

дится анализ информации для классификации таких повреждений, как межвитковые замыкания, междуфазные короткие замыкания, дефекты межлистовой изоляции магнитопровода, местное замыкание пластин стали и «пожар» в стали.

Применение нейромоделирования в диагностике систем обеспечения энергообеспечения позволит контролировать состояние трансформаторов в режиме реального времени, не выводя трансформатор из работы, что предоставляет дополнительные возможности в обеспечении низкого уровня безаварийности и соблюдения режимов бесперебойного электроснабжения сопровождающимся, как правило, значительными экономическими и экологическими издержками или реальным ущербом для потребителей. При этом затраты на внедрение данной технологии нейромоделирования относительно невелики (например, применение одноплатных компьютеров), а эффективность от применения будет существенной.

#### Л и т е р а т у р а

1. Шерязов, С. К. Классификация факторов, влияющих на витковые замыкания в трансформаторах напряжением 6–10/0,4 кВ / С. К. Шерязов, А. В. Пятков // Вестн. КрасГАУ. – 2014. – № 7.
2. Воробьев, В. Е. Прогнозирование срока службы электрических машин: Письменные лекции / В. Е. Воробьев, В. Я. Кучер. – СПб. : СЗТУ, 2004. – 56 с.

### **ДИАГНОСТИКА ТРАНСФОРМАТОРОВ С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРНОГО УЧЕТА ДАННЫХ И СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

**И. Л. Громыко, В. О. Белькин**

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет  
транспорта», г. Гомель*

Научный руководитель В. Н. Галушко

Неотъемлемым элементом при централизованном электроснабжении является трансформатор. Выход из строя силового трансформатора может привести к созданию аварийных ситуаций, перебоям электроснабжения, массовому недоотпуску продукции. Поэтому контроль состояния трансформатора является важной задачей.

В связи с этим данная статья посвящена диагностике различных дефектов трансформатора и способам их классификации с помощью нейронных сетей.

Основные неисправности силовых трансформаторов:

1. Межвитковые замыкания. Основными причинами возникновения межвитковых замыканий в трансформаторе являются старение изоляции, перенапряжения или низкая организация производства и эксплуатации.

2. Местное замыкание пластин стали (пожар в стали). Это явление заключается в чрезмерном нагреве вихревыми токами какой-либо части магнитопровода вследствие нарушения изоляции между листами стали или между магнитопроводом и стягивающими его шпильками.

3. Наличие примесей в трансформаторном масле. В масле содержится около 70 % информации о состоянии маслonaполненного оборудования. Это нерастворенные вещества, содержащиеся в масле в виде осадка или во взвешенном состоянии, например, волокна, пыль, продукты растворения. Другие примеси появляются в масле после внутренних повреждений трансформатора, например, электрической дуги, мест перегревов, в виде обуглившихся частиц.

В связи с этим разработан комплексный подход анализа данных с помощью приборного учета в режиме реального времени. В качестве основных параметров выступают температура, вибрация и задымленность.

В результате эксперимента были получены результаты, представленные на рис. 1–3.

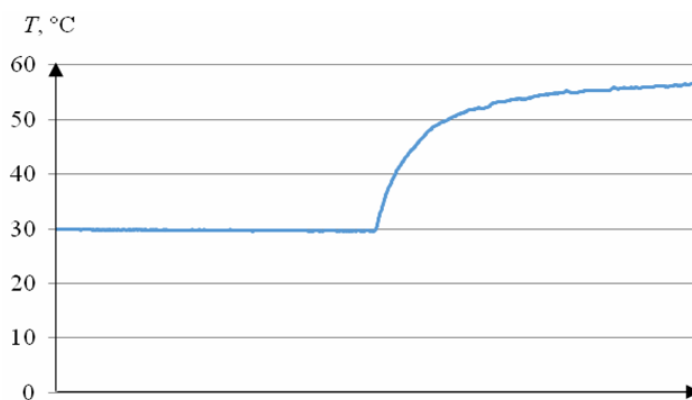


Рис. 1. График зависимости температуры при МКЗ

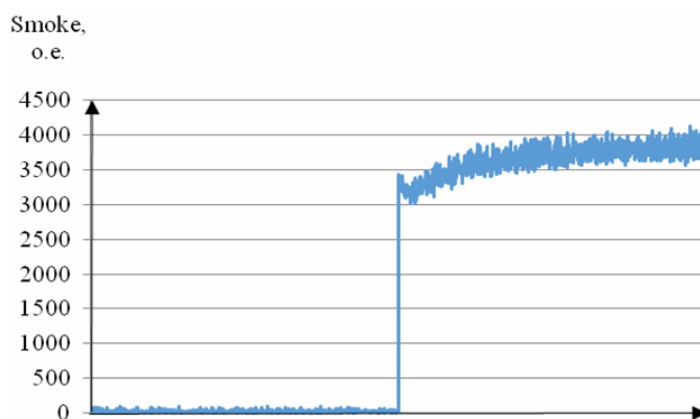


Рис. 2. График зависимости концентрации дыма при МКЗ

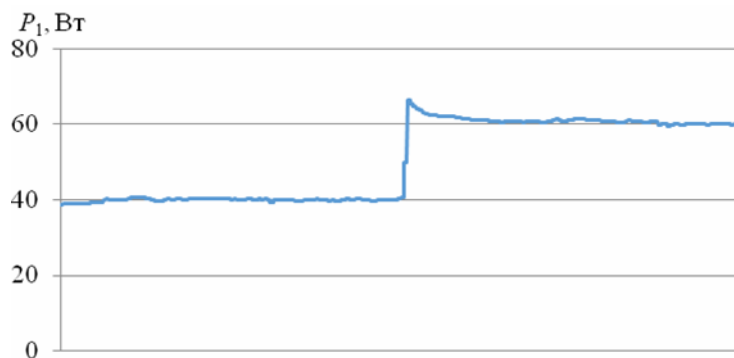


Рис. 3. График зависимости активной мощности при МКЗ

В ходе эксперимента результаты опыта показали, что при местном замыкании пластин стали отклонений от нормального режима работы трансформатора, не наблюдалось.

Научная новизна материала статьи заключается в практическом применении сверточных нейронных сетей, которые в режиме реального времени анализируют информацию, не выводя трансформатор из работы, что предоставляет дополнительные возможности в обеспечении низкого уровня безаварийности и соблюдения режимов бесперебойного электроснабжения. При этом затраты на внедрение данной технологии нейромоделирования относительно невелики (например, применение одноплатных компьютеров), а эффективность от применения будет существенной.

Практическая значимость заключается в снижении неплановых отказов и заблаговременном предупреждении о развитии повреждения.

Необходимо также отметить, что практически все существующие измерения дефектов требуют отключения трансформаторов, что представляется более затратным и менее оперативным. Поэтому применение датчиков, соответствующих параметрам трансформатора для нейромодели, позволит анализировать данные без отключения и указывать на ранней стадии наличие повреждений. Это снизит количество неплановых отказов, позволит оперативно принять меры для устранения повреждения и укажет на конкретный вид дефекта.

### **ПРИМЕНЕНИЕ КРИТЕРИЯ «УРОВЕНЬ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ» ПРИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ КАБЕЛЕЙ**

**Е. А. Жук**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Н. В. Грунтович

Согласно современным тенденциям развития определения состояния кабелей, все чаще начинают применять методики неразрушающего контроля, которые не оказывают влияния на состояние изоляции при выполнении испытаний.

Методика диагностики кабельных линий (КЛ) на территории Республики Беларусь описана в СТП 33243.20.366-16. Согласно этому документу (п. 32.17), периодичность испытаний назначается главным инженером в соответствии с состоянием кабеля. Также рекомендуется применять описанные методы диагностики в дополнение к периодическим испытаниям, проводимым на КЛ. Для получения более точной оценки состояния изоляции кабелей необходимо применять в комплексе методики, описанные в п. 32.17 «Диагностика КЛ 6–10 кВ». В нем описаны следующие методики: определение уровня частичных разрядов (ЧР); коэффициент абсорбции; коэффициент поляризации; тангенс угла диэлектрических потерь.

Согласно статистике, полученной в 2014 г., которая была составлена филиалом РУП «Могилевэнерго» Могилевскими электрическими сетями, можно наблюдать, что достаточно большой процент отключений приходится на кабели, которые не отработали свой нормативный срок службы. В 2014 г. произошло 44 % аварийных отключений кабелей, которые не отработали свой нормативный срок службы, а для замены нет никаких обоснований (рис. 1).