

## Опыт автоматизации городских энергоподстанций и систем освещения

**М**ногие согласятся, что среди многочисленных проблем общественного коммунального хозяйства состояние городских энергосистем является достаточно слабым звеном, несмотря на внедрение в последние годы на энергообъектах современных систем телеметрии и телеуправления. Решению этой проблемы может способствовать оптимизация архитектурных принципов и практических подходов к построению автоматизированных систем диспетчерского управления. В предлагаемом материале своим опытом в этой области делится санкт-петербургская научно-производственная фирма "ЛМТ", созданная на базе лаборатории микропроцессорной техники ЛИТМО (ныне СПб ГУИТМО).

Анализ организации систем диспетчерского контроля и автоматического управления для энергосистем городов и крупных населенных пунктов, проведенный НПФ "ЛМТ", позволил определить следующие требования к архитектуре комплексов автоматизации городских энергосистем (КАГЭ):

- ▶ пространственная децентрализация функций управления, управление на уровне контроллеров локального и зонального уровня;
- ▶ доступность технологических данных и возможность управления системой из удаленных пунктов за счет использования единой коммуникационной среды с произвольным доступом. Доступным вариантом такой коммуникационной сети следует считать каналы пакетной передачи данных в сетях сотовой телефонной связи, в частности в сетях GSM (GPRS, EDGE) и CDMA;
- ▶ возможность подключения комплекса автоматики к городским и глобальным сетям (WIMAX, Internet);
- ▶ поддержка механизмов надежности, в том числе альтернативных каналов доставки данных, резервирования аппаратных средств;
- ▶ обеспечение структурного и функционального масштабирования КАГЭ за счет реконфигурируемой сетевой организации;
- ▶ упрощение монтажа и снижение стоимости систем за счет применения беспроводных коммуникаций по всей иерархии системы, вплоть до связи УСО и контроллеров на подстанциях;
- ▶ интеграция с высокоуровневыми информационными системами MES, ERP и т.п.

Опыт разработки и внедрения подобных систем в целом показал справедливость выводов и перспективность выбранного направления развития систем автоматизации энергообъектов. Наряду с этим выявлен ряд проблем, потребовавших скорректировать и дополнить технические и организационные методы.

Это, во-первых, плачевное состояние оборудования подавляющего большинства электросетей в регионах и невозможность его единовременной комплексной замены или модернизации ввиду недостаточного финансирования. Стоимость одной укомплектованной модульной распределительной подстанции зачастую превышает несколько годовых бюджетов "Электросети" небольшого города. Максимум, на что можно рассчитывать – это на поэтапное обновление автоматики в течение нескольких лет. Но такой путь малоинтересен крупным поставщикам оборудования и программного обеспечения.

Во-вторых, в регионах сохранилась, а на фоне развития больших городов и усугубилась проблема отсутствия современных быстродействующих коммуникационных каналов – сетей передачи данных, сетей связи. Это сильно ограничивает возможности применения стандартной вычислительной техники, включая блочно-модульные комплексы телемеханики.

В-третьих, такие факторы, характерные для большинства региональных эксплуатирующих предприятий, как низкий уровень подготовленности персонала, смешивание функций отдельных служб и разных категорий работников (техники-электрики выполняют функции инженеров-программистов и наоборот), несоблюдение регламента обслуживания оборудования и программного обеспечения и т.п., добавляют проблем на этапе внедрения и обслуживания дорогостоящей аппаратуры.

Теперь посмотрим на ситуацию с точки зрения интересов и возможностей производителей. По мере роста технических и технологических возможностей оборудования – контроллеров, устройств связи, датчиков и блоков исполнительной электроники – расширяются возможности для создания гораздо более функционально мощных систем при одновременном снижении их стоимости. Например, стоимость модуля связи GSM/GPRS снизилась в 1,5–2 раза при аналогичном увеличении функциональных возможностей и уменьшении габаритов устройства. Микроконтроллер, имеющий возможности промышленного компьютера "средней руки" 5-летней давности, стоит от трехсот до тысячи рублей. Таким образом, в настоящее время можно уже говорить о комплексах телемеханики (контроллеры + связанное оборудование + компьютеры АРМ) стоимостью от 100 000 рублей.

Оборотная сторона медали состоит в том, что при этом не уменьшается, а увеличивается стоимость интеллектуальной составляющей при создании систем автоматики: их сложность, все большая "интеллектуализация" и растущие запросы потребителей ведут к росту затрат на разработку программного обеспечения. Все больше

средств приходится тратить на тестирование продукта. Проблему еще больше обостряет кадровый голод в сегменте проектирования встраиваемых микропроцессорных систем. Готов ли потребитель платить за данную “виртуальную” компоненту? Очевидно, что пока не готов.

Таким образом, существует следующая противоречивая ситуация:

- ▶ с одной стороны – потребность заказчика в максимально низкой стоимости автоматизированных систем диспетчерского управления (АСДУ) и потенциальная возможность со стороны производителя обеспечить низкую стоимость в части оборудования;
- ▶ с другой стороны – потребность заказчика в АСДУ, обеспечивающей широкий набор функций диспетчеризации и автоматического управления, гарантирующей надежность и безопасность, простой во внедрении и пригодной для эксплуатации низкоквалифицированным персоналом, что приводит к потребности в развитом “интеллекте систем” и росту затрат разработчика на их проектирование (особенно программного обеспечения) при невозможности потребителя оплачивать эти затраты.

Как показывает практика, удовлетворить перечисленным ограничениям, используя оборудование и программное обеспечение модульных систем телемеханики (продукцию ведущих мировых производителей Siemens A&D, ABB, AllenBredley, GE Fanuc и т.д.), а также унифицированные модульные программно-технические комплексы (ПТК) распределенной автоматики, такие как Simatic (Siemens A&D), ADAM (Advantech) и другие, в российской глубинке пока не представляется возможным. То же касается и отечественных производителей, выпускающих аналогичные комплексы. И основная причина этого заключается именно в модульности и конструктивной унификации этих комплексов, ведущих к росту избыточности и стоимости оборудования систем. Ради справедливости следует, однако, отметить их бесспорное техническое качество.

Тем не менее, в сегменте узкоспециализированных систем, таких как системы АСКУЭ, системы управления наружным освещением, в России существует альтернативный подход. Его придерживаются многие организации, например, НПО “МИР” (Омск), “Компания ДЭП” (Москва), НПФ “ЛМТ” (Санкт-Петербург). Основные его принципы можно продемонстрировать на примере реализации комплекса технических средств (КТС) “ЛУЧ-2”, разработанного ООО “ЛМТ”.

КТС “ЛУЧ-2” ориентирован на построение автоматизированных комплексов диспетчерского управления и учета энергоресурсов для городских энергосистем. На базе модулей КТС “ЛУЧ-2” могут быть созданы комплексы АСДУ или АСКУЭ, в том числе с поддержкой технологий ресурсосбережения. Концепция КТС “ЛУЧ-2” развивается в течение уже четырех лет, опираясь как на значительный опыт фирмы в разработке специализированных комплексов микропроцессорной автоматики для транспортных и производственных приложений, так и на опыт внедрения прикладных комплексов “ЛУЧ-2”.

Архитектура КТС “ЛУЧ-2” проектировалась в расчете на поэтапное расширение функциональности и

охвата различных городских энергосистем, внедрение последних достижений в области вычислительной техники, микроэлектроники и коммуникационных технологий. Основная цель – создать единую информационно-вычислительную платформу для различных прикладных задач, одновременно сохраняя достаточно жесткую специализацию модулей, а значит, их низкую избыточность и стоимость.

Ключевая идея данного подхода – обеспечить унификацию и модульность не на уровне аппаратуры, а на уровне функциональных блоков, коммуникационных протоколов, программного обеспечения, то есть, как говорилось выше, в наиболее дорогостоящей части проекта. Подобный подход не нов – он широко используется при проектировании программных средств универсальных компьютерных систем в рамках объектно-ориентированных и компонентных технологий программирования. Однако до настоящего времени не удалось перенести его “один в один” на встраиваемые платформы и средства. Причина тому – высокие требования к ресурсам вычислительных систем и очень большое разнообразие аппаратных средств.

Специалистами НПФ “ЛМТ” предложен следующий путь решения проблемы:

- ▶ поднять уровень “автономности” логических компонент системы (функциональных блоков, подсистем): устранить потоки управления между ними и оставить только потоки информационных сообщений. Иными словами, каждый компонент (объект) должен функционировать независимо и не требовать единого способа реализации (программного или аппаратного, в рамках определенной операционной системы, с использованием только определенного типа микропроцессора и т.п.) Единственное правило – соблюдение несложного протокола обмена данными;
- ▶ сократить число типов информационных сообщений и передаваемых данных, с тем чтобы максимально упростить протокол взаимодействия компонент. Стандартный подход к решению подобной задачи, практикуемый при создании АСУ, заключается в определении типового набора функциональных блоков, необходимого для решения определенного рода задач и связанного с ними минимального набора типов сообщений/данных. Специалисты НПФ “ЛМТ” выполнили подобную селекцию для АСДУ, то есть сформировали функционально-логическую концепцию автоматизированной системы диспетчерского управления;
- ▶ поскольку всегда имеются компоненты, которые не вписываются в определенную прикладную функционально-логическую концепцию, необходимо “спрятать” такие элементы в рамках одного логического компонента системы, а не пытаться переделывать логику всей системы под этот компонент. Например, имея разовый заказ на подключение счетчика/регистратора с нетиповым для данной АСДУ интерфейсом, проще сделать программный драйвер-надстройку, работающий с нестандартным счетчиком, но эмулирующий интерфейс стандартного. Все это классика вычислительной техники (вспомним

Hardware Abstraction Layer в операционных системах), но почему-то далеко не всегда реализуется во встраиваемых приложениях;

- ▶ не пытаться все сделать самостоятельно – нужно обеспечить условия использования в системе множества сторонних компонент, особенно если они играют второстепенную роль, но при этом максимально сконцентрироваться на реализации ключевых системных механизмов, в частности на организации унифицированного интерфейса взаимодействия между разнородными компонентами;
- ▶ не связывать решение с определенными аппаратными средствами – следует стремиться к минимизации стоимости оборудования, если есть минимальный повторный спрос.

Результатом внедрения описанного подхода и стала архитектура КТС “ЛУЧ-2”, а также комплекты модулей для прикладных систем управления наружным освещением (СУНО), систем управления и мониторинга энергоподстанций (СУМЭ), автоматизированных систем учета электроэнергии (АСКУЭ).

Данная архитектура реализует принцип организации системы в виде комплекса равноправных логических компонент. Компоненты могут дислоцироваться в любом месте системы (в контроллерах, в компьютерах диспетчерского пункта) – коммуникационная система обеспечит их взаимодействие, прозрачное и независимое от способа реализации и платформы каждой компоненты. Если для конкретного случая (заказа, группы заказов) требуется новая функциональность на специализированной аппаратуре, применение которой обеспечивает минимальные избыточность и стоимость, целесообразно запустить программное обеспечение необходимых функциональных компонент на новом оборудовании, в характерной для него (оборудования) операционной среде, после чего остается только зарегистрировать нужные компоненты в системе.

Ключевым элементом систем является сервер оперативной обработки информации (СООИ), выполняющий функции накопления, сохранения и предоставления данных системы. Логически СООИ представляет собой комплект компонент сбора-передачи данных. Обновление данных в каждом из них может идти независимо и по “индивидуальной” необходимости. В оконечных пунктах (подстанциях, пунктах питания и т.д.) установлен один или несколько контроллеров. Каждый из них также обеспечивает функции одного или нескольких логических объектов – независимых процессов сбора данных, мониторинга и управления.

Находясь в одном или разных физических вычислительных модулях, эти объекты функционируют независимо друг от друга. Взаимодействие объектов сервера и оконечных контроллеров происходит в рамках стандартного протокола ModBus RTU со стандартным прикладным профилем АСДУ СУНО, СУМЭ или АСКУЭ. Еще раз следует отметить, что типовые логические объекты реализованы на различной аппаратной платформе – для модулей контроллера СУНО, контроллера СУМЭ или шлюза АСКУЭ, но везде используется единый протокол обмена данными.

В качестве коммуникационной платформы КТС “ЛУЧ-2” были выбраны:

- ▶ на уровне общесистемной интеграции: сети сотовой связи GPRS/GSM;
- ▶ на уровне диспетчерских пунктов: высокоскоростные сети Ethernet 10/100 Base-T с поддержкой стека протоколов TCP/IP;
- ▶ на уровне оконечных пунктов управления: проводные высоконадежные сети CAN 2.0 и, как перспективное направление, беспроводные сети ZigBee.

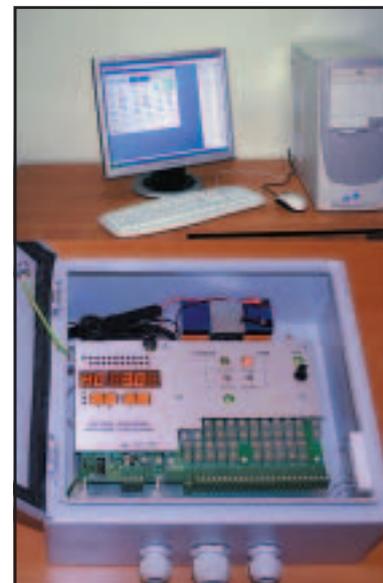
Все ключевые модули системы, установленные “на объекте”, реализованы в виде контроллеров для промышленного применения. Контроллеры построены на мощных 32-разрядных процессорах, благодаря чему обеспечивается запас производительности для будущих расширений.

В состав КТС “ЛУЧ-2” входит программное обеспечение автоматизированного рабочего места (АРМ) диспетчера, функционирующее под управлением ОС MS Windows XP. Для описания алгоритмов обработки данных и графического интерфейса используются типовые средства VBScript.

На всех уровнях системы предусмотрено резервирование компонент. Например, при сбое в работе программы или компьютера АРМ сохраняется полный контроль системы с резервного АРМ, а, допустим, при нарушении связи ЦДП с локальными контроллерами по каналу “локальная сеть-Интернет-GPRS” обмен выполняется по каналу передачи данных GSM или с помощью SMS-сообщений. Система поддерживает интерфейс с SQL-совместимыми базами данных.

В настоящее время разработаны контроллеры пунктов включения (пунктов питания) линий наружного освещения, контроллеры управления и мониторинга энергоячеек подстанций, модули устройства сопряжения с объектом (УСО) общего назначения, модули шлюзов для подключения счетчиков электроэнергии.

Системы на базе КТС “ЛУЧ-2” установлены в Вологде, Соколе, Вытегре, Калининграде, Новосибирске и в ряде других городов. Запущен ряд проектов комплексной автоматизации (СУНО + СУМЭ + АСКУЭ). Благодаря соблюдению описанной в статье архитектурной организации КТС адаптация системы под новые задачи и объекты осуществляется в минимальные сроки (3–4 месяца) и без повышения стоимости выполнения проекта относительно отлаженного типового варианта.



Система управления наружным освещением города

П. В. Кустарев, к.т.н., НПФ “ЛМТ”