

Образование дефектов и изменение состава поверхности связывается с миграцией ионов под действием приложенного потенциала, аналогично наблюдавшемуся в работе [3] и последующей электрохимической коррозией.

Работа выполнена в рамках гранта министерства образования 20211250.

Заключение

Проведенные исследования подтвердили, что потенциально индуцированная деградация приводит к значительным структурным изменениям поверхности кремниевых фотоэлементов. Учет этих факторов необходим для прогнозирования срока службы и повышения надежности фотоэлектрических модулей.

Список использованных источников.

1. Luo W. et al. Potential-induced degradation in photovoltaic modules: a critical review // *Energy & Environmental Science*. – 2017. – Vol. 10. – № 1. – P. 43–68.

2. Барайшук С.М. и др. Изучение потенциально индуцированной деградации элементов для оптических ИК-газоанализаторов // МССЭ материалы XI Междунар. н. конф. – Мн., 2024. – С. 23–27.

3. Ташлыков И. и др. Состав, структура и морфология поверхности кремния, модифицированного ионно-динамическим перемешиванием // *Przeglad Elektrotechniczny*. – 2008. – Т. 84. – № 3. – С. 111–113.

УДК 519.87

Нефедов С.С., ст. преподаватель,

Павлович И.А., ст. преподаватель, Есипович М.И., студент
Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ АКУСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Переход к предиктивному обслуживанию электрооборудования является ключевым трендом современной энергетики. В контексте диагностики асинхронных электродвигателей это требует перехода от ручного анализа данных к их автоматизированной интеллектуальной обработке. Искусственные нейронные сети демонстрируют

выдающуюся эффективность в решении задач классификации и прогнозирования, что делает их перспективным инструментом для раннего обнаружения большинства дефектов асинхронного электродвигателя [1].

Акустический анализ сигналов является перспективным методом диагностики состояния асинхронных электродвигателей. Акустические сигналы, создаваемые асинхронным двигателем, являются результатом сложного взаимодействия различных физических процессов. Звук, создаваемый электродвигателем, содержит информацию о его механическом и электромагнитном состоянии. Любой развивающийся дефект модулирует соответствующий уникальный акустический сигнал, обладающий характерными признаками. Задача диагностики заключается в том, чтобы выделить эти признаки на фоне шума и помех среды.

В исследованиях [1, 2] показано, что искусственные нейронные сети (ИНС) обладают способностью к решению задач классификации сложных нелинейных данных, в частности акустических сигналов. Они позволяют автоматизировать процесс распознавания дефектов.

Предварительная обработка звуковых сигналов включает следующие этапы:

- фильтрация: удаление низкочастотных составляющих, подавление высокочастотных помех, полосовая фильтрация в интересующей области частот;

- нормализация: приведение амплитуды к единому диапазону, учет расстояния до источника звука;

- сегментация: разделение сигнала на временные окна, наложение окон с перекрытием.

Для анализа акустических сигналов используются различные методы спектрального анализа:

- быстрое преобразование Фурье: вычисление амплитудного спектра, анализ фазового спектра;

- коротко-временное преобразование Фурье: получение спектрограмм, анализ временно-частотных характеристик;

- вейвлет-анализ: многомасштабный анализ сигналов, выявление локальных особенностей.

Для классификации дефектов необходимо выделение информативных признаков:

- статистические признаки: среднее значение, дисперсия, энтропия, моменты высших порядков;
- спектральные признаки: доминирующие частоты, соотношения гармоник, ширина полосы частот;
- временные признаки: автокорреляционная функция, межпиковые интервалы.

Для автоматического выделения признаков и классификации акустических образов различных дефектов предлагается применить сверточные нейронные сети (CNN). Для обучения и валидации модели создается датасет акустических сигналов от асинхронного двигателя в различных состояниях: исправное состояние, дефект подшипника, дисбаланс ротора, межвитковое замыкание статора и др. Запись звука производится с помощью измерительного микрофона с высокой частотой дискретизации в условиях фонового шума. Для создания адекватной модели необходимо записать не менее 1000 семплов длительностью 5 секунд каждого состояния, аналогично тому, как предложено в [3]. Сырые аудиосигналы напрямую подаются на вход нейронной сети. Она использует преобразование сигнала в форму, пригодную для обработки. В CNN используется коротко-временное преобразование Фурье. Данный метод позволяет получить спектрограммы – двумерные изображения, где по осям отложены время, частота и амплитуда. Датасет разделяется на обучающую (70%), валидационную (20%) и тестовую (10%) выборки. Обучение проводится в течение нескольких тысяч эпох. При этом значение потерь на тренировочной и валидационной выборках различаются незначительно. Одной из особенностей такого набора данных и обучения является создание модели, устойчивой к шуму.

Заключение

Акустическая диагностика на основе нейронных сетей представляет собой перспективное направление в области непрерывного мониторинга технического состояния асинхронных электродвигателей. Сочетание бесконтактного характера измерений, возможности дистанционного мониторинга и высокой точности распознавания дефектов делает этот метод привлекательным для широкого внедрения в промышленности. Дальнейшее развитие метода связано с совершенствованием алгоритмов анализа, расширением функциональности и интеграцией с существующими системами мониторинга. Это позволит создать комплексные системы

предиктивного обслуживания, способные значительно повысить надежность и эффективность промышленного оборудования.

Список использованных источников

1. Петров А.Н., Петрова Е.В. Применение нейронных сетей для диагностики электромеханических систем // Инженерный вестник. – 2020. – № 5. – С. 45–54.

2. Сидоров И.К. Автоматизация распознавания дефектов оборудования электрических сетей с помощью искусственных нейронных сетей // Электротехника. – 2019. – № 12. – С. 28–34.

3. Tamilselvan, P., Wang, P. Failure diagnosis using deep belief learning based health state classification // Reliability Engineering & System Safety. – 2013. – Vol. 115. – P. 124–135.

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант № T25УЗБ-024).

УДК 53:378.147.091.32

**Соболь¹ В.Р., д.ф.-м.н., профессор, Михалкович¹ О.М., к.ф.-м.н.,
Барайшук² С.М., к.ф.-м.н., доцент**

*¹Белорусский государственный педагогический университет
имени Максима Танка, г. Минск*

*²Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск*

МАГНИТОАНИЗОТРОПНЫЕ СРЕДЫ В ЯВЛЕНИИ ДВОЙНОГО ПРЕЛОМЛЕНИЯ СВЕТА

Солнечная энергетика занимает важное место в обеспечении электрической энергией объектов АПК, особенно достаточно уделенных от линий электропередач. Фундаментальная подготовка как самих специалистов энергетиков, так и тех, кто сможет их обучить представляется не менее важным процессом. Традиционное представление раздела общей физики по профилю волновой оптикой включает явление двойного преломления света. Эффекты Фарадея, Коттона-Мутона реализуемые в присутствии внешнего магнитного поля зиждятся на антисимметрии тензора магнитной проницаемости. Непосредственно магнитная проницаемость, как характери-