Простейшая схема регулирования напряжения предусматривает изменение напряжения трансформатора путём изменения числа витков одной из обмоток при помощи специального регулирующего устройства.Различают два вида устройства: переключения при полностью отключенном трансформаторе типа ПБВ и переключения ответвлений обмотки СТ без его отключения (РПН).В первом случае схема позволяет решить вопрос регулирования напряжения наиболее просто, так как имеется лишь избиратель, и в этом её достоинство. Но в этом случае не выполняется требование бесперебойного электроснабжения потребителя, что является её существенным недостатком.Одной из наиболее распространённых схем трансформатора с РПН – это трансформаторы со встроенным регулированием напряжения. Такой СТ имеет регулировочные ответвления, переключаемые под нагрузкой с помощью специальных аппаратов. На выводах такого трансформатора непосредственно получается отрегулированное напряжение.

По данным, приведенным в работе [1] 56% СТСогдЭС имеют РПН.

В системе энергетики республики Таджикистан самое большое распространение получили РПН с токоограничивающими резисторами (ТР) серии РС. Количество подобных РПН превалирует над ПУ реакторного типа, которые имеют существенный недостаток – громоздкость.Устройство РПН серии РС применяется для регулирования напряжения под нагрузкой в СТ напряжением до 220 кВ мощностью до 100 МВ·А [2].

Основным элементом РПН является механизм переключения, состоящий из контактора, избирателя и предызбирателя, а также приводного механизма. Наличие ТР в РПН серии РС, рассчитанных на кратковременную работу, мощных аккумулирующих пружин, большие скорости подвижных частей и связанные с этим механические удары заставляют предъявлять весьма жёсткие требования к надёжности конструкции, качеству материалов и точности изготовления.

В настоящее время диагностирование устройств типа РС производится осциллографированием токов контактной системы контактора [2]. Существуют два метода осциллографирования. Первый метод предусматривает слив трансформаторного масла из бака контактора и последующая операция осциллографирования относительно контактов контактора. Второй метод позволяет без слива трансформаторного масла определить временные характеристики работы контактной системы РПН осциллографированием относительно высоковольтных выводов и нейтрали обмотки трансформатора, что значительно ускоряет процесс диагностирования и является ресурсосберегающим методом. Кроме того, данный метод является экологически безопасным, так как сводит к нулю вероятность загрязнения окружающей среды трансформаторным маслом.

Библиографический список

1. Каландаров, Х.У.Контроль переключающих устройств силовых трансформаторов Согдийской области Республики Таджикистан[Текст] / Х.У. Каландаров// Труды академии электротехнических наук Чувашской Республики - 2012, №1, с. 109 – 112.

2. Якобсон, И.Я. Наладка и эксплуатация переключающих устройств силовых трансформаторов[Текст] / И.Я. Якобсон – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 120 с.

3. Михеев, Г.М. Разработка алгоритма диагностирования РПН серии РС[Текст] / Г.М.Михеев,Д. Е.Иванов, Х. У.Каландаров- Электрооборудование: эксплуатация и ремонт, №22013, с. 57 – 60.

УДК 621.3.048.1

В. Н. Костюков (ОмГУПС),
А. В. Костюков (НПЦ «Динамика»),
Е. А. Бурда (ОмГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК СТАТОРОВ АСИНХРОННЫХЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Для своевременного обнаружения дефектов изоляции электрооборудования на ранней стадии их развития с целью предотвращения возникновения аварийных ситуаций при эксплуатации требуется применение современных методов диагностики и мониторинга.

В настоящее время приобретают широкое распространение методы диагностики электрооборудования, основанные на контроле параметров частичных разрядов (ЧР), происходящих в изоляции электрооборудования, например, ме-

тоды контроля параметров частичных разрядов в изоляции статорных обмоток электрических двигателей (ЭД).

Среди преимуществ таких методов можно отметить высокую чувствительность, возможность создания диагностических систем для контроля оборудования, работающего в штатном режиме, щадящий режим диагностики, так как не требуется применение повышенного испытательного напряжения, оказывающего негативное влияние на состояние изоляции.

Для оценки состояния изоляции ЭД необходимо знать допустимые (критические) значения параметров ЧР, определение которых возможно при накоплении и анализе статистических данных о параметрах ЧР для однотипных ЭД, имеющих схожее техническое состояние. Если одноименные параметры ЧР таких электродвигателей будут иметь близкие значения, то это позволит установить критические значения параметров ЧР для различных типов ЭД.

Для определения возможности выработки критериев оценки параметров ЧР был создан экспериментальный стенд на базе программно-аппаратного комплекса для диагностики электродвигателей КОМПАКС-РПЭ (далее система КОМПАКС-РПЭ), разработанного НПЦ «Динамика» [1]. Система КОМПАКС-РПЭ позволяет проводить диагностику электродвигателей по результатам измерений параметров вибрации, тока, температуры и числа оборотов ротора электродвигателя. В работе системы КОМПАКС-РПЭ используются виброакустические методы диагностики ЭД [2]. С целью измерения параметров ЧР система КОМПАКС-РПЭ была дополнена подсистемой частичных разрядов MDR.

Экспериментальный стенд состоит из диагностической станции, интерфейсного модуля, блока сбора и обработки диагностической информации, подсистемы ЧР и комплекта соответствующих датчиков (датчики тока, вибрации, температуры, числа оборотов, ЧР).

Структурная схема экспериментального стенда приведена на рис. 1.

Диагностическая станция – это специализированная ЭВМ, предназначенная для управления процессом диагностики, сбора и обработки диагностической информации, отображения, хранения и вывода на печать результатов диагностики и информации о состоянии системы.

Интерфейсный модуль предназначен для коммутации иобработки сигналов от датчиков параметрического типа, а такжедля гальванического разделения линии питания и управления и сигнальной линии от общего провода питания и корпуса.

Блок сбора и обработки диагностической информации обеспечивает сбор и обработку диагностическойинформации и передачу их ДС.

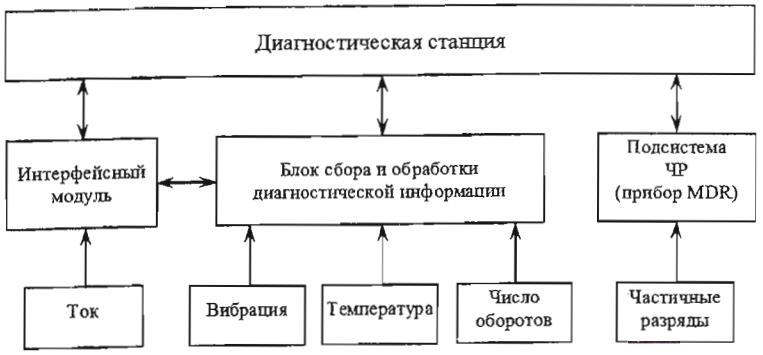

Рис. 1 Структурная схема экспериментального стенда

Подсистема ЧР подключается к диагностической станции параллельно с интерфейсным модулем и блоком сбора и обработки диагностической информации и обеспечивает сбор и обработку информации с датчиков ЧР.

На экспериментальном стенде было проведено измерение параметров ЧР в изоляции обмоток статоров трёх новых ЭД типа АД90L2 и двух ЭД типа АД90L8, имеющих различную наработку, при этом наработка ЭД АД90L8 зав. №2 больше, чем наработка ЭД АД90L8 зав. №5.

Технические характеристики испытанных электродвигателей типа АД90L8:

- номинальная мощность 0,75 кВт;
- номинальное напряжение 380 В;
- номинальный ток 2,6 А;
- номинальная частота вращения ротора 750 об/мин.

Технические характеристики испытанных электродвигателей типа АД90L2:

- номинальная мощность 3,0 кВт;
- номинальное напряжение 380 В;
- номинальный ток 6,2 А;
- номинальная частота вращения ротора 3000 об/мин.

Основные количественные характеристики частичных разрядов [3], измерение которых проводилось на экспериментальном стенде:

- заряд q единичного ЧР (кажущийся заряд, нКл);
- частота следования n ЧР (среднее количество ЧР за 1 с, 1/с).

Данные об указанных характеристиках ЧР, полученные при измерении параметров ЧР в изоляции статорных обмоток испытанных электродвигателей, приведены в табл. 1, 2 и 3, а также на рис. 2, 3 и 4.

Исходя из данных, приведенных в табл. 1, разница между величинами максимальных зарядов единичных ЧР, зафиксированных для одноименных фаз и шин заземления для новых ЭД типа АД90L2 составляет от 2,5 до 18,3 %, в то же время, для ЭД типа АД90L8, имеющих различную наработку, разница между аналогичными величинами составляет от 16,1 до 63,1 %.

Табл. 1. Максимальные заряды единичных ЧР

№ п/п	Тип ЭД	Зав. № ЭД	Мощность ЭД, кВт	Заряд *q* ЧР в фазе А, нКл	Заряд *q* ЧР в фазе В, нКл	Заряд *q* ЧР в фазе С, нКл	Заряд *q* ЧР в шине заземления (РЕ), нКл
1	АД90L8	2	0,75	98,5	142,9	159,9	80,7
2	АД90L8	5	0,75	82,6	52,7	64,3	99,7
3	АД90L2	10442	3,0	163,3	164,0	165,6	105,8
4	АД90L2	10448	3,0	169,4	169,5	165,0	107,0
5	АД90L2	13435	3,0	138,4	143,9	147,4	108,5

Из графика, приведенного на рис. 2, видно, что значения максимальных зарядов единичных ЧР в изоляции обмоток ЭД типа АД90L8 с зав. №2 (имеющего бóльшую наработку) значительно отличаются от таковых значений для ЭД АД90L8 с зав. №5 и приближаются к значениям более мощных ЭД. При этом величины максимальных зарядов единичных ЧР для новых ЭД типа АД90L2 имеют близкие значения.

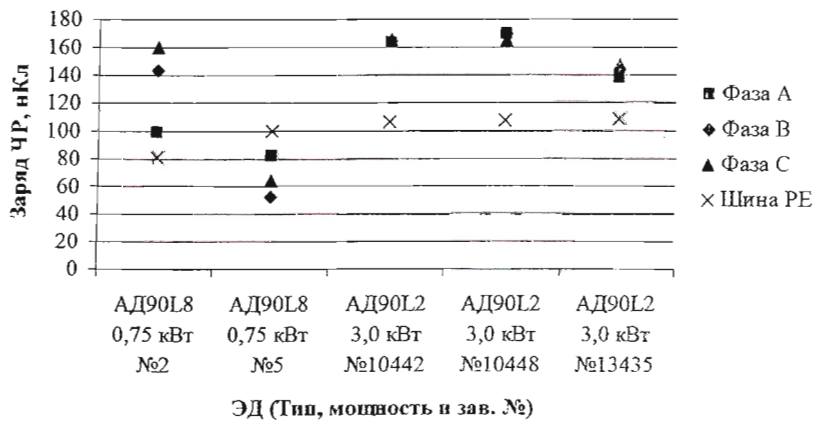

Рис. 2. Максимальные заряды единичных ЧР

Исходя из данных, приведенных в табл. 2, разница между частотами следования ЧР, зафиксированных для одноименных фаз и шин заземления для новых ЭД типа АД90L2 составляет от 2,4 до 22,4 %,в то же время, дляЭД типа АД90L8, имеющих различную наработку, разница между аналогичными величинами составляетот 30,8 до 76,7 %.

Табл. 2. Частоты следования ЧР

№ п/п	Тип ЭД	Зав. № ЭД	Мощность ЭД, кВт	Частота следов-я ЧР в фазе А, 1/с	Частота следов-я ЧР в фазе В, 1/с	Частота следов-я ЧР в фазе С, 1/с	Частота следов-я ЧР в шине заземления (РЕ), 1/с
1	АД90L8	2	0,75	5283	2341	1931	13103
2	АД90L8	5	0,75	8096	8106	8276	9071
3	АД90L2	10442	3,0	12941	14184	13491	25951
4	АД90L2	10448	3,0	13519	14102	13455	20147
5	АД90L2	13435	3,0	10869	13691	13792	21743

Из графика, приведенного на рис. 3, видно, что значения частот следования ЧР в изоляции обмоток для новых ЭД типа АД90L2 имеют близкие значения. Частоты следования ЧР в изоляции обмоток ЭД АД90L8 с зав. №2 (имеющего большую наработку) меньше аналогичных величин для ЭД АД90L8 с зав. №5.

Исходя из данных, приведенных в табл. 3, разница между значениями мощностей ЧР, зафиксированных для одноименных фаз и шин заземления для новых ЭД типа АД90L2 составляет от 8,6 до 24,0 %,в то же время, для ЭД типа АД90L8, имеющих различную наработку, разница между аналогичными величинами составляет от 0 до 42,9 %.

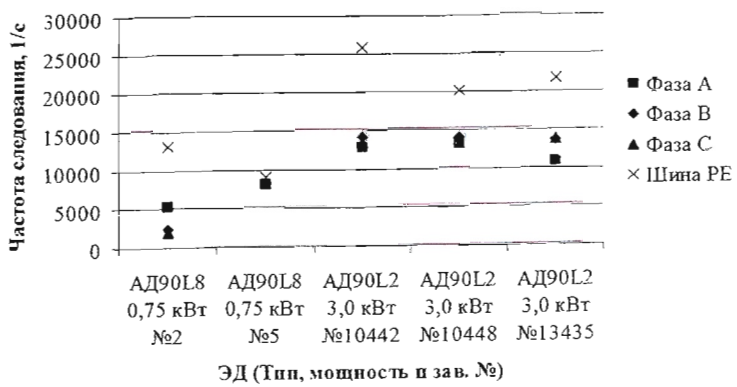

Рис. 3. Частоты следования ЧР

Табл. 3.Мощности ЧР

№ п/п	Тип ЭД	Зав. № ЭД	Мощность ЭД, кВт	Мощность ЧР фазы А, Вт	Мощность ЧР фазы В, Вт	Мощность ЧР фазы С, Вт	Мощность ЧР в шине заземления (PE), 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

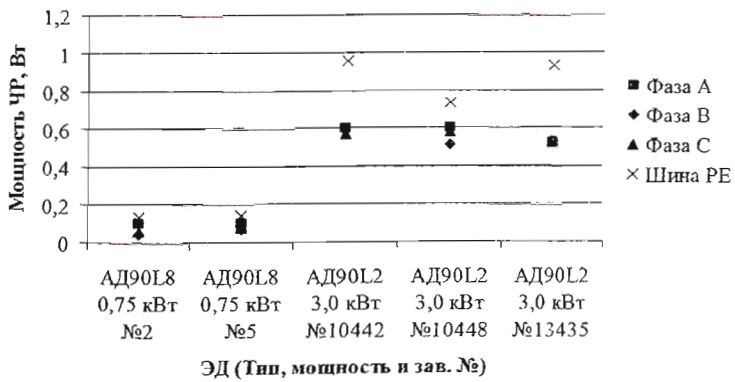

Рис. 4. Мощность ЧР

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 планово-предупредительных обслуживаний и ремонта, предполагает расход большого

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

УДК 621.313
ББК 31.261-01я7

Повышение эффективности эксплуатации коллекторных электромеханических 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 вопросам совершенствования коллекторных электромеханических преобразователей энергии, посвященных коммутации и скользящему токосъему, 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.

© Омский гос. университет путей сообщения, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

Авилов В. Д. (ОмГУПС). Кафедра «Электрические машины и общая электротехника» (2003 – 2013 гг.) 8

Коммутация и скользящий токосъем в электромеханических преобразователях энергии

Авилов В. Д. (ОмГУПС), Веселка Ф. (ТУ Брно, Чехия). Коммутация в тяговых двигателях с новым скользящим контактом 12

Байсадыков М. Ф. (ОмГУПС). К вопросу о надежности работы контакта щетки с коллектором в электрических машинах 19

Байсадыков М. Ф. (ОмГУПС). Методика применения микроскопа для анализа порошковых частиц и обработка результатов измерений 23

Баранski М. (Институт исследований и испытаний электрических машин, Польша). Typical mistakes during the thermography measurement of electrical machines 29

Беспалов В. Я., Панихин М. В. (МЭИ). Математическая модель процесса коммутации в коллекторных машинах переменного тока 36

Бормотов В. А. (ТИЖТ). Разработка модели нестандартного электродвигателя в рамках научно-исследовательской деятельности студентов 45

Бугай Ю. М. (Зап.-Сиб. ж. д. – филиал ОАО «РЖД»), Гателюк О. В. (ОмГУПС). Применение непараметрических методов математической статистики при изучении вопросов коммутации и энергоэффективности 50

Веселка Ф. (ТУ Брно, Чехия). Перспективы развития электрических машин со скользящим контактом с применением тефлона 59

Веселка Ф. (ТУ Брно, Чехия), Забоин В. Н. (СПбГПУ). Гранулометрический анализ пылевидных продуктов износа электрических щеток 67

Веселка Ф. (ТУ Брно, Чехия), Сидоров О. А., Филиппов В. М. (ОмГУПС). К вопросу о снижении износа и повышении ресурса контактных вставок городского электрического транспорта 76

Гимаев С. Р., Сулейманов Р. Я. (УрГУПС). Повышение коммутационной устойчивости тяговых электродвигателей постоянного тока 81

Глинка Т., Пистелок П., Полак А., Поправски В. (Институт исследований и испытаний электрических машин, Польша). Асинхронные двигатели для тяговых приводов 88

Изотов А. И., Изотов С. А., Прокошев Д. К. (ВятГУ). О влиянии механических факторов на уровень радиопомех в коллекторных машинах переменного тока 95

Качин О. С., Качин С. И. (ТПУ). Учет влияния профиля коллектора и вибраций подшипниковых узлов на процесс коммутации 100

Петров П. Г. (ОмГУПС). Вольт-амперная характеристика щеточного контакта 105

Петров П. Г. (ОмГУПС). Исследование износостойкости щеток электрических машин 113

Полак А. (Институт исследований и испытаний электрических машин, Польша). Тестирование технического состояния изоляции электрических машин с использованием постоянного тока 120

Тимошенко В. Н., Изотов А. И. (ВятГУ). Снижение износов элементов узлов токосъема за счет применения смазывающих щеток 128

Фоминых А. А., Изотов А. И. (ВятГУ). Оценка влияния материала контактных поверхностей на износ токоведущих щеток узлов скользящего токосъема электроподвижного состава 132

Эксплуатация и техническое обслуживание тяговых электрических машин подвижного состава. Диагностирование и мониторинг электромеханических преобразователей энергии

Авилов В. Д., Попов Д. И., Литвинов А. В. (ОмГУПС). Модернизированный стенд для испытания асинхронных двигателей методом взаимной нагрузки 137

Афонин А. П., Харламов В. В., Шкодун П. К. (ОмГУПС). Диагностический комплекс для определения технического состояния коллекторных электродвигателей 141

Ахунов Д. А., Харламов В. В., Шкодун П. К., Кузнецов В. Ф. (ОмГУПС). Выбор диагностических параметров для оценки состояния профиля коллектора машин постоянного тока 147

Бакланов А. А., Есин Н. В., Мурзин Д. В., Шиляков А. П. (ОмГУПС). Тенденция развития тягового электропривода электроподвижного состава железных дорог 156

Долгова А. В., Сергеев Р. В., Харламов В. В., Шкодун П. К. (ОмГУПС). Формирование алгоритма диагностических процедур в процессе ремонта тяговых электродвигателей 167

Дорохина Е. С., Хорошко А. А. (ТПУ). Математическая модель для автоматической регистрации теплового состояния электродвигателей постоянного тока 175

Дульский Е. Ю. (ИрГУПС). Моделирование режимов ИК-энергоподвода в технологии продления ресурса тяговых электрических машин методом конечных элементов 181

Иванов П. Ю. (ИрГУПС). Совершенствование методов непрерывного контроля и прогнозирования долговечности изоляции асинхронных вспомогательных машин 187

Каландров Х. У. (ЧГУ им. И. Н. Ульянова). Диагностирование силовых трансформаторов Согдийских электрических сетей Республики Таджикистан . 197

Костюков В. Н. (ОмГУПС), Костюков А. В. (НПЦ «Динамика»), Бурда А. Е. (ОмГТУ). Исследование параметров частичных разрядов в изоляции обмоток статоров асинхронных электродвигателей 201

Костюков В. Н., Цурпаль А. Е. (ОмГУПС), Костюков А. В., Казарин Д. В. (НПЦ «Динамика»). Диагностирование электромашинного преобразователя электропоезда постоянного тока по параметрам спектра трехфазного переменного тока 207

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

Лавринович В. А., Рапопорт О. Л., Цукублин А. Б. (ТПУ). Комплексные исследования тяговых электродвигателей электровоза 2ЭС6 221

Макаров В. В., Худоногов А. М., Лыткина Е. М., Дульский Е. Ю., Гарев Н. Н., Иванов П. Ю. (ИрГУПС). Проектирование и создание лаборатории «Надежность и долговечность тяговых электрических машин» 225

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