

Государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Университет «Дубна»

Филиал «Протвино»
Кафедра информационных технологий

И. О. Ковцова

**ОБРАБОТКА И ПЕРЕДАЧА
УЧЕТНЫХ ДАННЫХ
ДЛЯ КЛАССИЧЕСКИХ
И ЦИФРОВЫХ
ЭЛЕКТРОПОДСТАНЦИЙ**

МОНОГРАФИЯ

ББК 31.27-05
УДК 004.41
К 56

Рецензенты:

В. А. Мухин

кандидат физико-математических наук,
главный специалист ООО «СИСТЕЛ»

А. С. Целищев

кандидат технических наук, младший научный сотрудник
кафедры вычислительной техники НИУ МЭИ

Ковцова, И. О.

К 56 Обработка и передача учетных данных для классических и цифровых электроподстанций : монография. — М.: «Прометей»; 2016. — 236 с .

ISBN 978-5-9908018-7-5

В монографии описываются способы сбора, обработки и передачи данных при построении современной системы учета энергоресурсов. Рассматривается архитектура системы учета, описываются формат передачи и алгоритм сбора данных.

Также рассматриваются международный стандарт *IEC 61850* «Системы автоматизации и сети связи на подстанции», принципы построения Цифровой подстанции и интеллектуальных электронных устройств.

Основные идеи, излагаемые в монографии, являются универсальными и соответствуют современным тенденциям развития информационных технологий и систем промышленной автоматизации.

ISBN 978-5-9908018-7-5

© Ковцова И. О. 2016

© Издательство «Прометей», 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Обозначения и сокращения	5
Введение	7
ЧАСТЬ 1. Комплексная система учета энергоресурсов	23
1.1 Основные функции и архитектура	23
1.2 Разработка XML-протокола для системы мониторинга и учета энергоресурсов	36
1.3 Разработка и реализация алгоритмов сбора и обеспечения полноты данных в распределенной системе учета энергоресурсов	49
ЧАСТЬ 2. Стандарт IEC 61850 и Цифровая подстанция	63
2.1 Предпосылки создания ЦПС	63
2.2 Электронные оптические трансформаторы тока и напряжения	65
2.3 Стандарт IEC 61850 «Системы автоматизации и сети связи на подстанции»	69
2.4 Протоколы передачи данных согласно IEC 61850	78
2.5 Информационная модель устройства согласно IEC 61850	94
2.6 Абстрактный интерфейс службы связи (ACSI)	97
2.7 Логический узел и атрибуты данных	108
2.8 Конфигурирование подстанции	117
2.9 Архитектура Цифровой подстанции	121
2.10 Основные требования к синхронизации времени согласно IEC 61850	125
2.11 Синхронизация времени	129
2.12 Протоколы резервирования сети	134
2.13 Варианты архитектур при переходе к ЦПС	142

ЧАСТЬ 3. Разработка и реализация программного обеспечения для цифрового счетчика «SysteLLogic УИП.12» и анализатора ПКЭ «SysteLLogic ПКЭ.12».....	148
3.1 Устройство измерения параметров «SysteLLogic УИП.12»	148
3.2 Анализатор качества «SysteLLogic ПКЭ.12».....	174
3.3 Многофункциональный измерительный преобразователь «SysteLLogic МИП.13»	192
3.4 Пилотный проект «Цифровая подстанция»	193
Приложения.....	209
Приложение А	
Технические характеристики «SysteLLogic УИП.12» и «SysteLLogic ПКЭ.12»	209
Приложение Б	
Правила выставления статуса для секундного профиля согласно IEC 61850-7-3 в устройстве «SysteLLogic УИП.12»	213
Приложение В	
Правила выставления статуса для минутного и получасового профиля согласно IEC 61850-7-3 в устройстве»SysteLLogic УИП.12».....	219
Приложение Г	
Правила выставления статуса на основных интервалах времени согласно IEC 61850-7-3 в устройстве «SysteLLogic ПКЭ.12»	221
Библиографический список.....	224

ЧАСТЬ 1.

Комплексная система учета энергоресурсов

1.1. Основные функции и архитектура

Сегодня развитие микропроцессорной техники и информационных технологий позволяют обеспечивать автоматизацию технологических процессов любого уровня сложности. Электроэнергетика является одной из важнейших отраслей, обеспечивающей функционирование жизнедеятельности как отдельного индивида, так и общества в целом, поэтому автоматизации данной отрасли уделяется особое внимание.

Существенной статьёй расходов при производстве являются затраты на потребляемые энергоресурсы (электроэнергию, тепло, воду, газ и т. д.), поэтому при постоянном росте цен проблема управления энергоресурсами становится все более и более актуальной. Знание объемов и профилей потребления (где, кто, когда, сколько) позволяет снизить расходы, оптимизировать постоянные издержки и повысить энергоэффективность предприятия [43]. Оперативный мониторинг потребления или отпуска энергоресурсов позволяет своевременно выявлять причины небаланса, перерасхода, резкого увеличения потерь при транспортировке. Наличие полной актуальной информации о системе дает возможность принятия правильного управленческого решения в нестандартных ситуациях [9, 49].

Комплексная система учета «Энергоресурс» построена с использованием современных программно-аппаратных средств и обеспечивает следующие функции [32]:

Функция сбора информации:

– циклическая (по опросу) и спорадическая передача учетной, технологической и событийной информации от УСПД серверу в виде архивов;

– опрос приборов учета и УСПД по запросу оператора;

– регистрация полученной информации в оперативной базе данных сервера (оперативная память) и в архивной БД (СУБД *PostgreSQL, MS SQL, Oracle*);

– передача по каналам связи конфигурационной, учетной, технологической и событийной информации по запросам подсистемы отображения (АРМ);

– автоматическое обеспечение корректности и непрерывности данных на верхнем уровне системы;

– фиксация всех событий, происходящих в системе в соответствующих журналах (корректировки времени, потери и восстановления связи между компонентами системы, отключения и восстановления питания устройств,

– операций конфигурирования системы,

– аварийных событий приборов учета и т. д.);

– восстановление оперативной базы данных верхнего уровня после различных сбоев.

Функция контроля:

– контроль состояния работоспособности каналов связи в рамках системы;

– контроль регулярности поступления информации от контролируемого пункта (КП);

– контроль отклонений в функционировании компонентов системы (журнал регистрации);

– контроль исправности приборов учета.

Функция хранения информации:

В процессе функционирования системы учета ресурсов учетная, технологическая и событийная информация хранится как в оперативной памяти сервера, так и в БД. Срок хранения архивной информации до 3 лет (длительность хранения может регулироваться обслуживающим персоналом комплекса).

Функция дополнительной обработки информации:

– предоставление учетной и технологической информации в заданных единицах измерения;

– ведение групп учета (администрирование, расчет);

– ручной ввод информации в систему (при отсутствии автоматического сбора);

- замещение недостоверных и отсутствующих данных;
- осуществление учета при переводе коммутаций объектов с основных на обходные выключатели.

Функция отображения информации:

- отображение учетной и технологической информации в виде таблиц, форм, графиков и отчетов различного характера;
- представление навигационной структуры объекта автоматизации в различных плоскостях: навигация сбора данных (канал—>УСПД—> прибор учета), географическая и технологическая навигация;
- представление событийной информации о корректности функционирования системы в целом и отдельных ее элементов;
- предоставление форм для управления настройками комплекса;
- предоставление форм отчетных документов, просмотр и печать отчетов.

Функция синхронизации времени:

Реализована возможность автоматической или ручной корректировки системного времени, как во всех узлах системы одновременно, так и на каждом в отдельности. Удаленная корректировка часов счетчика применяется для приборов, имеющих такую возможность.

Современные автоматизированные системы, обеспечивающие диспетчерский, технологический и технический контроль, а также учет энергоресурсов, создаются для территориально распределенных сетей и объектов. Все это обуславливает то, что системы автоматизации являются территориально распределенными, многоуровневыми и строятся по иерархическому принципу [57]. На рис. 2 приведена архитектура комплексной системы учета энергоресурсов «Энергоресурс», состоящей из нескольких логических уровней:

- *Уровень первичных измерительных устройств* — счетчики, вычислители (нижний уровень).
- *Уровень сбора и передачи данных* (средний уровень), к нему относятся устройства сбора и передачи данных.
- *Уровень обработки, хранения и предоставления информации* (верхний уровень), к нему относится Сервер Учета с БД и автоматизированные рабочие места.

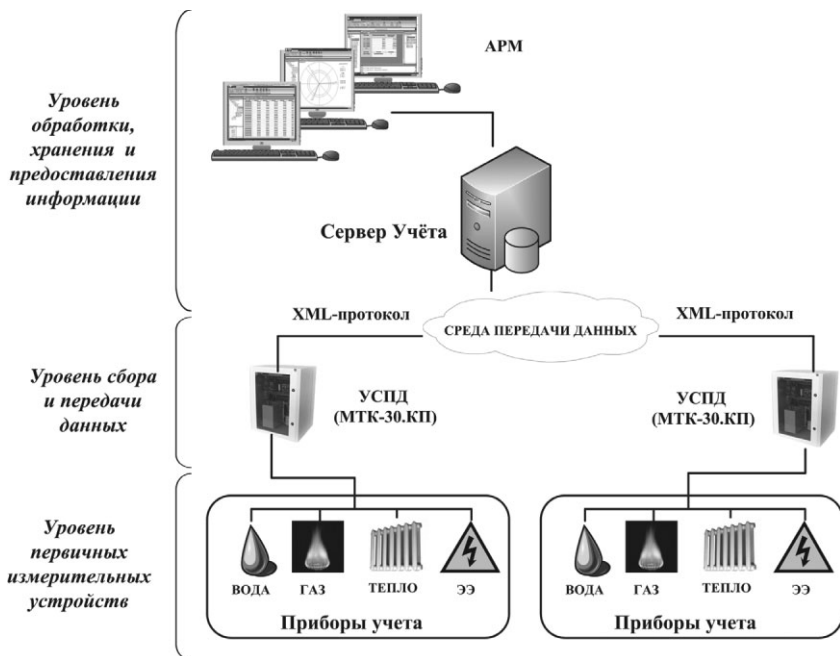


Рисунок 2 — Архитектура комплексной системы учета ресурсов «Энергоресурс»

Система предусматривает использование на нижнем уровне практически любых измерительных устройств, которые снабжены цифровыми интерфейсами. Также подразумевается работа с примитивными датчиками, которые подключаются к многофункциональным интеллектуальным измерительным устройствам различных производителей. На сегодняшний день комплекс умеет работать со следующими приборами учета:

- **Электроэнергия:** «Фотон», «Нейрон», «Протон», «Меркурий», счетчики «АльфаЦентр».
- **Газ, вода, пар и тепловая энергия:** «УВП-280», «ВИС.Т-ТС» и «ВИС.Т-ВС», многониточный измерительный микропроцессорный комплекс «СуперФлоу-ПЕ», Промышленный потоковый хроматограф серии PGC 90.50.

Трехфазный счетчик электрической энергии «Фотон» является собственной разработкой компании «СИСТЕЛ», который находится в серийном производстве [31].

В качестве устройства сбора и передачи данных используется МТК-32.КП, обеспечивающий сбор телеинформации в составе АСДУ и АСУ ТП. МТК-30.КП отличается гибкостью и настроек базовых функций под специфику применения. Программное обеспечение МТК-32.КП дополнено функциональными модулями, осуществляющими сбор, хранение и передачу учетной, событийной и статистической информации [33].

Возможность использования в комплексе разнотипных приборов учета обеспечивается поддержкой УСПД общих и большого количества специализированных протоколов обмена. Коммуникационной средой между счетчиком и УСПД может являться интерфейс *RS-485*, интерфейс *RS-232*, *CAN*- интерфейс, *GSM*, *PLC* — сеть 0,4кВ. Организация канала связи в коммуникационной среде осуществляется программными и аппаратными методами.

Обмен данными между сервером и УСПД осуществляется при помощи внутреннего протокола *SystelNet* на основе *TCP/IP* в *XML*-формате.

Одним из основных компонентов уровня обработки, хранения и предоставления информации является программное обеспечение Сервера Учета. Данное приложение решает такие основные задачи как сбор, обработка и хранение информации от УСПД, а также задачу взаимодействия с подсистемой представления информации пользователю (АРМы различной направленности).

Рассматриваемая архитектура системы подразумевает возможность построения многоуровневой системы учета энергоресурсов (системы с иерархией серверов).

Для решения обозначенных выше задач в Сервере Учета реализованы следующие функции:

- сбор и обработка информации, принимаемой от УСПД и (или) непосредственно от измерительных устройств (вычислителей);
- расчет балансов и вычисление косвенных величин;
- долговременное хранение учетной информации с обеспечением быстрого доступа к архивам по запросам пользователей;

- контроль достоверности данных (непротиворечивость, полнота, небалансы), замещение недостоверных данных;
- ведение системного журнала;
- взаимодействие с аналогичными учетными серверами;
- взаимодействие со смежными системами;
- информационный обмен данными в рамках корпоративных систем.

БД Сервера Учета предназначена для длительного хранения учетной, событийной, статистической и конфигурационной информации в системе. К основным поддерживаемым типам СУБД относятся: *MS SQLServer*, *PostgreSQL*, *Oracle* [77, 61, 74]. Данный набор позволяет гибко проектировать конкретные инсталляции системы, принимая во внимание информационную емкость и бюджет. Так, для недорогих проектов с небольшой информационной емкостью будет приемлемым решение на базе СУБД *PostgreSQL*. Данная СУБД ничем не уступает коммерческим, но имеет одно, немаловажное преимущество — она является свободно распространяемой, соответственно, бесплатна. Этот факт позволяет активно использовать *PostgreSQL*, что значительно понижает себестоимость разрабатываемого программного обеспечения. С другой стороны, для систем с большой информационной емкостью возможна реализация на базе СУБД *Oracle* или *MS SQLServer*.

Сегодня большой объем оперативной памяти и ее невысокая стоимость позволяют располагать и хранить в ней достаточное количество необходимых данных. А современные многоядерные 64-х разрядные процессора дают возможность эффективно организовать работу с этими данными. Соответственно, устранилось такое ограничение производительности традиционных систем, как скорость выполнения операций с внешними хранилищами данных [21].

В данной системе для увеличения скорости работы и выдачи информации Сервер Учета имеет специализированную базу данных, которая располагается в оперативной памяти компьютера, что обеспечивает работу сервера с информацией, фактически, в режиме реального времени. Оперативная БД сервера спроектирована специально под данную задачу и имеет объектную архитектуру. Это позволяет работать с данными в терминах предметной области и значительно упрощает разработку и внесение

изменений. На момент обращения к оперативной базе данных сервер знает уникальный индекс и место в БД, куда он должен обратиться, т.е. происходит однозначное обращение к данным [25, 22].

Оперативная БД обеспечивает скорость обработки информации гораздо большую, по сравнению с доступом к СУБД. При этом, любые операции изменения отображаются как в оперативную БД, так и в БД длительного хранения. Глубина хранения архивов в оперативной БД является параметризуемой величиной.

Таким образом, сервер поддерживает в актуальном состоянии две базы данных. При этом БД, хранящаяся на дисковом пространстве, является резервной и используется только при загрузке системы, либо при восстановлении системы.

Поскольку данные и запросы пользователей могут поступать одновременно, используется ряд механизмов, обеспечивающих повышение производительности и сохранность всех данных.

Сервер является многопоточным приложением и выполняет большое количество задач. Логика работы сервера строится в зависимости от значения различных параметров — так, ускорив доступ к ним, мы более эффективно используем возможности процессора.

На рис. 3 представлена архитектура Сервера Учета:

Модуль связи обеспечивает работу каналов связи по протоколу *SystemNet* поверх *TCP/IP*.

Модуль обработки XML — разбирает *XML*-сообщения, идентифицирует, преобразует во внутренние структуры данных. В зависимости от типа сообщения сервер кладет полученный объект либо в очередь архивных данных, либо — запросов.

Очередь архивных данных — буфер, хранящий архивные данные, которые сервер должен обработать и записать в БД.

Очередь запросов к серверу — буфер, хранящий запросы к серверу на которые он должен выдать ответ или выполнить команду.

Модуль обработки архивных данных — данный модуль берет архивные данные из очереди, проверяет их на корректность и записывает в оперативную базу данных сервера, а также — в архивную базу *CalcDB*.

Оперативная база данных сервера обеспечивает хранение и доступ к данным в ОЗУ компьютера.

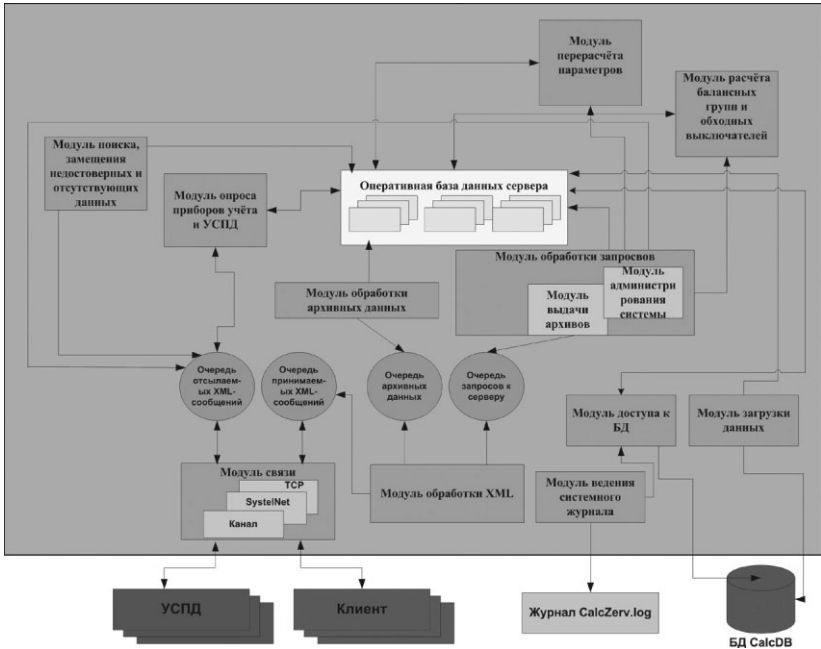


Рисунок 3 — Архитектура Сервера Учета

БД CalcDB — архивная база данных Сервера Учета обеспечивает долговременное хранение данных на жестком диске компьютера.

Модуль обработки запросов определяет тип запроса и выполняет необходимые действия. Например, если поступил запрос от клиента на выдачу архивных данных по точке учета за определенный период, тогда необходимо осуществить выборку данных из оперативной БД и сформировать XML-сообщение — за это отвечает модуль выдачи архивов. Так, если поступила команда завести в системе точку учета, то за это отвечает модуль администрирования, который создаст точку учета в оперативной БД сервера и в *CalcDB*.

Модуль перерасчета параметров производит пересчет значений параметров в заданных единицах измерения для клиента при выдачи архивных данных.

Модуль опроса приборов учета и УСПД осуществляет формирование запросов на архивные данные.

Модуль поиска и замещения недостоверных и отсутствующих данных в системе ищет отсутствующие профили у приборов учета, формирует запрос к УСПД на эти данные. Если данные не удалось получить, то отсутствующий или недостоверный профиль может быть замещен по определенным правилам.

Модуль расчета балансных групп и обходных выключателей производит расчет данных по точкам учета, входящих в группу.

Модуль ведения системного журнала осуществляет формирование файла системного журнала.

Системный журнал содержит информацию о ходе выполнения процессов программы.

Модуль доступа к БД осуществляет связь сервера с архивной базой данных *CalcDB*.

Модуль загрузки данных осуществляет загрузку данных из базы данных *CalcDB* в оперативную базу данных сервера.

БД *CalcDB* и оперативная база данных Сервера Учета содержат:

- описание каналов связи сервера со смежными устройствами;
- описание конкретного УСПД, его серийный номер и другие параметры;
- описание конкретного прибора учета, его серийный номер и другие параметры;
- описание всех точек учета;
- описание соответствия и принадлежности для УСПД, приборов учета и точек учета;
- описание технологической, географической, топологии сбора данных с привязкой к конкретным объектам;
- описание групп учета и обходных выключателей;
- расписание вхождения точки учета в группу;
- время монтажа и демонтажа прибора учета к точке учета;
- описание типов устройств (приборов учета);
- описание регистрируемых параметров;
- описание единиц измерения параметров;
- коэффициенты пересчета из одних единиц измерения в другие;

- учетные и технологические данные по конкретным приборам учета за различные срезы времени;
- данные о событиях, произошедших на приборе учета и УСПД;
- список пользователей с описанием прав доступа к серверу.

Организация доступа к учетной и технологической информации осуществляется с автоматизированных рабочих мест с помощью разработанного *XML*-протокола [24]. Язык *XML* является наиболее подходящим и перспективным средством для создания протокола взаимодействия. *XML* имеет ряд преимуществ: позволяет передавать информацию в структурированном виде, является легко расширяем, информация, оформленная в виде *XML*, может обрабатываться не только машинами, но и человеком.

Информационное взаимодействие между клиентом и сервером строится по следующей схеме:

- 1) Клиент посылает запрос серверу.
 - 2) Сервер получает и обрабатывает запрос.
 - 3) Сервер осуществляет выборку данных из оперативной БД и их обработку.
 - 4) Сервер формирует *XML*-ответ и отправляет его клиенту.
- Сервер может параллельно обслуживать несколько запросов от нескольких клиентов.

Система комплексного учета ресурсов обладает удобным пользовательским интерфейсом. Интерфейс создан в стиле *MS Office*, что делает приложение знакомым, дружелюбным и удобным в использовании [34].

Одним из главных элементов интерфейса является способ представления информации. Существуют несколько способов визуального представления информации, из которых основными являются табличный и графический. Табличный способ используется для систематизации, выявления существенных признаков; графический способ помогает наглядно и понятно представить внутренние связи между разными частями информации (рис. 4).

Графическое представление — строится график зависимости значений от времени (рис. 5). Справа от графика находится легенда, где можно выбрать конкретный параметр и посмотреть минимальное, максимальное и среднее значение за весь период

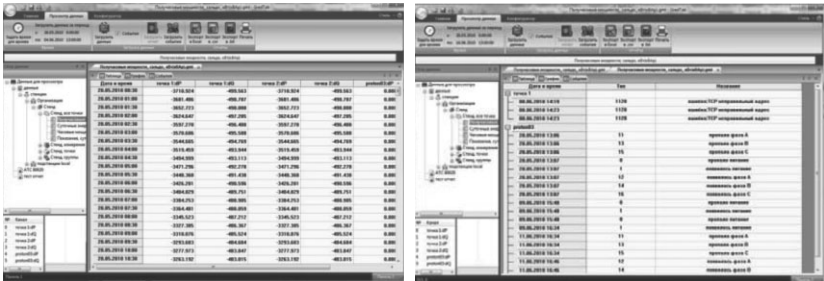


Рисунок 4 — Вывод данных в табличной форме

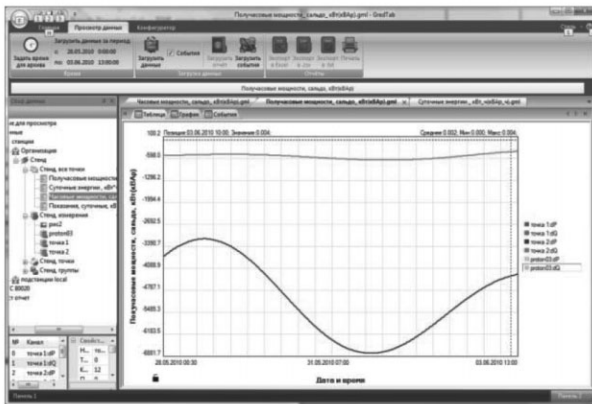


Рисунок 5 — Вывод данных в графической форме

времени, а также, при движении курсора, происходит отображение позиции и ее значения.

Одновременно с выводом данных в табличной и графической формах для счетчиков электроэнергии строится векторная диаграмма (рис. 6), которая является наиболее простым и наглядным методом оценки и проверки правильности сборки цепей тока и напряжения устройств. Анализ векторной диаграммы позволяет убедиться в правильности включения приборов учета электроэнергии, проверить настройки оборудования, направленные подключенного прибора, определить качество сети и электроэнергии, передаваемой потребителю [35].

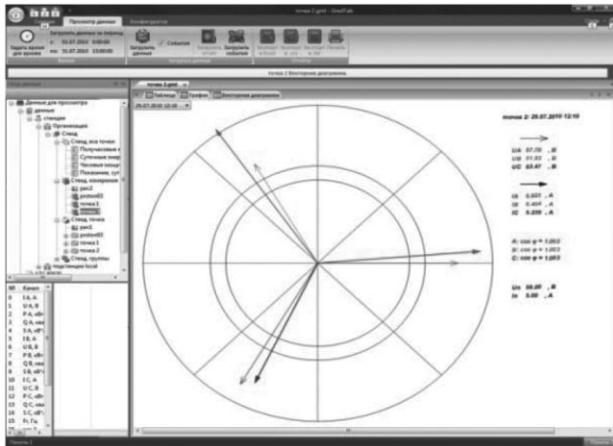


Рисунок 6 — Векторная диаграмма измерительной точки учета

Справа от диаграммы находится таблица значений, в которой указываются имя выбранной точки учета, напряжения, токи и углы отклонения по трем фазам, которые для наглядности подсвечиваются разными цветами. В правом верхнем углу документа находится ниспадающий список, где пользователь может выбрать необходимое ему время и тогда векторная диаграмма будет перерисована.

Различные виды представлений данных организуются в виде вкладок. Они позволят существенно увеличить скорость работы приложения, разбить на «части» представление документа в удобной для пользователя форме. Закладки позволяют иметь несколько страничек, и легко между ними переключаться.

Интерфейс имеет удобную навигацию по иерархической структуре объекта (рис. 7). Пользователям предоставляется несколько топологий объекта — топология сбора данных, географическая и технологическая топология. Топология сбора данных — это объектная иерархия сбора данных (точка учета \ УСПД \ Сервер); географическая топология — это объектная иерархия сбора данных с привязкой к географическому положению; технологическая топология — это объектная иерархия инфраструктуры объекта автоматизации.

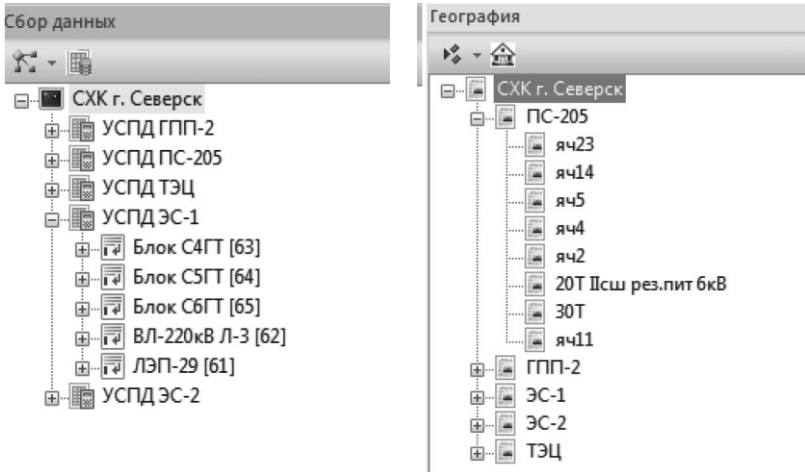


Рисунок 7 — Топология сбора данных и географическая топология объекта

Разработанная комплексная система учета ресурсов позволяет организовать технический и коммерческий учет электроэнергии на электрических объектах, промышленных предприятиях, осуществляет формирование баланса потребления электроэнергии, тепла, воды и газа, помогает активно управлять ресурсами предприятий–потребителей, предоставляя удобный инструментарий для анализа собранных данных и составления отчетов.

Система позволяет вести количественный учет любых энергоресурсов, которые могут быть измерены в виде набора количественных параметров.

Данная система установлена на ряде объектов энергетики и промышленности. В частности, на Стойленском ГОК ведется информационный обмен с 32 УСПД, для которых источниками данных выступают 526 счетчиков типа «Протон», «Меркурий», «СЭТ», «Энергомера», по ним строятся получасовой, суточный, месячный и годовой отчеты потребления.

1.2. Разработка XML-протокола для системы мониторинга и учета энергоресурсов

Обмен данными в распределенных иерархических системах становится одним из важнейших факторов эффективности системы в целом. До недавнего времени обмен информацией осуществлялся в двоичном формате. Такой подход значительно сокращает нагрузку на каналы связи и упрощает кодирование и декодирование. Логически можно выделить два уровня: контейнера и данных. Первый уровень обеспечивает целостность и достоверность передачи данных, доступность обнаружения сообщения в байтовом потоке. Второй — содержит присылаемые данные.

В отраслевом унифицированном протоколе *CRC-RB*, применяемом при обмене оперативной информацией в системе контроля и учета электрической энергии с уровня УСПД в центры сбора и обработки данных АСКУЭ энергоснабжающих организаций Минэнерго, используется двоичная структура кадров запроса и ответа (рис. 8) [60].

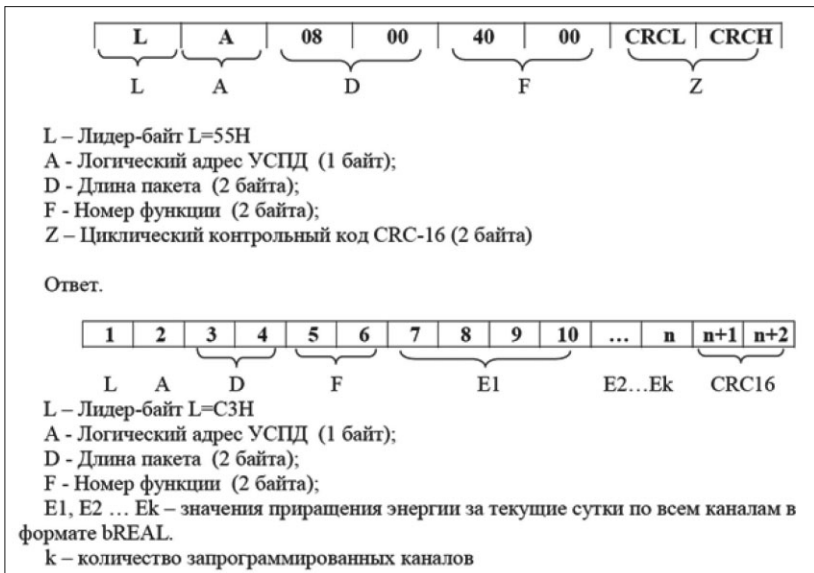


Рисунок 8 — Структура кадров запроса и ответа
«Приращение энергии за текущие сутки по всем каналам»

В двоичном формате структура кадров жестко фиксирована, что накладывает значительные ограничения на возможности развития и расширения двоичных протоколов передачи данных. Данное ограничение снимается путем добавления новых кадров с усложненной структурой. Как правило, это приводит только к усложнению протокола, так как множится число кадров (протокол разрастается в ширину), поскольку отсутствует возможность изменять и расширять уже имеющиеся кадры. Также бинарные протоколы имеют ограничение по разрядности, например, использование протокола, написанного для 64-разрядной системы, в 32-разрядной системе требует дополнительных усилий. Аналогичным образом перевод двоичного протокола с 32 — на 64-битную версию ОС с большой долей вероятности вызовет проблемы, связанные с различными размерами фундаментальных типов для различных систем.

Одной из попыток решить проблему расширяемости бинарных протоколов была разработка стандарта *ASN.1*, формального языка описания типов данных и их значений. Абстрактный синтаксис *ASN.1* позволяет определять базовые объекты и затем объединять их в более сложные, обеспечивая стандартный способ представления, кодирования, декодирования и передачи. Основным преимуществом данного стандарта является передача данных в двоичном формате и использование кадров протокола переменной длины. К недостаткам можно отнести то, что данный подход сложен как с логической точки зрения, так и в практической реализации. За гибкость стандарта *ASN.1* приходится расплачиваться дополнительной вычислительной мощностью на кодирование и декодирование данных [70, 105].

Сегодня рост производительности сетей и мощностей ПК позволяют строить расширяемые протоколы на базе *XML*. Язык *XML* является наиболее подходящим и перспективным средством для создания протокола взаимодействия (табл. 1).

Наиболее значимыми достоинствами *XML* являются:

- выразительная мощность, достаточная для описания данных практически любой сложности;
- возможность структурирования и создания иерархических связей между данными;
- расширяемость, позволяющая легко модифицировать и усложнять протокол по мере развития системы;

Таблица 1. Сравнение форматов передачи данных

Характеристика	Двоичный формат	ASN.1	XML
Универсальность применения	низкая	высокая	высокая
Расширяемость	низкая	высокая	высокая
Читабельность	низкая	низкая	высокая
Сложность программной реализации разбора и формирования	низкая	высокая	низкая
Нагрузка на каналы связи	низкая	средняя	высокая
Затраты вычислительных мощностей на кодирование и декодирование	низкие	высокие	высокие

– гибкость формата обмена информацией, что облегчает учет различий в версиях данных, а также сопровождение и передачу данных между различными системами;

– независимость от платформ;

– наличие определенного синтаксиса и требований к синтаксическому анализу, что позволяет *XML* оставаться простым, эффективным и непротиворечивым;

– стандартный анализ *XML*-сообщений;

– возможность обработки информации, оформленной в виде *XML*, не только машинами, но и человеком [66, 78].

Возможность контроля данных человеком на уровне протокола является существенным преимуществом, поскольку позволяет осуществлять отладку и контроль работы как системы в целом, так и отдельных ее частей. Из этого следует, что структура *XML*-протокола должна быть доступна пониманию человека, а это возможно только в том случае, когда *XML*-кадры правильно спроектированы и продуманы.

Когда пытаются перевести на *XML* старый двоичный протокол, то выходит не очень удачно, поскольку полученный формат не читается человеком и значительно возрастает сложность программной реализации разбора и формирования неструктури-

рованных, неунифицированных XML-кадров. Структуру XML-протокола необходимо детально продумывать.

Логика работы приложения обычно строится вокруг обмена информацией, и при этом желательно иметь единый универсальный формат данных. Плохая проработанная архитектура XML-протокола усложняет разработку и реализацию системы.

Сложные системы автоматизации энергообъектов вводятся в эксплуатацию постепенно, со временем расширяются и модифицируются, а также имеют длительный срок эксплуатации, поэтому протокол передачи данных для них должен быть расширяемым и универсальным на всех уровнях.

За использование XML приходится расплачиваться значительными объемами передаваемых данных по сети (XML избыточный язык), а также затратами на вычислительные мощности разбора и формирования XML-сообщений, что на современном уровне развития микропроцессорного оборудования является несущественным. А там, где узким местом является сеть, можно применять алгоритмы сжатия информации.

При разработке спецификаций протокола для комплексной системы учета «Энергоресурс» ставилась задача максимально унифицировать и упростить формат XML-сообщений. В системе учета ресурсов были выделены основные типы данных [23, 24]:

- *регулярные архивы* — это данные, представляющие собой расчетные показания (показания приборов), на основании которых определяются объемы потребления ресурсов в точке учета по прибору за различные периоды времени;

- *команды опроса* — это запросы от сервера к УСПД и от клиента к серверу на архивную информацию;

- *событийные архивы* — это данные о событиях разного рода, сохраненные в журналах событий. Часть данных о событиях на сервере хранится в XML-формате, что значительно упрощает обработку, хранение и дальнейшую передачу данных. Журналы событий делятся на события УСПД, приборов учета, точек учета, события системы;

- *конфигурационная информация*: в системе содержатся сведения о пользователях, о топологии структуры объекта, параметрах системы и т. д.;

- *команды изменения конфигурации*;

- классификатор устройств (вычислителей), которые знает система;
- справочная информация о приборах учета и УСПД;
- информация о состоянии приборов учета и УСПД.

На рис. 9 показана частичная схема разработанных и реализованных XML-запросов от клиента к серверу.

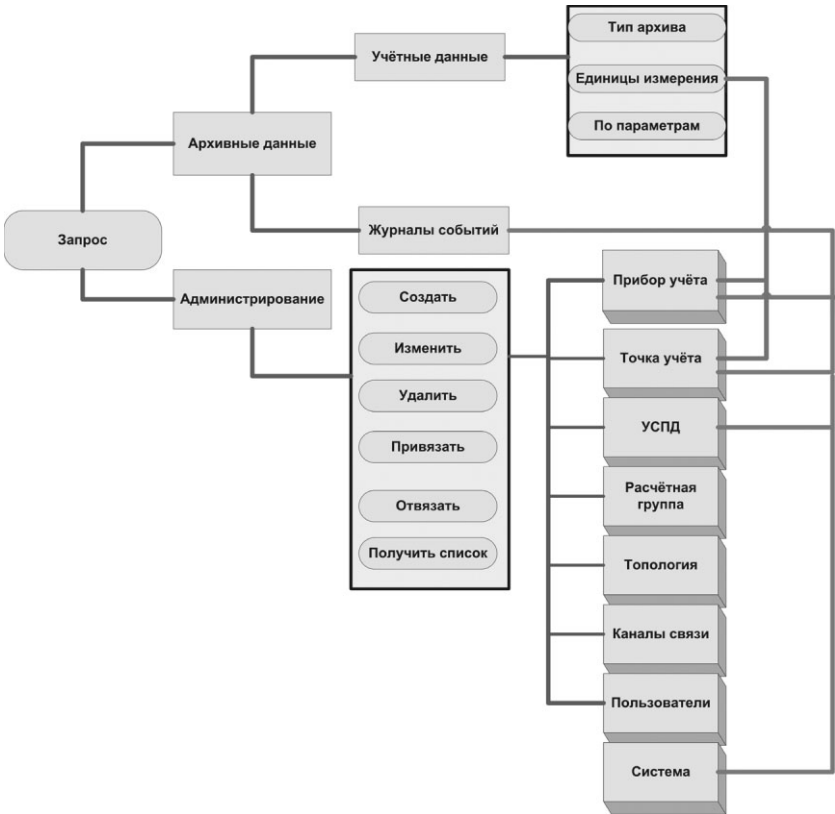


Рисунок 9 — Таксономическое дерево XML-запросов

Формат XML-запросов и XML-ответов для передачи учетной и технологической информации между уровнями (УСПД <—> Сервер, Сервер <—> Клиент) в системе учета энергоресурсов унифицирован. В табл. 2 приведены основные XML-кадры для передачи учетных и технологических данных:

Таблица 2. Структура XML-кадров для передачи архивных данных

Запрос от сервера к УСПД:

```
<?xml version="1.0" encoding="windows-1251" ?>
<Request_Archive XmlId="1\1" AT="H" US="\1\7956704" USPD="\Uspd\3
TimeFrom="39975840000" TimeTo="39984480000" />
```

Ответ УСПД серверу:

```
<?xml version="1.0" encoding="windows-1251" ?>
<Archive XmlId="1\1" XmlPart="1\5" US="\1\7956704" AT="H" UnitId="29" USPD="\
Uspd\3">
  <ROW St="1" Ts="39975840000" D="1.09.12" DT="00:00:00">
    <P N="514" T="1" S="17" V="3758.44" RV="62.6407"/>
    <P N="517" T="2" S="17" V="3707.79" RV="61.7965"/>
  </ROW>
  <ROW St="1" Ts="39976020000" D="1.09.12" DT="00:30:00">
    <P N="514" T="1" S="17" V="3759.55" RV="62.7506"/>
    <P N="517" T="2" S="17" V="3700.00" RV="60.7965"/>
  </ROW>
</ROW>...</ROW>
</Archive>
```

Запрос клиента к серверу:

```
<?xml version="1.0" encoding="windows-1251" ?>
<Request_Archive XmlId="1\3" AT="H" PlaceId="7" TimeFrom="39975840000"
TimeTo="39984480000"/>
```

Продолжение табл.

Ответ сервера клиенту:

```
<?xml version="1.0" encoding="windows-1251" ?>
<Archive_Report XmlId = «1\3» XmlPart = «1\8» AT = «H» PlaceId = «7»>
  <Unit Id = «7»>
    <ROW St=«1» Ts=«39975840000» D=«1.09.12» DT=«00:00:00»>
      <P N=«0» T=«1» MeasureIndex = «301» S=«17» « V=«3758.44=«»» RV=«62.6407=«»»/>
    </ROW>
    <P N=«0» T=«2» MeasureIndex = «309» S=«17» V=«3707.79» RV=«61.7965»/>
  </Unit>
  <Unit Id = «10»>
    <ROW St=«1» Ts=«39976020000» D=«1.09.12» DT=«00:30:00»>
      <P N=«0» T=«1» MeasureIndex = «301» S=«17» V=«3759.55» RV=«62.7506»/>
      <P N=«0» T=«2» MeasureIndex = «309» S=«17» V=«3700.00» RV=«60.7965»/>
    </ROW>
  </Unit>
</Archive_Report>
```

XmlId — идентификатор XML-сообщения

XmlPart — часть архива

AT — тип архива:

- *M* — *N*-минутный профиль измерений
- *H* — 30-минутный профиль измерений
- *F* — Часовой профиль измерений