсов искрения из сигнала с разнополярных щеток при наличии в нем высокочастотной импульсной помехи, амплитуда которой превышает амплитуду импульсов искрения, что возможно при питании испытуемой машины от тиристорных преобразователей. Кроме того, показания известных приборов, использующих в качестве диагностического сигнал с разнополярных щеток, пропорциональны среднеинтегральному значению площадей (длительностей) высокочастотных импульсов от всех искрящих бракетов. Этот метод оценки не учитывает неидентичность коммутации щеточных бракетов и секций обмотки якоря, что особенно важно при сравнительном контроле качества коммутации однотипных машин.

### Выводы

Проведенный анализ работ по влиянию работы щеточно-коллекторного узла на коммутацию электрических двигателей постоянного тока показывает, что наиболее предпочтительным для применения способом оценки состояния коммутации является метод оценки уровня искрения по средней и максимальной длительности дуговых разрядов.

### REFERENCES

1. Abramov N. G. O perebrosakh dugi po kollektoru dvigatelya [On flipped the arc of the engine]. Elektricheskaya i teplovoznaya tyaga - Electric and diesel traction, 1978, no. 6.

© Трошин И.А., 2013



надёжности [Текст] / Ш.К.Исмаилов, В.П.Беляев, В.Г.Шилер, И.Ф.Генодман, Е.С.Максимов // Электрическая и тепловозная тяга. – 1989.

3. Карасев М.Ф. Анализ искрения коллекторных машин [Текст] / М. Ф. Карасев, В. П. Суворов // Электричество. – 1959. – №12. – С. 50-54.

4. Исмаилов Ш.К. О коммутационной надёжности тяговых двигателей [Текст] / Ш.К.Исмаилов, В.П.Беляев, В.Г.Шилер, И.Ф.Генодман, Е.С.Максимов // Электрическая и тепловозная тяга. – 1989. – № 2, 6, 12.

5. А.с. 1112495 СССР, МКИ H02K 13/14. Устройство для улучшения коммутации коллекторных электрических машин с волновой обмоткой якоря [Текст] / Л. Я. Макаровский, А. Б. Немнонов, В. А. Прудников, И. А. Скоробогатов // Открытия. Изобретения. – 1984. – №83.

6. А.с. 771808 СССР, МКИ H02K 13/14. Устройство улучшения коммутации коллекторных электрических машин с волновой обмоткой якоря / А. И. Скороспешкин, Э. Г. Чеботков, В. А. Прудников и др. // Бюллетень изобретений. – 1980. – №38.

7. Дудырев А.К. К вопросу объективной оценки коммутации машин постоянного тока [Текст] / А. К. Дудырев // Материалы V всесоюзной конф. По коммутации электрических машин. – Омск: Омский ин-т инж. Ж.-д. трансп., 1976. – С. 144-146.

8. А.с. 1000949 СССР, МКИ G01R 31/34. Способ диагностирования электрической машины [Текст] / В. Н. Потапов, В. С. Ватагин // Открытия. Изобретения. – 1983. – №8.

9. А.с. 1067455 СССР, МКИ G01R 31/34. Устройства контроля скользящего контакта электродвигателя постоянного тока [Текст] / В. Н. Потапов, В. Ф. Герман, А.Н. Антипов и др. // Открытия. Изобретения. – 1984. – №2.

10. А.с. 1193610 СССР, МКИ G01R 31/34. Устройство для диагностирования коллекторных электрических машин [Текст] / И. В. Кабашкин, В. Н. Потапов, В. Д. Гаврилов // Открытия. Изобретения. – 1985. – №43.

11. А.с. 907476 СССР, МКИ G01R 31/34. Устройство для контроля коммутации электрической машины [Текст] / Е. А. Горбунов, В. Б. Волонцевич // Открытия. Изобретения. – 1982. – №7.

12. Бекишев Р.Ф. Исследование уровня радиопомех при работе коллекторных электрических машин постоянного тока [Текст] / Р. Ф. Бекишев, А. И. Селяев // Электротехника. – 1980. – №4. – С. 44-46.

13. Лавринович Л.Л. Экспериментальные исследования в скользящем контакте [Текст] / Л. Л. Лавринович // Вестник электропромышленности. – 1956. – №11. – С. 45-50.

14. А.с. 1100961 СССР, МКИ H02K 13/14. Устройство для исследования коммутации коллекторных электрических машин [Текст] / В. В. Трошин, Э. Г. Чеботков, В. Е. Антропов и др. // Открытия. Изобретения. – 1986. – №45.

15. А.с. 1275659 СССР, МКИ H02K 13/14. Коллекторная электрическая машина с устройством улучшения коммутации [Текст] / А. И. Скороспеш-

2. Ismailov Sh. K., Belyaev V. P., Shiler V. G., Genodman I. F., Maksimov E. S. Povyshenie kommutatsionnoy nadezhnosti [Increased switching reliability]. Elektricheskaya i teplovoznaya tyaga - Electric and diesel traction, 1989.

3. Karasev M. F., Suvorov V. P. Analiz iskreniya kollektornykh mashin [Analysis sparking commutator machines]. Elektrichestvo – Electricity, 1959, no. 12, pp.50-54.

4. Ismailov Sh.K., Belyaev V.P., Shiler V.G., Genodman I.F., Maksimov E.S. O kommutatsionnoy nadezhnosti tyagovykh dvigateley [About switching reliability traction motors]. Elektricheskaya i teplovoznaya tyaga - Electric and diesel traction, 1989, no. 2, 6, 12.

5. Makarovskiy L. Ya., Nemnonov A. B., Prudnikov V. A., Skorobogatov I. A. A.s. 1112495 SSSR, MKI N02K 13/14. Ustroystvo dlya uluchsheniya kommutatsii kollektornykh elektricheskikh mashin s volnovoy obmotkoy yakorya [A device for improving commutation commutator electric machines with a wave armature winding]. Otkrytiya. Izobreteniya - Discoveries. Inventions, 1984, no. 83.

6. Skorospeshkin A. I., Chebotkov E. G., Prudnikov V. A. A.s. 771808 SSSR, MKI N02K 13/14. Ustroystvo uluchsheniya kommutatsii kollektornykh elektricheskikh mashin s volnovoy obmotkoy yakorya [Improver switching commutator electric machines with wave winding anchor]. Byulleten' izobreteniy - Bulletin of inventions, 1980, no. 38.

7. Dudyrev A.K. K voprosu ob"ektivnoy otsenki kommutatsii mashin postoyannogo toka [On an objective assessment of switching dc machines]. Materialy V vsesoyuznoy konf. Po kommutatsii elektricheskikh mashin [Proceedings of the V All-Union Conf. By switching electric machines], OmIIT, Omsk, 1976, pp. 144 – 146.

8. Potapov V. N., Vatagin V. S. A.s. 1000949 SSSR, MKI G01R 31/34. Sposob diagnostirovaniya elektricheskoy mashiny [A method of diagnosing an electrical machine]. Otkrytiya. Izobreteniya - Discoveries. Inventions, 1983, no. 8.

9. Potapov V. N., German V. F., Antipov A.N. A.s. 1067455 SSSR, MKI G01R 31/34. Ustroystva kontrolya skol'zyashchego kontakta elektrodvigateleya postoyannogo toka [Control device sliding contact DC motor]. Otkrytiya. Izobreteniya - Discoveries. Inventions, 1984, no. 2.

10. Kabashkin I. V., Potapov V. N., Gavrilov V. D. A.s. 1193610 SSSR, MKI G01R 31/34. Ustroystvo dlya diagnostirovaniya kollektornykh elektricheskikh mashin [A device for diagnosing commutator electric machines]. Otkrytiya. Izobreteniya - Discoveries. Inventions, 1985, no. 43.

11. Gorbunov E. A., Volontsevich V. B. A.s. 907476 SSSR, MKI G01R 31/34. Ustroystvo dlya kontrolya kommutatsii elektricheskoy mashiny [The apparatus for controlling switching of the electric machine]. Otkrytiya. Izobreteniya - Discoveries. Inventions, 1982, no. 7.

12. Bekishev R. F., Selyaev A. I. Issledovanie urovnya radiopomekh pri rabote kollektornykh elektricheskikh mashin postoyannogo toka [Postgrad interference in the work of collecting dc electrical machines].

кин, В. В. Трошин, А. Б. Немнонов и др. // Открытия. Изобретения. – 1986. – №45.

16. А.с. 100961 СССР, МКИ H02K 13/14. Способ объективной оценки интенсивности искрения под щеткой электрической коллекторной машины / Л. Л. Лавринович, И. А. Барсуков // Бюллетень изобретений. – 1955. – №7.

17. Арнольд Э. Машины постоянного тока / Э. Арнольд, И. Л. Ла-Кур – М.: Гостехиздат, 1931. – 496 с.

18. Карасев М.Ф. Коммутация коллекторных машин постоянного тока. – М.: Л.: Госэнергоиздат, 1961. – 224 с.

19. Нейкирхен К. Угольные щетки и причины непостоянства условий коммутации машин постоянного тока / ОКТИ НКТТ СССР. – М., 1937. – 163 с.

20. Трушков А.М. Об особенностях коммутации тяговых двигателей НБ-406 при нестационарных режимах [Текст] / А. М. Трушков, Г. И. Солоненко // Электрическая и тепловая тяга. – 1964. – №4.

21. Трушков А.М. Способ оценки искрения щётки тяговых двигателей [Текст] / А. М. Трушков // Электрическая и тепловая тяга. – 1958 – №..

22. Карасев М.Ф. Метод оценки искрения [Текст] / М. Ф. Карасев, В. П. Суворов // Вестник электропромышленности. – 1962. – №1. – С. 76-78.

23. Ющенко Л. В. Контроль качества коммутации тяговых электродвигателей подвижного состава / Л. В. Ющенко, В. Д. Авилов, А. А. Рябцун, Р. Х. Сайфутдинов // Науч. тр. Хабаров. ин-т инж. ж.-д. трансп. – Хабаровск, 1984. – № 49. – С. 33-37.

24. Сазонов А.В. Модернизация индикатора искрения с применением полупроводниковых линейно-импульсных микросхем [Текст] / А. В. Сазонов // Материалы V всесоюзной конф. по коммутации электрических машин. – Омск: Омский ин-т инж. Ж.-д. трансп., 1976. – С. 12, 13.

25. Карасев М. Ф. Прибор контроля коммутации ПКК-0У4 и исследования областей его применения [Текст] / М. Ф. Карасев, В. Д. Авилов, А. В. Сазонов и др. // Электротехническая промышленность. – 1979. – Вып. 6 (100). – С. 16, 17.

26. Авилов В. Д. Устройство АСК – 1 для анализа состояния коммутации коллекторных электрических машин [Текст] / В. Д. Авилов, Ю. Я. Безбородов, В. И. Тимошина, В. Ф. Шкреба // Межвуз. темат. сб. науч. тр. – Омск: Омский ин-т инж. ж.-д. трансп., 1980. – С. 43-50.

27. А.с. 970571 СССР, МКИ H02K 13/14. Устройство для анализа коммутации коллекторных электрических машин постоянного тока [Текст] / В. Ф. Шкреба, Ю. Я. Безбородов, В. В. Харламов // Открытия. Изобретения. – 1982. – №40.

28. А.с. 522535 СССР, МКИ H02K 13/14. Устройство для измерения интенсивности искрения на коллекторе электрической машины / З. Ф. Индрисов, А. Я. Цирулик, Г. П. Трофимов, В. С. Стукач // Бюллетень изобретений. – 1976. – №27.

29. Индрисов З.Ф. К вопросу оценки интенсивности искрения коллекторных машин постоянного

Elektrotehnika - Electrical Engineering, 1980, no. 4, pp. 44 – 46.

13. Lavrinovich L.L. Eksperimental'nye issledovaniya v skol'zyashchem kontakte [Experimental studies in sliding contact]. Vestnik elektropromyshlennosti - Bulletin of electrical engineering, 1956, no. 11, pp. 45 – 50.

14. Troshin V. V., Chebotkov E. G., Antropov V. E. Ustroystvo dlya issledovaniya kommutatsii kolektornykh elektricheskikh mashin [Switching device for the study of commutator electric machines]. Otkrytiya. Izobreteniya - Discoveries. Inventions, 1986, no. 45.

15. Skorospeshkin A. I., Troshin V. V., Nemnonov A. B. Kollektornaya elektricheskaya mashina s ustroystvom uluchsheniya kommutatsii [The collector electric machine with a device to improve switching]. Otkrytiya. Izobreteniya – Discoveries. Inventions, 1986, no. 45.

16. Lavrinovich L. L., Barsukov I. A. Sposob ob'ektivnoy otsenki intensivnosti iskreniya pod shchetkoy elektricheskoy kollektornoy mashiny [An objective way to evaluate the intensity of sparking a brush electric machine collector]. Byulleten' izobreteniy - Bulletin of inventions, 1955, no. 7.

17. Arnol'd E., I. L. La-Kur Mashiny postoyannogo toka [DC machines]. Moscow, Gostekhizdat Publ., 1931, 496 p.

18. Karasev M.F. Kommutatsiya kolektornykh mashin postoyannogo toka [Switching DC commutator machines]. Moscow, Gosenergoizdat Publ., 1961, 224 p.

19. Neykirkhen K. Ugol'nye shchetki i prichiny nepostoyanstva usloviy kommutatsii mashin postoyannogo toka [Carbon brushes and causes variability of switching dc machines]. OKTI NKTT SSSR - . Moscow, 1937, 163 p.

20. Trushkov A. M., Solonenko G. I. Ob osobennostyakh kommutatsii tyagovykh dvigateley NB-406 pri nestatsionarnykh rezhimakh [On peculiarities of switching the traction motors of NB-406 in non-stationary]. Elektricheskaya i teplovoznaya tyaga - Electric and diesel traction, 1964, no. 4.

21. Trushkov A.M. Sposob otsenki iskreniya shchetok tyagovykh dvigateley [A method of evaluating sparking brushes traction motors]. Elektricheskaya i teplovoznaya tyaga - Electric and diesel traction, 1958, no. .

22. Karasev M. F., Suvorov V. P. Metod otsenki iskreniya [A method of estimating sparking]. Vestnik elektropromyshlennosti – Bulletin of electrical industry, 1962, no. 1, pp. 76 -78.

23. Yushchenko L. V., Avilov V. D., Ryabtsun A. A., Sayfutdinov R. Kh. Kontrol' kachestva kommutatsii tyagovykh elektrodvigateley podvizhnogo sostava [Quality control of traction motors switching rolling stock]. Nauch. tr. Khabarov. in-t inzh. zh.-d. трансп. – Scientific works of KhIIT, Khabarovsk, 1984, no. 49, pp. 33 – 37.

24. Sazonov A.V. Modernizatsiya indikatora iskreniya s primeneniem poluprovodnikovykh lineynopul'snykh mikroskhem [Modernization indicator sparking using semiconductor linear pulse circuits]. Materialy V vsesoyuznoy konf. Po kommutatsii elektricheskikh mashin [Proceedings of the V All-Union

тока [Текст] / З. Ф. Индрисов, Г. А. Сипайлов, А. Я. Цирулик // Материалы V всесоюзной конф. по коммутации машин постоянного тока. – Омск: Омский ин-т инж. ж.-д. трансп., 1976. – С. 104, 105.

30. Безбородов Ю. Я. Исследование связи длительностей дуговых разрядов на коллекторе со степенью искрения в баллах [Текст] / Ю. Я. Безбородов, В. П. Клюка, В. С. Стукач, В. И. Тимошина // Омский ин-т инж. ж.-д. трансп. – Омск, 1982. – 18с.-Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 23.06.82, № 1684.

31. Roumanis S.J. The null point method of commutation adjustment // Trans. AIEE. – 1956. P. III.V.75.

32. А.с. 1150593 СССР, МКИ G01R 31/34. Устройство контроля скользящего контакта электродвигателя [Текст] / В. Ф. Герман, И. Б. Малинский, В. Н. Потапов, Ю. Г. Салиенко // Открытия. Изобретения. – 1985. – №14.

33. А.с. 951204 СССР, МКИ G01R 31/34. Способ диагностирования скользящего контакта электродвигателя [Текст] / В. Н. Потапов, В. Ф. Герман // Открытия. Изобретения. – 1982. – №30.

34. Сергеев В. В., Влияние щеточно-коллекторного узла на коммутацию электрических машин [Текст] / В. В. Сергеев, В. К. Джиоев, С. Ф. Гобозов // Вестник МАНЭБ. – 2010. – том 15 №2.

Поступила в печать 29.04.2013.

Conf. By switching electric machines], ОмИТ, Омск, 1976, pp. 12, 13.

25. Karasev M. F., Avilov V. D., Sazonov A. V. Pribor kontrolya kommutatsii PKK-0U4 i issledovaniya oblastey ego primeneniya [Switching device control PAC-0U4 and research areas of application]. Elektrotehnicheskaya promyshlennost' - Electrical industry, 1979, issue 6 (100), pp. 16,17.

26. Avilov V. D., Bezborodov Yu. Ya., Timoshina V. I., Shkreba V. F. Ustroystvo ASK – 1 dlya analiza sostoyaniya kommutatsii kollektornykh elektricheskikh mashin [ASK-1 device for the analysis of switching commutator electric machines]. Mezhvuz. temat. sb. nauch. tr. [Intercollege. temat. Scientific. Works], ОмИТ, Омск, 1980, pp. 43-50.

27. Shkreba V. F., Bezborodov Yu. Ya., Kharlamov V. V. A.s. 970571 SSSR, МКИ N02K 13/14. Ustroystvo dlya analiza kommutatsii kollektornykh elektricheskikh mashin postoyannogo toka [The device for the analysis of switching collector dc electrical machines]. Otkrytiya. Izobreteniya – Discoveries. Inventions, 1982, no. 40.

28. Indrisov Z.F., Tsurulik A.Ya., Trofimov G.P., Stukach V.S. A.s. 522535 SSSR, МКИ N02K 13/14. Ustroystvo dlya izmereniya intensivnosti iskreniya na kollektore elektricheskoy mashiny [A device for measuring the intensity of the spark at the collector electric machine]. Byulleten' izobreteniy - The Bulletin of inventions, 1976, no. 27.

29. Indrisov Z. F., Sipaylov G. A., Tsurulik A. Ya. K voprosu otsenki intensivnosti iskreniya kollektornykh mashin postoyannogo toka [On assessment of the intensity of sparking commutator DC machines]. Materialy V vsesoyuznoy konf. po kommutatsii mashin postoyannogo toka [Proceedings of the V All-Union Conf. by switching dc machines], ОмИТ, Омск, 1976, pp. 104, 105.

30. Bezborodov Yu. Ya., Klyuka V. P., Stukach V. S., Timoshina V. I. Issledovanie svyazi dlitel'nostey dugovykh razryadov na kollektore so stepen'yu iskreniya v ballakh [Study links durations arcing at the collector with a degree of sparking in points]. ОмИТ, Омск, 1982, 18 p.

31. Roumanis S.J. The null point method of commutation adjustment // Trans. AIEE. – 1956. P. III.V.75.

32. German V. F., Malinskiy I. B., Potapov V. N., Salienko Yu. G. A.s. 1150593 SSSR, МКИ G01R 31/34. Ustroystvo kontrolya skol'zyashchego kontakta elektrodvigatelya [The device controls the sliding contact of the motor]. Otkrytiya. Izobreteniya - Discoveries. Inventions, 1985, no. 14.

33. Potapov V. N., German V. F. A.s. 951204 SSSR, МКИ G01R 31/34. Sposob diagnostirovaniya skol'zyashchego kontakta elektrodvigatelya [A method of diagnosing a sliding contact of the motor]. Otkrytiya. Izobreteniya - Discoveries. Inventions, 1982, no. 30.

34. Sergeev V. V., Dzhioev V. K., Gobozov S. F. Vliyanie shchetочно-kollektornogo uzla na kommutatsiyu elektricheskikh mashin [Effect of brush-collector unit for commutation of electric machines]. Vestnik MANEB [The bulletin of MANEB], 2010, vol. 5, no. 2.

Статья рекомендована к печати д.т.н., профессором П. Д. Андриенком

© Трошин И.А., 2013

Повышение надежности и совершенствование методов эксплуатации электропривода, направленное на повышение производительности труда, сдерживается недостаточной надежностью электродвигателей и их отдельных узлов. Основной проблемой является надежность щёточно-коллекторного устройства, за состоянием которого необходимо проводить постоянный мониторинг.

Поиски конструктивных решений, направленных на повышение надежности работы коллекторно-щеточного узла, такие как усовершенствование конструкции, применение различных композитных материалов щетки и коллекторных пластин, установка компенсационной обмотки, различные технологии и методы обработки КЩУ не привели к значительным результатам, а лишь снизили количество отказов и увеличили наработку тяговых двигателей на отказ.

В статье приведен анализ различных методов диагностирования уровня искрения щёток электрических машин постоянного тока, показаны их реализация и указаны области применения. Показано, что наиболее предпочтительным для применения способом оценки состояния коммутации является метод оценки уровня искрения по средней и максимальной длительности дуговых разрядов.

**Ключевые слова:** электрический двигатель постоянного тока, коммутация, диагностирование, щёточно-коллекторный узел, оценка искрения.

## УДК 629.423.018

І. А. ТРОШИН (ДВГУПС, ХАБАРОВСЬК, РФ)

ФГБОУ ВПО Далекоосхідний державний університет шляхів сполучення, вул. Серишева, 47, Хабаровск, РФ, 680021, тел.: (4212) 407-559, ел. пошта: [ens@festu.khv.ru](mailto:ens@festu.khv.ru)

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ КОМУТАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Підвищення надійності та вдосконалення методів експлуатації електроприводу, спрямоване на підвищення продуктивності праці, стримується недостатньою надійністю електродвигунів та їх окремих вузлів. Основною проблемою є надійність щітково-колекторного пристрою, за станом якого необхідно проводити постійний моніторинг.

Пошуки конструктивних рішень, спрямованих на підвищення надійності роботи колекторно-щіткового вузла, такі як удосконалення конструкції, застосування різних композитних матеріалів щітки і колекторних пластин, установка компенсаційної обмотки, різні технології та методи обробки не привели до значних результатів, а лише знизили кількість відмов і збільшили напрацювання тягових двигунів на відмову.

У статті наведено аналіз різних методів діагностування рівня іскріння щіток електричних машин постійного струму, показані їх реалізація та вказані області застосування. Показано, що найбільш переважним для застосування способом оцінки стану комутації є метод оцінки рівня іскріння по середній і максимальній тривалості дугових розрядів.

**Ключові слова:** електричний двигун постійного струму, комутація, діагностування, щітково-колекторний вузол, оцінка іскріння.

Статтю рекомендовано до друку д.т.н, професором *П. Д. Андрієнком*

## UDC 629.423.018

I. A. TROSHIN (DVGUPS, HABAROVSK, RUSSIA FEDERATION)

Far Eastern State University of Railways, 47 Serisheva Street, Habarovsk, Russia Federation, 680021, tel.: (4212) 407-559, e-mail: [ens@festu.khv.ru](mailto:ens@festu.khv.ru)

## ANALYSIS OF THE METHODS AND MEANS OF DIAGNOSING OF THE SWITCHING ELECTRIC DC MOTORS

Increased reliability and improved use of the drive, aimed at increasing productivity, constrained by the lack of reliability of electric motors and their individual components. The main problem is the reliability of the brush-collector device, the status of which is necessary to carry out continuous monitoring.

The search for constructive solutions aimed at improving the reliability of the collector-brush assembly, such as the improvement of the design, the use of a variety of composite materials brushes and collector plates, setting compensation winding, different technologies and treatments have not led to significant results, but only reduced the number of failures and increased time between the traction motors to failure.

The article is an analysis of the various methods of diagnosing the level of arcing brushes electrical machinery DC, showing their implementation, and identifies areas of application. It is shown that the preferred application method for evaluation of a switching method of assessing the level of arcing, and the average maximum length of arc discharges.

**Keywords:** electric DC motor, commutation, diagnosis, brush-collector junction, assessment of sparking.

Prof. *P. D. Andrienko*, D. Sc. (Tech.) recommended this article to be published.

© Трошин И.А., 2013