

Система передачи данных

для коммерческого и технического учета электроэнергии на базе беспроводных технологий

Вадим Варламов
Михаил Садиков
Михаил Чухаленко
Андрей Архипкин
kedah@kedah.ru

Николай Рабион
rabion@mts-nn.ru

Сегодня для решения задач сбора телеметрической информации все чаще обращаются к беспроводным решениям. В данной статье рассмотрена система передачи данных для коммерческого и технического учета электроэнергии на базе беспроводных технологий.

Введение

Проводные линии связи обладают надежностью и обеспечивают высокую скорость передачи данных, но их прокладка и эксплуатация в случае построения масштабных сетей требуют значительных затрат. Беспроводные линии связи в большей степени подвержены влиянию помех, но с учетом их гибкости зачастую оказываются предпочтительнее. Очевидно, что при наращивании сети передачи данных гораздо проще изменить имеющуюся конфигурацию беспроводной сети, чем изменять кабельную инфраструктуру. На пути масштабного внедрения беспроводных сетей телеметрии стоят обязательная сертификация и решение вопросов выделения частотных ресурсов. В качестве решения этих проблем можно рассматривать использование существующих сетей стандарта GSM/GPRS, а также нелицензируемого частотного диапазона 433 МГц.

К достоинствам обоих каналов связи относятся сравнительно низкая стоимость абонентского оборудования, быстрота развертывания и отсутствие необходимости в радиочастотном лицензировании.

Специалистами ООО «Кедах Электроникс Инжиниринг» совместно с ФГУП «Нижегородский завод им. М. В. Фрунзе» разработана и введена в эксплуатацию автоматизированная система коммерческого и технического учета электроэнергии на базе беспроводных технологий с передачей данных в центр учета по сети GSM/GPRS.

Общие сведения о системе

Система дистанционного мониторинга счетчиков электрической энергии разработана для автоматизации учета электроэнергии и контроля оборудования. Система осуществляет дистанционный сбор показаний и контроль состояния счетчиков электрической энергии.

Любые устройства, имеющие интерфейс RS-485 и работающие по протоколам, поддерживающим индивидуальную и групповую адресацию, могут быть объединены в беспроводную сеть передачи данных без изменения их программного обеспечения.

Таким образом, беспроводная сеть передачи данных работает как аналог проводного соединения RS-485, где одно ведущее устройство выдает устройствам пользователя индивидуальные и групповые команды, а также следит за их выполнением.

Архитектура системы состоит из локальной сети нижнего уровня нелицензируемого диапазона 433 МГц и глобальной GSM/GPRS сети.

Локальная сеть передачи данных нижнего уровня построена на радиоадаптерах. Радиоадаптеры 433 МГц являются окончательными устройствами, которые подключаются к приборам учета по интерфейсу RS-485, осуществляют управление приборами учета и сбор данных для последующей передачи в центр управления.

Выход в глобальные сети обеспечивает GSM-коммуникатор, который является связующим звеном между диспетчерским сервером и приборами учета электроэнергии. Двухсетевой GSM-коммуникатор обеспечивает выход в GSM/GPRS сеть и осуществляет обмен данными с радиоадаптерами через локальный радиоканал 433 МГц.

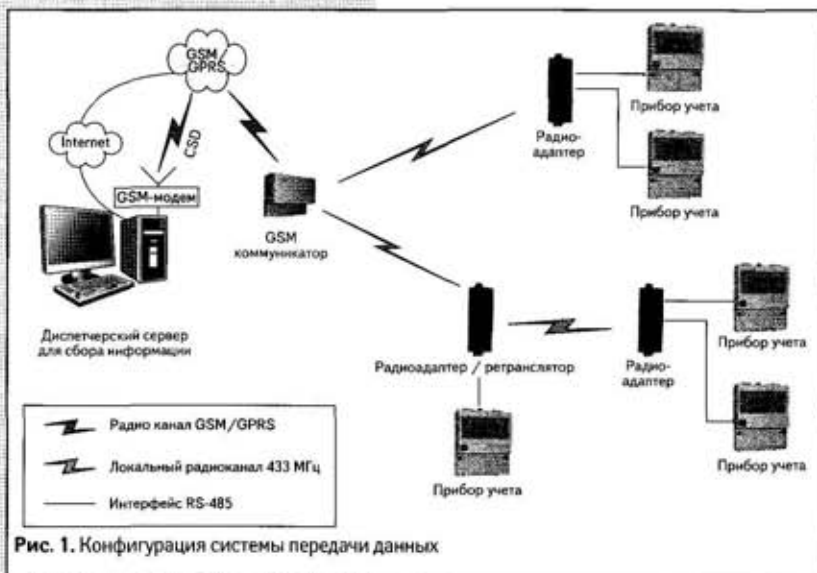


Рис. 1. Конфигурация системы передачи данных

- Система передачи данных (рис. 1) состоит из:
- программного обеспечения верхнего уровня (АСКУЭ), устанавливаемого на персональном компьютере (диспетчерском сервере), имеющем выделенное подключение к Интернету и статический IP-адрес;
 - GSM-модема, подключенного к диспетчерскому серверу;
 - GSM-коммуникатора, в состав которого входит GSM/GPRS-модуль для соединения с диспетчерским сервером и радиоконтроллер 433 МГц для связи с радиоадаптерами;
 - набора радио-адаптеров, которые являются узлами беспроводной сети передачи данных;
 - приборов учета электроэнергии, подключенных к радиоадаптерам по интерфейсу RS-485.

Описание работы системы

Система передачи данных обеспечивает передачу управляющих команд от диспетчерского сервера на приборы учета электроэнергии и обратную передачу данных от этих приборов.

Диспетчерский сервер с помощью прямого звонка на телефонный номер GSM-коммуникатора (используется GSM-модем) дает последнему команду на установление соединения. В зависимости от типа звонка (в режиме голоса или в режиме данных) GSM-коммуникатор устанавливает соединение с сервером по каналу GPRS/Интернет или по резервному GSM/CSD-каналу. В процессе настройки сети можно подключить GSM-коммуникатор к компьютеру через интерфейс RS-485, при этом не нужно платить за трафик данных.

После установления связи сервер (компьютер) выдает команды, каждая из которых содержит пакет с данными в формате, используемом приборами учета при обмене данными по интерфейсу RS-485.

Если пакет адресован конкретному прибору учета, то он должен содержать не повторяющийся в локальной сети адрес. На этапе инсталляции (подключения прибора учета к сети) каждому адресу ставится в соответствие маршрут, по которому должен пройти пакет, чтобы попасть в прибор учета. Маршрут содержит адрес радиоадаптера, к которому подключен прибор учета, и список адресов ретрансляторов, через которые проходит пакет. Маршрут определяет последовательность прохождения пакета через ретрансляторы. При необходимости он может быть прочитан и изменен в любое время с помощью сервисных команд, подаваемых с компьютера. Радиоконтроллер GSM-коммуникатора посылает пакет по маршруту, соответствующему этому адресу, и ждет ответа в течение определенного времени. Радио-адаптер, которому адресован пакет, посылает его на прибор учета через интерфейс RS-485. При получении ответа от прибора учета, радио-адаптер посылает принятый пакет обратно по тому же маршруту. Радиоконтроллер GSM-коммуникатора при приеме ответного пакета или по истечении времени ожидания возвращает соответствующий пакет серверу (компьютеру) через GSM/GPRS сеть.

Если пакет адресован группе или всем приборам учета, то он передается всем радиоадаптерам. Если радио-адаптер, принявший пакет, не является ретранслятором, то он передает пакет прибору учета по интерфейсу RS-485 и ждет следующего пакета. Если он является ретрансля-

тором, то сначала пакет передается в локальную сеть, а потом — в прибор учета. Подтверждение о приеме группового пакета конкретным прибором учета осуществляется позднее с помощью индивидуальных команд.

GSM-коммуникатор

GSM-коммуникатор является основным связующим звеном между диспетчерским сервером и приборами учета электроэнергии. Он соединяет между собой каналы связи — GSM/GPRS, 433 МГц и RS-485.

Для организации GSM/GPRS канала связи в GSM-коммуникаторе используется модуль GR47 производства компании Sony Ericsson Mobile Communications. Модуль GR47 принадлежит к новому поколению продукции компании. Он предназначен для использования в промышленных machine-to-machine приложениях, где необходимо передавать или принимать данные через SMS, CSD, HSCSD или GPRS.

Для организации канала 433 МГц используется радиоконтроллер CC1100 компании Chipcon. Радиоконтроллер CC1100 — это высоко интегрированный, многоканальный приемопередатчик, разработанный для беспроводных приложений с малой выходной мощностью. Радиоконтроллер предназначен для работы в диапазонах частот 315 / 433 / 868 / 915 МГц.

GSM-коммуникатор обычно устанавливается на трансформаторной подстанции и подключается к счетчикам общего учета по интерфейсу RS-485, а к абонентским счетчикам — по радиоканалу 433 МГц.

Внешний вид GSM-коммуникатора представлен на рис. 2.

GSM-коммуникатор выполнен в герметичном корпусе, позволяющем иметь разный уровень доступа для эксплуатирующих и сервисных служб. GSM-коммуникатор имеет встроенный аккумулятор, который позволяет сохранять работоспособность при пропадании питания в течение не менее 24 часов.

Важно отметить, что GSM-коммуникатор позволяет использовать две SIM-карты. При пропадании сети одного оператора коммуникатор мо-



Рис. 2. Внешний вид GSM-коммуникатора

жет перейти на работу от альтернативной сети. Для защиты информации при прохождении через Интернет предусмотрена возможность шифрования информации.

Помимо прочего, GSM-коммуникатор может контролировать три шлейфа сигнализации и передавать сигналы тревоги через SMS. Устройство имеет две пары «сухих контактов», управление которыми также осуществляется через SMS.

Функциональная схема GSM-коммуникатора представлена на рис. 3.

GSM-коммуникатор состоит из:

- GSM/GPRS модуля, осуществляющего прием-передачу данных через сеть GSM/GPRS;
- радиоконтроллера 433 МГц, осуществляющего прием-передачу данных через локальный радиоканал 433 МГц;
- интерфейса RS-485 для обеспечения проводного соединения с приборами учета или для прямого подключения к компьютеру;
- AC/DC-конвертора для питания устройства от сети переменного тока;
- аккумулятора;
- зарядного устройства для аккумулятора;
- антенны для радиоконтроллера 433 МГц;
- антенны сети GSM/GPRS.

Технические характеристики GSM-коммуникатора представлены в таблице 1.

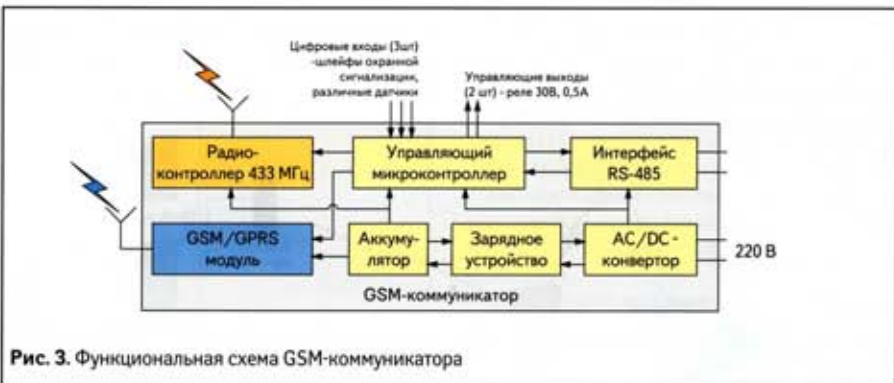


Рис. 3. Функциональная схема GSM-коммуникатора

Т а б л и ц а 1. Технические характеристики GSM-коммуникатора

Параметр	Значение
Питание	Сеть 220 В, 50 Гц или +12 В
Резервное питание	Встроенный аккумулятор 12 В, 2 А/час
Потребляемая мощность	Не более 10 Вт
Интерфейсы передачи данных	RS-485, GSM/GPRS, радио 433 МГц
Количество контролируемых входов	Шлейфы сигнализации — 2 шт.
Количество управляемых выходов	2 пары «сухих контактов» 250 В, 2 А
Рабочая температура	-40...+60 °С

Радио-адаптеры и ретрансляторы

Радио-адаптер работает в нелицензируемом частотном диапазоне 433 МГц и построен на базе радиоконтроллера CC1100 компании Chipcon. Внешний вид радиоадаптера представлен на рис. 4.



Рис. 4. Внешний вид радиоадаптера

Одна пара проводов подключается к сети 220 В, а другая — к интерфейсам RS-485 приборов учета. К одному радио-адаптеру можно подключить до 31 прибора учета; настройки интерфейса радиоадаптера (скорость, паритет) можно изменять дистанционно.

Радио-адаптеры и ретрансляторы составляют нижнее звено в сети передачи данных. Их отличия заключаются в следующем:

- радио-адаптеры являются оконечными устройствами, которые могут принимать данные из центра только по радиоканалу, передавать эти данные приборам учета по интерфейсу RS-485, принимать от приборов учета подтверждение о выполнении команды и передавать это подтверждение в центр по радиоканалу;
- ретрансляторы выполняют все вышеперечисленные функции, а также могут транслировать команды другим устройствам (ретрансляторам или радиоадаптерам) по радиоканалу.

По умолчанию все новые устройства являются радиоадаптерами. Для того чтобы радио-адаптер стал ретранслятором, ему выделяется персональный адрес в сети. Процедура выделения (отмены) персонального адреса производится дистанционно с компьютера. В одной сети может быть не более 250 ретрансляторов. В отличие от ретрансляторов, количество радио-адаптеров ограничено только адресным пространством протокола обмена, который применяется приборами учета.

Для повышения надежности работы сети имеется возможность резервирования для ретрансляторов. Для резервирования выбирается радио-адаптер, который расположен рядом с ретранслятором, или устанавливается дополнительный радио-адаптер. Все настройки выполняются дистанционно. В процессе работы резервный ретранслятор может «на лету» подменить основной, при этом не требуется изменять маршрут передачи данных.

Функциональная схема радиоадаптера представлена на рис. 5.

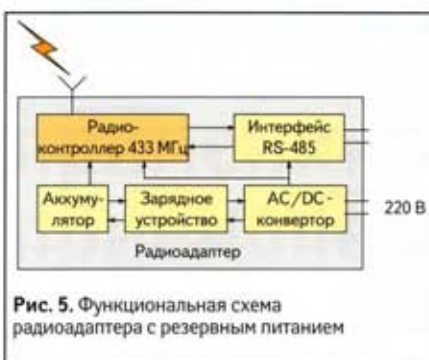


Рис. 5. Функциональная схема радиоадаптера с резервным питанием

Радио-адаптер состоит из:

- радиоконтроллера 433 МГц, осуществляющего прием-передачу данных через локальный радиоканал 433 МГц;
- интерфейса RS-485, обеспечивающего проводное соединение с приборами учета и другими радиоадаптерами (ретрансляторами);
- AC/DC-конвертера для питания устройства от сети переменного тока;
- аккумулятора;
- зарядного устройства для аккумулятора;
- антенны для радиоконтроллера 433 МГц.

Технические характеристики радио-адаптеров представлены в таблице 2.

В случае если резервный аккумулятор не требуется, его можно не применять или использовать другую модификацию устройства с питанием только от электрической сети, что существенно дешевле. Для передачи данных по радиоканалу к радиоконтроллеру 433 МГц, входящему в состав радиоадаптера, подключается антенна, которая может быть внутреннего или внешнего исполнения.

Антенна внутреннего исполнения, размещаемая в корпусе радиоадаптера, используется в основном для организации связи внутри помещений. Внутренняя антенна является всенаправленной, поэтому изделие не требует юстировки при установке. Данный вариант является наиболее экономичным. Внешние (выносные) антенны, как правило, устанавливаются вне помещений для увеличения дальности связи. При этом радио-адаптер имеет высокочастотный разъем, через который подключается внешняя

Т а б л и ц а 2. Технические характеристики радиоадаптера

Параметр	Значение
Питание	Сеть 220 В, 50 Гц или +3,6 В
Резервное питание	Встроенный аккумулятор 600 мА/час
Потребляемая мощность	Не более 1 Вт
Интерфейсы передачи данных	RS-485, радио 433 МГц
Рабочая температура	-40...+60 °С

Т а б л и ц а 3. Параметры локального радиоканала 433 МГц

Параметр	Значение	
Диапазон рабочих частот	433,075...434,750 МГц	
Тип радиоканала	Фиксированная частота	
Тип дуплекса	TDD (временной дуплекс)	
Тип модуляции	GFSK (Гауссовская частотная манипуляция)	
Дальность действия радиоканала	со встроенными антеннами	До 200 м
	с внешними направленными антеннами	До 2 км
Шаг сетки частот	200 кГц	
Число каналов	8	
Битовая скорость в канале	38,4 кбит/с	
Чувствительность приемника при Packet Error Rate (PER) 1%	-102 дБм	
Максимальная выходная мощность передатчика	10 дБм	

антенна. Внешние антенны могут быть направленными или с круговой диаграммой направленности (всенаправленные). Антенна с круговой диаграммой направленности излучает сигнал равномерно во все стороны в горизонтальной плоскости. Направленная антенна используется для увеличения дальности связи в определенном направлении.

Основные параметры локального радиоканала 433 МГц представлены в таблице 3.

Программное обеспечение

Разработано два вида программного обеспечения — для конфигурации радиосети и для сбора данных с точек учета.

Программа для конфигурации радиосети разработана в ООО «Кеда Электроникс Инжиниринг». Рабочее окно программы показано на рис. 6.

Программа позволяет:

- читать таблицу маршрутов из памяти GSM-коммуникатора, модифицировать ее и записывать обратно;
- отображать топологию радиосети в виде древовидной структуры;
- выполнять поиск объектов в таблице маршрутов по номеру счетчика, радиоадаптера, ретранслятора и отображать их положение в древовидной структуре;
- проверять наличие связи с приборами учета;
- читать и отображать данные телеметрии от радиоадаптеров (ретрансляторов);
- изменять параметры радиоадаптеров (ретрансляторов);
- изменять маршруты передачи данных;
- выполнять автоматический поиск оптимального маршрута;
- выполнять автоматический поиск прибора учета в радиосети и отображать его маршрут;
- идентифицировать прибор учета с произвольным протоколом в таблице маршрутов путем побайтного выделения адресной части протокола, что позволяет объединить в сеть приборы учета от разных производителей;
- использовать готовую программу пользователя, работающую через интерфейс RS-232/485, для сбора данных с приборов учета через GSM/GPRS-соединение.

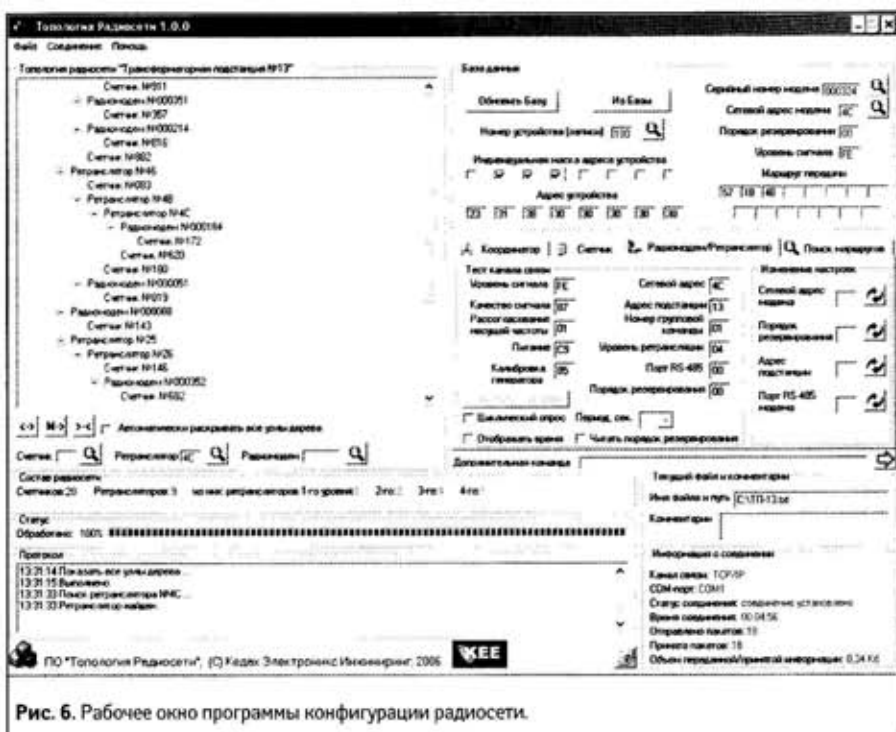


Рис. 6. Рабочее окно программы конфигурации радиосети.

Реализованный проект

В 2006 году специалистами ООО «Кедах Электроникс Инжиниринг» совместно с ФГУП «Нижегородский завод им. М. В. Фрунзе» была разработана и введена в эксплуатацию автоматизированная система коммерческого и технического учета электроэнергии на базе GSM-коммуникаторов и радио-адаптеров собственного производства.

Автоматизированная система учета электроэнергии установлена в поселке Красная Поляна Адлерского района. Для построения беспроводной сети было использовано следующее оборудование (табл. 4).

Комплекс технических средств «МИКРОН» предназначен для технического и коммерческого учета и контроля потребления электрической энергии на объектах жилищно-коммунальной сферы.

Комплекс позволяет вести многотарифный учет потребления электрической энергии на объектах на базе счетчиков электрической энергии с интерфейсом связи по спецификации EIA RS-485. Комплекс относится к изделиям государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП) и обеспечивает:

- измерение и оперативное хранение информации о потреблении электрической энергии с помощью счетчиков на местах учета;
- сбор хранимой в счетчиках информации по коммутируемым каналам связи, консолидацию этой информации в узлах учета и обработки информации;

- долговременное хранение, обработку и отображение информации о потреблении электрической энергии в узлах учета.

Заключение

Использование для передачи информации сервисов сети GSM/GPRS в сочетании с локальной радиосетью в диапазоне 433 МГц позволяет:

- осуществлять доступ к приборам учета из любой точки, где есть связь с Интернетом или GSM/GPRS сетью;
- существенно сократить финансовые затраты за счет отсутствия необходимости прокладки информационных кабелей до каждого прибора учета;
- сократить сроки развертывания системы за счет отсутствия необходимости лицензирования частот и получения разрешений на их использование;
- гибко менять структуру сети в процессе эксплуатации системы.

Потребность в сборе телеметрической информации и удаленном мониторинге является почти повсеместной, что обуславливает весьма широкий спектр применения представленного оборудования. Рассмотренная система может применяться для передачи данных в других областях жилищно-коммунального хозяйства, таких как газоснабжение, водопотребление, охранные и пожарные сигнализации. 61

Т а б л и ц а 4. Оборудование, использованное для реализации системы коммерческого и технического учета электроэнергии в поселке Красная Поляна

Оборудование для радиодоступа производства ООО «Кедах Электроникс Инжиниринг»	
GSM-коммуникатор	6 шт.
Радиоадаптер	521 шт.
Выносная направленная антенна	5 шт.
Выносная всенаправленная антенна	7 шт.
Оборудование учета электроэнергии производства ФГУП «Нижегородский завод им. М. В. Фрунзе»	
Абонентский однофазный счетчик СЭБ2А.05.02.11	440 шт.
Абонентский трехфазный счетчик ПСЧ3ТА.04.1	76 шт.
Счетчик общего учета на трансформаторных подстанциях СЭТ4ТМ.03	7 шт.
Комплекс технических средств «МИКРОН»	