

К.М. Шестаков, Мэн Цинн Сунн// Электроника инфо, № 9, 2008. – С. 58-61.

4. Занкевич, Н. Состояние и перспективы развития бронетанкового вооружения и техники/ Н. Занкевич// Армия, № 2, 2008. – С. 12-17.

5. Галушко, Е.В., Ролич О.Ч., Шестаков К. М. Электронные системы комплексных тренажеров для обучения эксплуатации и ремонта сложной сельскохозяйственной техники: доклады Межд. научно-практической конференции: Опыт, проблемы и перспективы развития технического сервиса АПК. – Минск: БГАТУ, 2009. – Ч. 1. –С. 94-99.

6.Шестаков, К. М. Теория принятия решений и распознавание образов: курс лекций/ К.М. Шестаков. – Мн.: БГУ, 2005 – 184 с.

7.Ролич, О. Ч. Технологии программирования: курс лекций / О.Ч. Ролич. – Минск: БГУ, 2008. – 144 с.

8.Прокопенко, А.А. Оптимизация по быстродействию систем распределенных баз данных с центральным сервером, использующих вызовы удален-

ных процедур или функций/ А.А. Прокопенко, К.М. Шестаков// Электроника инфо, № 7, 2008. – С. 51-54.

9. Modeling and Simulation of an M1 Abrams Tank with Advanced Track Dynamics and Integrated Virtual Diesel. Engine Automotive Research Center Department of Mechanical Engineering and Applied Mechanics The University of Michigan Ann Arbor, 2002, – P.221.

10.Мэн Цинсун. Метод упрощения моделей для сложных сбалансированных систем управления/ Мэн Цинсун, К.М. Шестаков// Вестник БГУ, серия 1. – 2008, №3. – С. 44-51.

11.Harry Perros, Computer Simulation Techniques: The definitive introduction! Computer Science Department NC State University Raleigh, NC. – January, 2008. – P.168.

12.Козлов, С.М. Визуализация эффекта дождя в автомобильных тренажерах/ С.М. Козлов, Н.А. Ельков, И.В. Белого. – Новосибирск: Лаборатория программных систем машинной графики ИАиЭ СО РАН. Новосибирск, Россия: International Conference Graphicon, 2006, <http://www.graphicon.ru/>

УДК 62-83:621.316.9(088.8)

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 8.07.2009

ЗАЩИТА ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ В АВАРИЙНЫХ СОСТОЯНИЯХ (ЗА ИСКЛЮЧЕНИЕМ ПЕРЕГРУЗКИ)

В. В. Гурин канд. техн. наук, доцент, Е. В. Лавцевич, аспирантка, П. А. Равинский, аспирант (УО БГАТУ)

Аннотация

Приведена характеристика возможных способов защиты асинхронного трехфазного электродвигателя по контролируемым параметрам от неполнофазного режима работы, увлажнения обмотки, стопорного режима работы, при отклонении и несимметрии напряжений, неисправности подшипников, чрезмерной вибрации и нарушения охлаждения. Показано, что аварийные состояния электродвигателя могут контролироваться токовыми или температурными защитами, за исключением контроля увлажнения обмотки и вибрации.

Введение

В нашей стране осуществляется техническое перевооружение сельскохозяйственного производства. Морально устаревшее электрооборудование заменяется на более качественное и надежное. Это относится и к электрическим двигателям, аппаратуре управления и защиты. Однако их эксплуатационная надежность в сельском хозяйстве остается все еще недостаточной.

В известной нам литературе по защите электродвигателей в сельском хозяйстве описано много устройств и принципов защиты, но не приводится анализ

контролирующих параметров для построения устройств защиты от всех аварийных состояний. Приведенный ниже материал устраняет этот недостаток.

Основная часть

Основными аварийными состояниями асинхронных электродвигателей (за исключением перегрузки) в порядке их распространения являются: неполнофазный режим; увлажнение обмотки; стопорный режим; отклонение или асимметрия напряжений выше нормы; неисправность подшипников; чрезмерная вибрация; нарушение охлаждения.

Возможные способы защиты трехфазного асинхронного электродвигателя от неполнофазного режима изображены на рис. 1.

Общим недостатком устройств, контролирующих напряжение или фазу напряжений сети, является то, что они реагируют на обрыв фазы до места их подключения и не реагируют на обрыв фазы за местом их подключения [1]. Указанного недостатка лишены устройства защиты, контролирующие наличие тока в фазах [2].

Контроль фазы тока оказался более надежным способом (ФУЗ-М) [3].

Контроль постоянной составляющей выпрямительного трехфазного тока используется в сочетании с малогабаритными датчиками тока [4].

Анализ показал, что для контроля неполнофазного режима перспективны токовые и фазо-токовые устройства защиты (на рис. 1 эти способы обведены двойной линией).

Способы защиты обмоток электродвигателей от увлажнения изображены на рис. 2.

Покрывание обмоток пропиточными лаками и эма-

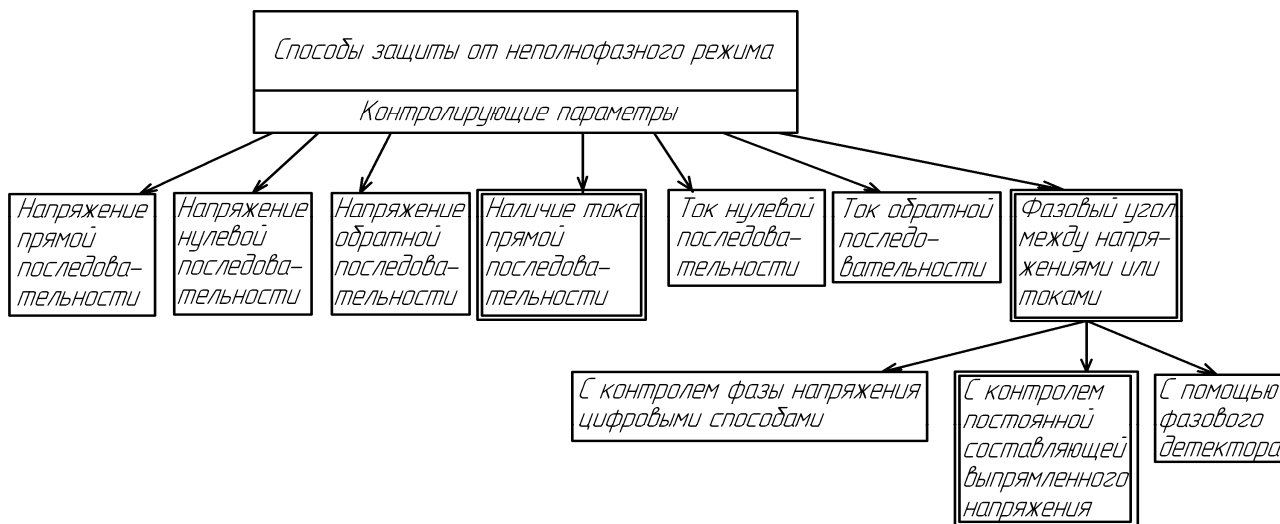


Рисунок 1. Основные способы защиты (по контролируемому параметру) асинхронного трехфазного электродвигателя от неполнофазного режима работы

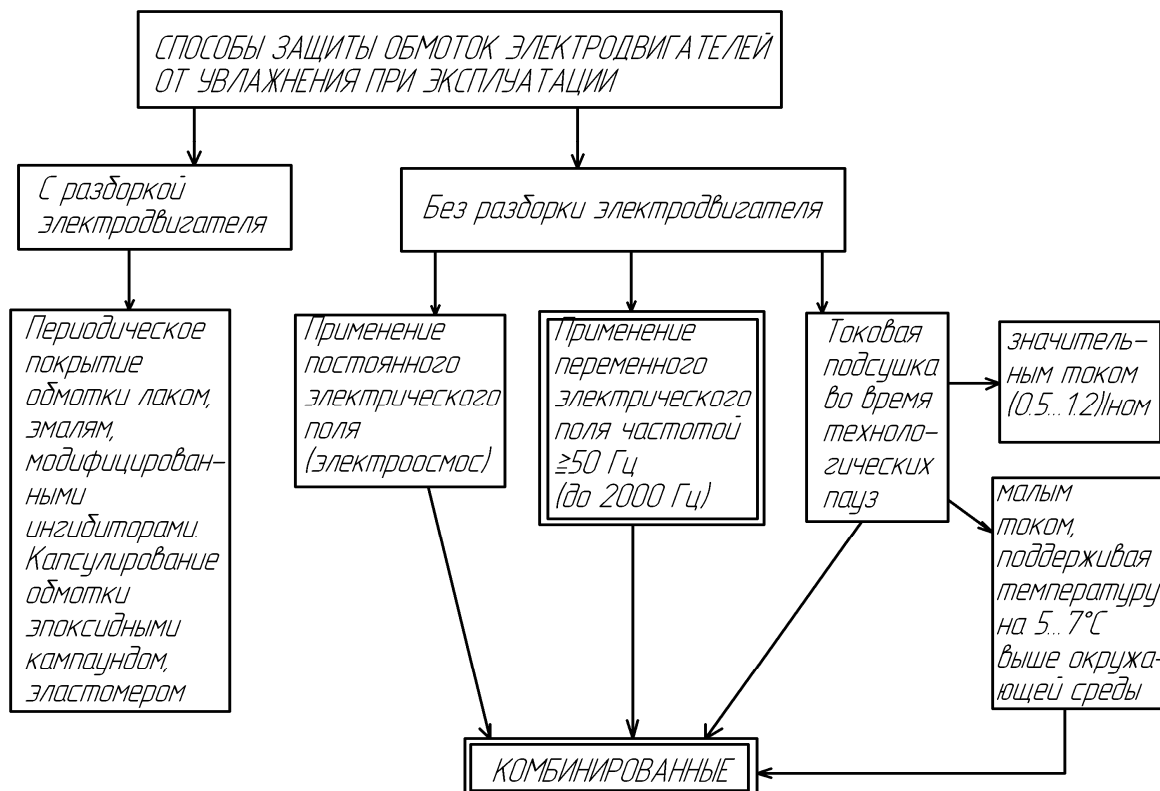


Рисунок 2. Способы защиты обмоток электродвигателей от увлажнения при эксплуатации

лями, модифицированными ингибиторами, а также капсулирование компаундами усиливает изоляционные свойства обмотки и является эффективным средством повышения стойкости изоляции к увлажнению [5].

Применение постоянного электрического поля для вытеснения влаги из объема диэлектрика (изоляции) известно как явление электроосмоса [6]. Основные достоинства способа – малая потребляемая мощность.

Первым недостатком этого способа является скапливание влаги на поверхности лобовых частей обмотки, которая не выводится из корпуса. Вторым недостатком способа – активизация электрохимического окисления обмотки и металлических частей внутри электродвигателя [7]. Третий недостаток – влага вытесняется в лобовые части обмотки и медленно восстанавливается межфазная изоляция [8].

Таким образом, электроосмос не предотвращает накопление влаги во внутреннем объеме двигателя, но препятствует накоплению влаги в обмотке, активизируя при этом электрохимические реакции окисления внутри двигателя, что делает этот способ нежелательным для применения.

Известна сушка изоляционных материалов в переменном электрическом поле за счет диэлектрических и джоулевых потерь. Диэлектрические потери пропорциональны частоте тока, а джоулевые – пропорциональны квадрату тока утечки.

Исследования, проведенные Д. Я. Воденисовым и А. С. Челпановым, показали эффективность сушки изоляционных материалов токами повышенной частоты. Если за единицу принять эффективность сушки без поля, то электроосмос увеличивает эффективность в 1,4 раза, частота 50 Гц – в 1,6 раза, 500 Гц – в 3,8 раза, 1000 Гц – в 4,8 раза.

Этот способ, как и электроосмос, не предотвращает проникновение влаги внутрь обмотки двигателя, но предотвращает накопление влаги в обмотке и подсушивает ее. По сравнению с электроосмосом этот способ не вызывает активизации электрохимических реакций окисления и эффективнее его.

Токовая подсушка изоляции во время технологических пауз значительным током ($0,5-1,3 I_{ном}$) позволяет быстро восстановить сопротивление изоляции, а малым током – поддерживать температуру обмотки на уровне 3-7 °С выше окружающей среды [9, 10]. В случае сушки значительным током изоляция подвергается термическим ударам, а при сушке малыми токами – мягкому нагреву. Поддержание температуры обмотки на уровне 3-7 °С выше окружающей среды надежнее всех ранее рассмотренных способов, поскольку препятствует накоплению влаги во внутреннем объеме электродвигателя.

Комбинированные способы защиты изоляции обмоток от увлажнения показали так же хорошие результаты [11].

Таким образом, анализ известных способов защиты обмоток электродвигателей от увлажнения позволяет заключить, что наилучшую защиту от увлажнения обмоток обеспечивает токовая подсушка малыми токами. Перспективны способы использования электрического поля частоты 50-2000 Гц и комбинированные.

Стопорный режим характеризуется неподвижным ротором и возрастанием токов до пусковых значений. Последний признак используется в токовых устройствах защиты. Этот режим может быть определен температурной защитой, но с небольшим запазданием. Обычно отдельную защиту от стопорного режима не выполняют.

Отклонение напряжения в меньшую сторону от номинального на зажимах загруженного электродвигателя приводит к увеличению потребляемого тока и легко контролируется токовыми или температурными устройствами защиты. Отключать электродвигатель при малой нагрузке и наличии пониженного напряжения не имеет смысла, поскольку ток электродвигателя не будет превышать номинального значения.

Отклонение напряжения от номинального в сторону увеличения напряжения может приводить к увеличению тока при насыщении магнитопровода электродвигателя. Это характерно для небольших по мощности электродвигателей. Но и в этом случае отклонение напряжения легко контролируется токовыми или температурными защитами. Отдельное устройство защиты в этом случае не нужно.

Асимметрия напряжения в сети 0,4 кВ допускается 2 %, а максимальная – не более 4%. Причина асимметрии напряжений – неравномерная нагрузка фаз. Асимметрия напряжения приводит к появлению напряжения прямой и обратной последовательностей в обмотках, следовательно, может контролироваться фильтрами нулевой или обратной последовательностей.

Однако асимметрия токов в фазах асинхронного электродвигателя в 4-7,5 раз превышает асимметрию напряжений [12]. По этой причине следует контролировать не асимметрию напряжений, а асимметрию токов с помощью устройств токовой защиты или использовать температурную защиту. Необходимо также помнить, что асимметрия напряжений вызывает дополнительную вибрацию электродвигателя.

Неисправность подшипников вызывает повышенный нагрев электродвигателя, шум, вибрацию, при разрушении – стопорный режим. Следовательно, на этот аварийный режим реагирует температурная защита, при разрушении подшипников – токовая защита.

Вибрация электродвигателя возникает при вибрации рабочей машины, неисправностях подшипников, асимметрии напряжений. Она оказывает отрицательное влияние на обмотки электродвигателя, вызывая микротрещины в проводниках обмотки. Вибрация контролируется теперь только в мощных и ответственных электродвигателях или генераторах.

Нарушение охлаждения возникает при потере крыльчатки вентилятора электродвигателя, при загрязнении вентиляционных каналов. Это «неявное» аварийное состояние контролируется только температурной защитой.

Заключение

Таким образом, все указанные выше аварийные состояния асинхронного трёхфазного электродвигателя могут контролироваться токовыми или температурными защитами, имеющими устройство защиты от увлажнения обмотки. Другие защиты не нужны. Исключение – использование защиты от недопустимой вибрации для ответственных электродвигателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грундулис, А.О. Защита электродвигателей в сельском хозяйстве: / А.О. Грундулис. – 2-е изд. – М.: Агропромиздат, 1988. – 111с.
2. Устройство для защиты трехфазного асинхронного электродвигателя от работы на двух фазах: а. с.1319146 СССР, МКИ Н 02 Н 7/08. / В.В. Гурин, А.А. Гелейша; БИМСХ.– № 3885 194/24 – 07, заявлено 18.04.85; опубл. 23.06.87; Бюл. № 23. – С.2.
3. Кудрявцев, И.Ф. Универсальное фазочувствительное устройство защиты двигателей/ И.Ф. Кудрявцев, А.О. Грундулис, В.В. Зейбот // Механизация и электрификация с. х. – 1977. – № 5. – С. 42-43.
4. Устройство для защиты трехфазного асинхронного электродвигателя от аномального режима:

а.с. 1275630 СССР, МКИ Н 02 Н 7/08/ Н.И. Бохан, В.В. Гурин, В.И. Фещенко; БИМСХ. – № 3807380/24 – 07; заявл. 31.10.84; опубл. 07.12.86// Открытия. Изобрет, 1986, № 45. –С. 3.

5. Пясталов, А.А. Эксплуатация электрооборудования: учебник/ А.А. Пястолов, Г.П. Ерошенко. – Москва: Агропроиздат, 1990. – 287с.

6.Фанин, А.Я. Движение жидкости в пористых материалах под действием электроосмоса /А.Я. Фанин//Вопросы автоматики и горной электротехники., № 40. – Москва: Недра, 1969. –С.54-60.

7. Прищеп Л.Г. Сушка изоляции электродвигателей насосных агрегатов/Л.Г. Прищеп, С.П. Изюмцев, А.В. Сергованцев// Техника в сельском хозяйстве. – 1991. – №1. – С.20-21.

8. Немировский, А.Е. Электроосмотическая сушка изоляции электродвигателей/ А.Е. Немировский, Н.К. Мороз // Техника в сельском хозяйстве. – 1984. – № 12. – С. 26.

9. Маслов, В.В. Влагостойкость электрической изоляции/ В.В.Маслов. – Москва: Энергия, 1973. – 208с.

10. Устройство автоматической сушки обмоток электродвигателя/А. Пахомов, // Радио. – №6. – 2002. – С.32-33.

11.Немировский, А.Е. Новые способы сушки электрооборудования/ А.Е. Немировский, // Техника в с. х. – 1989. – №6. – С. 41-43.

12. Гейлер, Л.Б. Справочник электрика промышленных предприятий / Л.Б. Гейлер. – Минск: Гос.издательство БССР, 1963. – 588 с.

“Агропанорама” - научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Это издание для тех, кто стремится донести результаты своих исследований до широкого круга читателей, кого интересуют новые технологии, кто обладает практическим опытом решения задач.

Журнал “Агропанорама” включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по сельскохозяйственным и техническим наукам (сельскохозяйственное машиностроение, транспорт, геоэкология, энергетика). Журнал выходит раз в два месяца, распространяется по подписке и в розницу в киоске БГАТУ. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842. Стоимость подписки на второе полугодие 2009 года: для индивидуальных подписчиков - 26670 руб., ведомственная подписка - 52599 руб.