

УДК 62-2

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/98/33>

ПАТЕНТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И ТРАНСФОРМАТОРОВ

©*Соколов А. А., Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Нижнекамск, Россия*

©*Сагдеева Г. С., SPIN-код: 2953-4605, канд. пед. наук, Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Нижнекамск, Россия, sagdeeva_g@mail.ru*

©*Гаврилов Е. Н., SPIN-код: 8536-2670, канд. техн. наук, Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Нижнекамск, Россия, noble-86@mail.ru*

PATENT RESEARCH OF SYSTEMS FOR MONITORING THE TECHNICAL CONDITION OF ELECTRIC MOTORS AND TRANSFORMERS

©*Sokolov A., Kazan National Research Technological University, Nizhnekamsk, Russia*

©*Sagdeeva G., SPIN-code: 2953-4605, Ph.D., Kazan National Research Technological University, Nizhnekamsk, Russia, sagdeeva_g@mail.ru*

©*Gavrilov E., SPIN-code: 8536-2670, Ph.D., Kazan National Research Technological University, Nizhnekamsk, Russia, noble-86@mail.ru*

Аннотация. В статье приведены основные причины неисправностей электродвигателей и силовых трансформаторов на промышленных предприятиях, основные технические параметры электрооборудования, дающие информацию о техническом состоянии. Производится сравнение систем мониторинга технического состояния электрооборудования различных производителей.

Abstract. The article presents the main causes of malfunctions of electric motors and power transformers at industrial enterprises, the main technical parameters of electrical equipment, providing information on the technical condition. Comparison of systems for monitoring the technical condition of electrical equipment from different manufacturers is made.

Ключевые слова: электрический двигатель, силовой трансформатор, контроль технического состояния, системы мониторинга, диагностика.

Keywords: electric motor, power transformer, technical condition control, monitoring systems, diagnostics.

Аварии и инциденты в системах электроснабжения — это неблагоприятные события на генерирующих, передающих, распределяющих элементах электроэнергетических систем. Причинами таких инцидентов являются отказы, повреждения и разрушения на энергетических установках, обрывы и повреждения линий электропередачи, ошибочные действия персонала, повреждения на трансформаторных подстанциях и генераторах, повреждения, обусловленные природными факторами. Статистика и причины выхода из строя электродвигателей и трансформаторов. В качестве наглядного примера возьмем одно крупное предприятие Татарстана.

Основными потребителями электроэнергии на этом предприятии являются электродвигатели – более 23000 ед., трансформаторы — более 600 ед. Из статистики видно, что дефекты, связанные с электродвигателями и трансформаторами, занимают от 10% до 38% от общего числа инцидентов в системах электроснабжения (Рис. 1)

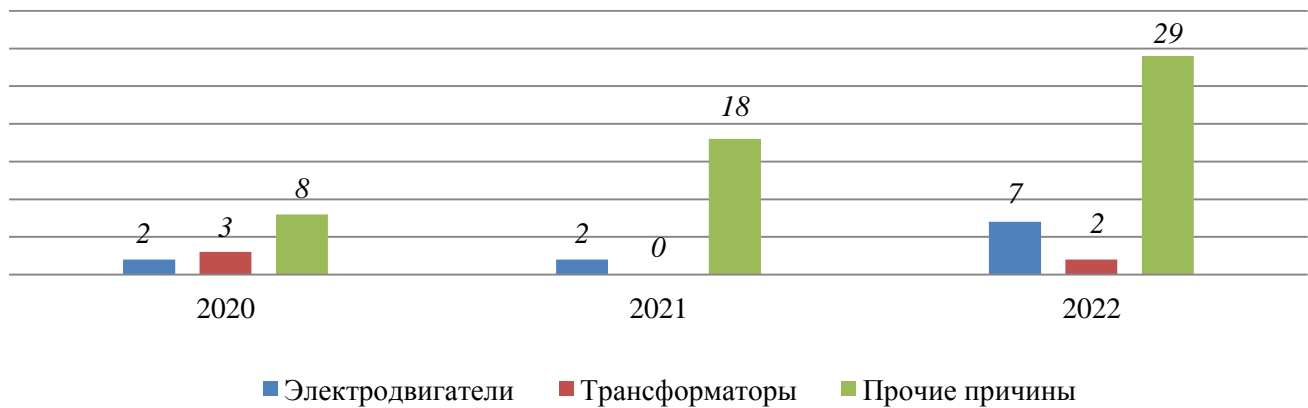


Рисунок 1. Статистика инцидентов в системах электроснабжения

Контролируемые параметры электрооборудования и диапазон допустимых отклонений. Из сказанного следует, что контроль технического состояния электродвигателей и трансформаторов является важным условием стабильной и эффективной работы. Чтобы гарантировать нормальное функционирование электрических машин и предотвратить потенциальные отказы, необходимо постоянно контролировать их техническое состояние. Для качественного мониторинга работы электродвигателей и трансформаторов необходимо определить ряд наиболее приоритетных параметров. Для электродвигателей наиболее важные параметры и их допустимые отклонения приведены в Таблице 1 [1, 2].

Таблица 1

ДОПУСТИМЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Наименование показателя	Предельные отклонения
Измерение сопротивления изоляции, кОм	≥ 500
Ток электродвигателя, %	$\pm 1 \%$
Напряжение электродвигателя, %	$\pm 2 \%$
Частота тока, %	$\pm 1,5 \%$
Частота вращения, %	$\pm 1 \%$
Температура статора, °С	см. паспортные значения
Температура переднего, заднего подшипников, °С	см. паспортные значения

Для трансформаторов наиболее важными параметрами являются: температура верхних слоев масла, кривые тока и напряжения, токовая нагрузка, содержание газов в масле, содержание влаги в масле. Допустимые отклонения указанных параметров приведены в Таблице 2 [4, 5].

Контроль приведенных параметров может быть осуществлен с помощью систем мониторинга технического состояния.

В Таблице 3 и 4 приводятся результаты сравнения функциональных возможностей подобных систем различных производителей.

Таблица 2

НОМИНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ИЗОЛЯЦИИ РАБОТАЮЩИХ
 ТРАНСФОРМАТОРОВ (вне зависимости от системы охлаждения)

<i>Элемент трансформатора</i>	<i>Превышение температуры</i>
Обмотки (средние превышения температуры, класс нагревостойкости изоляции А):	см. паспорт
- при естественной или принудительной циркуляции с ненаправленным потоком масла через обмотку	65
- при принудительной циркуляции с направленным потоком масла через обмотку	70
Масло в верхних слоях (исполнение герметичное или с расширителем)	60
Поверхности магнитной системы и элементов металлоконструкций	75

Таблица 3

СРАВНЕНИЕ СИСТЕМ ПО ОБЪЕМУ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
 ДЛЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

<i>Контроль параметров</i>	<i>Системы мониторинга</i>				
	<i>DIMRUS MDR-S20</i>	<i>DIMRUS FDM</i>	<i>PDTracII Iris Power</i>	<i>Artesis e-MSM</i>	<i>WEG Motor Scan</i>
Частичные разряды	+		+		
Темп.	+		+		+
Напряжение			+	+	+
Ток		+	+	+	+
Влажность обмотки статора	+		+		
Вибрация	+	+			+
Контроль продольной ЭДС	+				
Диагностика магнитного потока	+				
Эксцентриситет воздушного зазора		+			
Частота вращения					+

Таблица 4

СРАВНЕНИЕ СИСТЕМ ПО ОБЪЕМУ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
 ДЛЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ

<i>Контроль параметров</i>	<i>Системы мониторинга</i>		
	<i>TDM-M</i>	<i>QUALITROL 509 ITM</i>	<i>GE Energy Hydran M2M</i>
Состояние изоляции	+		
В/В выводы	+	+	
Температура	+	+	+
Вибрация	+		
РПН	+	+	+
Напряжение	+	+	+
Содержание влаги в масле	+		+
Уровень масла	+	+	
Датчик газа			+

Был проведен патентный анализ систем мониторинга технического состояния. Результаты поиска занесены в Таблицу 5.

Глубина патентного поиска составила 20 лет.

Таблица 5

ПАТЕНТНЫЙ АНАЛИЗ

Номер	Название	Автор	Патентообладатель	Суть изобретения
2242830	Устройство для мониторинга силовых трансформаторов (20.12.2004)	Рассальский Александр Николаевич	Рассальский Александр Николаевич	Изобретение относится к электротехнике и предназначено для контроля рабочих параметров силового трансформатора в процессе его эксплуатации и управления его системами. Устройство содержит блоки расчета интегральных характеристик трансформатора, регистрации аварийных процессов, положения устройства регулирования напряжения под нагрузкой (РПН), расчетных моделей по данным измерений в реальном масштабе времени, управления системой охлаждения, дистанционного управления устройством РПН, ведения журналов состояния трансформатора, визуализации значений измеряемых параметров, передачи данных и интеграции системы мониторинга в автоматизированные системы диспетчерского управления и учета электроэнергии. Устройство обеспечивает контроль за величинами мгновенных, средних и действующих значений токов и напряжений и температуры в обмотках высокого, среднего и низкого напряжения, температуры окружающей среды, трансформаторного масла на входе и выходе охладителей, температуры, уровня, давления масла, его влажности и концентрации растворенных газов в масле в баках трансформатора и устройства РПН, давления масла в высоковольтных вводах, токов утечки в изоляции. 1 ил.
2615790	Устройство для мониторинга силовых трансформаторов (11.04.2017)	Храмшин Рифхат Рамазаниевич, Евдокимов Сергей Алексеевич, Сарлыбаев Артур Азатович, Николаев Андрей Андреевич	Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова	Изобретение относится к электротехнике и предназначено для мониторинга основных рабочих параметров и технического состояния силовых трансформаторов дуговых сталеплавильных печей и агрегатов печь-ковш в процессе их эксплуатации в режиме реального времени. Задача, на решение которой направлено изобретение, заключается в расширении функциональных возможностей и повышении надежности работы силового трансформатора путем осуществления комплексной работы по диагностическому контролю основных рабочих параметров трансформатора в режиме реального времени, оценки степени развития дефектов и уровня опасности возникновения аварийных ситуаций, локализации и идентификации неисправностей в изоляции трансформатора и устройстве регулирования напряжения под нагрузкой, а также оперативного информирования персонала об уровне отклонений от заданных допустимых пределов и степени опасности возникновения аварий. Задача решается тем, что устройство снабжено блоком контроля интенсивности частичных разрядов 20, блоком вибрационного контроля трансформатора 21 и блоком цветовой визуализации уровней технического состояния трансформатора 22. Непрерывная регистрация уровня и распределения частичных разрядов в изоляции вводов, обмоток и магнитопровода позволяет определить места возникновения частичных разрядов и механизм разрушения изоляции. Контроль параметров вибрации стенок бака силового трансформатора и корпуса РПН в режиме реального времени позволяет определить состояние прессовки обмотки и магнитопровода. Задание уровней классификации технического состояния трансформатора и осуществление световой сигнализации оповещения обслуживающего персонала различными цветовыми сигналами позволяют повысить достоверность и оперативность информирования персонала о степени опасности отклонений параметров от заданных допустимых пределов. 3 ил.



Номер	Название	Автор	Патентообладатель	Суть изобретения
91631	Устройство для контроля изоляции электродвигателя (20.02.2010)	Викторович. Захаров Петр Аллексеевич. Бабичев Сергей Александрович, Сыса Анна Юрьевна	Нижегородский государственный технический университет Р.Е. Алексеева	Устройство для контроля изоляции электродвигателя, содержащее датчики параметров, модуль формирования сигналов напряжения и тока, средства подачи охлаждающего воздуха, отличающееся тем, что в устройство введены модуль on-line контроля частичных разрядов, модуль формирования сигналов температуры, промышленный компьютер и датчики частичных разрядов, высокочастотного сигнала частичных разрядов, температуры меди, стали и охлаждающего воздуха электродвигателя, трансформаторы тока и напряжения, при этом выход датчика частичных разрядов подключен к первому входу модуля on-line контроля частичных разрядов, ко второму входу подключен выход датчика высокочастотного сигнала частичных разрядов, выход модуля on-line контроля частичных разрядов подключен к первому входу промышленного компьютера, выходы датчиков температуры меди и стали подключены к первому входу модуля формирования сигналов температуры, ко второму входу подключен выход датчика охлаждающего воздуха, выход модуля формирования сигналов температуры подключен ко второму входу промышленного компьютера, к первому и второму входам модуля формирования сигналов напряжения и тока подключена обмотка статора электродвигателя
2688143	Автоматизированная система контроля технического состояния электродвигателя (19.07.2011)	Марданов Ренат Расулевич, Шаров Валерий Васильевич	Казанский государственный энергетический университет	Автоматизированная система контроля технического состояния электродвигателя, содержащая установленные на электродвигателе датчики температуры фазных обмоток статора и подшипников, датчики вибрации, датчики тока, датчик частоты вращения ротора электродвигателя, электронно-вычислительную машину, отличающаяся тем, что в нее введены первое устройство сбора данных, узел управления питанием электродвигателя, n-канальный модуль согласования измерительных сигналов и датчик влажности воздуха, при этом электронно-вычислительная машина выполнена в виде персонального компьютера с установленной программой регистрации параметров технического состояния электродвигателя в условиях эксплуатации, причем выход первого устройства сбора данных соединен с входом персонального компьютера, выход которого соединен с входом узла управления питанием электродвигателя, а вход первого устройства сбора данных соединен с выходом n-канального модуля согласования измерительных сигналов, к которому подключены датчики температуры фазных обмоток статора и подшипников электродвигателя, датчики тока, датчики вибрации, датчик частоты вращения ротора электродвигателя и датчик влажности воздуха. !2. Автоматизированная система контроля технического состояния электродвигателя по п.1, отличающаяся тем, что персональный компьютер с установленной программой регистрации параметров технического состояния электродвигателя в условиях эксплуатации содержит соединенный с первым устройством сбора данных первый графический интерфейс настройки измерительных задач, в свою очередь соединенный с блоком виртуальных термометров, блоком

В результате проведённого патентного анализа была определена динамика изобретательской деятельности по системам мониторинга технического состояния (Рисунок 2).



Рисунок 2. Патентная активность исследования систем мониторинга технического состояния электродвигателей и трансформаторов

Аварии и инциденты в системах электроснабжения влекут к снижению качества или прекращению энергообеспечения гражданских, промышленных комплексов, что создаёт угрозы жизни и здоровью людей, функционированию жизненно важных объектов, поэтому необходимо вести непрерывную предиктивную диагностику технического состояния электрооборудования с помощью систем мониторинга.

Источники:

- (1). ГОСТ 11828-86. Машины электрические вращающиеся. Общие методы испытаний.
- (2). ГОСТ Р ИСО 20816-1-2021. Вибрация. Измерения вибрации и оценка вибрационного состояния машин.
- (3). ГОСТ Р 52719-2007. Трансформаторы силовые. Общие технические условия.
- (4). Приказ №811 от 12.08.2022 Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии.

Список литературы:

1. Кузнецов Н. Л. Надежность электрических машин. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 432 с.

References:

1. Kuznetsov, H. L. (2006). Nadezhnost' elektricheskikh mashin. Moscow. (in Russian).

*Работа поступила
в редакцию 10.12.2023 г.*

*Принята к публикации
18.12.2023 г.*

Ссылка для цитирования:

Соколов А. А., Сагдеева Г. С., Гаврилов Е. Н. Патентное исследование систем мониторинга технического состояния электродвигателей и трансформаторов // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10. №1. С. 277-283. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/98/33>

Cite as (APA):

Sokolov, A., Sagdeeva, G., & Gavrilov, E. (2024). Patent Research of Systems for Monitoring the Technical Condition of Electric Motors and Transformers. *Bulletin of Science and Practice*, 10(1), 277-283. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/98/33>