

Разработка устройства мониторинга электротехнического оборудования: цели, задачи, методы, структура устройства

А.В. Строчков

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

Обоснование. Уже на протяжении многих лет одним из основных направлений в электроэнергетике является переход к техническому обслуживанию и ремонтам (ТОиР) по состоянию. Затрагивает эта тенденция и распределительные сети классов напряжения 6–20 кВ, которые играют важнейшую роль в электроснабжении конечных потребителей. В то же время на эти сети приходится непропорционально большое количество аварийных отключений, которое может составлять до 80 % и более согласно данным статистики [1]. С целью снижения аварийности применяются различные устройства мониторинга технического состояния оборудования комплектных распределительных устройств, например [2–4]. Также известен ряд патентов по данной тематике (патенты РФ № 2454772 С1, № 2703279 С1, № 2554574 С2). Несмотря на это, отсутствует полностью универсальное и практически эффективное рашение.

Цель — разработка методов оценки и прогнозирования состояния оборудования КРУ 6–20 кВ и реализация данных методов в составе экспериментального устройства.

Методы. Достигается поставленная цель путем решения следующих задач:

1. Анализ статистических показателей аварийности.
2. Создание устройства-регистратора, обеспечивающего фиксацию основных эксплуатационных параметров оборудования.
3. Установка устройства-регистратора на испытательной ячейке КРУ 6–20 кВ и фиксация изменения параметров в разных режимах работы.
4. Анализ полученных с устройства-регистратора данных, разработка и реализация в устройстве модели обработки данных.

Результаты. В результате проделанной работы и анализа существующих разработок и решений в данном направлении (см. выше), была разработана структура нового универсального устройства мониторинга технического состояния (рис. 1) (заявка на изобретение № 2025103303 от 14.02.2025). На рис. 1 приняты следующие обозначения: 1 — контроллер, 2 — последовательный порт, 3 — сенсорный экран, 4 — электротехническое оборудование, 5 — цифровые датчики состояния оборудования, 6 — универсальные цифровые входы, 7 — дублированные порты Ethernet, 8 — шина станции, 9 — шина процесса, 10 — дискретные выходы на внешние устройства, 11 — внешние устройства, 12 — блок беспроводной связи,

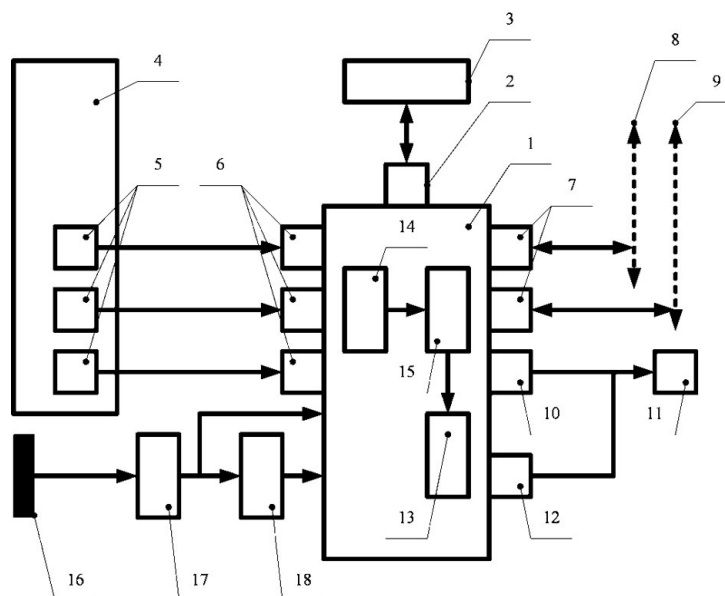


Рис. 1. Структура разработанного устройства

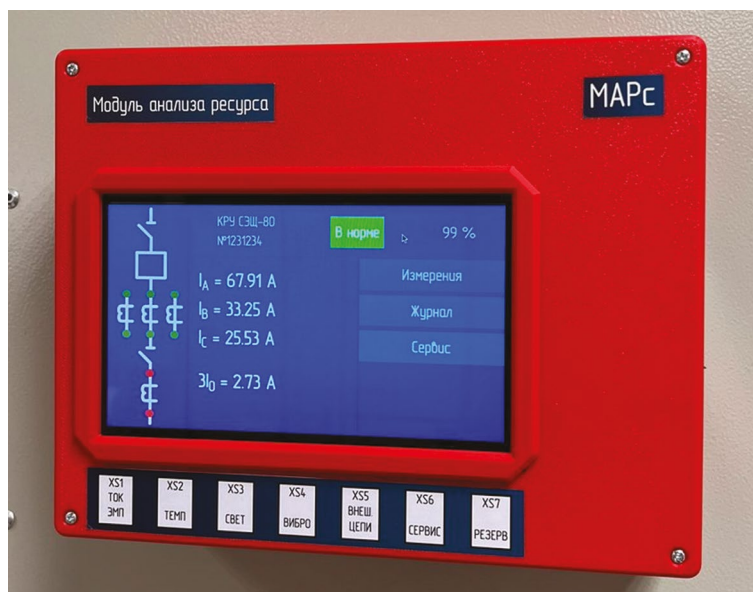


Рис. 2. Общий вид экспериментального образца устройства

13 — блок обработки данных, 14 — блок регистратора событий, 15 — встроенная память, 16 — сеть оперативного тока, 17 — блок питания, 18 — накопитель энергии.

Был сконструирован экспериментальный образец устройства (рис. 2). Устройство состоит из одноплатного компьютера, сенсорного экрана, встроенного блока питания и оборудовано цифровыми входами для датчиков, а также дискретными оптронными входами и релейными выходами. Для регистрации токов используются датчики тока с аналогово-цифровыми преобразователями ADS 1115. Для регистрации вибрационного отклика используется акселерометр ADXL 345 и контроллер ESP-32. Тепловизионная матрица MLX 90640 используется для контроля контактных соединений и уточненного расчета теплового интеграла I^2t . Предусмотрен датчик световой вспышки.

Для работы устройства было разработано программное обеспечение на языке Java, обеспечивающее регистрацию и анализ данных с датчиков. Одна из особенностей устройства — запись осциллограмм

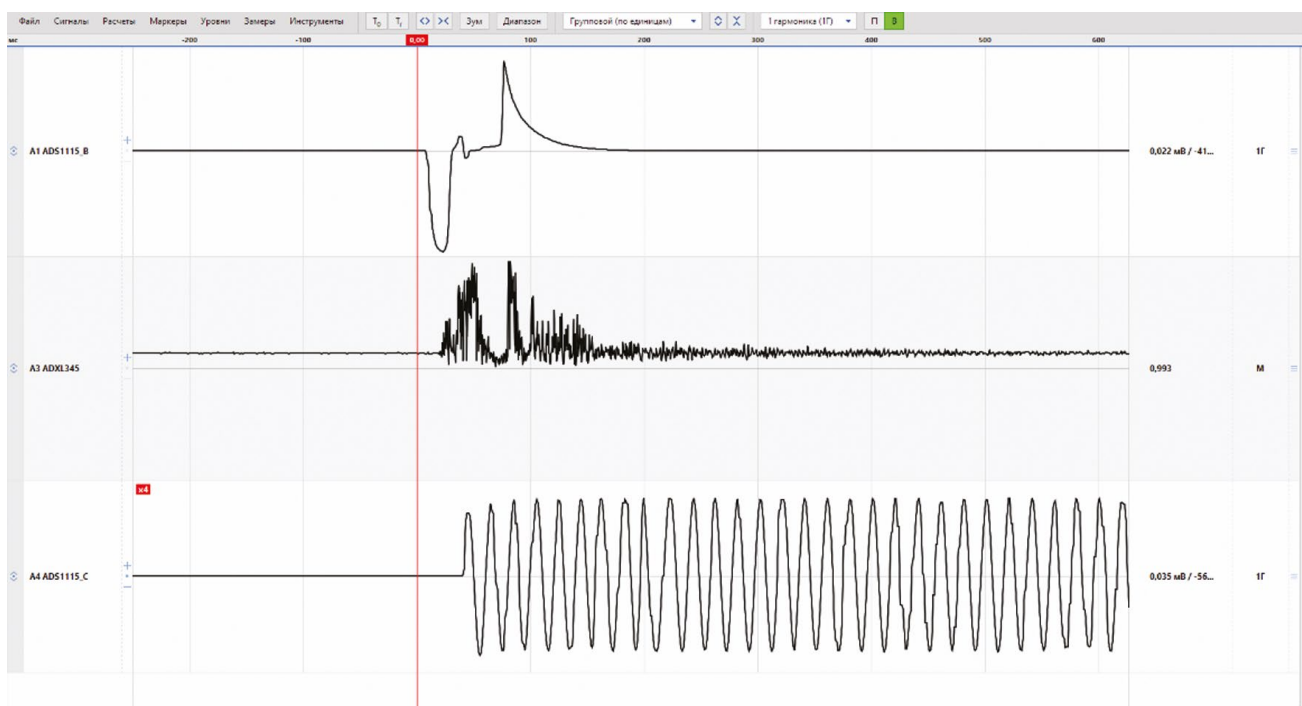


Рис. 3. Осциллограмма, записанная устройством при испытаниях. Показаны ток в цепи управления, вибрационный отклик и ток в силовой цепи

отраслевого стандарта COMTRADE, отражающих динамику параметров при коммутациях выключателя КРУ (рис. 3).

Выводы. При поддержке АО ГК «Электроцит Самара» были проведены испытания экспериментального образца устройства, показавшие его работоспособность в условиях, близких к промышленным. Дальнейшая работа направлена на разработку алгоритмов, позволяющих автоматизировано получать дополнительные показатели работы выключателя КРУ (собственное и полное время коммутации, фактическое значение теплового интеграла I^2t) на основании показаний датчиков. При помощи отслеживания динамики изменения этих параметров устройство обеспечивает оценку остаточного срока службы ячейки КРУ.

Ключевые слова: диагностика; мониторинг; КРУ; техническое состояние; аварийность.

Список литературы

1. rossetimr.ru [Электронный ресурс] Техническое состояние сетей ПАО «Россети Московский регион». Режим доступа: https://ros-setimr.ru/client/electricity_transmission/tex_sostoyanie_setei/#tab-tss2016-link Дата обращения: 20.05.2025.
2. rtsoft.ru [Электронный ресурс] АСМ ЭСО. Режим доступа: <https://www.rtsoft.ru/catalog/avtomatizirovannye-kompleksy-i-sistemy/asu-energoresursami-asu-e/asm-eso/> Дата обращения: 20.05.2025.
3. gkresurs.ru [Электронный ресурс] Система мониторинга электрооборудования Smart TPD-BOX. Режим доступа: https://gkresurs.ru/catalog/sistemy_monitoringa_elektrooborudovaniya/sistema_monitoringa_transformatora_smart_tpd_box/ Дата обращения: 20.05.2025.
4. Ботов С.В. Управление эксплуатацией высоковольтных кабельных линий и комплектных распределительных устройств по техническому состоянию // Энергоэксперт. 2020. № 2(74). С. 57–61. EDN: KJFREM

Сведения об авторе:

Алексей Владимирович Строков — аспирант кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы»; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: wormslabs@yandex.ru

Сведения о научном руководителе:

Игорь Андреевич Косорлуков — кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Автоматизированные электроэнергетические системы»; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: kosorlukov@gmail.com