

УДК 004.891.3+004.93.11

МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ В ЭЛЕКТРОСЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Д.И. Кузнецов, А.И. Купин

Криворожский национальный университет, Кривой Рог, Украина

METHOD OF IDENTIFICATION OF ELECTRICAL MOTOR WITH THE USE OF NEURAL NETWORKS

D.I. Kuznetsov, A.I. Kupin

Krivoy Rog National University, Krivoy Rog, Ukraine

В процессе эксплуатации электрооборудования могут возникать различного рода неисправности или повреждения их деталей, поэтому очень важно выявлять дефекты на ранних стадиях. В статье рассмотрен метод идентификации электрооборудования на основе анализа потребляемого оборудованием тока. Приведены результаты экспериментальных испытаний.

Ключевые слова: идентификация, спектральный шум, высшая гармоника, нейронная сеть.

Different kinds of malfunction or damage of the parts may occur in the operation of electrical equipment. It is therefore very important to detect defects in the early stages. The paper presents the method of identification of electrical equipment on the basis of the analysis of the products current. The results of experimental tests are given.

Keywords: identification, spectral noise, high harmonic, neural network.

Введение

Основу парка электроприводов современных промышленных предприятий и других производственных объектов составляют многофазные асинхронные двигатели. Данный вид двигателей довольно распространен, о чем свидетельствует то, что они потребляют до 40% производимой электроэнергии в мире [1]. При этом, 90% данного вида оборудования представляет собой коротко замкнутые асинхронные электродвигатели [2]. По статистике на 2001 год [3] в общем производстве Украины использовалось не менее 50 млн единиц трехфазных АД напряжением 0,4 кВ.

В силу своей популярности, оптимальному использованию данных двигателей препятствует их высокая повреждаемость, потому что АД рассчитываются на срок службы 10–15 лет без капитального ремонта при условии их правильной эксплуатации, где под правильной эксплуатацией понимается их работа в соответствии с номинальными параметрами, указанными в паспорте двигателя [3]. Но, к сожалению, в реальной жизни АД всегда отступают от номинальных режимов работы: технологические перегрузки, неудовлетворительные условия окружающей среды (завышенная влажность и температура), некачественная сеть питания, снижение сопротивления изоляции, нарушение охлаждения.

Результатом неправильной работы электродвигателей являются аварийные режимы работы, в результате чего каждый год выходят из строя до 10% используемых электродвигателей [2].

Поэтому очень важной задачей в условиях современных предприятий является наличие интеллектуальной системы поддержки принятия решений с целью постоянного (в реальном времени) мониторинга текущего состояния электрооборудования и, в случае выявления технологического сбоя в его работе – диагностирования дефектов.

Наиболее распространенными методами диагностики электродвигателей являются:

а) вибрационный способ оценки технического состояния электродвигателя, при котором регистрируют и анализируют сигнал, который создает вибрация электродвигателя [4];

б) способ моделирования, который включает в себя этап разработки компьютерной модели двигателя, соединение с двигателем с помощью большого количества датчиков [4];

в) спектр-токовый анализ, способ диагностики двигателей и связанных с ним механических приборов, в котором в течение заданного интервала времени происходит запись значений токов, которые потребляет двигатель. Из полученных значений токов выделяют характерные частоты для данного электродвигателя, превращают полученный сигнал из аналоговой формы в цифровую, а затем осуществляют спектральный анализ с полученного сигнала и сравнения значений амплитуд на характерных частотах с уровнем сигнала на электросети [4].

Но, в свою очередь, главной задачей при диагностике электрооборудования является его идентификация на фоне помех, создаваемых

другим электрооборудованием или шумами самой электросети.

Целью данной статьи была разработка метода идентификации электродвигателя в электросети на основе использования спектр-токового анализа средствами нейронных сетей.

1 Идентификация электродвигателя в электросети

Задачи идентификации и диагностики электродвигателей относятся к задачам классификации, когда определяется принадлежность входного набора данных из нескольких ранее известных классов электродвигателей или типов неисправностей. Среди существующих средств классификации данных достаточно распространены нейронные сети, которые характеризуются хорошей устойчивостью к шумам, малым временем обучения, адаптированностью.

В общем случае процесс идентификации электродвигателя представлен на рисунке 1.1, где аналоговый сигнал от электродвигателя (значение токов), превращается в цифровой с помощью аналого-цифрового преобразователя (получение спектра тока с использованием преобразования Фурье), после чего происходит программный процесс идентификации.

Процесс идентификации с использованием аппарата нейросетей на примере работы программного комплекса можно представить функциональной схемой, показанной на рисунке 1.2.

Перед процессом идентификации любого объекта лежит обязательная процедура запоминания набора основных его характеристик, на основе которых происходит процедура идентификации. В данном методе основными характеристиками электродвигателя являются его максимальные значения амплитуд на соответствующих частотах (характерные частоты).

В процессе исследования спектрального шума электродвигателей было замечено, что максимальные значения амплитуд частот изменяются с течением времени в некотором диапазоне и имеют постоянную среднюю величину. Поэтому входными данными как при обучении, так и при идентификации являются диапазоны частот с максимальным значением амплитуды, т. е. из массива спектрального шума $U[m]$ можно найти диапазон частот $[m-p, m]$, в которых со

временем устанавливаются максимальные значения амплитуд.

$$Ser = \max(U[m]) / p,$$

где p – ширина (точность) диапазона, Ser – среднее значение амплитуд, m – очередная частота.

Таким образом, максимальные значения амплитуд для соответствующего двигателя находятся в диапазоне $[U_{\min}; U_{\max}]$, где U_{\min} и U_{\max} – минимальные и максимальные значения амплитуд, которые могут возникать на любой частоте диапазона $[m-p, m]$ двигателя и являются его основным свойством.

В процессе обучения нейронной сети входной выборкой является диапазон частот $[m-p, m]$, а обучающей выборкой является среднее значение амплитуд.

Таким образом, нейросеть запоминает характерный след электродвигателя, который он оставляет в электросети в процессе своей работы. Нейросеть в данной работе (рисунок 1.3) представляет собой элементарный перцептрон Розенблата с внутренним слоем нейронов количеством 100 и слоем входных нейронов, количество которых меняется в зависимости от диапазона изменения максимальных значений амплитуд. Но путем проведения экспериментов было установлено, что в среднем количество частот, на которых амплитуды принимают максимальные значения, составляет 4.

В процессе идентификации электродвигателя входной сигнал после преобразования Фурье подается в качестве входной тестовой выборки в нейронную сеть и сравнивается с результатом на выходе, т. е. если выполняется следующее условие, то двигатель идентифицирован:

$$U[m] = Ser.$$

2 Повышение качества распознавания электродвигателя в сети

С целью повышения показателя эффективности распознавания электродвигателя в электросети предложено использовать статистический корректирующий коэффициент θ , который учитывает физические особенности электрооборудования и рассчитывается следующим образом:

$$\theta = \left| \left(\sum_{i=1}^n \delta_i \right) / n \right|,$$



Рисунок 1.1 – Структурная схема процесса идентификации двигателя

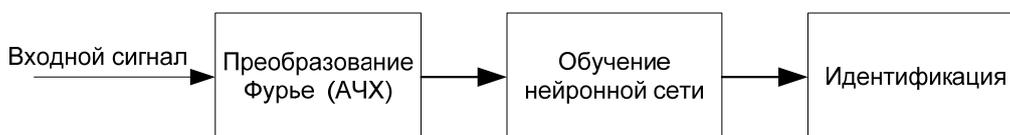


Рисунок 1.2 – Структурная схема работы программной части

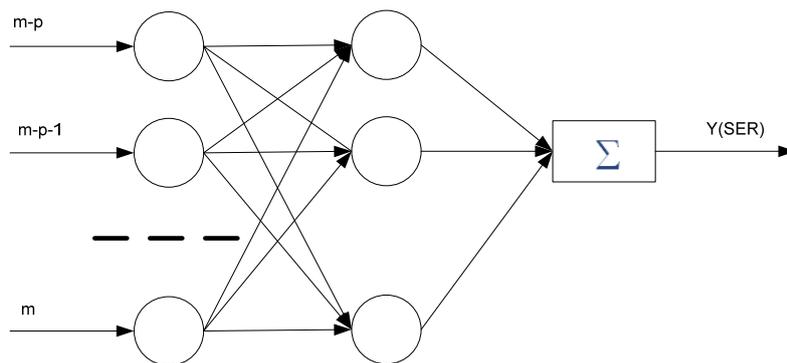


Рисунок 1.3 – Структура нейронной сети

где n – количество частот, которые идентифицируют электродвигатель, δ – дисперсия.

Таким образом, условие идентификации электродвигателя имеет следующий вид:

$$U[m] = Ser \pm \delta.$$

С целью практического подтверждения предложенного критерия был сделан ряд экспериментальных исследований, в результате чего получены реальные спектральные характеристики для трех одинаковых АД с КЗР переменного тока (рисунок 2.1), имеющие следующие характеристики: $U_n = 220$ В, $F_n = 50$ Hz, $n = 600$ об/мин.

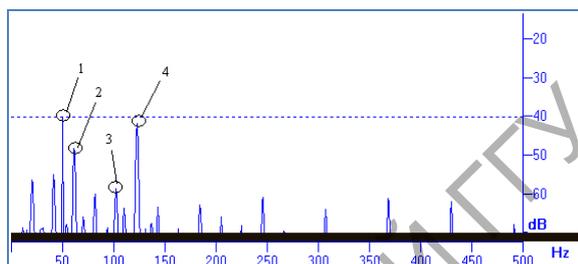


Рисунок 2.1 – Пример спектрального шума электродвигателя №1 (1 – частота питающей сети (50 Hz), 2, 3, 4 – характерные частоты, т. е. частоты которые идентифицируют электродвигатель)

В результате проведенных замеров были получены следующие значения характерных частот: частоты, которые характеризуют электродвигатель №1 составляют: 53 Hz, 101 Hz, 124 Hz; частоты, которые характеризуют электродвигатель №2: 75 Hz, 125 Hz, 151 Hz; частоты, которые характеризуют электродвигатель №3: 55 Hz, 100 Hz, 122 Hz.

Итак, для данного случая статистический корректирующий коэффициент для характерных частот составил $\theta \approx 14$ Hz. В процессе идентификации предложенных электродвигателей процент

распознавания составил 95% из 20 попыток с корректирующим коэффициентом и 76% без него.

Заключение

На сегодняшний день самым распространенным методом идентификации и диагностики является спектр-токовый анализ на основе преобразования Фурье.

Метод спектр-токового анализа с использованием нейронных сетей позволяет достаточно хорошо идентифицировать электродвигатели мощностью до 1000 Вт при наличии входного сигнала, полученного с обычного осциллографа, звуковой карты и других АЦП.

Данный метод позволяет идентифицировать в электросети несколько электродвигателей. На основе полученных результатов целесообразно проводить исследования по идентификации электродвигателей больших мощностей и идентификации повреждений их деталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кравченко, В.М. Техническое диагностирование механического оборудования / В.М. Кравченко, В.А. Сидоров. – Донецк : 2006. – 330 с.
2. Остапенко, Д.А. Проблема качественного электроснабжения / Д.А. Остапенко // Новости электротехники. – 2007. – № 4 (46). – С. 17–18.
3. Петухов, В.С. Диагностика состояния электродвигателей на основе спектрального анализа потребляемого тока / В.С. Петухов, В.А. Соколов // Новости электротехники. – 2005. – № 1 (31). – С. 23–24.
4. Fault detection of broken rotor bars in induction motor using a global fault index / G. Didier [et al.] // IEEE Transactions on Industry Applications. – 2006. – Vol. 42. – P. 79–88.

Поступила в редакцию 05.04.13.