

Грицынов А.А., Маликов И.В.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
Научный руководитель – А.А. Грибанов, к.т.н., доцент

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ИЗОЛЯЦИИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Трёхфазный асинхронный двигатель является одним из основных электроприёмников на предприятиях различных отраслей экономики нашей страны. К сожалению, до настоящего времени несмотря на простоту конструкции электродвигателей их надёжность остаётся недостаточно высокой. Это связано с воздействием на узлы электродвигателя внешних и внутренних неблагоприятных факторов. Как показывают результаты исследований, наиболее сильное воздействие оказывают эти факторы в случае их действия не поодиночке, а совместно, что очень часто наблюдается в реальных условиях эксплуатации.

Воздействие этих факторов на электродвигатель приводит к его выходу из строя. Результаты статистических исследований позволили установить распределение доли количества выходов из строя по отдельным узлам электродвигателей. В большинстве случаев наблюдается выход из строя обмотки статора. При этом основными видами повреждений обмотки статора являются пробой или разрушение межвитковой изоляции, замыкание между обмотками и замыкание обмоток на корпус.

Для уменьшения воздействия негативных факторов и обеспечения работоспособности электродвигателей используется ряд способов повышения надёжности их работы. Безусловно, значительных результатов можно добиться только в том случае, если проводить работы и исследования по совершенствованию всех способов повышения надёжности электродвигателя. В нашей работе основное внимание уделено совершенствованию методик диагностики асинхронных двигателей.

В настоящее время для диагностики асинхронных двигателей получили распространение методы, которые условно можно разделить на методы комплексной функциональной диагностики, позволяющие оценивать состояние электродвигателя во время работы, и тестовые методы диагностики, которые, как правило, используются для оценки состояния отдельных узлов. Функциональные методы обладают большим потенциалом, но довольно сложны в реализации. Тестовые методы более просты по своей физической сути, но достоверность диагностической информации при их использовании в большинстве случаев невысока.

Одним из методов тестовой диагностики, отличающимся высокой достоверностью информации о состоянии обмотки, является метод волновых затухающих колебаний. Его суть состоит в подаче на один из выводов обмотки прямоугольных импульсов напряжения и фиксации на другом выводе волнового затухающего колебательного процесса. Для эффективного использования данного метода предложены различные формы

диагностического параметра. Этим решалась одна и та же проблема – обеспечение сравнимости результатов диагностики путём использования одного обобщающего диагностического параметра. Такой подход позволяет судить о техническом состоянии обмотки, но не позволяет делать вывод о виде дефектов и степени их развития. Поэтому актуальным является использование новых подходов для повышения информативности диагностики.

Поскольку тестовый сигнал является периодическим, то для его полноценного анализа целесообразно использовать современные методы, в частности, спектральный анализ на основе преобразования Фурье. В результате сформулирована гипотеза, утверждающая, что изменения амплитуд в частотном спектре волновых затухающих колебаний являются результатом развития дефектов изоляции. Целью работы является необходимость подтвердить или опровергнуть эту гипотезу.

Для достижения поставленной цели был выполнен анализ и выбор математического аппарата для использования для разложения диагностического сигнала в спектр. Смысл разложения периодической функции в ряд Фурье состоит в том, что периодическая функция может быть представлена в виде суммы ряда гармонических составляющих. Для формирования этого ряда используется быстрое преобразование Фурье, которое является частным случаем дискретного преобразования Фурье, широко используемого в современных программно-аппаратных системах.

Для проведения экспериментальных исследований было выбрано следующее оборудование: цифровой осциллограф АК ИП-4107/3, сочетающий в себе функции генератора тестовых сигналов и осциллографа с анализатором спектра, имеющий соединение с помощью USB-интерфейса с персональным компьютером или ноутбуком, и группа исследуемых электродвигателей. Цифровой осциллограф совместно с персональным компьютером и программным обеспечением образуют аппаратно-программную систему обработки диагностической информации.

На первом этапе экспериментов исследовалась зависимость спектрального состава диагностического сигнала от межвиткового сопротивления. Для проведения этого эксперимента выполнено электрическое соединение дополнительных проводников с проводниками обмотки, лежащими в одном пазу статора. Сопротивление цепи дополнительных проводников изменялось с помощью реостата. В случае, когда реостат замыкался накоротко с помощью шунта, то моделируется режим, близкий к межвитковому замыканию. Эксперименты показали, что ухудшение свойств межвитковой изоляции приводит к наблюдаемым изменениям на частотах 21000 Гц, 27000 Гц и 31000 Гц. Можно заметить, что ухудшение свойств межвитковой изоляции приводит к некоторому увеличению выделенных диагностических частот и одновременному уменьшению их амплитуды.

Аналогично предыдущему случаю моделировалось ухудшение свойств изоляции между обмотками. В результате выделены диагностические частоты 11075 Гц, 13095 Гц, 15110 Гц, 17120 Гц и 19120 Гц. В отличие от предыдущего

случая значение диагностической частоты не изменяется, но, как и в предыдущем случае, уменьшается её амплитуда.

Одной из распространённых причин ухудшения свойств изоляции электродвигателя является её увлажнение. Для определения диагностических частот увлажнения изоляции проводилось заполнение пор водой с различным её количеством. В результате эксперимента установлено, что при сильном увлажнении наблюдается рост частот во всём диапазоне спектра с уменьшением амплитуды.

Поскольку на практике возможно проведение измерений в различных температурных условиях, то дополнительно были проведены исследования влияния изменения температуры на спектральный состав диагностического сигнала. Экспериментально установлено, что с ростом температуры частоты незначительно растут во всём диапазоне спектра, но при этом увеличиваются амплитудные значения для этих диагностических частот.

Таким образом, в результате проведённых исследований доказана целесообразность использования программно-аппаратных диагностических комплексов на основе ноутбука и цифрового осциллографа, а также выделены основные диагностические частоты, по которым можно сделать вывод о роде дефектов обмотки асинхронного двигателя и ориентировочно оценить степень их развития.