



Автоматизированная система контроля и учёта электроэнергии на Казахстанской железной дороге

Борис Черепанов, Ольга Киселёва

Статья посвящена проекту АСКУЭ, внедрённому на западных дистанциях железных дорог Республики Казахстан. Представленная система построена с использованием технических и программных средств известных производителей Advantech и ICONICS и осуществляет автоматизированный учёт, сбор и обработку информации о потреблении электрической энергии.

ВВЕДЕНИЕ

В этом году своё 105-летие отмечают железные дороги Казахстана. Сегодня железные дороги Казахстана — это около 14 тысяч километров железнодорожного полотна и более 700 станций. Объём перевозок и пассажирооборота растёт с каждым годом, и это неизбежно влияет на увеличение расхода электроэнергии. В условиях реформирования электроэнергетики и роста цен на энергоносители очевидна необходимость повышения эффективности использования энергоресурсов и внедрения автоматизированной системы контроля и учёта электроэнергии (АСКУЭ). К настоящему времени усилиями Комитета по государственному энергетическому надзору Республики Казахстан, а также системного оператора электроэнергетической системы Казахстана АО КЕГОС создана нормативная и опытная база внедрения АСКУЭ в республике. Утвердился порядок получения и согласования технических заданий на проекты АСКУЭ, есть ясный и чёткий порядок приёмки вновь создаваемых систем, а также выработаны требования к функциональным возможностям и форматам передачи данных АСКУЭ. Ввод в действие автоматизированной системы коммерческого учёта электроэнергии в рамках проекта «Модернизация национальной электрической сети Казахстана» отнесён к первому этапу развития рыночных отношений на оптовом рынке. Глав-

ная и крупнейшая национальная компания, обеспечивающая железнодорожные перевозки в Казахстане, — АО НК «Казакстан темір жолы» (КТЖ) — провела тендер на систему АСКУЭ. Согласно тендерным условиям эта система должна вести мониторинг расхода электроэнергии, минимизировать затраты железной дороги на энергообеспечение и поддерживать оптимальное соотношение между указанными затратами и объёмами работ и услуг, выполняемых предприятиями и структурными подразделениями дороги.

Особенности АСКУЭ ЭНЕРГОСЕТЕЙ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Можно сказать, что в СНГ наибольшее распространение получила достаточно стандартная схема построения систем АСКУЭ с разной степенью централизации, в основе которой, как правило, лежат счётчики с общепромышленным интерфейсом RS-485 и принимающие от них информацию устройства сбора и передачи данных (УСПД). Эти устройства могут иметь разную насыщенность каналами связи и каналами ввода-вывода, разную вычислительную мощность, могут применяться в виде упрощённых вариантов устройств, служащих лишь для передачи данных (телеметрические УПД — устройства передачи данных), но промежуточным звеном всегда являются

именно УСПД. Устройства УСПД по скоростному каналу передают данные непосредственно на высокопроизводительный сервер АСКУЭ, который является ключевым звеном всей системы. Он осуществляет обработку и сбор данных в единую базу данных (БД), а также предоставление данных на клиентские машины. Вся система строится на архитектуре «клиент — сервер».

Железнодорожные энергосети, как правило, чётко иерархически структурированы, поделены на электрические части (ЭЧ) в границах дистанций, имеют единый центр управления и административную принадлежность. В Казахстане, особенно в районах дистанций, задействованных в описываемом проекте, зачастую, кроме железной дороги, нет никакой производственной инфраструктуры и региональных сетей, и здесь КТЖ выступает единственным возможным поставщиком электроэнергии для гражданских потребителей в поселениях, располагающихся вдоль путей. Большое количество и удалённость объектов энергоучёта друг от друга (до 50 километров) и от центра сбора и обработки информации усложняют развертывание единой системы сбора информации.

Для таких масштабных по территории проектов становится крайне необходимым использование типовых решений для эксплуатирующихся в электрических сетях сотен трансформаторных подстанций, имеющих однотипные

электрические параметры и условия инсталляции. Ключевая задача, которую приходится решать при создании АСКУЭ на железнодорожных энергосетях, — это развёртывание инфраструктуры связи (доставка данных от точек измерения к центру обработки данных). От правильного её решения зависит надёжная работа всей системы и, значит, успех всего проекта. Эту задачу усложняют большие расстояния и сама структура железнодорожных энергосетей, где сочетаются и линейная (вдоль путей) и звездообразная (крупные станции) топологии.

РЕШЕНИЕ

Проектный вариант системы, выполненный в 2005 году ТОО «Энергопульс» (Алма-Ата), строился на основе технических и программных средств Siemens (SIMATIC S7-300, ПО доставки данных SINAUT и системное ПО WinCC), которые критичны к неоднородности оборудования, в то время как всем АСКУЭ свойственна гибридность, то есть сочетание оборудования разных производителей и стандартов. Также предусматривалось использование средств ВЧ-связи (производитель АBB). Платформа Siemens в принципе плохо приспособлена к таким адаптациям, это сопряжено со значительным наращиванием промежуточных модулей преобразователей, усложняющих и удорожающих систему, ограничивает заказчика в выборе совместимого оборудования. Более трети счётчиков в проекте вообще не охватывались автоматизированным энергоучётом, а опрашивались локально оператором. К началу работ смета устарела, и экономически было невыгодно внедрять проектный вариант на тендерных условиях. Всё это продиктовало решение о переходе на новую аппаратную и программную платформу.

Компании Техник-Трейд, являющаяся дилером фирмы ПРОСОФТ в Казахстане, и Тер&Reclе из Алма-Аты как подрядчики предложили заказчику своё решение по автоматизации энергоучёта на базе пакета SCADA-системы GENE-SIS32 v9 производства компании ICONICS и контроллеров ADAM-4500, ADAM-5510/TCP производства компании Advantech. Это предложение было одобрено департаментом электроснабжения КТЖ и проектировщиком системы при условии выполнения требований технического задания и сохранения сметной стоимости. Были

автоматизированы следующие дистанции электроснабжения КТЖ: Уральская (ЭЧ-1), Шалкарская (ЭЧ-3), Кзыл-Ординская (ЭЧ-25), Мангышлакская (ЭЧ-5), Атырауская (ЭЧ-4), куда вошли 58 энергоузлов и 264 удалённые подстанции. Была создана единая для 5 дистанций центральная серверная площадка в городе Астане. Связь с удалёнными подстанциями осуществляется с использованием радиомодемного VHF-соединения (150–172 МГц) и GSM (SMS/CSD). Передача данных на верхнем уровне реализуется по DSL-линиям, Ethernet и спутниковой связи системы Sky Edge. В общей сложности было сконфигурировано 322 узла сбора данных с обработкой около 14 000 параметров (тегов), включая события.

ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ

Система АСКУЭ состоит из нескольких уровней.

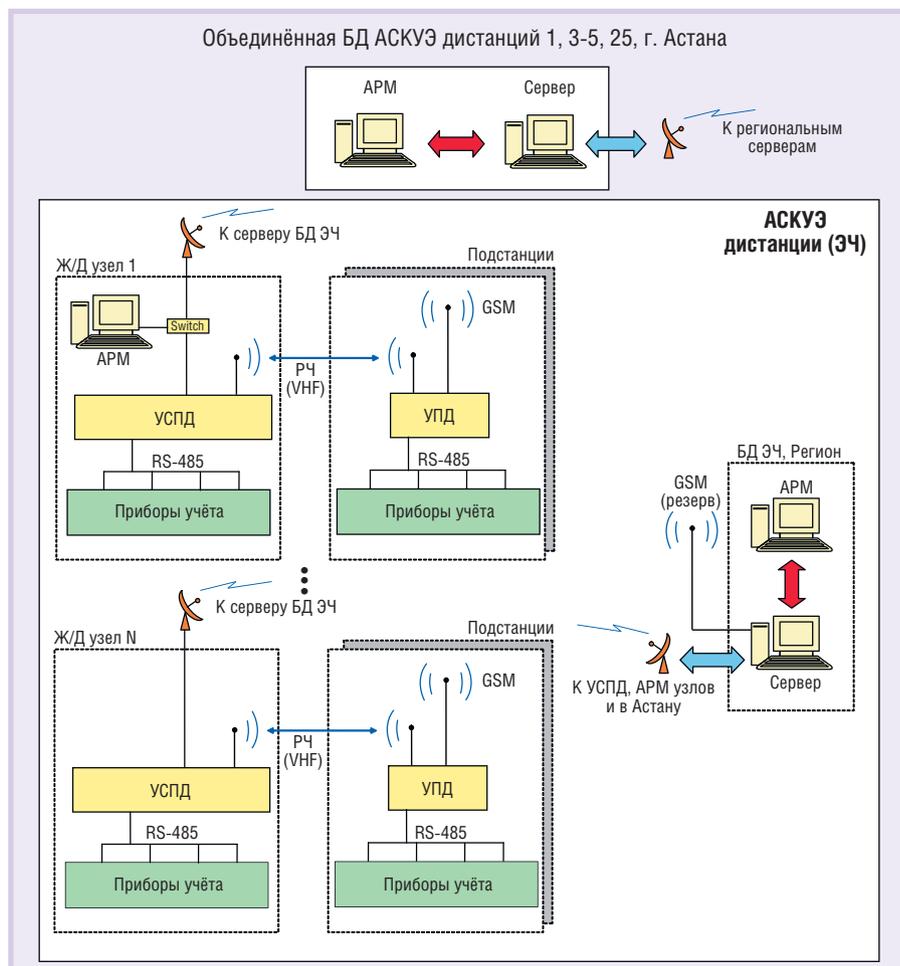
Первый уровень — измерительный комплекс учёта электроэнергии (ИКУЭ), включающий в свой состав трансформаторы тока и напряжения, вторичные измерительные цепи, микропроцессорные

счётчики серий СЭТ/ПСЧ. Размещён на контролируемых энергообъектах.

Второй уровень — объектные устройства сбора и передачи данных (УПД и УСПД), устанавливаемые на распределительные и трансформаторные подстанции, каналы сбора данных со счётчиков, коммуникационную аппаратуру. Размещён на контролируемых энергообъектах.

Третий уровень — информационно-вычислительный комплекс (ИВК) системы, состоящий из локальных (размещённых на узловых объектах энергоучёта — крупных железнодорожных станциях) и центральных автоматизированных рабочих мест (АРМ), коммуникационного оборудования для связи с серверами и серверных площадок, находящихся в региональных центрах дистанций и в Астане. ИВК является важным звеном всей системы, поскольку именно здесь реализуются обработка и хранение информации, расчёт балансов и предоставление данных конечным пользователям системы.

Структурная схема АСКУЭ приведена на рис. 1.



Условные обозначения: УСПД — устройство сбора и передачи данных; УПД — устройство передачи данных; РЧ — радиочастотный канал (150 МГц); ЭЧ — электрическая часть.

Рис. 1. Структура АСКУЭ КТЖ

Информация от счётчиков электроэнергии по интерфейсу RS-485 передаётся в УПД, в состав которого входит оборудование связи. Данные с объектных УПД собираются по каналам радиосвязи (или резервным каналам GSM-связи) в узловые УСПД. Все УСПД, независимо от их положения в иерархии (локальное, узловое, центральное), подключены к ведомственной спутниковой сети передачи данных (ВСПД). Они передают данные в региональный сервер БД, который консолидирует информацию со всех точек учёта узла и синхронизирует единое время по всем компонентам системы. Сбор данных с объектных УСПД производится в автоматическом режиме по расписанию.

В локальных центрах сбора и обработки данных (узловые станции) помимо узловых УСПД (они здесь присутствуют, равно как и на прочих объектах) устанавливаются и АРМ специалистов, имеющих доступ по спутниковому каналу к БД регионального сервера ЭЧ, который находится в областном центре. Указанное оборудование подключено к ВСПД.

Система функционирует в круглосуточном режиме. Коррекция системного времени в счётчиках электрической энергии, УСПД и на сервере осуществляется системой обеспечения единого времени, которая задействована на всех уровнях и полностью выполняет функцию измерения времени. Основой этой системы является GPS-приёмник точного времени.

Имеется также единый сервер всей системы в городе Астане, который собирает информацию со всех региональных серверов и располагает наиболее полной информацией по энергоучёту всех вошедших в проект дистанций.

В составе оборудования системы на контролируемых объектах устанавливается недорогое объектное УПД, выполненное на базе контроллера ADAM-4500 (рис. 2), и УСПД на основе контроллера ADAM-5510E/TCP (рис. 3). Эти устройства специально разработаны для условий неотопляемых помещений трансформаторных подстанций.

Несмотря на большое разнообразие микроконтроллеров, представленных на рынке, в качестве основы УСПД был выбран ПЛК фирмы Advantech. Такой выбор был сделан по следующим причинам: развитые функции связи в базовом блоке (по различным каналам Ethernet); большое количество слотов (8) для модулей расширения (ввода-вывода, коммуникационных и др.); поддержка распространённых протоколов (Modbus RTU и Modbus TCP); совместимость с популярным программным обеспечением (Turbo C++); IBM PC совместимая архитектура процессора; возможность наращивания путём создания многоточечной сети контроллеров на базе интерфейса RS-485 или TCP/IP; широкий диапазон рабочих температур от -10 до $+70^{\circ}\text{C}$; разнообразие способов монтажа и удобство подключения; не критичность к качеству питания.

Разработанное системным интегратором встроенное прикладное ПО уровня УСПД выполняет следующие функции:

- сбор по интерфейсу RS-485 данных от 32 счётчиков электрической энергии ПСЧ-4ТМ.05 или других с совместимым протоколом (15-минутные срезы по активной и реактивной энергии и мощности прямого и обратного направлений в соответствии с требованиями нормативных документов Республики Казахстан, а также события счётчиков и УСПД);
- сбор данных по радиоканалу от УПД нижнего уровня (при этом используется потоковый протокол обмена данными);
- управление резервированием связи (в случае отсутствия обратной связи по радиоканалу УСПД выдаёт команду УПД генерировать SMS-сообщение с данными энергоучёта и отправлять на сервер опроса);
- передача консолидированных данных через Ethernet-коммутатор по протоколу TCP и спутниковый терминал Sky Edge на региональный сервер.

SMS-сообщение оказалось единственным безотказным и гарантированным способом передачи данных по GSM. CSD-протокол поддерживается базовым оборудованием сотовых операторов не во всех областях Казахстана.

В составе АСКУЭ железнодорожного узла помимо УСПД широко применяются УПД, предназначенные для отдельных подстанций (трансформаторных и комплектных трансформаторных) дистанции. Каждое из этих устройств выполнено на основе двух модемов (радио- и GSM), конвертора интерфейсов ADAM-4520 и контроллера ADAM-4500, имеет малые габариты и обладает такими же возможностями относительно связи, как и УСПД. Для размещения оборудования УПД выбраны компактные пластиковые шкафы компании Rittal серии KS с монтажными платами. Применяется монтаж на профильную DIN-рейку, который обеспечивает быстроту и надёжность



Рис. 2. Шкаф УПД



Рис. 3. Шкаф УСПД



Рис. 4. Общая графическая форма АРМ диспетчера

размещения элементов, а также простоту их замены или демонтажа для проверки. Все кабели вводятся в шкаф через герметичные сальниковые вводы, предохраняющие оборудование внутри конструктива от пыли и влаги.

Для УСПД используются металлические шкафы Rittal серии АЕ. Все полевые шкафы, как правило, работают при температурах, не отличающихся от температуры окружающей среды, но оборудование шкафов, в первую очередь связанное, не рассчитано на морозы ниже -20°C , поэтому во всех шкафах применена единая система термостатирования с подогревом на основе соответствующих компонентов производства компании Rittal.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Учитывая особенности технического задания этого проекта, а также сжатые временные рамки его реализации, был сделан выбор в пользу готового программного обеспечения для управления и сбора данных — пакета ICONICS GENESIS32. ПО GENESIS32 очень удачно вписалось в рамки проекта. Этот пакет имеет клиент-серверную архитектуру и использует OPC-технологию, позволяющую не привязываться к конкретной аппаратной части, сочетая оборудование различных производителей. Удобный пользовательский интерфейс девятой версии GENESIS32 полностью переведён на русский язык, что позволило интеграторам в короткий срок освоить продукт и раз-

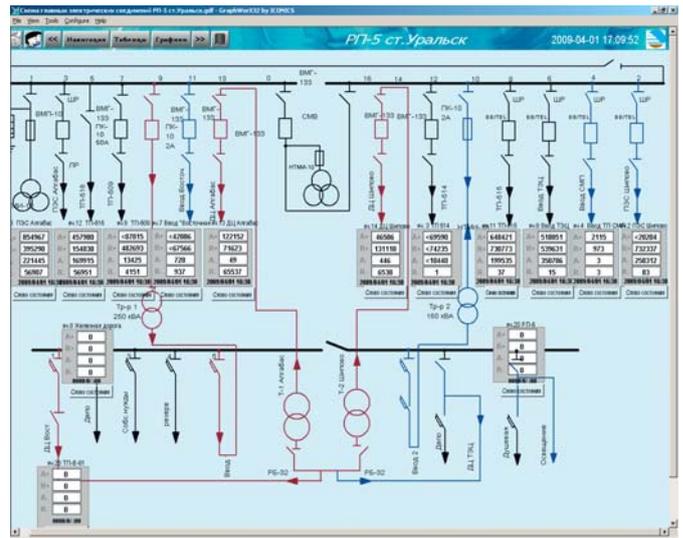


Рис. 5. Мнемосхема диспетчера АСКУЭ

работать все необходимые конфигурации. Основные модули этого пакета позволяют отображать данные информационно-измерительной системы в виде текущих значений или в виде архивов. Так, GraphWorX32 обеспечивает создание анимированных графических дисплеев, TrendWorX32 формирует графические изображения (тренды), архивирует и анализирует данные, AlarmWorX32 предоставляет информацию об аварийных событиях и тревогах. Данные с контроллеров системы поступают на OPC-серверы (продукт компании Advantech), преобразующие их в понятный для GENESIS32 OPC-стандарт. Все данные, передающиеся по спутниковой связи, собираются на серверах (5 региональных и 1 центральный) и архивируются в базе данных Microsoft SQL Server. Диспетчерский контроль осуществляется на лицензированных рабочих станциях с операционной системой Microsoft Windows XP.

При запуске системы на мониторе диспетчера появляется графическая форма, показанная на рис. 4. Это форма GraphWorX32, верхняя инструментальная панель которой позволяет быстро и удобно перемещаться между различны-

ми мнемосхемами по выпадающим спискам раздела «Навигация». Мнемосхемы отображают структурную схему выбранного объекта с нанесёнными индикаторами показаний активной, реактивной энергии прямого и обратного направления с графической привязкой к реальному месту подключения.

Важной особенностью GENESIS32 является централизованная система безопасности, которая ведёт администрирование пользователей, ресурсов и прав доступа к мнемосхемам. Например, операторы группы «Диспетчер рабочих станций АСКУЭ» получают графическое отображение схемы электроснабжения с индикацией технологических данных (рис. 5) и видеокладов наличия связи со счётчиками и контроллерами (рис. 6), допускаются к просмотру текущих и архивных данных в виде таблиц и графиков (рис. 7), но уровень безопасности этой группы исключает вмешательство диспетчера в настройки системы: добавление счётчика, изменение уставок по тревогам и т.п. Для управления такими настройками служат другие уровни пользователей АСКУЭ. Группы и права пользователей на доступ к информации и управлению настраивают-



Рис. 6. Видеоклад наличия связи со счётчиками и контроллерами

ся в приложении ICONICS Security Configurator, которое бесплатно включается в состав пакета GENESIS32.

Всего в рамках проекта АСКУЭ западной части дистанций железных дорог было установлено 33 лицензии GENESIS32 v9 ёмкостью до 35 000 точек ввода-вывода.

РЕЗУЛЬТАТ

Актуальность перехода на системный автоматизированный учёт электроэнергии трудно переоценить. Он необходим для равноправного взаиморасчёта между сторонами по договорам купли-продажи и передачи электрической энергии, без него невозможна полноценная работа балансирующего рынка электроэнергии. Наличие АСКУЭ является непременным условием при выходе заказчика на оптовый рынок электроэнергии (ОРЭ) Республики Казахстан, где тарифы значительно ниже тарифов, действующих внутри региональной энергосистемы. А для работы с ОРЭ необходимо выпол-

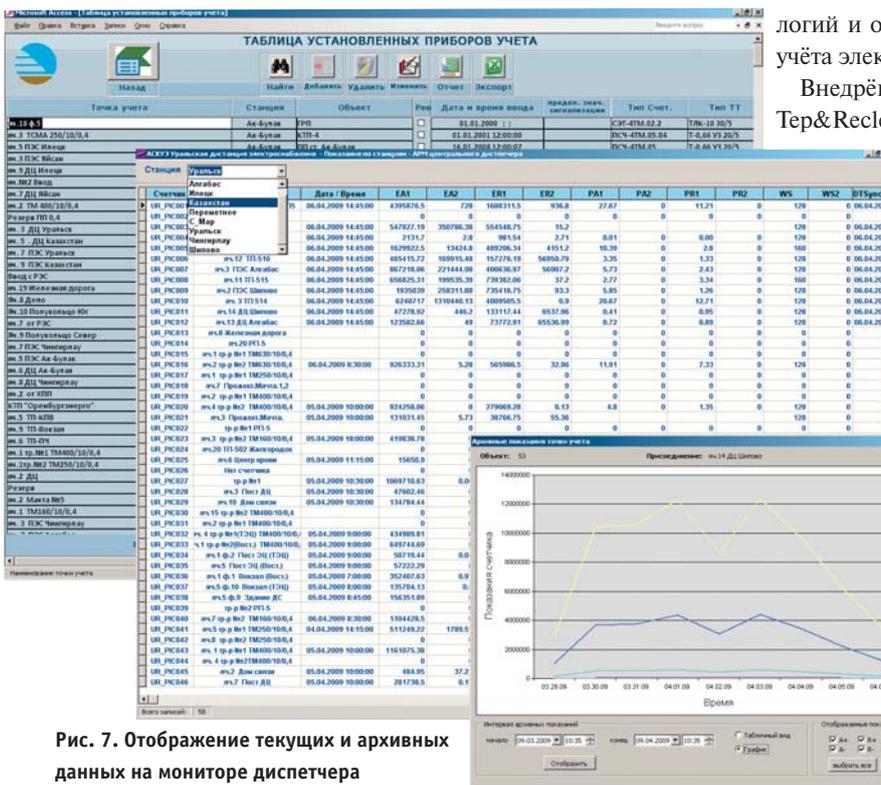


Рис. 7. Отображение текущих и архивных данных на мониторе диспетчера

нить широкий набор требований, и наиболее важными из них являются технические, описывающие системы учёта электроэнергии, модернизацию подстанций, введение современных техно-

логий и оборудования на объектах учёта электроэнергии. Внедрённое решение компаний Тер&Реclе и Техник-Трейд, которое представлено в данной статье, реализовано на основе современной продукции фирм Advantech и ICONICS и выполняет все требования технического задания заказчика. Железные дороги Казахстана получили гибкое интегрированное решение для учёта и контроля энергопотребления, а также повышения эффективности использования энергоресурсов. ●

**Авторы — сотрудники компаний Техник-Трейд и ПРОСОФТ
Телефон: +7 (7232) 25-4064
E-mail: info@technik.kz**