

СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА БАЗЕ ОБОРУДОВАНИЯ LUMEL

Е.В. Егоров (ООО "ЭФО")

На примере продукции предприятия LUMEL (Польша) рассматривается комплектная линейка оборудования для построения нижних уровней автоматизированных систем контроля и учета расхода электроэнергии (АСКУЭ) в свете современных требований к функциональности систем подобного рода.

Наблюдаемый в последние годы рост потребностей в электроэнергии практически во всех отраслях народного хозяйства вызывает существенные технические проблемы для генерирующих предприятий и распределительных сетей. Помимо очевидных проблем, связанных со все возрастающим дефицитом мощностей для подключения новых и удовлетворения растущих потребностей старых потребителей, возникают также и проблемы, связанные с ухудшением качества электроэнергии, так как получающие все более широкое распространение системы плавного управления нагрузками (частотно-регулируемые преобразователи для асинхронных электродвигателей, регуляторы мощности электронагревателей и т.п.) приводят к появлению значительных искажений в распределительных сетях (возрастание высших гармоник). Таким образом, появляется все большая необходимость в создании автоматических систем диспетчеризации нагрузок, позволяющих рационализировать расход энергии потребителями и стимулировать потребителей к энергосбережению, а также учета качества электроэнергии, в частности, счетчиков реактивной мощности и измерителей высших гармоник. Современные средства распределения и учета энергии позволяют рассматривать ее уже не как простой подлежащий оплате внешний ресурс, необходимый для работы оборудования, но как запас, поддающийся планированию и оптимизации расходования. Однако, чтобы такое планирование оказалось эффективным, необходимо снабжение менеджмента предприятия соответствующими техническими средствами.

Для принятия решений в части оптимизации структуры энергопотребления предприятиями необходимо собрать и обработать большой массив инфор-

мации об объемах и структуре потребления отдельными видами оборудования, производственными участками и другими службами, а для реализации решений — обеспечить возможности автоматического управления потребителями в зависимости от поставленных задач в соответствии с разработанным алгоритмом. Для подавляющего большинства российских предприятий на сегодня актуальна первая часть задачи — научиться точно считать и оптимально планировать собственное потребление, обеспечить возможность расчетов за энергоресурсы в соответствии с реальными объемами поставок, использовать полученные данные для ликвидации непроизводительных трат и прямых потерь электроэнергии. Системы, предназначенные для решения подобного рода задач, известны в отечественной традиции под названием АСКУЭ — автоматизированные системы учета и контроля расхода энергоресурсов.

На сегодняшний день системы АСКУЭ используются в основном для решения следующих задач:

1) точный подсчет объемов поставленной и потребленной электроэнергии в целях минимизации прямых потерь и непроизводительных затрат, а также для обеспечения возможности расчетов в соответствии с реальным объемом поставок ресурсов (до сих пор многие потребители подключаются к сетям по безучетным тарифам, особенно часто такое происходит при подключении по временным схемам);

2) контроль лимитов потребления по абонентам и точкам учета;

3) фиксация отклонений контролируемых параметров качества электроэнергии (напряжение в сетях, уровень гармоник) и подача информации об отклонениях диспетчеру;

4) прогнозирование объемов энергопотребления и параметров качества электроэнергии;

5) иногда добавляются также элементы автоматического управления энергопотреблением — автоматическое включение и отключение потребителей на основе заданных критериев.

Как и любые диспетчерские системы (process control) АСКУЭ имеют пирамидальную иерархическую структуру (рис.1). На первом (нижнем) уровне системы располагаются первичные измерительные приборы, снабженные интерфейсами для передачи результатов измерений тем или иным способом на второй уровень — уровень концентраторов (устройств сбора данных). На этом уровне осуществляется переформатирование данных первичных приборов для передачи на диспетчерский уровень, на котором осуществляется документирование, протоколирование и

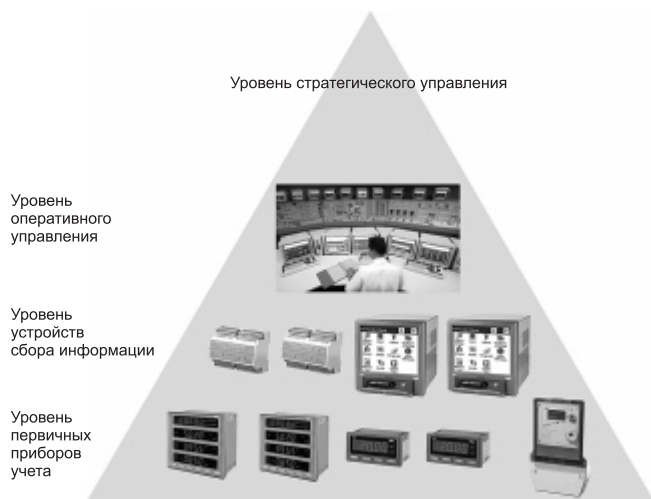


Рис. 1

хранение данных наблюдения, а также представление данных в форме, необходимой оперативному персоналу для принятия решений (например, визуализация данных). Здесь же готовятся данные для передачи на высший уровень иерархии – стратегический управленческий.

Оборудование для высших (диспетчерского и управленческого) уровня АСКУЭ никакой спецификой, как правило, не обладает. Для построения этих уровней используются обычные серверы и ПК, ПО для визуализации и архивирования данных может быть создано на базе стандартных SCADA-систем (справедливости ради нужно отметить, что практически любой уважающий себя производитель первичных приборов учета имеет свою SCADA-систему, но

единственным преимуществом этих систем является наличие ориентированной на приборную линейку данного производителя библиотеки стандартных объектов). Оборудование первого уровня (первичные измерительные и учетные приборы) и второго уровня (концентраторы технологической сети) для систем АСКУЭ, как правило, оригинально. Необходимость объединения в компактном по объему и доступном по цене приборе функций стандартного счетчика ресурса (измерителя параметров) и достаточно сложного коммуникационного оборудования влечет за собой необходимость применения современных технических решений. Формально все виды подобного оборудования совместимы между собой, имея на борту коммуникационный интерфейс RS-485 (обязательно) и/или Ethernet (пока еще не обязательно, но часто) и общаясь между собой по какому-либо из стандартных промышленных протоколов. Однако при практической реализации сети сбора данных на базе разнородного оборудования возникает много деталей, в которых прячется враг рода человеческого. Поэтому особую ценность представляют предложения тех производителей, которые имеют в своей линейке учетно-измерительные приборы максимально разнообразной функциональности.

Одной из таких фирм является польская фирма LUMEL. Тем, кто помнит времена СЭВа, это название должно быть знакомо – в свое время LUMEL обеспечивала электроизмерительными приборами чуть ли не все страны-участники этой организации, во всяком случае, старейшие сотрудники завода с благоговением вспоминают времена, когда к заводу подходила собственная железнодорожная ветка, а

объемы отгружавшихся стрелочных щитовых приборов измерялись вагонами. Бури революций конца прошлого века не обошли завод, который с распадом СЭВ начал потихоньку умирать, однако, в отличие от многих знаменитых приборостроительных предприятий восточного блока, выжил, несколько сменив специализацию и перестроив гамму производимой продукции в соответствии с потребностями новой экономики. В настоящее время предприятие бурно развивается. Одним из важнейших направлений развития является производство аппаратуры для распределенных сетей сбора и обработки данных в энергетике. Предприятие производит оборудование для первого уровня (первичных приборов) и второго уровня (сетевых концентраторов) автоматизированных систем сбора и обработки технологической информации в энергетике.

Для уровня первичных устройств производятся универсальные цифровые приборы для измерения электрических величин, а также производных от них. Приборы производятся в основном в щитовом исполнении в корпусах стандарта DIN 43700 (рис.2) и при этом имеют высококачественный хорошо узнаваемый оригинальный дизайн: предприятие имеет собственное литейное производство, услугами которого, кстати, пользуются многие именитые производители промышленной электроники.

Яркие разноцветные светодиодные дисплеи с высотой символа около 20 мм обеспечивают хорошую читаемость показаний под любым углом и на расстоянии.

Цифровые приборы LUMEL серии N предназначены как для измерения электрических величин – напряжения и силы тока в сетях переменного тока; активной, реактивной и полной мощности; потребленной мощности в киловатт-часах; коэффициента мощности $\cos \varphi$; частоты; средних параметров за интервалы времени, так и в сочетании с первичными датчиками аналогового сигнала, производных величин: температуры, давления, сопротивления, а также числа импульсов, оборотов, времени наработки и т.п. Индивидуализация прибора при использовании в составе системы (выбор типа измеряемой величины и диапазона измерений) осуществляется с помощью специального несложного в освоении ПО. Приборы серии N являются не простыми индикаторами, но достаточно сложными интеллектуальными узлами, снабженными самостоятельными функциями управления (программируемые релейные и аналоговые выходы) и памятью данных (хранение средних и экстремальных



Рис. 2. Типовой дизайн приборов серии N фирмы LUMEL



Рис. 3. Анализатор параметров трехфазной сети фирмы LUMEL

за период значений измеряемой величины). Но основной функцией этих приборов является передача данных в сеть сбора и обработки технологической информации. Для осуществления этого все приборы снабжаются портом RS-485, передача данных производится по протоколу Modbus, что позволяет легко интегрировать приборы LUMEL в сети, содержащие оборудование других производителей.

Особую группу в серии электроизмерительных приборов N составляют сложные устройства – анализаторы качества энергии в трехфазной сети. Самый мощный из приборов этой группы – анализатор параметров N10 – предназначен для измерения всех базовых параметров в трехфазной трех- или четырехпроводной симметричной или несимметричной электрической сети с одновременным отображением текущих значений и их передачей по цифровому каналу (RS-485 Modbus) и преобразованием в стандартный аналоговый сигнал. Анализатор параметров обеспечивает измерение фазовых и межфазных напряжений, токов, фазовых и трехфазной активной, реактивной и полной мощности, активных и реактивных факторов мощности, усредненных значений параметров, коэффициентов нелинейных искажений и гармоник (до 25-й), а также самостоятельное измерение накопленного значения потребленной активной, реактивной и полной энергии и прием в целях сравнения и обработки значений потребленной энергии от внешнего счетчика. Последняя функция очень полезна при анализе структуры реального потребления электроэнергии предприятием для выявления неисправных приборов учета.

Прибор N10 достаточно дорог, поэтому недавно заводом разработан и выпущен на рынок упрощенный прибор N14. Его функциональность несколько сокращена сравнительно с функциональностью N10, в частности, отсутствует возможность анализа высших гармоник. Но за это сужение функциональности потребитель получает радикальное уменьшение цены. Не будет преувеличением сказать, что на сегодня по критерию цена-функциональность анализатор параметров трехфазной сети N14 является лидером в своем классе.

Тем не менее при выборе типа прибора нельзя ориентироваться только на цену. Современное оборудование, в особенности такие распространенные ныне приборы, как тиристорные регуляторы мощности нагрузок и частоты вращения асинхронных двигателей, а также импульсные источники питания, приводит в процессе работы к возникновению очень сильных гармонических искажений. Превышение же допустимых параметров гармонических искажений в сети может привести к весьма тяжким последствиям: перегреву силовых транс-

форматоров, электродвигателей и подводящих проводов вплоть до выхода их из строя, искажению механических характеристик электроприводов, выходу из строя конденсаторных установок компенсации реактивной мощности, недостоверным показаниям приборов и ложным срабатываниям систем технологической автоматики и защиты и т.п. Поэтому в ситуациях, когда на предприятии используется большое количество оборудования, вносящего гармонические искажения в силовую сеть (а к такому оборудованию относятся самые обычные офисные компьютеры, снабженные импульсными источниками питания) – экономия на функциональности аналитических приборов может оказаться причиной куда больших материальных потерь.

Приборы LUMEL серии N конструктивно предназначены для использования в приложениях, где требуется визуальный контроль значений измеряемых параметров. Если прямой визуализации значений параметров в точке измерения не требуется, например, когда измеритель располагается среди прочего оборудования внутри распределительного шкафа, можно сэкономить на дисплее. В связи с этим завод выпускает серию преобразователей электрических величин P, отличающихся от измерительных приборов одинаковой функциональности отсутствием дисплея. Эти преобразователи предназначены исключительно для преобразования значения измеряемой величины в цифровую форму и передачу значения по линии RS-485 Modbus.

Семейство регистраторов процессов LUMEL KD/KE/KR представляет собой "промежуточный" вариант между первичными измерительными приборами и устройствами сбора данных. Так, например, наиболее современные из моделей – экранные регистраторы KD7 и KD8 – имеют возможность непосредственного подключения ко входам источников измеряемого напряжения и тока, а также термодпар и сопротивлений, при этом представляя собой мощные станции по оцифровке, математической обработке и архивированию данных. Регистраторы KD могут работать в сетях Ethernет, в том числе в качестве Web-серверов, позволяя осуществить доступ к данным через Internet-браузер. Для любителей, однако, LUMEL не снимает с производства и линейку классических аналоговых перьевых регистраторов, также снабженных интерфейсом RS-485 Modbus для передачи регистрируемых данных в оцифрованном электронном виде.

Все перечисленные изделия предназначены для использования на уровне первичных измерительных приборов в качестве самостоятельных изделий либо совместно с датчиками физических величин, снабженными стандартными сигнальными интерфейсами. В принци-



Рис. 4. Экранный регистратор KD фирмы LUMEL сочетает функции первичного регистрирующего прибора и локальной станции сбора и обработки данных

пе встроенных в эти устройства интерфейсов Modbus достаточно для построения сети сбора данных – порт Modbus легко организовать на любом офисном компьютере, который и использовать в качестве центральной диспетчерской машины. Для этого фирмой LUMEL разработаны и поддерживаются пакеты ПО: универсальная SCADA-система LUMEL-CONTROL и специализированные SCADA-пакеты LUMEL-POMIAR и LUMEL-SIEPLO, предназначенные для создания систем АСКУЭ (соответственно электрической и тепловой энергии) на базе оборудования LUMEL. Впрочем, в полном соответствии со сказанным ранее, никакими решающими преимуществами перед любыми другими системами данные системы не обладают, приборы LUMEL прекрасно встраиваются в любую программную среду, способную использовать порт Modbus RTU.

Более сложные ситуации могут возникнуть при интеграции приборов в сети, содержащие оборудование различных производителей как на уровне первичных приборов, так и на уровне концентраторов. Затруднения связаны в основном с согласованием коммуникационных протоколов, используемых различными производителями по умолчанию. Как уже говорилось, LUMEL ориентируется в основном на MODBUS (в самой Польше применяется еще "самодельный" протокол LUMEL, который так и называется – LUMBUS, но за пределами Польши LUMEL этот протокол никак не продвигает). Был период, когда LUMEL предлагала в своей линейке оборудование для связи "всего со всем" – например, предлагались преобразователи интерфейсов Profibus-Modbus, CAN-Modbus. Практика, однако, показала, что особенного смысла в производстве подобных изделий нет – протокол MODBUS достаточно распространен и универсален, а Profibus и CAN в сетях сбора данных первичных измерителей (process control) применяются достаточно редко, эти протоколы ориентированы все-таки в основном на сети технологического управления (factory automation). Поэтому сегодня в линейке преобразователей протоколов LUMEL остались два вида шлюзов Modbus-Ethernet, один из которых предназначен для включения сети уровня первичных приборов в диспетчерскую сеть предприятия, а другой – для организации доступа к первичным данным по Web-технологии; а кроме них – ряд модулей удаленной периферии MODBUS, в том числе блок импульсных входов PD9, позволяющий легко подключать к сетям сбора данных ранее установленные счетчики электроэнергии и энергоносителей старых моделей, оборудованные импульсными выходами. К числу полезных компонентов систем уровня концентраторов данных следует отнести

также выпускаемый накопитель данных PD21 – устройство, позволяющее свести в один канал RS-485 сигналы до 32 первичных узлов учета. Накопитель PD21 допускает организацию связи с управляющим сервером по витой паре, оптоволоконной линии, через модем по коммутируемым публичным сетям, а также с помощью радиомодема (всеобщая мода на беспроводные решения не обошла и LUMEL – в линейке появились радиоудлинители канала RS-232/485, работающий в диапазоне 433 или 868 МГц, и GSM/GPRS-модем, работающий в режиме сервера последовательного порта с постоянным IP-адресом).

Применимость приборов LUMEL не ограничивается системами учета энергоресурсов. Напоследок приведем простой, но весьма характерный пример того, как применение анализатора трехфазной сети может сэкономить существенные средства. В некоей организации при проведении модернизации вентиляционной системы возникла проблема дефицита подключенной мощности – суммарная паспортная мощность введенных в состав системы электроподогревателей на притоке формально превысила возможности имеющейся в здании сети энергоснабжения. При этом очевидно, что реальное потребление мощности имеющимся в организации оборудованием далеко от формально допустимого макси-



Рис. 5. Концентратор данных PD21 объединяет сигналы до 32 первичных узлов учета, передаваемых по линии RS-485

муму, однако в период пиковых нагрузок на климатическую систему возможно возникновение нештатных ситуаций, которые необходимо исключить. Сложность заключается в том, что перегрузка системы может возникнуть в зависимости от производственной ситуации непредсказуемо, что не дает возможности решить проблему организационными методами. Направивается простейшее решение: включить в систему прибор учета N10 для отслеживания текущей потребляемой мощности. При увеличении энергопотребления сверх некоторого порогового значения прибор выдает аварийный сигнал, по которому на период перегрузки отключается половина нагревателей системы вентиляции, а при возврате энергопотребления в норму нагреватели возвращаются в штатный режим. Даже такое простейшее решение снимает проблему, хотя возможности прибора N10 допускают организацию более тонкого плавного управления мощной нагрузкой, что и планируется исполнить впоследствии (с использованием твердотельных регуляторов производства LUMEL). Таким образом, введя в систему узел стоимостью около 1000 долл. США, удастся избежать необходимости подавать заявку на увеличение присоединенной мощности – что при нынешних расценках сетевых организаций обходится на порядок дороже.

Егоров Евгений Валентинович – канд. физ.-мат. наук, начальник отдела промышленной автоматики ООО "ЭФО". Контактный телефон (812) 331-09-64. E-mail: eve@efo.ru