

УДК 621.394.6

Аппаратура передачи данных по стандартным сетям электропитания

В.Е. Мартиросов, С.В. Мелехин

Аннотация

В статье приводятся результаты проведенных в МАИ исследований по решению проблемы энергоэффективности современного крупного предприятия. В рамках данной проблемы решается задача структурированного по подразделениям предприятия автоматизированного мониторинга за расходом энергоресурсов. При создании каналобразующей аппаратуры передачи данных, в качестве канала связи применены стандартные сети электропитания 220/380В. Техническая реализация приемо-передатчиков аппаратуры выполнена с привлечением современной программируемой элементной базы (цифровых сигнальных процессоров и микроЭВМ).

Ключевые слова

аппаратура передачи данных по стандартным сетям электропитания, энергосбережение, программируемая элементная база, протоколы работы.

На любом крупном предприятии одной из наиболее актуальных проблем является непомерно завышенные финансовые затраты на оплату энергоресурсов (электричество, тепло, водоснабжение и т.д.). Как правило, причиной этого положения является неэффективное и неконтролируемое потребление энергоресурсов в подразделениях предприятия.

Эффективное использование энергоресурсов на предприятиях и объектах жилищно-коммунального хозяйства возможно только с привлечением современных информационных технологий контроля и учета их расхода.

Разработанная в МАИ информационная система энерго ресурсосбережения (ИСЭРС) осуществляет сбор и обработку информации о расходовании энергоресурсов с большого массива первичных датчиков абонентов (корпусов и подразделений предприятия) на компьютере центрального терминала. Получаемая информация о почасовом расходе энергоресурсов позволяет оперативно реагировать на их нерациональное использование, выявлять и устранять их перерасход и утечку, создавать строгую отчетность расхода энергоресурсов по

структурным подразделениям предприятия. Места установки датчиков могут быть выбраны произвольно, в десятках корпусов предприятия, которые могут быть расположены на значительном удалении от центрального терминала системы в пределах города или региона.

Отличительной особенностью системы ИСЭРС является *полное устранение капитальных затрат на прокладку каналов связи*. Это достигается тем, что для передачи информационных данных внутри объектов (корпусов предприятия) в качестве канала связи используется стандартная силовая сеть электропитания зданий 220/380В. Обмен информацией между центральным терминалом и локальными терминалами осуществляется стандартными средствами, например, по коммутируемым каналам телефонной связи.

Далее рассмотрим характеристики примененной в системе ИСЭРС аппаратуры передачи данных по стандартным сетям электропитания.

Были проведены теоретические исследования по выбору и обоснованию вида модуляции сигналов, используемых для передачи данных в сетях электропитания 220/380В. Рассмотрены следующие виды модуляции сигнала: сигналы бинарной фазовой манипуляции – PSK (*phase shift keying*), сигналы квадратурной фазовой манипуляции – QPSK (*quadrature phase shift keying*), сигналы частотной манипуляции – FSK (*frequency shift keying*) и сигналы многопозиционной квадратурной амплитудной модуляции QAM (*quadrature amplitude modulation*) [1]. При исследовании условий выполнения требований электромагнитной совместимости (ЭМС) и обеспечения высокой помехоустойчивости BER (*bit error rate*) приема был выбран сигнал FSK с малым (порядка 0,6) индексом модуляции.

Высокая помехозащищенность аппаратуры обеспечивается "жесткой" фильтрацией спектров в передатчике и приемнике системы. Выбраны следующие параметры спектра FSK сигнала: ширина спектра при обеспечении скорости передачи 50 Бод выбрана равной ± 25 Гц; уровень внеполосного излучения не более -40 дБ (при отстройке на $3F_d$, где F_d - девиация частоты), диапазон рабочих частот $-95 \div 150$ кГц.

При разработке опытных образцов аппаратуры передачи данных (модемы и устройства сопряжения с каналом связи) были выработаны и реализованы следующие требования на ее параметры:

- Скорость передачи – 50 (100) Бод. Предусмотрена возможность оперативного изменения скорости передачи в процессе эксплуатации;
- Рабочие частоты каналов по выбору, в диапазоне $95 \div 150$ кГц. Предусмотрена возможность оперативного изменения частот приема и передачи в процессе эксплуатации;
- Вид модуляции – частотная манипуляция с неразрывной фазой;

- Регулировка уровня выходного сигнала передатчика модема $0 \div -40$ дБ;
- Регулировка уровня входного сигнала приемника модема $0 \div -45$ дБ;
- Уровень внеполосного излучения передатчиков – не более -40 дБ (при отстройке на $3F_d$, где F_d – девиация частоты);
- Избирательность приемников при отстройке на $3F_d$ – не менее 35 дБ;
- Динамический диапазон приемников – не менее 35 дБ;
- Отклонения характеристических частот – не более ± 0.5 Гц;
- Краевые искажения (джиттер) при номинальных уровнях принимаемого сигнала – не более 5 % , преобладания не более 4 % .

Контроллеры датчиков разработаны на базе однокристалльной микроЭВМ фирмы ATMEL и отвечают следующим требованиям:

- Контроллеры датчиков являются энергонезависимыми и ведут учет накопительным итогом с периодом переполнения не менее 1 года.
- Контроллер хранит только один накопительный итог.
- Адрес датчика задается переключателем, расположенным на контроллере.
- В ответ контроллера включается информация о типе данных, передаваемых контроллером датчика и информация о статусе (состоянии) датчика.

При проведении работ по отладке приемо-передатчиков аппаратуры был выработан следующий протокол обмена данными, обеспечивающий корректный обмен данными между терминалом аппаратуры и датчиками системы энергосбережения.

Запрос терминала посылается на одной несущей частоте, контроллеры отвечают на другой. Структура сигналов запроса и ответа, разработанные с учетом системного обмена, приведены ниже.

Запрос терминала к датчику.

Адрес датчика	Команда	Контр. Сумма
2 байта	4 байта	2 байта

Всего 8 байт.

Ответ датчика терминалу.

Адрес датчика	Тип данных	Статус	Данные	Контрольная сумма
2 байта	1 байт	1 байт	4 байта	2 байта

Всего 10 байт.

Применение частотной манипуляции с непрерывной фазой и малым индексом моду-

ляции, позволило обеспечить значительное снижение уровня внеполосных излучений и улучшить электромагнитную совместимость (ЭМС) аппаратуры. Дополнительное улучшение ЭМС аппаратуры передачи данных было получено путем жесткой "обкатки" спектра формируемого сигнала. Последнее достигнуто применением квадратурных способов построения модулятора системы и применением обкатывающих фильтров для квадратур модулирующего сигнала. Для получения уровня внеполосных излучений порядка -50 дБ были применены цифровые фильтры 8 порядка.

Для получения заданного уровня помехоустойчивости приема была выбрана квазикогерентная структура демодулятора, обеспечивающая синхронный прием ЧМн сигнала по принципу отслеживания его фазы.

Высокая техническая эффективность аппаратуры была достигнута за счет использования программируемой элементной базы, а именно сигнальных процессоров фирмы Analog Devices Inc. и однокристальных микроЭВМ. Было разработано встроенное программное обеспечение для реализации модемов системы ИСЭРС на ADSP фирмы Analog Devices Inc..

Структура каналаобразующей аппаратуры предназначена для организации передачи данных на трафике датчики – терминал корпуса в системе энергосбережения. В качестве каналов связи используются стандартные сети электропитания 220/380В оснащаемых объектов.

Схема канала передачи информации по силовой сети здания приведена на рис.1. В состав канала входят следующие устройства:

1. Терминал системы энергосбережения, выполненный на базе ПЭВМ (IBM PC AT).
2. Модем аппаратуры передачи данных;
3. Контроллер датчика;
4. Датчик расхода энергоресурсов (электросчетчик, теплосчетчик или водомер).

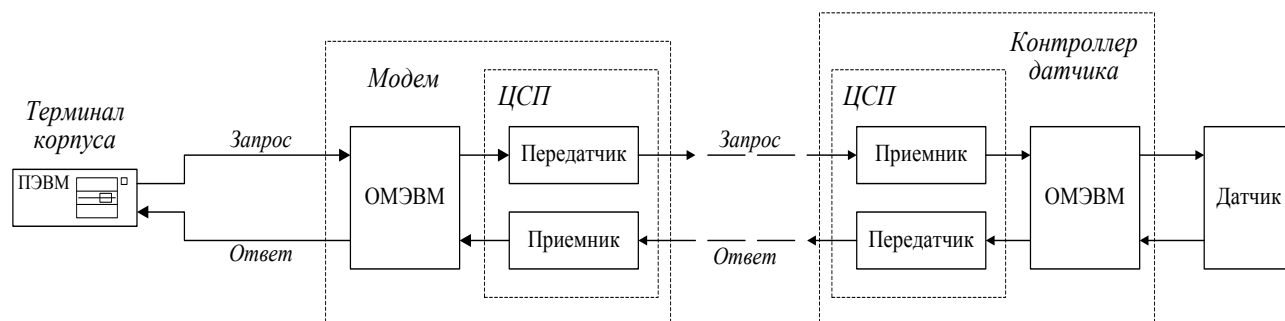


Рис. 1 Схема канала передачи информации по силовой сети электропитания здания

Полный путь прохождения сигнала делится на следующие участки:

1. Терминал корпуса → Модем 0.
2. Модем 0 → Контроллер датчика.
3. Контроллер датчика → Модем 0.
4. Модем 0 → Терминал корпуса.

Физически участки 1 и 4 канала передачи информации представляют собой проводную линию (интерфейс RS232C), участки 2 и 3 - силовая сеть электропитания 220/380В, по которой сигнал передается на несущей частоте с частотной манипуляцией.

Протоколы обмена информацией между контроллерами датчиков и датчиками расхода энергоресурсов (электросчетчиками, теплосчетчиками и водомерами) конкретизируются для различных типов датчиков на этапе инсталляции аппаратуры. Контроллеры датчиков преобразует информацию, поступающую с датчиков, к единому для системы формату, обеспечивающему корректное хранение информации в базе данных центрального терминала системы энергосбережения. При этом на этапе формирования данных применяется смысловое и текстовое структурирование информации, обеспечивающее скоростной доступ к выборке и отображению информации клиентскими терминалами пользователей системы.

Модем, контроллер и устройство сопряжения с каналом системы ИСЭРС по техническому исполнению инвариантны к типу датчиков и виду энергоресурса (электроэнергия, вода, тепло и др.). Количество датчиков, обслуживаемых системой, ограничивается только вычислительной мощностью ПЭВМ и может достигать нескольких тысяч единиц. Внешний вид терминала датчиков системы ИСЭРС показан на рис 2.



Рис.2. Внешний вид терминала датчиков системы ИСЭРС.

Модемы системы, выполненные на DSP, работают по сети электропитания на скорости 50 или 100 Бод, используя сигналы частотной манипуляции с неразрывной фазой. Диапазон рабочих частот 95÷145 кГц.

При создании аппаратных средств системы применены современные технические решения, программируемая элементная база (цифровые сигнальные процессоры - DSP и микроЭВМ фирмы ATMEL) и специальные меры помехозащиты в каналах связи. Это позволило создать устройства (контроллеры и модемы), обладающие высокими технологичностью, надежностью и помехоустойчивостью в эксплуатации, а также гибкостью при их модернизации и адаптации в различных информационных системах.

Разработанные для использования в системе модемы передачи данных по сетям электропитания являются по своим параметрам уникальными изделиями. Оригинальность технических решений системы ИСЭРС защищена патентами РФ: № 2178951 и № 2178952, приоритеты от 10.04.2001, опубликованы 27.01.20002 в БИ №3.

Прикладная апробация технических решений аппаратуры системы ИСЭРС была проведена на базе МАИ. В 2006 году в институте введена в эксплуатацию четвертая очередь системы ИСЭРС, установленная на базе десяти учебных корпусов и обслуживающая 64 электросчетчика, 16 теплосчетчиков и 3 водомера. Количество корпусов, а также количество датчиков расхода энергоресурсов в уже подключенных к системе ИСЭРС корпусах, продолжает наращиваться.

Библиографический список

1. Мартиросов В.Е. Оптимальный прием дискретных сигналов ЦСПИ, - М., "Радиотехника", 2010, 208 С.

Сведения об авторах:

Мартиросов Владимир Ервандович, профессор Московского авиационного института (национального исследовательского университета); д.т.н.; тел.: 8(916) 6750932, (499)158-6815. e-mail: marti@mai.ru;

Мелехин Сергей Викторович, аспирант кафедры радиоприемные устройства Московского авиационного института (национального исследовательского университета); контактный телефон (499)158-6815.