

**ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН
ПРИ РЕМОНТЕ И ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ
С ПОМОЩЬЮ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

***аспирант С. Ю. ЛАЧ, канд. техн. наук, доц. О. Я. СОЛЁНАЯ
(Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения, Россия)***

В статье рассматривается возможность автоматизации проведения испытаний во время ремонта электрической машины на примере проверки плотности заклиновки обмотки статора генератора.

Ключевые слова: Электрические машины, генератор, ремонт, робототехническая система, испытания, автоматизация.

Всю свою историю человечество ищет пути модернизации производства любых изделий. В ходе научного прогресса осваиваются новые материалы, методы их обработки, способы изготовления изделий. Исследуются возможности использования робототехнических устройств на различных этапах производства. Данные устройства помогают не только ускорять рабочие процессы, так как робот не может уставать и будет выполнять необходимые последовательности операций пока это необходимо. Также робототехнические устройства могут использоваться и для выполнения недоступных человеку работ.

Каждый продукт имеет свой жизненный цикл. Для технического изделия он состоит не только из проектирования и производства. Каждый сложный продукт необходимо обслуживать и по мере возникновения необходимости проводить профилактику и ремонт. Данная проблема актуальна для всех отраслей, особенно для отрасли энергетики, поскольку выход из строя основного электрооборудования может повлечь за собой расстройство сложного технологического процесса, отклонение режимных параметров электрической сети и ухудшение качества электроэнергии.

Обслуживание электрических машин производится как на заводах-изготовителях, так и непосредственно на объектах заказчика различными сервисными службами. Согласно Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП) существует три типа ремонтных работ: текущий ремонт, средний ремонт и капитальный ремонт электрооборудования [1].

В ходе текущего ремонта выполняется замена деталей с высокой степенью износа. Проводится общий визуальный осмотр, очистка деталей от загрязнений.

Выявляются отклонения от нормы состояния для деталей, замену которых невозможно провести в течение текущего ремонта. Ремонт или замена таких несоответствий планируются на будущие средние или капитальные ремонты.

При выполнении среднего ремонта, помимо пунктов текущего ремонта, предусматривается разборка оборудования или его отдельных узлов, опись и по возможности устранение дефектов. Поскольку при этом выполняется разборка оборудования, появляется больше возможностей выявления дефектов для обслуживающего персонала, но этого все равно бывает недостаточно для выявления всех неисправностей.

При выполнении капитального ремонта генератора производятся его полная разборка и сборка, а также осмотр, проверка и чистка всех доступных деталей и узлов. Данные действия проводятся и относительно возбuditеля. Для выявления всех возможных неисправностей проводятся испытания и измерения технических параметров. При необходимости выполняются запланированное устранение неисправностей или ремонт вновь выявленных поломок.

В случае, если у владельца оборудования имеется резервная электрическая машина, капитальный ремонт может выполняться на заводе-изготовителе. Также данный тип ремонта может проводиться и в условиях электростанции на специальной ремонтной площадке.

Так как остановка генератора на электрической станции для вывода его в ремонт несет временную потерю прибыли для владельца данного оборудования, сроки ремонтов стараются делать минимально допустимыми. Для сокращения сроков ремонта или обследования электрических машин необходимо искать возможность модернизировать и оптимизировать процессы, в которых это допустимо. Данным исследованием предлагается заменить использование ручного труда при выполнении ряда испытаний и контрольных работ на работы с помощью автоматизированного робототехнического комплекса.

Автоматизация ряда испытаний и измерительных мероприятий позволит увеличить не только скорость, но и качество проводимых работ. Также предполагается возможность использования робототехнического комплекса в ранее недоступных для человека местах при проведении текущего или среднего ремонтов. Это позволит собирать данные о состоянии отдельных узлов электрической машины и точнее определять необходимость и сроки проведения капитального ремонта. При использовании робототехнического комплекса во время капитального ремонта возможно снижение сроков выполнения конкретных испытаний за счет автоматизации части расчетов и способа получения входных данных.

Исследуемый робототехнический комплекс представляет собой устройство малых габаритов, способное под управлением специалиста передвигаться по воздушному зазору между активной сталью сердечника и ротором электрической машины. Зона передвижения устройства показана на рисунке 1.

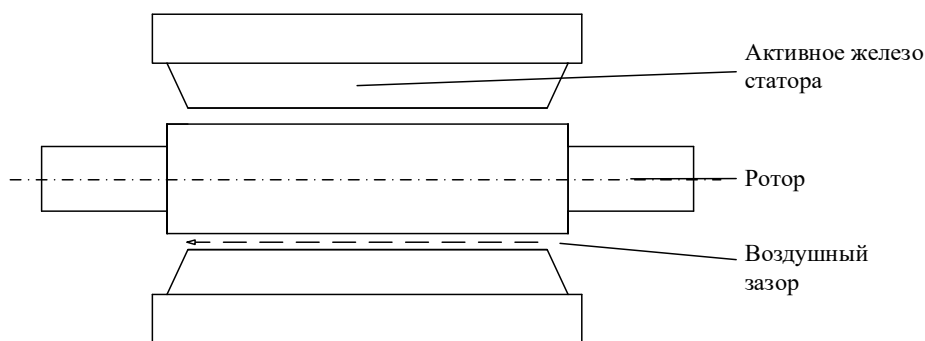


Рисунок 1. – Схематическое изображение области передвижения робототехнического устройства

Конструктивной особенностью крупных электрических машин является использование специальных стеклотекстолитовых клиньев, которые устанавливаются в пазах статора так, чтобы оказывая давление на стержни обмотки фиксировать их положение в пазу. В работе электрической машины под воздействием магнитного поля из-за сил, оказываемых на стержень, данные клинья могут ослабляться [2]. При каждом ремонте выполняется проверка заклиновки пазовой части обмотки статора. Данный тип обследования электрической машины предполагает простукивание клиньев молотком весом 0,2–0,3 кг. Плотный установленный клин при простукивании по всей длине не вибрирует и, соответственно, издает глухой звук, в котором отсутствует дребезжание. При простукивании ослабленного клина чувствуется вибрация и его дребезжание. При послаблении определенного количества клиньев, согласно нормам заклиновки, ослабленные клинья выбиваются и заменяются новыми. При наличии поврежденных клиньев они также удаляются. После выполнения перекалиновки клинья вновь простукиваются. Данные действия выполняются до момента соответствия заклиновки нормам [3]. Установка клина показана на рисунке 2.

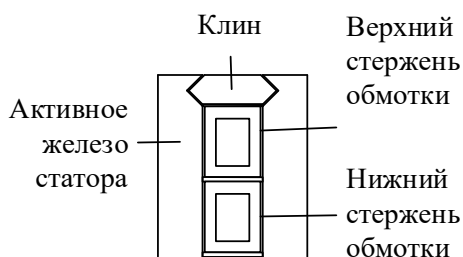


Рисунок 2. – Схематическое изображение расположения клина в пазовой части обмотки статора

Простукивание каждого клина является трудоемким процессом, а качество и полученный результат может варьироваться в зависимости от физических способностей специалиста, проводящего данный тип обследования.

Помимо непосредственного простукивания специалист должен составить карту заклиновки, на которой будет отмечено состояние всех клиньев, находящихся в пазовой части электрической машины.

Создание робототехнического комплекса предполагает замену ручного труда на автоматизированный. Основными требованиями к комплексу являются:

- массогабаритные характеристики, позволяющие обеспечить мобильность и возможность использования комплекса в воздушном зазоре крупных электрических машин без извлечения ротора из расточки статора;
- возможность передвижения комплекса по пазовой части статора с сохранением траектории движения;
- способность комплекса без помощи оператора определять границы отдельных клиньев;
- способность комплекса с помощью комплектного устройства получать данные о состоянии клина, находящегося в пазу обмотки статора;
- анализ комплексом необходимости перекалиновки отдельных элементов или секций клиньев пазов статора;
- способность комплекса передавать в режиме реального времени данные о состоянии клина на устройство оператора;
- отсутствие в конструкции комплекса магнитных частей, способных отсоединиться от него в ходе работы;
- наличие резервных способов извлечения комплекса из воздушного зазора в случае возникновения форс-мажорных обстоятельств.

Применение данного робототехнического комплекса позволит сократить сроки выполнения обследования заклиновки пазовой части статора, а также увеличить точность и единообразие получаемых результатов. Оператор комплекса сможет сразу после выполнения измерений получить сведения о заклиновке и передать их заказчику и ремонтной службе для устранения отклонений от нормы. В случае использования комплекса в течение текущего ремонта завод-изготовитель и владелец оборудования смогут получить тенденции износа клиньев и скорректировать необходимость проведения их замены при проведении последующих ремонтов. Это позволит в целом увеличить срок службы и надежность электрической машины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлова, Т. М. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей / Т. М. Орлова. – М. : КноРус, 2013. – 280 с.
2. Ростик, Г. В. Справочник по ремонту турбогенераторов / Г. В. Ростик. – М., 2005. – 724 с.
3. Самородов Ю. Н. Дефекты генераторов / Ю. Н. Самородов. – М. : Энергетические технологии, 2005. – 350 с.