

УДК 621.314

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕТИ RESNET-18

И. Л. ГРОМЫКО, В. Н. ГАЛУШКО, В. А. ПАЦКЕВИЧ

Научный руководитель Д. В. ЕРМОЛЕНКО, д-р техн. наук, проф.

Белорусский государственный университет транспорта

Гомель, Беларусь

Диагностика трансформаторов сегодня довольно долгое и затратное мероприятие. Часто необходимо провести целый ряд непростых испытаний, т. к. современные методы диагностики не всегда однозначно указывают на место и вид дефекта. Надёжность электрической машины в значительной степени определяется надёжностью обмоток, которая, в свою очередь, зависит от состояния изоляции. Изоляция работает в сложных, часто весьма неблагоприятных условиях. В процессе эксплуатации электрических машин, а также во время их хранения и транспортировки, они подвергаются разнообразным внешним воздействиям, приводящим с течением времени к прогрессирующему ухудшению свойств изоляции.

Одним из наиболее распространённых следствий ухудшения свойств изоляции являются межвитковые короткие замыкания (МКЗ). При межвитковом замыкании изоляция обмотки нарушается и происходит её пробой между витками, что впоследствии может привести к выходу из строя трансформатора.

Авторами был предложен и внедрён метод определения МКЗ на основе свёрточных нейронных сетей.

Для обнаружения МКЗ была разработана нейронная сеть на основе свёрточной нейронной сети ResNet-18. Для обучения данной свёрточной нейронной сети использованы осциллограммы тока намагничивания, которые преобразуются в изображения (рис. 1). Также данные изображения использовались для тестирования свёрточной нейронной сети.



Рис. 1. Примеры изображения графиков нормального состояния трансформатора (а) и с МКЗ (б)

Для создания изображений для обучения нейронной сети используется следующий алгоритм.

1. Создаётся массив значений тока, полученных с осциллографа и токоизмерительных клещей.

2. Из каждой позиции массива данных берётся 200 следующих значений, которые отправляются в функцию создания изображения.

3. Функция создания изображения с помощью библиотеки `matplotlib` создаёт

график и сохраняет его в png-файл.

4. Функция обрезки изображения с помощью библиотеки Pil-low обрезает изображение и меняет его размер на приемлемый для нейронной сети.

5. Изображения случайным образом распределяются по папкам train, val и test в соотношении 75 : 24 : 1 соответственно.

В папках train, val и test находятся изображения для обучения, валидации и тестирования нейросети соответственно.

Алгоритм повторяется для трёх файлов с данными (нормальное состояние, межвитковое короткое замыкание первичной обмотки и межвитковое короткое замыкание вторичной обмотки).

Для упрощения разработки взята за основу и дообучена нейронная сеть ResNet-18. Для обучения нейросети и анализа изображений используется python-библиотека torch.

Нейронная сеть принимает на вход чёрно-белые изображения размером 240×175 пикселей и имеет три выхода, означающие нормальное состояние, межвитковое короткое замыкание первичной обмотки и межвитковое короткое замыкание вторичной обмотки соответственно.

Данные преобразуются в тензоры и нормализуются, после чего начинается обучение и сохранение обученной нейронной сети в pth-файл.

Обучение происходит в девять эпох, результаты которых показаны в табл. 1.

Табл. 1. Результаты обучения

Эпоха	Обучение		Валидация	
	Потери	Точность	Потери	Точность
1	0,025	0,997	0,0178	0,9976
2	0,0142	0,9984	0,0123	0,9984
3	0,0098	0,9989	0,0099	0,9989
4	0,08	0,9991	0,0082	0,9987
5	0,0065	0,9991	0,0075	0,9987
6	0,0059	0,9989	0,0064	0,9992
7	0,005	0,999	0,006	0,9992
8	0,0043	0,9994	0,0054	0,9992
9	0,0038	0,9992	0,0051	0,9992

В результате обучения получена нейронная сеть, способная распознавать межвитковые короткие замыкания с вероятностью 99,92 %.

Использование свёрточных нейронных сетей в режиме реального времени позволяет классифицировать различные отклонения, диагностировать виды пред-аварийного и аварийного состояния. Данная система повышает надёжность электроэнергетических систем, т. к. с помощью нейронных сетей можно отследить неисправности трансформатора в момент их возникновения, что позволит предотвратить различные аварийные ситуации, а проведенные исследования позволят разработать нейронную сеть, которая будет распознавать данные неисправности.