

УДК 621.311

ОБЗОР МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Малыгин А.Д., магистрант гр. ЭАм-191, II курс
Научный руководитель: Гаргаев А.Н, к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени «Т.Ф. Горбачева»
г. Кемерово

Продолжительность и эффективность работы электротехнических комплексов тесно связаны с состоянием входящего в его состав оборудования. Обширную часть используемого в технологических процессах оборудования занимают электрические двигатели. К техническому состоянию электродвигателей предъявляются особые требования вследствие того, что их выход из строя может привести к нарушению работы сложных производств, экономическим убыткам и нарушению безопасности условий труда работников.

Для поддержания надлежащего технического состояния электрооборудования необходимо вовремя обнаруживать зарождающиеся неисправности. Все существующие методы диагностики предназначены для выявления определенной неисправности либо их совокупности.

В настоящее время известны различные методы диагностики электродвигателей. Каждый из методов имеет различную техническую базу и основывается на измерении определенных физических величин для определения неисправности. Разделяют следующие методы диагностики электродвигателей [1]:

- методы вибродиагностики;
- методы анализа внешних электромагнитных полей электродвигателя;
- методы тепловизионной диагностики;
- методы диагностики состояния изоляции;
- методы анализа электрических параметров электродвигателя;
- методы, основанные на применении искусственных нейронных сетей.

Методы вибродиагностики получили широкое распространение в поиске неисправностей механических частей электродвигателей – износа подшипников и эксцентриситета. Методы заключаются в измерении и анализе параметров вибрации, таких как виброперемещение, виброускорение и виброскорости.

Аналізу подвергаются среднеквадратичные значения (СКЗ) этих параметров с использованием различных методов. Одними из них являются методы прямого спектра и ПИК-фактора [6]. При использовании метода прямого спектра проводится спектральный анализ гармоник СКЗ параметра вибрации. По наличию определенных гармоник определяют соответствующий дефект, а по ее амплитуде – степень его развития. Метод ПИК-фактора заключается в

периодическом контроле значений СКЗ виброускорения и пика его амплитуды. Используя эти значения, рассчитывается ПИК-фактор и строится кривая его изменения. Данная кривая имеет выраженный пик, после появления которого остаточный ресурс подшипника составляет около 2-3 недель [6].

Методы анализа внешних электромагнитных полей заключаются в измерении и обработке параметров электромагнитного поля в фиксированных точках на корпусе электродвигателя или вблизи него. Наиболее эффективно производить измерение в лобовой части корпуса электродвигателя, где снижено экранирующее влияние стали статора [3].

В основу метода заложено сравнение картины распределения напряженности электромагнитного поля вокруг исправного и диагностируемого электродвигателей. У исправного электродвигателя наблюдается равномерное распределение амплитуды напряженности относительно оси вращения ротора [3]. При возникновении неисправностей происходит «перекос» картины распределения напряженности, характер которого зависит от произошедшей неисправности, например обрыва фазы или межвиткового замыкания в обмотке статора.

Также находит применение метод спектрального анализа магнитной индукции внешнего электромагнитного поля. С помощью него можно определить асимметрию ротора, перекас вала, повреждения подшипников, межвитковые короткие замыкания и обрыв стержней [2].

Методы тепловизионной диагностики являются одними из самых доступных информативных методов неразрушающей диагностики. Учитывая конструктивные особенности электрических машин, тепловизионная диагностика позволяет выявить дефекты подшипников, контактных соединений выводов, системы охлаждения, активной стали и обмоток статора, щеточного аппарата и контактных колец. В качестве прибора, измеряющего температуру, используются тепловизоры. Вследствие сложности определения истинного значения температуры определенного узла или части электродвигателя, оценка технического состояния производится методами качественной или количественной термографии. Данные методы заключаются в сравнении термограмм диагностируемой и исправной машин.

Методы диагностики состояния изоляции широко используются при диагностике электродвигателей. Основной причиной повреждений изоляции в электродвигателях являются повышенная температура, вибрации и перегрузка машины. Диагностическими параметрами изоляции являются [1]:

- сопротивление изоляции;
- коэффициент абсорбции;
- индекс поляризации;
- зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от частоты при измерении на низком напряжении;
- зависимость диэлектрических потерь от приложенного напряжения на 10% выше номинального;
- характеристики частичных разрядов.

Сопротивление изоляции измеряют мегомметром на напряжение 1000В для обмотки статора, на 500В для обмотки ротора и на 250В для встроенных термодатчиков.

Коэффициентом абсорбции называют показатель увлажненности изоляции, а коэффициентом поляризации – способность заряженных частиц перемещаться в диэлектрике под действием электрического поля, что является показателем степени старения изоляции. Коэффициент абсорбции определяют из соотношения сопротивления изоляции, измеренной мегомметром через 15 и 60 секунд после начала диагностики, а индекс поляризации – через 60 и 600 секунд.

Частичными разрядами называют искровые разряды малой мощности, образующиеся внутри и на поверхности изоляции в зонах ее дефектов. Вследствие чего, анализ амплитуды и повторяемости частичных разрядов, является эффективным способом выявления дефектов в изоляции обмоток электрических двигателей [7]. Исходя из диапазона частот, в котором регистрируются частичные разряды, используются различные типы датчиков – акустические, высокочастотные конденсаторные, связанные с цепями контролируемого электродвигателя, и широкодиапазонные антенны.

Методы анализа электрических параметров электродвигателя являются наиболее предпочтительными методами диагностики, вследствие их информативности и возможности выявления широкого спектра неисправностей, таких как повреждение подшипников, статический и динамический эксцентриситет, повреждение стержней или кольца клетки короткозамкнутого ротора асинхронного электродвигателя, несоосность валов, межвитковые замыкания и т.д. [1]. В настоящее время активно развиваются методы диагностики электродвигателей, основанные на спектральном анализе потребляемого тока.

В основу метода заложен принцип влияния на магнитный поток в зазоре электродвигателя различных изменений в работе его электрической и механической частей. В результате в спектре тока возникают частоты определенной величины, свидетельствующие о наличии той или иной неисправности.

Степень развития повреждения определяется сравнением величины сигнала на характерной повреждению частоте с величиной сигнала на частоте питающего напряжения. Для каждого вида повреждения характерна своя частота и совпадение частот различных повреждений случаются редко. В случае совпадения частот от различных повреждений, необходимо провести дополнительную диагностику другими известными методами для уточнения повреждения.

Применение нейронных сетей. В настоящее время для решения различных задач находят применение искусственные нейронные сети. Такими задачами являются классификация образов, категоризация, аппроксимация функций, прогнозирование и управление. Диагностику состояния двигателей для нейронной сети можно представить как задачу классификации образов,

где в качестве образов понимается определенное техническое состояние. Исходя из измеренных параметров электродвигателя, нейронная сеть определяет его текущее состояние по заранее известным классам технического состояния.

Авторы [4, 5] нашли применение нейронной сети для диагностики состояния локомотивного асинхронного двигателя. В качестве модели нейронной сети была выбрана однослойная структура прямого распространения, представленная на рисунке 1.

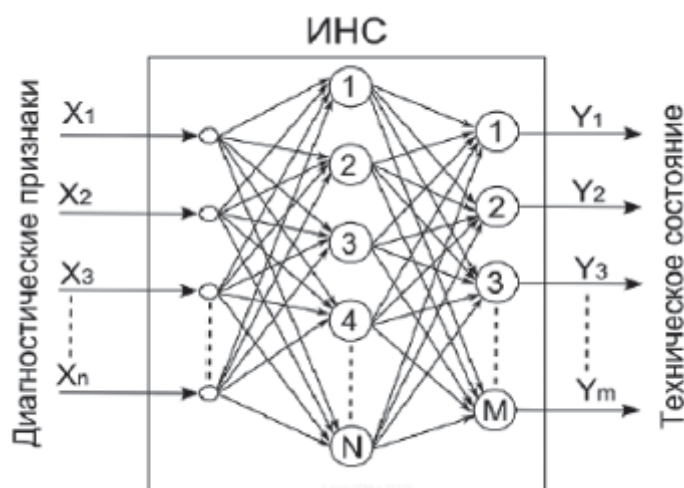


Рис. 1. Структура нейронной сети для диагностики электродвигателя

В качестве входных данных для нейронной сети использовались токи и напряжения фаз А, В, С, угловая скорость и момент сопротивления. Выходными данными являются определенные классы технического состояния электродвигателя:

$$Y = [Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6]^T, \quad (1.1)$$

где $Y = [1, 0, 0, 0, 0, 0]^T$ – исправен;

$Y = [0, 1, 0, 0, 0, 0]^T$ – перегрев;

$Y = [0, 0, 1, 0, 0, 0]^T$ – обрыв стержней;

$Y = [0, 0, 0, 1, 0, 0]^T$ – межвитковые замыкания;

$Y = [0, 0, 0, 0, 1, 0]^T$ – пробой изоляции АД;

$Y = [0, 0, 0, 0, 0, 1]^T$ – повреждения подшипниковых узлов.

Закрепленный за каждой неисправностью выходной нейрон изменяет свое значение от 0 до 1. Класс неисправности считался установленным верно, если значение находилось в доверительном интервале от 0,95 до 1.

Для выявления определенной неисправности электродвигателей используются различные методы диагностирования. В статье рассмотрены методы диагностирования как нацеленные на выявление определенной неисправности – методы диагностики изоляции и вибродиагностика, так и методы способные выявить широкий спектр неисправностей – методы анализа внешних электромагнитных полей и методы анализа электрических параметров электродвигателя.

Список литературы:

1. Сидельников, Л.Г. Обзор методов контроля технического состояния асинхронных двигателей в процессе эксплуатации [Текст] / Л.Г. Сидельников, Д.О. Афанасьев // Архитектура и строительство России. – 2013. – № 7. – С. 127-137.
2. Алексеенко, А.Ю. Диагностика и прогнозирование состояния асинхронных двигателей на основе использования параметров их внешнего электромагнитного поля [Текст] / А.Ю. Алексеенко, О.В. Бродский, В.Н. Веденев, В.Г. Тонких, С.О. Хомутов // Вестник АлтГТУ им. И.И. Ползунова. – 2006. – № 2. – С. 9-13.
3. Пантина, А.И. Контроль технического состояния судовых асинхронных двигателей на основе характеристик внешнего электромагнитного поля [Текст] / А.И. Пантина, О.А. Белов // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2017. – Том 13. № 1. – С. 32-36.
4. Грищенко, А.В. Оценка технического состояния локомотивных асинхронных тяговых электродвигателей с использованием нейронных сетей [Текст] / А.В. Грищенко, О.Р. Хамидов // «Транспорт Российской Федерации». – 2018. – № 6(79). – С. 19-22.
5. Хамидов, О.Р. Разработка нейросетевой модели для диагностики состояния локомотивного асинхронного электродвигателя [Текст] / О.Р. Хамидов // Известия ПГУПС. – 2019. – №4. – С. 620-630.
6. Методы вибродиагностики [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://vibropoint.ru/metody-vibrodiagnostiki/> (Дата обращения 10.03.2021)
7. Измерение частичных разрядов в изоляции статоров высоковольтных электрических машин [Электронный ресурс] Режим доступа <https://dimrus.ru/texts/stator2.html> (Дата обращения 10.03.2021)