

*Ежедневно и чуть ли не ежеминутно  
прошлое подгонялось под настоящее...  
И не было никакого способа доказать  
потом подделку.*

Джордж Оруэлл

# КОММЕРЧЕСКИЙ УЧЁТ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Анатолий Кожевников, Валерий Сафронов, Лев Прокопенко,  
Игорь Ерохин

Рассматривается комплекс программно-технических средств для построения систем коммерческого учета энергоресурсов и диспетчерского управления энергопотреблением промышленных предприятий – КПТС «Дельта».

**С** течением времени актуальность проблем, связанных с учетом энергоресурсов, возрастает, и, несмотря на спад в промышленности, появляются все новые и новые объекты, оснащенные различными системами учета энергоресурсов.

Во всем разнообразии предлагаемых вариантов систем учета энергоресурсов достаточно мала доля законченных АСКУЭ, предлагающих комплексное решение проблемы ведения коммерческого учета энергоресурсов на предприятии. Как правило, к коммерческому учету энергоресурсов может быть допущена датчиковая аппаратура и изредка преобразователи, используемые в полевом уровне системы (очевидно, что наличие сертификата на допустимость применения этого «железа» в целях коммерческого учета обязательно). Ну а все остальное, как правило, делается или в рамках одной из множества SCADA-систем, или предприятие разрабатывает собственное ПО для автоматизации процесса учета. В этом случае система жестко привязывается к конкретному предприятию, часто не отвечает требованиям коммерческого учета и в резуль-

тате используется только для технического учета энергоресурсов и диспетчерского управления.

Разработанный НИИАИТ совместно с «Пензаэнерго» КПТС «Дельта» является попыткой комплексного решения проблемы коммерческого учета на предприятии. КПТС позволяет строить системы для предприятий различного масштаба с варьирующимся набором выполняемых функций.

Основное назначение КПТС «Дельта» – построение систем коммерческого и технического учета, диспетчерского наблюдения, оперативного контроля и управления энергообеспечением. Но с таким же успехом возможно построение систем охранной сигнализации, автоматизации различных испытательных стендов, например, автоматизации процесса приемо-сдаточных испытаний турбокомпрессоров для наддува двигателей внутреннего сгорания.

КПТС позволяет производить учет как электрической, так и тепловой энергии с водой и водяным паром, потребления горячей и холодной воды, перегретого пара в соответствии с «Правилами учета тепловой энергии и теплоносителя» (ред. 1995 года). Заложенный в про-

граммное обеспечение КПТС механизм позволяет пользователю создавать собственные алгоритмы обработки данных, проводить их отладку и использовать как в техническом учете, так и в коммерческом. В последнем случае алгоритм обработки согласовывается с представителем Госэнергонадзора (или другой надзорной организации) и защищается от изменения специальным механизмом.

КПТС может быть использован для построения широкой гаммы систем, от одноуровневой до четырехуровневой с выполнением различного набора функций, в том числе функций коммерческого учета, оперативного наблюдения, анализа аварийных ситуаций, формирования архива процессов, контроля и управления.

КПТС включает в себя набор разнообразных средств получения информации от удаленных объектов, позволяющих вести обмен данными по радиоканалам, телефонным коммутируемым линиям, выделенным телефонным линиям, каналам связи локальных вычислительных сетей.

Нами постоянно производится расширение набора функций, выполняе-

мых в составе КППС, с целью наиболее полного удовлетворения требований пользователей системы.

Особенностями описываемого КППС являются:

- метод сбора и передачи, позволяющий при помощи одного IBM PC совместимого микроконтроллера осуществлять сбор аналоговой и цифровой информации с объекта, оснащенного датчиками в количестве до 768 штук с периодом не более 1,5 секунды (патент RU 2013808 C1 «Устройство для сбора, преобразования и передачи аналоговой информации»);
- возможность применения в составе системы произвольных устройств сбора данных, использующих последовательные интерфейсы (RS-232, RS-485 и др.);
- включение в состав КППС SCADA-систем для расширения ее функций и снижения затрат на разработку программного обеспечения;
- высокая надежность и помехоустойчивость, достигаемая использованием частотных методов передачи данных, непрерывной диагностикой работоспособности блоков сбора данных, контроля состояния линий связи, резервированием технических и программных средств;
- использование методов математической статистики для повышения достоверности результатов измерения;
- включение в состав системы интерпретатора языка высокого уровня, дающего возможность пользователю производить описание процесса обработки данных (при отсутствии в библиотеке требуемых алгоритмов обработки), его согласование и использование в дальнейшем в целях расчета параметров коммерческого учета;
- открытая архитектура программных и аппаратных средств, позволяющая заказчику самостоятельно изменять структуру системы (увеличивать или уменьшать количество точек учета, вводить в процессе эксплуатации системы новые алгоритмы обработки данных, формировать информационные экраны, создавать различного рода отчетные документы);
- совмещение функций системы коммерческого учета с функциями системы диспетчерского управления значительно снижает стоимость системы в сравнении со стоимостью двух различных систем (как при монтаже, так и в эксплуатации);
- возможность построения на базе КППС как распределенной локальной системы учета и АСУ предприятия, так

и распределенной системы учета энергоресурсов в рамках нескольких предприятий;

- отсутствие специальных требований к подготовке обслуживающего систему персонала;
- простота технического обслуживания и ремонта, которые обеспечиваются входящими в состав КППС диагностическими и тестовыми программами. Проверка работоспособности блоков сбора данных и их настройка производится в составе функционирующей системы без нарушения ее работоспособности в целом;
- аттестация и поверка измерительных каналов производится в автоматическом режиме без отключения оборудования с использованием входящих в комплект поставки пулгов;
- автоматическое выполнение загрузки данных и ведение базы учетных данных в реальном времени;
- защита данных коммерческого учета от несанкционированного изменения, автоматическое формирование признака нарушения правил коммерческого учета при генерации документов коммерческого учета.

По результатам испытаний с целью утверждения типа средств измерений комплекс внесен в Государственный Реестр средств измерений России за № 15013-95 как комплекс программно-технических средств для управления энергообеспечением и коммерческого учета энергии и энергоносителей. На комплекс имеется необходимая конструкторская, техническая и эксплуатационная документация.

Система выполняет ряд специфических задач коммерческого учета, таких как защита алгоритмов обработки и данных коммерческого учета, проверка времени непрерывной работы оборудования, генерация признаков нарушения правил коммерческого учета, проведение поверки и проверки работы оборудования и механизма преобразования данных, ведение архивов данных и многое другое.

Программное обеспечение КППС «Дельта» для простых локальных систем функционирует в среде MS-DOS, а для сложных распределенных систем в среде OS/2.

#### **Пример построения локальной АСКУЭ с использованием КППС «Дельта»**

Система имеет в своем составе четыре уровня обработки данных и предоставления информации пользователю.

#### **Полевой уровень**

Включает в себя все аппаратные средства системы, предназначенные для преобразования физических величин в электрические сигналы, воспринимаемые нижним уровнем системы. В полевой уровень входят датчики, нормализующие преобразователи, мультиплексоры, контроллеры с программируемой логикой, источники питания и другое необходимое оборудование. Кроме того, в полевой уровень системы входят элементы управления технологическими процессами.

#### **Нижний уровень системы**

Включает в себя IBM PC совместимое микропроцессорное устройство (устройства) нижнего уровня, задачей которого является сбор данных от полевого уровня системы и управление его работой. Нижний уровень обеспечивает сбор данных, их первичную обработку и хранение в энергонезависимой памяти для последующей передачи верхнему уровню системы. Передача данных от нижнего уровня верхнему осуществляется по поддерживаемым нижним уровнем каналам связи, к которым относятся

- нуль-модемная связь с использованием интерфейса RS-232;
- коммутируемая телефонная связь с использованием модема;
- радиосвязь с использованием радиомодема;
- связь с использованием выделенной телефонной линии;
- связь с использованием средств локальной вычислительной сети.

Кроме того, в отдельных случаях возможна передача учетных данных с помощью магнитных носителей информации, таких как дискета, переносной компьютер, при наличии в составе системы удаленных локальных узлов учета, каналы связи с которыми отсутствуют.

При необходимости нижний уровень системы позволяет отображать ход процесса сбора данных и значения, полученные в результате их обработки, на экране монитора персонального компьютера. Кроме того, обеспечивается предоставление информации о состоянии каналов связи и используемого для хранения учетной и другой информации дискового накопителя.

#### **Верхний уровень системы**

Верхний уровень системы образован рядом автоматизированных рабочих мест, которые объединены в локальную вычислительную сеть.

- К задачам верхнего уровня относятся
- получение от нижнего уровня системы учетных данных и данных теленаблюдения по имеющимся каналам связи;
  - получение данных теленаблюдения от других локальных систем учета в соответствии с оговоренными протоколами предоставления данных;
  - вторичная обработка полученных данных в соответствии с заданными пользователем алгоритмами;
  - ведение базы учетных данных и формирование элементов защиты данных коммерческого учета;
  - ведение вторичной базы данных для пользователей административного уровня системы;
  - формирование и отправка данных теленаблюдения в адрес других систем учета в соответствии с оговоренными протоколами предоставления данных;
  - предоставление пользователям системы данных теленаблюдения;
  - предоставление данных теленаблюдения пользователям удаленных станций наблюдения;
  - формирование и подготовка команд управления, их отправка соответствующему адресату нижнего уровня с последующим контролем исполнения;
  - ведение протоколов функционирования системы;
  - проведение расчетов с целью формирования документов коммерческого и технического учета;
  - поддержка проведения работ по поверке системы, описанию измерительных каналов системы, описанию параметров системы, в том числе алгоритмов обработки данных, анализу работы каналов связи, их конфигурации и переназначению, обеспечению достоверности данных, их восстановлению, обслуживанию баз данных;
  - формирование различных документов, касающихся описания системы, ее измерительных каналов и параметров.

## Административный уровень системы

К административному уровню системы условно относится существующая локальная вычислительная сеть предприятия. В общем случае наличие этого уровня системы необязательно и определяется существующей инфраструктурой предприятия. Отдельные рабочие станции этой сети имеют возможность обработки вторичной базы данных, формируемой верхним уровнем системы. При этом пользователь рабочей станции имеет возможность

- вести наблюдение за состоянием объектов, обслуживаемых системой;
- получать информацию о состоянии оборудования системы;
- производить расчет интегральных характеристик работы обслуживаемых системой объектов.

При наличии на административном уровне системы коммуникационного сервера или его аналога возможно ведение межсетевое обмена данными теленаблюдения и учета как в виде произвольных текстовых файлов, так и в виде взаимосогласованных протоколов предоставления данных.

Общая структурная схема локальной системы учета и управления энергообеспечением отдельного предприятия в полной комплектации представлена на рис. 1.

Далее приведено краткое описание некоторых элементов локальной системы учета.

**Датчик** – преобразователь физической величины в эквивалентный электрический сигнал.

**Исполнительный орган** – устройство, передающее воздействие физической среде.

**Преобразователь** – устройство преобразования выходного электрического сигнала датчика в пропорциональ-

ный электрический сигнал, принятый в системе. Кроме того, данное устройство может выполнять функцию мультиплексирования, а при установке контроллера – функции сбора данных и управления.

**Контроллер**, цифровой вычислитель представляет собой микропроцессорное устройство, поддерживающее работу полевого уровня системы и каналообразующей аппаратуры. В качестве контроллера нижнего уровня может быть использован любой контроллер, обладающий требуемыми характеристиками для системы учета и управления. В общем случае контроллер обеспечивает возможность автономного, без связи с верхним уровнем, функционирования системы с сохранением учетной информации на дисковом накопителе. При организации или возобновлении связи с верхним уровнем системы производится передача в его адрес накопленной информации.

**Рабочая станция оператора НУ** применяется в отдельных случаях на

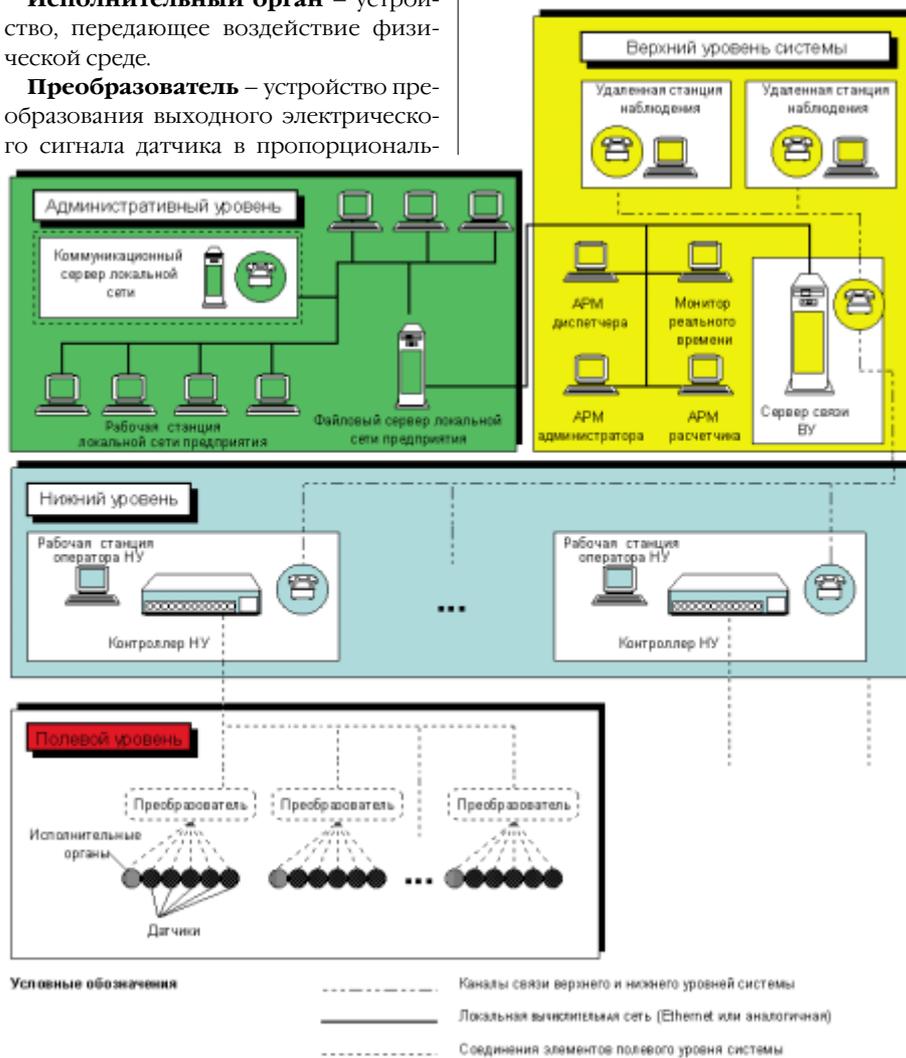


Рис. 1. Общая структурная схема локальной системы учета

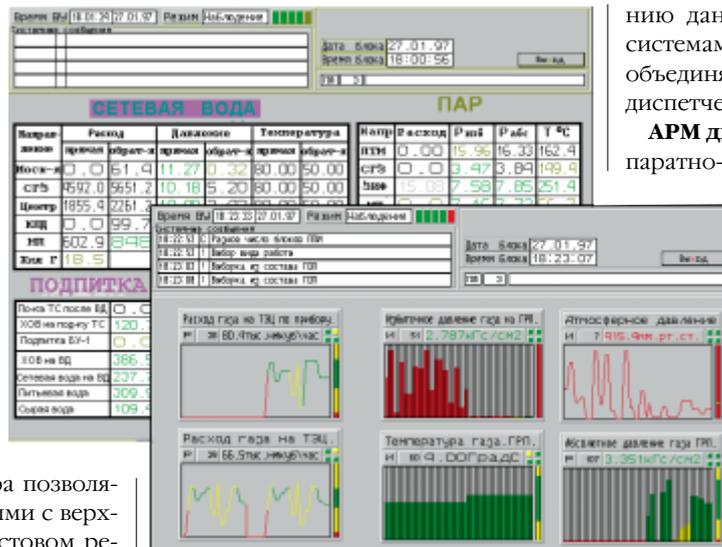
нижнем уровне системы для визуализации процесса измерения и проведения настройки элементов нижнего и полевого уровней системы. Рабочая станция может быть переносной и использоваться в качестве штатного средства обслуживания системы (в частности, при использовании в системе контроллеров с программируемой логикой), а также для сбора данных от автономных элементов нижнего уровня системы.

Рабочая станция оператора позволяет производить обмен данными с верхним уровнем системы в текстовом режиме. После выполнения соответствующей настройки она позволяет выводить оператору сообщения об аварийных ситуациях на обслуживаемом объекте, нарушениях связи с верхним уровнем и других.

**Каналообразующая аппаратура НУ** является частью нижнего уровня системы и позволяет использовать для работы один основной и один резервный канал связи (по выбору: коммутируемая телефонная, выделенная телефонная, радиосвязь и нуль-модемная связь). Установка канала связи в качестве резервного или основного производится при конфигурировании нижнего уровня системы. При использовании локальной вычислительной сети все эти каналы связи находятся в отключенном состоянии и на работу системы влияния не оказывают.

**Сервер связи верхнего уровня** служит для поддержания связи с удаленными модулями нижнего уровня системы, связь с которыми осуществляется с использованием коммутируемых и/или выделенных телефонных линий, радио и нуль-модемной связи (при числе нижних уровней больше одного). Сервер связи обеспечивает функционирование удаленных станций наблюдения, являясь для них источником данных теленаблюдения. Кроме того, сервер связи используется для обмена данными теленаблюдения с аналогичными системами учета и управления по взаимосогласованным протоколам.

При ведении обмена данными производится



**Рис. 2. Отображение состояния объекта на АРМ диспетчера**

их шифровка с целью защиты коммерческой тайны предприятия. Режим шифрования данных выбирается администратором системы при описании конкретного канала связи.

Сервер связи оснащается устройством расширения количества последовательных портов компьютера и специальным программным обеспечением, обеспечивающим выполнение возложенных на него задач.

**Монитор реального времени** осуществляет обработку учетных данных и данных теленаблюдения нижнего уровня системы. Производит обработку баз данных теленаблюдения и учета.

При небольшой загрузке системы (нижний уровень, производящий обмен данными по ЛВС или RS-232) и отсутствии требований по предоставле-

нию данных теленаблюдения другим системам монитор реального времени объединяется с сервером связи и АРМ диспетчера системы.

**АРМ диспетчера** – совокупность аппаратно-программных средств, используемых диспетчером системы для визуализации данных, обработанных монитором реального времени. Является источником управляющих сигналов для нижних уровней системы.

Типичный информационный кадр, отражающий состояние контролируемого объекта на экране монитора АРМ диспетчера, представлен на рис. 2.

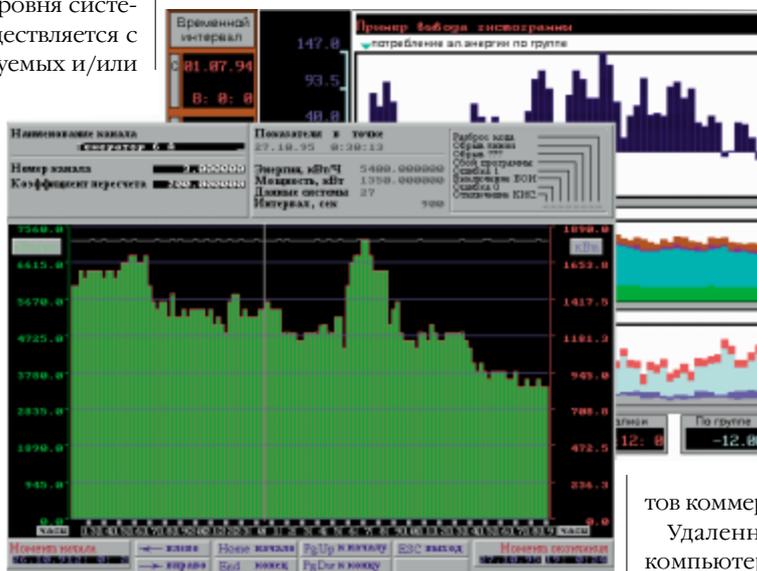
При включении в состав системы каналов учета потребления (отпуска) электрической энергии диспетчер имеет возможность просмотра получаемых данных в различных видах. Один из возможных способов представления данных показан на рис. 3.

Для проведения анализа достоверности получаемых данных диспетчеру доступны дополнительные информационные экраны, часть которых представлена на рис. 4.

**АРМ администратора** – совокупность аппаратно-программных средств, обеспечивающих работу администратора системы. Позволяет производить конфигурирование системы, анализировать достоверность данных, обеспечивает поддержку выполнения работ, связанных с поверкой измерительных каналов системы, и ряда других функций администратора системы. Варианты представления информации на экране монитора АРМ диспетчера при проведении работ по настройке системных параметров конфигурации показаны на рис. 5.

**АРМ расчетной группы** – совокупность аппаратно-программных средств, обеспечивающих работу расчетной группы предприятия. Позволяет проводить генерацию описания расчетных форм и их последующую обработку в целях получения документов коммерческого учета предприятия.

Удаленная станция наблюдения – компьютер с каналообразующей аппаратурой, обеспечивающий получение данных теленаблюдения от сервера



**Рис. 3. Отображение характеристик потребления электрической энергии**

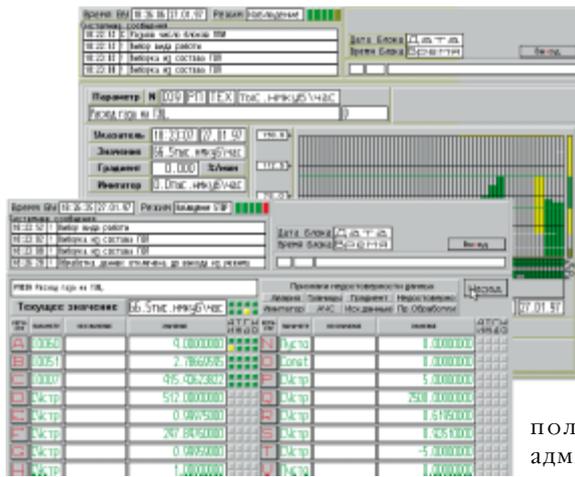


Рис. 4. Дополнительные информационные экраны

связи верхнего уровня и их интерпретацию. Может быть использована для визуализации процессов при работе передвижных ремонтных групп (связь по радио) или рабочих станций эксплуатационных районов (в тепловых сетях).

Файловый сервер предоставляет

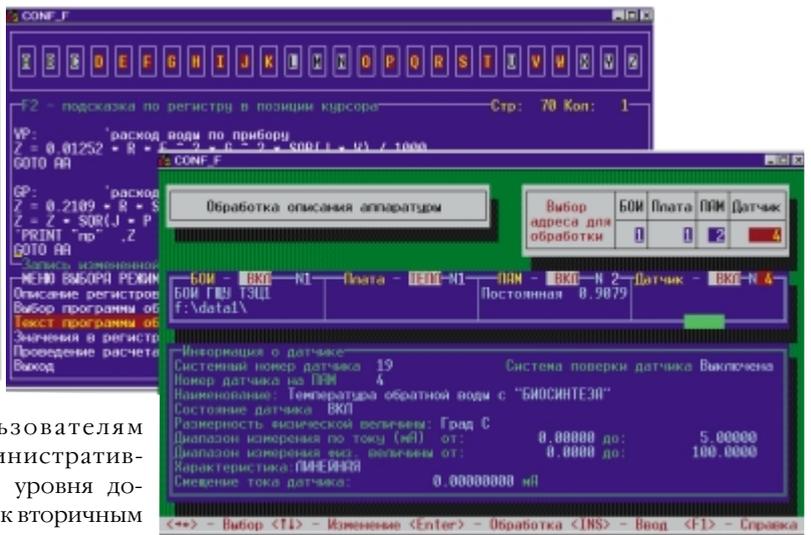


Рис. 5. Конфигурирование системы на ARM администратора

пользователям административного уровня доступ к вторичным архивам данных, получаемым от монитора реального времени верхнего уровня системы. Данные доступны пользователям административного уровня в режиме «только для чтения».

Рабочая станция административ-

ного уровня при наличии соответствующих прав доступа к данным на файловом сервере сети может быть использована для ведения теленаблюдения или обработки вторичного учетного архива.

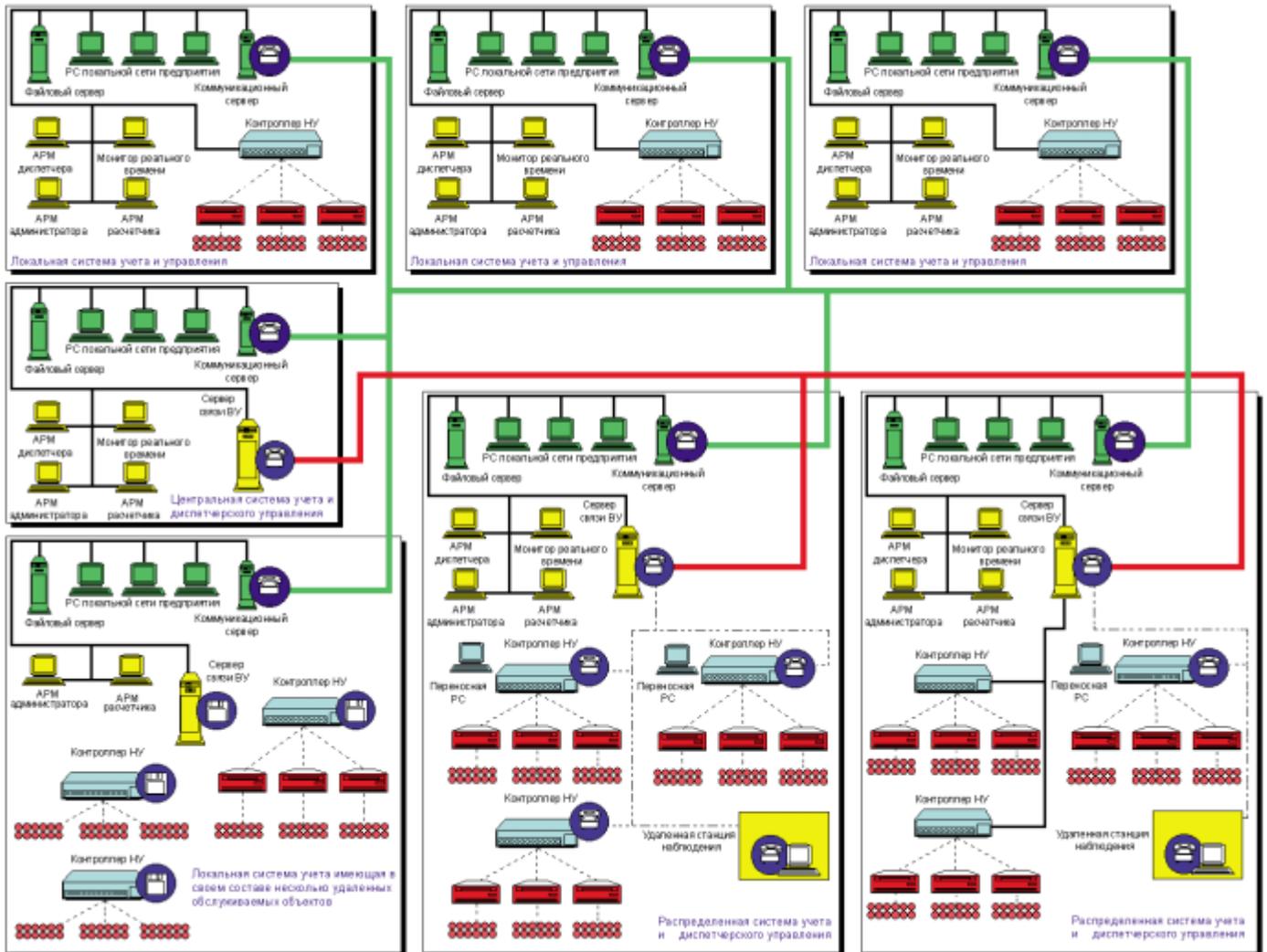


Рис. 6. Пример построения разветвленной сети систем учета энергоресурсов

**Коммуникационный сервер** – штатное аппаратное средство локальной сети, используемое для обеспечения работы удаленных пользователей сети и межсетевое обмена данными. Позволяет передавать и принимать обработанные и оформленные документы учета при межсетевом обмене.

**Пример распределенной АСКУЭ, построенной с использованием КПТС «Дельта»**

На рис. 6 приведен пример построения системы учета при функционировании нескольких предприятий. При этом в качестве основы используются отдельные системы, построенные на базе системы «Дельта». Пример показывает возможности построения систем учета и управления для решения задач различной сложности.

Основные элементы системы в этом случае соответствуют элементам локальной АСКУЭ и описаны ранее.

**Практическое использование СКУЭ «Дельта»**

На рис. 7 представлена схема установленных и монтируемых систем учета и диспетчерского управления в г. Пензе на базе КПТС «Дельта».

В состав этих систем входят

- АСКУЭ предприятия **АО «Маяк».**

Система включает в себя подсистемы учета электрической и тепловой энергии. Каждая из подсистем способна поддерживать работу до 192 измерительных каналов.

- АСКУЭ и диспетчерского управления **ТЭЦ1.**

Система включает в себя подсистемы учета электрической и тепловой энергии. Подсистема учета электрической энергии способна поддерживать работу до 384 измерительных каналов. Подсистема учета тепловой энергии способна поддерживать работу до 192 измерительных каналов.

- АСКУЭ и диспетчерского управления **Арбековской котельной.**

**ковской котельной.**

Совмещенная система управления и учета электрической и тепловой энергии. Поддерживает работу различных устройств сбора данных, используемых на полевом и нижнем уровнях системы.

- Система диспетчерского управления предприятием **«Пензенские тепловые сети».**

Система включает в себя удаленные подсистемы сбора данных, установленные на насосных станциях № 4 и № 6, ТЭЦ1. Планируется подключение к системе АСКУЭ «Арбековская котельная». Система использует радио и телефонные (выделенные и коммутируемые) каналы связи.

**Дальнейшее развитие СКУЭ «Дельта»**

Работа по развитию системы ведется по следующим направлениям:

- привязка системы к различным признанным в мировой практике протоколам низкоуровневого обмена данными типа Fieldbus;
- включение в перечень поддерживаемых системой устройств сбора данных и управления импортных контроллеров фирмы PER и интеллектуальных датчиков;
- включение в состав поддерживаемых системой устройств для автоматизации управления различных щитов и широкоформатных экранов;
- разработка и внедрение ПО верхнего уровня, функционирующего в среде Windows NT и использующего современные технологии обработки данных и межсетевого обмена;
- разработка и внедрение АРМ специального назначения, расширяющих функциональные возможности системы. ●

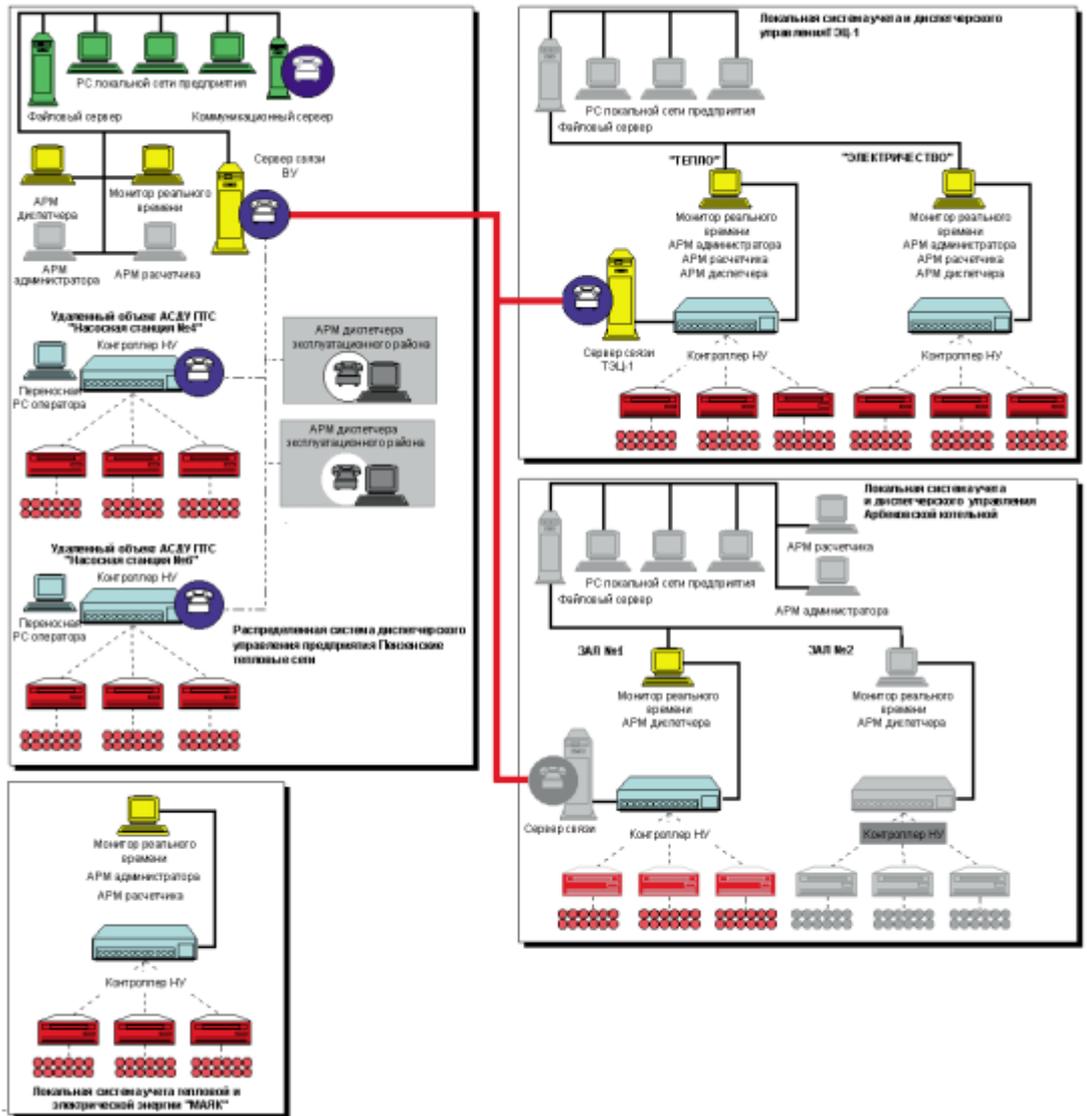


Рис. 7. Схема эксплуатационных и монтируемых систем «Дельта»