

## ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

**УДК 621.313.13/17+62-213.34:621.3.019.3**

**Г.И. Разгильдеев, В.М. Ефременко, С.Д. Баранов**

### **ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ ВЫСОКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ**

Исследования, выполненные в ряде учебных и научно-исследовательских институтах, в том числе в КузГТУ и в НИИ «Кузбассэлектромотор», показали, что наработки на отказ взрывозащищенных электродвигателей (ВЗЭД) существенно (примерно в 5 – 7 раз) ниже их ресурса. Анализ показал, что основной причиной отказов является повреждение витковой и межфазовой изоляции обмоток. Вместе с тем установлено, что электрическая прочность изоляции обмоточных проводов примерно в 100 раз выше, чем напряжение между соседними витками в обмотках, а расчетные наработки по теплостойкости применяемых электроизоляционных материалов (пропиточных лаков, пленок др.) также в несколько десятков раз превышают наработки.

Низкая эксплуатационная надежность ВЗЭД [1,2] объясняется, с одной стороны, тяжелыми условиями эксплуатации (широкий разброс нагрузки, большое число затяжных пусков и т.п.) и действием факторов внешней среды (высокая влажность, наличие токопроводящей пыли в атмосфере и т.п.), а с другой стороны, воздействием электродинамических сил на обмотку статора, что вызывает вибро-механический износ витковой и пазовой изоляции в месте выхода обмотки из пакета статора.

Применение многократной пропитки обмоток в качестве одной из мер повышения их надежности оказалось мало эф-

фективным – наработки увеличились не более чем на 20 – 27 %.

Кардинальное решение проблемы повышения надежности ВЗЭД было найдено путем применения в качестве упрочняющей обмотку среды теплопроводных полимерных компаундов [2].

К компаундам для упрочнения обмоток электрических машин предъявляют следующие требования:

- электрическая прочность не должна быть ниже этого показателя витковой изоляции обмоточного провода;

- коэффициент теплового линейного расширения должен быть одинаков или быть близким к коэффициенту линейного расширения материала обмоточных проводов во избежание срыва с них лакового покрытия как при полимеризации, так и при нагревании в процессе работы электродвигателя;

- механическая прочность должна быть стабильной в диапазоне рабочих температур ВЗЭД, то есть от 70 до 150°С;

- теплопроводность должна обеспечивать отвод тепла от лобовых частей обмотки без увеличения теплового сопротивления;

- технология применения не должна увеличивать себестоимость изготовления ВЗЭД более чем на 5 – 7 %.

Известные эпоксидные компаунды имеют высокий коэффициент линейного расширения и низкую теплопроводность. Перечисленным выше требованиям удовлетворяют

компаунды горячего отверждения с высокотеплопроводными наполнителями [2].

Разработанная технология применения компаундов при изготовлении ВЗЭД позволила решить следующие вопросы:

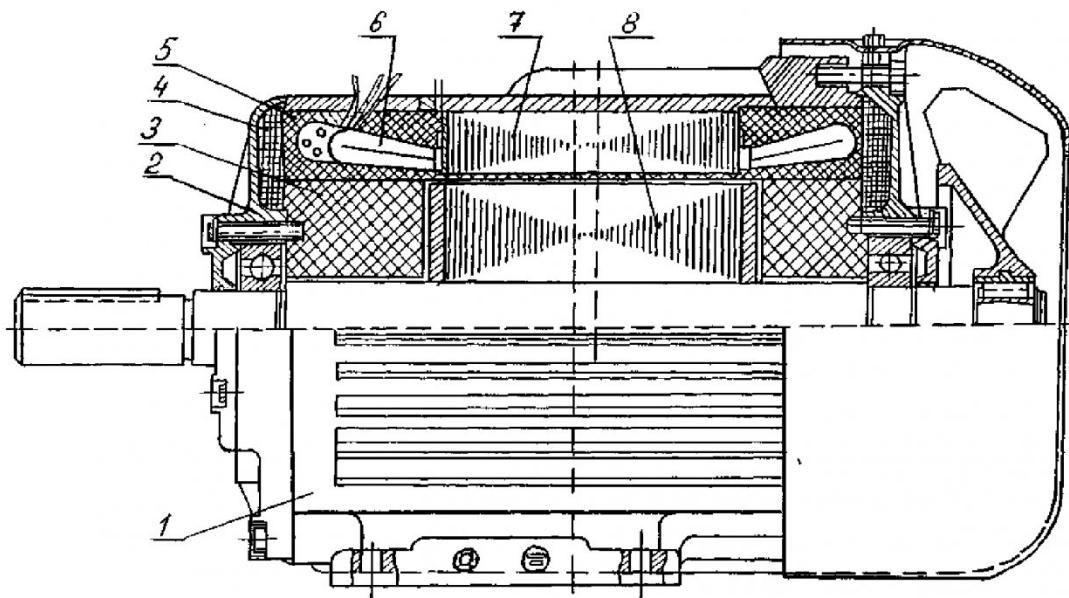
- оградить электрическую изоляцию обмоток статора от воздействия внешней среды;

- повысить механическую прочность обмотки, особенно её лобовой части и в месте выхода проводников из пакета статора, а так же существенно снизить на этой основе влияние вибромеханического износа на срок службы электрической изоляции;

- снизить температуру нагрева электродвигателей за счет повышения интенсивности отвода тепла высоко теплопроводным компаундом и уменьшить влияние теплового износа электрической изоляции на их срок службы;

- свести к минимуму свободный объем в оболочке и повысить на этой основе свойства безопасности ВЗЭД.

Применение компаундов в качестве конструктивного элемента во ВЗЭД позволило разработать и осуществить предложения по созданию принципиально нового вида взрывозащиты, основанного на диссипативных свойствах взрывчатых смесей (свойствах затухания взрыва). Реализация этого принципиально нового подхода привела не только к существенному (в 1,7 – 2,5 раз) повышению надежности ВЗЭД, но и к созданию взрывозащищенных электродвигателей путем про-



*Взрывозащищенный электродвигатель со специальным видом взрывозащиты: 1 – корпус; 2 – подшипниковый щит; 3 – вкладыш; 4 – компаунд-заполнитель подшипникового щита; 5 – компаунд-заполнитель статора; 6 – обмотка статора; 7 – пакет статора; 8 – ротор*

стой переделки общепромышленных образцов. На рисунке показан разрез ВЗЭД со специальным видом взрывозащиты.

Для определения реальной эксплуатационной надежности были изготовлены и направлены на ряд угольных шахт и химических предприятий Кузбасса ВЗЭД с залитыми теплопроводным компаундом обмотками и со специальным видом взрывозащиты.

На шахте «Ягуновская» электродвигатель ВРП160 S4 мощностью 15 кВт был установлен на насосе 1Б20х10 в обводненной выработке с углом наклона 70° с притоком воды 18 м<sup>3</sup>/ч и находился в эксплуатации без постоянного наблюдения в течение трех месяцев, после чего из-за отказа насоса был затоплен столбом воды высотой 25 м; он находился под водой 4,5 месяца. После откачки воды из выработки электродвигатель был включен в работу без выдачи на поверхность и без просушки изоляции и проработал 2,5 месяца. Общая продолжительность эксплуатации этого ВЗЭД составила 4704 ч, из которых 2856 ч он работал под нагрузкой, а 1848 ч наход-

ился под водой в затопленной выработке. Наработка серийных электродвигателей без заливки обмотки компаундом в аналогичных условиях составляла 360 – 840 ч и при их эксплуатации не допускалось даже кратковременное попадание воды на воды.

Электродвигатель ВРП180М4 мощностью 30 кВт был введен в эксплуатацию на насосе К-60 в мульде вентиляционного штрека очистного забоя на шахте им. Волкова. Насос по мере накопления воды периодически включал дежурный электрослесарь. В результате того, что регулярного обслуживания не было, электродвигатель несколько раз затапливали и после каждого затопления включали под водой.

Через девять месяцев такой эксплуатации (около 4000 ч) электродвигатель отказал из-за того, что рассыпался подшипник, из которого водой вымыло смазку. Другой такой же электродвигатель на этом же насосе был затоплен восемь раз, но здесь после каждого включения под водой и после её откачки заменяли смазку подшипников. Общая наработка этого элек-

тродвигателя составила около 9000 ч. Сопротивление изоляции за все время эксплуатации оставалось стабильным и составляло 1 МОм, что практически в два раза выше нормы.

Два электродвигателя ВРП200 L4 мощностью 45 кВт, в которых жесткие секции обмоток были заменены на мягкие (всыпные) и затем залиты компаундом, были установлены на конвейере 1ЛТ – 80 на шахте им. Волкова. Общая продолжительность их эксплуатации до проведения осмотра с разборкой составила 15 000 ч. На протяжении этого времени сопротивление изоляции оставалось неизменным и составляло 1 МОм, компаунд не имел трещин и видимых следов износа. После замены смазки в подшипниках электродвигатели были вновь введены в эксплуатации и демонтированы через 15 лет эксплуатации в связи с прекращением работ на шахте.

Опытная партия из шести общепромышленных электродвигателей 4А 160М4 мощностью 18,5 кВт со специальным видом взрывозащиты (им было присвоено наименование В4А160М4) после успешных

испытаний в НЦ ВостНИИ были направлены в ПО «Азот». Четыре из них были установлены на ленточных конвейерах с режимом работы S1 по ГОСТ 183 –74 с числом включений 3 – 4 и продолжительностью работы 16 – 19 ч в сутки. Один электродвигатель установлен на вентиляторе также с режимом S1 и продолжительностью рабо-

ты 24 ч в сутки с остановкой на проведение технического обслуживания один раз в месяц. Средний срок службы составил более 12 лет. Основной причиной отказов служит заклинивание подшипников.

Опыт длительной эксплуатации электродвигателей с заливыми эпоксидным компаундом обмотками показал их вы-

сокую эксплуатационную надежность в самых тяжелых условиях, в том числе под водой при их затоплении. В нормальных же условиях безотказная наработка составляет 18 лет и более при нормативном сроке службы до списания 10 лет, то есть срок службы увеличился в 1,8 раза.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надежность асинхронных электродвигателей/ Под ред. Б.Н. Ванеева. – Киев: Техника, 1983 г. – 143 с.
2. Разгильдеев Г.И., Баранов С.Д. Взрывозащищенные рудничные электродвигатели: эксплуатация и ремонт: справочное пособие – М.: Недра, 1991 . – 180 с.
3. Разгильдеев Г.И., Баранов С.Д. Повышение безопасности взрывозащищенного электрооборудования. – Уголь, 1990, № 9, с. 45 – 47.

Авторы статьи:

Разгильдеев  
Геннадий Иннокентьевич  
- докт. техн. наук, проф.  
каф. «Электроснабжение горных и  
промышленных предприятий»

Ефременко  
Владимир Михайлович  
- канд. техн. наук, доц. каф.  
«Электроснабжение горных и про-  
мышленных предприятий»

Баранов  
Сергей Денисович  
- канд. техн. наук, доц. каф.  
«Электроснабжение горных и про-  
мышленных предприятий»