

УДК 621.313.333

КОНТРОЛЬ МЕЖВИТКОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ В ОБМОТКЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Д. В. МИРОШ

Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Беларусь

Рассмотрен контроль межвитковых замыканий (далее – МКЗ) в асинхронных электродвигателях (далее – АЭД). Оценка состояния АЭД является важной задачей, что связано с их большим распространением в промышленности, на транспорте и в других сферах жизнедеятельности людей. По некоторым данным, представленным в [1], около половины от всей потребляемой энергии приходится именно на АЭД, доля которых составляет около 80 % от всех электрических двигателей.

Известно, что МКЗ является основной причиной неисправности АЭД. При МКЗ изоляция обмотки нарушается и происходит ее пробой между витками, что впоследствии может привести к выходу из строя электрической машины [2, 3], а в худшем случае – к нештатным аварийным ситуациям.

Согласно данным в [3, 4], более чем три неисправности из четырех приходится на МКЗ, что свидетельствует о необходимости разработки и применения современных методов по диагностике. Также в [5] были приведены ряд обоснований, анализ причин неисправностей электродвигателей, используемых на железнодорожном подвижном транспорте, а также некоторая корректировка общего хода исследования, связанная с высокой долей выхода из строя АЭД по причине неисправности подшипников.

Для исследования МКЗ можно выбрать несколько путей реализации: постановка опытов на натуральных образцах АЭД; моделирование процессов при помощи схемы замещения; моделирование в сторонних программных комплексах (Multisim, Ansys и др.). Разработка модели в программном обеспечении Ansys позволяет с достаточно высокой проработкой оценить не только электромеханические процессы, происходящие в электродвигателе, но и тепловые. Смоделированный образец можно прорабатывать как для оценки его характеристик и сравнения их с натурными образцами, так и для совершенствования конструкции, что и было сделано в ходе исследования.

Однако любая модель (в том числе и схема замещения), независимо от сложности, является виртуальным образцом, что накладывает некоторые ограничения. Данных ограничений можно избежать лишь опытным путем на реальных образцах. Вдобавок, такой подход позволяет получить большое число данных по натурным испытаниям, что послужит ценной информацией для современных технологий обработки. Предлагается использование сверточных

нейронных сетей, что позволяет обрабатывать данные в графическом виде. Разработанная сверточная нейронная сеть реализована в библиотеке TensorFlow для языка Python 3.10.

На данном этапе отработано проведение МКЗ на двигателях малой мощности в диапазоне 0,12...1,5 кВт для трех вариантов подключения АЭД: по схеме «треугольник»; «звезда с изолированной нейтралью»; «звезда с нулевым проводом». Для примера на рис. 1 приведены исследования токов в трех фазах, протекающих в момент МКЗ по каждой из обмоток статора АЭД.

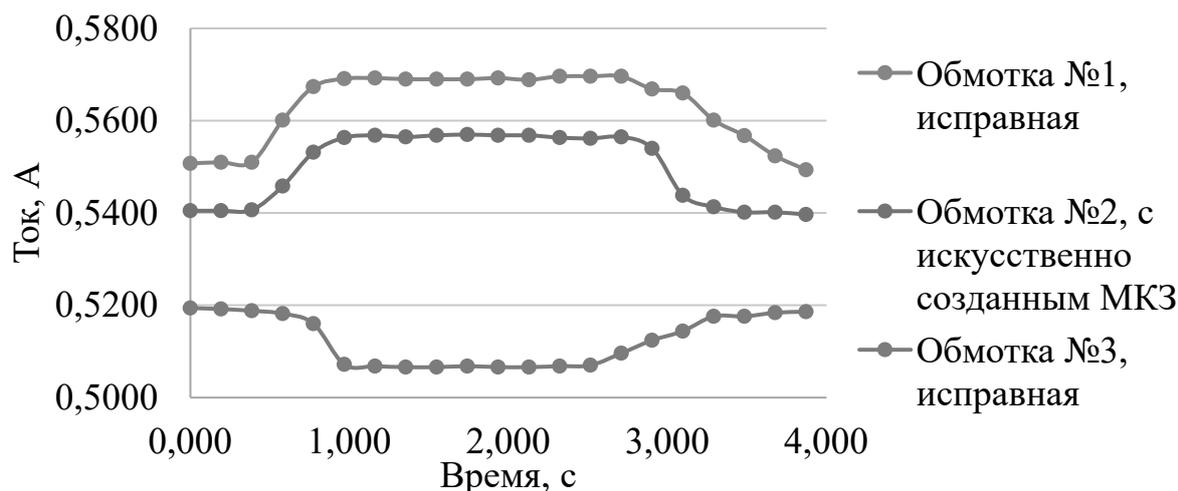


Рис. 1. Распределение токов в обмотках статора в момент протекания МКЗ

Данный график построен по средним значениям большой выборки данных для схемы «звезда с изолированной нейтралью». В ходе опытов на других АЭД изначальная небольшая разность, заметная на графике в левой части по токам в фазах, является нормой. Использование значений тока может послужить одним из факторов классификации МКЗ для сверточной нейронной сети.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Галушко, В. Н.** Электрические машины: учебно-методическое пособие / В. Н. Галушко, В. А. Пацкевич. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 242 с.
2. **Саргсян, С. В.** Оценка состояния изоляции обмотки двигателя при воздействии влаги / С. В. Саргсян // Вестн. НПУА. – 2019. – № 2. – С. 52–59.
3. **Воробьев, В. Е.** Прогнозирование срока службы электрических машин: Письменные лекции / В. Е. Воробьев, В. Я. Кучер. – Санкт-Петербург: СЗТУ, 2004. – 56 с.
4. **Bonnett, A. H.** Cause and analysis of stator and rotor failures in three-phase squirrel-cage induction motors / A. H. Bonnett, G. C. Sonknp // IEEE Trans. Industry Applications. – 1992. – Vol. 28, № 4. – P. 921–937.
5. **Мирош, Д. В.** Анализ неисправностей асинхронных двигателей железнодорожной отрасли и их диагностика на базе искусственного интеллекта / Д. В. Мирош, В. Н. Галушко, И. Л. Громько // Энергоэффективность. – 2023. – № 4 (306). – С. 30–32.