
УДК 621.313.333

П.В. УЛЬЯНОВ, *ст. науч. сотрудник,*
Е.И. СОВЕТОВА, *зав. лаб.,*
В.Н. СТОЯН, *канд. техн. наук, зав. лаб.,*
В.М. ПРОХОРКОВ, *инженер; МакНИИ, г. Макеевка*

ПОРЯДОК ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННЫХ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Разработан порядок экспертных действий для продления срока эксплуатации до следующей экспертизы или срока эксплуатации до вывода в ремонт или списания взрывозащищенных высоковольтных электродвигателей номинальным напряжением 1140 В ÷ 10000 В включительно после окончания их срока службы, установленного заводом-изготовителем. Определены обязательные испытания и проверки, позволяющие выявить и своевременно предупредить появление дефектов, оценить надежность функциональных и защитных характеристик, а также степень безопасности при использовании обследуемых взрывозащищенных высоковольтных электродвигателей в условиях угольной шахты.

Ключевые слова: технический осмотр, срок службы, взрывоне-
проницаемая оболочка, переходное сопротивление, сопротивление
изоляции, вибрация, температура нагрева.

Условия современной экономической ситуации не снижают нагрузку на горнодобывающие предприятия и приводят к интенсивному использованию электрооборудования подземных выработок и значительно повышают нагрузки на горнодобывающие предприятия. В качестве привода мощных машин и механизмов, в основном для установок водоотлива, используются взрывозащищенные высоковольтные двигатели. Обеспечение бесперебойной работы водоотливов для борьбы с подтоплением выработок закрытых и действующих шахт и поверхностных объектов приобретает особую актуальность в условиях реструктуризации угольных предприятий.

Квалифицированная оценка пригодности электрооборудования, в частности взрывозащищенных высоковольтных электродвигателей (ЭД), отработавших свой срок службы, установленный заводом-изготовителем в технических условиях на изделия, и допуск его к дальнейшему использованию является актуальной проблемой, решение которой способствует снижению аварийности, затрат на добычу угля, обеспечению защиты от

подтоплений подземных и поверхностных объектов.

Существует несколько видов диагностирования технического состояния ЭД, отработавших свой срок службы, которым необходимо уделять основное внимание при проведении работ по оценке пригодности данных изделий к дальнейшей эксплуатации, а именно:

– оценка органолептическими методами целостности наружной поверхности оболочки, способности механических элементов и узлов изделия обеспечивать не только свои функции, но и требования нормативных документов по безопасности; проверка взрывозащитных свойств взрывонепроницаемой оболочки ЭД; внутренний осмотр ЭД с проверкой состояния контактных соединений, электрических зазоров и путей утечки между токоведущими элементами и между токоведущими элементами и элементами заземления ЭД и др.; проверка состояния подшипников и системы охлаждения ЭД;

– оценка методами неразрушающего контроля технического состояния ЭД: электрические испытания (проверка переходного сопротивления заземленных элементов и заземляющей цепи ЭД, измерение сопротивления изоляции обмоток статора в холодном состоянии и ее увлажненности (коэффициента абсорбции), измерение сопротивления обмоток статора ЭД при постоянном токе в практически холодном состоянии, испытание изоляции обмоток относительно корпуса и между обмотками ЭД); вибрационные испытания (определение среднеквадратичных значений виброскорости, вибросмещения и виброускорения на невращающихся частях подшипниковых узлов ЭД); тепловые испытания (оценка температуры нагрева наружной части оболочки и подшипников ЭД).

Целью статьи является систематизация различных методов и алгоритмов осмотров и испытаний ЭД для контроля качества рудничного электрооборудования на этапе эксплуатации, особенно при завершении установленного изготовителем срока эксплуатации, для повышения безопасности работ при использовании обследуемых взрывозащищенных высоковольтных электродвигателей в условиях угольной шахты.

Согласно «Методике диагностирования технического состояния взрывозащищенных высоковольтных электродвигателей, отработавших заданный срок службы, для продления возможности их эксплуатации» проводится анализ технической документации, условий эксплуатации, результатов технического осмотра и экспертного обследования (технического диагностирования) ЭД и определяется соответствие изделия требованиям стандартов, норм, эксплуатационной документации и нормативных документов по безопасности. Порядок операций и перечень получаемых результатов технического диагностирования, т.е. проверяемые параметры ЭД и их допустимые значения или состояния, приведены в таблице.

Таблица

Порядок технического диагностирования ЭД

Проводимые проверки	Допустимые результаты проверок
1	2
Наличие эксплуатационной документации на ЭД	Наличие заполненной эксплуатационной документации (паспорта и др.), а также документов о техническом обслуживании. Совпадение заводского номера, указанного на ЭД, и в документации
Анализ условий эксплуатации ЭД	Соответствие условий эксплуатации ЭД, указанным в технических условиях
Комплектность ЭД, наличие на оболочке ЭД знаков уровня и видов взрывозащиты, наличие и сохранность таблички с техническими данными, а также наличие и целостность предупредительных надписей	Соответствие комплектности ЭД эксплуатационной документации, отсутствие нестандартных деталей, наличие и целостность знаков уровня и видов взрывозащиты, таблички с техническими данными, предупредительных надписей
Целостность лап ЭД и состояние крепления ЭД к фундаменту	Исправность лап, отсутствие следов изменения конструкции лап, наличие всех крепежных элементов
Непрерывность заземляющей цепи, целостность заземляющих проводников, отсутствие коррозии и механическая прочность контактов, затяжка болтовых соединений	Исправность подключенной заземляющей цепи
Исправность системы охлаждения	Отсутствие повреждений и деформации кожуха (защитной решетки) вентилятора, отсутствие повреждений крепления кожуха
Внешнее состояние взрывонепроницаемой оболочки	Отсутствие на поверхности оболочки загрязнений, посторонних предметов, трещин, сколов, отверстий, прожогов и других повреждений. Наличие окраски или другого антикоррозионного покрытия в соответствии с техническими условиями.
Состояние охранных колец головок болтов	Наличие и исправность всех охранных колец головок болтов

Продолжение табл.

1	2
Состояние крепежных элементов и их защиты от самопроизвольного ослабления	Наличие всех крепежных болтов, соединяющих части взрывонепроницаемой оболочки, гаек, других крепежных элементов, защиты от самопроизвольного ослабления. Достаточная затяжка крепежных элементов для сохранения вида взрывозащиты
Ширина взрывозащитных щелей (зазоров) в плоских взрывонепроницаемых соединениях (в плоской части соединений)	Соответствие требованиям эксплуатационной документации. В общем случае ширина щели не должна превышать 0,5 мм
Центровка ЭД и рабочей машины	Несоосность не более 0,1 мм; угол между осями не более 1°
Состояние соединительных муфт (шкивов)	Отсутствие повреждений
Осевой сдвиг рабочей машины в сторону ЭД при работе под нагрузкой	Зазор между муфтами ЭД и рабочей машины от 1 до 10 мм
Состояние резьбовых соединений	Глубина ввинчивания болтов не менее их диаметра. Наличие не менее пяти полных неповрежденных ниток резьбы
Состояние поверхности разъемных взрывонепроницаемых соединений оболочки	Соответствие требованиям эксплуатационной документации. В общем случае средняя шероховатость поверхностей взрывонепроницаемых соединений не должна превышать 6,3 мкм
Состояние эластичных уплотняющих прокладок фланцевых соединений (если они предусмотрены конструкцией)	Наличие несмятых (неразорванных) прокладок
Состояние контактных соединений	Отсутствие нагара, оплавления или других признаков перегрева, влаги, коррозии и плесени на контактных соединениях в местах подключения жил кабеля и проводки, а также отсутствие ослабления затяжки болтов и контргаек
Ввод питающих кабелей	Правильная разделка и надежное присоединение жил кабеля к зажимам и затяжка гаек и болтов на всех зажимах.

Продолжение табл.

1	2
	Защитный шланг гибких кабелей или защитная оболочка бронированных кабелей входит внутрь вводного устройства не менее чем на 5 мм для кабелей с диаметром до 30 мм и не менее чем на 10 мм при диаметре кабелей более 30 мм. Кабель не должен проворачиваться и перемещаться в осевом направлении. Наличие и исправность заводских уплотнительных колец кабелей; соответствие размеров уплотнительных колец диаметру расточек вводов. Отсутствие трещин и других дефектов в кабельной мастике вводов ЭД. Наличие и исправность специальных взрывонепроницаемых заглушек заводского изготовления в неиспользуемых в эксплуатации кабельных вводах
Состояние проходных изоляторов	Отсутствие сколов, трещин. Отсутствие деформаций, следов перекрытия электрической дугой, резьбы проходных шпилек на изоляторах. Наличие всех гаек и соответствующих шайб
Электрические зазоры и пути утечки между токоведущими элементами и между токоведущими элементами и элементами заземления ЭД	Соответствие требованиям эксплуатационной документации
Состояние подшипников	Легкость вращения подшипников при вращении ротора от руки. Наличие достаточного количества смазки в подшипниках, соответствующий цвет, отсутствие в ней взвешенных механических примесей. Отсутствие штыба и грязи в смазочных отверстиях и трубках
Состояние вентилятора	Целостность лопаток, их надежное крепление, отсутствие вмятин и коробления дисков

Окончание табл.

1	2
Переходное сопротивление между заземляющим элементом и металлическими нетоковедущими частями, доступными для прикосновения	Не более 0,1 Ом
Сопротивление изоляции обмоток статора в холодном состоянии, ее увлажненность (коэффициент абсорбции)	Сопротивление изоляции обмоток статора в холодном состоянии не менее 6 МОм. Коэффициент абсорбции не менее 1,3
Сопротивление обмоток статора ЭД при постоянном токе	Отличие измеренных сопротивлений от указанных в технической документации не более чем на $\pm 5\%$. Отличие сопротивлений обмоток разных фаз не более 1 %
Симметрия фазных токов	Отклонение не более $\pm 5\%$ от среднего значения
Вибрация ЭД	Виброскорость до 2,3 мм/с, вибро смещение до 37 мкм, виброускорение до 3,6 м/с ² (уровень вибрации ЭД оценивается по наибольшему значению измеренных виброскорости, вибро смещения и виброускорения в предписанных точках)
Состояние приборов температурного контроля подшипников (при их наличии)	Исправность термосигнализаторов при визуальном осмотре
Температура наружной части оболочки и подшипников ЭД	Температура наружных частей оболочки не более 150 °С с точки зрения взрывобезопасности, температура подшипников скольжения/качения – не более 80/100 °С соответственно

На основании анализа результатов технического осмотра и экспертного обследования (технического диагностирования) ЭД делается вывод о возможности дальнейшей эксплуатации изделия и продлении срока его службы, а также оформляется заключение экспертизы промышленной безопасности технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, в соответствии с [1].

В случае отрицательных результатов оценки состояния технического устройства, по желанию заказчика, могут быть разработаны рекомендации по устранению недостатков с целью продления срока службы изделия. Для разработки мероприятий по приведению оборудования в соответствие с требованиями нормативно-технической документации, необходимо собрать полную информацию по вопросам организационно-технического плана, указанным в табл. 1. Необходимость проведения того или иного вида ремонта, его объем устанавливаются с учетом условий эксплуатации конкретного ЭД и указаний завода-изготовителя.

В зависимости от значимости выявленных несоответствий при оценке фактического состояния ЭД могут быть рекомендованы следующие мероприятия.

В объеме текущего ремонта:

- очистка ЭД от грязи и пыли;
- замена подшипников;
- замена или пополнение смазки в подшипниках;
- замена изоляторов;
- восстановление смазки на взрывозащитных и посадочных поверхностях;
- ремонт контактных заземлений;
- мелкий ремонт кожуха вентилятора (правка, рихтовка);
- частичная замена крепежных деталей.

В объеме среднего ремонта:

- ремонт отдельных деталей и узлов, не имеющих взрывозащитных поверхностей;
- замена любых деталей и узлов деталями и узлами, поступающими как запасные части;
- подизоляция лобовых частей обмоток и выводных проводов;
- устранение обрывов выводных проводов;
- перекалиновка ослабленных клиньев;
- пропитка и сушка обмоток;
- покраска.

В объеме капитального ремонта:

- сдача двигателей в капитальный ремонт;
- разборка и очистка (мойка) узлов и деталей;

- дефектовка и определение объема ремонта;
- восстановление или изготовление новых деталей или узлов;
- комплектование деталями, узлами для замены неисправных;
- восстановление взрывозащитных поверхностей;
- гидравлические испытания восстановленных оболочек и деталей согласно требованиям конструкторской документации;
- сборка, наладка, покраска;
- испытания.

Капитальный ремонт ЭД должен осуществляться в соответствии с [2] только специализированными организациями, имеющими разрешительные документы Гортехнадзора ДНР на проведение данного вида работ.

После выполнения рекомендаций по устранению недостатков возможно проведение повторного технического осмотра фактического состояния ЭД и экспертное обследование эксплуатационной пригодности с целью продления срока дальнейшей его службы в подземных условиях. При наличии в ЭД неустраняемых недостатков он подлежит выводу из эксплуатации.

Практический результат применения разработанной методики – снижение производственных затрат на приобретение электротехнического оборудования высокой стоимости за счет продления срока службы ЭД, отработавших свой срок службы, а также повышение безопасности подземных электроприводов за счет квалифицированной оценки пригодности электрооборудования.

ВЫВОДЫ

Определены направления диагностирования и порядок проведения предварительной оценки условий эксплуатации, изучения эксплуатационных, конструкторских (проектных) и ремонтных документов ЭД, отработавших свой срок службы, установленный заводом-изготовителем.

Разработан порядок наружного и внутреннего осмотров и испытаний ЭД, по результатам которых определяется соответствие фактических состояния и параметров составных частей и изделия в целом требованиям нормативных документов по безопасности и технической документации, для продления срока дальнейшей эксплуатации изделий до следующей экспертизы или срока эксплуатации до ремонта или списания.

Предложены мероприятия по приведению оборудования в соответствие с требованиями нормативно-технической документации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Порядок проведения экспертизы промышленной безопасности и требования к оформлению ее заключений: НПАОТ 0.00-6.18-16. – опубликовано 09.08.2016. – URL: <http://gkgtn.ru>
2. Электрооборудование взрывозащищенное. Ремонт: РД 16.407. – 2000. – М.: ЗАО «ЦКБЦЭР», 2000. – 43 с.

Рекомендовано к публикации канд. техн. наук. Диденко В.В.
Получено: 12.02.18

DIAGNOSTICATING PROCEDURE OF THE TECHNICAL STATE EXPLOSION-PROOF HIGH-VOLTAGE ELECTRIC MOTORS

The order of expert actions is developed for the extension of term of further exploitation to next examination or term of exploitation to the conclusion in repair or throw out of explosion-proof high-voltage electric motors nominal tension over 1140 V to 10000 V inclusive after completion of their work term, set by an enterprise-manufacturer, the array of obligatory tests and verifications, allowing to expose and in good time warn appearance of defects, estimate reliability of functional and protective descriptions, and also degree of safety at the use of the inspected explosion-proof high-voltage electric motors in the conditions of mine is synthesized.

Keywords: technical examination, work term, flameproof enclosure, transitional resistance, isolation resistance, vibration, heat temperature