

УДК 621.317: 620.1-1/-9

## РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

*Ю. В. Абрамов, М. Ю. Коблов*

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

В статье выполнен анализ факторов, влияющих на долговечность и надежность функционирования электрооборудования, а также затратность традиционных методов контроля технического состояния и обслуживания для продления его срока службы. Авторами предлагается использовать мониторинг технического состояния оборудования с использованием недорогого датчика Smart Sensor производства фирмы ABB, который можно смонтировать, например, на корпусе электродвигателя. Это даст возможность выявлять развивающиеся дефекты на ранней стадии развития, что снизит стоимость ремонтов и удешевит техническое обслуживание оборудования.

**Ключевые слова:** электрооборудование, техническое обслуживание, надежность, долговечность, электродвигатель, интеллектуальный датчик, беспроводная передача данных.

## DEVELOPMENT OF MEASURES TO REDUCE OPERATING COSTS FOR ELECTRICAL EQUIPMENT MAINTAINANCE

*Yu. V. Abramov, M. Yu. Koblov*

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

The article analyzes the factors that affect the durability and reliability of electrical equipment, as well as the cost of traditional methods of monitoring the technical condition and maintenance to extend its service life. The authors propose to use monitoring of the technical condition of equipment using an inexpensive Smart Sensor manufactured by ABB, which can be mounted, for example, on the body of an electric motor. This will make it possible to detect developing defects at an early stage of their development, which will reduce the cost of repairs and equipment maintenance.

**Keywords:** electrical equipment, maintenance, reliability, durability, electric motor, smart sensor, wireless data transmission.

**Введение.** Электрооборудование, как и всякий другой вид технических устройств, для нормального функционирования требует обслуживания в процессе эксплуатации. Обслуживанием называют совокупность мер, предпринимаемых для сохранения или восстановления исправности объекта [1]. Совершенно естественно, что пользователь желает, чтобы оборудование работало надежно, а именно выполняло заданные функции в заданном объеме при определенных условиях функционирования. Также весьма желательна долговечность оборудования — свойство сохранять работоспособность длительно, с возможными перерывами на ремонт, вплоть до разрушения или другого предельного состояния (например, по условиям безопасности) [1]. Фактический срок функционирования желателен не менее назначенного в паспорте на оборудование срока службы.

**Для чего требуется обслуживание электрооборудования.** Электрическое оборудование в процессе эксплуатации оказывается под воздействием разнообразных факторов: повышенная влажность, агрессивные среды, пыль, неблагоприятные атмосферные явления, механические и электрические нагрузки. Перечисленные воздействия способны вызвать изменение основных свойств конструкционных и электротехнических материалов, что, в свою очередь, может привести к возникновению обрывов цепей или их коротких замыканий, переходу электрооборудования в

неисправное и неработоспособное состояние, его отказам. Эти обстоятельства ведут к отключениям электроприемников и электрических сетей. Перерывы в электроснабжении приводят к простоям производств, массовой порче продукции, основного технологического оборудования, могут подвергать опасности жизнь и благополучие людей.

Долговечность и надежность функционирования электрооборудования возможны, как уже было сказано, в пределах определенных условий функционирования. Техническое обслуживание направлено на поддержание условий функционирования в допустимых рамках, минимизацию старения и износа электрооборудования.

**Процедуры технического обслуживания.** Приведем примеры типичных процедур, в рамках технического обслуживания электрооборудования, на примере электродвигателей. Воспользуемся инструкцией бразильской фирмы *WEG* — третьего в мире по объему продаж производителя данного вида электрооборудования [2].

**Общий осмотр.** Периодичность осмотра зависит от типа двигателя, его области применения и условий работы. В процессе производства осмотра производят следующие действия.

1. Визуально осматривают двигатель и механизм соединения.
2. Проверяют на наличие необычных шумов, вибрации, излишнего нагрева, следов износа, нарушение соосности или повреждений.
3. Заменяют при необходимости все поврежденные части.
4. Замеряют сопротивление изоляции.
5. Очищают корпус двигателя. Удаляют любые следы масла, скопившуюся пыль с корпуса двигателя для улучшения отдачи тепла в окружающую среду.
6. Проверяют состояние охлаждающего вентилятора и очищают входные и выходные воздушные отверстия для того, чтобы обеспечить беспрепятственное движение воздуха по корпусу двигателя.
7. Обследуют состояние уплотнителей и, при необходимости, заменяют их.
8. Сливают конденсат воды, скопившийся внутри корпуса двигателя. После слива конденсата возвращают на место заглушки сливных отверстий для обеспечения класса защиты электродвигателя, указанного на паспортной табличке. Двигатель всегда должен располагаться таким образом, чтобы сливные отверстия были в самой нижней точке.
9. Проверяют подключения силовых кабелей, убеждаясь в соблюдении достаточного расстояния между частями под напряжением и заземленными частями машины.
10. Проверяют соответствие момента затягивания болтовых соединений нормированным значениям.
11. Проверяют состояние кабельных лотков, уплотнений кабелевводов и уплотнений клеммной коробки, заменяют их при необходимости.
12. Проверяют условия работы подшипников.
13. Проверяют наличие любых необычных шумов, вибрации или иных признаков неправильной работы, таких как превышение температуры двигателя.
14. Проверяют уровень масла, состояние масла в смазочной системе и сравнивают количество часов наработки с указанным сроком службы.
15. Заносят в записи все произведенные на двигателе изменения.

Данный список операций не является исчерпывающим, но достаточен для целей нашего анализа. Обратим внимание на то, что значительное количество мероприятий направлены на очистку электрооборудования. Это необходимо по ряду причин: загрязнения ухудшают

теплоотдачу с поверхности оборудования, что повышает вероятность его перегрева; загрязнения, скапливающиеся на поверхности, при определенных условиях способны проникать внутрь корпуса, что уже создает возможность для нарушения минимальных диэлектрических промежутков, что чревато аварийными ситуациями и отказами; загрязнения маскируют более существенные дефекты: трещины, сколы, нарушения герметичности, ослабление креплений, следы электрического пробоя, термические повреждения (обгорание краски, цвета побежалости металла, оплавление, обгорание пластика). Очистка требуется, чтобы убедиться в отсутствии или наличии таких дефектов. Примеры электродвигателей, эксплуатируемых в условиях сильных загрязнений, показаны на рис. 1.



Рис. 1. Примеры электродвигателей, эксплуатируемых в условиях сильных загрязнений

**Автоматизация измерений как средство удешевления и повышения эффективности обслуживания.** Рассмотрим далее более высокотехнологичные операции при техническом обслуживании электродвигателей. К таким можно отнести вышеописанные операции 12 и 13. Как правило, внешними проявлениями износа и дефектов подшипников являются повышенные шум и вибрации. Оценка «нормальности» шумов и вибраций затруднительна «на глазок», то есть без специализированного оборудования. Она может оказаться при техобслуживании субъективной, что не позволит своевременно выявить ненормальное состояние оборудования. С другой стороны, не всякая организация-пользователь электродвигателя имеет необходимый парк средств измерения. Содержание парка измерительных приборов, их периодическая поверка, необходимость иметь в штате сотрудников, умеющих работать со специфическими средствами измерений, требуют определенных (иногда существенных) материальных трат, что удорожает эксплуатационные затраты при обслуживании электрооборудования.

Кроме того, периодичность техобслуживания, к сожалению, может не коррелировать с событиями, приводящими к повреждениям и отказам оборудования. Как известно, автоматическое регулирование, как правило, работает лучше, чем ручное: автомат, в отличие от человека-оператора, не устает, его внимание не рассеивается, он не отвлекается, не забывает и не путает. Логичным решением проблемы является автоматический мониторинг вибраций. Его можно реализовать посредством использования сравнительно недорогого датчика *Smart Sensor*, например, производства фирмы *ABB*, монтируемого на корпусе электродвигателя (рис. 2) [3] (изготовитель бесплатно передает такой датчик пользователю при покупке электрооборудования на определенную сумму).

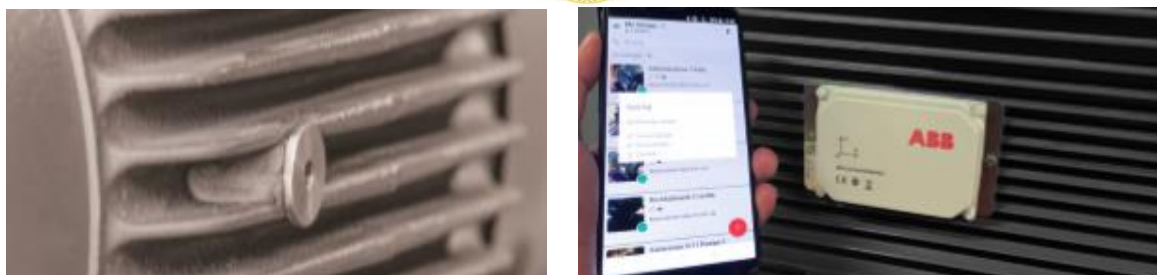


Рис. 2. Установленный на корпусе электродвигателя Smart Sensor производства фирмы АBB (слева — монтажный клин, клеиваемый между ребрами охлаждения электродвигателя)

Снять показания с датчика можно дистанционно с помощью смартфона, предварительно установив на нем соответствующее мобильное приложение. Датчик периодически передает данные измерений в облачное хранилище, откуда они передаются на смартфон. Сбор данных датчиком с электродвигателя не требует соединения с *Internet*. Связь с *Internet* требуется для передачи данных от датчика на облачный сервер.

*Smart Sensor* является автономным устройством (имеет батарейное питание) и способен поставлять данные о характеристиках «здоровья» электродвигателя (вне зависимости от фирмы-изготовителя): общей вибрации (действующее значение виброскорости); состоянии подшипников; перекосе установки электродвигателя; температуре поверхности, градусов. Также измеряются рабочие характеристики: радиальная, тангенциальная и аксиальная вибрация (действующее значение виброскорости); частота вращения (об/мин); часов в работе; количество пусков; частота питающего напряжения (Гц); мощность на валу (л.с. или кВт); ведется отсчет до повторной смазки. Ожидаемый срок службы датчика составляет до 5 лет, в зависимости от температуры, при которой он используется, интервала между измерениями и других факторов. Предусмотрено, что *Smart Sensor* производит измерения один раз в час. Для любого электродвигателя интервал времени между измерениями может быть изменен и задан в диапазоне от 5 минут до 12 часов.

**Заключение.** Использование при эксплуатации интеллектуальных датчиков, подобных вышеописанному устройству *Smart Sensor*, способно удешевить и повысить эффективность эксплуатационных затрат при обслуживании электрооборудования.

### Библиографический список

1. Карпов, В. В. Основы теории надежности систем электроснабжения: учеб. пособие / В. В. Карпов [и др.]. — Омск : Изд-во ОмГТУ, 2003. — 72 с.
2. Руководство по установке, эксплуатации и техническому обслуживанию электрических двигателей / Комания УЭСК :[сайт]. — URL : <https://www.uesk.org/files/w22-rukovodstvo.pdf/> (дата обращения : 17.03.2020).
3. ABB Ability™ Smart Sensor for motors / ABB : [сайт]. — URL : <https://new.abb.com/motors-generators/service/advanced-services/smart-sensor/smart-sensor-for-motors/> (дата обращения : 17.03.2020).

*Об авторах:*

**Абрамов Юрий Викторович**, доцент кафедры «Интеллектуальные электрические сети» Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Страны Советов, 1), доцент, [abramovjv1910@yandex.ru](mailto:abramovjv1910@yandex.ru)

**Коблов Михаил Юрьевич**, магистрант кафедры «Интеллектуальные электрические сети» Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Страны Советов, 1), [koblov1991@icloud.com](mailto:koblov1991@icloud.com)

*Authors:*

**Abramov, Yuriy V.**, Associate professor, Department of Intelligent Electric Networks, Don State Technical University (1, Strany Sovetov sq., Rostov-on-Don, RF, 344000), Associate professor, [abramovjv1910@yandex.ru](mailto:abramovjv1910@yandex.ru)

**Koblov, Mikhail Yu.**, Master's degree student, Department of Intelligent Electric Networks, Don State Technical University (1, Strany Sovetov sq., Rostov-on-Don, RF, 344000), [koblov1991@icloud.com](mailto:koblov1991@icloud.com)