

**Система автоматизированного сбора данных
с абонентских устройств учёта по силовой
сети "Меркурий-PLC"**

Лист учёта версий

Дата	Примечания
17.02.2005	Исходная версия документа

СОДЕРЖАНИЕ:

1. Введение.....	4
2. Структура системы.....	5
3. Характеристики среды передачи	6
4. Принципы передачи и приема данных.....	7
4.1. Общая структура обмена	8
4.2. Форматы пакетов	10
4.3. Сигнал концентратора.....	10
4.4. Сигнал абонентского модема	12
4.5. Оценки эффективности.....	13
5. Реализация концентратора.....	14
6. Реализация абонентского модема	15

1. Введение

Настоящий документ содержит описание системы сбора информации с абонентских устройств учёта потребления электроэнергии по распределительной одно- или трехфазной электросети переменного тока 220В/50Гц.

2. Структура системы

Система сбора информации состоит из одного *концентратора* (далее КЦ) и множества точек учёта, подключенных к трём фазам распределительной электросети переменного тока (см. Рисунок 1). Типовая точка учёта состоит из *счетчика электроэнергии* (далее СЧ) и *абонентского модема* (далее АМ). КЦ устанавливается в любом подходящем для этого месте силовой сети (по возможности в непосредственной близости от точек учёта).

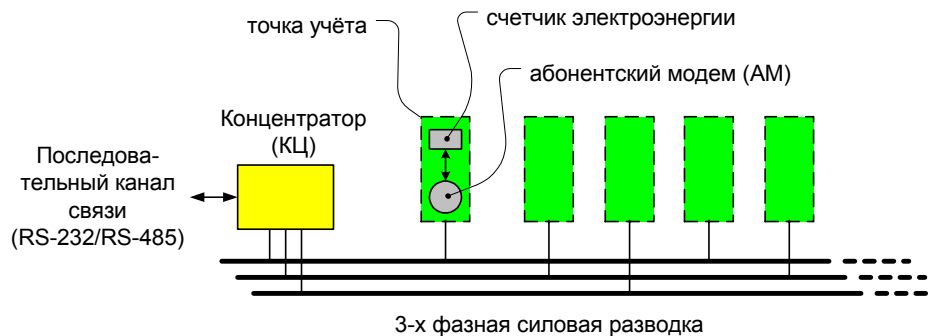


Рисунок 1. Физическая организация системы сбора данных

Логически система сбора данных представляет собой совокупность двух низкоскоростных каналов передачи информации (см. Рисунок 2):

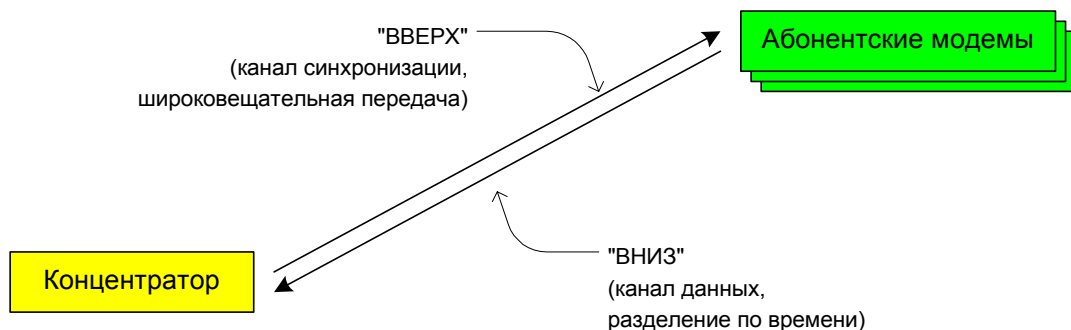


Рисунок 2. Логическая организация системы сбора данных

3. Характеристики среды передачи

Распределительная силовая сеть 220В/50Гц как среда передачи данных характеризуется следующими основными параметрами

- модуль характеристического импеданса в полосе пропускания – от долей до единиц и десятков Ом
- помехи непредсказуемой формы и мощности как широкополосные так и с концентрированным спектром
- сильная неравномерность частотной характеристики с резкими провалами и пиками
- нестационарные и непредсказуемые изменения импеданса во времени и вдоль линии передачи

4. Принципы передачи и приема данных

В основу обмена информацией в системе положен принцип передачи данных с использованием всех известных видов разделения сигналов - временного, частотного и кодового.

4.1. Общая структура обмена

Первичным источником битовой синхронизации в системе является основная гармоника напряжения силовой электросети. Моменты времени, когда напряжение сети, пересекая нулевой уровень, изменяет свой знак, разбивают временную ось на полупериоды длительностью 10 мс, называемые далее *циклами*.

Обмен данными между АМ и КЦ происходит в пределах т.н. *суперциклов*, каждый из которых состоит из следующих интервалов:

- *интервал синхронизации* длительностью $SP = 256$ циклов, в течении которых КЦ передает в линию синхросигнал специального вида. Синхросигнал принимается всеми АМ данного сегмента сети одновременно.
- *интервал передачи данных* DP длительность которого может быть различной, в течении которого абонентские модемы поочередно передают по одному биту данных, каждый в пределах своего цикла, причём нулевой цикл этого интервала зарезервирован и абонентскими модемами не используется. Очевидно, что величина интервала DP (в циклах) не может быть меньше общего количества абонентских модемов, подключенных к данной фазе силового напряжения.

Длительность интервала DP выбирается таким образом, чтобы она составляла

$$DP = 1 + 16 \cdot m \text{ циклов,}$$

где m – целое неотрицательное число, большее нуля.

Таким образом, длина одного суперцикла равна $FP = SP + DP = 256 + DP$ циклов. В течении суперцикла каждый из АМ передает по одному биту информации (в пределах интервала DP).

Поскольку длина пакета с данными, которые передает модем фиксирована и равна 64 бит, то полный цикл сбора данных от всех абонентских модемов будет занимать около 3 мин при 16 точках учета в каждой фазе и 13.7 минут при 1024 точках учёта в каждой фазе.

Схема, изображающая общую структуру обмена в описываемой системе, изображена на Рисунок 3.

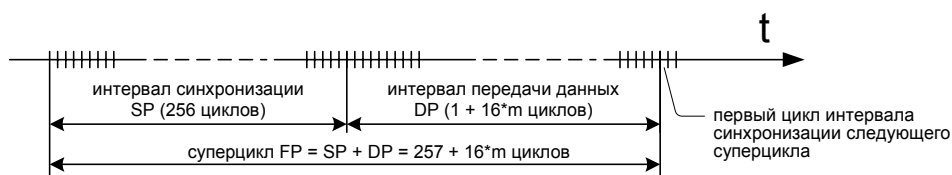


Рисунок 3. Общая структура обмена в системе

Поскольку АМ заранее не знает, какова длина суперцикла в том сегменте сети, к которому он оказался подключен, то на этапе установления соединения он ждет прихода трех сигналов синхронизации подряд, и только после этого начинает уже самостоятельно отсчитывать циклы и определять временное положение "своего" окна (цикла) передачи данных в пределах интервала DP. В принципе, сигнал синхронизации после этого ему становится больше не нужен впредь до нарушения регулярности подсчета циклов вследствие отключения фазного напряжения.

4.2. Форматы пакетов

Интерфейс управления абонентскими модемами а также интеллектуальными устройствами, которые к ним подключаются, приведён в [Интерфейс абонентских устройств.doc](#).

4.3. Сигнал концентратора

КЦ излучает только сигнал синхронизации с которого начинается каждый суперцикл, и который служит возобновляемой меткой начала отсчета внутрисистемного времени для всех абонентских модемов данной фазы 220В.

Сигнал синхронизации имеет длину $SP=256$ циклов, в каждом из которых передается только один *синхробит*. Взятые вместе эти 256 синхробит составляют 256-битовый *синхрокод* в виде т.н. М-последовательности, заранее известной каждому АМ.

Сигнал синхронизации для каждой фазы 220В излучается КЦ на 16 частотах, образующих равномерную сетку с шагом 2.5 кГц в диапазоне 20...95 кГц.

Закон чередования частот передачи выглядит следующим образом

$$F_k = 20 + 5 * \{ k \bmod 16 \}, \text{ где}$$

k – номер текущего цикла (первый по счёту цикл интервала SP имеет нулевой номер)

F_k – частота излучения в k -м цикле (килоггерцы)

Каждый синхробит передаётся в виде двух пар последовательных отрезков или *чипов* узкополосного колебания длительностью 0.8 мс каждый. Середина излучаемого сигнала совпадает с моментом пересечения нуля основной гармоникой сетевого напряжения. Относительные значения фаз соседних чипов отличаются друг от друга на $\pm 90^\circ$. Передаваемая информация кодируется законом чередования фаз чипов, а именно,

последовательности фаз

$0^\circ - 90^\circ - 0^\circ - 90^\circ$ соответствует "0",

а последовательности фаз

$0^\circ - 90^\circ - 180^\circ - 270^\circ$ соответствует "1".

Цифровой приемник АМ осуществляет свертку каждого чипа с непрерывным сигналом своего местного гетеродина. Полученные таким образом две пары чисел представляют собой две пары координат вектора местного гетеродина в фазовых осях передатчика. При передаче "0" во второй паре чипов фазовые оси передатчика сохраняют свое положение, а при передаче "1" они разворачиваются на 180° . Полезную информацию приемник извлекает из сигнала путем измерения величины угла этого поворота. Такой способ модуляции позволяет значительно упростить структуру приемника, т.к. отпадает необходимость в квадратурном канале обработки. Легко видеть, что выбранный способ модуляции является теоретически оптимальным, т.к. сигналы "0" и "1" взаимно ортогональны.

Узкополосный приемник АМ производит поиск сигнала синхронизации путем последовательного "прослушивания" заранее известных частот его передачи с

последующей межцикловой обработкой. В том случае, если в последних SP принятых циклах была обнаружена последовательность, в достаточной степени похожая на заранее известный модему синхрокод, сигнал синхронизации считается принятым и АМ далее начинает самостоятельный отсчет внутрисистемного времени по циклам. При этом приемник модема переходит из режима поиска синхросигнала в режим контроль наличия синхросигнала в нужной временной позиции. Если по какой-либо причине синхросигнал пропадет на достаточной большой срок, то АМ прекращает передачу данных и начинает процедуру поиска синхросигнала заново.

4.4. Сигнал абонентского модема

АМ передает данные непрерывно, пакетами длиной по 64 бит. Каждый пакет состоит из 4-х полей (см. раздел " 4.2. Форматы пакетов"), передаваемых поочередно, младшими битами и младшими байтами вперед. После завершения передачи очередного пакета немедленно начинается передача следующего.

В течение каждого суперцикла каждому АМ выделяется единственный цикл для передачи одного бита данных, и, если в данном суперцикле АМ должен передать "0", то в пределах отведенного ему цикла он 4 раза подряд циклически излучает 256-ти байтовый табличный сигнал, заранее записанный в его память, начиная с нулевого отсчета а если "1" – то начиная со 128-го отсчета. Полная длительность излучения сигнала составляет 3.2 мс, или 1024 отсчета (для частоты выборок 320 кГц). Середина излучаемого сигнала совпадает с моментом пересечения нуля основной гармоникой сетевого напряжения. Все абонентские модемы используют одну и ту же сигнальную таблицу.

Полоса частот занимаемая информационным сигналом АМ в точности такая же, как и у сигнала синхронизации КЦ – 20...95 кГц.

4.5. Оценки эффективности

5. Реализация концентратора

КЦ трехканальный и рассчитан на одновременное подключение к трем фазам сети 220В/380В. Его основной узел – процессор цифровой обработки сигнала типа TMS320VC5409-80. Типовое место установки КЦ – силовая подстанция или технический этаж многоквартирного дома.

Интерфейс управления концентратором описан в [Интерфейс концентратора.doc](#).

6. Реализация абонентского модема

АМ реализован на микроконтроллере типа MSP430F1232. Ориентировочные параметры АМ:

- пиковая мощность излучения передатчика – 0.5 Вт
- средний ток потребления – 7 мА.

Конструктивно АМ выполнен на дочерней ПП для микропроцессорного счётчика электроэнергии/воды и размещается в одном корпусе с ним.