

Комплексная система оптической диагностики высоковольтных кабельных линий

Игнатьев В.В., заместитель главного инженера филиала ПАО «МОЭСК» — «Московские высоковольтные сети» по системам связи

Чуприков С.А., начальник службы средств диспетчерского технологического управления филиала ПАО «МОЭСК» — «Московские высоковольтные сети»

НАЗНАЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ОПТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ (КСОД ВКЛ)

Комплексная система оптической диагностики высоковольтных кабельных линий (КСОД ВКЛ) предназначена для регистрации, обработки и отображения информации об эксплуатационных параметрах кабельной линии на всем ее протяжении, точках чрезмерного нагрева и/или повреждений, прогнозирования процессов и явлений, связанных с эксплуатацией высоковольтных кабельных линий.

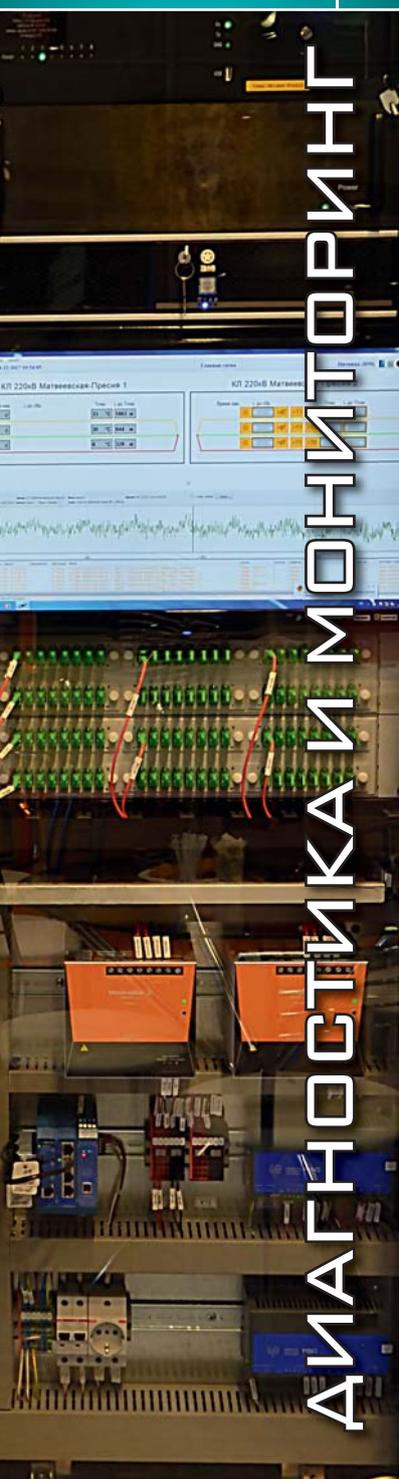
Современный уровень технологий оптической диагностики и наличие специализированных программно-аппаратных средств позволяют создавать комплексные системы оптической диагностики высоковольтных кабельных линий, состоящие из следующих подсистем:

- 1) подсистема температурного контроля высоковольтного кабеля (СТК ВКЛ);
- 2) подсистема пожарной сигнализации кабельного коллектора;
- 3) подсистема виброакустического мониторинга;
- 4) подсистема контроля токов транспозиции кабельной линии (СКТТ);
- 5) подсистема контроля охранной сигнализации люков колодцев транспозиции;
- 6) подсистема контроля электрических параметров режима работы КЛ;
- 7) подсистема анализа и прогнозирования;
- 8) подсистема вычисления электрических параметров и самодиагностики.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ СИСТЕМ ОПТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Физические воздействия на оптоволокно, такие как температура, давление и сила натяжения, локально изменяют характеристики пропускания света и, как следствие, приводят к изменению характеристик сигнала обратного отражения. В основе измерительных систем на основе оптоволоконных датчиков используется сравнение спектров и интенсивностей исходного лазерного излучения и излучения, рассеянного в обратном направлении, после прохождения по оптоволокну.

Оптические волокна изготовлены из легированного кварцевого стекла. Кварцевое стекло представляет собой разновидность двуокиси кремния (SiO_2) с аморфной твердотельной структурой. Температурные воздействия инициируют вибрации в молекулярной решетке. Когда свет попадает на термически возбужденные молекулы, происходит взаимодействие между световыми частицами (фотонами) и электронами. Таким образом, в оптическом волокне происходит световое рассеяние, также известное как рамановское рассеяние (рисунок 1).



ДИАГНОСТИКА И МОНИТОРИНГ

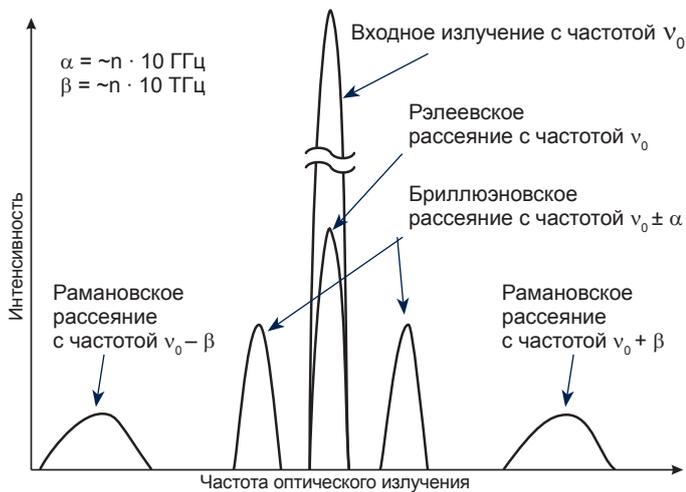


Рис. 1. Рамановское рассеяние

Обратное световое рассеяние состоит из нескольких спектральных составляющих:

- рэлеевское рассеяние, с длиной волны аналогичной, используемой в лазерном источнике;
- стоксовы компоненты рамановского рассеяния с длиной волны большей, чем у используемого лазерного источника, при которых испускаются фотоны;
- антистоксовы компоненты рамановского рассеяния с меньшей длиной волны, по сравнению с рэлеевским рассеянием, при которых фотоны поглощаются.

Самым современным оборудованием в системе мониторинга температуры является распределенный оптоволоконный датчик температуры на основе рамановских линий. Принцип работы датчика основан на том, что интенсивность стоксовой рамановской компоненты рассеянного излучения практически не зависит от температуры, а интенсивность антистоксовой линии сильно связана с температурой. Это позволяет, определяя отношение интенсивности антистоксовой линии и стоксовой линии, определять значение температуры. Данный подход позволяет избавиться от погрешности, связанной с возможными флуктуациями мощности зондирующего лазерного импульса. Системы этого типа могут работать на расстоянии в несколько километров.

Область применения:

- измерение температуры оболочки высоковольтного кабеля

с пересчетом в температуру жилы;

- пожарная сигнализация в кабельных коллекторах.

СИСТЕМА ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА (СВАМ)

Интеллектуальная система виброакустического мониторинга (СВАМ) — это новое поколение систем безопасности для контроля протяженных объектов и охраны периметров особо значимых сооружений. Информация считывается по всей длине волоконно-оптического кабеля, используя технологию распределенного акустического датчика (DAS).

Система измеряет акустическую амплитуду, фазу и частоту, синхронизированные со временем, вдоль каждой позиции кабеля, используя его в качестве акустической антенны (рисунок 2). Это позволяет СВАМ предлагать возможности, недоступные для остальных распределенных систем мониторинга, а именно: локализацию событий (определение местоположения возмущения не только непосредственно вдоль кабеля, но и на расстоянии нескольких десятков метров от него), акустическую томографию, обнаружение вторжений.

Принцип действия распределенных оптических датчиков СВАМ основан на эффекте подверженности светового импульса, распространяющегося вдоль волокна, рэлеевскому рассеянию. Детектируя временной отклик света, отраженного от конца линии,

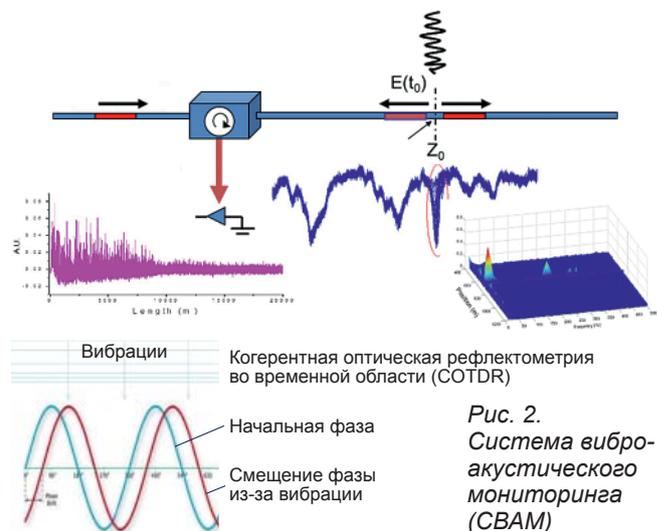


Рис. 2. Система виброакустического мониторинга (СВАМ)

возможно восстановить картину рассеяния света вдоль волокна. Указанный процесс отличается следующими особенностями:

- в качестве источника используется система с ультраузкой полосой лазера;
- оптический детектор измеряет обратно рассеянное рэлеевское рассеяние света;
- фаза отраженного света зависит от локальных возмущений;
- временные интервалы показывают местоположение.

Область применения СВАМ:

- охрана подземных протяженных объектов и коммуникаций, в том числе высоковольтных кабельных линий;
- охрана периметров подстанций.

Организация работы системы виброакустического мониторинга представлена на рисунке 3.

КОНТРОЛЬ ТОКОВ ТРАНСПОЗИЦИИ КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ

В настоящее время кабельные линии 110–500 кВ выполняются однофазными кабелями, имеющими медные экраны. Основными схемами соединения и заземления экранов являются:

- заземление экранов с двух сторон;
- заземление экранов с одной стороны;
- транспозиция экранов (один или несколько полных циклов).

Первая схема зачастую не применяется из-за наведенных в экранах продольных токов промышленной частоты, создающих активные

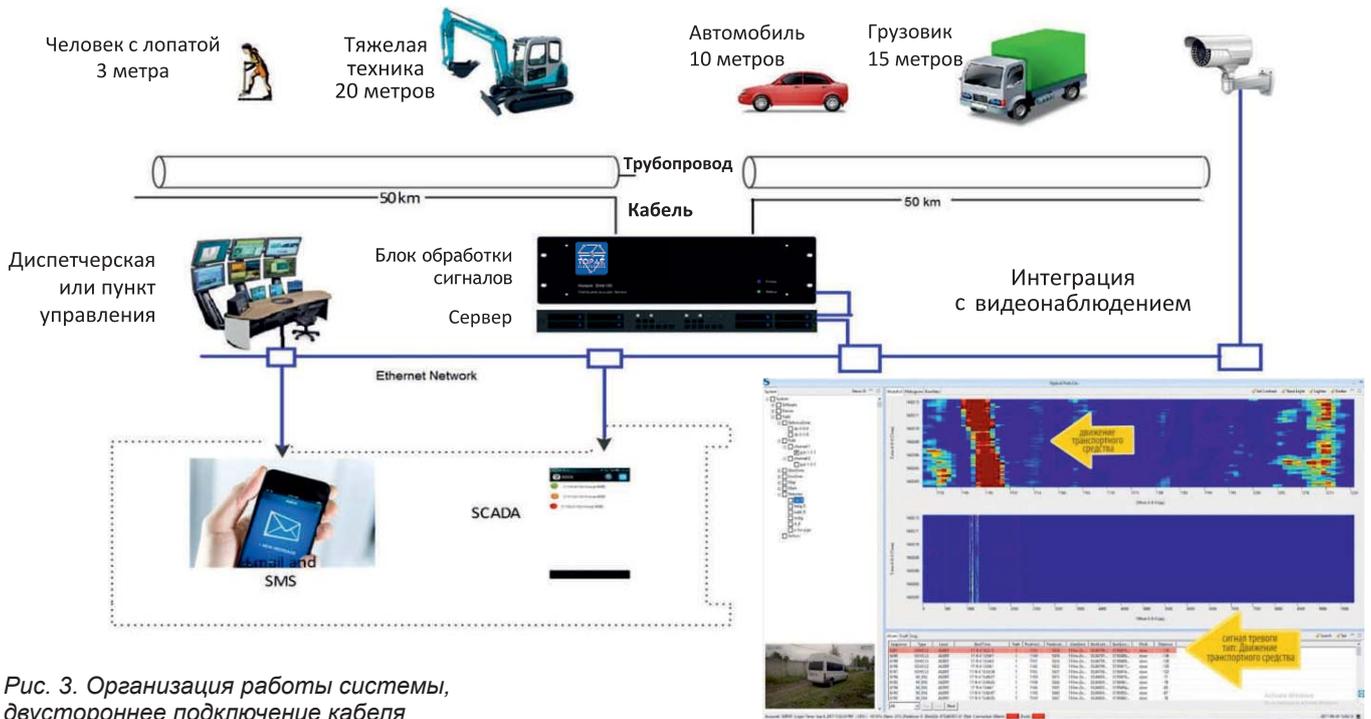


Рис. 3. Организация работы системы, двустороннее подключение кабеля

потери мощности в экранах, нагревающих кабель, снижающих его пропускную способность и приводящих к увеличению потерь электрической энергии.

Для борьбы с токами и минимизации потерь в экранах одинаково эффективно заземление экранов с одной стороны и транспозиция экранов. Однако по условиям ограничения наводимого на экраны напряжения промышленной частоты, пропорционального длине кабеля, одностороннее заземление годится лишь для коротких кабелей (длиной до нескольких сотен метров), а в остальных случаях

следует применять транспозицию экранов — один или несколько полных циклов транспозиции.

На рисунке 4 изображены два полных цикла транспозиции экранов однофазных кабелей при разном обустройстве узла сопряжения соседних циклов с заземлением средней точки и без нее. ОПН условно не показаны. На практике, как правило, применяют схему с заземлением средней точки.

Выводы о рисках возникновения нештатной ситуации возможно сделать, измеряя и анализируя величины токов, протекающих в экранах. С учетом проблем, воз-

никающих при применении электрических трансформаторов тока (электрическая изоляция измерительного оборудования от высоковольтных цепей, значительные массогабаритные показатели, высокие требования к пожарной и электрической безопасности, значительные потери электрической энергии), эффективнее применять оптический измеритель тока.

ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ОПТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ВЫСОВОЛЬТНЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В ПАО «МОЭСК»

Комплексным решением, объединившим в себе все вышеперечисленные технологии мониторинга, является комплексная система оптической диагностики высоковольтных кабельных линий (КСОД ВКЛ) «ТОРАZ».

Данное комплексное решение упрощает внедрение систем мониторинга, так как фактически, внедряя один программно-аппаратный комплекс, электросетевая компания получает несколько полноценных взаимодополняющих подсистем мониторинга, реализованных на единой технологической базе оборудования и программного обеспечения. Это влечет за собой значительную экономию кадровых и финансовых ресурсов

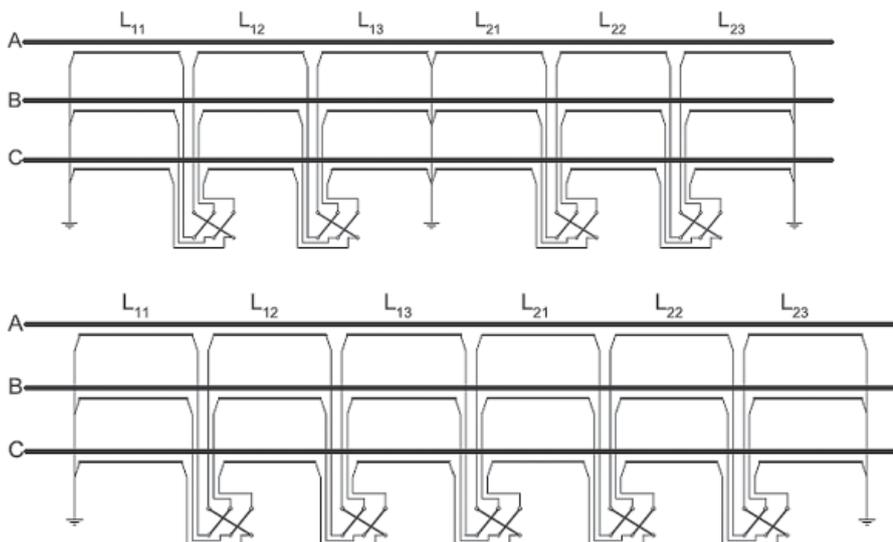


Рис. 4. Два полных цикла транспозиции экранов однофазных кабелей при разном обустройстве узла сопряжения соседних циклов с заземлением средней точки и без нее



Рис. 5.
Комплект
КСОД ВКЛ «ТОPAZ»

при внедрении и дальнейшей эксплуатации системы.

Ключевые особенности КСОД ВКЛ «ТОPAZ» и отличия от аналогичных систем, представленных на рынке, можно разделить на три основных группы.

Прежде всего, это надежность и комплексность системы:

- комплексный мониторинг состояния КЛ на основе температурного, акустического и измерительного контроля;
- построение на основе типовых приборов и компонентов, серийно выпускаемых, многократно опробованных в других системах;
- использование безвентиляторных решений для приборов контроля, серверов и системы гарантированного питания;
- сертификация как типа средства измерения.

Во-вторых, эффективность внедрения и эксплуатации за счет унификации:

- масштабируемое единое ПО, TOPAZ SCADA, применяемое как в серверах TOPAZ в составе КСОД ВКЛ (рисунок 5), так и в АСУ ТП ПС и ДП группы объектов (это дает возможность развивать такие системы как DMS в масштабах региональных и системообразующих энергоузлов, особенно с учетом того, что ПТК TOPAZ, в со-

став которого входит система комплексного мониторинга кабельных линий TOPAZ, позволяет организовать единый диспетчерский пункт систем телемеханики, АСУ ТП и мониторинга КЛ на основе АСТУ TOPAZ с поддержкой CIM-модели);

- масштабируемое аппаратное обеспечение, также применяемое как в составе КСОД ВКЛ «ТОPAZ», так и в АСУ ТП;
- унификация знаний и навыков эксплуатирующего персонала, типовых решений, ПО, устройств, ЗИП;
- легкая масштабируемость, реализация автоматизированных алгоритмов АСУ ТП на основе автоматической обработки данных КСОД ВКЛ «ТОPAZ».

В-третьих, независимость пользователя от одного производителя:

- применение в КСОД ВКЛ «ТОPAZ» только стандартных протоколов обмена;
- ПО предназначено для работы на различных платформах;
- в качестве хранилища данных используется система управления базами данных СУБД MySQL с открытыми исходными кодами;
- возможность обмена информацией с устройствами различных производителей.

Внедрение КСОД ВКЛ «ТОPAZ» позволяет провести работы по монтажу, наладке, вводу в эксплуатацию в сжатые сроки, а также выполнять модернизацию и расширение систем АСУ ТП путем доустановки и интеграции КСОД ВКЛ без каких-либо технологических или интеграционных проблем.

КСОД ВКЛ TOPAZ позволяет использовать в качестве аппаратной платформы как отдельные серверы, так и серверы АСУ ТП ПС, в клиентской части используется программное обеспечение TOPAZ SCADA CLIENT с расширениями TOPAZ КСОД ВКЛ, которое может быть установлено и использоваться либо на отдельных автоматизированных рабочих местах операторов СКМ КЛ, либо на автоматизированных рабочих местах операторов АСУ ТП. То есть, реализована полная интеграция с АСУ ТП ПС.

ОПИСАНИЕ КСОД ВКЛ «ТОPAZ»

Подсистема температурного контроля высоковольтного кабеля (СТК ВКЛ)

Система СТК «ТОPAZ» — автоматическая многоканальная система непрерывного действия (рисунки 6, 7). Измерение температуры основано на измерении оптического рамановского обрат-



Рис. 6. Стационарный комплект СТК TOPAZ

Табл. 1. Технические требования к комплексу систем мониторинга кабельных линий 110–500 кВ

Наименование параметра	Значение
Режим работы	непрерывный
Диапазон измерений по температуре	от -200°C до $+600^{\circ}\text{C}$
Температурное разрешение	$0,1^{\circ}\text{C}$
Диапазон измерений по длине кабеля	до 40 км
Тип волокна	многомодовое, G 651.1
Длина волны лазера	1550 нм
Точность определения места обрыва волоконно-оптического кабеля	не более 1 м
Количество каналов	1, 2, 4, 6, 8 или 16
Степень защиты (не ниже): – при установке в защитный бокс	IP40 по ГОСТ 14254-96 IP67
Класс лазерной безопасности	1М согласно ГОСТ IEC
Наличие аттестации прибора термомониторинга как средства измерения	+
Разрешающая способность измерения температуры участка кабеля	$0,1^{\circ}\text{C}$
Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
Минимальное время измерения одного канала с учетом необходимого уровня точности измерения	≤ 1 мин
Шаг измерения по длине сенсора	≤ 1 м
Время установления рабочего режима системы мониторинга температуры КЛ	≤ 15 мин
Наличие функции мониторинга работы оборудования системы	протокол SNTP
Передача информации (температурных профилей, рефлектограмм) от измерительного блока к блоку обработки данных (серверу) по стандартизированным открытым протоколам данных	+
Наличие возможности подключения к блоку обработки (серверу) системы мониторинга нескольких дополнительных измерительных блоков	+
Функция разбиения контролируемой длины КЛ на отдельные сегменты с возможностью настройки АПТС и передачи ТИ и ТС по каждому сегменту	+

ного рассеивания с использованием оптической рефлектометрии во временной области.

Для обеспечения эффективной диагностики кабельной линии и исходя из особенностей описанных физических эффектов сформированы технические требования к комплексу систем мониторинга кабельных линий 110–500 кВ (таблица 1).

Подсистема пожарной сигнализации кабельного коллектора

В кабельных коллекторах использование классических систем обнаружения не всегда возможно в связи с высокой запыленно-

стью, большими расстояниями, высоким уровнем электромагнитных помех, действием агрессивных сред.

Подсистема пожарной сигнализации коллектора высоковольтного кабеля TOPAZ с применением извещателя пожарного теплового линейного (ИПТЛ) предназначена для контроля температуры в кабельных коллекторах и других подземных и закрытых сооружениях в любых эксплуатационных условиях, реализована посредством использования свободных каналов измерительного прибора в составе СТК ВКЛ «TOPAZ», что обеспечивает высокую экономическую эффективность.



Рис. 7. Мобильный комплект СТК TOPAZ

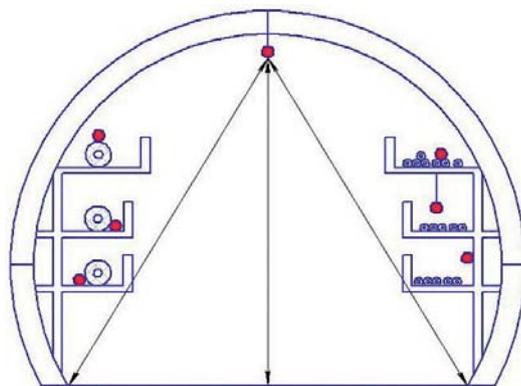


Рис. 8. Расположение ЧЭ TOPAZ. Элементы линейных и многоточечных тепловых пожарных извещателей располагают под перекрытием либо в непосредственном контакте с пожарной нагрузкой



Рис. 9. Чувствительный элемент TOPAZ

Чувствительный элемент (ЧЭ) — оптический кабель, не подверженный загрязнению, обеспечивающий зону контроля протяженностью до 40 км, без применения токоведущих элементов (рисунок 8).

Конструкция кабеля выполнена на основе гибкой стальной трубки, состоящей из семи стальных прядей проволоки, заполненной гидрофобным компаундом, с расположенными в ней двумя или одним многомодовым волокном, в акрилатном лаковом покрытии (рисунок 9). Защитная оболочка сделана из LSZH-термопластов, не поддерживающих горение, производится согласно ТУ, с низ-

кой токсичностью продуктов горения, при тлении не выделяет коррозионно-активных газообразных продуктов. Кабель может быть изготовлен с термостойким многомодовым волокном с долговременной температурой до +600°C.

Основные преимущества подсистемы пожарной сигнализации коллектора высоковольтного кабеля ТОРАZ:

- минимальное число ложных срабатываний;
- чувствительный кабель прост в установке, так как поставляется на катушке;
- минимальные затраты на обслуживание: оптоволоконные кабели имеют срок службы до 30 лет и могут функционировать в любой окружающей среде;
- абсолютный диэлектрический кабель — не подвержен электромагнитным излучениям, имеет высокую стойкость к агрессивным средам и высокую надежность;
- допускается использование во взрывоопасных зонах, поскольку волоконно-оптическая часть не имеет электрического подключения;
- небольшая стоимость 1 м волоконного кабеля и его прокладки;
- соответствует классам А1, А2, А3, В, С, D, E, F, G, Н, R, А1R, А2R, BR, CR, DR, ER, FR, GR, HR (допускается применение в неотапливаемых помещениях);
- ИПТЛ нового поколения сертифицирован согласно Ф3-123 и соответствует ГОСТ Р 53325-2012.

Таким образом, ИПТЛ с использованием волоконно-оптических технологий проявил и зарекомендовал себя как надежное, эффективное и экономически выгодное решение, способное на ранних стадиях обнаружить очаги возгораний и предупредить о перегреве подконтрольных объектов.

Характеристики подсистемы виброакустического мониторинга:

- максимальная длина распределенного оптического датчика — 100 км;
- минимальное число ложных срабатываний;
- разрешающая способность — 5 м;

- частотный диапазон — от 1 до 2,5 кГц;
- локализация события по двум осям — вдоль и поперек оси оптического волокна;
- идентификация событий — определение характера и типа источника вибрации из существующего банка характерных «вибрационных следов» каждого из предполагаемых объектов нарушения;
- обучаемая система с распознаванием полезного сигнала и шумов (библиотека типов источников вибрации дополняется в процессе эксплуатации при необходимости, на этапе наладочных работ и опытной эксплуатации производится дополнение);
- время измерения — 1с;
- определение обрыва оптического волокна;
- определение расстояния до обрыва кабеля;
- неэлектрическое средство измерения (отсутствует влияние электромагнитного поля силовой линии на датчик вибрации);
- программируемые зоны и критерии срабатывания;
- данные от нескольких распределенных датчиков могут обрабатываться одним сервером;
- волоконно-оптический кабель электрически пассивен и пожаробезопасен;
- система работает с любым качественным волоконно-оптическим кабелем (в случае повреждения распределенного датчика возможно оперативно заменить его любым доступным к поставке волоконно-оптическим кабелем);
- низкое энергопотребление системы;
- необслуживаемая линейная часть;
- срок службы центрального блока обработки сигналов — до 20 лет, волоконно-оптического кабеля — до 30 лет;
- применение волоконно-оптических систем сокращает количество и время технологических остановок (сокращает расходы на обслуживание и помогает увеличить среднее время службы объекта);
- способствует предотвращению нештатных ситуаций;
- встроенный модуль картографии позволяет отображать трассу прокладки кабеля на топографической подложке, с возможностью нанесения на нее технологических и инфраструктурных особенностей местности (рисунок 10).



Рис. 10. Отображение трассы прокладки кабеля на топографической подложке

**Подсистема контроля токов
транспозиции кабельной
линии (СКТТ)**

В составе системы мониторинга на базе оборудования TOPAZ таким устройством является оптический измеритель тока TOPAZ OСТU (рисунок 11) в комплекте с оптическими датчиками, значения параметров тока для дальнейшей выдачи информации по внешним интерфейсам.

Устройство выполнено в пластмассовом корпусе, предназначенном для крепления на DIN-рейку. На лицевой панели прибора помимо оптических коннекторов измерительных каналов размещены элементы индикации, интерфейсный разъем RJ45 и разъем microUSB для конфигурации устройства. Технические характеристики прибора TOPAZ OСТU представлены в таблице 2.

**Подсистема контроля
охранной сигнализации люков
колодцев транспозиции**

Подсистема контроля охранной сигнализации предназначена для круглосуточного непрерывного контроля открытия (закрытия) люков колодцев транспозиции:

- количество датчиков (рисунок 12) — 4, 8, 12, 16 и т.д.;
- максимальная удаленность датчиков — до 20 км;
- электропитание датчиков не требуется;
- протокол МЭК 60870-05-101, MODBUS.

**Подсистема контроля
электрических параметров
режима работы КЛ**

Измерения параметров электрического тока, напряжения и мощности контролируемой КЛ выполняется многофункциональными измерительными преобразователями (МИП) серии TOPAZ PM7 различных модификаций (рисунок 13). МИП TOPAZ PM7 устанавливаются в шкаф комплексной системы оптической диагностики высоковольтных кабельных линий и подключаются к измерительным трансформаторам тока и напряжения. Мониторинг параметров электрического режима КЛ позволяет производить полноценный анализ эксплуатационного режима и причин перегрева КЛ, обес-

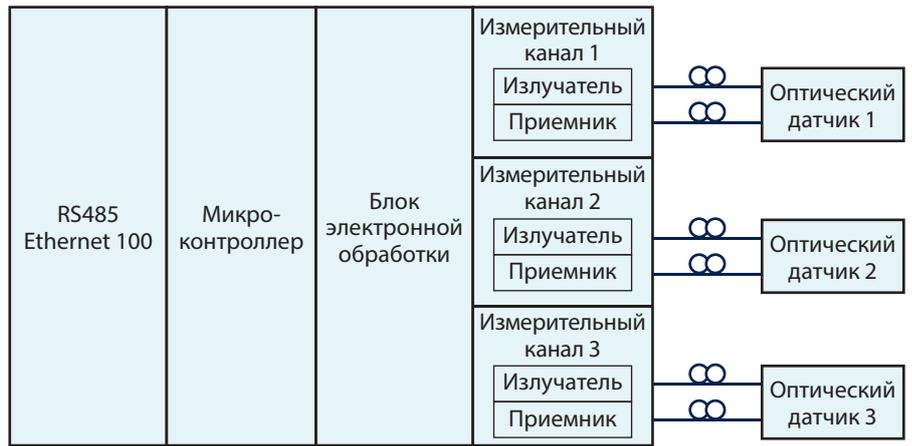


Рис. 11. Оптический измеритель тока TOPAZ OСТU

Табл. 2. Технические характеристики прибора TOPAZ OСТU

Наименование параметра	Значение
Номинальное значение силы тока ($I_{НОМ}$)	500 А
Максимальное значение силы тока	20 000 А
Номинальное значение частоты	50 Гц
Диапазон частот тока	от 30 Гц до 3000 Гц
Порог чувствительности	$0,001I_{НОМ}$
Диапазон измерений силы тока с классом точности 0,2S	от $0,05I_{НОМ}$ до $2I_{НОМ}$
Диапазон измерений силы тока с классом точности 10P	от $2I_{НОМ}$ до $40I_{НОМ}$
Наличие интерфейсов	RS-485 Ethernet 100
Поддерживаемые протоколы	МЭК 60870-05-101 МЭК 60870-05-104 МЭК 61850-8-1 MMS МЭК 61850-9-2 SV MODBUS
Длина оптоволоконной линии между прибором и датчиком тока	до 20 000 м
Диапазон рабочих температур	от -40°C до $+70^{\circ}\text{C}$



Рис. 12. Датчик подсистемы контроля охранной сигнализации



Рис. 13. TOPAZ PM7



Рис. 14. TOPAZ AMU, TOPAZ DMU



Рис. 15. Контроллер TOPAZ DAS MX240

печивает принятие решений об управлении нагрузкой кабельной линии, а также позволяет выдавать информацию в систему противоаварийной автоматики энергообъекта (АОПЛ и другие виды автоматики).

Возможно применение в составе данной подсистемы устройств TOPAZ AMU (рисунок 14) с передачей информации в протоколе 61850-9-2, что даже при отсутствии оптических ТТ и ТН позволяет применить технологии ЦПС в КСОД ВКЛ и обеспечить ее полноценную интеграцию в Цифровые подстанции.

Подсистема анализа и прогнозирования

Специализированное программное обеспечение, разработанное исключительно российскими специалистами без использования исходных кодов аналогичных систем зарубежного производства, должно обеспечивать выполнение следующих основных задач: контроля параметров текущего режима, анализ этих параметров и прогнозирование.

Контроль параметров текущего режима обеспечивает:

- обработку полученных измерений, формирования ТИ и ТС;
- отображение текущих температурных данных и рефлектограмм в режиме реального времени и в режиме архивных данных;
- перерасчет регистрируемой температуры экрана в температуру жилы кабеля (при наличии актуальных характеристик силового кабеля);
- разбиение контролируемой длины кабельной линии на отдельные сегменты с уникальными настройками оповещения, а также передачей и ото-

бражением ТИ и ТС по каждому выделенному сегменту;

- формирование телесигнала «Обрыв волокна» и телеизмерения «Местоположение обрыва волокна» с указанием на место повреждения в случае повреждения используемого системой сенсора (оптического волокна).
- Анализ параметров режима и прогнозирование обеспечивает:
- получение температурного профиля жилы на основе анализа температурного профиля оптического волокна;
 - изменение средней температуры жилы, средней температуры оптического волокна, нагрузки (тока) от времени;
 - график зависимости возможной продолжительности работы от нагрузки для текущего состояния кабеля;
 - прогноз изменения температуры жилы и оптоволокна с учетом профиля нагрузки на следующий период;
 - прогноз максимально допустимой длительности нагрузки на кабель (в часах), исходя из максимально допустимой температуры жилы и текущих значений нагрузки (или заданных);
 - прогноз максимально допустимой нагрузки на кабель (ток), исходя из максимально допустимой температуры жилы и заданного времени;
 - прогноз максимальной температуры жилы, исходя из заданного значения нагрузки (ток) и длительности работы.

Подсистема вычисления электрических параметров и самодиагностики

Подсистема вычисления электрических параметров и самодиагностики выполнена в виде IED

на базе контроллера TOPAZ DAS MX240 (рисунок 15) и СПО расчета электрических величин на основе потоков 61850-9-2, принимаемых от блоков TOPAZ OCU и TOPAZ AMU.

В связи с применением в составе комплексной системы оптической диагностики высоковольтных кабельных линий большого количества высокотехнологичных приборов и устройств обеспечена самодиагностика системы в целом с передачей информации по мониторингу оборудования и ПО в соответствии с протоколами обмена SNTP, 61850-8-1 (MMS, GOOSE) в систему Централизованного мониторинга.

ВЫВОДЫ

Комплексная система оптической диагностики высоковольтных кабельных линий (КСОД ВКЛ) на сегодняшний день является современным уникальным комплексом. Применение системы обеспечивает как реализацию непосредственных задач мониторинга кабельных линий, так и полноценную интеграцию в АСУ ТП с передачей данных по стандартным протоколам обмена информацией для последующего выполнения расчетных задач, отображения результатов на картах и схемах, отслеживания динамики процессов. Применение комплексного мониторинга — температурного контроля, акустического контроля, контроля токов транспозиции обеспечивает не только наблюдение за текущим состоянием КЛ, но и анализ эксплуатационных параметров КЛ в режиме реального времени, позволяя диагностировать возникновение критических процессов в КЛ.