

Автоматизированная система технического учета электроэнергии

06, июнь 2016

Камышная Э. Н.¹, Соловьев В. А.¹, Мадумаров В. Ш.^{1,2,*}

УДК: 681.142

¹Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

²Фирма «Reobjects»

*vlasov@iu4.ru

Введение

Увеличение городов, рост промышленных предприятий при современных темпах развития техники приводит к увеличению энергопотребления. В то же время, выработка электроэнергии сопровождается выбросами CO_2 в атмосферу. Возможности уменьшения или стабилизации поступления загрязнений в среду связаны с экономией электроэнергии. В таких условиях возникает задача повышения эффективности использования электроэнергии, для чего в первую очередь решается задача учета энергоресурсов. Рассматриваемая система предложена для использования в компании *SchneiderElectric*, структурная схема деятельности которой представлена на рис. 1.

Автоматизированный учёт электроэнергии является необходимым элементом управления процессом энергосбережения. Это делает разработку автоматизированных систем технического учёта электроэнергии (АСТУЭ) особенно актуальным [1]. Существующие системы коммерческого учёта электроэнергии используются для расчётов между поставщиками и потребителями энергоресурсов и непригодны для анализа потребления электроэнергии по точкам потребления. К возможностям рассматриваемой АСТУЭ относится внутренний аудит и контроль энергоресурсов в местах их потребления (предприятиях, отдельных производствах, цехах, участках и т. д.). Применение АСТУЭ позволяет снизить затраты на сбор и обработку показаний приборов учёта электроэнергии и повысить достоверность получаемой информации. Полученные с помощью АСТУЭ данные позволяют выявить нерациональное использование электрической энергии, включая факты кражи энергоресурсов и могут послужить основанием для замены оборудования на более эффективное, изменения графика определённого вида работ и смены тарифа с целью снижения энергозатрат [2]. АСТУЭ расширяет возможности анализа финансово-экономической деятельности предприятия (при расчете себестоимости продукции, затрат на хозяйственные нужды и т.д.) и облегчает планирование потребления электроэнергии. Кроме того, при развитии АСТУЭ возникает задача перехода от применяемого в них стандартного оборудования к унифицированному, чтобы предложить более дешёвое решение при выполнении заданных функций, исключая избыточные [3]. В связи с тем, что большинство промышленных счётчиков электроэнергии работает по протоколу RS-232, а данные на сервер поступают по локальной компьютерной сети *Ethernet*, с развитием направления АСТУЭ возникает задача преобразования сигналов из RS-232 в *Ethernet*.

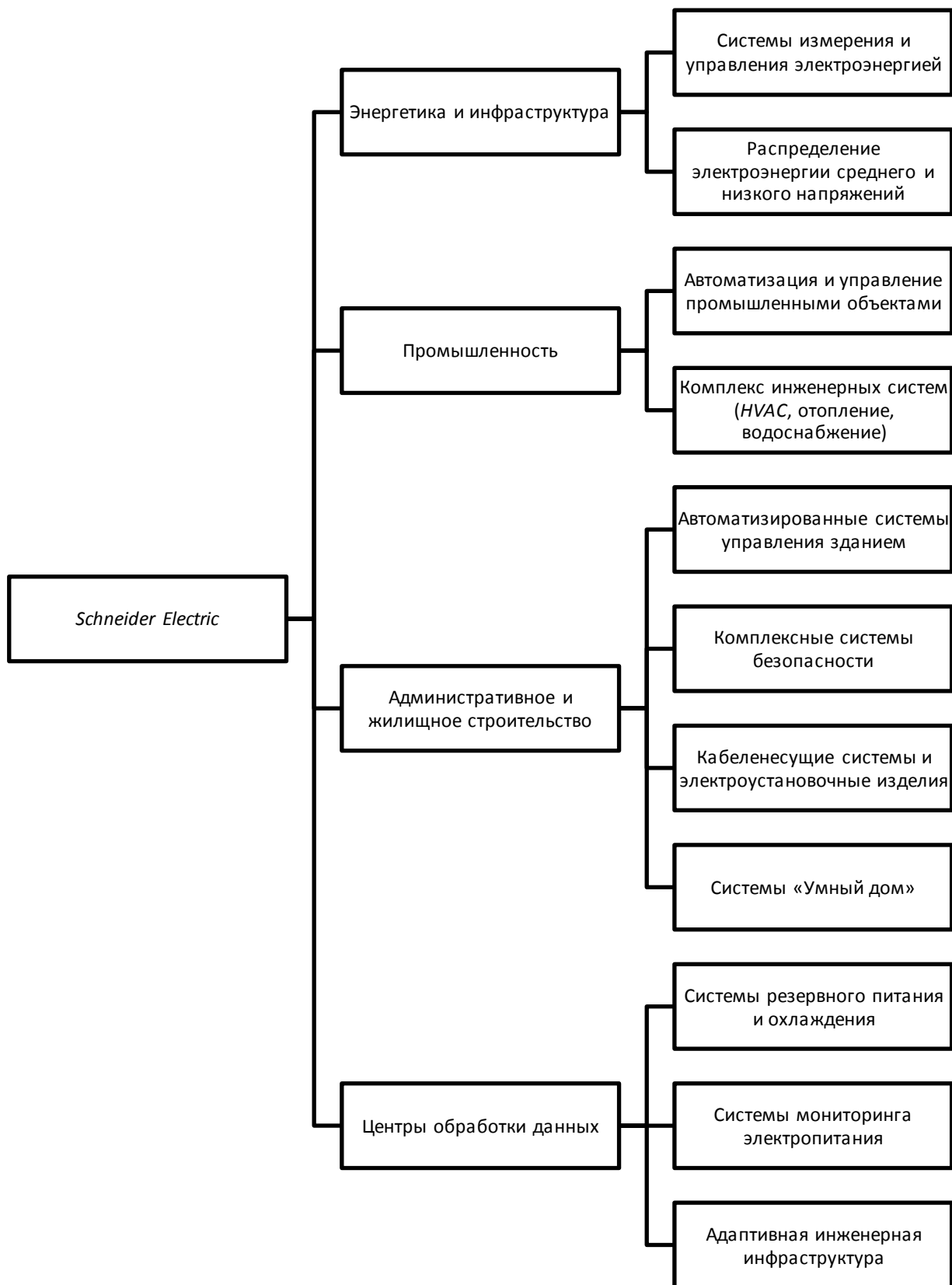


Рис. 1. Структурная схема деятельности компании *SchneiderElectric*

В рамках предполагаемых тенденций, возникает необходимость проектирования устройства преобразования интерфейсов (УПИ), а также сервера отчетов, позволяющего представить информацию в наглядном виде. Информация о потребляемой энергии, полученная с помощью АСТУЭ, открывает большие возможности для исследований и позволяет сформулировать меры по повышению энергоэффективности предприятий [3].

1. Сравнительная оценка локальной и дистанционной АСТУЭ

АСТУЭ – программно-аппаратный комплекс, который представляет собой сеть цифровых счетчиков электроэнергии, установленных на местах потребления, которые передают информацию об энергопотреблении на сервер [4]. Можно выделить локальные и дистанционные АСТУЭ. По названию локальные системы работают в пределах локальной компьютерной сети предприятия. Дистанционные используют для работы удаленный сервер, доступ к которому осуществляется через Интернет. На рис. 2 представлена структурная схема локальной АСТУЭ.

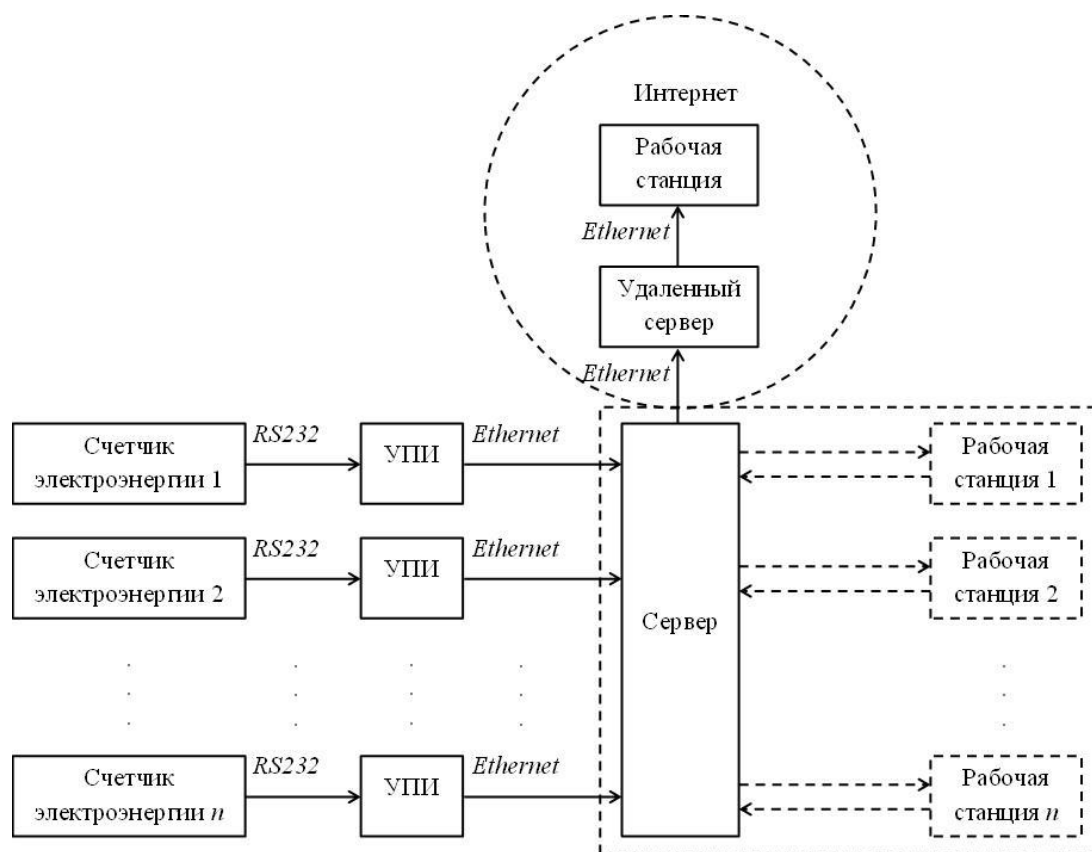


Рис. 2. Структурная схема локальной АСТУЭ

Процесс передачи информации с промышленных счётчиков электроэнергии осуществляется по интерфейсам RS-232 или RS-485. Далее для передачи данных по сети используется устройство преобразования интерфейсов (УПИ), которое из последовательных данных, получаемых по RS-232/RS-485, формирует Ethernet-пакеты. Затем информация о потреблении передается локальному серверу, на котором установлено специализирован-

ное программное обеспечение, необходимое для доступа пользователей к данным. В случае крупных систем также могут использоваться рабочие станции, связанные с сервером по локальной компьютерной сети. Кроме того, предусмотрена возможность отправки данных на удалённый сервер. В этом случае применяется дистанционная АСТУЭ, структурная схема которой представлена на рис. 3. Информация о потреблении энергии хранится на удалённом сервере, обслуживаемом сторонней организацией [4].

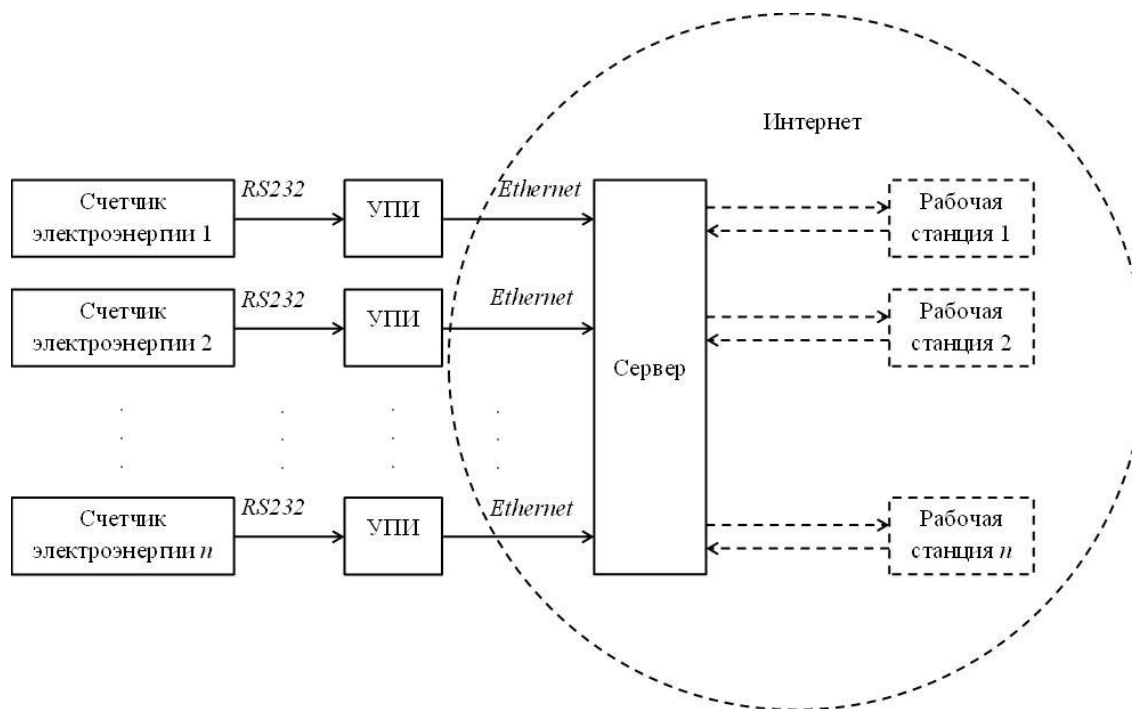


Рис. 3. Структурная схема дистанционной АСТУЭ

В локальной АСТУЭ предусмотрен модуль передачи данных на удалённый сервер, необходимый для обеспечения передачи информации от локального к удаленному.

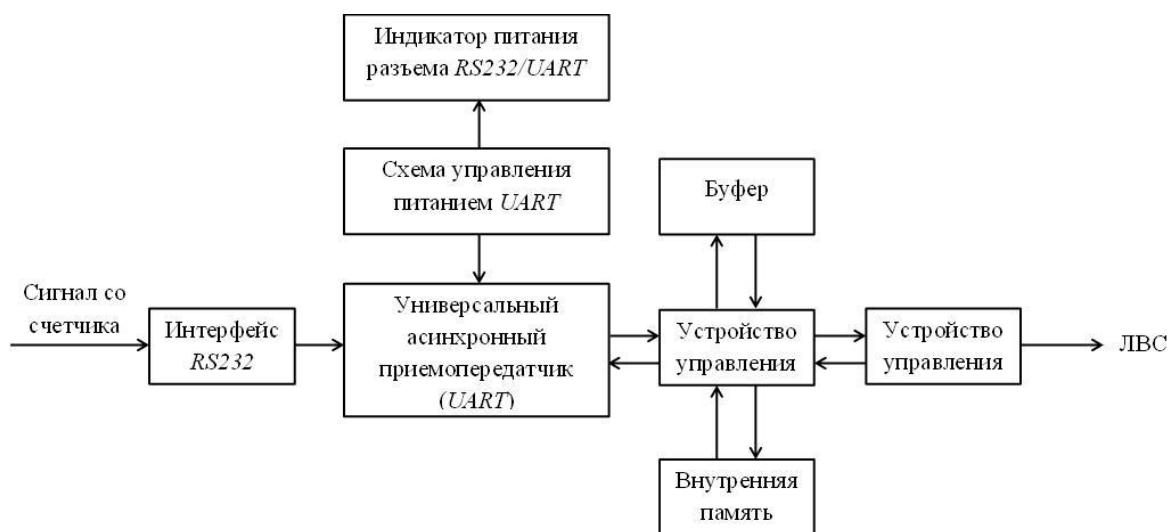


Рис. 4. Структурная схема УПИ

В случае дистанционной АСТУЭ локальный сервер базы данных отсутствует, и пересылка данных к удалённому серверу осуществляется непосредственно УПИ, которое применяется в обеих системах [5]. Структурная схема УПИ представлена на рис. 4.

2. Принцип работы устройства преобразования интерфейсов

Центральным в УПИ является устройство управления (УУ), с помощью которого осуществляется преобразование интерфейсов RS-232 в Ethernet, являющихся обязательными компонентами схемы [6]. Для формирования физического уровня интерфейса RS-232 применяется универсальный асинхронный приёмопередатчик (UART). Используется специальная схема управления питанием UART, наличие которого отображается с помощью индикатора. Для временного хранения данных, преобразуемых в Ethernet-пакет, используется «Буфер», а для длительного хранения применяется «Внутренняя память». Принцип работы УПИ заключается в следующем. Сигнал со счётчика поступает через интерфейс RS-232, принимается блоком UART и декодируется. Затем сигнал поступает в УУ и данные записываются в буфер. После того, как необходимая для формирования Ethernet-пакета порция данных собрана, данные считываются и буфера, упаковываются в пакет и передаются по интерфейсу Ethernet.

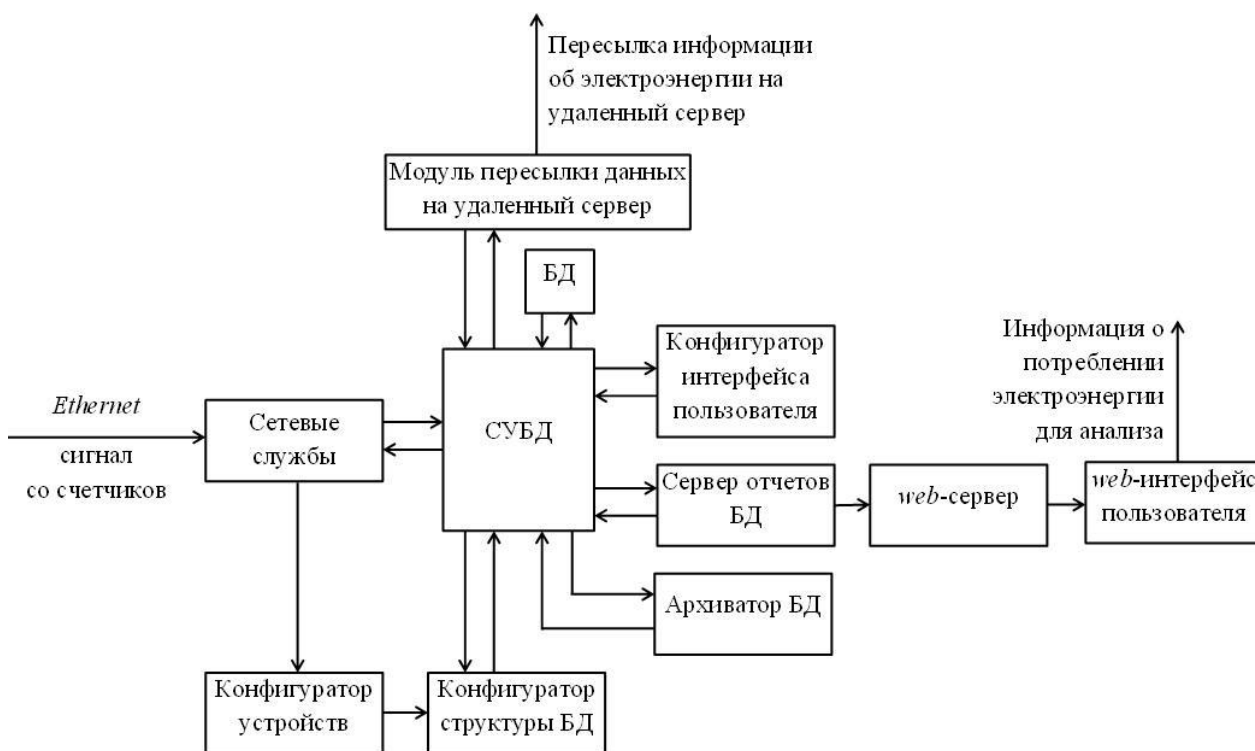


Рис. 5. Структура программного комплекса АСТУЭ

Рассмотрим более подробно принцип работы локальной АСТУЭ на примере обобщенного алгоритма, приведённого на рис. 5. После запуска сервера и программного обеспечения, он начинает опрашивать счётчики через заданные интервалы времени. Сигнал со счётчика преобразуется из RS-232 в Ethernet и принимается сервером. Далее, в соответствии с конфигурацией программного обеспечения, данные записываются в БД. Парал-

лельно с этим на сервере запущен процесс, который формирует пользовательский интерфейс, отчёты о потреблении электроэнергии и возможность отправки полученных данных на удалённый сервер. В состав учёта и анализа энергопотребления входят такие параметры как ток, напряжение, частота, полная мощность и др.

3. Разработка программного комплекса (ПК) АСТУЭ

Структура ПК АСТУЭ приведена на рис. 6. Как показано на данном рисунке, сетевые службы преобразуют поступающую информацию для хранения в БД [7].

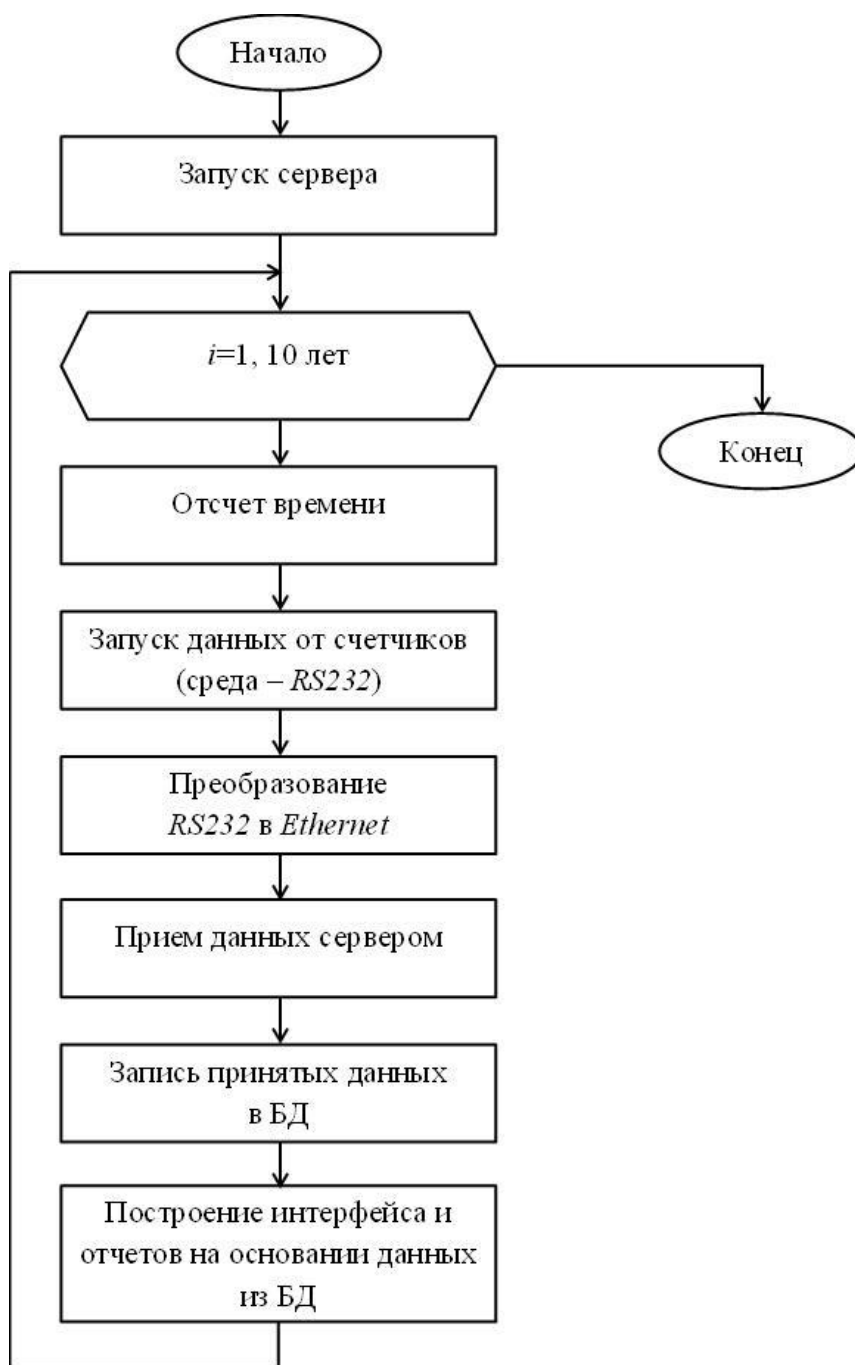


Рис. 6. Алгоритм работы локальной АСТУЭ

Настройка сетевых служб для счетчиков, применяемых в системе, происходит с использованием конфигулятора устройств. Конфигуратор структуры БД совместно с конфигуратором устройств обеспечивает одинаковую структуру в АСТУЭ всех предприятий. Архивирование и резервирование БД осуществляется архиватором БД.

Интерфейс пользователя организован в виде тонкого клиента, который использует web-сервер, а доступ к интерфейсу осуществляется через браузер. В системе применяется реляционная СУБД *MicrosoftSQLServer2005Express* [8].

4. Разработка пользовательского интерфейса АСТУЭ

Для отображения накопленных данных о потреблении электроэнергии, необходимо разработать пользовательский интерфейс, где информация должна быть отображена достаточно наглядно и информативно [5-7]. Интерфейс пользователя может быть реализован в виде тонкого клиента, запущенного на сервере *InternetInformationServices* 7.

Пользовательский интерфейс должен включать данные об общем плане предприятия, навигации, настройках системы. Общий план предприятия позволяет в наглядном виде получить сведения о потреблении электроэнергии отдельными подразделениями. Навигация содержит однолинейные схемы питания подразделений предприятия с возможностью получить подробные отчёты по каждому счётчику. Настройки системы предполагают установку тарифов.

5. Способ формирования отчётов АСТУЭ

Одной из важных задач, реализуемых ПК является формирование отчётов, позволяющих проводить анализ и мониторинг текущего состояния энергопотребления. В исходном варианте схема формирования отчётов предполагает представление информации по готовым шаблонам, которые не всегда соответствуют потребностям предприятия и не обладают достаточной гибкостью. Для ликвидации данного недостатка предлагается создать универсальный сервер отчётов, позволяющий формировать любые требуемые отчёты. Сервер отчётов может быть разработан на базе служб *MicrosoftReportingServices*. Отчёты создаются при помощи *ReportDefinitionLanguage (RDL)* на языке разметки *XML* и проектируются в среде *MicrosoftVisualStudio* с дополнением *BusinessIntelligenceProjects*. Есть возможность для создания отчётов во множестве различных форматов, включая *Excel*, *PDF*, *CSV*, *XML*, *TIFF* и других графических форматах, а также *HTMLWebArchive*. Сервер отчётов запрашивает в БД информацию согласно *SQL*-запроса, встроенного в отчёт, и формирует графическое отображение данных согласно сконфигурированному визуальному представлению [9]. На рис. 7 представлен алгоритм формирования отчёта.

Проанализируем работу алгоритма. Сначала задаётся источник данных путём указания БД и строки подключения к ней. Затем формируется *SQL*-запрос к БД для получения данных, на основании которых будет строиться отчёт. После этого настраивается визуальное представление данных. На следующем этапе сформированный в виде *.rdl* файла отчёт публикуется на сервере и производится его настройка. На основе программно-

аппаратного комплекса АСТУЭ с применением представленного сервера отчётов проектируется необходимая структура БД и отчёты на основе данных из БД, которые позволяют получить наглядное представление о потреблении электроэнергии [8, 9].

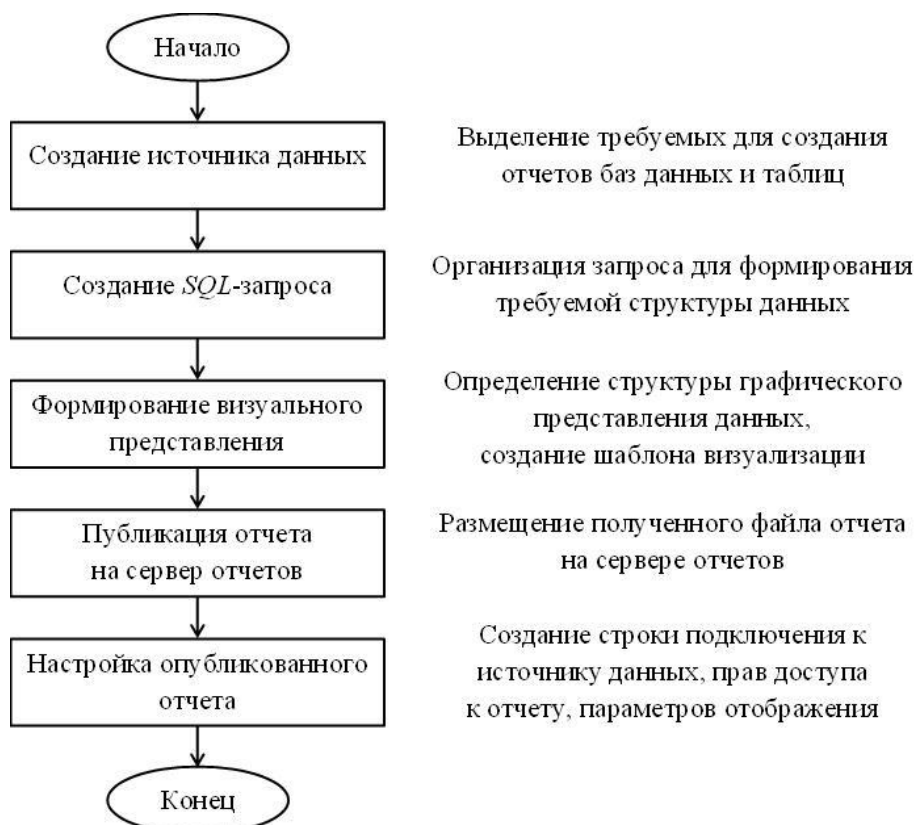


Рис. 7. Алгоритм формирования отчёта о потреблении электроэнергии

На рис. 8 приведены изображения экрана с примером SQL- запроса и результат ответа на запрос, позволяющий получить информацию о потребляемой энергии.

Запрос

Результат выполнения запроса

	Data	Name	Value	Device
1	2011-10-12 00:00:00.000	Active Energy Per Hour	49,8125	Office.PM710_2
2	2011-10-12 00:00:00.000	Active Energy Per Hour	57,125	Office.PM710_1
3	2011-10-12 01:00:00.000	Active Energy Per Hour	57,375	Office.PM710_1
4	2011-10-12 01:00:00.000	Active Energy Per Hour	49	Office.PM710_2
5	2011-10-12 02:00:00.000	Active Energy Per Hour	47,75	Office.PM710_2
6	2011-10-12 02:00:00.000	Active Energy Per Hour	56,875	Office.PM710_1
7	2011-10-12 03:00:00.000	Active Energy Per Hour	56,875	Office.PM710_1
8	2011-10-12 03:00:00.000	Active Energy Per Hour	48,25	Office.PM710_2
9	2011-10-12 04:00:00.000	Active Energy Per Hour	48,1875	Office.PM710_2
10	2011-10-12 04:00:00.000	Active Energy Per Hour	57	Office.PM710_1
11	2011-10-12 05:00:00.000	Active Energy Per Hour	56,875	Office.PM710_1
12	2011-10-12 05:00:00.000	Active Energy Per Hour	46,8125	Office.PM710_2

Запрос успешно выполнен. VADMVWS2003 (9.0 RTM) VADMVWS2003Администратор [54] master 00:00:00 990 строк

Рис. 8. SQL-запрос в среде Microsoft Server Management Studio

В качестве примера рассмотрено четырехэтажное офисное здание на 500 человек. Применение разработанного сервера отчетов позволяет отобразить потребление электроэнергии по часам в заданный промежуток времени. На рисунке 9 приведена подобная диаграмма. Также приведенная диаграмма позволяет одновременно рассматривать потребление с различных вводов (подстанций).

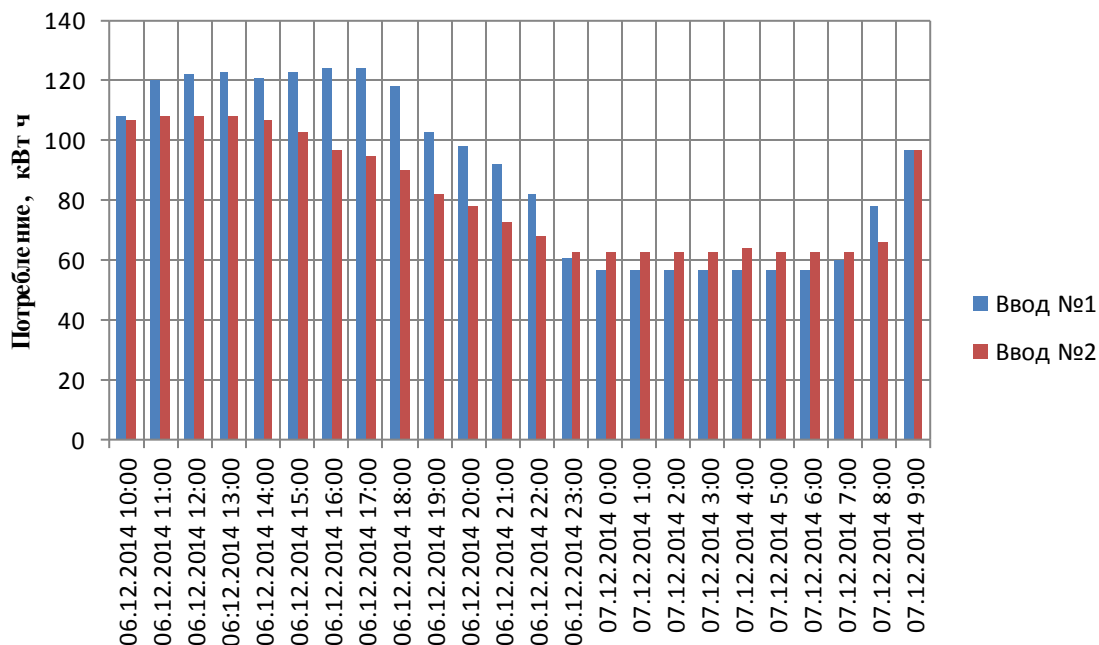


Рис. 9. Диаграмма «Потребление за сутки»

Из рисунка 9 видно, что в ночное время потребление электроэнергии заметно сокращается, что отражает характер деятельности предприятия. Здание питается от двух подстанций, причем соотношение потребления по этим вводам меняется.

Заключение

Внедрение АСТУЭ – первый шаг на пути энергосбережения, позволяющего собирать, обрабатывать и анализировать энергопотребление. На основе полученных данных находятся точки нерационального потребления электроэнергии и применяются методы по повышению энергоэффективности.

Рассмотрено два вида АСТУЭ – локальная и дистанционная, позволяющие реализовать систему в любом необходимом для предприятия виде, состоящие из счётчиков, передающих элементов, области хранения и передачи данных, а также из сервера отчётов. Разработанный сервер отчётов позволяет наглядно и гибко представить информацию, на основе которой можно проводить анализ потребления энергии, используя обширные данные, хранящиеся в БД. Локальные АСТУЭ применяются в кампании *SchneiderElectric*, на заводе «Потенциал» в Козьмодемьянске. Дистанционные АСТУЭ внедрены в арт-салоне *Tesli*, в автосалонах *Rolf* и на других объектах. АСТУЭ имеет большие перспективы, так как способна легко адаптироваться для применения в различных отраслях промышленности на различных предприятиях. Её модернизация может идти по отдельным направлениям.

ям – обеспечение поддержки большего числа счётчиков и других устройств, развитие интерфейса системы, совершенствование отчётов, рост возможностей по анализу данных.

Список литературы

- [1]. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. Учеб. для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2009. 430 с.
- [2]. Вагин Г.Я., Лоскутов А.Б. Экономия энергии в промышленности. Н. Новгород: НГТУ. 1998. 220 с.
- [3]. Кошкин А.Н., Федотова Л.А. Электроснабжение и электрооборудование промышленных предприятий: учебно-методическое пособие. Екатеринбург: УГТУ – УПИ. 2010. 101 с.
- [4]. Кошкин А.Н. Энергосбережение, аудит электрооборудования: учебное пособие. – Екатеринбург: УГТУ – УПИ. 2010. 150 с.
- [5]. Власов А.И., Михненко А.Е. Принципы построения и развёртывания информационной системы предприятия электронной отрасли // Производство электроники: технологии, оборудование, материалы. 2006. № 4. С. 5 – 12.
- [6]. Власов А.И., Михненко А.Е. Информационно-управляющие системы для производителей электроники // Производство электроники: технологии, оборудование, материалы. 2006. № 3. С. 5 – 21.
- [7]. Белов Б.И., Камышная Э.Н., Маркелов В.В. Программный комплекс конструкторско-технологических расчётов. // Информационно-технический журнал «Техника машиностроения». М.: ООО НТП «Ви́раж-центр». 2001. № 1 (29). 360 с. С. 22-24.
- [8]. Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных. 8-е изд. М.: «Вильямс». 2005. 1328с.
- [9]. Виейра Р. Программирование баз данных *Microsoft SQL Server 2005* для профессионалов. М.: «Вильямс». 2008. 1072 с.