

Н.П. Асташков, В.А. Тихомиров, В.А. Шестаков
ИрГУПС, г. Иркутск, Россия

Управление температурным режимом тягового электрооборудования с
помощью микропроцессорной системы управления асинхронными
вспомогательными машинами

Надежность является важнейшим технико-экономическим показателем качества любого технического устройства, в частности электрической машины, определяющим ее способность безотказно работать с неизменными техническими характеристиками в течение заданного промежутка времени при определенных условиях эксплуатации.

На сегодняшний день имеет место обострение проблемы повышения надежности вспомогательного оборудования электровозов переменного тока и снижения эксплуатационных расходов, связанных с ремонтом и восстановлением изоляции электрооборудования, уменьшением затрат на неплановые ремонты и экономии электроэнергии. В ходе решения данной задачи разработан демонстрационный стенд, где в качестве управляющего элемента использован микроконтроллер TWIDO TWD LCAA 16 DRF, выполнено его программирование.

В процессе работы тяговых двигателей, выпрямителей, трансформаторов, реакторов, индуктивных шунтов, пусковых реостатов, двигателей, вспомогательных машин и другого оборудования выделяется тепло. Если это тепло не отводить, то мощность машин и аппаратов нельзя будет использовать полностью, так как они могут перегреться и выйти из строя. Поэтому их охлаждают, используя специальную принудительную вентиляцию.

Непрерывный поток охлаждающего воздуха создается центробежными вентиляторами [1].

Система вентиляции должна обеспечивать надежную работу вентиляторов. Известно, что режим работы вентилятора определяется точкой пересечения его характеристики с характеристикой сети. В тех случаях, когда характеристика вентилятора имеет неустойчивую зону, необходимо исключить работу вентилятора в этой зоне. Работа вентилятора в неустойчивой зоне вызывает вибрации ротора, которые могут привести к разрушению ротора или подшипников двигателя.

Рассмотрение статических данных о надежности оборудования электровозов переменного тока ВСЖД за последние годы эксплуатации показывает, что на долю отказов асинхронных вспомогательных машин приходится от 16,5 до 21,3% повреждений [2]. Руководствуясь данными о надёжности машин типа НВА-55 за последние четыре года следует отметить резкий рост их отказов. Особенно неудовлетворительное положение сложилось с этими отказами на электровозах 2ЭС5К, 3ЭС5К. В локомотивном депо станции Вихоревка только за период январь-май 2009 года вышло из строя 110 машин.

В свою очередь современные системы вентиляции электровозов переменного тока, вспомогательные машины которых имеют достаточно большое количество отказов, остаются проблемным звеном локомотива, не отвечающим технологическим требованиям, что в ряде случаев является причиной выхода из строя ТЭД по причине пробоя изоляции.

Современная практика показывает, что около 45% всех отказов связано с нерациональными конструкторскими решениями и низким качеством их проработок. Из-за неправильных схематических решений имеет место выход из строя машин НВА-55 в огромном количестве, принося дороге колоссальный ущерб.

С помощью решения вопроса, связанного с повышением устойчивости асинхронных электродвигателей вспомогательных машин путём управления производительностью мотор-вентиляторов электровозов переменного тока с микропроцессорной системой управления, данные отказы будут устранены. На сегодняшний день разработан демонстрационный стенд, описание которого будет приведено ниже. Считаю важным отметить, что управление производительностью вентиляторов несет сокращение энергопотребления, снижение эксплуатационных расходов, связанных с ремонтом и восстановлением изоляции электрооборудования электровозов, и, в частности, ТЭД, что позволяет говорить о рассматриваемом управлении, как о ресурсосберегающей технологии.

Учёными и практиками, труды которых были использованы для решения данной проблемы, а именно: Некрасова О.А., Мирошенко Р.И., Горина Н.Н., Шевченко В.В., Козорезова М.А., Бочарова В.И., Янова В.П., Щербакова В.Г., Маханькова Л.В. и других установлено, что асинхронные вспомогательные машины электровозов переменного тока работают при следующих условиях:

- 1) изменение напряжения питания от +25 до -39 % номинального значения;
- 2) снижение вращательного момента до 0,37 номинального;
- 3) значительное возрастание момента сопротивления компрессоров при низких температурах воздуха;
- 4) увеличенной продолжительности пуска компрессоров из-за существенного уменьшения вращающего момента при понижении питающего напряжения.

Для защиты АВМ отечественных электровозов переменного тока применяются тепловые реле, защитные характеристики которых имеют большие зоны разбрасывания. Кроме того, на время срабатывания влияют другие факторы, действие которых носит случайный характер (трение в механизме, различие чувствительности биметаллических пластин и так далее). Тепловые реле недостаточно четко работают при перегрузках менее

20%; в этих случаях вследствие разброса характеристик невозможно гарантировать их надежность. Этот принципиальный недостаток тепловых реле с биметаллическими элементами полностью устранить за счет улучшения конструкции нельзя.

Кроме того, тепловые реле, находясь в разных температурных условиях с электродвигателями, которые они защищают, реагируют только на величину тока и никак не учитывают другие причины перегрева обмоток; защитные характеристики токовых тепловых реле не соответствуют тепловым перегрузочным характеристикам электродвигателей в силу различия постоянных времени нагрева, особенно в повторно-кратковременном режиме работы; не обеспечивается защита электродвигателей, заклиненных или незапустившихся при обрыве фазы, так как скорость нагрева реле в этом случае значительно уступает скорости нагрева обмоток электродвигателей при адиабатическом тепловом процессе; тепловые реле мало чувствительны к несимметричным режимам [2].

Вращающий момент, развиваемый асинхронным двигателем, весьма чувствителен к изменению питающего напряжения. При снижении напряжения, питающего двигатель, который работает под нагрузкой, его вращающий момент снижается. В результате этого происходит понижение частоты вращения двигателя. Частота понижается (и соответственно увеличивается скольжение) до тех пор, пока вращающий момент двигателя не станет равным статическому моменту сопротивления, обусловленному приводом. Однако если напряжение понижается очень сильно, может случиться, что максимальный вращающий момент, который развивает двигатель при данном напряжении, оказывается меньше, чем статический момент сопротивления на его валу. В этом случае происходит опрокидывание двигателя, т.е. частота вращения ротора постепенно уменьшается и в конце концов двигатель останавливается. По его обмоткам в этом режиме проходит большой ток.

Условия работы асинхронных двигателей в режиме пуска значительно отличаются от условий его работы в нормальном режиме. В режиме пуска в обмотках ротора и статора проходят токи, значительно превышающие токи, протекающие в этих обмотках в номинальном режиме. Длительный ток приводит к перегреву обмоток двигателя и может вызвать сгоранию обмоток и аварию двигателя [3].

Для снижения пусковых токов асинхронных вспомогательных машин и надежного их пуска, а также для повышения устойчивости электрических машин при снижении действующего напряжения в контактной сети целесообразно частоту напряжения на обмотках статора снижать. В этом случае электродвигатели будут работать на устойчивой ветви механической характеристики и обеспечивается достаточный вращающий момент, предотвращающий опрокидывание электрических машин.

В ходе выполненной работы на кафедре ЭПС ИрГУПС была разработана теоретическая база и разработан демонстрационный стенд, включающий следующие технические средства (рис.1):

- 1) микроконтроллер TWIDO TWD LCAA 16DRF;
- 2) преобразователь частоты для управления производительностью вентиляторов электровозов переменного тока;
- 3) трехфазный асинхронный электродвигатель;
- 4) датчик напряжения LV 25-P/SP5;
- 5) датчик тока LTC 600-SF/SP3;
- 6) датчик температуры DS1821 (разработан адаптер для его программирования).

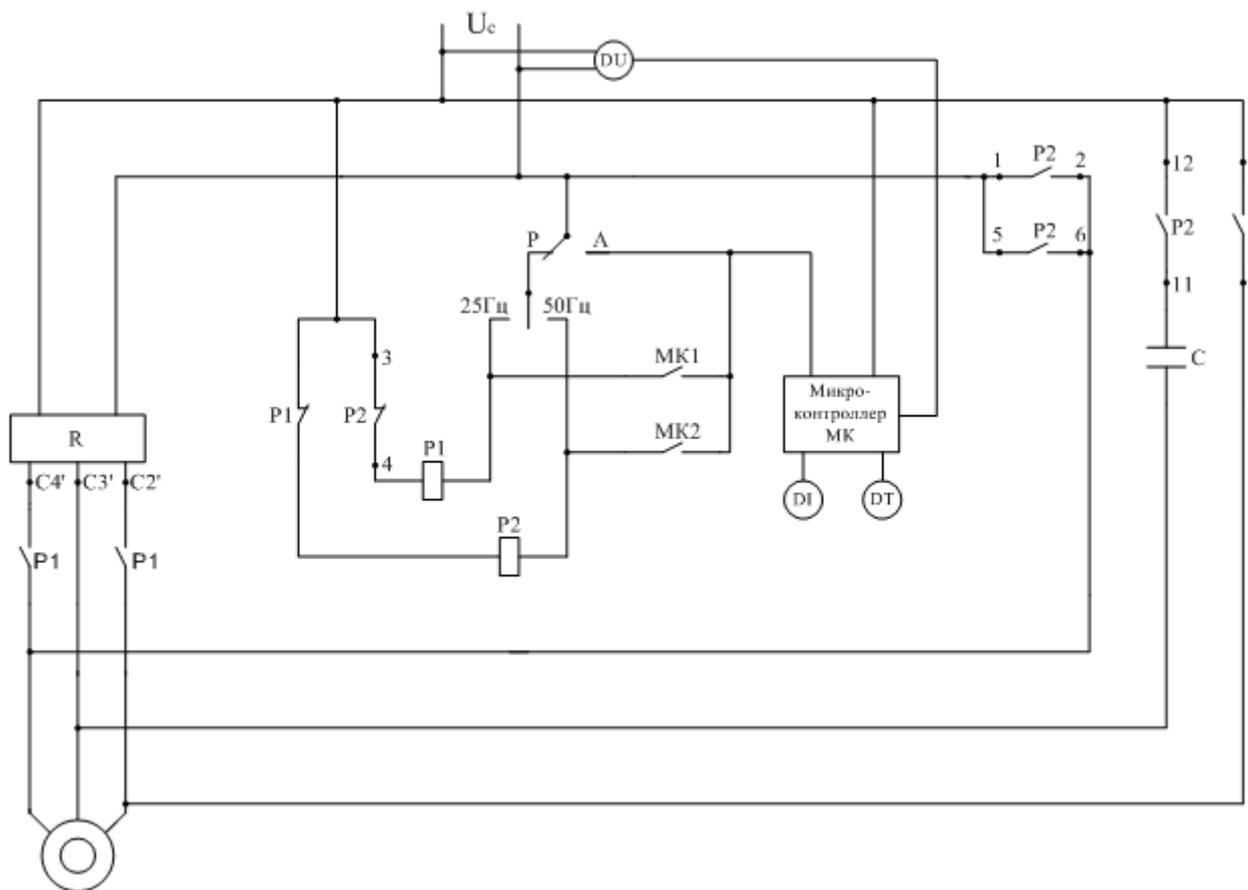


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема микропроцессорной системы управления электродвигателями мотор-вентиляторов

Программа позволяет решать следующие виды задач:

- 1) пуск электродвигателя подачей напряжения на обмотки статора частотой 25 Гц независимо от уровня сигналов датчиков;
- 2) при падении напряжения на обмотке собственных нужд тягового трансформатора до 310 В и ниже по сигналу датчика напряжения на обмотки статора электродвигателя привода вентилятора подается напряжение частотой 25 Гц независимо от уровня сигналов от датчиков температуры и тока;
- 3) по сигналу датчиков температуры, расположенных на тяговом электродвигателе и охлаждаемом системой вентиляции оборудования, производительность мотор-вентиляторов изменяется переключением

напряжения на обмотках статора с частоты 25 Гц на частоту 50 Гц и наоборот. Приоритетной функцией системы вентиляции является обеспечение необходимого температурного режима тягового электродвигателя за счёт повышения устойчивости асинхронных вспомогательных машин мотор – вентиляторов. Если датчик температуры вышел из строя и ток в обмотках тяговых электродвигателей в 600 А и более протекает в течении 30 минут, то по сигналу датчика тока на обмотки статора электродвигателя привода вентилятора подаётся напряжение частотой 50 Гц.

Реализацию управления трехфазными асинхронными электродвигателями целесообразно выполнять с помощью полупроводникового преобразователя, которым осуществляется одновременное изменение частоты, действующего напряжения и электрического сопротивления электропривода.

Преобразователь частоты (рис.2) позволяет обеспечивать достаточно высокую энергетическую эффективность, форма тока на входе преобразователя близка к синусоидальной. Повышение надежности разработанного преобразователя частоты по сравнению с аналогами достигается за счет естественной коммутации тиристоров.

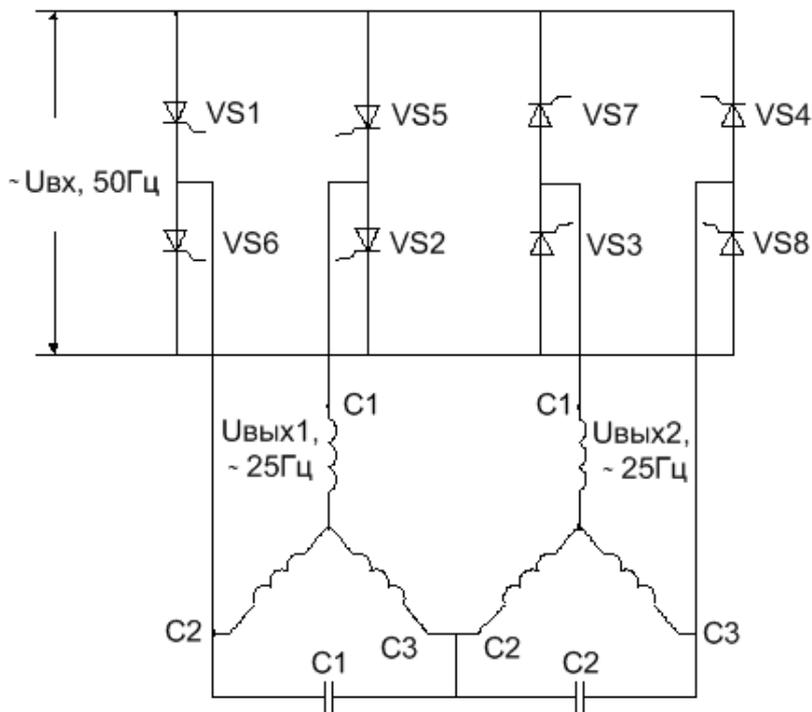


Рис. 2. Принципиальная схема преобразователя частоты

В результате проделанной работы была разработана микропроцессорная система управления, предназначенная для повышения устойчивости асинхронных машин электровозов переменного тока, где в качестве управляющего элемента служит микроконтроллер TWIDO TWD LCAA 16DRF.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сидоров Н.И., Сидорова Н.Н. Как устроен и работает электровоз. - 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1988. -223 с.
2. Алексеева Т.Л., Рябченков Н.Л., Астраханцева Н.М., Астраханцев Л.А. Электронные преобразователи для ресурсосберегающих технологий. – Иркутск: ИрГУПС, 2010. – 240 с.
3. Архипцев Ю.С. Асинхронные электродвигатели. – М.: Энергия, 1975. -98 с.