

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА  
КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

**А.Б. Лоскутов, А.И. Гардин, А.А. Лоскутов**

**Автоматизированная система контроля и  
учета электроэнергии**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ХАРАКТЕРИСТИКА АСКУЭ.....	8
1.1. Структура АСКУЭ.....	8
1.2. Цели создания АСКУЭ и решаемые задачи.....	10
2. ХАРАКТЕРИСТИКА ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ, ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ АСКУЭ.....	12
2.1. Устройства учета электроэнергии.....	12
2.2. Концентраторы.....	15
2.3. Коммутаторы.....	16
2.4. Устройства сбора и передачи данных.....	17
3. ХАРАКТЕРИСТИКА КОММУНИКАЦИОННЫХ ТОПОЛОГИЙ И ПРИМЕНЯЕМЫХ В АСКУЭ ТЕХНОЛОГИЙ.....	20
3.1. Общая характеристика коммуникационных топологий.....	20
3.2. Физически реализуемые коммуникационные протоколы.....	24
3.3. Технология <i>PLC</i> .....	29
3.4. Технология <i>Ethernet</i> .....	31
3.5. Радиотехнологии.....	32
4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	35
4.1. Общие положения.....	35
4.2. Описание лабораторного стенда и рекомендации по сборке схем.....	35
4.3. Программное обеспечение АСКУЭ.....	38
4.3.1. Состав программного обеспечения стенда.....	38
4.3.2. Программное обеспечение для опроса счетчиков по интерфейсу CAN.....	39
4.3.3. Программное обеспечение для программирования сетевых PLC-адресов счетчиков электроэнергии <i>TMcomm</i> .....	43
4.3.4. Программное обеспечение для конфигурирования PLC-концентраторов и оперативной проверки функционирования системы сбора данных <i>VMonitor v2.6</i> .....	48

4.3.5. Программное обеспечение для дистанционного опроса счетчиков по силовой сети <i>BQuark</i> .....	52
4.4. Задание к лабораторной работе.....	58
4.5. Методические указания по проведению экспериментов.....	59
4.6. Требования к выполнению отчета.....	80
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	81
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	82

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АИИС КУЭ	- автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии
АРМ	- автоматизированное рабочее место
АСКУЭ	- автоматизированная система контроля и учета электроэнергии
АЦП	- аналого-цифровой преобразователь
ИВК	- информационно-вычислительный комплекс
ИВКЭ	- информационно-вычислительный комплекс электроустановки
ИИК ТУ	- измерительно-информационный комплекс точки учета
ОЗУ	- оперативно запоминающее устройство
НДЗ	- нормальнодопустимые значения
ООД	- окончательное оборудование данных
ОПД	- оборудование передачи данных
ОФМ	- относительная фазовая модуляция
ПДЗ	- предельнодопустимые значения
ПЗУ	- постоянно запоминающее устройство
ПО	- программное обеспечение
РАО	- российское акционерное общество
СОЕВ	- система обеспечения единого времени
ТН	- трансформатор напряжения
ТТ	- трансформатор тока
УСД	- устройство сбора данных
УСПД	- устройство сбора и передачи данных
УССВ	- устройство синхронизации системного времени
ФОРЭМ	- федеральный оптовый рынок электроэнергии и мощности

## ВВЕДЕНИЕ

С распадом плановой экономики в 1991 г. закончилась эпоха практически неограниченных и дешевых энергоресурсов, когда их доля в себестоимости продукции составляла всего лишь несколько процентов. В 1992г., одновременно с созданием Российского открытого акционерного общества (РАО) «ЕЭС России» была организована оптовая торговля электрической энергией на Федеральном оптовом рынке электроэнергии и мощности (ФОРЭМ). Правовой основой функционирования ФОРЭМ являлись Федеральный закон № 41 от 14 апреля 1995 г. «О государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации» и Постановление Правительства РФ от 12 июля 1996 г. № 793 «О федеральном (общероссийском) оптовом рынке электрической энергии (мощности)». В настоящее время правила оптового рынка утверждены в Федеральном законе №35 «Об электроэнергетике» от 26 марта 2003 г.

Электроэнергия является довольно специфичным ресурсом по следующим причинам:

- производство, передача и потребление электроэнергии в силу ее физической природы происходят практически одновременно и ее невозможно складировать (накапливать) в значительных объемах;
- электроэнергия поставляется множеством производителей в общие электрические сети и мгновенно потребляется оттуда же множеством потребителей. Поэтому с физической точки зрения невозможно определить, кто произвел электроэнергию, потребляемую тем или иным потребителем – можно лишь контролировать объемы поставки в общую сеть от каждого производителя и объемы потребления из нее каждым потребителем;
- электроэнергия, получаемая потребителем из энергосистемы, является товаром первой необходимости, только в редких случаях имеющим другие товары-заменители (например, переход на электроснабжение от автономной дизельной электростанции);
- производители вырабатывают и поставляют в общую сеть электрическую мощность точно в соответствии со своими обязательствами, а все потребители суммарно потребляют электрическую мощность также в соответствии со своими обязательствами. Но на практике в силу самого разного рода обстоятельств как производители, так и потребители допускают отклонения от своих обязательств;

Это вызывает дисбаланс между поставкой и потреблением. На любом другом рынке такой кратковременный дисбаланс не приводит к потере его устойчивости.

Подобная специфика электроэнергии как товара обуславливает развитие рынка, отличающегося от остальных. Участники этого рынка дол-

витие рынка, отличающегося от остальных. Участники этого рынка должны быстро принимать решения на основе точной и оперативно полученной информации о товаре, если хотят оставаться конкурентоспособными на нем. Так же на сегодняшний день из-за многократного удорожания энергоресурсов возросла их доля в себестоимости продукции. Для многих промышленных предприятий она составляет 20–30%, а для наиболее энергоемких производств достигает 40% и более. Таким образом, под давлением рынка потребители приходят к пониманию, что первым шагом в экономии энергоресурсов и снижении финансовых потерь является точный учет.

Федеральный закон РФ № 261 «Об энергосбережении» от 23.11.2009 обусловил кардинальное изменение отношения к организации энергоучета в промышленности и других энергоемких отраслях (транспорт и жилищно-коммунальное хозяйство). Современная цивилизованная торговля энергоресурсами основана на использовании автоматизированного приборного энергоучета, сводящего к минимуму участие человека на этапе измерения, сбора и обработки данных и обеспечивающего достоверный, точный, оперативный и гибкий, адаптируемый к различным тарифным системам учет со стороны поставщика энергоресурсов и потребителя. С этой целью как поставщики, так и потребители создают на своих объектах автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии – АСКУЭ. При наличии современной АСКУЭ промышленное предприятие полностью контролирует весь свой процесс энергопотребления и имеет возможность по согласованию с поставщиками энергоресурсов гибко переходить к разным тарифным системам, минимизируя свои энергозатраты.

В настоящее время вместо термина АСКУЭ часто применяется аббревиатура АИИС КУЭ, т.е. автоматизированная информационно-измерительная система контроля и учета электроэнергии. Такие изменения связаны с отсутствием в понятии АСКУЭ слова «измерение», а это означает, что оно находится вне правовой зоны главных нормативных актов. Принимая документы, касающиеся торговли электроэнергией, стороны обязуются выполнять все требования, касающиеся соблюдения регламентов, поэтому не допускаются неточности в написании документов.

Следует обратить внимание на то, что буква «К» в названных аббревиатурах употребляется в значении «контроль». Во всех реальных технических документах эта буква обозначает коммерческий учет электроэнергии, но в данной работе рассматриваются АСКУЭ в целом (как коммерческого, так и технического учета).

В данных методических указаниях дана краткая теория о АСКУЭ, ее составе, отдельных устройствах и коммуникациях. Более подробная информация содержится в конспекте лекций по теме АСКУЭ.

# 1. ХАРАКТЕРИСТИКА АСКУЭ

## 1.1. Структура АСКУЭ

Автоматизированная система контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) – многоуровневая, иерархическая, автоматизированная система, обеспечивающая измерение количества электроэнергии и величин ее параметров (тока, напряжения, мощности и др.), автоматизированный сбор и передачу результатов измерений по коммуникационным каналам на верхний уровень, с последующим ее хранением и использованием.

В общем случае АСКУЭ состоит из трех уровней (рис. 1.1).

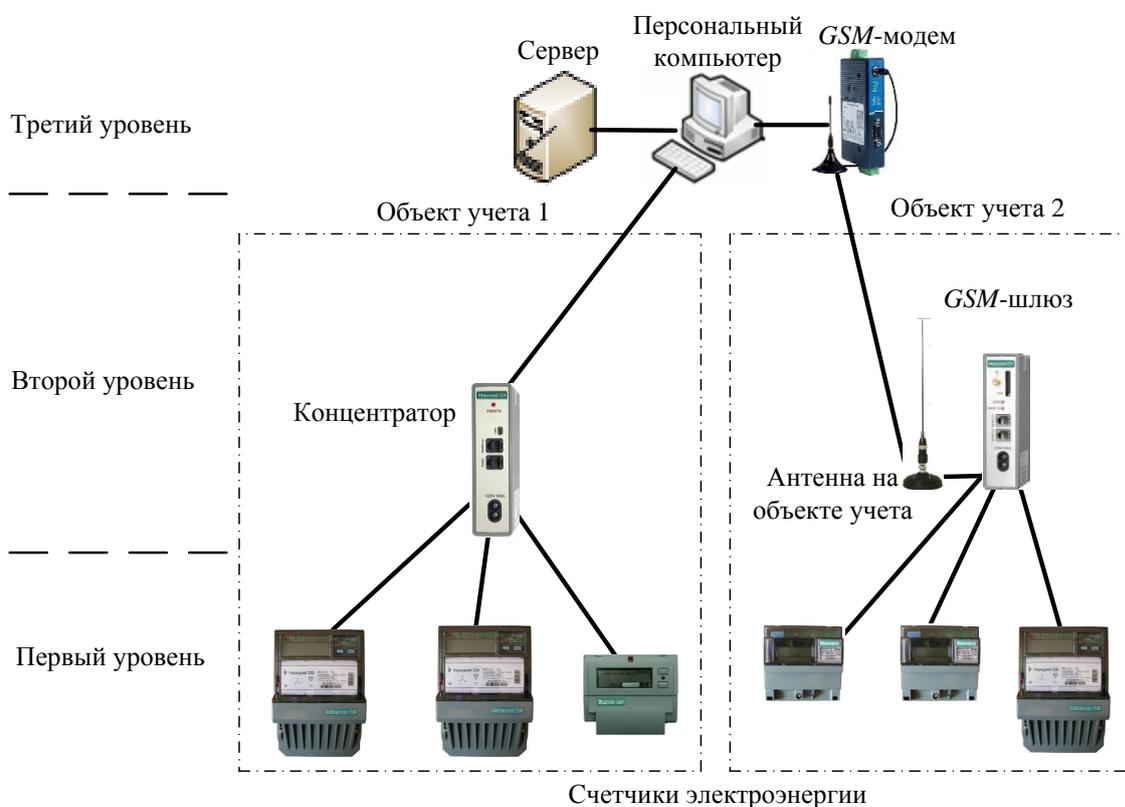


Рис. 1.1. Структура АСКУЭ

Первый уровень включает в себя multifunctional meters of electricity, measuring transformers of current and voltage, secondary measuring circuits. This level performs measurements of electricity consumption parameters at the point of measurement, registration of events, their storage in the memory of the electronic meter and output of information in digital form by means of communication channels to the second level. The equipment complex entering the first level is called the measuring and information complex of the point of measurement (IIC TU).

Второй уровень включает устройства сбора и передачи данных (УСПД) и каналообразующую аппаратуру. Данный уровень обеспечивает сбор и передачу информации на третий уровень от нескольких ИИК, сквозной доступ от верхнего уровня непосредственно к ИИК ТУ. Комплекс оборудования, входящий в данный уровень, называют информационно-вычислительным комплексом электроустановки (ИВКЭ), например, ИВКЭ ГПП, РП, КТП или цеха промышленного предприятия. В некоторых версиях АСКУЭ второй уровень может быть совмещен с первым или третьим. В этом случае сбор и передачу информации от нескольких ИИК ТУ осуществляют устройства, объединяющие коммуникационные каналы, такие как концентраторы или коммутаторы.

Третий уровень включает технические средства приема-передачи данных (каналообразующая аппаратура), автоматизированные рабочие места персонала (АРМ), систему обеспечения единого времени (СОЕВ), программное обеспечение (ПО), серверы АСКУЭ, технические средства для организации локальной вычислительной сети и средства информационной безопасности. Этот уровень обеспечивает автоматический сбор и хранение результатов измерений, диагностику состояния, подготовку отчетов, а также импорт-экспорт данных. Оборудование, входящее в состав уровня, представляет собой информационно-вычислительный комплекс (ИВК) сетей, установленный в выделенном помещении.

Система обеспечения единого времени (СОЕВ) формируется на верхнем уровне и выполняет функцию измерения времени, имеет нормированные метрологические характеристики и обеспечивает синхронизацию времени при проведении измерений количества электроэнергии с точностью не более  $\pm 5,0$  с/сут. В СОЕВ входят все средства измерений времени, используемые при синхронизации времени (электрические счетчики, УСПД, приемники сигнала точного времени), а также учитываются временные характеристики (задержки) линий связи между ними. СОЕВ «привязана» к единому календарному времени, соответствующего тому часовому поясу, в котором находится АСКУЭ. Синхронизацию времени осуществляет устройство синхронизации системного времени (УССВ). УССВ – это многофункциональное устройство, работающее в автоматическом режиме, которое выполняет синхронизацию и коррекцию времени от внешнего эталонного источника времени, поддержание (измерение) системного времени и синхронизацию времени программно-технических средств, входящих в АСКУЭ.

## 1.2. Цели создания АСКУЭ и решаемые задачи

Целями создания АСКУЭ являются:

- автоматизация сбора информации о потреблении электроэнергии абонентами и оперативного её предоставления контрагентам для решения технических, технико-экономических и статистических задач на всех уровнях управления энергетического хозяйства предприятия;
- снижение числа аварийных ситуаций и отклонений режимных параметров от допустимых в работе предприятия за счет мониторинга параметров электроснабжения и управления электроснабжением объектов;
- оптимизация затрат за счет мониторинга и управления электроснабжением, повышения точности и оперативности планирования электроснабжения;
- предоставление измеренных и рассчитанных данных в режиме реального времени эксплуатирующему персоналу;
- информационная поддержка оптимизации затрат;
- обеспечение финансовых расчетов на рынках электроэнергии;
- снижение коммерческих потерь;
- сокращение расходов на оплату труда и содержание контролеров для сетевых подразделений;

АСКУЭ должна обеспечивать:

- получение точной, привязанной к единому астрономическому времени, достоверной и легитимной информации о потреблении электроэнергии и мощности в границах балансовой принадлежности электрических сетей;
- периодическое измерение приращений активной электроэнергии и реактивной мощности на заданном интервале времени;
- периодический и по запросу автоматический сбор измеренных данных о приращениях электроэнергии с заданной дискретностью учета;
- объединение данных, полученных от счетчиков, в группы, автоматическое получение отчетов, нахождение объединенных максимумов мощности за произвольные отрезки времени, выведение результатов на печать с возможностью построения соответствующих графиков;
- хранение данных об измеренных величинах и служебной информации в специализированной базе данных, отвечающей требованию повышенной защищенности от потери информации и несанкционированного доступа;
- формирование актов, ведомостей и прочей отчетной документации по учету электроэнергии за различные периоды времени в определяемых заказчиком системы форматах;

- обеспечение защиты измерительных цепей и приборов учета, программного обеспечения и данных от несанкционированного доступа на аппаратном уровне посредством опломбирования, а также на программном уровне;
- диагностику, мониторинг и сбор статистики ошибок функционирования технических средств АСКУЭ;
- регистрацию, мониторинг событий в АСКУЭ на всех уровнях с предоставлением доступа к журналу событий на уровне ИВК (событий счетчиков, регламентных действий персонала, нарушений в системе информационной защиты, сбоев и др.);
- проведение финансовых расчетов за электроэнергию и мощность с субъектами рынка электроэнергии;
- проведение финансовых расчетов за электроэнергию с предприятиями и потребителями;
- расчет балансов электрической энергии по точкам поставки;
- определение стоимости и себестоимости передачи и распределения электроэнергии и мощности.

## 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ, ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ АСКУЭ

### 2.1. Устройства учета электроэнергии

*Счетчик электрической энергии* – это интегрирующий по времени прибор, измеряющий активную и (или) реактивную энергию. Исторически первыми возникли электромагнитные индукционные счетчики. Основными их узлами являлись электромагниты, алюминиевый диск на оси между ними, постоянный магнит и счетный механизм. Обмотка одного электромагнита была включена на напряжение сети, т.е. параллельно электроприемнику (обмотка напряжения). Обмотка другого электромагнита подключалась последовательно с электроприемником, через нее протекает полный ток нагрузки (токовая обмотка).

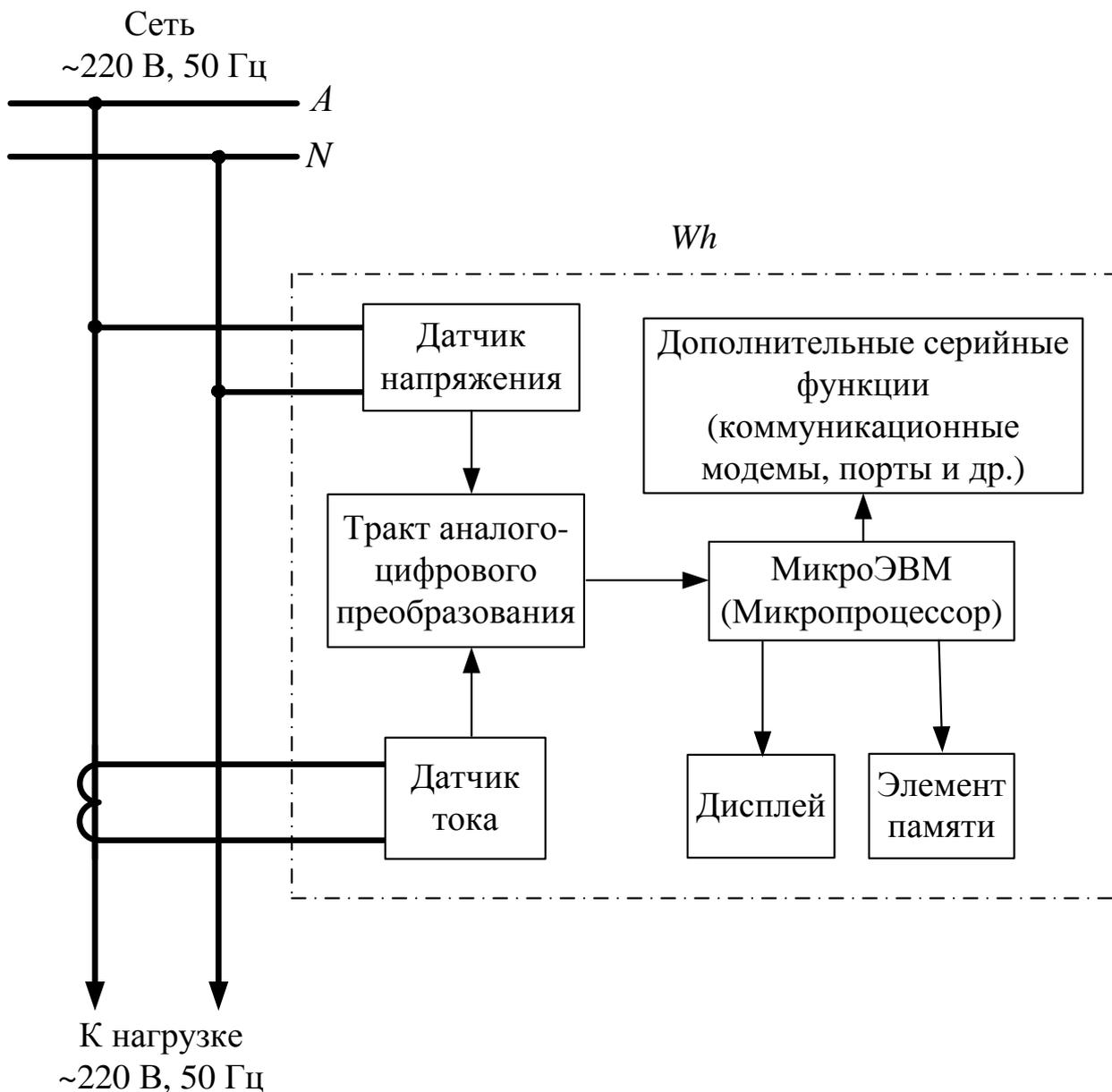
Электромагнитные счетчики имели существенные недостатки:

- низкая начальная точность показаний (класс прибора);
- наличие трущихся частей;
- быстрое снижение точности;
- необходимость замены трущихся частей;
- уязвимость к попыткам хищения электроэнергии;
- низкая точность в узлах учета с трансформаторами тока и напряжения.

С развитием электронных технологий появились счетчики учета расхода электроэнергии электронного типа (цифровые). Структурная схема цифрового счетчика электрической энергии приведена на рис. 2.1. Его основными элементами являются датчики тока и напряжения, тракт аналого-цифрового преобразования, микроЭВМ, кнопки управления и ввода информации, дисплей для отображения информации, элемент памяти. Рассмотрим принцип действия цифрового счетчика электроэнергии.

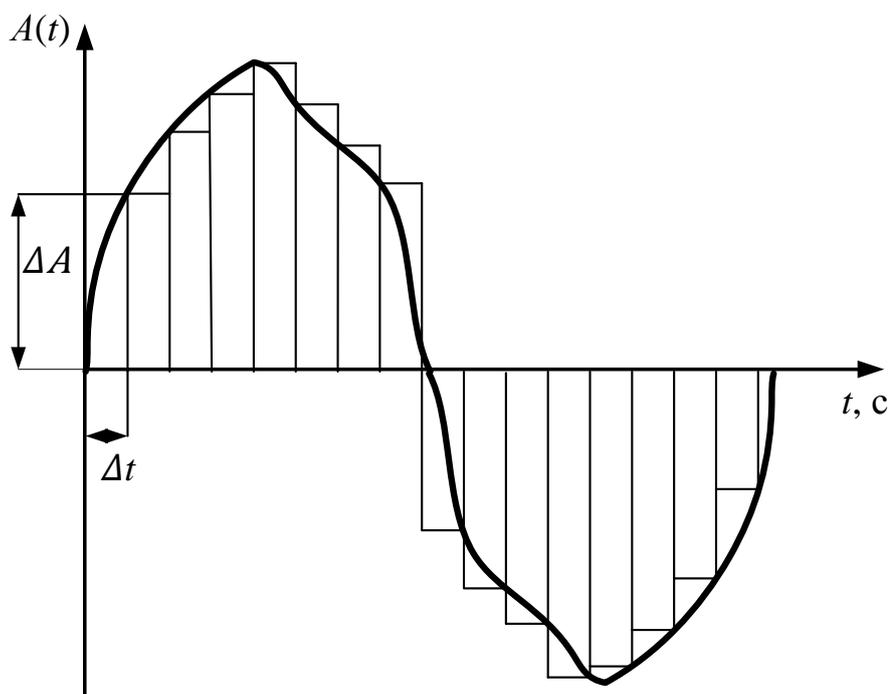
Сигналы (ток и напряжение), полученные от датчиков, поступают в тракт аналого-цифрового преобразования. Он включает в себя мультиплексор и собственно аналого-цифровой преобразователь (АЦП). В АЦП происходит преобразование мгновенного значения непрерывного входного сигнала в пропорциональное ему цифровое значение. На процессе этого преобразования остановимся подробнее.

Все реально существующие физические процессы описываются сигналами, которые непрерывно изменяются во времени и могут принимать любые значения (аналоговые сигналы). Дискретный (цифровой) сигнал может принимать лишь конечное множество значений и определен лишь для конкретных моментов времени.



**Рис. 2.1. Структурная схема цифрового счетчика электрической энергии**

Процесс перехода от аналогового сигнала к дискретному называется *дискретизацией* или *квантованием сигнала*. Дискретизация входного сигнала происходит с некоторым интервалом по уровню (вертикальной координатной оси) и по времени (горизонтальной координатной оси), т.е. непрерывный сигнал разбивается на промежутки и передается конкретная величина, а именно значение в каждой точке через  $\Delta A$  и  $\Delta t$  (рис. 2.2). Таким образом, процесс перехода от непрерывного сигнала к дискретному происходит с потерей некоторого количества информации.



**Рис. 2.2. Преобразование входного аналогового сигнала**

Характеристиками АЦП являются его разрядность и интервал дискретизации сигнала по времени  $\Delta t$  или частота выборок  $f_B = 1/\Delta t$ , или, если речь идет о периодических сигналах, количество выборок за период  $N = f_B T$ .

Чтобы первичный сигнал был восстановлен из своего дискретного представления с достаточно большой точностью, частота выборок должна вдвое превышать самую высокочастотную гармоническую составляющую входного сигнала, т.е.  $f_B \geq 2 f_{\max}$  или  $N \geq 2 f_{\max} T$ , где  $f_B$  – частота выборок;  $f_{\max}$  – частота самой высокой гармонической составляющей. Так же, при аналого-цифровом преобразовании из входного сигнала должны быть исключены все гармоники с частотой, более высокой, чем частота квантования.

*Разрядность АЦП* – это количество цифровых выходов, на которых появляется двоичное число, эквивалентное величине аналогового сигнала в данный момент времени. Это число имеет вид двоичных сигналов с двумя возможными уровнями, которые условно обозначаются как 0 и 1. В случае  $p$ -разрядного АЦП возможно отождествление нахождения сигнала в одном из  $m=2^p$  поддиапазонов (рис. 2.3). Таким образом, с ростом разрядности АЦП растет и точность измерений.

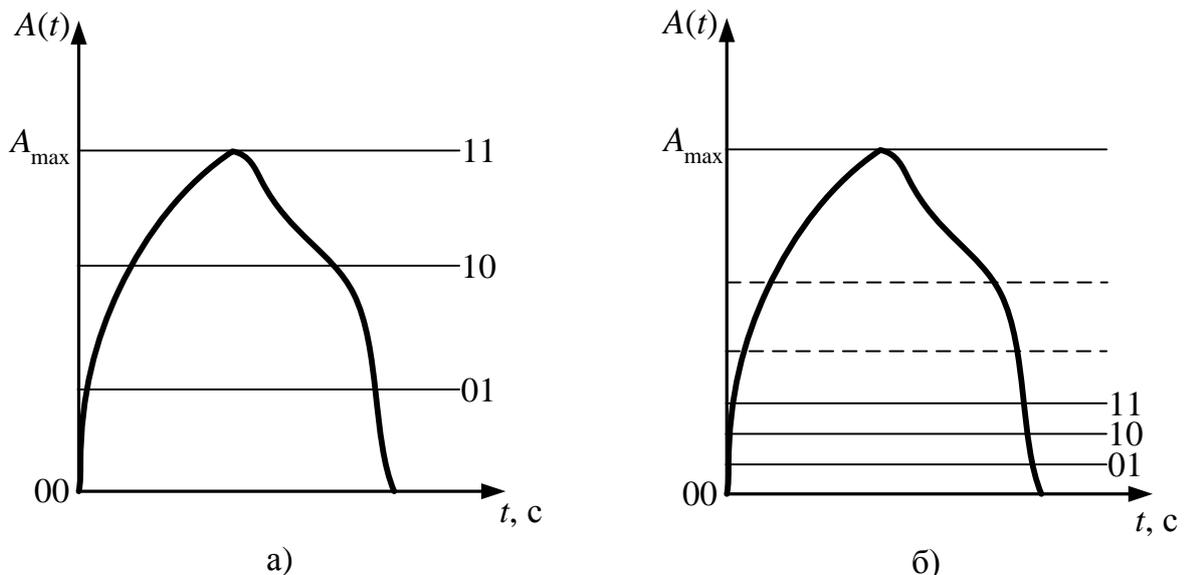


Рис. 2.3. Поддиапазоны двухразрядного (а) и  $p$ -разрядного (б) АЦП

По завершению преобразования уже цифровые сигналы, а именно - ток и напряжение, отправляется на микроЭВМ. Данное устройство перемножает их и получает мгновенную потребляемую мощность. Интегрирование мощности во времени дает нам информацию о величине энергии. Значение потребленной энергии выводится на дисплей и записывается на элемент памяти.

Основными достоинствами электронных счетчиков являются:

- высокая точность показаний;
- многофункциональность (тарифные зоны, предоплата, архивирование, календарь и др.);
- долговечность;
- адаптивность к автоматизированным системам учета энергоресурсов.

## 2.2. Концентраторы

*Сетевой концентратор (hub)* – устройство для объединения нескольких интеллектуальных устройств в общий сегмент, т.е. образующих разделяемую среду, независимо от типа реализуемого протокола.

Принцип его работы заключается в трансляции пакетов, поступающих на один из его портов, всем остальным портам (рис. 2.4). Таким образом, пакет, поступивший в сеть, будет отправлен всем остальным устройствам сети.



Рис. 2.4. Пример работы сети с концентратором

Концентратор не анализирует содержание пакетов информации или их заголовки, а просто копирует их. Основная его задача – это подключение новых устройств к сети и организация ее топологии.

Главным достоинством концентратора является простота реализации. Однако из-за того, что он просто копирует пакеты во все свои порты, в сети увеличивается вероятность возникновения коллизий, т.е. наложения двух и более кадров информации от передатчиков, которые пытаются передать кадр в один и тот же момент времени в коммуникационной сети коллективного доступа. Это может привести к снижению скорости передачи и времени доставки пакетов.

### 2.3. Коммутаторы

*Сетевой коммутатор (switch)*— устройство, предназначенное для соединения нескольких узлов компьютерной сети в пределах одного или нескольких сегментов сети. Коммутаторы были разработаны с использованием мостовых технологий и часто рассматриваются как многопортовые мосты.

В отличие от концентратора, коммутатор передает данные только непосредственно получателю (исключение составляет широковещательный трафик всем узлам сети и трафик для устройств, для которых неизве-

стен исходящий порт коммутатора). Это повышает производительность и безопасность сети, избавляя остальные ее сегменты от необходимости (и возможности) обрабатывать данные, им не предназначенные.

Коммутатор хранит в памяти (ассоциативной памяти) таблицу коммутации, в которой указывается соответствие сетевого адреса (MAC-адреса) узла порту коммутатора. Если на один из портов коммутатора поступит кадр, предназначенный для узла, MAC-адрес которого уже есть в таблице, то этот кадр будет передан только через порт, указанный в таблице. Если MAC-адрес узла-получателя не ассоциирован с каким-либо портом коммутатора, то кадр будет отправлен на все порты, за исключением того, с которого он был получен. Со временем коммутатор строит таблицу для всех активных MAC-адресов, в результате трафик локализуется. Следует отметить малую задержку и высокую скорость пересылки на каждом порту интерфейса.

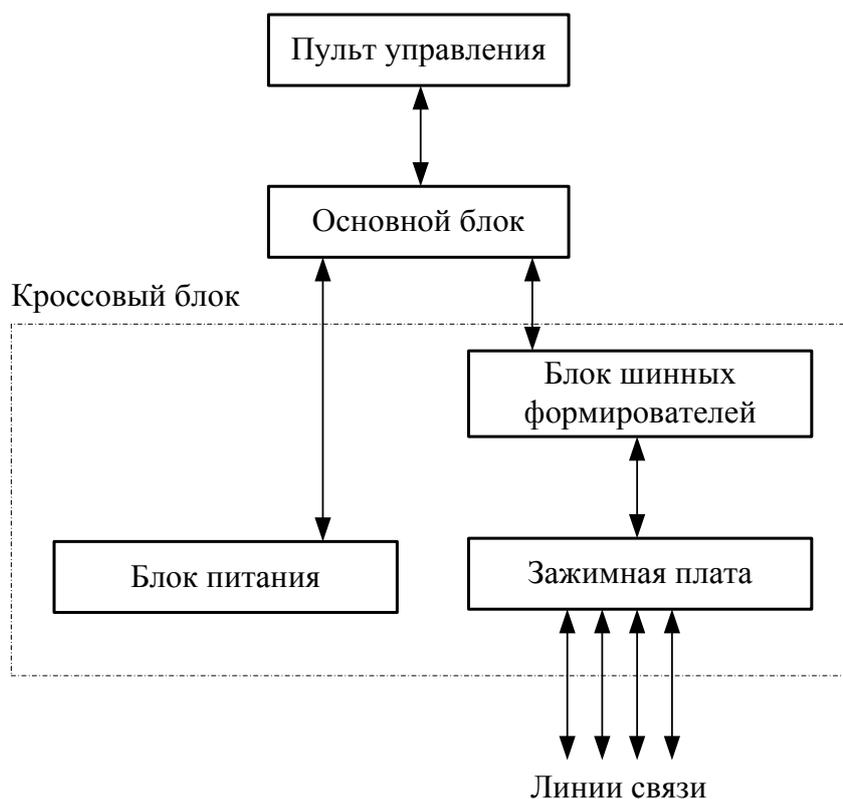
Для временного хранения фреймов и последующей их отправки по нужному адресу коммутатор может использовать буферизацию. Она может быть использована в случае, когда порт пункта назначения занят. *Буфером* называется область памяти, в которой коммутатор хранит передаваемые данные.

## 2.4. Устройства сбора и передачи данных

*Устройства сбора и передачи данных (УСПД)* – специализированное средство группового учета электроэнергии, используемое в АСКУЭ на среднем уровне. Применяют УСПД:

- для автоматического с программируемой периодичностью запроса и приема данных приборного учета от группы подключенных к нему по цифровым интерфейсам счетчиков;
- хранения, накопления и обработки этих данных учета, передачи их по каналу связи на верхний уровень, в центр сбора и обработки данных (ЦСОД) в соответствии с конкретными проектами АСКУЭ;
- передачи в обратном направлении служебных или иных данных, например, синхронизация часов электронных счетчиков.

Устройства сбора и передачи данных представляет собой специализированный микропроцессорный контроллер, состоящий из основного блока, пульта управления и кроссового блока. Структурная схема УСПД изображена на рис. 2.5.



**Рис. 2.5. Структурная схема УСПД**

Устройства сбора и передачи данных является цифровым устройством, работающим под управлением встроенного микропроцессора. Принцип работы УСПД основан на преобразовании сигналов измерительной информации (о значениях физических величин) в значения физических параметров, расчете мгновенных и интегральных значений параметров и хранении измеренной и расчетной информации в архивах.

Пульт управления имеет в своем составе ЖК-индикатор и клавиатуру, предназначен для ввода и отображения информации УСПД.

В состав основного блока входят:

- микроконтроллер (микропроцессор);
- буфер адреса и буфер данных;
- статическое ОЗУ;
- часы реального времени;
- ПЗУ.

Рабочий цикл функционирования УСПД представляет собой последовательность операций:

- измерение значений электрических сигналов измерительной информации, поступающей на входы измерительных каналов;
- обработка и преобразование измерительной информации в расчетные и промежуточные величины;
- определение интегральных (средних) значений параметров;

- периодическое архивирование информации;
- тестирование работоспособности УСПД;
- выдача управляющих сигналов по результатам обработки информации или выдача сообщений о происходящих событиях;
- взаимодействие по линиям связи с центром сбора данных;
- опрос цифровых счетчиков электроэнергии (по каналам *RS-485*).

Обработка измерительной информации осуществляется по заданным алгоритмам.

Устройства сбора и передачи данных обеспечивает периодическую синхронизацию времени от сервера центра сбора информации как в самом УСПД (при каждом запросе данных), так и в счетчиках, обслуживаемых им. Корректировка времени счетчиков производится обязательно один раз в сутки на величину не более 2 мин. Синхронизация времени в счетчиках происходит в случае, когда расхождение текущего времени счетчика и времени УСПД превысит 1 с.

## 3. ХАРАКТЕРИСТИКА КОММУНИКАЦИОННЫХ ТОПОЛОГИЙ И ПРИМЕНЯЕМЫХ В АСКУЭ ТЕХНОЛОГИЙ

### 3.1. Общая характеристика коммуникационных топологий

Неотъемлемой частью любой автоматизированной системы являются коммуникационные линии, связывающие все ее компоненты для организации передачи полезной информации персоналу.

В общем случае система связи состоит из передатчика, приемника и канала коммуникаций. Тип среды передачи информации и сетевые топологии предоставляют различные возможности по скорости, безопасности, надежности и чувствительности организации систем технологического управления. Существует несколько типов коммуникационных сред, проводные, радиосистемы, волоконно-оптические и др.

*Топология сети* – это компоновка, структура, физическое расположение всех узлов сети (рабочих станций, серверов, коммуникационного оборудования) и способ соединения их линий связи. Среди топологий следует различать физическую и логическую. Физическая топология коммуникационной сети отображает схему соединения сетевых элементов. Логическая топология показывает, как по ней передается информация.

В коммуникационных сетях широкое распространение получили следующие физические топологии:

- шина (*bus*);
- звезда (*star*);
- кольцо (*ring*);
- полносвязная топология (*mesh topology*).

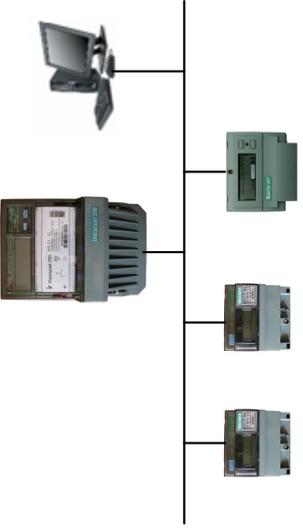
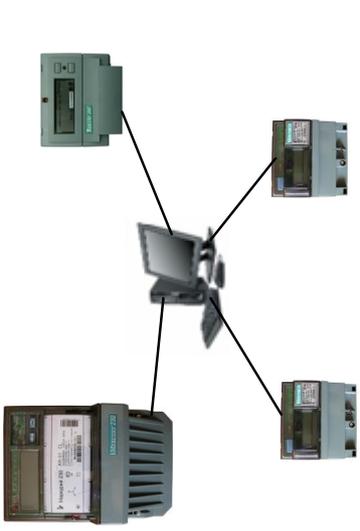
Сравнительный анализ этих топологий приведен в табл. 3.1.

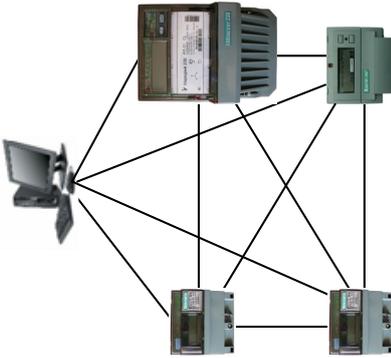
В крупных сетях можно встретить совокупность нескольких физических топологий. Рассмотрим некоторые из них, например, каскадная топология «звезда» приведенная на рис. 3.1

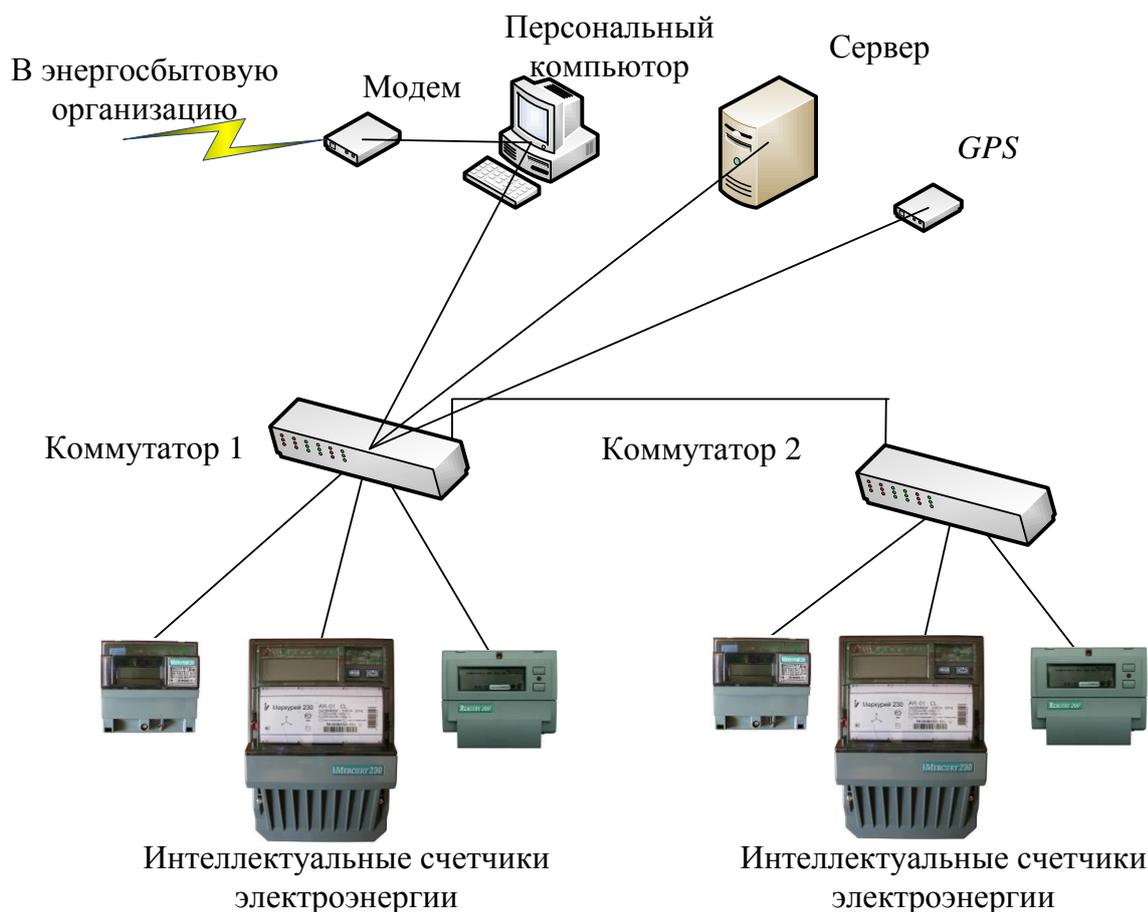
Каскадная сеть обычно представляет собой совокупность коммутаторов (концентраторов), подключенных последовательно посредством одного или нескольких соединений между двумя соседними. По мере добавления в такую сеть новых устройств падает ее производительность, растет риск запаздывания пакетов данных и ее перегрузки.

Таблица 3.1

Сравнение различных коммуникационных топологий

Топология	Краткое описание	Графическое изображения	Достоинства	Недостатки
Шина	Представляет собой один канал связи, проходящей по всей системе и служащей для подключения узлов		<ul style="list-style-type: none"> <li>- при выходе из строя любого узла сеть продолжает функционировать;</li> <li>- легко добавлять и исключать узлы;</li> <li>- экономия расхода кабеля</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- при выходе из строя любого узла сеть продолжает функционировать;</li> <li>- легко добавлять и исключать узлы;</li> <li>- экономия расхода кабеля</li> </ul>
Звезда	Состоит из нескольких устройств, соединенных с общим узлом сбора информации		<ul style="list-style-type: none"> <li>- легко добавлять и удалять узлы;</li> <li>- простота управления и мониторинга;</li> <li>- выход из строя одного узла (кроме узла сбора информации) не влияет на работоспособность системы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- надежность работы всей системы зависит от функционирования центрального устройства сбора информации</li> </ul>

Топология	Краткое описание	Графическое изображения	Достоинства	Недостатки
Кольцо	Устройства с помощью каналов связи замыкаются в кольцо. Сигналы передаются в одном направлении от узла к узлу		<ul style="list-style-type: none"> <li>– передаваемый сигнал регенерируется в каждом узле;</li> <li>– могут быть покрыты большие расстояния</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– при выходе из строя любого нарушается работа всей системы (если не предусмотрен обход такого узла)</li> </ul>
Полносвязная топология	Каждое устройство сети связано со всеми остальными		<ul style="list-style-type: none"> <li>– при выходе из строя любого узла сеть продолжает функционировать</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– каждое устройство должно иметь большое количество коммуникационных портов;</li> <li>– для каждой пары устройств должна быть выделена отдельная линия связи</li> </ul>



**Рис. 3.1. Структурная схема сети построенной на основе каскадной топологии «звезда»**

Логическая топология сети определяет, как узлы общаются через среду, т. е. как обеспечивается управление доступом к среде. Наиболее известные логические топологии:

- «точка-точка» (*point-to-point*);
- множественного доступа (*multi access*);
- широковещательная (*broadcast*);
- маркерная (*token passing*).

Логическая топология «точка-точка» обеспечивает передачу данных от одного узла до другого независимо от промежуточных устройств между ними.

Топология множественного доступа характерна для *Ethernet*-сетей, реализованных на многопортовых повторителях (*hub*). Доступ к разделяемой общей шине имеют все узлы, но в каждый момент времени передавать данные может только один узел. При этом остальные узлы могут только «слушать» среду.

Использование широковещательной топологии определяет, что каждый узел посылает свои данные всем остальным узлам сетевой среды. При этом неизвестно, какие станции функционируют.

Маркерная логическая топология, как и топология множественного доступа, реализует разделение общей среды. Однако, если в топологии множественного доступа *Ethernet*-сетей доступ к среде случайный (недетерминированный), то в маркерной топологии доступ к среде детерминированный. Электронный маркер (*token*) последовательно передается каждому узлу обычно по кольцу. Узел, получивший маркер, может передавать данные в сеть. Если в узле нет данных для передачи, то он передает маркер следующему узлу, и процесс повторяется.

Физическая и логическая топологии сети могут совпадать или отличаться. Например, сетевая технология *Ethernet* может иметь концентраторы (*hub*) и кабель «витая пара». Таким образом, физически реализуется топология «звезда», так как все узлы подключены к центральному устройству – концентратору (*hub*). Логическая топология – «шина», поскольку внутри концентратора все узлы подсоединены к общей магистрали.

### **3.2. Физически реализуемые коммуникационные протоколы**

*Коммуникационные протоколы* представляют собой свод правил, с помощью которых обеспечивается передача информации внутри сети. Они функционально реализуют возможности управления сетью, устанавливают правила представления информации, коммуникационных сигналов, а также принципы обнаружения ошибок и аутентификации (установление подлинности) устройств в сети.

Обязанность производителей цифровых устройств автоматизации и управления электроснабжением – строго соблюдать требования коммуникационных протоколов.

Ассоциацией производителей электроники были введены протоколы *RS 232*, *RS 422*, *RS 423*, *RS 485* и *CAN*.

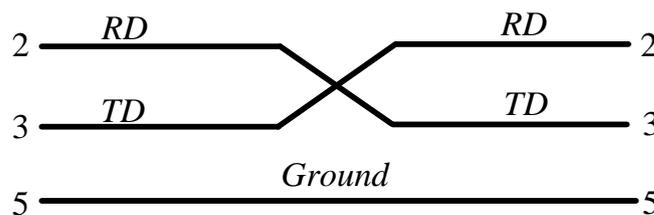
#### *Протокол RS 232*

*RS-232* (*recommended standard* – рекомендованный стандарт, 232 – номер стандарта) – название стандарта, описывающего протокол для соединения компьютера и устройства передачи данных.

Протокол *RS-232* обеспечивает соединение двух устройств. Первое называется *DTE* (*Data Terminal Equipment*) – ООД (оконченное оборудование данных). ООД – это оборудование, преобразующее пользовательскую информацию в данные для передачи по линии связи и осуществля-

ющее обратное преобразование. Второе называется *DCE* (*Data Communication Equipment*) – ОПД (оборудование передачи данных). ОПД – это устройства, обеспечивающие организацию и разрыв соединений, а также управления ими для передачи данных. Как правило, *DTE* – это компьютер, а *DCE* – это модем, хотя *RS-232* используется для подключения к компьютеру периферийных устройств (мышь, принтер), и для соединения с другим компьютером или контроллером.

Для соединения устройств *DTE* и *DCE* нужен кабель «контакт в контакт». Для соединения двух *DTE*-устройств используют так называемые нуль-модемные кабели, в которых провода «перекрещиваются» в соответствии с назначением сигналов. На практике перед распайкой кабеля всегда следует разобраться с документацией на оба соединяемых устройства. Для соединения многих устройств достаточно минимального набора цепей интерфейса *RS-232*: *RD* (принимаемые данные), *TD* (передаваемые данные) и *Signal Ground* (общий). На рис. 3.2 показана схема кабеля для соединения ПЭВМ и контроллера на соединителях *DB9*. Остальные цепи интерфейса в данном подключении не используются.



**Рис. 3.2.** Схема кабеля для соединения ПЭВМ и контроллера на соединителях *DB9*

Стандарт определяет максимальную длину кабеля в 15 м при скорости 9600 бит/с. При понижении указанной скорости вдвое предельная длина вдвое возрастает. Рекомендуется использовать кабели на основе витой пары, где каждый из сигнальных проводов свит с общим проводом.

Все сигналы в интерфейсе потенциальные с номинальными уровнями +12 В и -12 В относительно общего провода (*Signal Ground*). Логической единице соответствует уровень -12 В, логическому нулю соответствует +12 В.

*RS-232* называют *последовательным интерфейсом*, потому что поток данных передается по одному проводу бит за битом. В отсутствие передачи данных линия находится в состоянии логической единицы. Скорость передачи данных стандартом не нормируется. В основном используется асинхронный режим работы, при котором данные передаются фреймами (кадрами). Каждый фрейм состоит из стартового бита, битов данных, бита контроля четности (может отсутствовать), стопового бита.

Передача битов байта данных осуществляются с младшего бита. Стартовый бит всегда идет уровнем логического нуля, стоповый – единицей. Состояние бита паритета определяется настройкой передатчика.

Передача информации с помощью протокола *RS-232* может осуществляться в трех режимах:

- симплексным (одно устройство выступает передатчиком, а другое – приемником, информация поступает однонаправленно от передатчика);
- полудуплексным (любое из устройств может выступать и передатчиком и приемником, но не в одно и тоже время);
- полным дуплексным (любое из устройств может одновременно и передавать, и принимать данные).

### *Протокол RS-485*

*RS-485* – название популярного протокола, используемого в промышленных АСУ ТП для соединения контроллеров и другого оборудования. Принцип работы протокола в целом схож с *RS-232*. Главное его отличие – возможность объединения нескольких устройств.

Протокол *RS-485* использует для передачи информации одну двухпроводную линию связи. Режим передачи – полудуплексный. Скорость передачи данных доходит до 10 Мбит/с. Максимальная дальность зависит от скорости: при 10 Мбит/с максимальная длина линии – 120 м, при 100 кбит/с – 1200 м. Количество устройств, подключаемых к одной линии интерфейса, зависит от типа примененных в устройстве приемопередатчиков. Один передатчик рассчитан на управление 32 приемниками.

Для передачи байтов данных используются те же фреймы, что и в *RS-232*. Протоколы обмена работают по принципу «ведущий»-«ведомый». Одно устройство на магистрали является ведущим (*master*) и инициирует обмен посылкой запросов подчиненным устройствам (*slave*), которые различаются логическими адресами.

В качестве среды используют кабель на основе витой пары. В условиях повышенных внешних помех применяют кабели с экранированной витой парой, при этом экран кабеля соединяют с защитной «землей» устройства. Сеть должна быть проложена по топологии «шина без ответвлений».

Интерфейс *RS-485* использует балансную (дифференциальную) схему передачи сигнала. Это означает, что уровни напряжений на сигнальных цепях А и В меняются в противофазе (рис. 3.3).

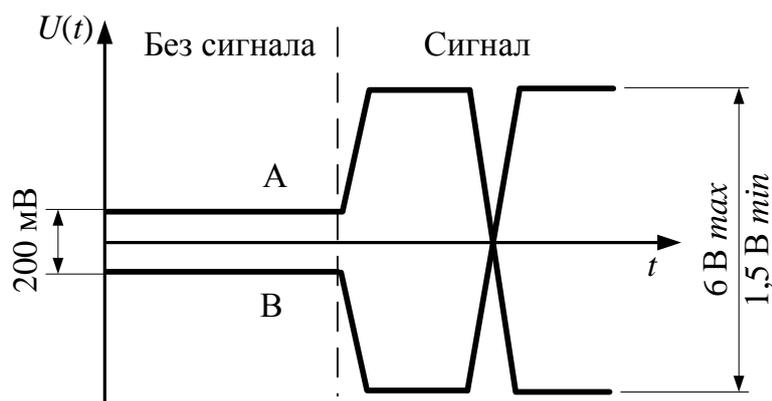


Рис. 3.3. Уровни напряжения в сигнальных цепях интерфейса RS-485

Передатчик должен обеспечивать уровень сигнала 1,5 В при максимальной нагрузке (32 стандартных входа и 2 терминальных резистора) и не более 6 В на холостом ходу. Уровни напряжений измеряют дифференциально - один сигнальный провод относительно другого. На стороне приемника RS-485 минимальный уровень принимаемого сигнала должен быть не менее 200 мВ.

Протокол RS-485 способен работать в двух режимах: персонифицированном (*Unicast*) и широковещательном (*Broadcast*).

В режиме *Unicast* (рис. 3.4) *Master* посылает команду запроса только одному *Slave* устройству. *Master* будет ожидать до тех пор, пока не получит ответа или прекратит ожидание после истечения определенного интервала времени. Такой режим может быть использован для опроса счетчиков электроэнергии или при конфигурировании одного счетчика.

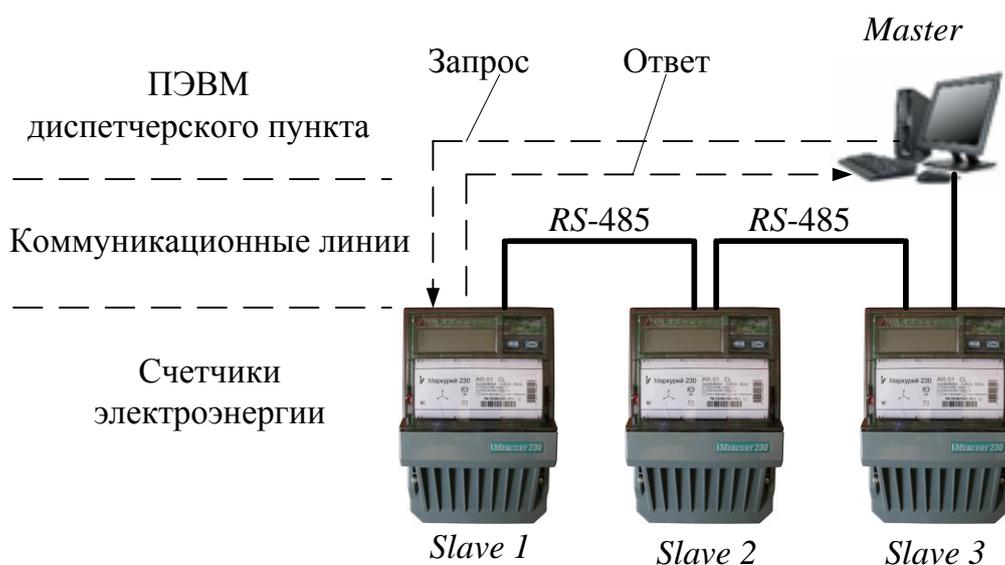


Рис. 3.4. Реализация протокола RS 485 в режиме Unicast

В режиме *Broadcast* (рис. 3.5) запрос посылается всем *Slave* устройствам, при этом не ожидается ответа от них. Это может быть команда, от-

правленная всем счетчикам, например, для синхронизации внутреннего времени приборов учета.

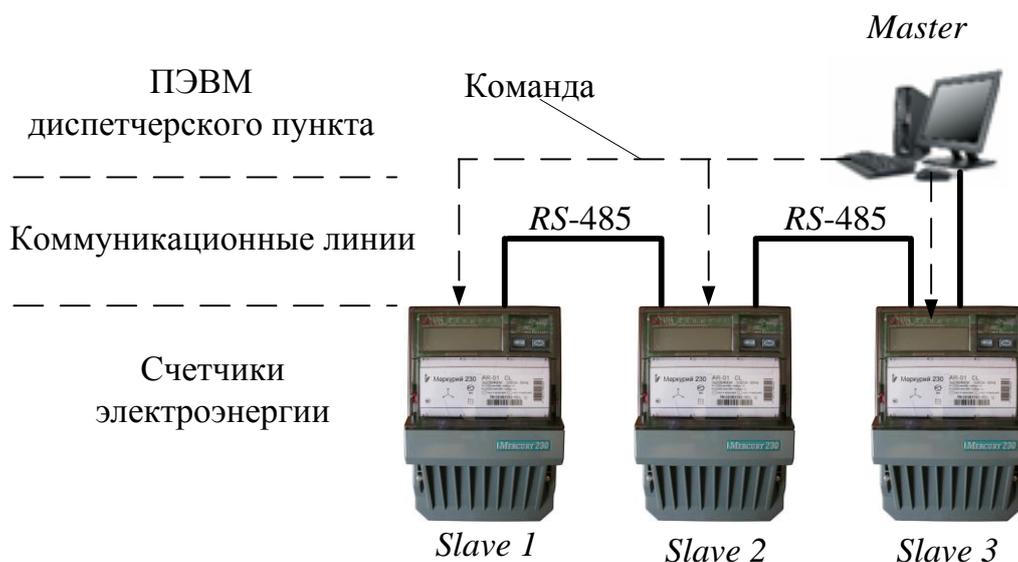


Рис. 3.5. Реализация протокола RS 485 в режиме *Broadcast*

### Протокол CAN

Протокол *CAN* (*Control Area Network* – область, охваченная сетью контроллеров) – комплекс стандартов для построения распределенных промышленных сетей, использующий последовательную передачу данных в реальном времени с очень высокой степенью надежности и защищенности.

Для осуществления связи по *CAN* протоколу применяются те же самые коммуникации, разъемы и режимы, что и у *RS-485*. Основное отличие протокола *CAN* в том, что он обеспечивает все необходимые механизмы для адресации пакетов данных (сообщений), предотвращения коллизий, обнаружения ошибок в переданных данных, автоматического повтора передачи поврежденных сообщений, обеспечения целостности данных во всех узлах сети.

В отличие от *RS-485*, *CAN* оперирует со стандартизированным форматом телеграммы, который, кроме 0-8 байтовых данных, также содержит контрольную информацию для адресации и целостности данных (проверка *CRC*). Пользователь только определяет идентификатор сообщения и полезные данные, все остальное добавляется *CAN* контроллером (это микросхема или внутренний модуль контроллера). Каждое *CAN* сообщение имеет собственный приоритет, определяемый этим идентификатором. Сообщения с более высоким приоритетом рассматриваются *CAN* контроллером как более предпочтительные для передачи и передаются прежде, чем сообщения с более низким приоритетом.

В протоколе CAN реализован усовершенствованный механизм управления обработкой ошибок. Если сообщение было получено узлом неправильно, телеграмма «разрушается» получателем с помощью кадра ошибок и помечается как «недействительное» для всех узлов. Это действие инициирует автоматическую реакцию в CAN контроллере – повторить процесс передачи. Процедура гарантирует получение всеми узлами только «действительных» сообщений. Узлы, повторно передающие некорректные данные, автоматически отключаются от взаимодействия в CAN шине.

Все эти совместно выполняемы меры (короткие сообщения, дифференциальная передача, обнаружение ошибок и их устранение, отключение неисправных узлов) делают CAN отказоустойчивой, защищенной и надежной сетью.

### 3.3. Технология PLC

PLC (*Power Line Communication* – связь через линии электропередачи) – технология передачи информации по существующим сетям электропитания, которая обеспечивает не только питание электронных устройств, но и управление/получение данных в полудуплексном режиме.

Технологию PLC можно разделить на два вида – узкополосную и широкополосную. В табл. 3.2 приведена их классификация по скорости.

Таблица 3.2

Классификация PLC-технологий по скорости передачи данных

Скорость передачи данных	Низкая скорость	Средняя скорость	Высокая скорость
	0-10 Кбит/с	10 Кбит/с – 1 Мбит/с	> 1 Мбит/с
Модуляция	<i>BPSK, FSK, SFSK, QAM</i>	<i>PSK + OFDM</i>	<i>PSK+OFDM</i>
Стандарты	<i>IEC 61334, ANSI/EIA 709.1. .2, UPB</i>	<i>PRIME, G3, P1901.2</i>	<i>Ghn, IEEE 1901</i>
Диапазон частот	До 500 кГц	До 500 кГц	Единицы МГц
Приложения	Управление и контроль	Управление и контроль; голосовые данные	Широкополосная передача данных по электросети; домашние сети

Узкополосная технология PLC применяется на частотах 3–500 кГц, характеризуется относительно невысокими скоростями передачи данных (до 100 Кбит/с) и достаточно большим радиусом действия (до нескольких

километров), который увеличивается за счет повторителей. Интерес к этой технологии растет, благодаря ее применению в интеллектуальных энергосетях. Этот вид *PLC* также используется в интеллектуальных системах генерации, в частности, в микроинверторах для панелей солнечных батарей.

Широкополосная *PLC* применяется на более высоких частотах (1,8–250 МГц до 100 Мбит/с) и работает на относительно небольших расстояниях. Поскольку этот вид *PLC* обеспечивает высокие скорости передачи данных и не требует дополнительной прокладки кабелей, эта связь наиболее эффективна для мультимедийных бытовых приложений.

В *PLC*, как и в любой другой технологии связи, передаваемые данные модулируются и отправляются приемнику адресата, где демодулируются. Основой технологии *PLC* является использование частотного разделения сигнала, при котором высокоскоростной поток данных разбивается на несколько относительно низкоскоростных потоков, каждый из которых передается на отдельной поднесущей частоте с последующим их объединением в один сигнал.

В *PLC*-связи используется множество схем модуляции. К наиболее известным из них относятся *OFDM* (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), *BPSK* (*Binary Phase Shift Keying*), *FSK* (*Frequency Shift Keying*), *S-FSK* (*Spread-FSK*), а также запатентованные схемы, например, *DCSK* (*Differential Code Shift Keying*) компании *Yitran*. В табл. 3.3 перечисленные схемы сравниваются по двум основным критериям — эффективности использования полосы частот и стоимости.

Таблица 3.3

### Сравнение схем модуляции

Схема модуляции	Эффективность использования	Стоимость
<i>BPSK</i>	Средняя	Низкая
<i>FSK</i>	Средняя	Низкая
<i>SFSK</i>	Низкая	Средняя
<i>OFDM</i>	Высокая	Высокая

Для реализации надежной связи и технологической совместимости, в первую очередь, для интеллектуальных сетей электропитания и домашних сетей было разработано немало стандартов. Их параметры сведены в табл. 3.4. Однако принятия единого во всем мире *PLC*-стандарта еще не произошло. Этим вопросом занимается в настоящее время рабочая группа *IEEE 1901.2*. До сих пор наиболее надежным считается стандарт *G3-PLC*.

Таблица 3.4

### Параметры стандартов для узкополосной PLC-связи

Стандарт	Технология	Полоса частот, кГц	Скорость передачи, Кбит/с
<i>G3-PLC</i>	<i>OFDM</i>	36-90,6	5,6-45
<i>PRIME</i>	<i>OFDM</i>	42-89	21,4-128,6
<i>IEEE P1901.2</i>	<i>OFDM</i>	9-500	ожидается
<i>ANSI/EIA 709.1. .2</i>	<i>BPSK</i>	86-131	3,6-5,4
<i>KNX</i>	<i>SFSK</i>	125-140	1,2
<i>IEC61334</i>	<i>SFSK</i>	<i>CENELEC-A</i>	2,4

К недостаткам технологии *PLC* относятся следующие:

- сети электропитания не приспособлены под передачу данных и ведут себя как низкочастотные фильтры. Моделирование каналов связи по таким линиям осложнено зашумленной средой передачи, частотной избирательностью каналов, нестационарностью, флуктуационным шумом и импульсными помехами. Для сохранения целостности сигнала по линиям электропередачи требуются надежные технологии передачи данных и оборудование;
- структура сети электропитания в различных странах разная. То же самое относится и к проводке внутри дома. Не существует универсального стандарта ни для *PLC*-связи, ни для энергосетей. Необходимо предпринять меры по обеспечению совместимости разных устройств;
- при отправке информации личного характера по сетям электропередачи требуется обеспечить ее защищенность.

### 3.4. Технология *Ethernet*

Технологии *Ethernet* эволюционировали от *CSMA/CD* механизма (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection* – множественный доступ с обнаружением коллизий) до современных коммутируемых сетей, в которых практически отсутствуют коллизии. Устройства коммутируемого *Ethernet* используются отдельно, новая технология коммуникаций интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ) направлена на уменьшение и устранение коллизий.

*Ethernet*-коммутатор имеет несколько портов. Каждый порт *Ethernet* подключается к ИЭУ и образует небольшой сегмент сети. Такая конфигурация обеспечивает равенство между несколькими устройствами. Основная функция *Ethernet*-коммутатора – установление прямого сообщения между отправителем и получателем информации, основанное на контроле

адреса. Механизмы переключения в современных локальных сетях ускоряют передачу данных и делают возможной достижение скорости до нескольких гигабит в секунду. С использованием витой пары и оптоволоконного кабеля, которые разделяют передаваемый и принимаемый трафик, в современной коммутируемой локальной сети LAN возможно создать полный дуплекс без коллизий коммуникационной среды. Кроме того, перспективные технологии позволяют реализовать коммуникационный протокол с детерминированным (не превышающим заданное значение) временем передачи для реализации критически важных задач управления в реальном масштабе времени.

Коммутатор *Ethernet* представляет собой быстродействующий переключатель с малым временем задержки и обработкой всех сообщений, полученных или переданных каждым портом. Когда происходят задержки времени, вводят дополнительные переключения (в очереди ожидания), при этом реализуется промежуточное хранение в памяти сообщений с последующей рассылкой. Если сообщение должно пройти несколько сетевых коммутаторов, чтобы достичь места назначения, то общее время передачи в наихудшем случае складывается из задержек каждого из коммутаторов.

### 3.5. Радиотехнологии

Отметим отличия между беспроводными и проводными коммуникационными технологиями.

Преимущества проводных технологий:

- более высокая скорость передачи (пропускная способность) до 1-10 Гбит/с;
- малые задержки в системе коммуникаций;
- сравнительно высокая защищенность.

Недостатки проводных технологий:

- существует возможность повреждения или обрыва кабеля. В случае подземных коммуникаций точек восстановления повреждения может быть сложным, дорогостоящим и занять много времени;
- плохое соединение приводит к помехам или прерывистой связи;
- возможность перехвата сообщений (подслушивания) на металлических приводах;
- трудно изменить конфигурацию сети связи из-за неподвижности объектов;
- металлические провода чувствительны к выносу потенциала на подстанциях.

Преимущества беспроводных технологий:

- дешевле и быстрее проводных систем при развертывании;
- простота установки благодаря беспроводной связи;
- портативны, оборудование легко может быть перемещено на другой объект;
- беспроводное оборудование может автоматически подключаться к имеющейся беспроводной сети с обеспечением требований безопасности и доступа;
- менее чувствительны к выносу потенциала земли.

Недостатки беспроводных технологий:

- влияние электромагнитных помех и сторонних излучений;
- ниже скорость передачи данных (54-160 Мбит/с);
- меньшая канальная надежность/доступность;
- проблемы кибербезопасности из-за использования радиоэфира.

Рассмотрим две перспективные беспроводные технологии, применяемые в автоматизации учета энергоресурсов.

### *Сотовая связь*

Сотовая связь GSM (*Global System for Mobile Communications*) технологии 3G/4G (третьего/четвёртого поколения) функционирует в частотных диапазонах 824-894 МГц, 1900 МГц. Это лицензируемые диапазоны частот. Скорость передачи данных обеспечивается в пределах от 60 кбит/с до 300 Мбит/с, а расстояние определяется размещением базовых станций сотовой связи. Топология сети сотовой связи формируется размещением базовых станций, включающих маломощные передатчики. Мобильное устройство, имеющее сотовый модем, имеет возможность обмена информацией путем непрерывной передачи данных от соты к соте. Таким образом, организуется соединение «точка-точка». Эта технология покрывает большие территории и не требует значительных затрат на создание системы сбора информации. Рисунок 3.6 иллюстрирует один из возможных вариантов организации системы коммерческого учета электроэнергии с помощью сотовых технологий.

Преимущество технологии состоит в том, что используется уже существующая инфраструктура. Следует отметить постоянное повышение скорости передачи данных мобильной связи. К основным особенностям коммуникаций с использованием сотовой связи можно отнести:

- установление соединения занимает неопределенное время;
- звонки абонентов могут повлиять на скорость передачи информации и разрыв соединения;

- стоимость абонентской платы и цена организации присоединения к системам сотовой связи не высока, однако организация множества коммуникационных каналов в пределах небольших территорий становится невыгодной.

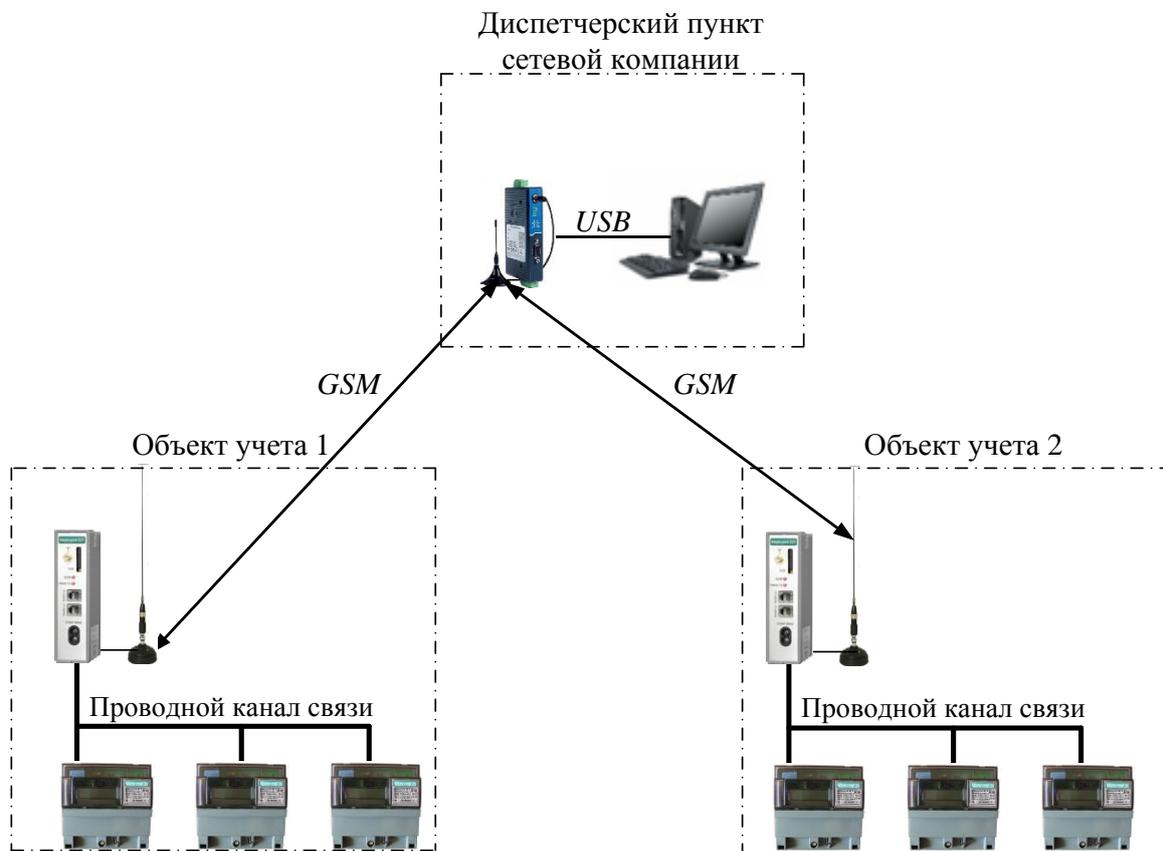


Рис. 3.6. Пример реализации системы коммерческого учета электроэнергии

### Технология Zig Bee

*Zig Bee* является надежной, экономически эффективной технологией передачи данных для домашних сетей, разработанной альянсом *Zig Bee Alliance* на основе мировых протоколов. Она совместима со стандартом *IEEE 802.15.4* и работает в лицензируемых диапазонах частотой 868 МГц, 915 МГц и 2,4 ГГц.

Достижимая скорость передачи данных – 20 – 250 кбит/с на расстоянии 10 – 100 м. *Zig Bee* поддерживает топологии «звезда», «дерево» и другие, причем скорость передачи данных существенно зависит от выбранной топологии. В технологии *Zig Bee* применяется 128-битное *AES* шифрование для безопасности коммуникаций. *Zig Bee* широко применяется для автоматизации зданий, их систем безопасности, удаленного управления и измерения.

## 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### 4.1. Общие положения

Практические работы по теме «Автоматизированная система контроля и учета электроэнергии» выполняются на стенде с применением персонального компьютера (ПК), на котором установлено специальное программное обеспечение. В процессе выполнения лабораторной работы изучаются способы дистанционного сбора данных о потребляемой электроприемниками электроэнергии. В данной работе рассматриваются следующие вопросы:

- оборудование, обеспечивающее передачу, сбор и хранение информации;
- коммуникационные технологии, их характеристики и особенности;
- программное обеспечение (ПО) АСКУЭ для сбора, обработки и визуализации полученной информации.

Все опыты, входящие в лабораторную работу, имеют схожую структуру. К комплексной нагрузке подключены несколько счетчиков электрической энергии «Меркурий», различия между которыми обусловлены их типом и способом передачи данных. ПК моделирует диспетчерский пункт сбытовой компании или АРМ на объекте, где установлена АСКУЭ. От диспетчерского пункта (АРМа) посылается запрос на информацию о количестве потребленной энергии, а также ее параметрах (ток, напряжение, мощность и др.). После отправки запроса информация от счетчиков передается на устройство сбора и передачи данных (УСПД), которое осуществляет функцию ее объединения по данному энергообъекту. Далее полученные данные от УСПД по проводному или беспроводному каналу передаются на диспетчерский пункт и выводятся на экран ПК. Более подробно о структуре каждого опыта изложено в п. 4.4.

### 4.2. Описание лабораторного стенда и рекомендации по сборке схем

Лабораторный стенд представляет собой набор различных по своим функциям блоков, вставленных в раму двух специальных лабораторных столов. Их расположение в первом столе показано на рис. 4.1, во втором — на рис. 4.2. Общее число блоков — 12 шт. Наименование, тип, параметры блоков сведены в табл. 4.1. В соответствии с электрической схемой лабораторного опыта, клеммы блоков переключаются проводами. Чертежи схем соединения приведены в п. 4.4.

Сборка схемы осуществляется проводами двух типов: силовые на 230 В и интерфейсные на 5 В. Интерфейсные провода создают каналы связи для передачи информации по CAN-интерфейсу. Они имеют более тонкое сечение, чем силовые, и два типа расцветки, в соответствии с которой происходит их подключение: красные к клеммам «+», синие к клеммам «-». Что же касается проводов силовой цепи, то имеются три типа расцветки: красные, черные и желто-зеленые. Красные рекомендуется использовать для сборки основной цепи, черные – для выделения в схеме нулевого проводника (N), желто-зеленые – чтобы соединить все гнезда PE стенда с PE-проводником источника питания. В составе стенда имеются проводники интерфейса RS-485, используемые для обмена информацией между концентраторами УСПД и GSM-шлюзом, и блок питания для CAN-интерфейса. Для создания более надежного канала GSM-связи к GSM-шлюзу подключена антенна. Передача данных от УСПД или GSM-модема до ПК осуществляется по USB-проводам.

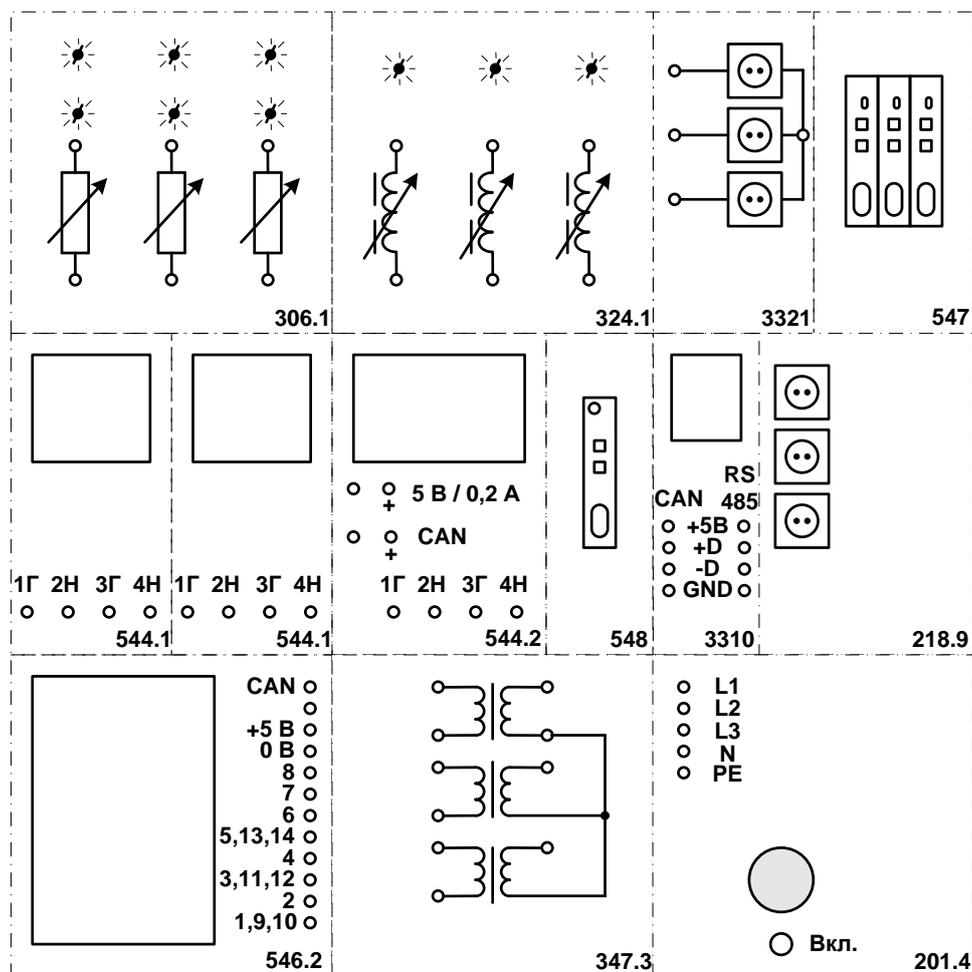
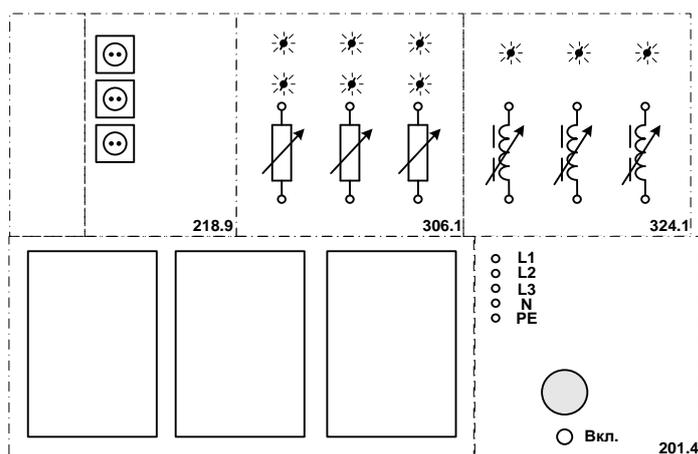


Рис. 4.1. Расположение функциональных блоков в раме первого лабораторного стола



**Рис. 4.2. Расположение функциональных блоков стенда в раме второго лабораторного стола**

**Таблица 4.1**

**Характеристики блоков стенда**

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
1	2	3	4
A1	Трехфазная трансформаторная группа	347.3	3 x 80 В·А; 242, 235, 230, 126, 220, 133, 127 В/ 230 В (звезда)
A2, A14	Активная нагрузка	306.1	220/380 В; 50 Гц 3×50 Вт;
A3, A15	Индуктивная нагрузка	324.1	220/380 В; 50 Гц 3×40 вар
A4	Блок фазных розеток	3321	~220 В
A5	Блок трехфазного многотарифного счетчика активной и реактивной электрической энергии для сети 230 В с PLC модемом	546.2	PLC модем CAN интерфейс Импульсный выход
A6	Блок однофазного многотарифного счетчика активной электрической энергии с PLC модемом	544.2	PLC модем CAN интерфейс Импульсный выход
A7, A8	Блок однофазного одностарифного счетчика активной электрической энергии с PLC модемом	544.1	PLC модем Импульсный выход
A9	Блок преобразователя интерфейсов	3310	CAN/RS 485/USB
A10	Устройство сбора и передачи данных по низковольтным электрическим сетям	547	Меркурий 225.1 3 шт.
A11	Блок GSM-шлюза	548	Меркурий 228

1	2	3	4
A12	Блок GSM-модема	549	Siemens M35i
A13	Блок трех трехфазных многотарифных счетчиков активной и реактивной электрической энергии для сети 230 В	-	CAN интерфейс Импульсный выход
G1, G3	Трехфазный источник питания	201.4	~400 В; 16 А
G2, G4	Однофазный источник питания	218.9	~220 В; 16 А

В составе блоков второго лабораторного стола есть блок A13, который представляет собой сборку из трех трехфазных счетчиков активной и реактивной электроэнергии «Меркурий-230 ART-03 PQESION», соединенных с сетью посредством трехфазного силового кабеля марки АВВГ. Интерфейсные провода представляют собой витую пару. Питание интерфейса осуществляется через блок однофазного источника питания. Соединение интерфейса CAN со стендом происходит посредством телефонного провода длиной 7 м, идущего вдоль стены лаборатории до преобразователя интерфейсов. Счетчики закреплены винтами на панели из фанеры.

Имеется оборудование, которое не используется в лабораторной работе, однако необходимо для его наладки. Это оборудование применялось на начальных стадиях разработки. В него входит технологический модем «Меркурий 223», предназначенный для программирования сетевых PLC-адресов счётчиков электрической энергии со встроенными PLC-модемами серий «Меркурий-2XX».

### 4.3. Программное обеспечение АСКУЭ

#### 4.3.1. Состав программного обеспечения стенда

В составе АСКУЭ может использоваться различное по своим функциям программное обеспечение. Одно предназначено для записи информации в счетчики, например нового тарифного плана или сетевого адреса, другое для сбора данных о потребленной электроэнергии, а также ее параметров. При выполнении лабораторной работы будет использоваться только ПО для опроса счетчиков: программы «Конфигуратор счетчиков «Меркурий» и *BQuark v0.23*. Однако для лучшего понимания того, каким образом происходит сбор и передача данных, рассмотрим и то ПО, с помощью которого происходило программирование счетчиков и УСПД: *TMcomm v1.5*, *BMonitor v2.6*.

Для более подробного изучения всех программ рекомендуется воспользоваться «справкой».

#### **4.3.2. Программное обеспечение для опроса счетчиков по интерфейсу CAN**

«Универсальный конфигуратор счетчиков Меркурий» является технологической программой, предназначенной для предэксплуатационной подготовки всех модификаций электросчетчиков «Меркурий». С помощью данной программы можно программировать тарифное расписание, корректировать время электросчетчика, проводить управление нагрузкой, снимать профили мощности, изменять параметры идентификации и лимитов энергии, считывать мгновенные значения, просматривать журналы событий, контролировать параметры электроэнергии и т.д. Приведём описание и основные функции программы.

При входе на экране появляется окно, в котором необходимо указать данные для соединения со счетчиком.

*Выбор типа счетчика.* Данный пункт определяет протокол связи с электросчетчиком и формирует будущий вид вкладок. В случае ошибки в выборе электросчетчика с ним либо не будет установлена связь, либо изменится вид вкладок и информация в них.

*Ввод сетевого адреса счетчика.* У трехфазных электросчетчиков сетевой адрес лежит в диапазоне 1...240. Адрес 0 – используется как групповой - на него отвечают все электросчетчики сети и использовать его можно только в случае индивидуальной работы с одним электросчетчиком. Команды записи при нулевом адресе не работают. Адрес 254 используется как широковещательный. При запросе с широковещательным адресом все электросчетчики выполняют принятую команду без ответа. При работе с универсальным конфигуратором адрес 254 не используется, так как конфигуратор ждет ответа на свои команды, а если ответа нет, то программа считает это ошибкой. С завода изготовителя сетевой адрес трехфазных счетчиков равен трем последним цифрам серийного номера (если число больше 240, то двум цифрам). У однофазных счетчиков сетевой адрес равен восьми цифрам серийного номера (кроме «Меркурий-200», у него сетевой адрес равен шести последним цифрам серийного номера).

*Ввод уровня доступа.* Уровень доступа — опциональный параметр, который работает только при соединении с трехфазными электросчетчиками. Для однофазных электросчетчиков параметр не активен.

Уровень доступа состоит из шести символов и имеет две градации *Admin* и *User*, каждая из которых имеет свой персональный пароль. Пароль *Admin* обычно имеют энергосбытовые организации, этот уровень до-

стуга позволяет изменять критические параметры, например тарифное расписание или лимиты энергии, а пароль *User* — простые пользователи.

Галочка *HEX* указывает, в каких символах будет передаваться пароль в электросчетчик. Если галочка установлена, то в виде *HEX*-кодов, а если снята, то в виде *ASCII*. С завода изготовителя электросчетчика приходят с паролем в *HEX*-формате, т.е. галочка должна стоять. Пароль *User* по умолчанию 111111, а пароль *Admin* - 222222.

*Выбор типа интерфейса.* Тип интерфейса зависит от того, через какой канал связи происходит опрос электросчетчика. Каналы *RS485 / CAN / Оптопорт / USB-RF / GSM / GSM-шлюз / IRDA* работают через виртуальный *COM*-порт и требуют предварительной установки драйвера от производителя преобразователей интерфейса (обычно идут в комплекте с оборудованием). Канал *TCP/IP* используется для электросчетчиков, подключенных с помощью *Ethernet* преобразователей или *GPRS* соединения.

Галочка *ECHO* влияет только на интерфейсы *RS485/CAN* и указывает на наличие ЭХА в пакете.

При соединении через *GSM / GSM-шлюз* появляются дополнительные параметры соединения. Это номер телефона (можно вводить в международном формате, например +79030448261 или через восьмерку 89030448261) и строка инициализации, зависящая от сотового оператора (возможны два варианта либо 71,0,1 либо 7,0,1).

*Настройки COM-порта.* Тип интерфейса жестко связан с настройками виртуального *COM*-порта, которые после установки соединения запоминаются в реестре компьютера. Обычно ничего менять не надо, так как по умолчанию выбраны нужные параметры для *COM*-порта. Однако бывает необходимость выбрать нужный номер *COM*-порта. Если имеется несколько портов, то для определения нужного смотрят в «Диспетчере устройств».

После введения всех требуемых для соединения со счетчиком данных, необходимо нажать на кнопку «Соединить». При успешном соединении в окне программы откроется вкладка «Служебная информация». После установки соединения со счетчиком у пользователя появляется возможность читать и писать конфигурационные параметры в соответствии с правами доступа.

На вкладке «*Время*» можно настроить внутренние часы подключенного устройства или установить автоматический переход на «зимнее» или «летнее» время.

*Вкладка «Индикация».* Электросчетчики имеют разные списки параметров индикации. Конфигуратор может провести «тонкую» настройку этих параметров, убрав лишнюю информацию из автоматического цикла

индикации. Интервалы индикации отображены в секундах и влияют на периоды автоматической смены индицируемых параметров.

На вкладке «Управление нагрузкой» можно контролировать или управлять нагрузкой счетчика, в том числе установить лимиты потребления энергии или ограничить мощность потребления. Режим управления импульсным выходом может быть в двух положениях:

- телеметрия, когда на данный выход подается импульсный сигнал, пропорциональный потребленной энергии (вид энергии выбирается);
- управление нагрузкой, т.е. сигнал импульсного выхода повторяет статус включения или выключения нагрузки счетчика.

Индикация счетчика в автоматическом режиме перебирает указанные в пункте «Индикация» параметры и выводит их на экран. Одним из индицируемых параметров является «Лимит мощности».

*Вкладка «Тарифы».* Электросчетчики «Меркурий» могут работать в двух режимах: одностарифный (в этом случае не учитывается тарифное расписание) и многотарифный (учет энергии идет в соответствии с тарифным расписанием). Тарифных зон может быть до четырёх (Т1, Т2, Т3, Т4).

Конфигуратор позволяет произвести чтение заранее подготовленных тарифных расписаний и запись их в счетчик. Если у вас есть счетчик с уже готовым тарифным расписанием, то вы можете его прочитать и сохранить в текстовый файл на диске, который можно в дальнейшем редактировать по нормативам своей региональной зоны.

*Вкладка «Профиль мощности».* Большинство энергосбытовых организаций накладывают ограничения на потребителей электроэнергии и вводят дифференцируемые тарифные расписания, зависящие от мощности потребления, и требуют отчитываться с помощью профилей мощности или энергии. Электросчетчики «Меркурий» хранят во внутреннем циклическом буфере значения усредненных мощностей (получасовок), есть возможность прочитать и сохранить их во внешнем файле. Для чтения необходимо зайти в меню «Профиль мощности», выбрать требуемый интервал чтения (ограничение Универсального конфигуратора 1 месяц), выбрать нужные опции и нажать «Прочитать».

Обычно для отчетов требуется часовой профиль энергии (тогда выделяются галочки «коммерческий учет», «профиль энергии» и «часовой профиль»). Данные опции необходимы только счетчикам «Меркурий-230», так как значение времени интегрирования для этих счетчиков 1...45 мин и они не могут самостоятельно хранить часовой профиль. По необходимости конфигуратор делает пересчет получасовых мощностей в часовые. Если галочки «профиль энергии» нет, то будет отображен профиль мощности. Использование режима «длинных ответов» позволяет сильно сократить время опроса за счет передачи больших пакетов данных.

*Вкладка «Модемы».* В последних модификациях электросчетчиков «Меркурий» есть возможность произвести настройку параметров встроенного PLC1-модема. Сначала необходимо прочесть его адрес, затем заменить адрес на новый. Следует помнить, если модем находится в «рабочей сетке», то он будет отвечать только в течение первых 10 с после подключения электросчетчика к питающему напряжению, а если в «технологической сетке», то всегда.

*Вкладка «Слово состояния»* — информационная вкладка, дающая возможность просмотра и расшифровки аварийных сообщений счетчика. Обнаруженная ошибка будет отмечена галочкой и выделена желтым цветом.

*Вкладка «Энергия».* Конфигуратор позволяет пользователю просматривать архивные данные потребленной энергии отдельно по каждому тарифу или узнать пофазное потребление. Можно увидеть потребление за день, месяц, год и т.д, есть возможность записать в счетчик данные  $K(I)$  и  $K(U)$  - коэффициенты трансформации по току и напряжению, используемые в схеме подключения. Сам счетчик не учитывает эти величины, но конфигуратор может прочесть из счетчика коэффициенты и умножить данные на них, чтобы пользователю не приходилось это делать вручную. Для этого необходимо воспользоваться ссылкой «Записать» и галочкой «Учитывать при чтении».

*Вкладка «Мгновенные значения».* Если мы выбираем галочку «Зафиксированные значения», то в момент чтения счетчик производит мгновенную запись всех параметров электроэнергии в память и выдает потребителю срез зафиксированных данных. Кнопка «Диаграммы» становится доступна только после прочтения мгновенных значений.

*Вкладка «Журналы».* Трехфазные электросчетчики «Меркурий» накапливают множественные журналы событий, в том числе о вскрытии электронных пломб, включении и выключении электросчетчика, времени начала и окончания превышения лимитов и пр. Вкладка «Журналы» позволяет пользователю только читать список произошедших событий. У однофазных счетчиков журнал единый и выводится в виде последовательного списка событий с меткой времени.

*Вкладка «Максимумы мощности».* Энергетики часто сталкиваются с ситуацией ограничения уровня мощности в моменты утренней и вечерней пиковой нагрузки. Чтобы контролировать эту нагрузку можно использовать вкладку «Максимумы мощности». Сначала необходимо установить флажок «Расписание контроля за уровнями утренних и вечерних максимумов». После нажатия на кнопку «Записать в счетчик» происходит автоматическая фиксация максимальной мощности в обозначенные периоды расписания с записью этих значений в журнал. Посмотреть эти значения

можно, выбрав флажок «Значение утренних и вечерних максимумов мощности» и нажав «Прочитать».

*Вкладка «Учет технических потерь».* Трехфазные электросчетчики имеют встроенный калькулятор потерь. Для расчета коэффициентов потерь следует ввести необходимые переменные:

- параметры трансформаторов тока и напряжения (берутся из паспорта);
- данные номинального тока и напряжения электросчетчика;
- активное и реактивное значение сопротивления линии.

После введения этих параметров нажимаем «Рассчитать», и коэффициенты потерь будут вычислены. Далее выбираем требуемый режим учета технических потерь (они могут добавляться или вычитаться из потребленной энергии) и нажимаем «Записать». В дальнейшем энергию потерь можно будет проконтролировать на вкладке «Энергия» в графе «Потери».

*Вкладка «Параметры контроля электроэнергии».* Важной функцией электросчетчиков «Меркурий» является фиксация журналов нарушения параметров контроля электроэнергии. Для контроля необходимо предварительно установить НДЗ (нормально допустимые значения) и ПДЗ (предельно допустимые значения) напряжения, тока, частоты и времени превышения. После этого они записываются в электросчетчик, и журнал начинает автоматически накапливаться. В журналах событий ПКЭ может быть до 100 зафиксированных значений. Для трехфазных электросчетчиков возможна фиксация отдельно по каждой фазе. Если потребуется журналы событий можно сохранить на жесткий диск или любой другой носитель (кнопка «Сохранить»).

*Вкладка «Отчеты»* позволяет снять с электросчетчика полный отчет по всем фиксируемым параметрам. Можно составить отчет по информационным, конфигурационным, регистрам данных, журналам событий, журналам ПКЭ, тарифному расписанию и пр.

Повторный заход на *вкладку «Параметры связи»* позволяет получить доступ к нескольким дополнительным функциям (не доступны при соединении по нулевому сетевому адресу). Появляется возможность изменять сетевой адрес электросчетчика, пароль доступа, скорость обмена и множитель таймаута. Для этого необходимо изменить требуемый параметр и нажать «Записать» около нужной переменной.

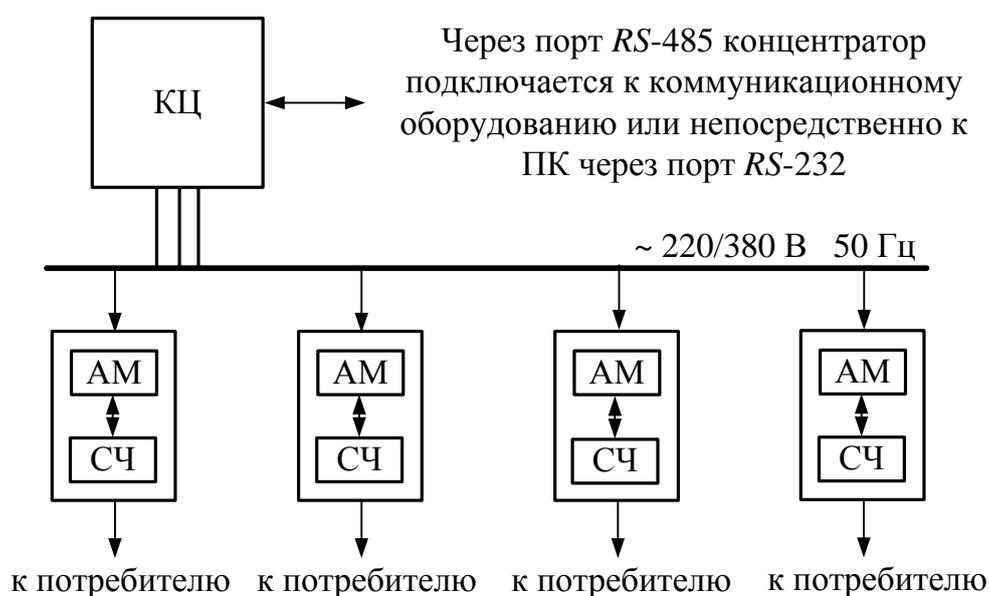
### **4.3.3. Программное обеспечение для программирования сетевых PLC-адресов счетчиков электроэнергии *TMcomt***

Программа *TMcomt* предназначена для программирования сетевых PLC-адресов счётчиков электроэнергии с модемами *PLC-I* через техноло-

гический модем «Меркурий-223» (ТМ) или через цифровые интерфейсы счётчика. Приведём описание и основные функции программы, для более подробного изучения рекомендуется использовать «справку».

Система сбора данных «Меркурий-PLC» состоит из одного PLC-концентратора (КЦ) и нескольких счётчиков (СЧ) со встроенными абонентскими PLC-модемами (АМ) (рис. 4.3). Следует отметить, что счётчик и его PLC-модем являются независимыми устройствами и обмениваются данными по внутреннему двустороннему последовательному интерфейсу, а PLC-модемы и концентратор обмениваются данными излучением высокочастотных сигналов специальной формы в распределительную сеть 220/380В. Данные о потреблении электроэнергии, накопленные счётчиком электрической энергии, поступают в PLC-модем, а из него в концентратор. Команды концентратора проходят тот же путь, только в обратном направлении. Далее по тексту все три компонента системы счётчики-PLC-модемы и концентратор - будут именоваться сетевыми устройствами.

Программирование счётчика электроэнергии типа «Меркурий-2XX» со встроенным PLC-модемом, а также любого другого изделия, предназначенного для применения в составе системы автоматизированного сбора данных по силовой сети «Меркурий-PLC-I», заключается во взаимодействии с его встроенным PLC-модемом и включает в себя установку типа PLC-сети (технологическая/рабочая) и уникального сетевого PLC-адреса счётчика. Все они являются свойствами только PLC-модема и сохраняются в его энергонезависимой памяти.



**Рис. 4.3. Общая структура аппаратных компонентов системы сбора данных по силовой цепи «Меркурий-PLC»:**

КЦ - PLC-концентратор; АМ - абонентский PLC-модем; СЧ - счётчик

В счётчиках «Меркурий-2ХХ» встроенный *PLC*-модем конструктивно выполняется либо в виде дочерней печатной платы, либо в составе схемы самого счётчика. В обоих случаях модем *PLC-I* имеет собственный управляющий микроконтроллер.

Для доступа к *PLC*-модему счётчика по силовой сети следует использовать технологический модем «Меркурий-223», однако, начиная с версии программы v.3.0, возможен доступ через цифровые интерфейсы самого счётчика.

Существует два типа сети: «технологический» и «рабочий». Сразу после изготовления счётчик имеет нулевой *PLC*-адрес и помечен как принадлежащий к «технологической» сети. В пределах «технологической» сети пакетный обмен данными между устройствами идет с помощью сигналов амплитудой приблизительно 0,1 В с бинарной манипуляцией на частоте 20 кГц со скоростью 100 бит/с. В пределах «рабочей» сети обмен данными происходит сигналами амплитудой около 1 В и на значительно меньших скоростях, составляющих доли бита в секунду, с использованием широкополосных видов модуляции.

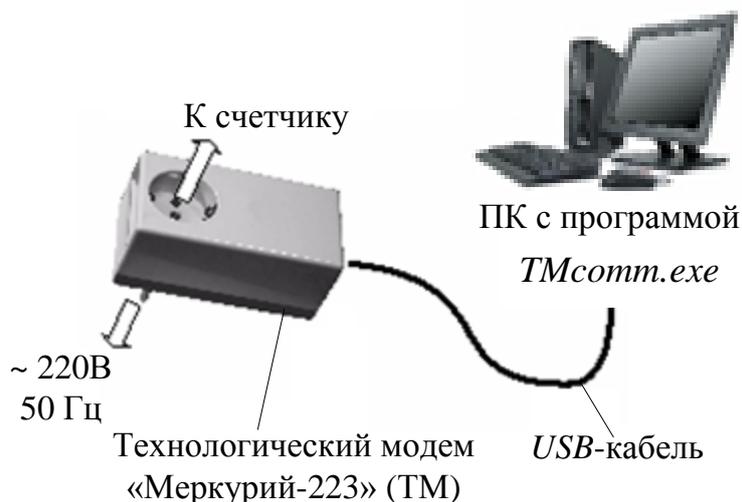
Назначение «технологической» сети - программирование счётчиков, а «рабочей» - сбор информации о потреблённой энергии на объекте эксплуатации. При этом данные, поступающие от счётчиков, накапливаются в концентраторе, который различает счётчики по их сетевому *PLC*-адресу.

В пределах «технологической» сети модемы могут иметь *PLC*-адреса в интервале от 0 до 4095. В пределах «рабочей» сети модемы могут иметь *PLC*-адреса в интервале от 1 до 4094 (адрес 0 зарезервирован, а адрес 4095 является ширококвотельным, т.е. действительным для всех устройств «рабочей» сети).

«Рабочая» сеть может быть «открытой» или «закрытой». «Закрытые» сети используют синхросигналы специального вида и шифрование данных, в результате чего такие сети, использующие различные ключи шифрования, оказываются изолированы друг от друга.

*PLC*-модемы «технологической» сети постоянно находятся в готовности принять и выполнить пакет с «технологической» командой. *PLC*-модемы, принадлежащие к «рабочей» сети, готовы принять и выполнить пакет с «технологической» командой только в течение первых 10 с после подачи питания, затем они переходят в свой основной режим работы.

Как уже указывалось, для программирования сетевых адресов счётчиков используется ТМ. Его внешний вид показан на рис. 4.4.



**Рис.4.4. Внешний вид и подключение ТМ**

Для связи с внешним миром ТМ имеет два интерфейса:

- технологический *PLC*-интерфейс, который используется собственно в процессе программирования счётчиков (выведен на розетку верхней крышки корпуса);
- компьютерный *USB 1.1*.

При подключении ТМ к персональному компьютеру в составе системных устройств последнего появляется виртуальный *COM*-порт, через который в дальнейшем программа *TMcomm* и осуществляет управление процессом программирования сетевых *PLC*-адресов.

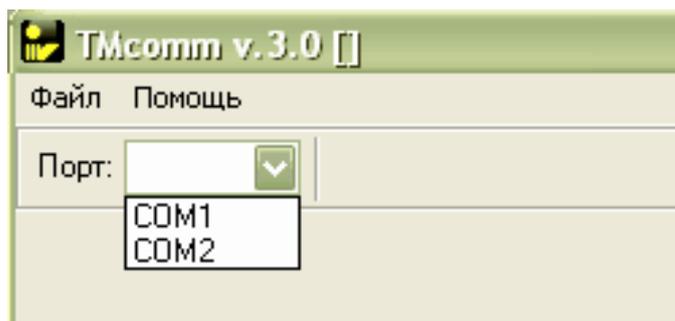
При обмене данными ТМ с программируемым устройством используется «технологический» режим связи. В этом режиме данные в обе стороны передаются с использованием «быстрой» (100 бит/с) относительной фазовой манипуляции на частоте 20 кГц. Формат управляющих пакетов описан в файле справки по интерфейсу сетевых устройств.

**ВНИМАНИЕ!** Розетка на верхней крышке ТМ предназначена исключительно для подключения и программирования счётчиков серий «Меркурий-2XX». Использование её в других целях может повлечь за собой повреждение устройства!

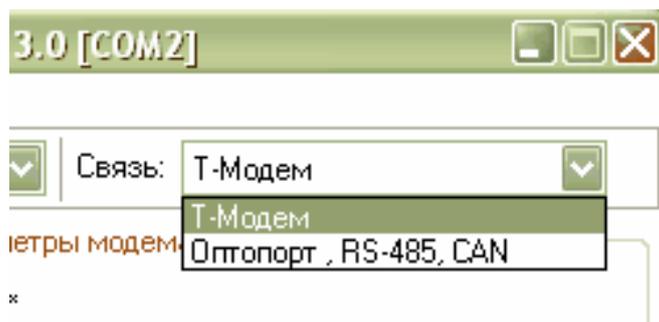
Для программирования сетевых адресов счетчиков необходимо:

- подключить ТМ к сетевой розетке ~220В;
- подключить ТМ к *USB*-интерфейсу ПК. При этом на короткое время должен загореться и погаснуть светодиод *TxD*, расположенный рядом с *USB*-разъёмом ТМ. Если светодиод не гаснет, это означает, что драйвер виртуального *COM*-порта установился неверно;
- подключить программируемый счётчик «Меркурий-2XX» или иное устройство с модемом *PLC-I* в розетку ТМ;

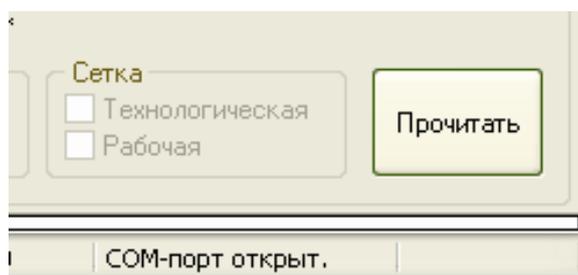
- в «Диспетчере устройств» посмотреть номер появившегося виртуального *COM*-порта ТМ;
- запустить программу *ТМcomm.exe*;
- набрать вручную или выбрать из списка нужный виртуальный порт (рис. 4.5);
- выбрать из списка способ связи с модемом (рис. 4.6);
- прочитать информацию о модеме нажатием кнопки «Прочитать» (рис. 4.7);



**Рис.4.5. Выбор виртуального *COM*-порта**



**Рис.4.6. Выбор способа связи**



**Рис. 4.7. Чтение информации о модеме**

- необходимо указать сетку и адрес счетчика. Текущий *PLC*-адрес и тип сети, к которой принадлежит данный счётчик, можно определить следующим образом: счётчики серий «Меркурий-201, 202» на короткое время показывают его при включении питания, в счётчиках серий «Меркурий-200, 230» сетевой номер выводится на индикатор в качестве вспо-

могательного параметра через многократное нажатие на кнопку циклического просмотра вспомогательных параметров. Формат представления сетевого *PLC*-идентификатора имеет следующий вид: XXXX--XX. В первых четырёх цифровых позициях отображается собственно сетевой *PLC*-адрес счётчика, а последние две цифровых позиции показывают, к какой сети принадлежит данный счётчик – «технологической» (00) или «рабочей» (01). Новый адрес счётчика должен обязательно принадлежать к «рабочей» сети, в противном случае концентратор не сможет его «увидеть» (рис. 4.8);

- послать команду на программирование нового сетевого адреса нажатием на кнопку «Записать». При этом, если процесс программирования проходит нормально, то сначала на мгновение загорается один светодиод на боковой стенке ТМ, потом другой, после чего бегущий столбик-индикатор обмена становится зелёным.

**ВНИМАНИЕ!** Адрес счётчика из «технологической» сети можно изменить в любое время, адрес счётчика из «рабочей» сети - только в течение 10 с после включения.

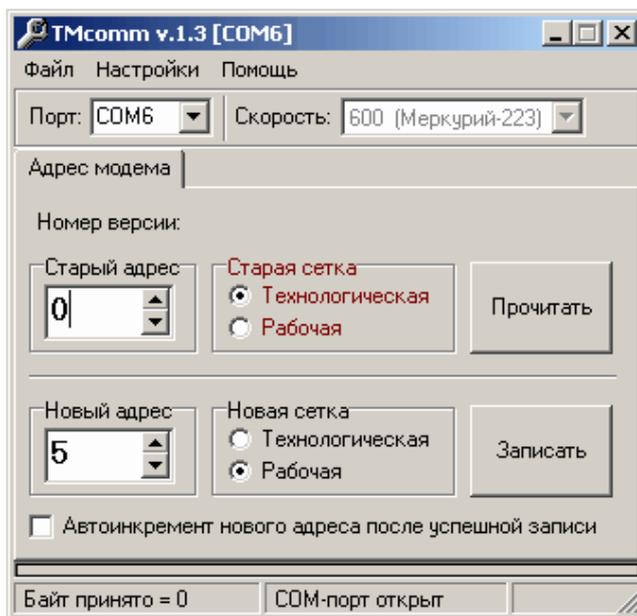


Рис. 4.8. Установки «старого/нового» адреса

#### 4.3.4. Программное обеспечение для конфигурирования *PLC*-концентраторов и оперативной проверки функционирования системы сбора данных *VMonitor v2.6*

Программа *VMonitor* предназначена для конфигурирования *PLC*-концентраторов «Меркурий-225» и «Меркурий-225.1», а также для оперативной проверки функционирования системы сбора данных по распреде-

лительной электросети переменного тока «Меркурий-PLC-I». Приведём описание и основные функции программы, для более подробного изучения рекомендуется использовать «справку».

Концентратор «Меркурий-225.1» с одной стороны подключается к однофазной сети через разъём *PLC*-интерфейса, совмещённый с разъёмом питания, и с другой стороны – к *USB* порту персонального компьютера либо к порту *RS-485* промышленного контроллера.

Для записи новых адресов концентраторов необходимо:

1. После подключения концентратора к последовательному порту компьютера и запуска программы, необходимо выбрать из выпадающего списка или ввести вручную номер использованного порта и текущую скорость обмена (рис. 4.9).



Рис. 4.9. Выбор виртуального *COM*-порта и скорости обмена

2. Ввести вручную или получить адрес концентратора от него самого, щелкнув по кнопке «Адрес -> Прочитать» (рис. 4.10). Прочитать неизвестный адрес концентратора можно только в том случае, если поле ввода адреса имеет значение *2FFF* (широковещательный идентификатор, на который «отзываются» все концентраторы типа «М-225» и который установлен по умолчанию).

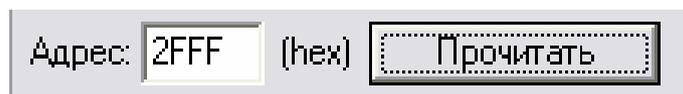


Рис. 4.10. Установки «старого/нового» адреса

Процесс обмена данными между программой и концентратором отображается на индикаторе состояния обмена, расположенного внизу главного окна программы. При успешном завершении данного цикла «запрос-ответ» бегущий чёрный столбик передвигается на месте и меняет цвет на зелёный. Если в течение заданного интервала времени ответ от концентратора не поступил, то столбик передвигается до конца шкалы и становится коричневым. Установить подходящее значение ожидаемой задержки ответа концентратора на запрос можно в пункте главного меню «Настройки -> Таймаут порта».

3. Читаем текущую конфигурацию концентратора и номер версии его микропрограммы (рис. 4.11).

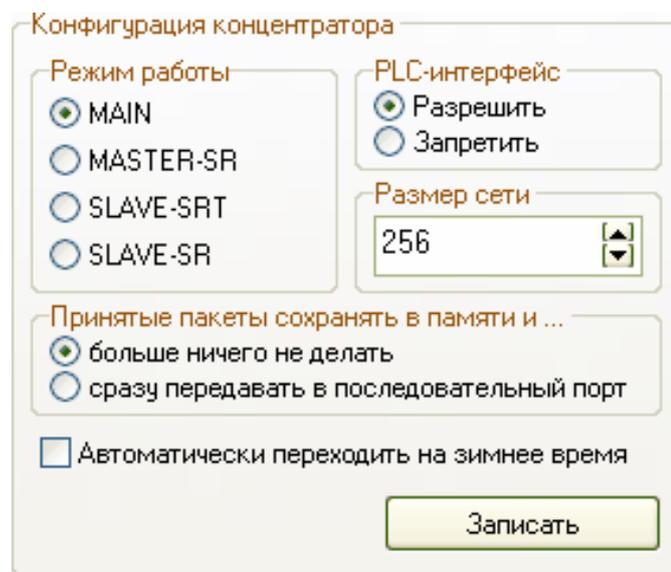


Рис. 4.11. Конфигурация концентратора

Немедленно после считывания конфигурации концентратора *VMonitor* синхронизирует размер (но не содержимое) своей базы данных с размером базы данных концентратора.

Опция «Принятые пакеты сохранять в памяти и ... сразу передавать в последовательный порт» соответствует установке флажка «прозрачного режима» работы последовательного порта концентратора. Этот режим особенно удобен для оперативного наблюдения за поведением системы в реальном времени непосредственно на объекте автоматизации, так как пакеты, поступившие от счётчиков, немедленно отображаются в соответствующих таблицах *VMonitor*. Однако, как правило, при регулярной работе системы выбирается другой режим работы порта, — «Принятые пакеты сохранять в памяти и ... больше ничего не делать», так как в этом режиме концентратор ничего не передаёт по собственной инициативе, а только отвечает на внешние запросы, что исключает конфликты выходного буфера его порта с выходными буферами портов коммуникационного оборудования.

Опция «Режим работы». *MAIN* - соответствует «обычному» режиму работы концентратора, когда функционирует двусторонний канал связи между концентратором и счётчиками, работающий на скорости 100 бит/с. Этот режим используется в тех случаях, когда счётчики и концентратор могут напрямую «видеть» друг друга. В случае же, когда часть счётчиков оказывается вне «прямой видимости» концентратора, следует применить технику ретрансляции, для реализации которой и предназначены три последующих режима.

Сеть с ретрансляцией состоит из одного ведущего концентратора (*Master-SR*) и одного или нескольких ведомых концентраторов (*Slave-*

*SRT*). Ведущий концентратор, как правило, устанавливается на распределительной подстанции, а ведомые - в зоне уверенного приёма возле границы определившейся зоны слышимости центрального концентратора. Роль ведомых ретрансляторов заключается в том, чтобы: во-первых, дублировать синхросигнал ведущего концентратора, увеличивая его радиус действия; во-вторых, принимать сигналы счётчиков из «мёртвой» зоны и дублировать их в направлении ведущего концентратора (в данной лабораторной работе используется именно этот режим).

Режим *Slave-SR* является вспомогательным и используется в некоторых специальных случаях.

В поле «Размер сети» указывается количество счётчиков или других *PLC*-устройств, данные с которых будет собирать концентратор. **ВНИМАНИЕ!** Сетевой *PLC*-номер любого из счётчиков не должен быть больше этого числа.

4. Записываем новые адреса концентраторов или меняем их конфигурацию. Если удерживать нажатой клавишу *Ctrl*, то надпись на кнопке сменится на «Записать» и щелчок по ней будет командой концентратору принять новую конфигурацию.

При работе с концентратором посредством программы *BMonitor* необходимо иметь в виду, что и концентратор и *BMonitor* ведут каждый свою базу данных на основе пакетов с информацией, источником которой в обоих случаях являются счётчики. Только концентратор получает эти данные через сеть  $\sim 220/380\text{В}$  по своему *PLC*-интерфейсу, а *BMonitor* - от концентратора по *COM*-порту.

В процессе работы системы счётчики передают, а концентратор принимает и хранит в своей энергонезависимой памяти пакеты с данными разного типа, чаще всего, это данные о потреблении электроэнергии по разным тарифным зонам. Причём, как правило, во время действия, например, первой тарифной зоны, счётчики непрерывно передают данные о потреблении в этой тарифной зоне. При включении второго тарифа они начинают передавать данные о потреблении в пределах второй тарифной зоны и т.д.

База данных концентратора состоит из множества (в соответствии с размером сети) независимых и одинаково организованных секций (по одной секции на каждый прибор учёта). Каждая из них логически состоит из двух энергонезависимых буферов, которые называются «Буфер последних пакетов» и «Буфер последних месяцев».

После необходимого конфигурирования и установки внутренних часов, концентратор начинает выполнять в системе роль приёмника и накопителя пакетов, поступивших к нему от счётчиков по фазным проводам силовой сети. «Буфер последних месяцев» состоит из двух частей, первая

имеет размер в 4 ячейки, а вторая - 12 ячеек. В первой части сохраняются пакеты с данными максимум четырёх разных типов, поступившие в пределах текущего месяца от данного счётчика, - по одному, самому последнему пакету каждого типа. При переходе через границу месяца всё полезное содержимое первой части отправляется на длительное хранение во вторую часть «Буфера последних месяцев». Таким образом, если счётчик однотарифный, то глубина хранения данных по нему составит 12 месяцев, если двухтарифный, то 6 месяцев и т.д.

Если места в буфере не хватает, самые старые данные отбрасываются. Кроме того, концентратор имеет так называемый «прозрачный» режим работы, в котором полученный от счётчика пакет, кроме сохранения в вышеупомянутых буферах, тут же отправляется в буфер передатчика последовательного порта. Этот режим является нештатным и используется только для наблюдения за работой сети на этапе ввода её в эксплуатацию. При хороших условиях прохождения сигнала интервал поступления пакетов с данными от каждого из счётчиков определяется формулой:

$T = 165 + 10 \cdot N / 16$ , где  $T$  - приблизительный интервал поступления пакетов в секундах;  $N$  - размер сети.

Конфигурирование концентратора осуществляется с помощью программы *BMonitor* и заключается в установке размера поддерживаемой им сети и выборе режима работы. Подробности процедуры конфигурации описаны в файле «справка» программы *BMonitor*.

#### **4.3.5. Программное обеспечение для дистанционного опроса счётчиков по силовой сети *BQuark***

Системы сбора данных и управления «Меркурий-*PLC-I/PLC-II*» очень похожи друг на друга. Обе состоят из одного концентратора «Меркурий-225.X» на каждую фазу трёхфазной сети 220/380В и множества электронных счётчиков со встроенными *PLC*-модемами. Разница между системами только в версии микропрограммы концентратора и типе встроенного в счётчик модема. Система сбора данных и управления «Меркурий-*PLC-I*» имеет логическую структуру типа «звезда», в центре которой находится концентратор (главный узел), а на периферии - счётчики с модемными модулями *PLC-I* (подчинённые узлы). Система сбора данных и управления «Меркурий-*PLC-II*» имеет логическую структуру типа «централизованное дерево», главным узлом которого является концентратор (*Master Node*), а в роли подчинённых узлов выступают счётчики с модемными модулями *PLC-II* (*Slave Nodes*). Привём описание и основные функции программы, для более подробного изучения рекомендуется использовать «справку».

Программа предназначена для использования в составе автоматизированных систем контроля и учёта потребления электроэнергии «Меркурий-PLC-I/II» в качестве рабочего места оператора учёта. С её помощью можно производить дистанционный съём информации с территориально распределённых трёх- или однофазных концентраторов «Меркурий-225/225.1/225.2», которые, в свою очередь, принимают данные об учтённой электроэнергии с абонентских электросчётчиков серии «Меркурий» со встроенными модемами *PLC-I* и *PLC-II*. Также имеется возможность передавать концентраторам групповые и индивидуальные команды по управлению электросчётчиками.

Считывание информации возможно как при непосредственном подключении ПК к интерфейсу *USB/RS-232/RS-485* концентратора, так и дистанционно по каналу *GSM-data*. В последнем случае концентраторы используются совместно с промышленным *GSM*-модемом или *GSM*-шлюзом «Меркурий-228». Кроме того, для связи с концентраторами возможно использование глобальной сети Интернет. При необходимости можно использовать автоматический запуск программы по расписанию из планировщика *Windows*.

Программу *BQuark* можно использовать как источник первичных данных для ведения баланса и выписки счётов потребителям электроэнергии. *BQuark* работает в режиме интерпретатора текстового скрипта, который называется файлом задания. Файл задания представляет собой текстовый файл с расширением *dat*, содержащим: описание структуры аппаратных компонентов опрашиваемой системы сбора данных; настройки пользовательского интерфейса; собственно данные, полученные от концентратора (концентраторов); протокол (лог) последнего сеанса работы программы.

Ещё до первого запуска программы следует подготовить файл задания, адекватно описывающий целевую систему сбора данных. Таких файлов может быть несколько, сконфигурированных под разные задачи.

После запуска программы откроется форма выбора файла задания (рис. 4.12).

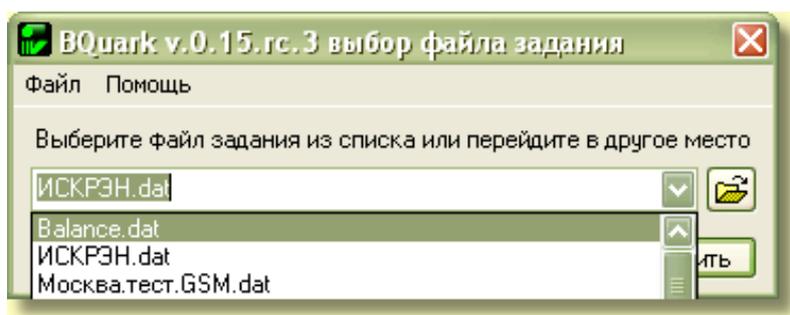


Рис. 4.12. Форма выбора файла задания

Файлы задания могут располагаться в любом, (удобном оператору), месте на локальном или сетевом жёстком диске его ПК. После выбора необходимого файла задания и нажатия кнопки *Ок*, появится форма рабочего окна программы (рис. 4.13).

Интерфейс программы *BQuark* состоит в основном из двух панелей, расположенных друг над другом. В верхнюю панель встроена информационная таблица с принятыми от концентраторов данными о потреблении электроэнергии одно- и трёхфазными абонентами. На нижней панели размещается окно с закладками, содержащими различную служебную информацию.

*Информационная таблица.* Основное назначение информационной таблицы - визуализация собранных данных, их сортировка и анализ.

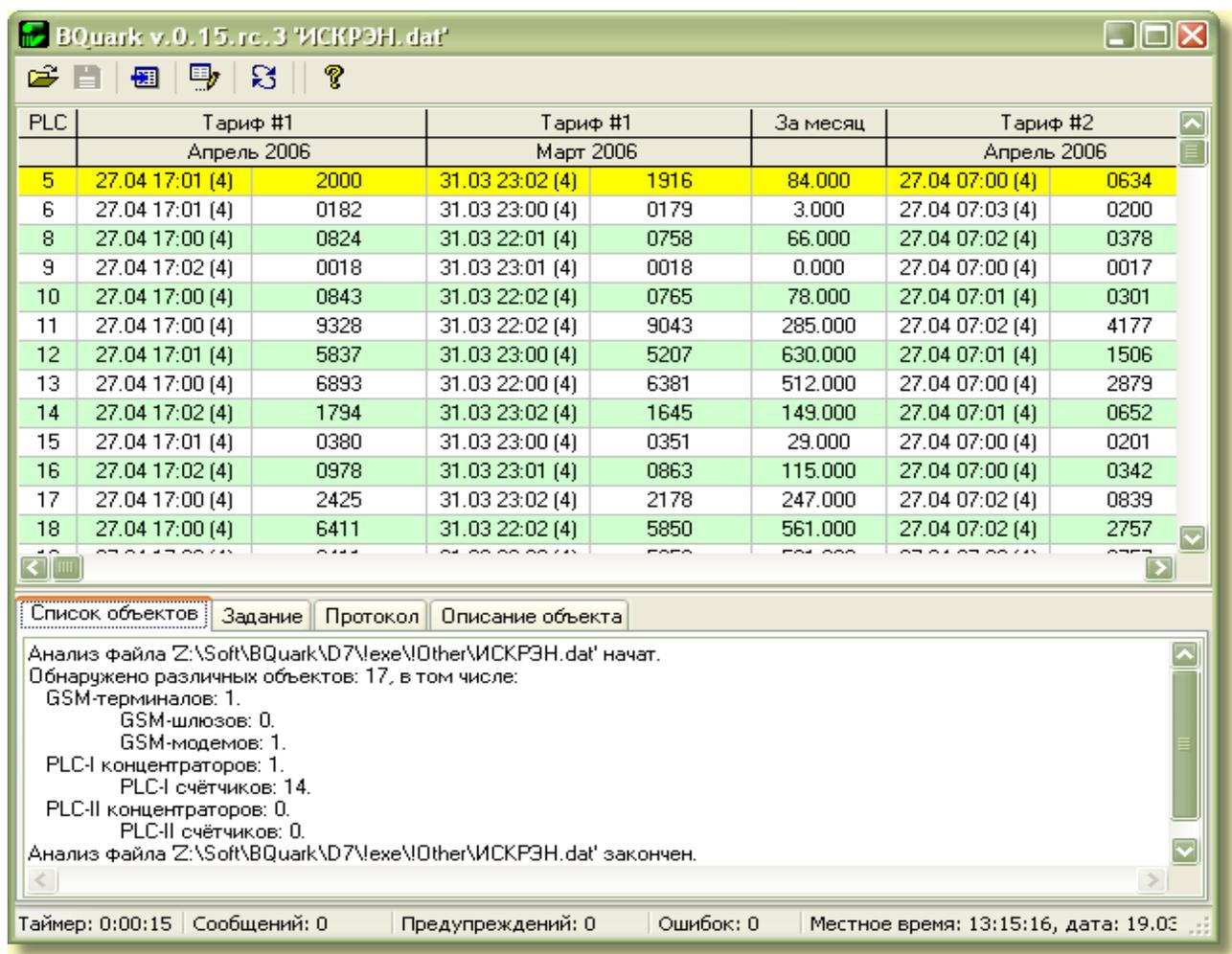


Рис. 4.13. Форма рабочего окна

Настройка основного вида информационной таблицы производится на этапе создания файла задания. Например, добавив соответствующую строку, можно ввести колонку «Сумма», в ячейках которой программа бу-

дет вести расчёт расхода электроэнергии по сумме тарифов. Или колонку «За месяц», в которой будет рассчитываться разница между текущими показаниями счётчика и показаниями счётчика на конец предыдущего месяца.

Пользователь имеет возможность изменять ширину столбцов информационной таблицы для более удобного представления данных путём «перетаскивания» границ столбцов, а также добавлять свои собственные столбцы с различной информацией внесением соответствующих изменений в файл задания с помощью любого текстового редактора.

Сохранить изменения можно кнопкой «Сохранить задание».

Нижняя панель содержит закладки «Список объектов», «Задание», «Протокол», «Описание объекта», по содержанию которых пользователь может контролировать состав оборудования своей сети, содержание файла задания и протокол сеанса связи с объектом соответственно.

Сразу после запуска программа проанализирует указанный ей файл задания и в закладке «Список объектов» перечислит все устройства, описания которых ей удалось прочитать.

В данном случае было загружено ранее уже запускавшееся задание, поэтому столбцы таблицы уже заполнены полученной от концентраторов информацией. Для обновления имеющихся данных следует щёлкнуть по кнопке «Обновить» или нажать на клавишу *Enter*, что приведёт к запуску задания на исполнение, ход которого будет отображаться потоком «бегущих» сообщений в текстовом поле закладки «Протокол». Прервать выполнение задания в любой момент можно щелчком по кнопке «Остановить задание» или нажатием клавиши *Esc*.

Нажатием кнопки «Открыть другой файл задания» можно вызвать форму выбора другого задания.

Кнопка «Экспортировать данные в...» экспортирует текущее содержимое таблицы с данными в буфер обмена или файл.

После каждого сеанса опроса системы программа *BQuark* формирует архивную копию файла задания, помеченную «только для чтения». Эта копия будет помещена в специально созданную папку с именем, включающим имя исходного файла задания, а к имени архивной копии будет добавлен префикс, содержащий метку текущей даты/времени. Архивные файлы могут являться источником данных для программы верхнего уровня, ведущей свою базу данных в собственном формате. Такой подход гарантирует возможность интегрирования систем «Меркурий-PLC-I/II» в уже существующую АИИС КУЭ энергоснабжающей организации либо использования её в качестве самостоятельного программно-аппаратного комплекса по автоматизации учёта потребления энергоресурсов.

Для более детального анализа данные через буфер обмена можно экспортировать в таблицу *MS Excel*. Для этого предназначена кнопка «Экспортировать данные в...».

Кнопка «Открыть файл задания в текстовом редакторе» предназначена для открытия файла задания во внешнем редакторе.

*Файл задания.* Файл задания представляет собой текстовый файл с расширением *dat*, который содержит:

- описание структуры аппаратных компонентов системы сбора данных (сетевые адреса счетчиков, концентраторов, телефонный номер *SIM*-карты *GSM*-шлюза или модема);
- настройки пользовательского интерфейса;
- собственно данные, полученные от концентраторов;
- протокол (лог) последнего сеанса работы программы.

Файл содержит два основных раздела (секции): раздел описания иерархии физических объектов и раздел описания интерфейса программы *BQuark*. Секции начинаются с ключевых слов *OBJECTS* и *INTERFACE*, соответственно. Строчки, начинающиеся с двойного слэша (*//*) являются автоматически сгенерированными комментариями, поясняющими структуру задания. После каждого запуска задания на исполнение файл задания автоматически перезаписывается.

Внутри секций в виде иерархического списка описываются отдельные объекты, их свойства, а также отношения подчинённости объектов между собой. Отдельные уровни иерархии отделяются друг от друга количеством символов табуляции, чем больше табуляций, тем ниже иерархическое положение объекта. На одном уровне иерархии может находиться любое количество объектов. Пропуск уровней иерархии не допускается. Все свойства объектов, кроме последнего, отделяются друг от друга точкой с запятой (;).

Секция *OBJECTS* представляет собой иерархическую логическую структуру, посредством которой пользователь задаёт связи между физическими объектами системы. Аппаратные и иные компоненты системы в файле конфигурации описываются как логические объекты, обладающие рядом свойств. Порядок описания физических устройств в секции идёт сверху вниз, начиная с устройств, непосредственно подключённых к ПК оператора. Место объекта в иерархии определяется количеством табуляций, идущих подряд в начале строки с его описанием. На одном уровне иерархии может находиться любое количество объектов. Пропуск уровней иерархии не допускается.

Приведём пример секции *OBJECTS*, описывающей несложную систему, состоящую из *PLC*-концентратора с адресом 2004, который непосредственно подключен к *COM*-порту ПК оператора, и трёх счётчиков с

*PLC*-адресами 1, 2 и 3, данные с которых этот концентратор собирает. Каждый объект имеет обязательное свойство *TYPE*, с которого начинается описание объекта.

OBJECTS

```
TYPE=PLC_I_CONCENTRATOR; ADDR=2004
TYPE=PLC_I_METER; ADDR=1
TYPE=PLC_I_METER; ADDR=2
TYPE=PLC_I_METER; ADDR=3
```

В следующем примере описана система, связь с которой осуществляется через *GSM*-шлюз «Меркурий-228».

OBJECTS

```
TYPE=GSM_TERMINAL
TYPE=GSM_GATE; NUMBER=89051234567
TYPE=PLC_I_CONCENTRATOR; ADDR=2004
TYPE=PLC_I_METER; ADDR=1; Дом=4; Квартира=1
TYPE=PLC_I_METER; ADDR=2; Дом=4; Квартира=2
TYPE=PLC_I_METER; ADDR=3; Дом=4; Квартира=3
```

Опрашиваемая система может состоять из любого количества концентраторов, подключенных любым доступным способом и в любой разрешённой комбинации, например:

OBJECTS

```
TYPE=GSM_TERMINAL
TYPE=GSM_GATE; NUMBER=89051234567
TYPE=PLC_I_CONCENTRATOR; ADDR=2004
TYPE=PLC_I_METER; ADDR=1; Дом=4; Квартира=1
TYPE=PLC_I_METER; ADDR=2; Дом=4; Квартира=2
TYPE=PLC_I_METER; ADDR=3; Дом=4; Квартира=3
TYPE=PLC_I_CONCENTRATOR; ADDR=2005
TYPE=PLC_I_METER; ADDR=4; Дом=5; Квартира=8
TYPE=GSM_MODEM; NUMBER=89052345678
TYPE=PLC_I_CONCENTRATOR; ADDR=2006
TYPE=PLC_I_METER; ADDR=5; Дом=6; Квартира=101
TYPE=PLC_I_METER; ADDR=6; Дом=6; Квартира=102
TYPE=PLC_I_METER; ADDR=7; Дом=6; Квартира=103
TYPE=PLC_I_CONCENTRATOR; ADDR=2007
TYPE=PLC_I_METER; ADDR=11; Дом=8; Квартира=11
TYPE=PLC_I_METER; ADDR=12; Дом=8; Квартира=12
TYPE=PLC_I_METER; ADDR=13; Дом=8; Квартира=13
```

Система, которую описывает этот файл задания, состоит из 10 счётчиков с *PLC*-модемами и четырёх концентраторов с адресами 2004, 2005, 2006, 2007. Данные с концентраторов 2004 и 2005 снимаются через *GSM*-

шлюз, с концентратора 2006 - через *GSM*-модем, а с концентратора 2007 - через *COM*-порт операторского ПК.

Секция *INTERFACE* служит контейнером для объектов *OPTIONS* и *TABLE*. Объект типа *OPTIONS* - это объект, свойства которого определяют дополнительные «глобальные» параметры, необходимые для работы программы. Объект типа *TABLE* представляет собой описание информационной таблицы, располагающейся в главном окне программы, и не имеет собственных свойств, так как его единственная функция - быть контейнером объектов типа *COLUMN* (столбец). Объект типа *COLUMN* описывает один столбец информационной таблицы. Пример файла задания с секцией интерфейса.

#### OBJECTS

```
TYPE=PLC_I_CONCENTRATOR; ADDR=2009
    TYPE=PLC_I_METER; ADDR=1; Квартира=12;
BINDATA=8501000F20000000042112170209
    TYPE=PLC_I_METER; ADDR=4; Квартира=15;
BINDATA=8505000F4C000000040512170209
    TYPE=PLC_I_METER; ADDR=6; Квартира=17;
BINDATA=8506000FFD00000004210C140209
```

#### INTERFACE

```
TYPE=TABLE
    TYPE=COLUMN; WIDTH=30; TITLE=##; VALUE=NUM
    TYPE=COLUMN; WIDTH=31; TITLE=PLC; VALUE=PROPERTY; FILTER=ADDR
    TYPE=COLUMN; WIDTH=62; TITLE=Квартира; VALUE=PROPERTY;
FILTER=Квартира
    TYPE=COLUMN; WIDTH=172; TITLE=Сумма тарифов; VALUE=BINDATA;
FILTER=SUM; Y=2009; M=3
```

Секция *LOG* содержит текстовый лог последнего сеанса опроса системы и формируется программой автоматически.

### **4.4. Задание к лабораторной работе**

1. Подготовить дома таблицы для протокола (образцы таблиц находятся в описаниях к соответствующим опытам в п.4.5)
2. Собрать схему на лабораторном стенде в соответствии со схемой соединений, рекомендации по процессу сборки см. п. 4.5.
3. Списать показания счетчика электрической энергии (см. указания в п. 4.5)
4. Изобразить структурные схемы передачи информации от счетчиков до компьютера (по одной на каждый опыт). Схемы должны удовлетворять следующим требованиям:

- структурная схема должна быть изображена в виде блок-схемы, т.е. ряд прямоугольников соединяется линиями разной толщины;
- количество блоков в схеме зависит от количества оборудования, которое используется для передачи данных;
- утолщенными изобразить линии питания интерфейса;
- над всеми линиями коммуникаций подписать тип технологии, под этими же линиями – расстояние, на которое передается информация.

5. Опросить счетчики, следуя инструкциям, приведенным к каждому опыту в п. 4.5.

#### **4.5. Методические указания по проведению экспериментов**

##### *Изучение счетчика «Меркурий-230»*

Для выполнения этого опыта заранее подготовить табл. 4.2

Счетчик «Меркурий-230» является трехфазным счетчиком электрической энергии, т.е. прибором, обеспечивающим коммерческий и технический учет потребления электроэнергии в трехфазных сетях переменного тока.

Конструктивно счетчик состоит из следующих узлов:

- корпуса;
- контактной колодки;
- защитной крышки контактно колодки;
- устройства управления, измерения и индикации (УУИИ).

УУИИ вместе с контактной колодкой устанавливается в основании корпуса. Кнопки управления индикацией устанавливаются в крышке корпуса и связываются с УУИИ механически.

В качестве датчиков тока в трансформаторе используются токовые трансформаторы, в качестве датчиков напряжения - резистивные делители.

Счетчики могут применяться как автономно, так и в составе АСКУЭ. При автономном использовании показания счетчика списываются с его ЖК-индикатора (ЖКИ). Индикация может быть автоматической и ручной, т.е. параметры, выводимые ЖКИ, автоматически сменяют друг друга (сначала электроэнергия по тарифу 1, потом по тарифу 2 и т.д.) и имеют функцию ручного переключения между ними.

В случае снятия показаний вручную они списываются на лист бумаги персоналом на объекте учета. В данном опыте мы используем для записи показаний табл. 4.2.

Таблица для списывания показаний счетчиков электроэнергии

Активная электрическая энергия, кВт ч			Реактивная электрическая энергия, квар ч			Активная мощность, кВт		
Тариф 1	Тариф 2	Сумма	Тариф 1	Тариф 2	Сумма	Фаза 1	Фаза 2	Фаза 3
0	0	0	0	0	0	0	0	0

Разберем процесс снятия показаний со счетчика в ручную:

1. Снимите показания активной электрической энергии по тарифу 1, 2 и суммарные:

- подойти к счетчику электроэнергии;
- нажимать на кнопку «ВВОД» до тех пор пока в левой части ЖКИ не появится надпись «Т1», а в правой части рядом с цифрой единицы измерения кВт ч;
- занести показания в табл. 4.2;
- повторить две предыдущие операции для тарифа 2 и суммарной электроэнергии (при тарифе 2 индикация будет «Т2», при сумме «СУММА»).

2. Снимите показания реактивной электрической энергии по тарифу 1, 2 и суммарные (выполнить в соответствии с предыдущим пунктом с той разницей, что единицы измерения квар).

3. Снимите мгновенные значения активной мощности с трех фаз сети:

- подойдите к счетчику;
- нажимать кнопку циклического повтора (выглядит как овал, образованный двумя стрелками) пока в нижней части дисплея не окажется надпись «Фаза 1»;
- записать значение в табл. 4.2;
- повторить два предыдущих действия для фазы 2 и 3.

***Опыт 1. «Изучение АСКУЭ с передачей информации от счетчиков электрической энергии до устройства сбора и подготовки данных и далее до компьютера диспетчерского пункта по выделенным проводным каналам связи»***

Для выполнения опыта необходимо подготовить для протокола табл. 4.3 - 4.6 (табл. 4.3 и 4.4 подготовить в двух экземплярах). Примеры заполнения приведены далее. Графы в таблицах, содержащие «-», не заполняются.

**Таблица 4.3****Информация, считанная с вкладки «Мгновенные значения»**

Наименование	Фаза-1	Фаза-2	Фаза-3	Сумма
Активная мощность, Вт	0	0	0	0
Реактивная мощность, вар	0	0	0	0
Полная мощность, ВА	0	0	0	0
Коэф. мощности	0	0	0	0
Напряжение, В	0	0	0	-
Ток, А	0	0	0	-
Угол между фазами 1 и 2	-	-	-	0
Угол между фазами 1 и 3	-	-	-	0
Угол между фазами 2 и 3	-	-	-	0
Частота, Гц	-	-	-	0

**Таблица 4.4****Моменты начала и окончания превышения лимита мощности**

Время начала превышения лимита мощности	Время окончания превышения лимита мощности
00.00.00 (00:00:00)	00.00.00 (00:00:00)
00.00.00 (00:00:00)	00.00.00 (00:00:00)
00.00.00 (00:00:00)	00.00.00 (00:00:00)

**Таблица 4.5****Моменты начала и окончания выхода за пределы минимальных ПДЗ медленных изменений напряжения**

Время выхода	Время возврата
00.00.00 (00:00:00)	00.00.00 (00:00:00)
00.00.00 (00:00:00)	00.00.00 (00:00:00)
00.00.00 (00:00:00)	00.00.00 (00:00:00)

## Показатели потребления электроэнергии

Энергия	Потребление активной энергии, кВт ч	Потребление реактивной энергии, квар ч	Потребление активной энергии на фазе 1, кВт ч	Потребление активной энергии на фазе 2, кВт ч	Потребление активной энергии на фазе 3, кВт ч
Тариф1	0	0	0	0	0
Тариф2	0	0	0	0	0
Тариф3	0	0	0	0	0
Тариф4	0	0	0	0	0
Сумма	0	0	0	0	0
Потери	0	0	-	-	-

Структурная схема опыта представлена на рис. 4.14. Передача данных от счетчиков до УСПД осуществляется посредством CAN-интерфейса, в дальнейшем до компьютера диспетчерского пункта по выделенному проводному каналу (*USB*-проводу). Перечень оборудования, используемого в опыте, приведен в табл. 4.7.

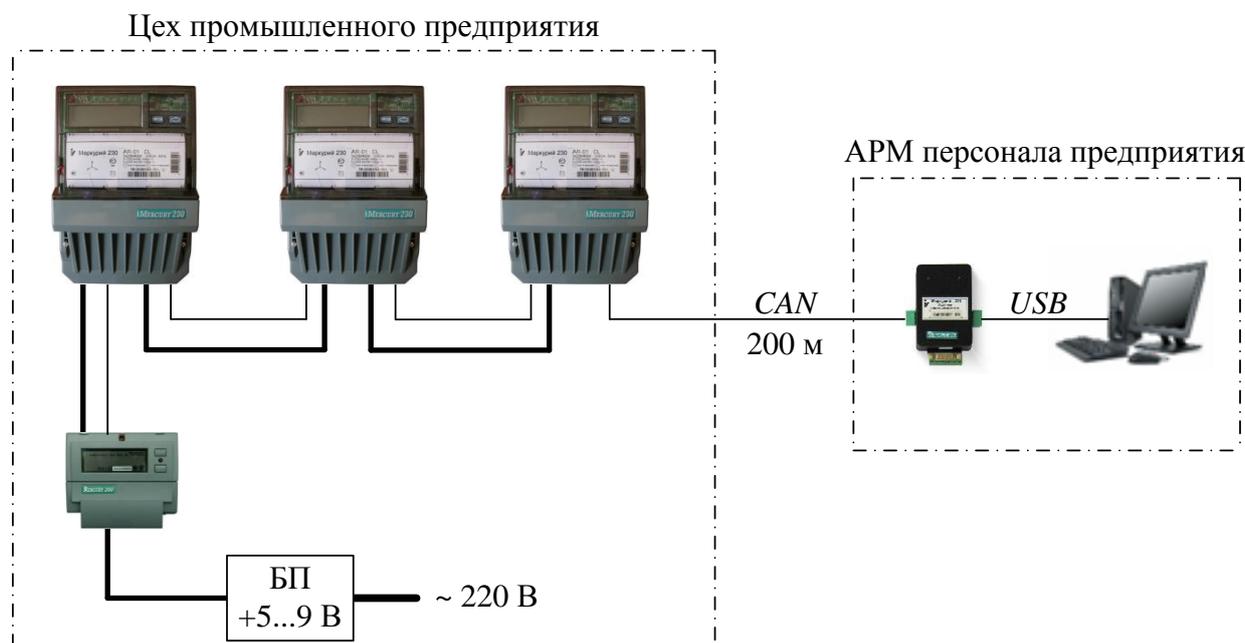


Рис. 4.14. Структурная схема опыта 1:

БП – блок питания

Для сборки схемы требуется выполнить следующие пункты:

- 1) соединить гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом *PE* источника *G1*. Использовать провода желто-зеленого цвета;

2) собрать электрическую схему соединений для проведения опыта (рис. 4.15 и рис. 4.16). Силовую часть схемы выполнить проводами красного цвета, рабочий ноль (*N*) – черного цвета;

3) собрать интерфейсную схему соединений для проведения опыта (рис. 4.15 и рис. 4.16). Клеммы «+» соединить проводами красного цвета, «-» - синего. Соединение блока А13 с преобразователем интерфейса произвести телефонным проводом. Преобразователь интерфейсов соединить с ПК *USB*-проводом.

Таблица 4.7

Перечень аппаратуры для опыта 1

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
A1	Трехфазная трансформаторная группа	347.3	3 x 80 В·А; 242, 235, 230, 126, 220, 133, 127 В/ 230 В (звезда)
A3, A15	Активная нагрузка	306.1	220/380 В; 50 Гц 3x50 Вт;
A2, A16	Индуктивная нагрузка	324.1	220/380 В; 50 Гц 3x40 Вар
A5	Блок трехфазного многотарифного счетчика активной и реактивной электрической энергии для сети 230 В с <i>PLC</i> модемом	546.2	<i>PLC</i> модем <i>CAN</i> -интерфейс Импульсный выход
A6	Блок однофазного многотарифного счетчика активной электрической энергии с <i>PLC</i> модемом	544.2	<i>PLC</i> модем <i>CAN</i> -интерфейс Импульсный выход
A7, A8	Блок однофазного одностарифного счетчика активной электрической энергии с <i>PLC</i> модемом	544.1	<i>PLC</i> модем Импульсный выход
A9	Блок преобразователя интерфейсов	3310	<i>CAN/RS 485/USB</i>
A13	Блок трех трехфазных многотарифных счетчиков активной и реактивной электрической энергии для сети 230 В	-	<i>CAN</i> -интерфейс Импульсный выход
G1, G3	Трехфазный источник питания	201.4	400 В ~; 16 А
G2, G4	Однофазный источник питания	218.9	~220 В; 16 А
	Персональный компьютер		ОС <i>Windows XP</i>

Для опроса счетчиков получения и обработки данных используется программа «Конфигуратор счетчиков «Меркурий». Она предоставляет

данные об объемах потребления активной и реактивной электрической энергии, текущих параметрах электрической сети потребителей (величина тока, напряжения, мощности и др.).

Сетевые адреса для соединения со счетчиком по *CAN*-интерфейсу, а также данные для выполнения заданий указаны в табл. 4.8. Выбор счетчика зависит от варианта вашей группы.

Чтобы осуществить соединение со счетчиком с помощью программы «Конфигуратор счетчиков «Меркурий», необходимо выполнить следующие пункты:

- 1) включить персональный компьютер;
- 2) включить источники *G1* и *G3* нажатием на кнопки «Вкл», расположенные на блоках;
- 3) запустить программу «Конфигуратор счетчиков «Меркурий», ярлык которой находится на рабочем столе компьютера и имеет название «*Mercury*»;
- 4) после запуска программы откроется окно с вкладкой «Параметры связи». Установить соединение со счетчиком. Для соединения необходимо указать следующие данные:
  - нажать на «Тип счетчика» и из списка выбрать «Меркурий-230»;
  - в строке «Сетевой адрес» ввести адрес счетчика, указанный в табл. 4.9 – это последние цифры заводского номера счетчика «Меркурий-230» (например, счетчик марки «Меркурий-230» имеет номер 111864**64**-12, значит его сетевой адрес 64);
  - нажать на «Уровень доступа» и выбрать *Admin*, он имеет пароль 222222 (*User* имеет пароль 111111);
  - в поле «Тип интерфейса» отметить интерфейс *RS-485, CAN*;
  - нажать на «Настройку *COM*-порта» и выбрать тот *COM*-порт, к которому присоединен *USB*-провод преобразователя интерфейсов. Чтобы узнать номер этого *COM*-порта нажать на кнопку «Пуск» и зайти в «Панель управления», далее найти иконку «Система», открывается окно свойств системы. Выбрать вкладку «Оборудование» и зайти в «Диспетчер устройств». Открыть вкладку «Порты» и найти необходимый *COM*-порт;
  - нажать кнопку «Соединить», которая находится внизу вкладки, и установить соединение со счетчиком.

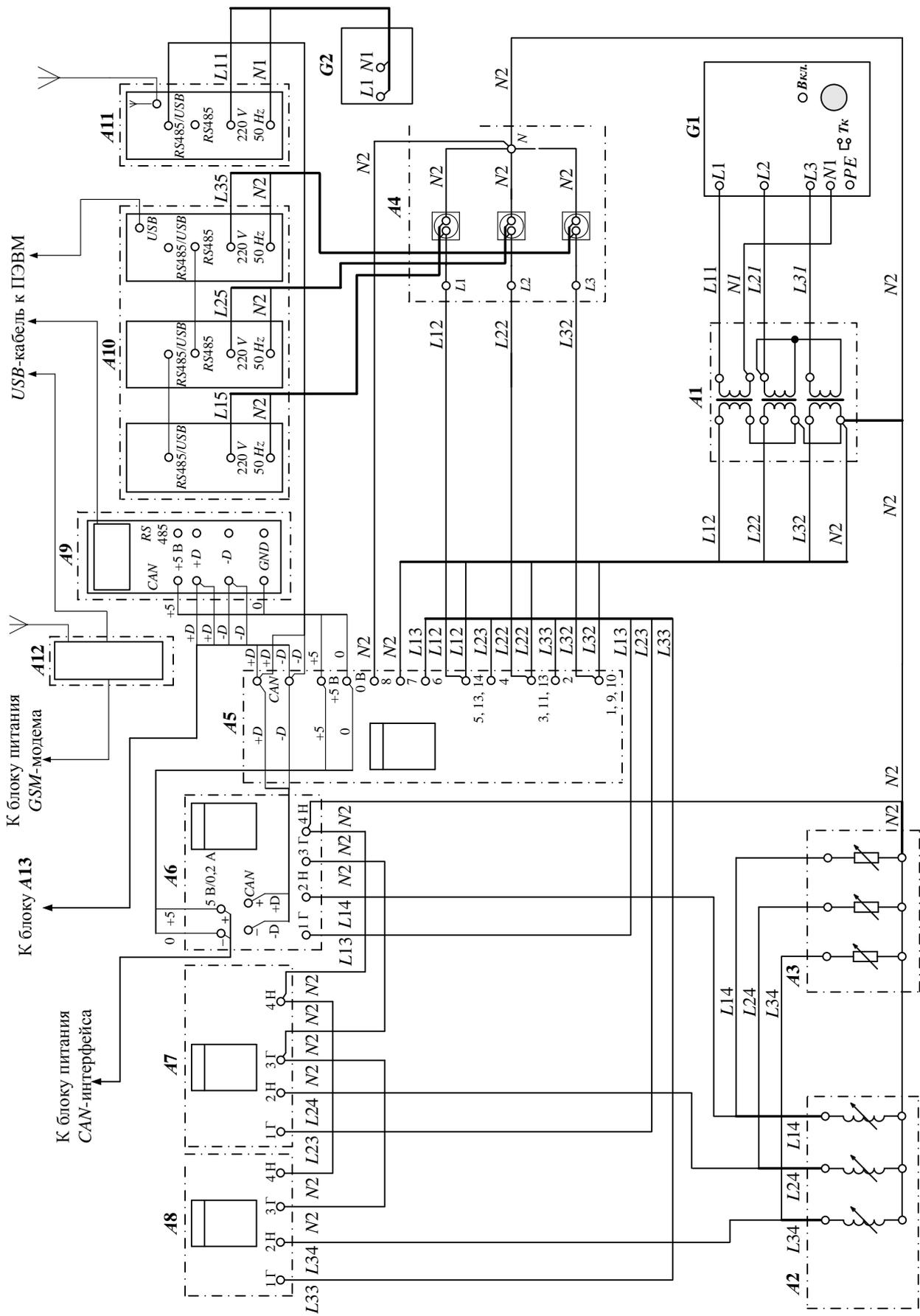


Рис. 4.15. Схема соединений для опыта 1 на первом лабораторном столе

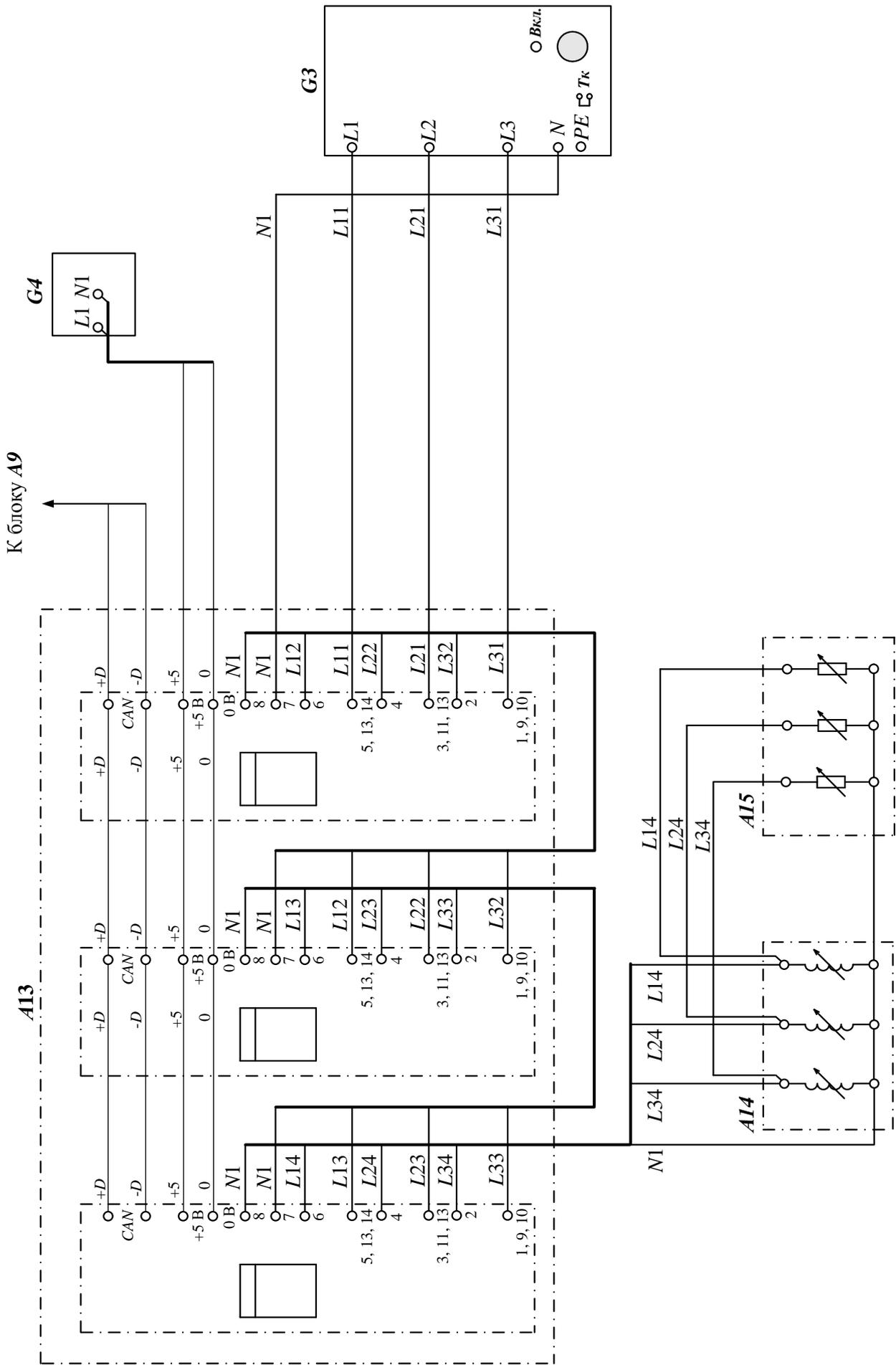


Рис. 4.16. Схема соединений для опыта 1 на втором лабораторном столе

Таблица 4.8

## Исходные данные для выполнения лабораторной работы по вариантам

Вариант		1	2	3	4
Адрес счетчика		64	36	35	86
Лимиты мощности, Вт		30	40	20	35
Лимиты электроэнергии, кВт ч		53	2	1,7	2,5
Медленные изменения напряжения	Предельно допустимые значения (ПДЗ)	242 В			
		198 В			
	Нормально допустимые значения (НДЗ)	231 В			
		209 В			

Когда соединение установлено, пользователь перемещается на вкладку со служебной информацией. Вкладка содержит данные о самом счетчике: серийный номер, версию программного обеспечения, последнее время включения и отключения счетчика и др. Слева в окне программы одна под другой находятся вкладки с различной информацией. Далее для выполнения работы необходимо переключаться между этими вкладками и считывать с них данные.

Пошаговая инструкция по выполнению лабораторной работы:

1. После соединения со счетчиком пользователь оказывается на вкладке «Служебная информация». Нажать на кнопку «Прочитать», которая находится в самом низу вкладки;

2. Слева в окне программы найти вкладку «Индикация» и нажать на нее. Перед вами появятся два столбца «Автоматический режим» и «Ручной режим», а в каждом их них ряд пунктов. Нажать кнопку «Прочитать». Настроить параметры индикации:

- в обоих столбцах поставить галочки напротив пунктов «Потери», «Тариф 1», «Тариф 2», «Тариф 3» и «Тариф 4»;

- чтобы убедиться в правильности настройки индикации подойти к своему счетчику и нажать несколько раз кнопку «ВВОД», просмотреть информацию на дисплее. Если индикация правильная, то он покажет только данные по заданным вами параметрам.

3. Перейти на вкладку «Мгновенные значения». Появится таблица с кнопками «Прочитать» и «Диаграммы» под ней. Использовать информацию с этой вкладки для анализа состояния сети и ее коррекции:

- нажать на кнопку «Прочитать», чтобы таблица заполнилась данными;
- нажать на кнопку «Диаграммы», чтобы получить векторные диаграммы нагрузки;
- перенести полученные данные в табл. 4.3, векторные диаграммы скопировать в файл или сфотографировать для использования в оформлении отчета;
- проанализировать полученные данные на наличие несимметрии в фазах электрической сети;
- при наличии несимметрии подойти к блокам нагрузки и переключением тумблеров скорректировать ее;
- вновь нажать кнопку «Прочитать» и «Диаграммы», все полученные данные занести в соответствующую таблицу, диаграммы сфотографировать или скопировать в электронный файл.

4. Перейти на вкладку «Управление нагрузкой». Данная вкладка поделена на несколько частей – «Лимит мощности» и «Лимит энергии». Задать соответствующие лимиты, используя данные в табл. 4.8.

5. Перейти на вкладку «Журналы». В центре вкладки приведен список событий, наличие или отсутствие которых контролируется счетчиком. Справа расположена информационная таблица, в которой приведены дата и время начала и окончания события. Используя данную вкладку, определить наличие превышения мощности и затем скорректировать нагрузку так, чтобы лимит соблюдался:

- выбрать в списке событий «Время начала/окончания превышения лимита мощности» и нажать кнопку «Прочитать»;
- проанализировать полученные данные (если в столбце «Время начала превышения лимита мощности» есть запись, а в столбце «Время окончания превышения лимита мощности» ее нет, это значит, что лимит в данные момент превышен);
- внести полученные данные в табл. 4.4;
- если лимит мощности превышен, подойти к блокам комплексной нагрузки и переключить тумблеры (поворот против часовой стрелки), чтобы снизить ее до приемлемой величины;
- повторить чтение данных, чтобы убедиться в отсутствии превышения лимита мощности;
- занести данные в соответствующую таблицу.

6. Перейти на вкладку «ПКЭ». Она делится на несколько частей. Справа и сверху находятся окна верхних и нижних предельно и нормально допустимых величин отклонения напряжения и частоты. Ниже приведен ряд событий, характеризующих выхода определенного параметра за пре-

дела. Он имеет название «Журналы выхода / возврата». Справа приведена таблица, показывающая время, когда параметр пересек заданные пределы (превысил или снизился) и вернулся в допустимые пределы. Используя эту вкладку, нужно определить, было ли пересечение нижнего порога предельно допустимого значения медленных изменений напряжения:

- ввести показатели качества электроэнергии в соответствующие окна программы («ПДЗ» и «НДЗ»), величины взять из табл. 4.8;
- поставить галочку напротив события «минимальные ПДЗ напряжения в фазе 1»;
- нажать «Прочитать»;
- перенести данные в табл. 4.5.

7. Перейти на вкладку «Энергия». Она представляет собой таблицу, в которой указано потребление (+) и отдача (-) активной ( $A$ ) и реактивной ( $R$ ) энергии по каждому тарифу, а также суммарное. Под таблицей расположен список временных интервалов, за которые считается электроэнергия (например, энергия от сброса, за последний месяц, год и т.д.). На этой вкладке нужно получить электроэнергию по всем тарифам и убедиться в ее корректности:

- нажать кнопку «Прочитать»;
- сравнить полученные данные со значениями, которые показывает дисплей счетчика, как это уже было сделано в пункте 2 данной инструкции;
- занести в табл. 4.6 полученные показания счетчиков по потреблению активной и реактивной электроэнергии ( $+A$  и  $+R$ ) по всем тарифам, всем фазам и суммарное.

8. Перейти на вкладку «Профиль мощности». Перед вами откроется пустое поле графика изменения мощности во времени. Над ним указаны момент начала и конца интервала, на котором строится график. Под графиком задается период интегрирования. Справа приведены опции работы с вкладкой. Снять часовой профиль электроэнергии:

- в окне «Опции» выделить галочками пункты «Коммерческий учет», «Профиль энергии», «Часовой профиль» и «Режим длинных ответов»;
- задать «период интегрирования» 60;
- задать момент начала интервала, равный моменту начала лабораторной работы;
- задать момент конца интервала, равный моменту начала лабораторной работы плюс час;
- нажать кнопку «Прочитать»;

- полученный график сфотографировать или скопировать в электронный файл.

9. Перейти на вкладку «Слово состояния». Она выглядит, как перечень возможных нарушений в работе счетчика. Напротив каждого нарушения стоит поле маркера (поле, которое может быть отмечено галочкой). Если в поле появляется отметка (галочка), это означает наличие того или иного нарушения. Убедиться, что в работе счетчика нет нарушений, для этого нажать кнопку «Прочитать» и просмотреть пункты вкладки на наличие галочек.

10. Закрывать программу «Конфигуратор счетчиков «Меркурий».

11. Отключить источник G1 или G3 нажатием на кнопку «Выкл».

***Опыт 2. «Изучение АСКУЭ с передачей информации от счетчиков электрической энергии до устройства сбора и подготовки данных по PLC и далее до компьютера диспетчерского пункта по выделенному проводному каналу связи».***

Для выполнения опыта необходимо подготовить для протокола табл. 4.9 в двух экземплярах (второй экземпляр будет использован в опыте 4). Под столбцами «Тариф №» и «Сумма» указывается месяц и год, когда был произведен опрос. Далее этот столбец делится на две части. В левой части пишется дата и время опроса, в правой – результаты опроса. Графы в таблице, содержащие «-», не заполняются. Примеры заполнения приведены далее.

**Таблица 4.9**

**Данные о потребленной счетчиками активной электрической энергии, полученные с помощью программы *BQuark***

PLC	Тип счетчика	Тариф №1		Тариф №2		Сумма	
		Май, 2017		Май, 2017		Май, 2017	
1	«Меркурий-201»	00.00. 00:00	0	----	----	00.00. 00:00	0
2	«Меркурий-201»	00.00. 00:00	0	----	----	00.00. 00:00	0
3	«Меркурий-200»	00.00. 00:00	0	00.00. 00:00	0	00.00. 00:00	0
4	«Меркурий-230»	00.00. 00:00	0	00.00. 00:00	0	00.00. 00:00	0

Структурная схема опыта представлена на рис. 4.17. Передача данных от счетчиков до УСПД осуществляется посредством PLC (по силовой

цепи), в дальнейшем до компьютера диспетчерского пункта по выделенному проводному каналу (*USB*-проводу). Перечень оборудования приведен в табл. 4.10.

Для проведения опыта используем схему, изображенную на рис. 4.15. Так как она была собрана в предыдущем опыте, необходимо только подключить концентраторы к ПК *USB*-проводом.

Для опроса счетчиков, получения и обработки данных используется программа *BQuark*. Она предоставляет данные об объемах потребления активной электрической энергии. Процесс опроса счетчиков происходит в соответствии с написанным файлом задания. Сетевые *PLC*-адреса счетчиков и концентраторов, прописываются в нем же.

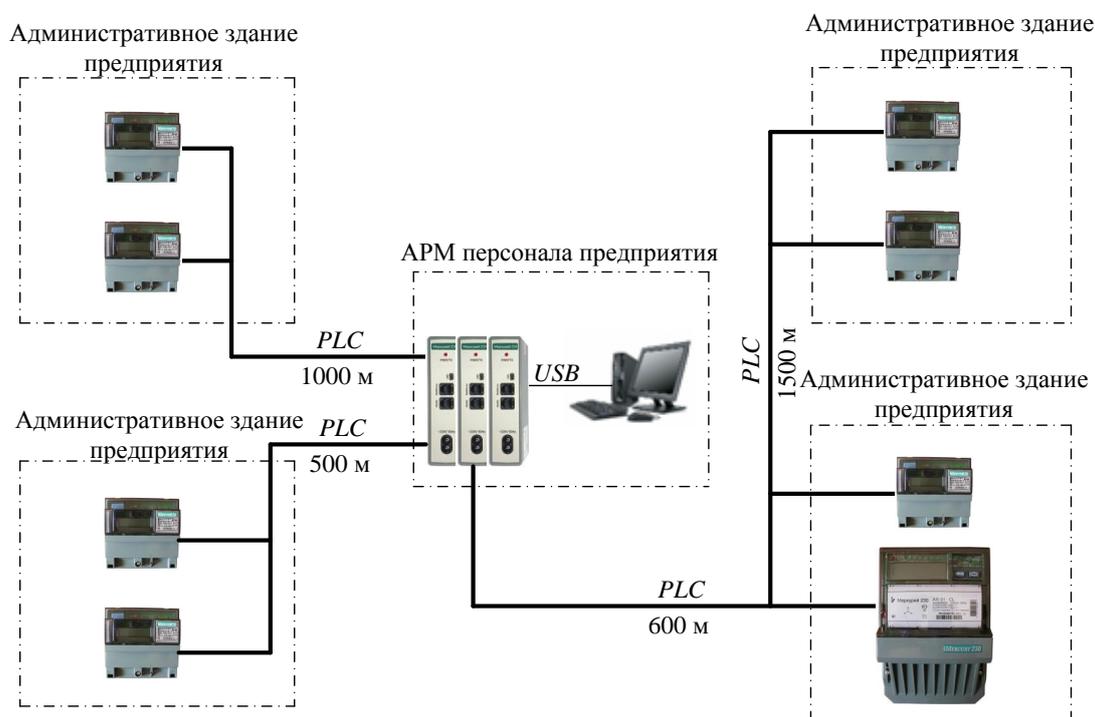


Рис. 4.17. Структурная схема опыта №2

Таблица 4.10

Перечень аппаратуры для опыта 2

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
1	2	3	4
A1	Трехфазная трансформаторная группа	347.3	3 x 80 В·А; 242, 235, 230, 126, 220, 133, 127 В/ 230 В (звезда)
A2	Индуктивная нагрузка	324.1	220/380 В; 50 Гц 3×40 Вар
A3	Активная нагрузка	306.1	220/380 В; 50 Гц 3×50 Вт;

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
A4	Блок фазных розеток	3321	~220 В
A5	Блок трехфазного многотарифного счетчика активной и реактивной электрической энергии для сети 230 В с PLC модемом	546.2	PLC модем CAN-интерфейс Импульсный выход
A6	Блок однофазного многотарифного счетчика активной электрической энергии с PLC модемом	544.2	PLC модем CAN-интерфейс Импульсный выход
A7, A8	Блок однофазного одностарифного счетчика активной электрической энергии с PLC модемом	544.1	PLC модем Импульсный выход
A10	Устройство сбора и подготовки данных по низковольтным электрическим сетям	547	Меркурий 225.1 3 шт.
A13	Блок трех трехфазных многотарифных счетчиков активной и реактивной электрической энергии для сети 230 В	-	CAN-интерфейс Импульсный выход
G1	Трехфазный источник питания	201.4	400 В ~; 16 А
G2	Однофазный источник питания	218.9	~220 В; 16 А
	Персональный компьютер		ОС Windows XP

Чтобы осуществить опрос счетчиков с помощью программы *BQuark*, необходимо загрузить в нее определенный файл задания. Для этого выполните следующие пункты:

1. Включить источники *G1* нажатием на кнопку «Вкл».
2. Запустить программу *BQuark*.
3. Загрузить файл задания *PLC РАБ*:
  - нажать на кнопку «Загрузить», которая имеет иконку открывающейся папки;
  - перед вами появилось окно поиска файла, путь к папке с файлом задания имеет вид Рабочий стол / Файлы задания / *PLC РАБ*;
  - выбрать файл *PLC РАБ*;
  - в окне программы нажать «Запустить»
4. Перед вами открылась пустая таблица данных, вид которой был прописан в файле задания. Для осуществления опроса нажать иконку «Запустить опрос» в левой верхней части строки команд. Она имеет вид овала, образованного двумя стрелками.
5. Записать полученные данные в табл. 4.9.
6. Закрывать программы *BQuark*.
7. Отключить источник *G1* нажатием на кнопку «Выкл».

**Опыт 3. «Изучение АСКУЭ с передачей информации от счетчиков электрической энергии до устройства сбора и подготовки данных по выделенным проводным каналам связи и далее до компьютера диспетчерского пункта по каналу GSM связи».**

Для выполнения опыта необходимо подготовить для протокола табл. 4.11 – 4.13. Примеры заполнения приведены далее. Графы в таблицах, содержащие «-», не заполняются.

**Таблица 4.11**

**Служебные параметры счетчика**

Наименование параметра	Значение параметра
Сетевой адрес	0
Серийный номер	0
Версия ПО	0
Дата изготовления	00.00.00.
Напряжение батареи, В	0
Время последнего включения	00.00.00. (00:00:00)
Время последнего выключения	00.00.00. (00:00:00)
Два датчика тока	нет
Реле	нет

**Таблица 4.12**

**Информация, считанная с вкладки «Мгновенные значения»**

Наименование	$P$ , Вт	$Q$ , вар	$U$ , В	$I$ , А	$F$ , Гц
Значение	0	-	0	0	0

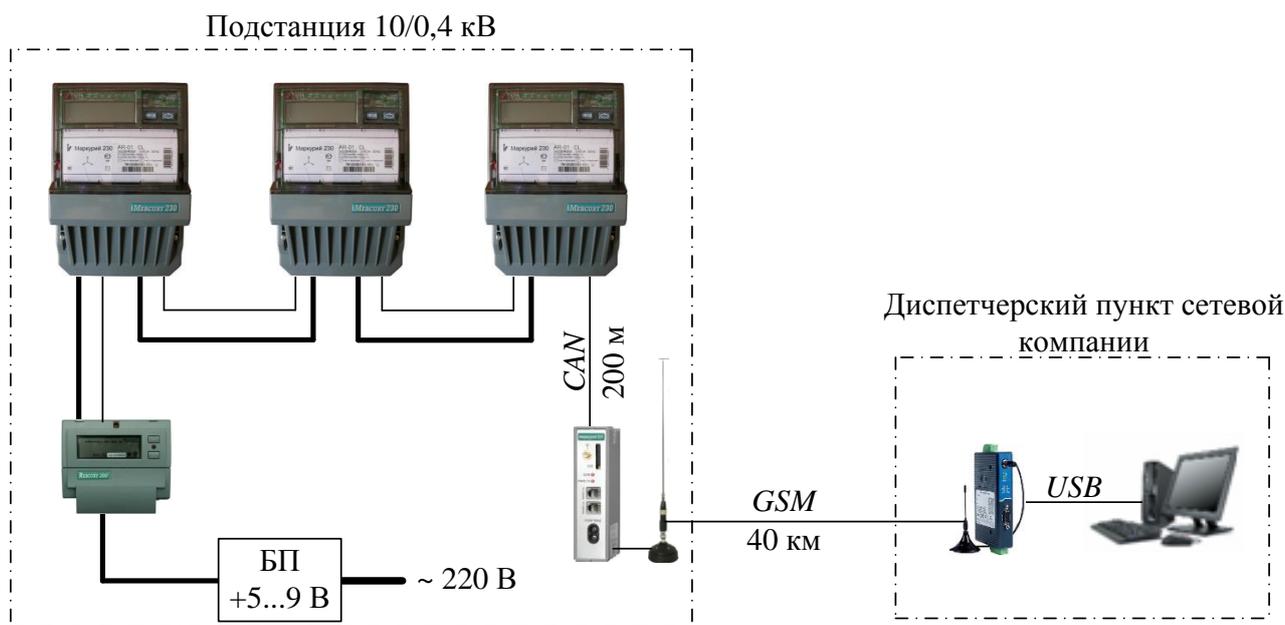
**Таблица 4.13**

**Показатели потребления электроэнергии**

Энергия, кВт · ч	Тариф 1	Тариф 2	Тариф 3	Тариф 4	Сумма
От сброса	0	0	0	0	0
Начало текущ. су-ток	-	-	-	-	-
Начало текущего месяца	-	-	-	-	-
Начало января	0	0	0	0	0
Начало февраля	0	0	0	0	0
Начало марта	0	0	0	0	0
Начало апреля	0	0	0	0	0
Начало мая	0	0	0	0	0
Начало июня	0	0	0	0	0

Структурная схема опыта представлена на рис. 4.18. Передача данных от счетчиков до УСПД осуществляется посредством CAN-интерфейса, в дальнейшем до компьютера диспетчерского пункта по каналу GSM-связи. Перечень оборудования приведен в табл. 4.14.

Для проведения опыта используем схему, изображенную на рис. 4.15. Так как она была собрана в первом опыте, ее сборка не требуется. Опрос производится с персонального компьютера, расположенного в другой аудитории, необходимо только подключить GSM-модем к компьютеру с помощью USB-провода.



**Рис. 4.18. Структурная схема опыта 3:**  
БП – блок питания

**Таблица 4.14**

**Перечень аппаратуры для опыта 3**

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
1	2	3	4
A1	Трехфазная трансформаторная группа	347.3	3 x 80 В·А; 242, 235, 230, 126, 220, 133, 127 В/ 230 В (звезда)
A3, A15	Активная нагрузка	306.1	220/380 В; 50 Гц 3×50 Вт;
A2, A16	Индуктивная нагрузка	324.1	220/380 В; 50 Гц 3×40 Вар

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
1	2	3	4
A5	Блок трехфазного многотарифного счетчика активной и реактивной электрической энергии для сети 230 В с PLC модемом	546.2	PLC модем CAN-интерфейс Импульсный выход
A6	Блок однофазного многотарифного счетчика активной электрической энергии с PLC модемом	544.2	PLC модем CAN-интерфейс Импульсный выход
A7, A8	Блок однофазного одностарифного счетчика активной электрической энергии с PLC модемом	544.1	PLC модем Импульсный выход
A9	Блок преобразователя интерфейсов	3310	CAN/RS 485/USB
A11	Блок GSM-шлюза	548	«Меркурий 228»
A12	Блок GSM-модема	549	Siemens M35i
A13	Блок трех трехфазных многотарифных счетчиков активной и реактивной электрической энергии для сети 230 В	-	CAN-интерфейс Импульсный выход
G1, G3	Трехфазный источник питания	201.4	400 В ~; 16 А
G2, G4	Однофазный источник питания	218.9	~220 В; 16 А
	Персональный компьютер		ОС Windows XP

Для опроса счетчиков, получения и обработки данных используется программа «Конфигуратор счетчиков «Меркурий». Следует обратить внимание на то, что для образования канала GSM-связи необходимо наличие двух SIM-карт (одной в GSM-модеме, другой в GSM-шлюзе). Модем набирает номер телефона той SIM-карты, которая находится в шлюзе, устанавливается канал связи, и полученные от счетчиков данные передаются через модем на ПК.

Передача информации по каналу GSM-связи будет стоить некоторой денежной суммы, которая находится на счету SIM-карты GSM-модема и зависит от количества этой информации (ориентировочно составляет 16 руб., в зависимости от мобильного оператора). В ходе приобретения SIM-карты, необходимо обратить внимание на то, что через определенное время они могут быть заблокированы оператором сотовой связи, что вызывает необходимость раз в три месяца извлекать их из стенда и делать звонок на любой номер.

В данном опыте производится опрос только однофазного счетчика «Меркурий-200».

Чтобы осуществить соединение со счетчиком, с помощью программы «Конфигуратор счетчиков «Меркурий» необходимо выполнить следующие пункты:

1. Включить персональный компьютер.
2. Включить источники *G1* и *G3* нажатием на кнопки «Вкл», расположенных на блоках.

3. Запустить программу «Конфигуратор счетчиков «Меркурий», ярлык которой находится на рабочем столе компьютера и имеет название *Mercury*.

4. После запуска программы откроется окно с вкладкой «Параметры связи». Установить соединение со счетчиком. Для соединения необходимо указать следующие данные:

- нажать на «Тип счетчика» и из списка выбрать «Меркурий-200»;
- в строке «Сетевой адрес» ввести адрес счетчика, в случае с «Меркурий-200» им будут являться последние шесть цифр заводского номера, т.е. 526664;

- нажать на «Уровень доступа» и выбрать *Admin*, он имеет пароль 222222 (*User* имеет пароль 111111);

- в поле «Тип интерфейса» отметить интерфейс *GSM*-шлюз;

- указать в соответствующем поле номер *SIM*-карты, установленной в *GSM*-шлюзе на стенде, а именно 89302768932;

- нажать на «Настройку *COM*-порта» и выбрать тот *COM*-порт, к которому присоединен *USB*-провод преобразователя интерфейсов. Чтобы узнать номер этого *COM*-порта, нажать на кнопку «Пуск» и зайти в «Панель управления», далее найти иконку «Система», открывается окно свойств системы. Выбрать вкладку «Оборудование» и зайти в «Диспетчер устройств». Открыть вкладку «Порты» и найти необходимый *COM*-порт;

- обязательно убрать галочку рядом со строчкой «Эхо»;

- в поле «Время ожидания ответа» ввести 10000 с;

- нажать кнопку «Соединить», которая находится внизу вкладки, и установить соединение со счетчиком.

Когда соединение установлено, пользователь перемещается на вкладку со служебной информацией. Данная вкладка содержит данные о самом счетчике: серийный номер, версию программного обеспечения, последнее время включения и отключения счетчика и др. Слева в окне программы одна под другой находятся вкладки с различной информацией. Далее для выполнения работы необходимо переключаться между этими вкладками и считывать с них данные.

Пошаговая инструкция по выполнению лабораторной работы:

1. Находясь на вкладке «Служебная информация», нажать кнопку «Прочитать» в нижней части окна программы. Занести данные с этой вкладки в табл. 4.11.

2. Перейти на вкладку «Мгновенные значения». Перед вами появится таблица с кнопками «Прочитать» и «Диаграммы» под ней. Заполните эту таблицу данными, нажатием кнопки «Прочитать». Занести информацию в табл. 4.12.

3. Перейти на вкладку «Энергия». Она представляет собой таблицу, в которой указано потребление активной электрической энергии по каждому тарифу, по месяцам же суммарное потребление. На этой вкладке нужно получить электроэнергию по всем тарифам и убедиться в ее корректности:

- нажать кнопку «Прочитать»;
- сравнить полученные данные со значениями, которые показывает дисплей счетчика, для этого нажать на кнопку «ВВОД» несколько раз, просматривая информацию на дисплее;
- занести в табл. 4.13 полученные показания счетчиков.

4. Разорвать GSM-соединение, нажатием на кнопку «Разорвать соединение» в левом верхнем углу окна программы.

5. Закрыть программу «Конфигуратор счетчиков «Меркурий»

#### ***Опыт 4. «Изучение АСКУЭ с передачей информации от счетчиков электрической энергии до устройства сбора и подготовки данных по PLC и далее до компьютера диспетчерского пункта по каналу GSM связи»***

Для выполнения опыта необходимо подготовить для протокола таблицу, как это было сделано в опыте 2.

Структурная схема опыта представлена на рис. 4.19 Передача данных от счетчиков до УСПД осуществляется посредством PLC, в дальнейшем до компьютера диспетчерского пункта по каналу GSM-связи. Перечень оборудования приведен в табл. 4.15.

Для проведения опыта используем схему, изображенную на рис. 4.15. Так как она была собрана в первом опыте, ее сборка не требуется. Опрос производится с персонального компьютера, расположенного в другой аудитории, необходимо только подключить GSM-модем к компьютеру с помощью USB-провода.

Чтобы осуществить опрос счетчиков, с помощью программы *BQuark* необходимо загрузить в нее определенный файл задания. Для этого выполните следующие пункты:

1. Запустить программу *BQuark*.
2. Загрузить файл задания *GSM РАБ*:
  - нажать на кнопку «Загрузить», которая имеет иконку открывающейся папки;
  - перед вами появилось окно поиска файла, путь к папке с файлом задания имеет вид Рабочий стол / Файлы задания / *GSM РАБ*;
  - выбрать файл *GSM РАБ*;
  - в окне программы нажать «Запустить»
3. Перед вами открылась пустая таблица данных, вид которой был прописан в файле задания. Для осуществления опроса нажать иконку «Запустить опрос» в левой верхней части строки команд. Она имеет вид овала, образованного двумя стрелками.
4. Записать полученные данные в табл. 4 9.
5. Закрыть программы *BQuark*.
6. Отключить источник *G1* нажатием на кнопку «Выкл».

**Таблица 4.15**

**Перечень аппаратуры для опыта 4**

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
1	2	3	4
<i>A1</i>	Трехфазная трансформаторная группа	347.3	3 x 80 В·А; 242, 235, 230, 126, 220, 133, 127 В/ 230 В (звезда)
<i>A3</i>	Активная нагрузка	306.1	220/380 В; 50 Гц 3×50 Вт;
<i>A2</i>	Индуктивная нагрузка	324.1	220/380 В; 50 Гц 3×40 Вар
<i>A4</i>	Блок фазных розеток	3321	~220 В
<i>A5</i>	Блок трехфазного многотарифного счетчика активной и реактивной электрической энергии для сети 230 В с <i>PLC</i> модемом	546.2	<i>PLC</i> модем <i>CAN</i> -интерфейс Импульсный выход
<i>A6</i>	Блок однофазного многотарифного счетчика активной электрической энергии с <i>PLC</i> модемом	544.2	<i>PLC</i> модем <i>CAN</i> -интерфейс Импульсный выход
<i>A7, A8</i>	Блок однофазного одностарифного счетчика активной электрической энергии с <i>PLC</i> модемом	544.1	<i>PLC</i> модем Импульсный выход

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
1	2	3	4
A9	Блок преобразователя интерфейсов	3310	CAN/RS 485/USB
A11	Блок GSM-шлюза	548	«Меркурий 228»
A12	Блок GSM-модема	549	Siemens M35i
A13	Блок трех трехфазных многотарифных счетчиков активной и реактивной электрической энергии для сети 230 В	-	CAN-интерфейс Импульсный выход
G1	Трехфазный источник питания	201.4	400 В ~; 16 А
G2	Однофазный источник питания	218.9	~220 В; 16 А
	Персональный компьютер		ОС Windows XP

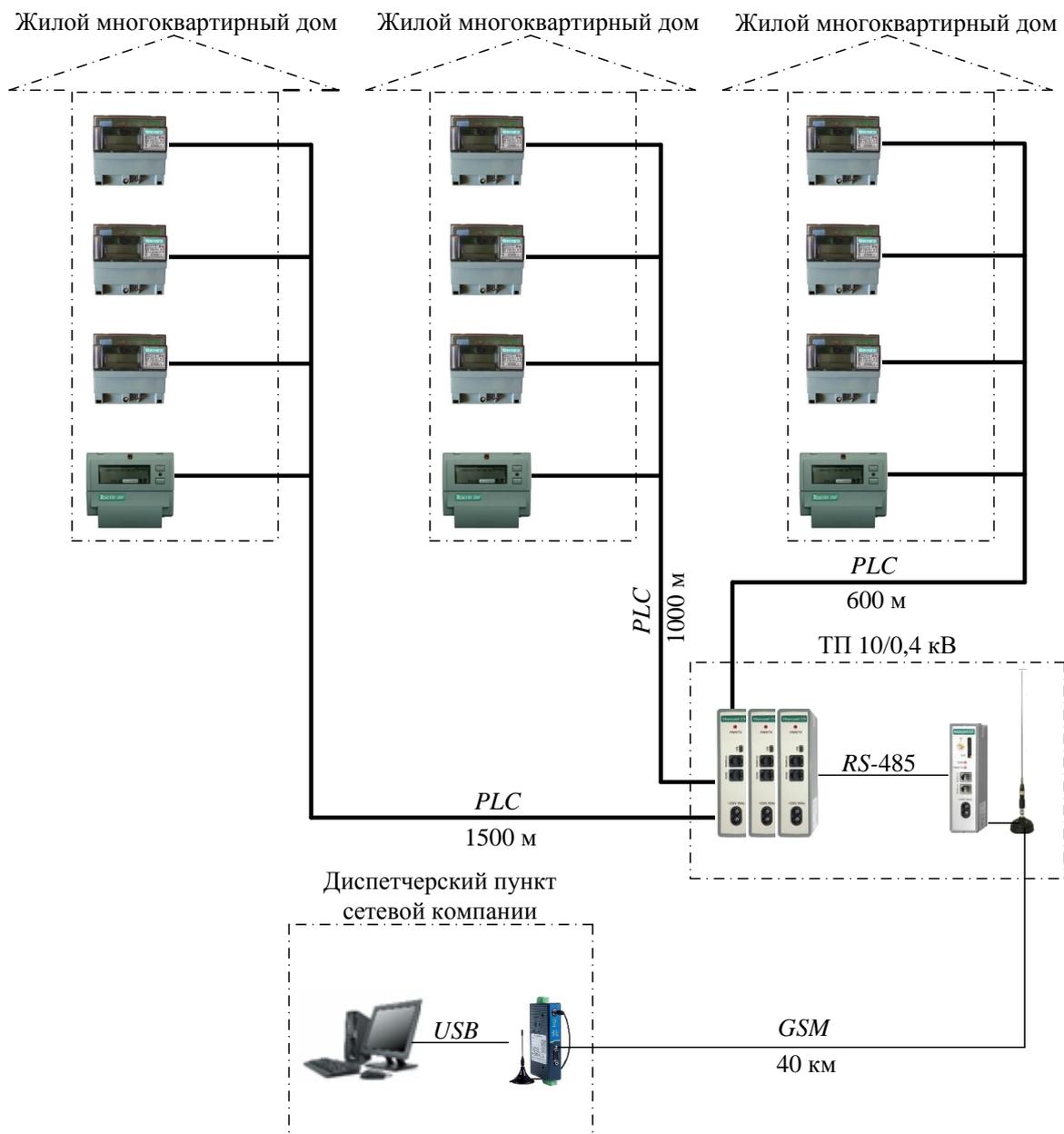


Рис. 4.19. Структурная схема опыта 4

## 4.6. Требования к выполнению отчета

Отчет должен включать в себя следующее содержание:

- 1) цель работы;
- 2) опыт 1;
- 3) опыт 2;
- 4) опыт 3;
- 5) опыт 4;
- 6) вывод

Кроме вывода по всей лабораторной работе, делаются выводы по каждому опыту.

Каждый опыт должен включать следующую информацию:

- по каким интерфейсам происходит передача данных от счетчиков до компьютера (пояснить по структурной схеме передачи информации к опыту);
  - структурная схема передачи информации;
  - описание хода лабораторного опыта с приведением полученных таблиц и рисунков (описать, какие данные удалось получить с каждой вкладки, какие решения были приняты на основе этой информации);
  - вывод, в котором кратко отражена проделанная работа, особенности интерфейса (скорость передачи, скорость соединения со счетчиком), где может использоваться АСКУЭ такого типа.

В выводе по всей работе отразить следующие моменты:

- указать, что было изучено;
- сравнить коммуникационные технологии, используемые в лабораторной работе, указать их преимущества и недостатки, сделать вывод, в каких случаях может использоваться та или иная технология;
- сравнить программное обеспечение, используемое в лабораторной работе (его функционал), сделать вывод, в каких случаях может использоваться то или иное программное обеспечение.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Счетчики электрической энергии. Виды счетчиков и их характеристика.
2. Назначение АСКУЭ.
3. Физически реализуемые протоколы.
4. Технология PLC, принцип действия, область применения, особенности.
5. Состав АСКУЭ.
6. Преобразование аналогового сигнала в цифровом счетчике.
7. Основные технико-экономические показатели.
8. Сетевые устройства, выполняющие функции УСПД, и их принцип действия.
9. Радиотехнологии, их преимущества и недостатки.
10. Требования к программному обеспечению АСКУЭ.
11. Требования к техническому обеспечению АСКУЭ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила устройства электроустановок. - 7-е изд. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003.
2. Об электроэнергетике: Федеральный закон от 26 марта 2003 г. №35-ФЗ // Консорциум кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] - URL: <http://docs.cntd.ru/document/901856089>.
3. Об энергосбережении: Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. №261-ФЗ // Консорциум кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] - URL: <http://docs.cntd.ru/document/902186281>.
4. ГОСТ 8.009-84: Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений // Консорциум кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] - URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004505/>.
5. РД 34.11.114-98: Учет электрической энергии и мощности на энергообъектах. Автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии и мощности. Основные нормируемые метрологические характеристики. Общие требования // Консорциум кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] - URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200029930>.
6. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей: Утверждены Приказом Минэнерго от 13.01.03 №6 // Консорциум кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] - URL: <http://docs.cntd.ru/document/901839683/>.
7. Правила учета электрической энергии: Утверждены Минтопэнерго 19.09.96. // Консорциум кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] - URL: <http://docs.cntd.ru/document/9032141>.
8. Типовой стандарт «Техническая политика. Системы учета электрической энергии с удаленным сбором данных оптового и розничного рынков электрической энергии на объектах дочерних и зависимых обществ ОАО «Россети».- М., 2014.
9. Кузнецов, Е.П. Организация и средства учета энергоносителей – учеб. пособие / Е.П. Кузнецов, Г.И. Сарпов – СПб., 2001. – 53 с.
10. Создание АИИС КУЭ // ИК «Энергоаудитконтроль». [Электронный ресурс] - URL:<http://www.ackye.ru/activities/aiskue/>.

11. АСКУЭ современного предприятия // ЭНЕРГОУЧЕТ: сайт предприятия по созданию АСКУЭ. [Электронный ресурс] - URL: <http://www.eu.sama.ru/askue.html>
12. Вагин, Г.Я. Учет энергоресурсов: комплекс учебно-методических материалов / Г.Я. Вагин, А.М. Мамонов. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2014.-107 с.
13. Еремина, М.А Развитие автоматизированных систем коммерческого учета энергоресурсов (АСКУЭ) // Молодой ученый. – 2015. – №3. – С. 135-138.
14. Данилин, А.В. Цифровая подстанция. Подходы к реализации // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение. – 2012. – №3. – С. 96-101.
15. Простые методы модуляции, реализуемые в УПС при работе по ТЧ // РЧЦ МО: АНО «Радиочастотный центр МО». 2014. [Электронный ресурс] - URL: <http://www.rfcmd.ru>.
16. Техподдержка Инкотекс // Блог посвященный вопросам эксплуатации счетчиков электроэнергии «Меркурий» [Электронный ресурс] - URL: <http://incotex-support.blogspot.ru/2013/03/bquark.html>
17. Гардин, А.И. Универсальный стенд по изучению автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии // Труды НГТУ – 2017. – №1. – С. 90-97.

**ЛОСКУТОВ АЛЕКСЕЙ БОРИСОВИЧ  
ГАРДИН АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ  
ЛОСКУТОВ АНТОН АЛЕКСЕЕВИЧ**

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА  
КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

**Редактор Т.В. Третьякова**  
Компьютерный набор и верстка авторов

Подписано в печать 25.09.2018. Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л 5,5.  
Тираж 100 экз. Заказ \_\_\_\_.

---

Нижегородский государственный технический университет  
им. Р. Е. Алексеева.

Типография НГТУ.

Адрес университета и полиграфического предприятия:  
603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.