

ОБЗОР ПРОТОКОЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПРИБОРОВ УЧЕТА ДЛЯ РОССИЙСКОГО РЫНКА**Г.Б. Борисов (ООО «НТЦ МЗТА»)**

Приводится обзор широко используемых и перспективных протоколов передачи данных приборов учета, используемых в России и Европе: Modbus, DLMS/COSEM, M-BUS, стандарт PLC, МЭК 60870-5, Eurlidis.

Ключевые слова: приборы учета, протоколы передачи данных, автоматизированные системы коммерческого учета энергоресурсов.

Усиление государственного регулирования в области энергосбережения (ФЗ 261 и другие нормативные акты) и сложность экономической ситуации в России стимулирует собственников к учету и экономии ресурсов. Соответственно увеличивается охват хозяйственной деятельности различных субъектов экономики приборами учета, и у каждого такого субъекта встает задача выбора наиболее подходящих ему приборов учета. Критерии такого выбора могут быть самыми разными. Если у субъекта стоит задача автоматического сбора показаний счетчиков в единый центр учета энергоресурсов, то такие счетчики должны быть оснащены цифровым интерфейсом для передачи данных. В существующих решениях по построению распределенных АСКУЭ основной упор делается на выбор физической среды передачи данных от счетчика на верхний уровень (PLC-технология передачи по силовой линии, радиоканал, проводная связь RS-485, Ethernet и др.). Вместе с тем имеет определенное значение и используемый протокол передачи данных. Несмотря на это, в настоящее время российские производители приборов учета не придерживаются какой-либо общепризнанной системы в выборе протоколов, вследствие чего наблюдается целый «зоопарк» разнообразных протоколов у производителей приборов учета. Это затрудняет их интеграцию в АСКУЭ. Учет используемых протоколов при осознанном выборе приборов может оказаться полезным для хозяйствующего субъекта. В настоящей статье приводится обзор широко используемых и перспективных протоколов передачи данных приборов учета, используемых в России и Европе. В обзоре рассматриваются протоколы, отвечающие российским/европейским стандартам, и не рассматриваются частные фирменные разработки из-за их ограниченной сферы применения.

Протокол Modbus

Начнем с вездесущего протокола Modbus [1]. Он используется в самых разных областях автоматизации, в том числе и в приборах учета электричества, газа, воды и тепла. Широко распространен как за рубежом, так и в России. Этот протокол основан на архитектуре ведущий/ведомый и может использоваться для

передачи данных через последовательные интерфейсы RS-485/422/232, а также через сети TCP/IP. Типы данных – однобитовые (Coils) и целочисленные (Registers). К достоинствам данного протокола относятся открытость, простота, массовое распространение, дешевизна технологии. Тем не менее, для задач учета этот протокол подходит не в полной мере. Недостатки:

1) определяет метод передачи только двух типов данных;

2) не регламентирует начальную инициализацию системы. Назначение сетевых адресов и прописывание в системе параметров каждого конкретного устройства выполняются вручную на этапе адаптации и программирования системы;

3) не предусмотрена передача сообщений по инициативе подчиненного устройства (прерываний);

4) длина запроса ограничена, а данные могут быть запрошены только из последовательно расположенных регистров;

5) не предусмотрен способ, с помощью которого подчиненное устройство могло бы обнаружить потерю связи с ведущим;

6) соответствие регистров типам измерений и измерительным каналам не регламентировано. На практике это может приводить к несовместимости протоколов счетчиков разных типов даже одного производителя и к необходимости поддержки большого числа протоколов и их модификаций встроенным ПО устройств сбора и передачи данных (УСПД) (при двухуровневой модели опроса — ПО сервера сбора) с ограниченной возможностью повторного использования программного кода.

С учетом избирательного следования протоколу производителями (использование нерегламентированных алгоритмов подсчета контрольной суммы, изменение порядка следования байтов и т. п.) ситуация усугубляется еще больше.

Протокол DLMS/COSEM

Гораздо более сложным, чем протокол Modbus, является протокол DLMS/COSEM (IEC 62056), применяемый для учета электричества, газа, воды, тепла. Он распространен преимущественно за рубежом. Это стекоориентированный протокол, базирующийся

на концепциях модели OSI, регламентирующий обмен данными между приборами учета и системами сбора данных, в основе которого лежит клиент-серверная архитектура.

DLMS — спецификация прикладного уровня, разработанная для стандартизации сообщений, передаваемых по распределительным линиям. Ею регламентируются: дистанционное считывание показаний с приборов учета, дистанционное управление, а также дополнительные сервисы для измерения любого вида энергоресурса.

COSEM — спецификация, в которой отражена интерфейсная модель приборов учета, обеспечивающая представление их функциональных возможностей. Интерфейсная модель использует объектно-ориентированный подход.

Достоинства протокола:

1) возможность широкого выбора интерфейсов для передачи данных: RS-232/485, PSTN, GSM, GPRS, IPv4, PPP и PLC;

2) определяет интерфейсную модель, действительную для любого типа энергоресурса. Система, построенная на базе протокола DLMS/COSEM, открыта для расширения путем добавления новых возможностей без изменения имеющихся сервисов;

3) стандартизует функционал прибора учета: регистрация потребления, тарифное планирование, измерение качества электроэнергии и др.

4) обеспечивает контролируемый и безопасный доступ к информации внутри прибора учета (открытый доступ, доступ по паролю и с аутентификацией). Информация, передаваемая по коммуникационным линиям, может быть дополнительно зашифрована;

5) позволяет создавать унифицированные драйверы, посредством которых становится возможным связываться с приборами учета разных типов от различных производителей;

6) широко распространен среди зарубежных приборов учета (<http://dlms.com/conformance/listofcomplianceequipment/index.html>).

Однако у DLMS/COSEM есть и весомые недостатки:

1) проблема полноты и “чистоты” реализации стандарта. На практике опрос счетчика с заявленной поддержкой DLMS одного производителя программой опроса другого производителя либо ограничен основными параметрами, либо попросту невозможен;

2) большая сложность протокола;

3) крайняя непопулярность среди отечественных производителей приборов учета.

Протокол M-BUS

Далее рассмотрим протокол M-BUS (ГОСТ Р EN 1434-3-2011, EN1434-3, EN13757) [2]. Сферой его применения являются преимущественно учет тепла и воды, а также возможен учет электричества и газа. Он широко распространен в Европе, в России он тоже набирает популярность. Архитектура шины — ведущий/ведомый. Используется стандартный телефонный кабель,

шина полудуплексная, допустимые скорости передачи данных 300...9600 бит/с. Число устройств в сети — до 250 ед. Дальность работы в стандартной конфигурации до 1000 м. Логическая единица передается уровнем 36 В с возможностью потребления от линии тока до 1,5 мА, логический ноль передается напряжением 24 В на master устройстве. Мастер передает данные меняя напряжение на линии: логической «1» соответствует 36 В логической «0» 12...24 В. Ведомое устройство передает данные нагружением линии: в пассивном состоянии (логическая «1») ток нагрузки на линию связи должен быть $\leq 1,5$ мА и не меняться в отсутствие передачи. Для передачи логического «0» ведомое устройство увеличивает ток потребления до 11...20 мА. Соответственно мастер отслеживает изменение тока нагрузки, определяя логическую «1» как неизменный ток, а увеличение тока потребления — как логический «0». Стандарт тщательно оптимизирован для пониженного потребления и позволяет обходиться без отдельного внешнего источника питания конечного устройства, используя внутреннюю батарею и питание от самой линии, также отсутствует необходимость соблюдения полярности. Специфицирован также вариант M-Bus для беспроводных сетей — Wireless M-Bus (частота устройств 868,95 МГц).

Протокол хорошо проработан, его несомненными достоинствами являются:

1) архитектура сети (витая пара) может быть практически любой топологии (кроме закольцованных);

2) гарантированная передача данных относительно небольшого объема от большого числа приборов учета на расстояние до нескольких километров в условиях высокого уровня помех;

3) умеренная стоимость оборудования и затраты на установку и эксплуатацию;

4) простота расширения системы в течение эксплуатации;

5) пассивное электропитание интерфейса Slave устройств;

6) в развитии стандарта предлагается криптографическая защита данных с помощью симметричного шифра AES.

Недостатки протокола:

1) применяется только в тех задачах, где не критична низкая скорость передаваемых данных;

2) соответствие передаваемых данных типам измерений и измерительным каналам не регламентировано;

3) ограниченный выбор оборудования на российском рынке для построения сетей M Bus. Недостаток справочной и технической документации.

ГОСТ Р МЭК 60870-5

Хорошо разработанным является набор протоколов по ГОСТ Р МЭК 60870-5 «Устройства и системы телемеханики. Часть 5. Протоколы передачи» (IEC 60870-5) [3]. Он используется, как правило, при интеграции систем телемеханики и учета электроэнергии, например, при мониторинге состояния сетей 0,4/10 кВ. Он распространен

за рубежом и несколько ограниченно в России. Это хорошо проработанный ряд стандартов, охватывающий разные уровни сетевого взаимодействия: начиная от физического уровня и кончая прикладным уровнем. На физическом уровне используется асинхронный интерфейс (UART). Диапазон скорости 300...9600 бод. Поддерживается также работа со стандартными сетями TCP/IP (Ethernet и модемное соединение). Возможно шифрование данных. Раздел 60870-5-102 является обобщающим стандартом по передаче интегральных параметров в энергосистемах. Стандарт 60870-5-104, например, может использоваться при передаче данных по Ethernet, а стандарт 60870-5-101 — при передаче данных через GSM/GPRS модем.

В качестве замечаний можно высказать следующее:

- 1) поддержка этих протоколов счетчиками электроэнергии довольно ограничена;
- 2) ограниченная поддержка протоколов системами верхнего уровня.

Стандарт PLC (IEC 61344)

Сферой применения стандарта PLC (IEC 61344) [4, 5] преимущественно является сбор данных с электросчетчиков. Также иногда допускается подключение расходомеров, теплосчетчиков, газовых корректоров. Распространен стандарт как за рубежом, так и в России. Среда передачи данных — электросети среднего (4...30 кВ) и низкого напряжения (0,2...0,4 кВ). Для передачи данных используются различные виды модуляции электрического сигнала (S-FSK, SS-FFH, OFDM, DCSK). Существуют сети PLC-I и PLC-II. Сети PLC-I могут выполнять статистические функции, то есть сбор и обработку информации за определенные временные отрезки, на основании которой производятся анализ и расчеты за потребленные виды энергии. АСКУЭ, построенная на базе оборудования PLC-II, кроме возможности статистического учета, может выполнять оперативно-измерительные функции, то есть в режиме, приближенном к режиму реального времени, отслеживать потребление и качество энергоносителей. Также через PLC-II можно управлять нагрузкой (включать/отключать потребителей). Основное назначение оборудования PLC-I — построение недорогой АСКУЭ бытовых потребителей. При необходимости получения расширенного набора данных необходимо развертывать более дорогие сети PLC-II. На большинстве объектов связь для PLC-I обеспечивается на расстоянии 400...800 м; на новых сетях, выполненных самонесущим проводом, — до 1000 м. Для увеличения этого расстояния требуются ретрансляторы. Применение ретрансляторов увеличивает расстояние уверенного приема в 1,5...1,8 раза.

К достоинствам этого способа связи относятся:

- 1) удешевление и упрощение монтажа за счет отсутствия необходимости прокладывать дополнительные информационные кабели для сбора данных. Это особенно важно, когда нужно сохранить интерьер помещений (особенно уже отремонтированных), или если сбор данных ведется с территориально разбросанных счетчиков (коттеджные и дачные поселки);

Если дела перестают приносить тебе пользу - впитывай информацию. Если информация перестает приносить тебе пользу - спи.
Урсула Ле Гуин

2) пусконаладочные работы не требуют какой-то особой квалификации и могут выполняться силами местных специалистов. При грамотном монтаже оборудование PLC связи не нуждается в наладке.

Недостатки:

- 1) максимальная длина линии связи сильно зависит от качества силового кабеля («скрутки», плохие контакты или износ линий) и от наличия помех от подключенного оборудования (мощные моторы, преобразователи частоты, устройства плавного пуска). В случае «плохой» силовой линии иногда бывает невозможно ее использовать для передачи данных;
 - 2) ограниченный набор передаваемых данных в наиболее распространенных недорогих сетях PLC-I;
 - 3) несмотря на наличие стандарта IEC 61344, каждый производитель использует свои закрытые протоколы обмена данными, а часто и свои способы модуляции сигнала. Поэтому применение различных PLC-устройств в рамках одной сети 0,4 кВ проблематично, а часто и просто невозможно. Соответственно с выбранным один раз поставщиком придется работать долгие годы;
 - 4) достаточно сложные технические решения при необходимости установить связь между приборами, находящимися на нескольких понижающих подстанциях, подключенных к одной линии 10 кВ, и базовой станцией, также находящейся на одной из этих подстанций.
- Заметим, что стоит отличать собственно стандарт PLC (IEC 61344) и PLC-технологии передачи данных по силовой линии. Указанная PLC-технология используется не только стандартом IEC 61344, но и стандартами DLMS\COSEM, KNX, LonWorks и некоторыми другими.

Стандарт Euridis

В заключение в качестве достаточно нового зарубежного протокола рассмотрим Euridis (IEC 62056-31). Сферой его применения является учет электричества. Распространен он довольно ограниченно — преимущественно во Франции и Северной Африке. В качестве среды передачи используется витая пара, длина линии — до 500 м, число устройств в сети — до 100 ед., скорость передачи — 1200 бит/с. Для связи используется асинхронная, полудуплексная, двунаправленная передача данных. В качестве положительных сторон данного протокола отметим наличие процедуры аутентификации для защиты данных и невысокую стоимость оборудования.

К недостаткам протокола отнесем:

- 1) ограниченный регион распространения;
- 2) небольшое число устройств с поддержкой данного протокола (<http://www.euridis.org/products.php>);
- 3) ограниченную среду передачи — витая пара. Для использования других сред требуются шлюзы;

4) применяется только в тех задачах, где не критична низкая скорость передаваемых данных.

Краткая оценка протоколов

Протокол Euridis, распространен только в отдельных регионах. Его применение ограничивается электроэнергетикой.

Протокол Modbus имеет большую популярность, но ему присущ ряд существенных недостатков, ограничивающих его применение в системах учета энергоресурсов. На сегодняшний день ModBus не способен решить проблему протокольной разобщенности измерительного и контрольного оборудования для энергосистем.

ГОСТ Р МЭК 60870-5 предоставляет достаточно гибкий набор протоколов, что кроме преимуществ вносит и дополнительные сложности: разные производители приборов учета/УСПД могут поддерживать разные протоколы, что затрудняет их интеграцию в единую систему. Хотя применение этого стандарта в настоящее время ограничено преимущественно электроэнергетикой, в этой сфере у него сильные позиции.

Протокол M-BUS является весьма перспективным, для него разработаны законченные АСКУЭ, создана Open Metering System (<http://www.oms-group.org/>) — европейская инициатива, преследующая цель унифицировать сбор данных с приборов учета ресурсов на основе шины M-BUS. Успехом завершились усилия по интеграции шины KNX и M-BUS, что позволяет строить законченные решения по автоматизации зданий. Заметим все же, что в протоколе M-BUS соответствие передаваемых данных типам измерений и измерительным каналам не регламентировано, что требует индивидуальной настройки считывающего устройства верхнего уровня (наподобие УСПД) под конкретный прибор учета.

Протокол DLMS/COSEM позволяет теоретически добиться построения систем сбора данных, независимых от конкретного производителя и модификации прибора учета. То есть такие системы являются наиболее гибкими и открытыми. Среди зарубежных производителей он является одним из самых распространенных. Недостатком протокола является его существенная сложность.

Применение стандарта PLC является хорошим и недорогим способом для построения систем учета электроэнергии.

Заключение

Таким образом, ни один из существующих протоколов не является единственным кандидатом на роль универсального протокола для всех приборов учета. Что же делать системному интегратору, собирающемуся строить АСКУЭ с централизованным сбором данных?

При достаточной квалификации инженеров и ограниченных средствах можно посоветовать взять приборы учета с протоколом Modbus — вариант «дешево и сердито». При этом будет гарантировано как наличие до-

статочной номенклатуры счетчиков, поддерживающих данный протокол, так и умеренная стоимость получаемого решения. Правда при этом потребуются достаточно трудоемкая задача считывания данных из нужных регистров, если не воспользоваться какой-либо готовой фирменной утилитой от производителя счетчиков.

При внешней привлекательности DLMS/COSEM становится российским первопроходцем решения на его основе будет весьма накладно. Российских счетчиков с таким протоколом нет, использовать европейские при текущем курсе евро — недешево. Потребуется использовать и западное нерусифицированное ПО на верхнем уровне, что влечет непростую наладку и последующее дорогостоящее обслуживание.

Использование приборов учета с M-BUS полностью оправдано для жилищного строительства премиум-сегмента (офисные «интеллектуальные» здания, дорогостоящие коттеджи). При этом система учета на M-BUS может быть гармонично интегрирована в существующую систему автоматизации на основе европейской шины KNX, что обеспечит полную и прозрачную автоматизацию сверху донизу. Можно M-BUS использовать и для обычного жилья, но здесь тормозящим фактором выступит не слишком большая распространенность этого протокола и, как следствие, привязка в дальнейшем к выбранному вендору.

Если стоит задача мониторинга и учета электроэнергии на оптовом и розничном рынках (например, мониторинг трансформаторных подстанций), то следует обратить особое внимание на решения на основе протоколов ГОСТ Р МЭК 60870-5. Эти протоколы хорошо приспособлены для решения этой задачи. Такой протокол может быть использован при передаче данных от электросчетчиков/УСПД на верхний уровень (SCADA-система, АСКУЭ).

При сборе данных о потребленном электричестве с низового уровня (с электросчетчиков) предпочтительнее протокол PLC, когда прокладка кабеля с данными (RS-485, Ethernet) невозможна (порча интерьера помещения) или дорогостояща (большие расстояния).

Список литературы

1. *Денисенко В.В.* Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. М.: Горячая линия – Телеком, 2009.
2. *Лопатин Д.А.* Новые инструменты построения сетей M-Bus//Информатизация и системы управления в промышленности (ИСУП), 2012. № 5.
3. *Ледин С.С., Игнатичев А.В.* Развитие промышленных стандартов внутри межсистемного обмена данными интеллектуальных энергетических систем.//Автоматизация и IT в энергетике. № 10, 2010.
4. *Якушков К.В.* Автоматизированные системы коммерческого учета электроэнергии для розничного рынка //Информатизация и системы управления в промышленности (ИСУП). 2009. № 3.
5. *Охрименко В.* Узкополосная PLC-технология. Часть 1 // Электронные компоненты. 2010. №2.

Борисов Глеб Борисович — канд. техн. наук, начальник группы аналитики ООО «Научно-технический центр МЗТА». Контактный телефон +7 (800) 555-6184. Email: borisov.g@mzta.ru