

Табл. 3.Мощности ЧР

№ п/п	Тип ЭД	Зав. № ЭД	Мощ- ность ЭД, кВт	Мощность ЧР фазы А, Вт	Мощность ЧР фазы В, Вт	Мощность ЧР фазы С, Вт	Мощность ЧР в шине зазем- ления (РЕ), Вт
1	АД90L8	2	0,75	0,10	0,04	0,06	0,13
2	АД90L8	5	0,75	0,10	0,07	0,08	0,14
3	АД90L2	10442	3,0	0,60	0,60	0,57	0,96
4	АД90L2	10448	3,0	0,60	0,51	0,58	0,73
5	АД90L2	13435	3,0	0,52	0,53	0,53	0,93

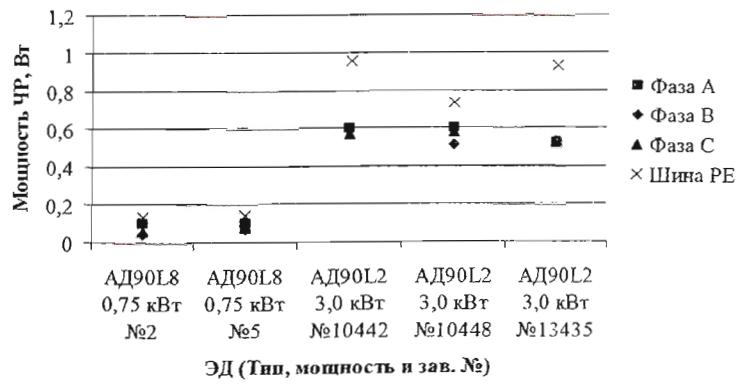


Рис. 4. Мощность ЧР

Из табл. 3 и графика, приведенного на рис. 4, видно, что, в целом, ЧР в изоляции обмоток однотипных ЭД имеют близкую мощность.

Приведенные выше данные о величинах параметров ЧР для трёх новых ЭД типа АД90L2, выпущенных одним производителем и имеющих одинаковое техническое состояние, показывают, что различие между значениями одноимённых параметров ЧР для указанных ЭД составляет менее 25 %.

Таким образом, зафиксированная при проведении экспериментов близость значений параметров ЧР для однотипных ЭД, имеющих схожее техническое состояние, подтверждает возможность установления критических значений параметров ЧР и свидетельствует о целесообразности накопления и анализа статистической информации по параметрам ЧР для электродвигателей разных типов, что позволит расширить возможности диагностических систем по контролю состояния электродвигателей. При этом при проведении такого анализа представляется важным нахождение зависимостей изменения параметров ЧР от наработки ЭД.

## Библиографический список

1. Технология XXI века. Безопасная ресурсосберегающая эксплуатация оборудования АСУ БЭР™ КОМПАКС®. Каталог продукции. Омск: НПЦ «Динамика». 2013, - 148 с.
2. Костюков, В. Н. Основы виброакустической диагностики и мониторинга машин[Текст]: Учебное пособие / В.Н. Костюков, А.П. Науменко.– Омск: Изд-во ОмГТУ. 2011,-360 с.
3. ГОСТ 20074-83. Электрооборудование и электроустановки. Метод измерения характеристик частичных разрядов. М.: Изд-во стандартов. 1983, 22 с.
4. Русов, В. А. Измерение частичных разрядов в изоляции высоковольтного оборудования[Текст] / В. А.Русов – Екатеринбург: УрГУПС. 2011, 367 с.
5. Вдовико, В. П. Частичные разряды в диагностировании высоковольтного оборудования[Текст] / В. П.Вдовико –Новосибирск: Наука. 2007, 155 с.
6. Кучинский, Г. С. Частичные разряды в высоковольтных конструкциях[Текст] / Г. С.Кучинский –Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние. 1979, 224 с.

УДК 629.4.06

В.Н. Костюков, А.Е. Цурпаль (ОмГУПС),  
А. В. Костюков, Д.В. Казарин (НПЦ «Динамика»)

### ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАШИННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА ПОСТОЯННОГО ТОКА ПО ПАРАМЕТРАМ СПЕКТРА ТРЕХФАЗНОГО ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Повышение эксплуатационной надежности моторвагонного подвижного состава (МВПС), путем своевременного обнаружения и устранения дефектов на начальной стадии их развития является одной из важнейших задач совершенствования технологии технического обслуживания и ремонта МВПС, сокращения эксплуатационных расходов и сроков нахождения в ремонте и техническом обслуживании[1].

Существующее положение, при котором подвижной состав поддерживается в надлежащем техническом состоянии за счет системы планового предупредительных обслуживаний и ремонта, предполагает расход большого

числа ресурсов на проведение плановых ремонтных работ вне зависимости от фактического технического состояния того или иного агрегата в составе секций МВПС. В то же время скрытый характер зарождения дефектов и развития неисправностей приводит к внеплановым постановкам секций МВПС в ремонт и, как следствие, к дополнительным затратам.

Решением выше обозначенных проблем может служить бортовая система мониторинга технического состояния, оценивающая в реальном времени состояние каждого агрегата и дающая объективную информацию о возможности его дальнейшей эксплуатации. Эффективность такой системы заключается в ее непрерывной работе, то есть постановке диагноза с периодом, во много раз меньшим периода развития неисправности до критического (пределного) состояния [2], что открывает возможность эксплуатации по фактическому техническому состоянию с уходом от ресурсоемкой планово-предупредительной системы ремонта.

Одной из задач на пути внедрения выше упомянутой системы эксплуатации является разработка методики диагностирования технического состояния оборудования вспомогательных цепей МВПС.

Существующие методики функциональной диагностики электрооборудования по параметрам спектра электрического тока предполагают, что в процессе диагностирования оборудование работает в установившемся режиме, а структура электрической цепи не изменяется во времени [3]. Между тем, вспомогательные цепи современных электропоездов постоянного тока представляют собой электрическую цепь со сложной топологией и переменной структурой состоящую из высоковольтной части – цепи постоянного тока с напряжением 3,3 кВ, обеспечивающей пуск, питание и защиту электромашинного преобразователя собственных нужд, а также питание высоковольтных панелей отопления и низковольтной части – трехфазной цепи переменного тока с линейным напряжением 220 В и частотой 50 Гц, генерируемого электромашинным преобразователем для питания вспомогательного оборудования электропоезда, зарядки аккумуляторной батареи и питания цепей управления.

Проведенные исследования [4], а также технический анализ порч, неисправностей и непланового ремонта электропоездов [5] показывают, что в системе вспомогательных цепей электропоездов постоянного тока, наиболее подверженным внезапным отказам является электромашинный преобразователь собственных нужд (далее преобразователь).

Преобразователь представляет из себя двухмашинный агрегат, состоящий

из электрического двигателя постоянного тока, на одном валу с которым расположены синхронный генератор. На электропоездах серии ЭД4М начиная с 2011 года выпущены установлен преобразователь ПВ.7 Двигатель данного преобразователя представляет собой двухколлекторную машину постоянного тока со смешанным возбуждением. Одна из обмоток возбуждения (серийная) включена последовательно с обмоткой якоря, другая (независимая) в процессе пуска получает питание от аккумуляторной батареи, а при установившемся режиме работы от выпрямительной установки, питаемой в свою очередь трехфазным напряжением генератора. Генератор преобразователя – четырехполюсная синхронная машина с явно выраженным полюсами, расположенными на валу. Возбуждение генератора – независимое, обмотка возбуждения получает питание аналогично независимой обмотке возбуждения двигателя.

К выводам трехфазной статорной обмотки генератора постоянно подключены выпрямительная установка для питания обмоток возбуждения преобразователя и трехфазный трансформатор, от которого в свою очередь получает питание шестипульсовый управляемый выпрямитель, пытающий низковольтные цепи управления выпрямленным током напряжением 110 В и обеспечивающий заряд аккумуляторной батареи. Остальные потребители подключаются к трехфазной цепи переменного тока в зависимости от необходимости – компрессорный агрегат подключается при падении давления в питательной магистрали электропоезда ниже 6,5 кгс/см<sup>2</sup> и отключается при достижении давления 8 кгс/см<sup>2</sup>, электрические двигатели вентиляции тамбуров и климатической установки, так же как освещение салона и дополнительный обогрев кабины включаются локомотивной бригадой [6].

Условия работы преобразователя характеризуются существенным колебанием питающего напряжения в пределах от 2,7 – 4 кВ, а также частым изменением величины нагрузки от 5 – 7 А на фазу в режиме питания собственных обмоток возбуждения и цепей управления до 170 А в режиме электродинамического торможения, когда от генератора преобразователя получает питание управляемый полупроводниковый выпрямитель, пытающий, в свою очередь, обмотки возбуждения тяговых электродвигателей. Также на условия работы преобразователя влияют колебание температуры и влажности окружающей среды, значительные знакопеременные динамические нагрузки [7] и, что немало важно, несоблюдение правил эксплуатации. Все перечисленные факторы негативно влияют на ресурс агрегата и могут приводить к преждевременному

внезапному выходу из строя и связанным с этим материальным потерям.

Для эффективного диагностирования преобразователя по параметрам спектра трехфазного переменного тока необходимо анализировать спектр трехфазного переменного тока при работе преобразователя с минимальной нагрузкой. Это позволяет исключить влияние токов потребителей, наиболее крупными из которых являются электрические машины, на форму сигнала переменного тока генератора преобразователя. В данном режиме, как уже отмечалось, практически вся генерируемая мощность расходуется на питание обмоток возбуждения и цепей управления. На рис. 1 приведена упрощенная электрическая схема вспомогательных цепей электропоезда при работе с минимальной нагрузкой.

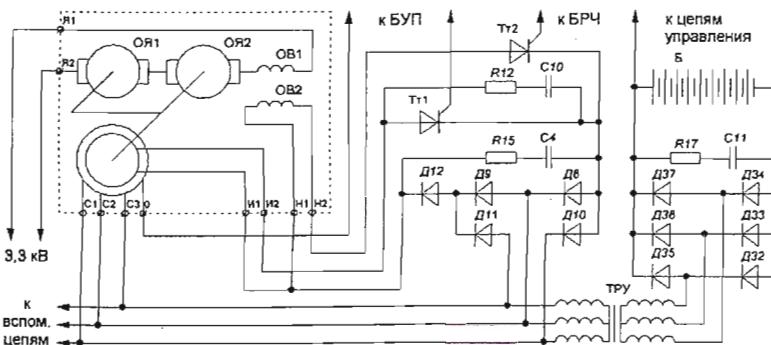


Рис. 1. Схема вспомогательных цепей электропоезда постоянного тока при работе с минимальной нагрузкой

Спектр фазного тока преобразователя при таком режиме (рис. 2) достаточно широк. Присутствуют все гармоники основной частоты, наличие которых вызвано включением в трехфазную цепь однополупериодных выпрямителей для питания обмоток возбуждения преобразователя. Их уровень волновообразно убывает с увеличением частоты подобно функции  $\frac{|\sin x|}{x}$ . Исключением здесь являются гармоники порядка  $6k \pm 1$ , ( $k$ -натуральное число) генерируемые трехфазным мостовым выпрямителем, служащим для зарядки аккумуляторной батареи и питания цепей управления.

Физический принцип, положенный в основу спектр-токовой диагностики, заключается в том, что любые возмущения в работе электрической и/или механической части электрической машины приводят к изменениям магнитного по-

210

тока в зазоре электрической машины и, следовательно, к модуляции потребляемого или генерируемого тока.

Анализ спектра тока – способ диагностики, при котором в течение заданного интервала времени записывают мгновенные значения токов, потребляемых или генерируемых машиной, производят быстрое преобразование Фурье и выполняют сравнение значений амплитуд на частотах проявления дефектов с уровнем сигнала на основной частоте тока.

Как показывает практика эксплуатации преобразователей основными причинами выхода их из строя являются разбандажировка якорей и дефекты подшипников, развитие которых происходит намного быстрее при появлении дисбаланса ротора. Поэтому, для раннего выявления «проблемных» машин, стоит уделять особое внимание появлению в спектре тока оборотной частоты в виде модуляции гармоник основной частоты. Так как генератор преобразователя является четырехполюсной машиной, частота вращения вала преобразователя всегда равна половине основной частоты тока и при наличии дисбаланса ротора в спектре тока должны появиться боковые полосы на расстоянии 25 Гц слева и справа от оборотной и ее гармоник. Таким образом, при вращении вала преобразователя со скоростью 1500 об/мин и соответствующей частоте генерируемого тока 50 Гц, надежным диагностическим признаком дисбаланса является наличие в спектре тока составляющих на частотах 25, 75, 125 Гц и т. д.

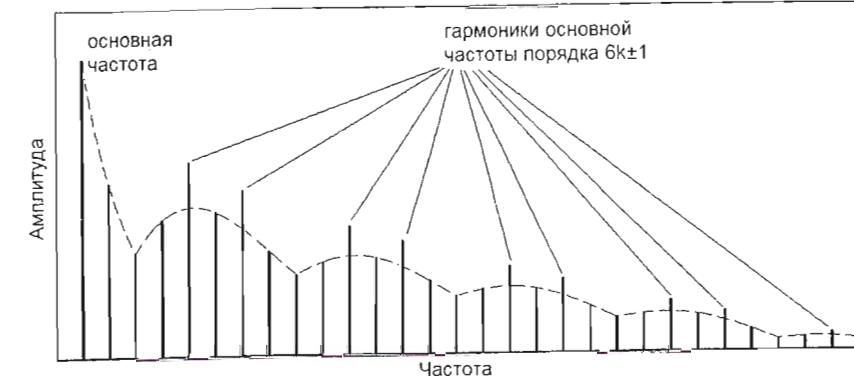


Рис. 2. Модель спектра фазного тока преобразователя при работе вспомогательных цепей с минимальной нагрузкой

Методика диагностирования преобразователей опирающаяся на анализ спектра трехфазного переменного тока в данный момент реализована в виде

экспериментальной установки состоящей из трансформаторных преобразователей тока подключенных к аналоговым входам измерительного модуля на базе 8-канального 16-битного дельта-сигма-АЦП и объединенного с ним в локальную сеть ноутбука с установленным специализированным программным обеспечением.

С целью получения экспериментальных данных были записаны сигналы трехфазных переменных токов преобразователей на стадии ввода в эксплуатацию и преобразователей отработавших от одного до двух лет, в том числе и находившихся в предаварийном состоянии.

В качестве примера на рис. 3 приведена спектrogramма фазного тока исправного преобразователя, а на рис. 4 – преобразователя находящегося в предаварийном состоянии. Из рис. 4 видно, что в спектре тока предаварийного преобразователя ярко выражены составляющие с частотой 25 и 75 Гц – это модуляция основной частоты частотой вращения вала преобразователя. Наличие данной составляющей говорит о дисбалансе ротора[2] преобразователя. В результате осмотра преобразователя, выяснилось, что причиной дисбаланса явилась разбандажировка якорной обмотки двигателя преобразователя.

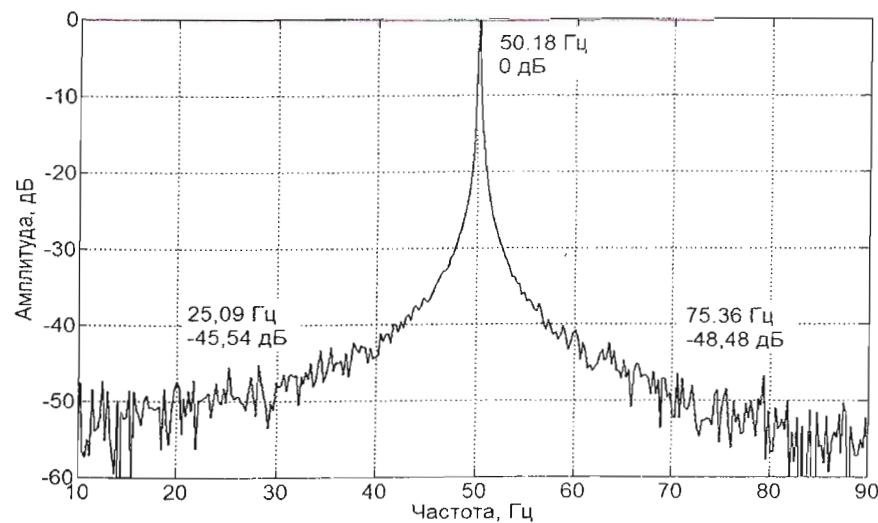


Рис. 3. Спектр фазного тока исправного преобразователя при работе с минимальной нагрузкой

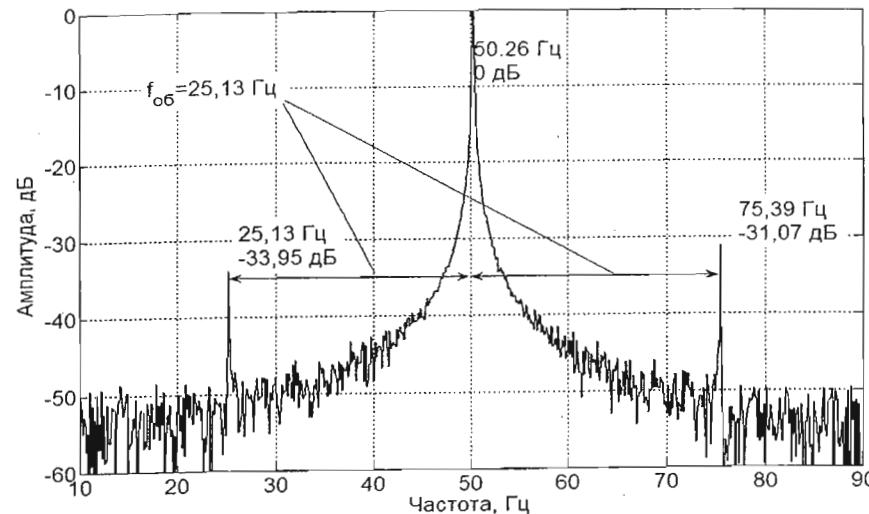


Рис. 4. Спектр фазного тока предаварийного преобразователя при работе с минимальной нагрузкой

Таким образом, полученные экспериментальные данные подтверждают возможность непрерывного мониторинга технического состояния преобразователей путем измерения и спектрального анализа тока генератора по описанной методике.

#### Библиографический список

- Сизов, С. В. Безопасная ресурсосберегающая эксплуатация МВПС на основе мониторинга в реальном времени [Текст] / С. В. Сизов, В. П. Аристов, В. Н. Костюков, А. В. Костюков – М: Наука и транспорт, 2008. с. 8 – 13.
- Костюков, В. Н. Основы диагностики и мониторинга машин [Текст]: учеб. пособие / В. Н. Костюков, А. П. Науменко – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. – 360с., ил.
- Петухов, В. С. Диагностика состояния электродвигателей. Метод спектрального анализа потребляемого тока[Текст]/ В.С. Петухов, В.А. Соколов - Новости Электротехники.№1(31).- 2005. - с. 50 - 52.
- Цурпаль, А. Е., Анализ неисправностей вспомогательных машин моторвагонного подвижного состава с целью их диагностирования. Наука, обра-

зование, бизнес [Текст]: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Ученых, преподавателей, аспирантов, студентов, специалистов пром-сти и связи, посвящ. коллегам в честь 50-летия радиотехн. фак. Ом.гос. техн. ун-та / А. Е. Цурпаль - Междунар. акад. наук высш. шк., 2011 – с. 222 -223.

5. Технический анализ порч, неисправностей и непланового ремонта электропоездов за 2008 год. Управление пригородных пассажирских перевозок Департамента пассажирских сообщений ОАО «РЖД», М.: 2009 г.

6. Просвирин, Б.К. Электропоезда постоянного тока с электрическим торможением[Текст] / Б.К. Просвирин – М.: Трансиздат, 2000 г. – 328 с.

7. Федюков, Ю. А., Режимы работы и диагностика вспомогательных машин электровозов переменного тока[Текст] / Ю.А. Федюков –Локомотив №7 – 2011 г. – с. 32-33.

УДК 629.4.027

В. Н. Костюков, А. Е. Цурпаль, В. В. Басакин (ОмГУПС),  
А. В. Костюков, Д. В. Казарин, А. В. Зайцев (НПЦ «Динамика»)

### АНАЛИЗ ВИБРАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ДИАГНОСТИКИ

В процессе эксплуатации подвижного состава в связи со спецификой его работы, а именно, непрерывной эксплуатацией с отрывом только на обслуживания и ремонты, наиболее слабые узлы являются лимитирующими для подвижного состава в целом. К ним в первую очередь относятся узлы электрического и механического оборудования, устранение неисправностей которых в процессе эксплуатации затруднено.

В практике имеется мнение, что обеспечение объективной диагностики технического состояния роторного механического оборудования подвижного состава в процессе эксплуатации сложно достижимо, а подчас невозможно, в связи с наличием большого числа помех, высокого уровня шумовых составляющих, сопутствующих взаимодействию колеса и рельсовой колеи.

Между тем, даже для достижения динамической ошибки на уровне 1%(для ответственного оборудования приемлемый уровень ошибки составляет

0,1%) требуется осуществлять диагностику с интервалом менее 2 часов[1-4], что может быть реализовано путем применения бортовых систем мониторинга технического состояния узлов подвижного состава.

Целью данной работы является оценка уровней параметров вибрации тяговых электродвигателей в процессе эксплуатации.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи:

- разработана методика и создана экспериментальная установка для сбора информации о значениях параметров вибрации узлов электропоезда в движении;
- произведены экспериментальные исследования по записи сигналов вибрации в реальных условиях эксплуатации подвижного состава;
- произведен анализ параметров вибрации с тяговых электродвигателей.

Методика реализуется с помощью экспериментальной установки, отвечающей следующим требованиям:

- надежность работы установки при перепадах температуры, наличии повышенной вибрации, неустойчивости питающего напряжения;
- устойчивость датчиков вибрации к высоким динамическим нагрузкам, > 100g;
- высокие метрологические характеристики;
- возможность функционирования установки в режиме 24 часа в сутки, 7 дней в неделю, 365 дней в год при наличии питающего напряжения;
- минимальное вмешательство в конструкцию подвижного состава;
- автономная запись основных параметров вибрации, а также частоты вращения и параметров режима ведения поезда;
- архивирование с заданным интервалом времени значений вибропараметров в базы данных.

Структура, экспериментальной установки и схема размещения датчиков на узлах показана на рис. 1.

Установка датчиков вибрации производилась исходя из учета доступности для монтажа и максимальной жесткости конструкции в направлении оси датчика. Крепление датчика вибрации к тяговому электродвигателю осуществлялось согласно [5].



Министерство транспорта Российской Федерации  
Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
ОАО «Российские железные дороги»  
Омский государственный университет  
путей сообщения

## Повышение эффективности эксплуатации коллекторных электромеханических преобразователей энергии



Омск 2013

Министерство транспорта Российской Федерации  
Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
ОАО «Российские железные дороги»  
Омский государственный университет путей сообщения



ПОСВЯЩАЕТСЯ  
110-летию со дня рождения профессора М. Ф. Карасева,  
70-летию кафедры «Электрические машины и  
общая электротехника» ОмГУПС

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
КОЛЛЕКТОРНЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ  
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ**

Материалы IX международной  
научно-технической конференции  
(5, 6 декабря 2013 г.)

Омск 2013

## СОДЕРЖАНИЕ

**Повышение эффективности эксплуатации коллекторных преобразователей энергии: Материалы девятой международной научно-технической конференции / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2013. 400 с.**

В материалы конференции вошли статьи с результатами исследований по тяговым двигателям с новым скользящим контактом, совершенствованию коллекторных преобразователей энергии, посвященных коммутации и скользящему контакту, перспективам развития и совершенствования эксплуатации тяговых электрических машин, диагностированию электромеханических преобразователей энергии, энергосбережению и энергоэффективности в электротехнических устройствах и системах.

Предназначено для научных и инженерно-технических работников и может быть полезно аспирантам, преподавателям и студентам электромеханических специальностей.

Библиогр. 276 назв. Табл. 47. Рис. 248.

**Редакционная коллегия:**

доктор техн. наук С. Г. Шантаренко (отв. редактор);  
доктор техн. наук В. Д. Авилов (зам. отв. редактора);  
канд. техн. наук Е. А. Третьяков (отв. секретарь);  
доктор философии, доцент Ф. Веселка (г. Брно, Чешская Республика);  
доктор техн. наук В. В. Харламов.

Авилов В. Д. ( <i>ОмГУПС</i> ). Кафедра «Электрические машины и общая электротехника» (2003 – 2013 гг.) ..... 8	Коммутация и скользящий токосъем в электромеханических преобразователях энергии ..... 19
Авилов В. Д. ( <i>ОмГУПС</i> ), Веселка Ф. ( <i>ТУ Брно, Чехия</i> ). Коммутация в вопросах совершенствования коллекторных электромеханических преобразователей энергии, посвященных коммутации и скользящему контакту ..... 12	Байсадыков М. Ф. ( <i>ОмГУПС</i> ). К вопросу о надежности работы контакта щетки с коллектором в электрических машинах ..... 19
Байсадыков М. Ф. ( <i>ОмГУПС</i> ). Методика применения микроскопа для анализа порошковых частиц и обработка результатов измерений ..... 23	Барански М. ( <i>Институт исследований и испытаний электрических машин, Польша</i> ). Typical mistakes during the thermography measurement of electrical machines ..... 29
Беспалов В. Я., Панихин М. В. ( <i>МЭИ</i> ). Математическая модель процесса коммутации в коллекторных машинах переменного тока ..... 36	Бормотов В. А. ( <i>ТИЖТ</i> ). Разработка модели нестандартного электродвигателя в рамках научно-исследовательской деятельности студентов ..... 45
Бугай Ю. М. ( <i>Зап.-Сиб. ж. д. – филиал ОАО «РЖД»</i> ), Гателюк О. В. ( <i>ОмГУПС</i> ). Применение непараметрических методов математической статистики при изучении вопросов коммутации и энергоэффективности ..... 50	Веселка Ф. ( <i>ТУ Брно, Чехия</i> ). Перспективы развития электрических машин со скользящим контактом с применением тефлона ..... 59
Веселка Ф. ( <i>ТУ Брно, Чехия</i> ), Забойн В. Н. ( <i>СПбГПУ</i> ). Гранулометрический анализ пылевидных продуктов износа электрических щеток ..... 67	Веселка Ф. ( <i>ТУ Брно, Чехия</i> ), Сидоров О. А., Филиппов В. М. ( <i>ОмГУПС</i> ). К вопросу о снижении износа и повышении ресурса контактных вставок городского электрического транспорта ..... 76
Гимаев С. Р., Сулейманов Р. Я. ( <i>УрГУПС</i> ). Повышение коммутационной устойчивости тяговых электродвигателей постоянного тока ..... 81	Глинка Т., Пистелок П., Полак А., Поправски В. ( <i>Институт исследований и испытаний электрических машин, Польша</i> ). Асинхронные двигатели для тяговых приводов ..... 88

<i>Изотов А. И., Изотов С. А., Прокошев Д. К. (ВятГУ). О влиянии механических факторов на уровень радиопомех в коллекторных машинах переменного тока</i>	95	Долгова А. В., Сергеев Р. В., Харламов В. В., Шкодун П. К. (ОмГУПС). Формирование алгоритма диагностических процедур в процессе ремонта тяговых электродвигателей	167
<i>Качин О. С., Качин С. И. (ТПУ). Учет влияния профиля коллектора и вибраций подшипниковых узлов на процесс коммутации</i>	100	Дорохина Е. С., Хорошко А. А. (ТПУ). Математическая модель для автоматической регистрации теплового состояния электродвигателей постоянного тока	175
<i>Петров П. Г. (ОмГУПС). Вольт-амперная характеристика щеточного контакта</i>	105	Дульский Е. Ю. (ИрГУПС). Моделирование режимов ИК-энергоподвода в технологии продления ресурса тяговых электрических машин методом конечных элементов	181
<i>Петров П. Г. (ОмГУПС). Исследование износстойкости щеток электрических машин</i>	113	Иванов П. Ю. (ИрГУПС). Совершенствование методов непрерывного контроля и прогнозирования долговечности изоляции асинхронных вспомогательных машин	187
<i>Полак А. (Институт исследований и испытаний электрических машин, Польша). Тестирование технического состояния изоляции электрических машин с использованием постоянного тока</i>	120	Каландров Х. У. (ЧГУ им. И. Н. Ульянова). Диагностирование силовых трансформаторов Согдийских электрических сетей Республики Таджикистан	197
<i>Тимошенко В. Н., Изотов А. И. (ВятГУ). Снижение износов элементов узлов токосъема за счет применения смазывающих щеток</i>	128	Костюков В. Н. (ОмГУПС), Костюков А. В. (НПЦ «Динамика»), Бурда А. Е. (ОмГТУ). Исследование параметров частичных разрядов в изоляции обмоток статоров асинхронных электродвигателей	201
<b>Эксплуатация и техническое обслуживание тяговых электрических машин подвижного состава. Диагностирование и мониторинг электромеханических преобразователей энергии</b>		Костюков В. Н., Цурпаль А. Е. (ОмГУПС), Костюков А. В., Казарин Д. В. (НПЦ «Динамика»). Диагностирование электромашинного преобразователя трехфазного переменного тока	207
<i>Авилов В. Д., Попов Д. И., Литвинов А. В. (ОмГУПС). Модернизированный стенд для испытания асинхронных двигателей методом взаимной нагрузки</i>	137	Костюков В. Н., Цурпаль А. Е., Басакин В. В. (ОмГУПС), Костюков А. В., Казарин Д. В., Зайцев А. В. (НПЦ «Динамика»). Анализ вибрационной активности тяговых электродвигателей электропоездов для целей диагностики	214
<i>Афонин А. П., Харламов В. В., Шкодун П. К. (ОмГУПС). Диагностический комплекс для определения технического состояния коллекторных электродвигателей</i>	141	Павринович В. А., Рапорт О. Л., Цукублин А. Б. (ТПУ). Комплексные исследования тяговых электродвигателей электровоза 2ЭС6	221
<i>Ахунов Д. А., Харламов В. В., Шкодун П. К., Кузнецов В. Ф. (ОмГУПС). Выбор диагностических параметров для оценки состояния профиля коллектора машин постоянного тока</i>	147	Макаров В. В., Худоногов А. М., Лыткина Е. М., Дульский Е. Ю., Гаряев Н. Н., Иванов П. Ю. (ИрГУПС). Проектирование и создание лаборатории «Надежность и долговечность тяговых электрических машин»	225
<i>Бакланов А. А., Есин Н. В., Мурzin Д. В., Шиляков А. П. (ОмГУПС). Тенденция развития тягового электропривода электроподвижного состава железных дорог</i>	156	Мельк В. О., Смирнов В. А. (ОмГУПС). Совершенствование средств и методов испытаний электрических машин ЭПС	231

*Научное издание*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
КОЛЛЕКТОРНЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ  
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ

Материалы IX международной  
научно-технической конференции  
(5, 6 декабря 2013 г.)

---

\* \* \*

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 27.11.2013. Формат 60 × 84 1/16.  
Плоская печать. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 24,56. Уч.-изд. л. 25,06.  
Тираж 300 экз. Заказ 679.

\* \*

Типография ОмГУПСа

\*

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35