

УДК 621.314

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ МЕЖВИТКОВЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В ОДНОФАЗНЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ

Громько И.Л., Мирош Д.В., Монархович И.Е.

*УО «Белорусский государственный университет транспорта»
Гомель, Республика Беларусь*

Аннотация. Разработано программное обеспечение для диагностики и раннего обнаружения межвитковых коротких замыканий в однофазных трансформаторах железнодорожной отрасли. Применение данного программного обеспечения позволит в режиме реального времени, не выводя оборудование из работы, анализировать информацию, классифицировать различные отклонения и межвитковые короткие замыкания.

Ключевые слова: трансформатор, нейронная сеть, диагностика, алгоритм, межвитковое короткое замыкание.

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR IDENTIFICATION OF INTER-TURN FAULTS IN SINGLE-PHASE TRANSFORMERS

Hramyko I.L., Mirosh D.V., Monarhovich I.E.

*Belarusian State University of Transport
Gomel, Republic of Belarus*

Abstract. Software for diagnostics and early detection of inter-turn faults in single-phase transformers in the railway industry has been developed. The application of this software will make it possible to analyse information, classify various deviations and inter-turn faults in real time 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, кв. 27, г. Гомель, 246030, Республика Беларусь
e-mail: ivangromyko95@mail.ru*

Разработка системы оценки технического состояния трансформаторов в системе железнодорожного тягового электроснабжения линий сигнализации, централизации, блокировки, предприятий железнодорожных электрических сетей (ПЭ и АБ) и на подстанциях является актуальной задачей. На сегодняшний день более 50 % трансформаторов системы электроснабжения железнодорожной отрасли страны отработали установленный срок службы – 25 лет, согласно ГОСТ 11677-85 [1].

Необходимо отметить, что за прошедшие годы была проделана большая работа по созданию методов диагностики трансформаторного оборудования, позволяющих при комплексном их применении адекватно оценить состояние обследуемого объекта с надежностью, достигающей 98 % [2]. Однако, несмотря на это, количество трансформаторов, «доживающих» до отказов по причине термохимического старения твердой изоляции, составляет по разным источникам от 7 % до 20 % [3]. То есть причиной отказа от 80 % до 93 % трансформаторов являются различные своевременно не выявленные дефекты. Данная ситуация обусловлена низкой эффективностью традиционной схемы диагностики.

Статистика по выходу из строя трансформаторов на Барановичском отделении БелЖД с 2014 по 2022 гг. указывает, что основной причиной выхода из строя являлись короткие замыкания (33,3 %),

обрывы в обмотках (22,2 %), грозовые перенапряжения (16,7 %) и другие неустановленные причины (27,8 %).

В данной работе представлена программа, детектирующая межвитковые замыкания и другие неисправности в трансформаторах, алгоритм которой представлен на рисунке 1.

Данная программа перед инициализацией получает информацию (напряжения, токи, активные мощности и коэффициенты мощностей) с энергометров PZEM-004T-100A, которые подключены обмоткам трансформатора, и формирует изображения на основе зависимости отношения данных величин между первичной и вторичной обмотками от времени [4]. Далее изображения поступают на четыре сверточные нейронные сети, каждая из которых классифицирует изображения по своим параметрам: напряжения, токи, активные мощности и коэффициенты мощностей.

Каждая нейронная сеть на выходе выдает номер класса, к которому относится неисправность трансформатора. К классу 1 относятся изображения с МКЗ на первичной обмотке, а к классу 2 – на вторичной. Класса 2 для отношений токов и активных мощностей и коэффициентов мощностей не существует, так как характер изменений этих отношений одинаков вне зависимости от местоположения МКЗ.

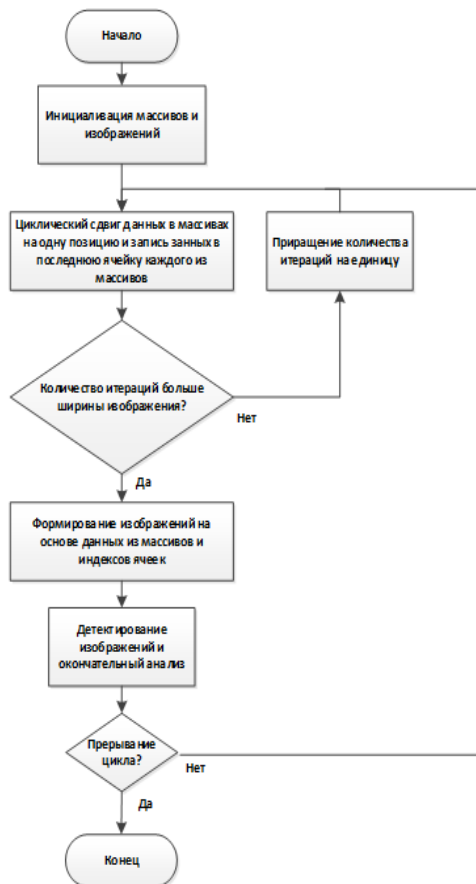


Рисунок 1 – Алгоритм работы программы

После детектирования изображений тремя нейронными сетями производится окончательный анализ.

Если вторая и третья (или четвертая) нейронные сети выдали «1», то алгоритм делает вывод о наличии межвиткового замыкания. С помощью первой нейронной сети выявляется примерное местоположение данной неисправности. В противном случае – межвиткового замыкания не обнаружено.

Испытания проводились в Барановичской дистанции сигнализации и связи и Барановичской дистанции электроснабжения БелЖД, на трансформаторах ПРТ-А и ТС-280Р, которые используются в системах железнодорожной автоматики, телемеханики и связи.

Эксперименты проводились как в режиме холостого хода, так и в режиме работы трансформатора под нагрузкой.

Результаты эксперимента под нагрузкой представлены на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, при наличии межвиткового замыкания, мощность, сила тока и коэффициент мощности на первичной обмотке выше, чем в нормальном состоянии.

Преимущества данной программы заключаются в том, что нет необходимости отключать и демонтировать трансформатор для проведения испытаний. Так же данная программа позволяет контролировать состояние трансформатора, что позволяет выявить момент возникновения межвиткового короткого замыкания.

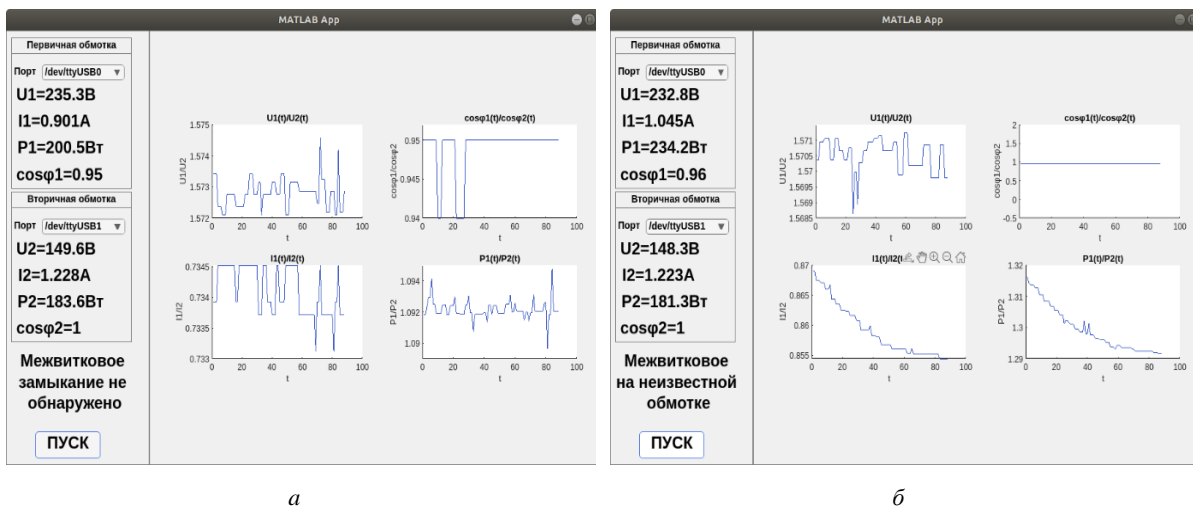


Рисунок 2 – Испытание трансформатора под нагрузкой, в момент его включения при его нормальном состоянии (а) и при межвитковом замыкании (б)

Литература

1. Трансформаторы силовые. Общие технические условия : ГОСТ 11677-85. – 2002. – 39 с.
2. Монастырский, А.Е. Техничко-экономические проблемы диагностики трансформаторного оборудования / А.Е. Монастырский, В.И. Бунин, Я.А. Евдокимов // Методы и средства оценки состояния энергетического оборудования. – 2005. – Вып. 28. – С. 367–372.

3. Попов, Г.В. Алгоритм комплексной диагностики трансформаторов / Г.В. Попов, Ю.Ю. Рогожников // Электрические станции. – 2003. – № 8. – С. 54–59.
4. Пехота, А. Н. Диагностика трансформаторов с помощью сверточных нейронных сетей / А.Н. Пехота, В.Н. Галушко, И.Л. Громыко // Энергоэффективность. – 2021. – № 2. – С. 30–36.