

4. Выводы

Силовой трансформатор является очень важным оборудованием в энергосистеме, поэтому следует контролировать частичный разряд трансформатора и своевременно диагностировать его. Основываясь на многих преимуществах метода оптического обнаружения частичных разрядов (оптоволоконное зондирование), были проведены некоторые исследования оптоволоконного зондирования, которое можно было бы использовать для контроля частичного разряда и внести положительный вклад в повышение надежности мониторинга безопасности энергосистемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волоконно-оптические датчики. Вводный курс для инженеров и научных работников. Под ред. Э. Удда. Москва: Техносфера, 2008. - 520 с.

2. Информационно-измерительная техника и технология на основе волоконно-оптических датчиков и систем: монография - СПб: ИВА, ГРОЦ Минатома, 2005. - 191 с.

Авторы:

Клочкова Наталья Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет». Закончил электротехнический факультет ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» в 1996 году. E-mail: klochkova.nata@yandex.ru.

Гречушкин Данила Витальевич, студент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» электротехнического факультета ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет». E-mail: dannickk@mail.ru.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СБОЕВ РАБОТЫ АВТОМАТИКИ ДУГОГАСЯЩЕГО РЕАКТОРА

Дементий Ю.А., ООО «Релематика», г. Чебоксары, Россия
Николаев К.П., ООО «Релематика», Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, Россия

Аннотация. В данной работе применяется метод обнаружения аномалий для определения сбоев работы автоматики дугогасящего реактора. В качестве алгоритма используется одноклассовая машина опорных векторов (OneClass SVM). Данный алгоритм справился с обнаружением смоделированных сбоев в работе реактора, что подтверждается проведёнными тестами.

Ключевые слова: обнаружение аномалий, автоматика, дугогасящий реактор, машинное обучение.

Введение

Для компенсации ёмкостных токов в сетях 6-35 кВ применяются дугогасящие реакторы (ДГР). ДГР представляет собой катушку индуктивности, индуктивность которой настраивается в резонанс с ёмкостью сети. Мерой компенсации ёмкостного тока служит расстройка. [1]

Цель автоматики управления ДГР – настройка индуктивности реактора таким образом, чтобы величина расстройки компенсации удовлетворяла требованиям [2]. При разработке новых алгоритмов настройки реактора становится всё сложнее отслеживать все возможные варианты развития событий, которые могут произойти в реальности, а, следовательно, и предсказывать появление сбоев в работе автоматики. Метод, предлагаемый в данной работе, может быть использован для контроля работы интеллектуального устройства, описанного в [3], а именно сигнализировать о появлении сбоев в работе или же о необходимости начала настройки.

Обнаружение аномалий

Обнаружение аномалий представляет собой поиск редких событий или наблюдений, которые отличаются от большинства данных. В задаче обнаружения аномалий нашли применения алгоритмы машинного обучения. Они восстанавливают модель

случайного распределения, из которого могли быть сгенерированы данные, и выделяют те данные, которые не характерны смоделированному распределению. Наиболее известные методы:

- Одноклассовая машина опорных векторов (One-Class SVM);
- Изолирующий лес (Isolation Forest);
- Эллипсоидальная аппроксимация данных (Elliptic Envelope).

В данной работе применяется одноклассовая машина опорных векторов [4]. Она представляет собой модель, которая описывает исследуемый класс. Также указывается вероятное количество выбросов в рассматриваемом наборе данных.

Для использования One-Class SVM необходимо сформировать выборку «нормальных» данных. Для этого составлена математическая модель работы реактора. Пример работы показан на рис. 1.

Смоделированы изменения значения расстройки за пределы диапазона $[-1,1]$ и процесс настройки реактора. Сплошной линией показано изменение истинного значения расстройки, жирными точками – измеренные значения расстройки (зашумленные значения истинной расстройки), тонкими точками – границы интервала $[-1,1]$.

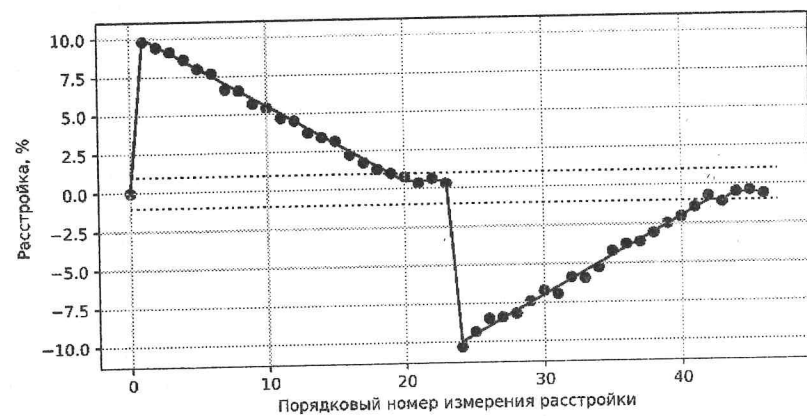


Рис. 1. Моделирование работы автоматики

В качестве признаков выбраны:

- величина изменения расстройки между двумя последовательными измерениями;
- команда автоматики, соответствующая текущему измерению расстройки:

0 – значение расстройки расположено внутри диапазона $[-1, 1]$, настройка реактора не требуется;

1 – значение расстройки превышает 1, наблюдается недокомпенсация. Необходимо увеличить ток реактора, чему будет соответствовать уменьшение значения расстройки;

-1 – значение расстройки меньше -1, наблюдается перекомпенсация. Необходимо уменьшить ток реактора, чему будет соответствовать увеличение значения расстройки.

Необходимо отметить, что выбраны два признака лишь для наглядности работы алгоритма. По своей природе алгоритмы машинного обучения инвариантны к количеству признаков.

На рис. 2 показана выборка и результат работы алгоритма. Тёмная область соответствует нормальной работе автоматики, всё остальное – ненормальные режимы работы.

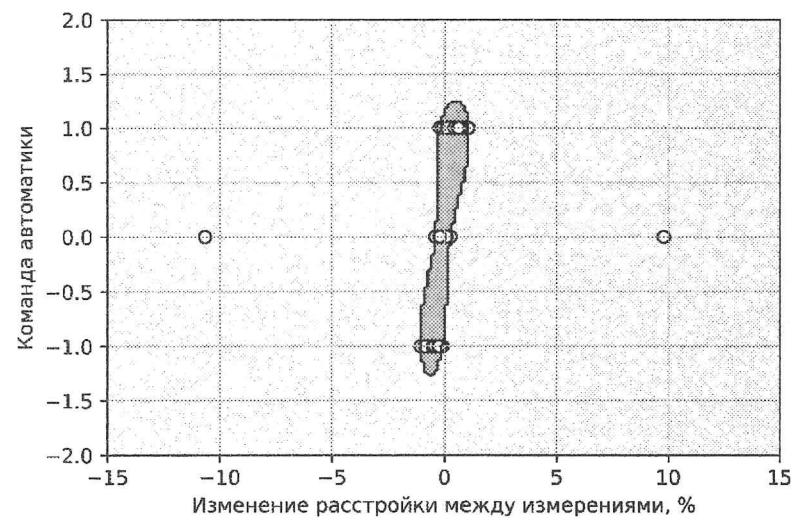


Рис. 2. Выборка и результат работы алгоритма

Тестирование

Для проведения теста смоделированы сбои в работе реактора. Моделируются две ситуации:

Автоматика работает верно, но измерения расстройки сильно зашумлены, поэтому автоматика не способна работать нормально (рис. 3).

Автоматика работает неверно: перепутаны команды «увеличить ток реактора» (команда 1) и «уменьшить ток реактора» (команда 2) (рис. 4).



Рис. 3. Моделирование первого теста



Рис. 4. Моделирование второго теста

Результаты работы алгоритма обнаружения аномалий показаны на рис. 5 и рис. 6. Чёрными точками — действия, которые алгоритм определил, как аномалии, белые — действия, соответствующие нормальной работе автоматики. Как видно, алгоритм отклассифицировал, что большинство измерений во время тестов считались аномальными, что соответствует моделируемым ситуациям.

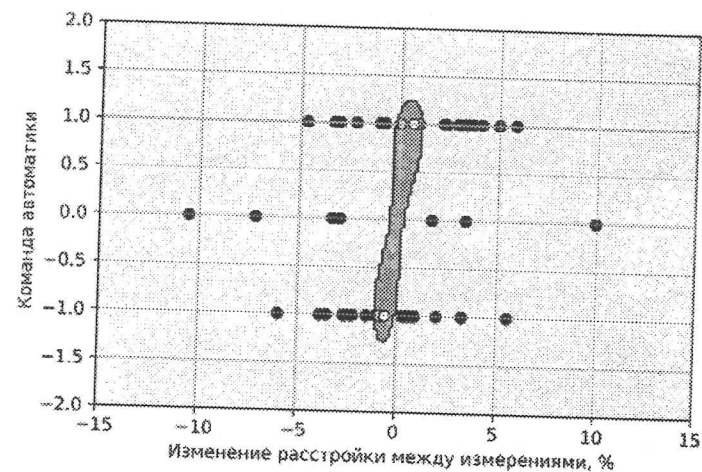


Рис. 5. Результаты на первом тесте

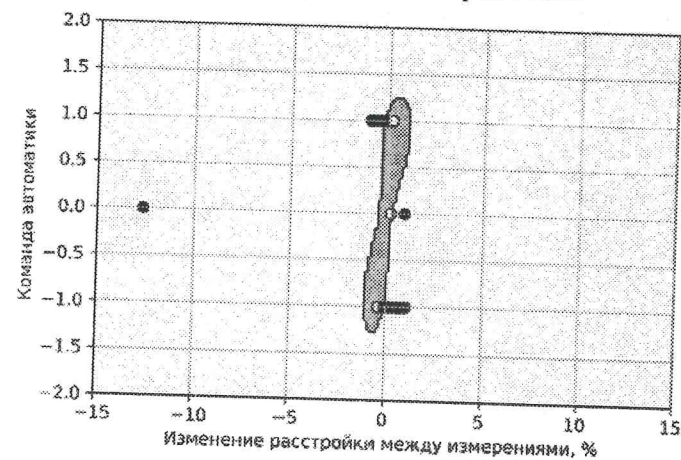


Рис. 6. Результаты на втором тесте

Заключение

Применение алгоритмов машинного обучения для обнаружения аномалий позволяет находить сбои в работе реактора, например, одноклассовая машина опорных векторов.

В качестве информации о действиях автоматики были выбраны два ключевых признака: изменение значения расстройки между двумя последовательными измерениями и команда автоматики. Для улучшения качества определения сбоев необходимо воспользоваться большим количеством признаков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ванштейн Р.А. Режимы заземления нейтрали в электрических системах: учеб. пособие / Р.А. Ванштейн, Н.В. Коломиец, В.В. Шестакова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 118 с.
2. СТО 34.01-3.2-008-2017 Реакторы заземляющие дугогасящие 6-35кВ. Общие технические требования. Стандарт организации ПАО «Россети».
3. Дементий Ю.А., Шорников Е.В. Совершенствование методов и алгоритмов настройки плунжерных ДГР: обзор методов и постановка задачи // Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности: материалы III Междунар. науч.-техн. конф. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2019. С. 255–261.
4. Schölkopf B., Platt J.C., Shawe-Taylor J., Smola A., Williamson R.C. Estimating the Support of a High-Dimensional Distribution // Neural Computation, 13 – 2001 – pp. 1443-1471.

Авторы:

Дементий Юрий Анатольевич, кандидат технических наук, руководитель группы ООО «Релематика». Окончил электроэнергетический факультет Вологодского государственного университета в 2015 году. В 2018 году защитил кандидатскую диссертацию на тему «Методы и средства компенсации полного тока однофазного замыкания на землю в распределительных сетях». E-mail: dementiuy.u.a@gmail.com

Николаев Кирилл Петрович, студент факультета энергетики и электротехники Чувашского государственного университета им И.Н. Ульянова по направлению «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», техник-исследователь ООО «Релематика». E-mail: nikolaev.kirill.p@mail.ru.

ТРЕХУРОВНЕВЫЙ КОНВЕРТОР ДЛЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

Быков К.В., Павлов Ю.В., ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия

Лазарева Н.М., ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия

Аннотация. Рассматривается DC-DC преобразователь для питания систем телекоммуникаций станций и подстанций, приводятся имитационная модель и временные диаграммы токов и напряжений однофазного трехуровневого конвертора.

Ключевые слова: трехуровневый конвертор, имитационное моделирование в Simulink, диаграммы токов и напряжений.

Устройства релейной защиты и автоматики, элементы систем управления, телекоммуникации и связи, входящие в систему собственных нужд станций и подстанций, являются приемниками электроэнергии, электроснабжение которых осуществляется либо от сети переменного тока через преобразовательные устройства силовой электроники, либо от независимого источника энергии – аккумуляторной батареи. Стремительное развитие цифровизации экономики требует получения все более полной и оперативной информации, в связи с чем развитие систем телекоммуникации станций и подстанций является актуальной задачей. Расширение функций и увеличение мощностей телекоммуникационного оборудования требует разработки источников постоянного напряжения, обладающих высокими энергетическими показателями. Выполнить стабилизацию напряжения, обеспечить требуемый уровень пульсаций при высоком КПД источника питания позволяет трехуровневый преобразователь [1–3]. Инверторы напряжения, выполненные по трехуровневой схеме, применяются в источниках, работающих на высокой частоте коммутации силовых ключей, когда важным становится обеспечение режима переключений транзисторов при нуле напряжения и нуле тока, улучшающего их динамические характеристики. Одним из возможных схемотехнических решений такого преобразователя является трехуровневый инвертор с неуправляемым выпрямителем на выходе, принципиальная схема