

Использование методов машинного обучения в исследовании параметров силовых маслонаполненных трансформаторов распределительных сетей

А.Р. Галяутдинова, И.В. Ившин

Казанский государственный энергетический университет

В статье рассмотрена возможность использования методов машинного обучения – метода регрессии с целью изучения параметров силовых маслонаполненных трансформаторов распределительных сетей. Объектом исследования являются параметры силового маслонаполненного трансформатора ТМН-6300 35/6(10) кВ:

- результаты хроматографического анализа масла;
- разрядная активность;
- влагосодержание масла;
- вибрация;
- температура бака;
- температура контактных соединений вводов;
- срок службы.

На рисунке 1 представлен алгоритм исследования параметров силового маслонаполненного трансформатора.



Рисунок 1. Алгоритм исследования

На первом этапе осуществляется сбор и обработка данных, полученных из системы мониторинга, установленного на силовом трансформаторе. Система мониторинга состоит из контрольно-измерительных приборов и датчиков (газоанализатор Intellix GLA 100, система мониторинга TDM-10, датчики температуры RF-Sens, WDM-T, датчики вибрации ИВД-3Ц-3, программируемый логический контроллер Wiren board 6), которые в режиме реального времени регистрируют параметры и передают на web-сервер. Далее формируется база данных по выбранным параметрам. На третьем этапе проводится предобработка и визуализация данных с помощью метода машинного обучения – метода регрессии. По результатам третьего этапа можно выявить новые зависимости параметров силового трансформатора. Однако необходимо учесть и внешние параметры, как температура окружающей среды, влажность воздуха, нагрузка силового трансформатора. Визуализация данных помогает интерпретировать полученные данные и наглядно выявить зависимости параметров (рис. 2,3).

Для работы с данными применяется язык программирования Python. Этот язык программирования широко используется в интернет-приложениях, разработке программного обеспечения, науке о данных и машинном обучении.

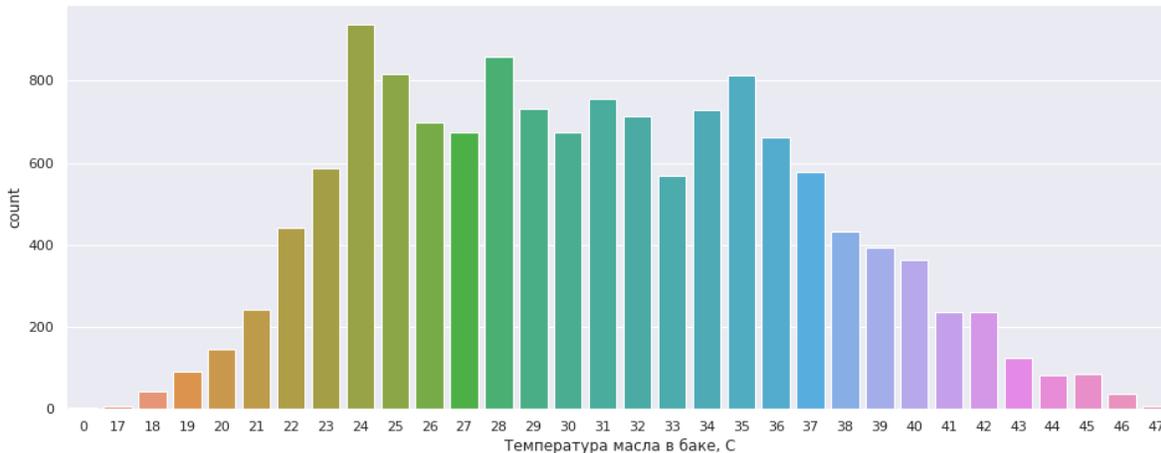


Рисунок 2. Распределение температуры масла в баке в течение 47 дней.

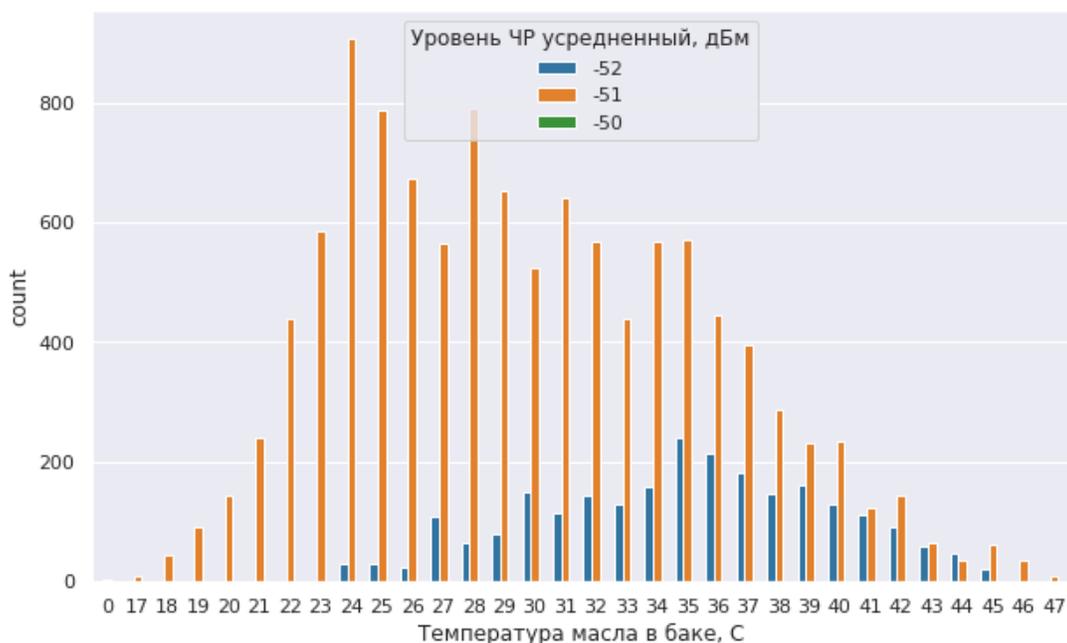


Рисунок 3. Зависимость уровня частичных разрядов от температуры масла в баке

Следовательно, при исследовании параметров силового маслонаполненного трансформатора возможно применить методы машинного обучения, что существенно сокращает время на обработку данных и может выявить новые закономерности параметров. Машинное обучение автоматизирует процесс обработки данных, применимо в условиях неоднородности и большого объема данных. Таким образом, исследование позволяет оценить состояние силового маслонаполненного трансформатора и выявить новые закономерности, что помогает повысить точность и эффективность оценки. Актуальность работы отражается в программе ПАО «Россети» Цифровая трансформация 2030».

Литература

1. Vladimirov O., Galyautdinova A., Ivshin I. Equipment and data transmission system for express analysis of the technical condition of the main equipment of the 35/6(10)kV transformer substation // Lecture Notes in Civil Engineering. 2022. V. 190. P. 122-134.
2. Галяутдинова, А., Низамиев М. Корреляционный анализ параметров силового

трансформатора // Тинчуринские чтения - 2022 «Энергетика и цифровая трансформация»: Сборник статей по материалам конференции. В 3-х томах, Казань, 27–29 апреля 2022 года / Том 1. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. С. 178-182.

3. *Khalyasmaa A., Matrenin P., Eroshenko S.* Averaged Errors as a Risk Factor for Intelligent Forecasting Systems Operation in the Power Industry // Proceedings of the 2021 Ural-Siberian Smart Energy Conference, USSEC 2021. P. 192-196.

УДК 621.396.2

Особенности разрабатываемого стандарта IEEE 802.15.4ab

К.Д. Титов, Ю.Г. Петров, А.О. Караичева

Воронежский государственный университет

В настоящее время перспективным направлением развития беспроводных сетей является использование широкополосных и сверхширокополосных (СШП) сигналов. Это обусловлено тем, что они обеспечивают высокую помехоустойчивость канала связи, позволяют повысить скрытность и скорость передачи данных, а также допускают одновременную работу многих абонентов в общей полосе частот [1]. СШП сигналы активно используются в системах связи, работающих в соответствии со стандартом IEEE 802.15.4-2020 [2], в котором реализована технология сверхширокой полосы пропускания – ultra-wideband (UWB). Особенностью этой технологии является использование импульсных сигналов для достижения полосы частот более 500 МГц.

Стандарт IEEE 802.15.4-2020 предназначен для построения персональных беспроводных сетей передачи данных с низкими скоростями – Low Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPAN) с использованием стационарных или мобильных устройств. Он разработан для удовлетворения требований к крайне низкому энергопотреблению и точному определению дальности между устройствами на небольших (до десятков метров) расстояниях.

Последняя редакция стандарта IEEE 802.15.4 была опубликована в июле 2020 года. Она включила в себя шесть дополнений, выпущенных к предыдущей редакции от 2015 года. Вместе с ней в августе 2020 года было выпущено новое дополнение, IEEE 802.15.4z-2020 [3], вносящее изменения в физический уровень и подуровень управления доступом к среде (MAC-подуровень) для обеспечения более точных и энергоэффективных процедур определения дальности и позиционирования.

Особенности стандарта IEEE 802.15.4-2020 и его дополнений были исследованы в работе [4]. Дополнение IEEE 802.15.4ab сосредоточено на проблеме совместного функционирования узкополосных и сверхширокополосных сигналов в одной системе связи, благодаря чему планируется повысить энергетические резервы и энергоэффективность приёмопередающих устройств. Это решение связано в первую очередь с ограничениями на излучаемую мощность СШП-систем, установленными Федеральной комиссией по связи (FCC) и Европейским институтом телекоммуникационных стандартов (ETSI) [5]. Согласно ограничениям, спектральная плотность мощности излучаемого сигнала не должна превышать $-41,3$ дБм/МГц, что для канала связи с шириной 500 МГц означает максимальную излучаемую мощность в 37 мкВт. Повышение излучаемой мощности приведёт к повышению энергетических резервов, соответственно увеличению отношения сигнал/шум (ОСШ), а также улучшению качества связи и дальности передачи данных. Для этого в дополнении предлагается осуществлять передачу части пакета с помощью узкополосных сигналов, а части – с помощью СШП-импульсов, как и в базовом стандарте IEEE 802.15.4-2020.

В частности, в работах [6] предлагается передавать узкополосным сигналом пакет со служебной информацией: последовательностями для синхронизации по времени и частоте, расписанием передачи кадров и т.п. Полезные данные предлагается передавать с помощью СШП-импульсов, разбив на короткие последовательности, энергией не более 37 нДж, с периодом следования 1 мс. При таком способе передачи средняя излучаемая мощность не будет превышать