

УДК 621.311

РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ RESNET-18 ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ МЕЖВИТКОВЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В ОДНОФАЗНОМ ТРАНСФОРМАТОРЕ

Громько И. Л., Монархович И. Е.

УО «Белорусский государственный университет транспорта»
Гомель, Республика Беларусь

Аннотация. Разработана нейронная сеть ResNet-18 для диагностики и раннего обнаружения межвитковых коротких замыканий в однофазных трансформаторах. Применение данной нейронной сети позволит в режиме реального времени, не выводя оборудование из работы, анализировать информацию по осциллограммам тока холостого хода и классифицировать короткие замыкания.

Ключевые слова: трансформатор, нейронная сеть, диагностика, алгоритм, межвитковые короткие замыкания.

DEVELOPMENT OF RESNET-18 NEURAL NETWORK FOR DIAGNOSTICS OF INTER-TURN FAULTS IN SINGLE-PHASE TRANSFORMER

Hramyka I., Monarhovich I.

Belarussian State University of Transport
Gomel, Republic of Belarus

Abstract. ResNet-18 neural network has been developed for diagnostics and early detection of inter-turn faults in single-phase transformers. Application of this neural network will allow to analyze information on no-load current oscillograms and classify short circuits in real-time mode without taking the equipment out of operation.

Key words: transformer, neural network, diagnostics, algorithm, inter-turn short circuits.

Адрес для переписки: Громько И. Л., ул. Громовой, 3–27, г. Гомель 246030, Республика Беларусь
e-mail: ivangrom1995@gmail.com

Диагностика трансформаторов сегодня – довольно долгое и затратное мероприятие. Часто необходимо провести целый ряд непростых испытаний, так как современные методы диагностики не всегда однозначно указывают на место и вид дефекта. Надежность электрической машины в значительной степени определяется надежностью 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 распространенных следствий ухудшения свойств изоляции являются межвитковые короткие замыкания (МКЗ). При межвитковом замыкании изоляция обмотки нарушается и происходит ее пробой между витками, что впоследствии может привести к выходу из строя трансформатора.

Авторами был предложен и внедрен метод определения межвитковых на основе сверточных нейронных сетей [1].

Для обнаружения МКЗ была разработана нейронная сеть на основе сверточной нейронной сети ResNet-18, для обучения которой использовались осциллограммы тока намагничивания, которые преобразовывались в изображения (рисунок 1), использованные затем для тестирования сверточной нейронной сети.

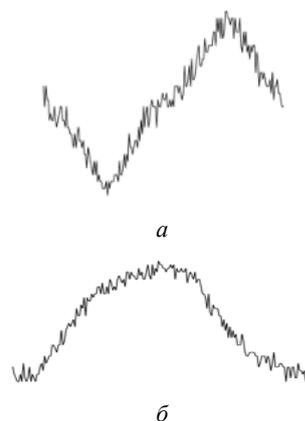


Рисунок 1 – Пример изображения с графиком нормального состояния трансформатора (а), с МКЗ (б)

Для создания изображений для обучения нейронной сети используется следующий алгоритм:

1. Создается массив значений тока, полученных с осциллографа и токоизмерительных клещей.
2. Из каждой позиции массива данных берется 200 следующих значений, которые отправляются в функцию создания изображения.
3. Функция создания изображения с помощью библиотеки Matplotlib создает график и сохраняет его в png-файл.
4. Функция обрезки изображения с помощью библиотеки Pillow 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 трех файлов с данными (нормальное состояние, межвитковое короткое замыкание первичной обмотки и межвитковое короткое замыкание вторичной обмотки).

Нейронная сеть принимает на вход черно-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 rth-файл.

Обучение происходит в 9 эпох, результаты которых показаны в таблице.

Таблица – Пример оформления таблицы

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 сверточных нейронных сетей в режиме реального времени позволяет классифицировать различные отклонения, диагностировать виды предаварийного и аварийного состояния. Результаты испытаний для сухих трансформаторов по каждому из повреждений позволили выявить наиболее значимо изменяющиеся параметры экспериментально и создать технологию с применением диагностического оборудования для однозначной классификации дефекта по существующим признакам.

Данная система повышает надежность электроэнергетических систем, так как с помощью нейронных сетей можно отследить неисправности трансформатора в момент их возникновения, что позволит предотвратить различные аварийные ситуации. Наши исследования позволят разработать нейронную сеть, которая будет распознавать данные неисправности.

Литература

1. Hramyka, I. Development of Software and Hardware for Identification of Interturn Short Circuit in Single-Phase Transformers / I. Hramyka // Third International Conference on Power, Control and Computing Technologies (ICPC2T), Raipur, India. – 2024. – P. 241–246.

УДК 621.365

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ МЕДИЦИНСКОГО ОДЕЯЛА

Губайдуллина А. В., Смирнова С. В., Благовещенский А. Н.

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ»
Казань, Российская Федерация

Аннотация. Представлены результаты разработки информационно-измерительной системы контроля параметров медицинского одеяла в системе воздушного обогрева пациентов.

Ключевые слова: информационно-измерительная система, медицинское одеяло, температурный датчик, микроконтроллер.

DEVELOPMENT OF AN INFORMATION AND MEASURING SYSTEM FOR MONITORING THE PARAMETERS OF A MEDICAL BLANKET

Gubaidullina A., Smirnova S., Blagoveshchensky A.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI
Kazan, Russian Federation

Abstract. The article presents the results of developing an information and measuring system for monitoring the parameters of a medical blanket in a patient air heating system.

Key words: information and measuring system, medical blanket, temperature sensor, microcontroller.

Адрес для переписки: Смирнова С. В., ул. Ак. Глушко, 20А-83, г. Казань 420100, Российская Федерация
e-mail: sv.smirnova@gmail.com

Гипотермия (переохлаждение) является распространенной проблемой в современной медицинской практике. Во время операций гипотермия может развиваться из-за нескольких факторов:

длительного воздействия низких температур в операционной, использование охлажденных инфузий и недостаточной теплоизоляции пациента. В послеоперационный период гипотермия вызывает