

**Ётов Михаил Сергеевич,**

*преподаватель,*

*ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия»;*

**Симонов Андрей Владимирович,**

*преподаватель специальных дисциплин,*

*ОГБПОУ «Костромской колледж отраслевых технологий,*

*строительства и лесной промышленности»,*

*г. Кострома, Россия*

## **ЗАЩИТА ОБМОТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ МЕТОДОМ КАПСУЛИРОВАНИЯ**

Эксплуатация асинхронных и синхронных электродвигателей, синхронных генераторов и другого электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве происходит при неблагоприятных режимах работы и условиях окружающей среды. Часто электрооборудование выходит из строя из-за межвитковых, междуфазных, корпусных коротких замыканий обмоток статора. Причиной является физическое старение и увлажнение изоляции. Межвитковые и междуфазные короткие замыкания сопровождаются сверхтоками, т.е. токами больше номинального, от которых плавится изоляция обмоток (лаковая, пластиковая) или сгорает сам обмоточный провод поврежденной фазы. Замыкание на корпус электродвигателя опасно для находящихся вблизи людей и животных. Межвитковые и междуфазные короткие замыкания внутри электродвигателя могут переходить в опасные корпусные короткие замыкания [1]. Короткие замыкания опасны либо пожарами, либо поражением электрическим током людей и животных, либо выходом из строя электрооборудования и питающей этот электродвигатель электрической сети: генератор – трансформатор – пускозащитная аппаратура – контрольно-измерительные приборы – провода и кабели. Ущерб от такой аварии может многократно превосходить стоимость возможной защиты. Например, асинхронные электродвигатели от сверхтоков и токов утечки на землю защищают правильно выбранные автоматические выключатели,

предохранители с плавкими вставками, токовые реле, фазочувствительные устройства защиты (ФУЗ), устройства встроенной температурной защиты (УВТЗ), устройства защитного отключения (УЗО) [1].

Существует ещё один способ защиты активных частей электрических машин и другого электрооборудования. Смысл его заключается в дополнительной защитной оболочке, которая не допускает или хотя бы отдаляет на какое-то время физическое старение и увлажнение изоляции обмоток. Такая защита называется капсулированием. Для этого обмотку помещают во влагонепроницаемую «капсулу» – дополнительную термостойкую изоляцию. Это может быть многократная (двух-, трехкратная) пропитка статорной обмотки тем же или подобным совместимым лаком с последующей сушкой или же капсулирование эпоксидной смолой (полимерное компаундирование) [2]. Рассмотрим последний вариант.

Защита обмотки и сердечника эпоксидным компаундированием широко применяется для электровибрационных погружных насосов типа «Малыш», «Водолей», «Ручеек» и им подобных. В посадочное место корпуса насоса вставлены магнитопровод и катушка электромагнита, и всё залито эпоксидным компаундом, который фиксирует сердечник и обмотку, улучшает теплообмен между обмоточным проводом и корпусом, повышает герметизацию витков обмотки. Такой принцип защиты выполняется и для обмоток дросселей люминесцентных ламп, изолированных проводов и кабелей, высоковольтных измерительных трансформаторов с литой изоляцией, электронных схем и блоков. Данный вид защиты может быть применен и для электродвигателей.

Эпоксидный компаунд готовится из двух компонентов: смолы и отвердителя. Данный состав имеет следующие достоинства:

1. Относительно хорошая проникающая способность между витками лобовой и активной частей обмотки.
2. Хорошая адгезия (прилипание, сцепление) с наружными листами электротехнической стали сердечника (магнитопровода) статора и станиной электродвигателя.

3. Лёгкость придания нужной формы при застывании в течение 2-3 часов.

4. Высокая механическая прочность и диэлектрическая прочность, термо- и влагостойкость.

В нашем случае технология капсулирования на примере статорной обмотки трехфазного асинхронного электродвигателя будет состоять из следующих несложных этапов.

1. Новый или отремонтированный статор с обмоткой устанавливается вертикально на горизонтальную поверхность, как показано на рисунке 1.

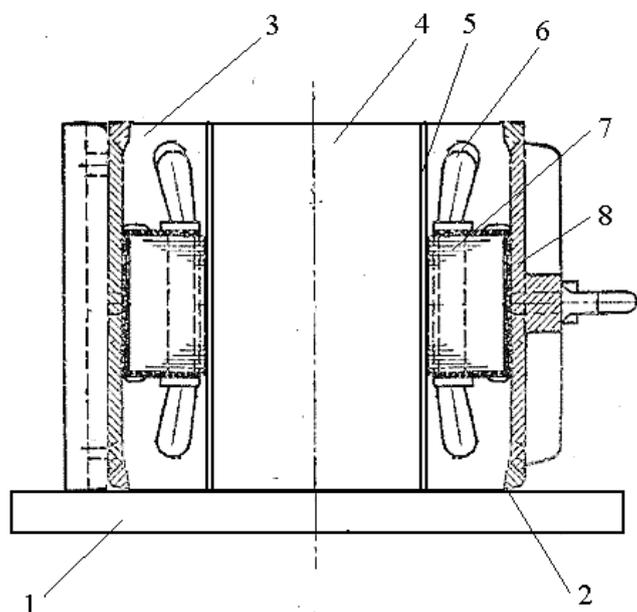


Рисунок 1 – Компаундирование обмотки статора.

1 – стол; 2 – посадочное место; 3 – эпоксидный компаунд;

4 – деревянный цилиндр; 5 – бумага; 6 – обмотка статора;

7 – сердечник статора; 8 – станина.

2. Во внутреннюю расточку статора вместо ротора вставляется круглый деревянный цилиндр, обернутый бумагой, покрытой графитной термостойкой смазкой, чтобы после застывания компаунда цилиндр легко можно было удалить.

3. Готовится полимерный компаунд из эпоксидной смолы и отвердителя.

4. Заливается лобовая часть обмотки, а точнее получившееся пространство между деревянным цилиндром и внутренним диаметром станины

эпоксидной смолой до необходимого уровня, чтобы застывший компаунд не мешал в монтаже подшипниковому щиту.

5. После застывания смолы статор переворачивается и заливается компаундом другая лобовая часть обмотки. Отверстие для выводов обмотки на шпильки клеммника закрывается бумагой или тканью.

6. После затвердевания и остывания смолы молотком или киянкой удаляется деревянный цилиндр и производится чистовая обработка: убираются подтеки смолы и бумага.

Можно отметить, что защита обмоток и магнитопровода электрических машин и другого подобного электрооборудования, содержащего те же активные части, путём капсулирования подходящими пропиточными материалами позволяет увеличить срок их эксплуатации и уменьшить опасное влияние сверхтоков из-за нагрева и электродинамических сил. Конечно, монолитное капсулирование несколько увеличивает стоимость электродвигателя и усложняет последующий ремонт, но с этим недостатком можно смириться, особенно для двигателей мощностью до 1 кВт на валу, у которых капитальный ремонт может быть соизмерим со стоимостью самого двигателя, качественно изготовленного в заводских условиях.

В лаборатории «Электрические машины» Костромской ГСХА были проведены предварительные опыты с трехфазным асинхронным двигателем АИР50В4 с частично закапсулированными лобовыми частями обмоток. То есть одна сторона (правая от бирки) была залита эпоксидным компаундом, а другая сторона осталась нетронутой (заводского исполнения) для сравнения температуры. Контроль температуры производился при помощи термопары, прикрепленной к обмотке электродвигателя и подключенной к мультиметру.

Опытные лабораторные исследования позволили предположить следующие положительные стороны подобной защиты обмоток статора при эксплуатации:

1. Монолитный эпоксидный компаунд усиливает функции бандажа лобовых частей и многократной пропитки обмоток статора.

2. Значительно улучшается защита лобовых частей от механических повреждений при демонтаже и монтаже ротора и подшипниковых щитов во время ремонта.

3. Сопротивление изоляции обмоток меньше подвержено физическому старению, поэтому предполагается его стабильность при длительном времени эксплуатации, что также обеспечивает электробезопасность.

4. Монолитное капсулирование лобовых частей статорных обмоток эпоксидным компаундом улучшает их защиту от влаги, пыли и агрессивных газов за счет герметизации.

5. Уменьшается влияние электродинамических сил на витки лобовых частей обмоток от пусковых токов и при резком реверсировании электродвигателя.

6. Улучшается охлаждение капсулированных лобовых частей на несколько градусов по сравнению с некапсулированной обмоткой за счет лучшего теплового контакта нагретых частей обмотки с корпусом через слой эпоксидного компаунда.

7. Возможно уменьшение затрат на техническое обслуживание, техническое обслуживание и хранение электродвигателей в неотапливаемых помещениях.

8. Повышается степень защиты обмоток электродвигателя, что дает возможность использовать его в производственных и сельскохозяйственных условиях повышенной влажности и агрессивных сред вместо более дорогих электродвигателей специального климатического исполнения.

#### *СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:*

- 1. Грундулис А.О. Защита электродвигателя в сельском хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1988. – 111 с.*
- 2. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. – М.: Высшая школа, 2008. – 313 с.*