

- Вычисление плановой и фактической выработки станции по методу трапеций позволяет получить результаты, хорошо коррелирующие с данными от АСКУЭ.

- Контроль информационного обмена с САУ ГРАМ по протоколу Modbus TCP. С этой целью используется двунаправленная передача значений счетчика секунд.

- Хранение архива принятых графиков нагрузки.
- Ведение лога программы.
- Анализ запретных зон станции по активной мощности при проведении аппроксимации. График мгновенно проходит через запретную зону, оставляя при этом выработку равной заданной величине.

Алгоритм работы приложения представлен на рис. 4. ПО является Windows-приложением AutoOper.exe. Требования к его установке минимальны, что позволяет использовать приложение практически на любой ГЭС:

- требования к ОС: Windows XP SP2 или Windows Server 2003 R2 SP2;

- требования к стороннему ПО: на АРМе должен быть установлен бесплатный сервер БД Microsoft SQL Compact Server 2000/2005/2008;

- требования к аппаратной части: частота процессора 1 ГГц, 512 Мб RAM.

Краткие выводы и результаты

Внедрение специализированной программы позволило:

- 1) существенно снизить нагрузку, возлагаемую на оперативный персонал станции;

- 2) исключить риск ошибки при ведении суточного графика из-за человеческого фактора;

- 3) получить необходимую гибкость реального графика плановой нагрузки с использованием различных типов интерполяции.

Кроме того, автоматизация процесса принятия и ведения суточного графика плановой нагрузки ГЭС с помощью специализированного ПО позволяет сделать еще один шаг в направлении развития умных сетей Smart Grid.

Жестков Дмитрий Александрович – системный инженер Emerson Process Management .

Контактный телефон (950) 728-06-94.

E-mail: Dmitry.Zhestkov@emerson.com

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

В.Н. Ли (ДВГУПС), Ф.А. Протасов (Корпорации National Instruments),

Е.Ю. Тряпкин, А.В. Гуляев, М.Ю. Кейно (ДВГУПС)

Рассматриваются структура, функциональность и результаты внедрения автоматизированной системы мониторинга тяговых подстанций. Показано, что разработанная система в автоматическом режиме отслеживает все внештатные, аварийные и предаварийные ситуации и через специально разработанный Web-сайт извещает заинтересованные службы железнодорожной дороги.

Ключевые слова: тяговая подстанция, система мониторинга, датчики, измерительные алгоритмы, автоматизация, оперативный контроль.

Несмотря на сокращение общего объема перевозок на Российских железных дорогах, грузооборот морских портов Дальневосточного бассейна за 8 мес. 2013 г. по данным Ассоциации морских портов вырос на 8,7% (<http://www.morport.com/rus/publications/document1417.shtml>). Рост перевалки грузов в портах Находка и Восточный, планы по увеличению перерабатывающих мощностей терминалов Находкинского узла и строительство новых терминалов на юге Приморья требуют существенного повышения пропускной и провозной способностей Транссибирской магистрали и участка Угловая — Смоляниново — Находка.

За последнее десятилетие увеличение объема перевозок на данном участке было обеспечено за счет усиления инфраструктуры, внедрения нового локомотивного парка и освоения новых, уникальных для России технологий вождения тяжеловесных поездов по сложному перевальному профилю. Стандартная масса груженого поезда на данном участке в настоящее время составляет 6300 т, что требует ис-

пользования четырех двухсекционных электровозов 2ЭС5К для движения по перевалам с подъемами до 27,8‰ (участки Анисимовка — Тигровый — Фридрихман — Красноармейский). Такая концентрация тяговых единиц, работающих на предельных режимах, приводит к существенной нагрузке на тяговые подстанции, обслуживающие перевальный участок. При единичной мощности часового режима на валях тяговых двигателей 6560 кВт четыре электровоза 2ЭС5К создают нагрузку на питающую сеть до 29 МВт. Результаты наблюдений и опытных поездов подтверждают систематические факты протекания к контактной сети тяговых токов > 1000 А.

По результатам опытных поездок с поездами массой до 6000 т, проведенных в 2002 г., на Дальневосточной железной дороге был реализован комплекс мероприятий по усилению инфраструктуры. Одной из ключевых мер стала замена тяговых трансформаторов на тяговых подстанциях, обеспечивающих питание перевальных участков. В целом работа, проведенная в 2003...2005 г., позволила подготовить участок



Рис. 1. Открытая часть тяговой подстанции

к пропуску тяжеловесных поездов и впоследствии организовать пропуск дополнительного числа тяжеловесных поездов после запуска первой очереди нефтепровода ВСТО («Восточная Сибирь — Тихий Океан»).

Интенсификация перевозок, связанная с необходимостью пропуска дополнительного пула наливных поездов, обращающихся на участке от станции Сковородино Забайкальской железной дороги до станции Грузовая Дальневосточной дороги, поставила перед службой электроснабжения новые задачи. Цена сбоя в обеспечении питания электрифицированной железной дороги в условиях интенсивного движения поездов по перевальному профилю достаточно велика. Технологические потери, связанные с вынужденной остановкой тяжеловесного поезда на подъеме, приводят к исключению из графика движения 4...5 ниток. В соответствии с используемой технологией вождения поездов даже столь мощное тяговое обеспечение из четырех 6 МВт электровозов не позволяет привести в движение состав, остановившийся на подъеме. Как следствие, требуется осаживание поезда на 5...7 км и длительный перерыв в движении поездов.

Оперативный контроль режимов работы тяговых подстанций и текущей ситуации на критически важном, перевальном участке до 2010 г. был практически невозможен. В распоряжении оперативного персонала была только телефонная связь, которая не обеспечивала адекватного уровня оперативности и объема передачи информации.

В 2009 г. специалистами ДВГУПС была разработана, а весной 2010 г. запущена в опытную эксплуатацию автоматизированная система мониторинга (АСМ) инфраструктуры участка железной дороги. Одним из объектов мониторинга являются тяго-

вые подстанции, обеспечивающее питание двухпутного участка электрифицированной железнодорожной линии (рис. 1).

Основной задачей системы мониторинга является контроль работы оборудования тяговой подстанции, автоматическое распознавание и запись аварийных и предаварийных состояний, своевременное извещение оперативно-технологического персонала. Для оценки работы подстанции был выбран ряд контрольных параметров и разработаны алгоритмы их анализа. Благодаря разработанным алгоритмам при относительно небольшом числе входных диагностических сигналов система может определять широкий спектр состояний контролируемого оборудования.

Автоматизированная система мониторинга позволяет в режиме on-line контролировать следующие параметры тяговой подстанции:

- напряжения плеч питания на шинах 27,5 кВ тяговых подстанций участка;
- токи фидеров контактной сети тяговых подстанций;
- токи вводов/выводов обмоток тяговых трансформаторов;
- напряжение гарантированного питания устройств сигнализации и автоблокировки;
- ток фидера воздушного отсоса цепи обратного тягового тока;
- напряжения на первичной стороне силовых трансформаторов;
- температуру верхних слоев масла в силовом трансформаторе;
- температуру окружающей среды.

Структурная схема системы мониторинга тяговой подстанции представлена на рис. 2. Измерительная часть системы включает датчики объектового измерительного комплекса, подключенные к измеритель-

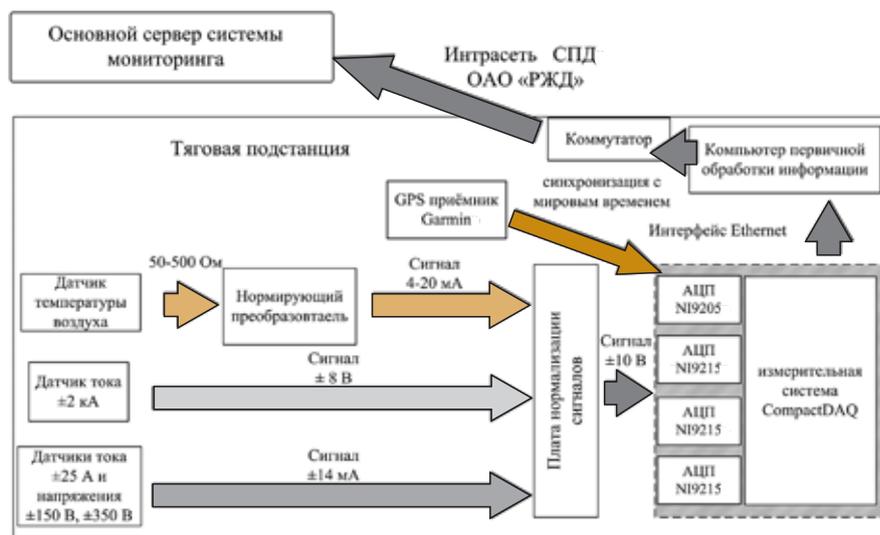


Рис. 2. Структурная схема системы мониторинга тяговой подстанции

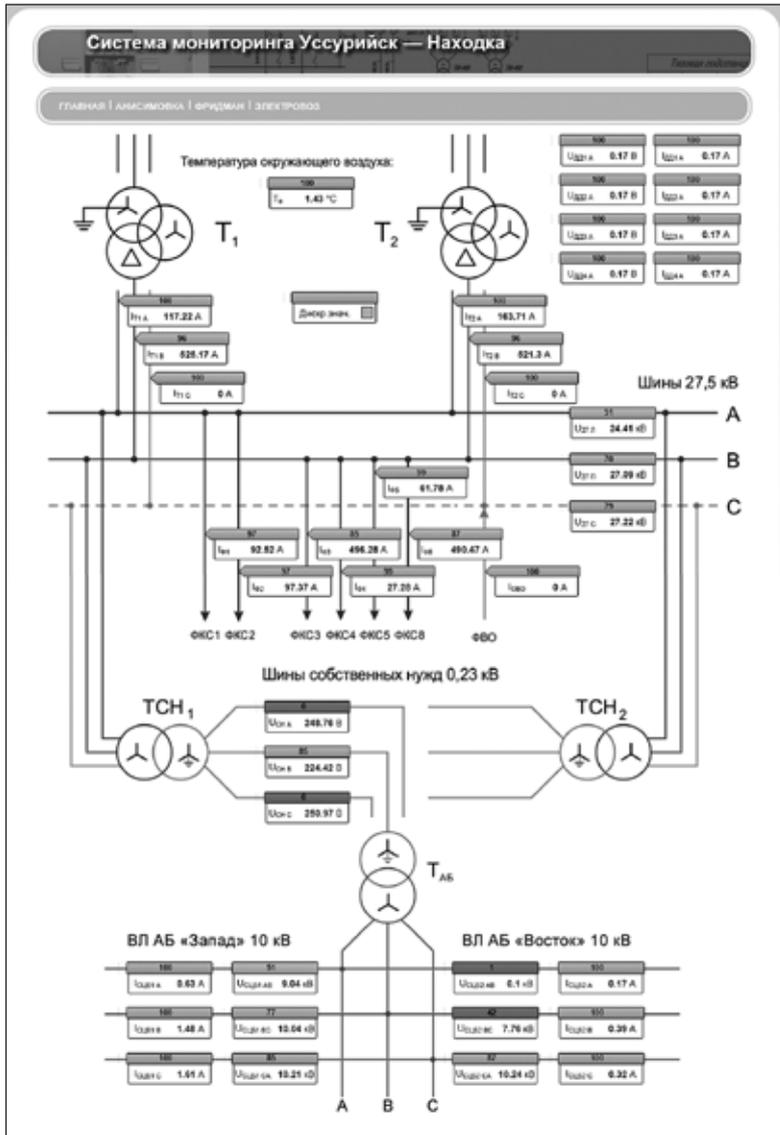


Рис. 3. Фрагмент мнемосхемы с текущими параметрами работы оборудования подстанции (расположено на Web-сайте)

ным обмоткам трансформаторов тока и напряжения подстанции. При разработке измерительной части системы учтены следующие аспекты:

- в связи с высокими значениями напряжений и токов реализована дополнительная гальваническая развязка между первичными и измерительными цепями;
- предусмотрена возможность установки дополнительных измерительных преобразователей без включения оборудования подстанции;
- сигнальные линии обладают высокой помехозащищенностью от электромагнитных полей оборудования щитовой.

Все датчики, находящиеся в аппаратном зале подстанции, имеют выходной сигнал типа «токовая петля», что обеспечивает защищенность измерительной цепи от помех, создаваемых работой оборудования подстанции. Для измерения угла сдвига фаз токов и напряжений применены скоростные АЦП с одно-

временной оцифровкой каналов и частотой дискретизации до 100 тыс. выборок в секунду. Такая частота обусловлена необходимостью анализа высших гармоник в системе электроснабжения [1, 2].

В качестве базовой аппаратной платформы измерительного блока для тяговой подстанции была выбрана измерительная система CompactDAQ производства корпорации National Instruments (США).

Контроллер измерительного блока выполняет опрос многоканальных модульных АЦП NI 9215 и 9205, установленных в 8-слотовое шасси NI cDAQ-9178, производит вычисления средних действующих значений токов и напряжений, выполняет процедуры алгоритмических проверок и оперативного анализа измеренных значений. Все измеряемые данные сохраняются на локальном накопителе и периодически через интрасеть ОАО «РЖД» передаются на центральный сервер оперативного мониторинга. С целью уменьшения нагрузки на канал передачи данных передаваемые данные подвергаются компрессии алгоритмом Deflate, представляющим собой комбинацию алгоритмов LZ77 и Хаффмана [3].

Для точной синхронизации регистрируемых данных с мировым временем (± 1 мкс) используется приемник ГЛОНАСС/GPS. Такая синхронизация позволяет анализировать динамические процессы, происходящие на двух смежных подстанциях, обеспечивающих двустороннее питание одного участка.

Система предполагает двухуровневое разделение ПО на измерительное и серверное. Разработанное с помощью системы графического программирования NI LabVIEW измерительное ПО выполняет сбор, первичную обработку, анализ и передачу данных. Возможности измерительной системы позволяют автоматически выполнять ряд процедур анализа состояния контролируемого объекта. По результатам обработки информации происходит оценивание состояния контролируемой системы. Полученные оценки накапливаются и подвергаются нескольким уровням анализа, разделенным по времени. Если обнаруживается угрожающее состояние оборудования, то формируется информационное сообщение о возможной неполадке.

Измерительная система работает полностью в автономном режиме, поэтому к ее аппаратному и программному обеспечению предъявляются повышенные требования по надежности. Использование сторожевых таймеров обеспечивает автоматический принудительный рестарт системы, возвращающий ее к работе в случае возникновения сбоя.

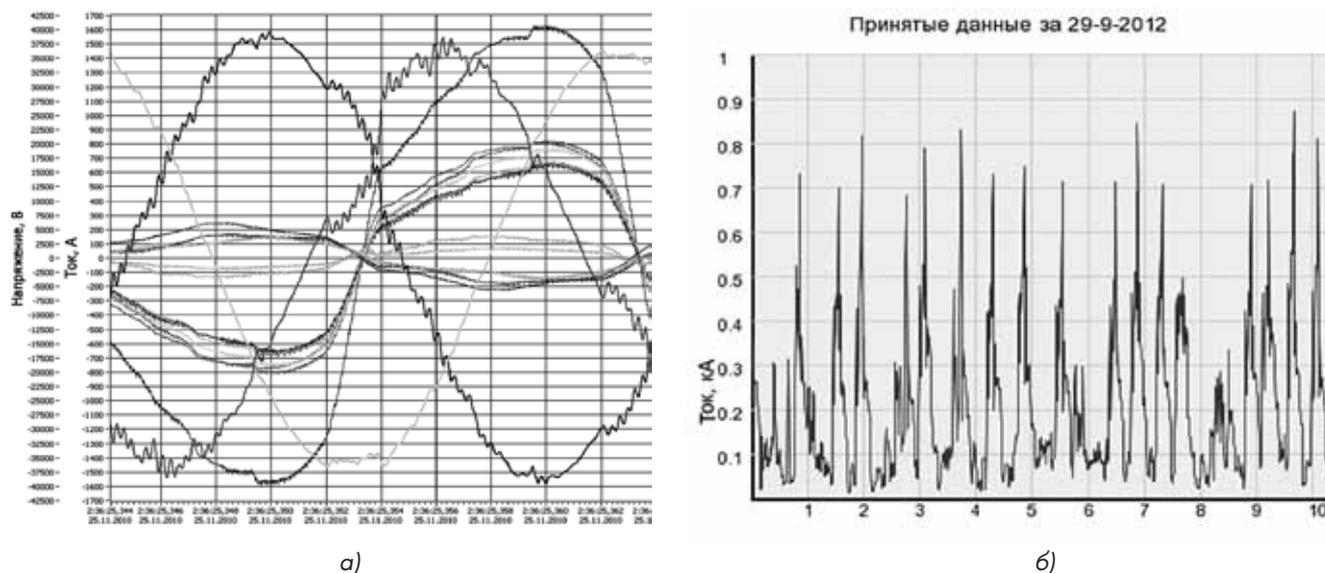


Рис. 4. Осциллограммы токов и напряжений (а), ток фидера контактной сети (б)

Как показал опыт эксплуатации за последние 3 г., время непрерывной работы измерительного комплекса составляет 120...200 дней. За два последних года не зафиксировано ни одного принудительно-го рестарта измерительных комплексов, что говорит о надежности аппаратуры и отлаженности ПО.

Серверное ПО системы выполняет накопление, анализ и визуализацию данных. Алгоритмы анализа состояния объектов, реализуемые на серверной части, отличаются от алгоритмов измерительной системы на объекте, поскольку позволяют сопоставить данные не только в масштабах одного контролируемого объекта, но и в рамках всего участка, что позволяет значительно повысить эффективность диагностики. Визуализация данных заключается в предоставлении информации оператору и пользователям системы с необходимым уровнем детализации и интервалом времени.

На Web-сайте в режиме РВ отображается работа подстанции. На мнемосхеме (рис. 3) схематично изображены основные устройства и аппараты тяговой подстанции и режимы работы на данный момент, с указанием текущих значений измеряемых величин. Данные на этой странице обновляются с периодом 30 с. Все измеряемые параметры автоматически оцениваются по 100-бальной системе и выделяются соответствующим цветом. Используя специально разработанное ПО, система рассчитывает гармонический состав, углы сдвигов фаз, иные показатели качества электроэнергии. Для реализации функций аварийного осциллографа предусмотрена возможность просмотра огибающей тока и напряжения (рис. 4).

Анализ накопленной информации позволяет разрабатывать расписание поездов со щадящими

нагрузками на оборудование, а также контролировать его исправность. Гибкость системы позволяет добавлять новые измерительные средства и синхронизировать их работу с уже существующими датчиками для реализации научных изысканий и внедрения передовых разработок на производстве. В число пользователей данных, предоставляемых системой мониторинга через Web-сайт, входят оперативно-диспетчерский персонал, технические специалисты и руководители службы электроснабжения Дальневосточной дороги.

Эксплуатация системы позволяет в автоматизированном режиме осуществлять сбор и первичный анализ данных о степени реализации паспортной мощности основного оборудования и оперативно получать информацию обо всех случаях сверхнормативных нагрузок, достоверно выявлять причины нештатных ситуаций. На основе анализа накапливаемой информации возможно обоснованное и аргументированное принятие решение о допустимости/недопустимости изменения технологии работы участка железной дороги. Особо важным представляется вклад такой системы в повышение безопасности движения поездов.

Список литературы

1. Федосов В.П., Нестеренко А.К. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW. Под ред. В. П. Федосова. М.: ДМК Пресс. 2007.
2. Оптенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. М.: Техносфера. 2007.
3. Золотарев В.В., Овечкин. М. Помехоустойчивое кодирование. Методы и алгоритмы. Справочник. Горячая линия-Телеком. 2004.

Ли Валерий Николаевич – д-р техн. наук, проф., **Трякин Евгений Юрьевич** – ст. преподаватель, **Гуляев Александр Викторович** – преподаватель, **Кейно Максим Юрьевич** – ст. преподаватель Дальневосточного государственного университета путей сообщения (ДВГУПС), **Протасов Федор Анатольевич** – региональный представитель корпорации National Instruments. E-mail: max@festu.khv.ru fedor.protasov@ni.com Контактный телефон (421-2) 407-076.