

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

КАЗАНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
БЕЛОРУССКИЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОНОМИКА В ЭНЕРГЕТИКЕ

Материалы Международной
научно-практической конференции

27 апреля 2023 года



ПОЛИТЕХ-ПРЕСС

Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Санкт-Петербург
2023

ББК 65:31

С56

Современные технологии и экономика в энергетике : материалы Международной научно-практической конференции, 27 апреля 2023 г. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – 184 с.

В сборнике опубликованы статьи ведущих ученых и преподавателей университетов России и Белоруссии, руководителей и специалистов отечественных и зарубежных промышленных и энергетических предприятий, студентов, аспирантов и молодых ученых университетов России и Белоруссии.

Конференция организована тремя крупнейшими университетами России и Белоруссии, реализующими подготовку специалистов в области энергетики и энергосбережения, а именно Санкт-Петербургским политехническим университетом Петра Великого, Казанским государственным энергетическим университетом и Белорусским национальным техническим университетом.

В материалах сборника рассмотрены актуальные проблемы экономики энергетики, энергосбережения, менеджмента в энергетике, современные технологии в энергетике, аспекты ядерной энергетики, а также цифровые технологии в энергетике и промышленности.

Ответственный за выпуск – канд. экон. наук, доц. *О. В. Новикова*

Редакторы: *Р. С. Киреев, С. С. Каюкова*

Печатается по решению

Совета по издательской деятельности Ученого совета

Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

ISBN 978-5-7422-8194-8

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2023

Выводы. Конкурентоспособность России зависит от эффективности взаимовыгодного сотрудничества и обмена технологиями. Уровень цифровизации отрасли является приоритетным направлением для инвестиций. Экономическое сотрудничество между странами является последствием геополитических решений и общемировых тенденций энергетического рынка.

Несмотря на вызовы, стоящие перед энергетическим сектором, он продолжает трансформацию и поддерживает отечественную экономику, а развитие IT-технологий играют в этом процессе жизненно важную роль, без которых нет будущего.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аналитический журнал Economist [Электронный ресурс]: <https://www.economist.com/finance-and-economics/2022/12/29/in-2022-russia-kept-the-economic-show-on-the-road> (дата обращения: 10.04.2023).
2. Смирнов Е. Н. Эскалация антироссийских санкций и ее последствия для глобальной экономики // Российский внешнеэкономический вестник. 2023. № 2. С. 80-93. doi:10.24412/2072-8042-2023-2-80-93.
3. Максимцев И.А., Костин К.Б., Березовская А.А., Онуфриева О.А. Современные тенденции развития цифровизации в мировой энергетике // Вопросы инновационной экономики. 2023. Том 13. № 2. doi: 10.18334/vinec.13.2.117224.
4. Молоков, А. М. Язык программирования «python» как инструмент оптимизации процессов анализа данных по показаниям электроприборов / А. М. Молоков, Н. К. Казанцев // Современные технологии и экономика в энергетике : Материалы Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 27 апреля 2022 года. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – С. 320-322.

УДК 621.316

Р.Р. Мухаметзянов, Э.А. Мухамедзянов, И.В. Токтаров, И.В. Черепенькин
Казанский Государственный Энергетический Университет

ВЫЯВЛЕНИЕ И ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ПРОВИСАНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ ОБРЫВА ПРОВОДА ЛЭП

Введение. На данный момент проблема детектирования провисания и локализации обрыва проводов ЛЭП является не полностью раскрытой, т.к. в нашем климате большее внимание уделяется проблеме обледенения ЛЭП.

Актуальность. Критичное провисание и обрывы проводов ЛЭП являются серьезными угрозами для предприятия и жизнедеятельности любого населенного пункта. Существующие на сегодняшний день методы выявления и детектирования не отличаются особой эффективностью, однако имеют высокую стоимость. Поэтому существует необходимость в разработке более эффективных методов своевременного обнаружения и последующего устранения таких предаварийных состояний системы энергоснабжения.

Цель исследования. Разработка новых методов выявления и детектирования провисания и обрыва проводов ЛЭП. Объектом исследования является провод ЛЭП, а предметом исследования является метод выявления провисания и обрыва провода. С учетом поставленной цели в исследовании решались следующие задачи:

1. Анализ существующих систем детектирования и обнаружения провисаний и обрывов проводов.
2. Создание схематической модели провисания проводов.
3. Подбор необходимого оборудования.
4. Разработка программного обеспечения.

Проанализировав существующие методы обнаружения и детектирования провисания и обрывов проводов ЛЭП (методы «Капронового каната» и «Карманного высотомера»), было выяснено, что они являются очень трудоемкими и требующими большого количества времени. Поэтому была разработана модель системы, которая позволяет ускорить и автоматизировать процесс обнаружения и детектирования провисания и обрывов. Она включает в себя следующие элементы: Датчики Холла, ИК-дальномер, GSM-модуль, ПЛК на базе Arduino.

Для обнаружения провисания проводов, была разработана следующая модель, проиллюстрированная на рисунке 1 [1].

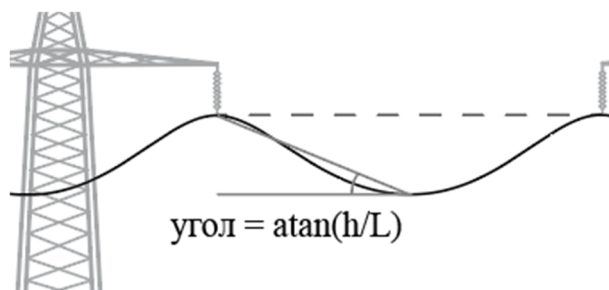


Рисунок 1 – Модель детектирования провисания проводов



Рисунок 2 – Модель детектирования обрыва провода

Основной параметр, который определяется в данной модели – это угол провисания, рассчитываемый программным кодом.

Для детектирования обрыва провода была разработана следующая модель, проиллюстрированная на рисунке 2 [2].

Принцип обнаружения обрыва заключается в следующем. При возникновении обрыва в одном из проводников, значения магнитного поля, определяемого датчиком Холла, резко изменится на значительную величину [3].

Реализация данных способов выявления и детектирования в программном коде представлена на рисунке 3.

Параметры, которые указываются в коде: `maxSagAngle` – максимальный угол, благодаря которому будет определяться провисание, `tofMeasurementDelay` – пауза перед новым измерением, `phoneNumber` – номер телефона, на который будет отправляться сообщения о неисправностях, `maxHallDiff` – максимально допустимая разница показаний для датчиков Холла (настраивается под каждый вид ЛЭП).

При обнаружении системой обрыва или провисания провода, на указанный номер телефона, будет отправляться сообщение с номером столба, на котором возникла неисправность. Также сообщение содержит краткое описание неисправности.

```

#include <Wire.h>
#include <VL53L0X.h>
#include <SoftwareSerial.h>
VL53L0X tofSensor;
const int maxSagAngle = 1.5;
const int tofMeasurementDelay = 100;
int tofSensorHeight;
const int rheostatPin = A0;
SoftwareSerial gsmSerial(10, 11);
const char* phoneNumber = "+1234567890";
const int hallSensor1Pin = 2;
const int hallSensor2Pin = 3;
const int maxHallDiff = 100;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  tofSensor.init();
  tofSensor.setTimeout(500);
  tofSensor.startContinuous();
  pinMode(rheostatPin, INPUT);
  gsmSerial.begin(9600);
  pinMode(hallSensor1Pin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(hallSensor2Pin, INPUT_PULLUP);
}
void loop()
{
  tofSensorHeight = analogRead(rheostatPin);
  int tofDistance = tofSensor.readRangeContinuousMillimeters() / 10;
  float sagAngle = atan((tofSensorHeight) / tofDistance) * 180 / PI;
  Serial.print("Sag angle: ");
  Serial.print(sagAngle);
  Serial.println(" degrees");
  if (sagAngle < maxSagAngle)
  {
    gsmSerial.println("AT+CMGF=1");
    delay(500);
    gsmSerial.print("AT+CMGS=\"");
    gsmSerial.print(phoneNumber);
    gsmSerial.println("\n");
    delay(1000);
    gsmSerial.print("Wire sag angle is ");
    gsmSerial.print(sagAngle);
    gsmSerial.println(" degrees.");
    delay(500);
    gsmSerial.write(0x1A);
    delay(1000);
  }
  int hall1 = analogRead(hallSensor1Pin);
  int hall2 = analogRead(hallSensor2Pin);
  int hallDiff = abs(hall1 - hall2);
  if (hallDiff > maxHallDiff)
  {
    gsmSerial.println("AT+CMGF=1");
    delay(500);
    gsmSerial.print("AT+CMGS=\"");
    gsmSerial.print(phoneNumber);
    gsmSerial.println("\n");
    delay(1000);
    gsmSerial.println("Wire break detected!");
    delay(500);
    gsmSerial.write(0x1A);
    delay(1000);
  }
  delay(tofMeasurementDelay);
}

```

Рисунок 3 – Код программы

Рассчитаем примерную стоимость обеспечения данным оборудованием ЛЭП. Для примера возьмем высоковольтную линию – 12, 330кВ Ондская ГЭС – Петрозаводск [4], протяженность линии составляет 278 км. Для данной ЛЭП, с учетом 500 м между опорами, количество опор будет соответствовать 556. Исходя из стоимости оборудования, рассчитанной в таблице 1 [5], полное обеспечение высоковольтной линии Ондская ГЭС – Петрозаводск обойдется примерно в 133 тыс. рублей. Создание отечественной платформы позволит снизить эту сумму предположительно до 70 – 90 тыс. руб.

Таблица 1: Стоимость оборудования

Оборудование	Валюта	Стоимость
Arduino nano	Доллар США	1,95
GSM модуль		0,7
Датчик расстояния		0,4
Реостат		0,1
Прочие расходы (корпус, провода и т.д.)		0,7

Вывод. Дальнейшая разработка данной системы является перспективной, т.к. автоматизирует и ускоряет процесс выявления и детектирования провисания и обрыва провода ЛЭП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Filina O. A. et al. Vibration model as a system of coupled oscillators in a direct current electric motor //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2019. – Т. 124. – P. 02002.
2. Auhadeev A. E. et al. Improving the theory for calculating the rational modes of traction electrical equipment //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2019. – Т. 124. – P. 05077.

3. Khusnutdinova E. M. et al. Comprehensive test procedure for digital instruments and devices of automated versatile systems //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Т. 915. – №. 1. – P. 012032.
4. Перечень линий электропередачи. [Электронный ресурс] URL:<https://minenergo.gov.ru/opendata/7705847529-list-of-power-lines> (дата обращения 09.03.2023)
5. Магазин оборудования [Электронный ресурс] alibaba.com (дата обращения 09.03.2023)
6. Полторыхина, В. Ю. Анализ повреждаемости воздушных линий электропередачи в результате воздействия животных(птиц) / В. Ю. Полторыхина, О. В. Новикова // Современные технологии и экономика в энергетике : Материалы Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 27 апреля 2022 года. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – С. 16-18.

УДК 004.896

А.И. Возиян

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРЕДИКТИВНОГО АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ОНЛАЙН-РЕЖИМЕ

Введение. Для энергетических компаний становится актуальным внедрение систем предиктивной аналитики (СПА) для мониторинга состояния технологического оборудования. В данной работе проводится исследование по выявлению дефекта оборудования на архивных данных с использованием методов машинного обучения.

Актуальность. Использование СПА позволяет предсказывать неисправности в работе оборудования с целью минимизации затрат на аварийных остановках и ремонтных работах. В современных реалиях это позволит перейти от системы планово-предупредительных ремонтов к ремонтам по техническому состоянию.

Цель исследования. Выявление точки отказа единицы генерирующего оборудования с использованием методов машинного обучения. Объектом исследования является единица генерирующего оборудования, а предметом исследования является выявление аномального поведения параметров оборудования. С учетом поставленной цели в исследовании решались следующие задачи:

1. Очистка исходных архивных данных от выбросов и недостоверных значений;
2. Выявление характерных режимов работы оборудования;
3. Выявление точки достижения предельного состояния оборудования;

Стратегией решения поставленной задачи является использование методов обучения без учителя на неразмеченных данных, методов обучения с учителем на размеченных данных, а также применение наиболее востребованных библиотек для прогнозирования временных рядов.

В данной работе исследовался набор данных с параметрами единицы генерирующего оборудования за последние два года. С двенадцати датчиков проводились измерения температуры, давления, смещения и вибрации.