РАЗДЕЛ VII. ЭНЕРГЕТИКА

Баширова Э.М., Попов Н.К., Овчинникова А.Ю., Иванов П.А., Канарев Е.П.

**Применение искусственных нейронных сетей в задачах диагностики
электродвигателей**

*Филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет» в г. Салавате
(Россия, Салават)*

doi: 10.18411/lj-12-2020-87

ids: lj-12-2020-87

Аннотация

В данной статье описывается возможность использования искусственных нейронных сетей в системах мониторинга и оценки технического состояния электродвигателей, приводящих в движения механизмы и агрегаты в различных отраслях промышленности, рассматриваются достоинства и перспективы применения данного вида диагностики.

Ключевые слова: электродвигатель, нейронная сеть, диагностика, техническое состояние, дефект, спектральный анализ, виброакустический анализ

Abstract

This article reviews the possibility of using artificial neural networks in monitoring and evaluating the technical position systems for electric motors that drive mechanisms and assemblies in various industries, discusses the advantages and prospects of using this type of diagnostics.

This article outlines the possibility of using the joint operation of the fuel cell and the solar battery for electro supply, and its possible application and prospects in various industries as well.

Keywords: electric motor, neural network, diagnostics, technical position, fault, spectral analysis, vibroacoustic analysis

Введение

На данный момент в отраслях промышленности (в том числе и нефтегазовой), требующих непрерывность технологического процесса, значительное внимание уделяется повышению надежности работы оборудования. Поскольку в подавляющих случаях оборудование на промышленных производствах приводится в движение электродвигателями, то, следовательно, для обеспечения надежной работы двигателей и связанного с ним оборудования необходимо проводить непрерывную диагностику их текущего состояния. Асинхронные электрические двигатели, преимущественно применяющиеся в производствах, являются достаточно надежными и эффективными, однако и в их работе могут появляться различные дефекты и неисправности, которые могут привести к аварийным ситуациям, которые, в свою очередь, могут повлечь угрозу жизни человеку, расстройству сложного технологического процесса и значительные экономические убытки. Поэтому для исключения данных ситуаций существует необходимость в разработке и внедрение эффективной системы мониторинга технического состояния электродвигателей.

Современные методы и диагностики электрических двигателей

На сегодняшний день наиболее применяющимися системами диагностики электродвигателей в промышленности являются:

- система, основанная на виброакустическом анализе вращающихся частей электродвигателя и приводимого им оборудования;
- система, основанная на спектральном анализе токов и напряжений, потребляемых электродвигателем.

Для осуществления виброакустического анализа применяются специальные датчики вибрации, устанавливаемых в электрической машине, как правило, в крышках электродвигателя, и реагирующих на вибрационные явления и регистрирующих их. Затем принимая и анализируя сигналы с вибродатчиков, можно выявить повышенную вибрацию и различные механические дефекты, возникающих в электродвигателях, таких как неисправность подшипников, дисбаланса валов электродвигателя. Основными методами вибродиагностики являются анализ общего уровня вибрации и частотный анализ. На рисунке 1 показан частотные спектры дефектов, полученные путем измерения вибрации.

Рисунок 1 – Дефекты при вибродиагностике

К главным недостаткам вибродиагностики относятся высокая стоимость данной системы оценки технического состояния, сложность установки датчиков в электрическую машину, невозможность обнаружения и определения многих видов дефектов, в особенности электрических неисправностей, которые могут стать причиной отказа электродвигателя и сложность обнаружения зарождающихся дефектов [1].

Поэтому все большую популярность в оценке технического состояния электродвигателей набирают методы, основанные на спектральном анализе электрических параметров, таких как потребляемые токи и напряжение электродвигателем.

Суть данных методов состоит в непосредственном измерении данных параметров, преобразовании полученного аналогового сигнала в цифровой и последующее получение частотного спектра посредством применения быстрого преобразования Фурье. Доказано, что изменения технического состояния электродвигателя вызывают ЭДС (в частности противо-ЭДС), частоты которых не совпадают с частотой сети [1]. Отсюда обнаружение в спектрах токов и напряжений двигателя, частот с определенной амплитудой, отличных от основной частоты 50 Гц, может указывать на то, что в электродвигателе и приводимом им оборудовании существуют повреждения в электрической или механической части. Так, например, на рисунке 2 показан частотный спектр тока при межвитковом замыкании.

Рисунок 2 – Спектр тока при межвитковом замыкании в обмотке статора

Преимуществами использования спектрального анализа по электрическим параметрам являются относительная простота установки измерительных устройств (непосредственно в клеммной коробке электродвигателя или на щите, секции или сборке, от которых происходит питание двигателя) и возможность выявлять с высокой точностью практически все виды повреждений двигателей [2]. Тем не менее, при всех достоинствах данной системы диагностики, из-за появления гармоник сигнала при различных помехах в электрической сети, от которой происходит питание электродвигателя, возможно ложное заключение об его техническом состоянии. Поэтому при применении такой системы мониторинга необходимо обеспечить достоверное распознавание неисправностей и исключение факторов, которые могут привести к неверному результату диагностики.

Применение искусственных нейронных сетей

Современные программно-аппаратные комплексы, позволяющие обрабатывать большие потоки данных, также имеют возможность использовать в микроконтроллерах такие технологии, как применение нечетких множеств, искусственного интеллекта и нейронных сетей.

Искусственные нейронные сети представляют собой специальные вычислительные структуры и математические модели, состоящие из огромного количества простейших элементов, так называемых искусственных нейронов, по принципу действия схожими с биологическими нейронами [3]. Нейрон принимает входящие сигналы, обрабатывает их и передает результат на многие другие искусственные нейроны, т.е. принцип работы такой системы похож с нервной системой человека. Схема нейронной сети показана на рисунке 3.

Рисунок 3 – Схема нейронной сети

Нейронные сети возможно обучить определенному алгоритму действий и, таким образом, добиться от нее желаемого результата. Они позволяют проводить сравнение математических моделей объектов, находящихся в исходном состоянии, с математическими моделями этих объектов при изменении их параметров, свойств и выявлять данные изменения. К тому же нейронные сети дают возможность прогнозировать изменения объекта, строить зависимость одного параметра от другого в виде полинома и тем самым обеспечить обнаружение скрытых зависимостей, которые невозможно определить при непосредственных измерениях. Еще одним достоинством нейронных сетей является способность распознавания образов, т.е. диагностика технического состояния по различным критериям схожа с процессом распознавания образов, поэтому при применении искусственных нейронных сетей можно достичь более высоких и достоверных результатов диагностики.

Таким образом, возможно производить оценку технического состояния путем сравнения математической модели двигателя, находящего в исправном состоянии по различным критериям (вибрации, частотные спектры токов, напряжений, температура) с математическими моделями двигателя, отличными от исходной, свидетельствующие о наличии дефектов в нем. Предварительно обученная нейронная сеть при обнаружении несоответствия моделей производит анализ, обнаруживает по критериям причину и вид неисправности, составляет образ и выводит результат диагностики и прогноз о дальнейшей эксплуатации [4]. Схема такой диагностики с использованием нейронных сетей показана на рисунке 4.

Рисунок 4 – Структурная схема диагностики электродвигателей с помощью нейронных сетей

Заключение

Практическое применение нейронных сетей для оценки и прогнозирования технического состояния электрических двигателей значительно упрощают процесс диагностики, так как они являются мощным средством распознавания образов для выявления неисправностей и дефектов, а также могут формировать прогнозные оценки технического состояния объекта исследования.

1. Баширов М.Г., Чурагулов Д.Г. Интеллектуальная система управления техническим состоянием и энергетической эффективностью машинных агрегатов нефтегазового производства с электрическим приводом // Промышленная энергетика, 2019, № 6. – 32-41 с.
2. Баширов М.Г., Прахов И.В. Современные методы оценки технического состояния и прогнозирования ресурса безопасной эксплуатации насосно-компрессорного оборудования с

- электрическим приводом // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии, 2010, № 3(11). – 7-14 с.
3. Бабокин Г. И., Шпрехер Д. М. Применение нейронных сетей для диагностики электромеханических систем // ГИАБ. 2011. №S4. [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-neyronnyh-setey-dlya-dagnostiki-elektromehaniческих-sistem> (дата обращения: 19.11.2020).
4. Баширов М.Г., Самородов А.В., Чурагулов Д.Г., Абдуллин А.А. Разработка программно-аппаратного комплекса для оценки технического состояния машинных агрегатов с электрическим приводом // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2012, № 6. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.ogbus.ru/authors/SamorodovAV/SamorodovAV_1.pdf/ (дата обращения: 20.11.2020).

Бойкова А.В., Усова А.В., Баклушина И.В.

Компенсаторы в тепловых сетях

*Сибирский государственный индустриальный университет
(Россия, Новокузнецк)*

doi: 10.18411/lj-12-2020-88

idsp: lj-12-2020-88

Аннотация

Данная статья посвящена компенсаторам в теплоснабжении. В работе рассмотрены виды компенсационных устройств применяемых в тепловых сетях. Проанализированы принципы работы основных видов компенсаторов. Выявлены их достоинства и недостатки.

Ключевые слова: компенсатор, радиальный компенсатор, осевой компенсатор, радиальные устройства, гибкие устройства, сальниковый компенсатор, антивибрационные компенсаторы.

Abstract

This article focuses on the expansion joints in the heating. The paper considers the types of compensation devices used in heat networks. The principles of operation of the main types of compensators are analyzed. Their advantages and disadvantages are revealed.

Keywords: compensator, radial compensator, axial compensator, radial devices, flexible devices, stuffing box compensator, anti-vibration compensators.

Трубопроводные системы в отраслях ЖКХ и системах теплоснабжения часто подвергаются воздействию различных факторов, которые могут снизить уровень безаварийности эксплуатации. Применяются такие способы внешней защиты, как нанесение антикоррозионных покрытий на трубопровод, изоляция и утепление труб. А обеспечение сохранности трубопровода от внутренних деформаций (температурные колебания, перепады давления) осуществляется с помощью специальных устройств — компенсаторов.

Компенсаторы — это устройства обладающие способностями гашения деформаций, возникающих в трубопроводной системе по причине изменений температуры, давления и других показателей.

В наше время существует много различных компенсаторов, о большей их части будет рассказано ниже.

По принципу работы компенсаторы можно разделить на две группы:

- 1) радиальные и гибкие устройства, воспринимающие удлинения теплопроводов изгибом (плоских), кручением (пространственных) криволинейных участков труб или изгибом специальных эластичных вставок различной формы;
- 2) осевые устройства скользящего и упругого типов, в которых удлинения воспринимаются телескопическим перемещением труб или сжатием пружинящих вставок.