

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики  
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»  
(наименование)

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений  
(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему «Разработка системы учета электроэнергии на подстанции 110/6,3 кВ»

Студент

У.Н. Омаралы

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

д.т.н., профессор П.А. Николаев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультант

к.п.н., доцент А.В. Кириллова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

## Аннотация

Название бакалаврской работы: «Разработка системы учета электроэнергии на подстанции 110/6,3 кВ».

Выпускная работа состоит из 58 страниц, заключения, в том числе 3 формулы, 18 рисунков, списка используемых источников информации, включая зарубежные источники, и графической части на 6 листах формата А1. Ключевым вопросом дипломной работы является устройство и принцип действия автоматизированной системы управления и контроля электричества, передаваемого через электрическую подстанцию 110/6,3 кВ. При этом необходимо разработать схему проектируемой системы учета, подобрать необходимое технологическое оборудование.

Целью бакалаврской работы является разработка системы учета электроэнергии на подстанции 110/6,3 кВ.

Выпускная работа может быть разделена на следующие логически взаимосвязанные части: введение и три раздела. В первом разделе подробно рассмотрены основные понятия и определения, связанные с автоматизацией процесса учета электрической энергии на подстанции, определен современный технический уровень систем учета. Во втором разделе рассмотрена электрическая подстанция, на которой планируется внедрение разрабатываемой системы учета, кратко рассмотрено электрооборудование, уровни токов и напряжений, обоснована целесообразность использования автоматизированной системы. В третьем разделе составлена структурная схема автоматизированной системы учёта, подобрано необходимое технологическое оборудование, основным из которых являются счетчики электрической энергии, трансформаторы тока и напряжения, управляющий контроллер. Подводя итоги, мы бы хотели подчеркнуть, что данная работа актуальна для многих учебных заведений, занимающихся подготовкой специалистов в области обслуживания и ремонта промышленных электроприводов.

## **Abstract**

The name of the bachelor's work: "Development of an electricity metering system at a 110 / 6.3 kV substation."

The final work consists of 58 pages, a conclusion, including 3 formulas, 18 figures, a list of used information sources, including foreign sources, and a graphic part on 6 sheets of A1 format.

The key issue of the thesis is the device and principle of operation of an automated control and monitoring system for electricity transmitted through an electric substation 110 / 6.3 kV. In this case, it is necessary to develop a scheme for the designed accounting system, to select the necessary technological equipment.

The aim of the bachelor's work is to develop an electricity metering system at a 110 / 6.3 kV substation.

Graduation work can be divided into the following logically interconnected parts: introduction and three sections. The first section discusses in detail the basic concepts and definitions associated with the automation of the process of metering electric energy in substations, defines the current technical level of metering systems. In the second section, an electrical substation is considered, at which it is planned to introduce the developed metering system, electrical equipment, current and voltage levels are briefly reviewed, and the feasibility of using an automated system is justified. In the third section, a block diagram of an automated accounting system is compiled, the necessary technological equipment is selected, the main of which are electric energy meters, current and voltage transformers, and a control controller.

Summing up, we would like to emphasize that this work is relevant for many educational institutions involved in the training of specialists in the field of maintenance and repair of industrial electric drives.

## Содержание

Введение.....	5
1 Краткий анализ рынка автоматизированных систем учета и.....	8
контроля электрической энергии.....	8
1.1 Основные понятия и определения.....	8
1.2 Статистика применения АСУ и КЭЭ.....	9
1.3 Обзор поставщиков оборудования и программного обеспечения.....	13
1.4 Возможности организации и построения АСКУЭ.....	21
2 Краткие сведения о предприятии.....	29
2.1 Структура предприятия.....	29
2.2 Организация учета электроэнергии, его виды и значения.....	31
2.3 Целесообразность использования АСКУЭ.....	34
3 Автоматизированная система учета и контроля электрической.....	38
энергии.....	38
3.1 Разработка структурной схемы.....	38
3.2 Расчет вторичных цепей учета контрольных кабелей для.....	39
вводов 110 кВ.....	39
3.3 Выбор типов электросчетчиков и устройства сбора и передачи.....	40
данных.....	40
3.4 Выбор поставщика программного обеспечения «верхнего.....	51
уровня» АИИС КУЭ.....	51
3.5 Обоснование значения классов точности применяемых.....	52
трансформаторов тока и напряжения, электросчетчиков.....	52
Заключение.....	53
Список используемых источников.....	54

## Введение

Чтобы решить проблему разработки автоматизированного блока контроля и учета электроэнергии от распределенных устройств управления, необходимо выбрать набор устройств, с которыми оператор или пользователь высокого уровня общается с веб-сайтом и другими услугами. Использование браузера, помня об экономии и использовании самого простого способа получить доступ к контролю затраченной энергии.

В настоящее время автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) представляют собой типичные программные и аппаратные системы, наиболее важной из которых является автоматическая рабочая станция оператора, для которой требуются определенные навыки. Такое программное обеспечение обычно связано с определенными операционными системами. Из-за наличия различных ограничений, утраты многофункциональности и сложности создания АWP устанавливаются вспомогательные ограничения для пользователей сервиса. Возможность быстро получить информацию об используемом ресурсе, качестве электроэнергии и другой информации часто бывает трудной, а зачастую и невозможной. Следовательно, использование веб-интерфейса вместо специализированного рабочего компьютера позволяет снизить затраты за счет снижения затрат на создание другого программного продукта, а также облегчить доступ к контролируемой информации как для сотрудников, так и для пользователей более высокого уровня. Чистота проявляется с точки зрения контроля ресурсов, что обычно не происходит в большинстве систем контроля.

Рекомендуемая процедура создания АСКУЭ приведена в [1]. По сути, система управления - это комплекс управляемого объекта и механизма управления процессом. Это включает в себя массив устройств для приема, сбора и передачи информации и формирования импульсов и команд

управления. Целью этого является улучшение и обеспечение работы процесса и объекта. В зависимости от типа системы управления они представляют собой управление на физическом и информационном уровне, которое влияет на поддержание и улучшение функционирования объекта управления по отношению к существующей программе или цели управления.

Микропроцессоры работают в оперативном масштабе, управляемом рабочими службами, которые обычно расположены в памяти системы управления. Основным преимуществом программируемых микропроцессоров является их повышенная надежность, гибкость и гибкость. В принципе, допустимо различать две задачи, решаемые с использованием счета контроля и снабжения / использования энергоресурсов независимо от используемых технических устройств: первое - это использование счетов за электроэнергию в соответствии с фактическими инструкциями объема поставки / использования.

Ускорение научно-технического процесса способствует необходимости совершенствования силовой электроники, создание передовых надёжных систем контроля электроэнергии. Потребители ресурсов это понимают, также необходимо рассчитываться с поставщиком на базе учета современного и высокоточного оборудования.

В данное время контроль электроэнергии в основном производится следующим образом:

- показания счетчиков фиксируют вручную;
- установленные приборы подсчета электроэнергии не сведены в единообразную сеть, используется управление различных видов;
- у измерительных аппаратов класс точности не соответствует требованиям.

Целью выпускной квалификационной работы является обеспечения снижения материальных и непроизводительных издержек на электроэнергию.

В поставленной цели требуется решить следующие задачи:

- изучить методы точного измерения количества электроэнергии;
- изучить автоматизированный промышленный учёт электроэнергии;
- изучить перспективы учёта количества электричества с целью снижения затрат на электричество за счёт контроля потребления электроэнергии;
- спрогнозировать экономический эффект, связанный с внедрением системы и уменьшением издержек на энергоресурсы в целом:
  - изучить оперативный контроль и управление потреблением электричества;
  - изучить рациональное планирование работы оборудования;
  - изучить возникновение технологических потерь и несанкционированных точек доступа к энергоносителям;
  - создать структуру АСКУЭ;
  - рекомендовать к применению электросчетчики, УСПД и согласующие устройства управления между ними;
  - предложить поставщика программного обеспечения «верхнего уровня» АСКУЭ.

# **1 Краткий анализ рынка автоматизированных систем учета и контроля электрической энергии**

## **1.1 Основные понятия и определения**

АСКУЭ предоставляет коммерческие измерения и измерения мощности и питания, онлайн-мониторинг текущего потребления.

Эффект создания АСКУЭ:

- повышает уровень учета энергоресурсов, доступность и достоверность данных;
- позволяет более точно поддерживать заданное состояние производства и потребления ресурсов (контроль загрузки, соблюдение заранее установленного графика и т. д.);
- позволяет уменьшить утечки электроэнергии.

АСКУЭ функции:

- измерение объемов и качественных параметров электропитания / потребления;
- контроль поставок / потребления энергоресурсов во всех точках и измерение объектов в определенные периоды времени;
- сбор, обработка, синтез и представление данных о мощности / расходе мощности;
- систематическая доставка данных на все контрольные точки;
- мониторинг и контроль нагрузки в режиме реального времени;
- поддержание баланса объекта и системы;
- учет потерь ресурсов в контролируемой зоне;
- контролировать работу измерительных приборов и процессорного оборудования.



## 1.2 Статистика применения АСУ и КЭЭ

Рынок АСКУЭ позиционируется как «рост и перспектива», этому способствует растущий спрос со стороны компаний на экономию, сокращение затрат и повышение конкурентоспособности.

Российские заводы проявляют растущий интерес к измерительным системам, способствуя нормативному переходу (внедрение ограниченного энергопотребления) к текущим измерениям электроэнергии (механизм управления питанием).

При этом многие эксперты рынка полагают, что «Рынок АСКУЭ пойдет на спад через 2-3 года, как это было на рынках электроэнергии в других странах. Сетевые компании и крупные потребители электроэнергии, потратив деньги на АСКУЭ, в течение длительного времени больше не вернутся к этому вопросу – по крайней мере, крупных масштабных проектов внедрения АСКУЭ уже не будет, а затраты на поддержку и развитие систем будут незначительными по сравнению со стоимостью внедрения» [2].

В настоящее время на рынке наиболее популярны системы учета электроэнергии, однако потенциал роста есть также и у других модификаций систем учета (см. рисунок 1). Перспективной кажется система, позволяющая учитывать не только количество, но и качество электроэнергии. Для потребителей интересны также системы по учету потребления тепла, газа и воды. Достаточно большой потенциал роста имеют системы «умных предприятий», позволяющие осуществлять управление в реальном времени.

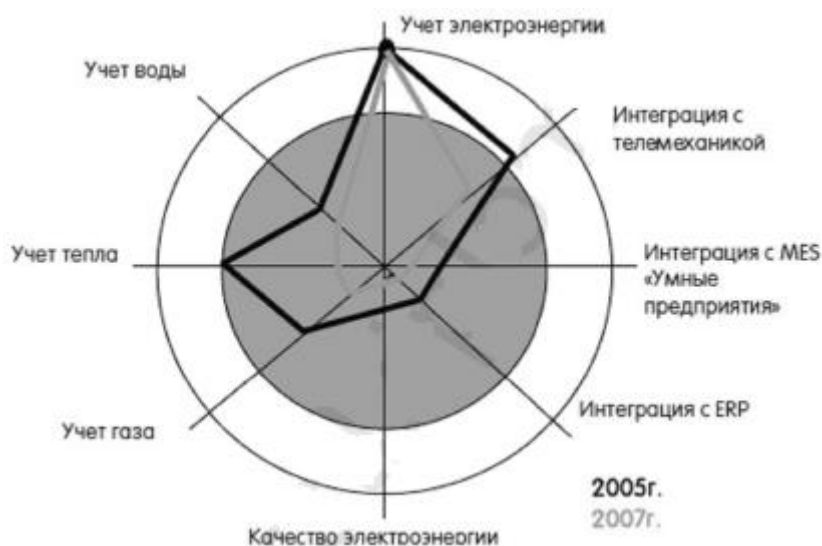


Рисунок 1 - Перспективные направления систем учета

Число известных проектов по установке АСКУЭ в России у 11 крупных поставщиков оборудования составляет 263. С учетом того, что зачастую разглашаются не все реализованные проекты, предположительное число завершенных проектов данных игроков рынка составляет порядка 500. Разработчики и поставщики оборудования занимают около 10% рынка, следовательно, число реализованных проектов на начало 2009 года можно оценить в 4,5-5 тыс.

Анализируя структуру российского рынка по типам потребителей (см. рисунок 2), можно отметить, что на энергоснабжающие компании и промышленные организации приходится примерно одинаковая доля рынка. Бытовой сектор занимает порядка 14% рынка по числу реализованных проектов. В данном случае число проектов для бытового сектора было рассчитано не по числу подключенных домов, а по числу охваченных населенных пунктов.

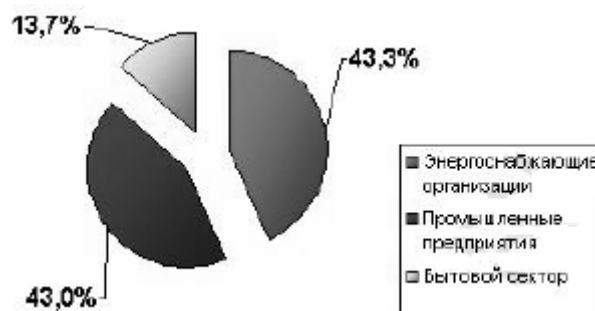


Рисунок 2 - Структура установленных систем АСКУЭ по видам потребителей

В структуре российского рынка по географическому признаку (см. рисунок 3) больше половины занимает Центральный Федеральный округ (53,6%). Это связано в первую очередь со следующими факторами:

- более сильные финансовые возможности компаний данного региона;
  - при реализации межрегиональных проектов для крупных компаний с главным офисом в Москве, проекты относились к Центральному ФО
- Значительная доля рынка приходится на Приволжский ФО и Южный ФО – 16% и 12% соответственно, а Урал и Дальний Восток имеют меньше всего реализованных проектов АСКУЭ на своей территории.

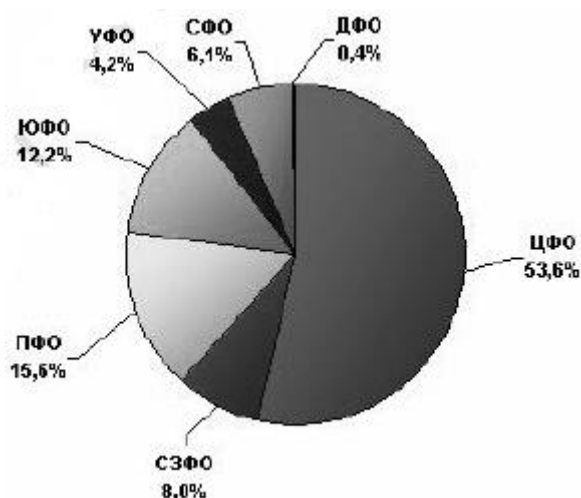


Рисунок 3 - Географическая структура установленных систем АСКУЭ

Можно отметить, что девять из десяти систем были установлены в Европейской части России (не включая УФО) и только одна из десяти - в Азиатской части (см. рисунок 4). Интересно, что общероссийской структуре соответствует в большей степени распределение проектов по установке АСКУЭ на промышленных предприятиях, а география проектов для бытового сектора и энергоснабжающих организаций отличается от общей ситуации в России.

Центральный ФО является безусловным лидером для всех типов клиентов. Достаточно большая доля проектов по установке АСКУЭ в бытовом секторе приходится на Северо-Западный и Южный ФО: практически каждый пятый проект был реализован в данных регионах.

Второе место в географической структуре проектов для компаний энергетического сектора принадлежит Приволжскому ФО, а одна система из десяти установлена в Сибирском ФО.

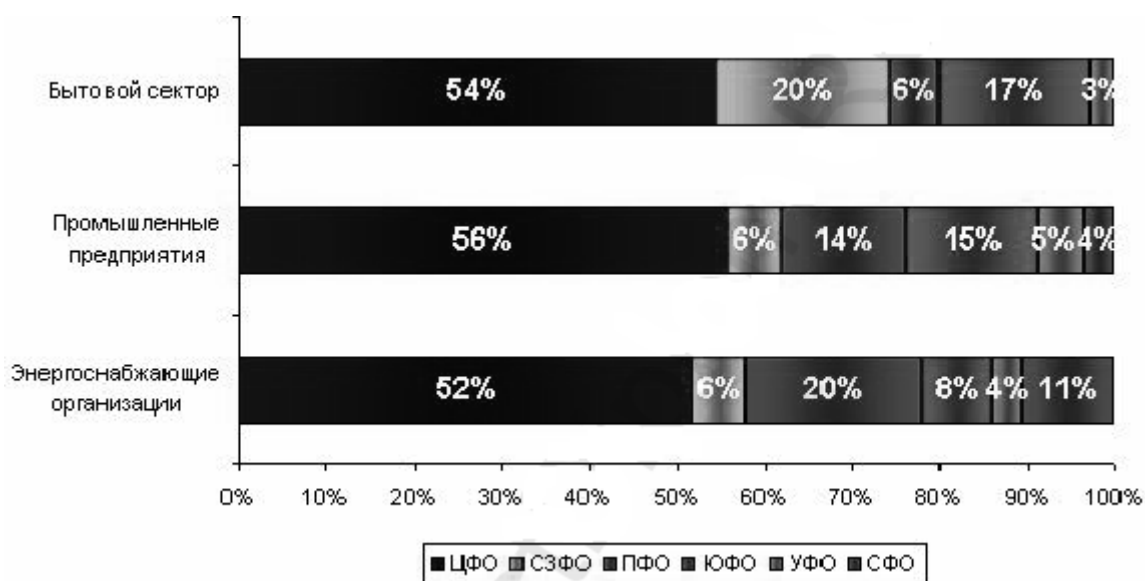


Рисунок 4 - Географическая структура установленных систем АСКУЭ по типам клиентов

### 1.3 Обзор поставщиков оборудования и программного обеспечения

Одними из ключевых поставщиков оборудования и программного обеспечения (ПО) для АСКУЭ являются заводы электротехнического приборостроения. Данные игроки рынка располагают производством необходимого оборудования и начинают самостоятельно разрабатывать программное обеспечение для выхода на конечного потребителя. Либо при отсутствии собственного штата для разработки ПО, завод может привлечь для выполнения данной функции внешнего подрядчика и в результате самостоятельно предлагать на рынок комплексную услугу по установке АСКУЭ (например, Ленинградский электромеханический завод).

Одним из основных компонентов АСКУЭ являются электрические счетчики для учета расхода электроэнергии. Производство данного продукта растет ежегодно в среднем на 10-12% в год (см. рисунок 5).

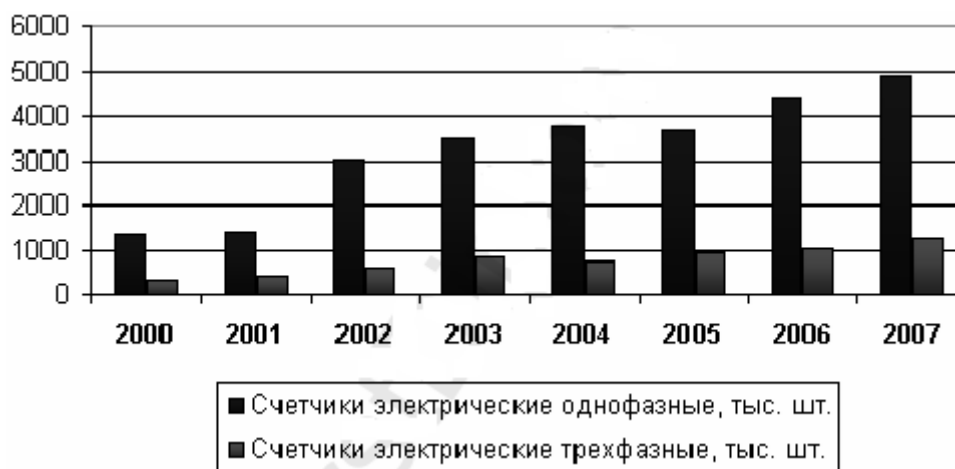


Рисунок 5 - Производство электрических счетчиков в России, тыс. шт., 2000-2007 гг.

Для установки программы АСКУЭ требуется не только наличие аппаратной части и ПО, но также и утвержденное техническое задание,

выполнение монтажных и пусконаладочных работ, т.д. Данные услуги завод-производитель может оказывать самостоятельно либо привлекать к сотрудничеству сторонние организации. В результате завод может иметь сеть партнерских компаний по всей России.

Список основных поставщиков оборудования и программного обеспечения приведен в таблице 1.

Таблица 1- Наиболее крупные поставщики АСКУЭ в России

Наименование	Источник информации	Функциональные возможности		
		Оборудование	Программное обеспечение	Монтаж и настройка
1	2	3	4	5
ОАО Концерн Энергомера	<a href="http://www.energo-mera.ru">http://www.energo-mera.ru</a>	+	+	+
Инкотекс	<a href="http://www.incotex.ru">http://www.incotex.ru</a>	+	+	+
Завод имени М.В. Фрунзе	<a href="http://www.nzif.ru">http://www.nzif.ru</a>	+	+	+
Тепловодохран	<a href="http://www.teplovodokhran.ru">http://www.teplovodokhran.ru</a>	+	+	+
ГК «Системы и технологии»	<a href="http://www.sicon.ru">http://www.sicon.ru</a>	+	+	+
СКБ Амрита	<a href="http://www.amrita.ru">http://www.amrita.ru</a>	+	-	-
Эльстер Метроника	<a href="http://www.izmerenie.ru">http://www.izmerenie.ru</a>	+	+	-
Московский завод ЭИП	<a href="http://www.mzep.ru">http://www.mzep.ru</a>	+	+	-
Ленинградский ЭМЗ	<a href="http://www.lemz.spb.ru">http://www.lemz.spb.ru</a>	+	+	-

В перспективе данный список может быть значительно расширен при выходе на рынок остальных электромеханических заводов России, которые также могут начать разработку ПО, либо заключить соответствующее соглашение с подрядчиками, и предлагать услуги по монтажу системы АСКУЭ.

Поскольку заводы являются производителями одного из главных компонент системы – оборудования, они имеют достаточно большое преимущество с точки зрения знания самого принципа функционирования отдельных элементов. Недостатком же для данных игроков является низкая оперативность работы и отсутствие необходимых навыков по составлению технического задания и прочим сопутствующим услугам

Программное обеспечение.

На рынке также присутствуют отдельные производители ПО – чаще это ИТ-компании, изначально специализирующиеся на разработке программного обеспечения. Для установки АСКУЭ они предлагают собственные разработки ПО и оборудование указанных выше заводов (например, компании КРОК, ТелеПозиционный Проект и др.).

Данные участники рынка также имеют хорошую репутацию профессионалов в области ПО, но при этом не всегда могут предлагать полный комплекс услуг по установке системы.

Большое количество малых фирм на данном рынке была создана специалистами в области телекоммуникаций, промышленной автоматизации, преподавателями вузов. На данный момент подобные компании занимают значимую часть рынка ПО для систем АСКУЭ.

На рынке присутствуют инжиниринговые компании, предлагающие разработку схемы АСКУЭ и соответствующей документации. При этом данные игроки рынка используют оборудование и ПО сторонних предприятий. В качестве примера можно привести следующие компании:

Информационные технологии и связь, Группа Е4 (бывшее подразделение РАО ЕЭС), «Контактика, Р.В.С. и др.

Основным направлением деятельности таких компаний может быть консалтинг в области энергетики (например, Энсис Технологии).

Основное преимущество данных компаний заключается в возможности предоставить клиенту полный комплекс услуг по реализации проекта без необходимости обращения в несколько организаций. Недостатком зачастую служит высокая стоимость подобных комплексных проектов.

Достаточно большая группа некрупных компаний-интеграторов систем АСКУЭ была образована бывшими сотрудниками служб по контрольно-измерительным приборам и автоматике на промышленных предприятиях. Зачастую такие компании являются дочерними для клиента и предлагают ему услуги по установке и обслуживанию системы.

Исследование, проведенное компанией «Эльстер Метроника», показывает, что большая часть проектов по установке системы АСКУЭ реализуется именно аффилированными с клиентом компаниями, разработчиками системных решений и проектировщиками. Поставщики и разработчики оборудования занимают всего лишь порядка 10% рынка. Поскольку системы АСКУЭ являются одним из наиболее перспективных сегментов рынка промышленной автоматизации, регулярно свои услуги начинают предлагать все большее число организаций, не имеющих собственного оборудования и ПО (см. рисунок 6).

Однако для клиентов при заключении договора с таким «новичком» рынка возникают следующие риски:

- 1) некомпетентность в обследовании предприятия клиента: проведение обследования сторонней организацией, силами заказчика, либо вообще его отсутствие;



- 2) несоответствие проектной документации (технических заданий, проектных решений) установленным требованиям;
- 3) несоответствие поставляемого оборудования установленным требованиям;
- 4) недостаточная компетентность в проведении монтажных работ;
- 5) отсутствие компетентных наладчиков, способных оперативно вносить требуемые изменения в настройки оборудования;
- 6) неисполнение сроков;
- 7) негибкая система составления проекта системы, использование стандартных решений без понимания специфики проекта;
- 8) отсутствие услуги по обучению персонала клиента по работе с системой;
- 9) при поставке оборудования от различных производителей «размывание» ответственности за конечный результат.

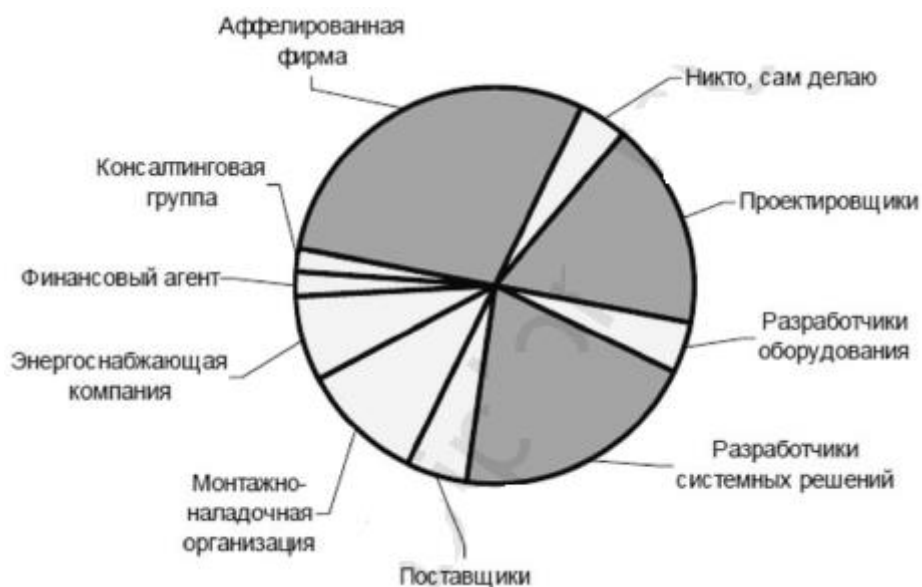


Рисунок 6 - Структура рынка АСКУЭ по типам подрядчиков

Потребителями систем являются:

- а) энергоснабжающие организации;
- б) крупные промышленные предприятия;
- в) бытовой сектор.

Изначально система АСКУЭ была введена только для предприятий энергетического сектора, однако впоследствии ее преимущества были оценены и в промышленности, и в бытовом секторе. Описание групп потребителей и их потребностей приведено в следующей таблице 2.

Таблица 2 - Основные группы потребителей АСКУЭ

Назначение	Содержание	Реализуемые задачи
1	2	3
Энергоснабжающие организации	Предприятие-владелец генерирующего оборудования, владелец электрической сети, энергосбытовая компания и т.п.	Обеспечение автоматизированного учета электроэнергии для коммерческих расчетов между заинтересованными участниками рынка распределения энергетических ресурсов. Определение технических и коммерческих потерь.
Промышленные предприятия	В основном потребителями АСКУЭ являются крупные промышленные предприятия, имеющие достаточно большой уровень потребления электроэнергии	Автоматизация учета и контроля электроэнергии для возможности точных и достоверных расчетов по нескольким тарифам. Контроль за уровнем потребления электроэнергии

Продолжение таблицы 2

1	2	3
Бытовой сектор	Коммунальные хозяйства, обслуживающие бытовой и частный сектор, предприятия сферы ЖКХ	Точный и достоверный учет отпущенной электроэнергии. Организация общедомового и поквартирного учета электроэнергии, включая учет электроэнергии, расходуемой на освещение лестничных клеток, работу лифтов и т.п. Контроль баланса полученной и отпущенной электроэнергии.

Упомянутая выше компания «Эльстер Метроника» (см. таблицу 1) провела исследование для определения факторов, влияющих на выбор той или иной компании в качестве подрядчика для установки системы АСКУЭ.

В качестве наиболее важных были отмечены такие факторы, как «Надежность оборудования и системы», «Техническая поддержка» и «Репутация поставщика» (см. рисунок 7). Это представляется вполне правдоподобным: организация вряд ли предпочтет экономить в ущерб качеству. Поломка системы, длительный простой без ремонта, ненадежность контрагента могут обойтись гораздо дороже в будущем. Наименее важными факторами стали «Наличие собственного производства» и «Работа “под ключ”». Таким образом, надежность оборудования и компании гораздо важнее, чем наличие большого спектра услуг в портфеле подрядчика.



Рисунок 7 - Предпочтения потребителей при выборе подрядчика

Структура АСКУЭ применима к установке на каждом предприятии, использующем сетевые ресурсы. Однако наиболее эффективна установка данных средств учета на крупных компаниях, для которых эффект от экономии ресурса будет сопоставима со стоимостью установки АСКУЭ.

Для небольших организаций проект по установке системы является достаточно дорогостоящим и имеющим длительный срок окупаемости.

На начало 2008 года в России насчитывалось 4,675 млн. предприятий и организаций, из которых 1,137 – субъекты малого предпринимательства. Следовательно, потенциальными клиентами являются порядка 3,538 млн. крупных и средних предприятий.

Соотношение прибыльных и убыточных крупных и средних предприятий в 2008 году составило 74,8% - 25,2%. Поскольку вероятность того, что убыточные предприятия могут позволить себе установку

АСКУЭ мала, число потенциальных клиентов сужается до 2,646 организаций в целом по России.

Из данного числа рассмотрим первый дециль (первые 10% предприятий) – это наиболее крупные прибыльные предприятия, потенциально готовые к установке системы АСКУЭ. Следовательно, емкость рынка для промышленных предприятий составляет порядка 265 тыс. компаний. На начало 2008 года число предприятий с видом экономической деятельности «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды» составило 24,2 тысячи, из которых 4,9 тыс. – субъекты малого предпринимательства. Из оставшихся 19,3 тыс. – 14,4 являются прибыльными. Первые 10% предприятий – потенциальных клиентов – это 1,4 тыс. Таким образом, число потенциальных клиентов сектора энергетики составляет 0,54% от общего числа предприятий промышленности. При обобщении данного показателя для всех субъектов РФ можно сделать вывод, что потенциальными клиентами в области энергетики является следующее число предприятий:

- РФ – 1,4 тыс.;
- Москва – 0,4 тыс.;
- Московская область – 0,1 тыс.;
- Сибирский ФО – 0,2 тыс.;
- Красноярский край – 0,02 тыс.

#### **1.4 Возможности организации и построения АСКУЭ**

Возможности организации и создания систем управления электроэнергией АСКУЭ заключаются в следующем.

Создать АСКУЭ с геодезическими приборами, использующими оптический порт. Теперь это самый простой способ организовать АСКУЭ. Измерительные приборы не переплетаются. Нет взаимодействия между

устройствами и центром обработки данных. Все счетчики передают данные последовательно, когда оператор подключает счетчик. Чтение осуществляется через оптопорт, через программу, которая находится на ноутбуке. Программа генерирует файл с данными опроса. Серверу центра сбора результатов требуются программные продукты, которые составляют файл анкеты и загружают информацию в основную базу данных (БД). Встречная синхронизация происходит во время опроса по времени мобильного нетбука. Время работы ноутбука синхронизируется с метками центра сбора данных при получении файлов опроса для данных со счетчика. Чтобы минимизировать количество денег за дизайн АСКУЭ в этой версии, первичная связующая роль в сборе данных должна быть назначена ноутбуку. Недостатками метода, описанного для АСКУЭ, являются повышенная стоимость сбора данных о размерах и функциональные ограничения использования индукционных или цифровых счетчиков с цифровым выходом на аппаратном обеспечении. Организация АСКУЭ с получением данных со счетчиков через оптический порт позволяет решить «следующие задачи:

- точное измерение параметров поставки/потребления;
- коммерческий и технический учет энергоресурсов по предприятию, его инфраструктурным элементам (котельная и объекты жилкомбыта, цеха, подразделения, субабоненты);
- контроль энергопотребления по точкам и объектам учета в заданных временных интервалах (30 минут, зоны, смены, сутки, декады, месяцы, кварталы и годы) относительно заданных лимитов и технологических ограничений мощности;
- обработка данных и формирование отчетов по учету электроэнергии;
- диагностика полноты данных;
- описание электрических соединений объектов и их характеристик;
- диагностика счетчиков;

- поддержание единого системного времени» [2].

Структура многослойной автоматизированной промышленной системы управления узлами или большой территориально распределенной малой и большой электрической системой показана на рисунке 8.

Основная часть устройств постоянно подключена к первоклассным центрам сбора данных с защищенными каналами связи и последовательно исследуется с заданным интервалом просмотра, например, третий метод построения автоматизированной системы учета для автоматического учета и учета информации. Не может быть непрерывного взаимодействия между многозадачностью компьютера и сбором данных низкого уровня: они могут передавать данные на временно подключенный ноутбук, как во втором методе построения автоматизированной системы управления для автоматического учета и учета информации. Первичные данные со счетчиков хранятся в базе данных узлов сбора данных более низкого уровня, и там происходит локализация данных. На узлах сбора данных промежуточного уровня выполняется вспомогательное агрегирование и анализ, которые записываются в базу данных узлов сбора данных. При таком способе организации АСКУЭ в качестве базы данных мы рекомендуем использовать любую надежную СУБД, например ORACLE8.X.

Например, структурная конфигурация программного центра Alpha CENTER реализует параллельный просмотр данных по каналам связи 4, 8, 16, 64. В случае каналов связи 16 и 32 в качестве сервера связи должен использоваться автономный компьютер. Линии связи могут быть выделенными, коммутируемыми или напрямую подключенными.

Параметры отдельных каналов настраиваются в зависимости от типа и характеристик линии. Система может запускать несколько серверов коммутации одновременно. В этом случае описание всех данных системы сбора данных, описание всех технических и проектных параметров объектов

и всех исходных и расчетных данных имеется только в платформе базы данных и на сервере центра сбора данных.

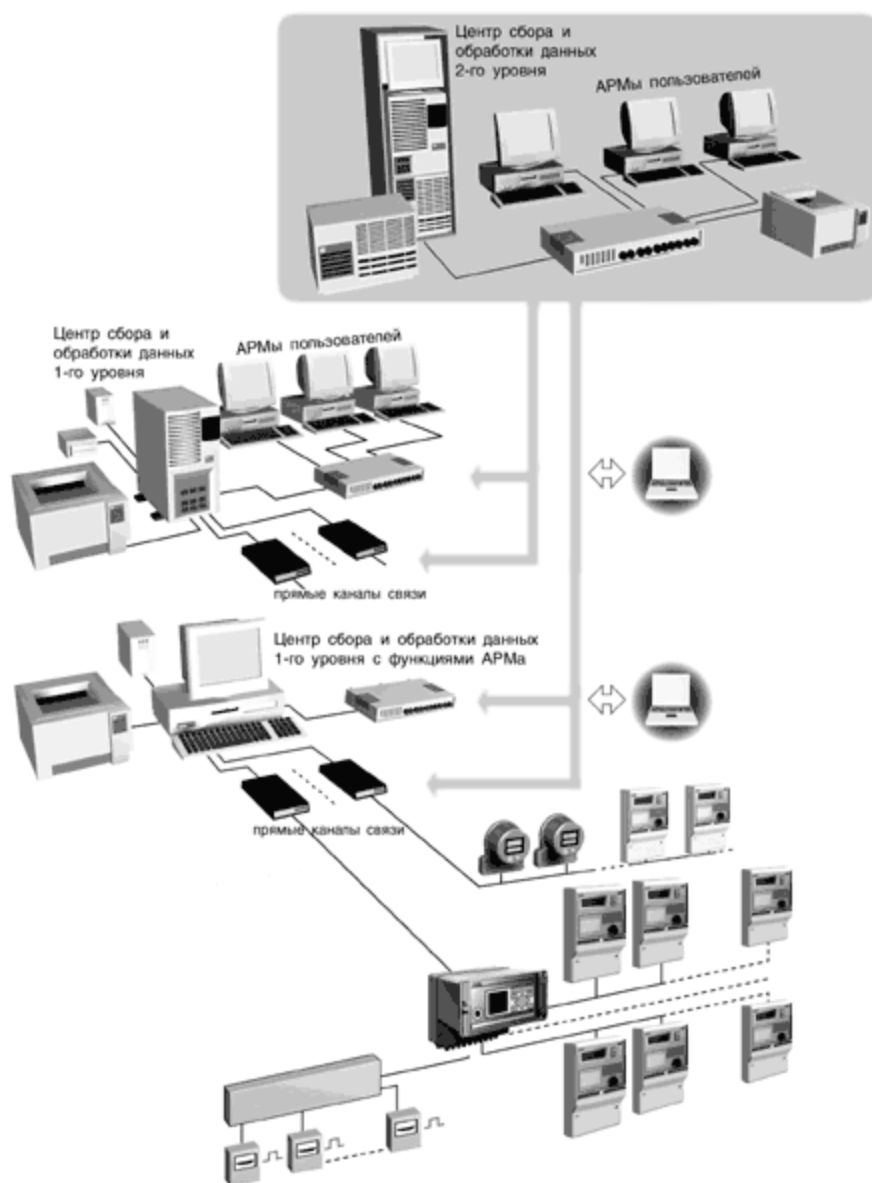


Рисунок 8 - Организация стандартизированной АСКУЭ

Центры сбора информации, как правило, реализуют только функции получения и обработки информации, к которой пользователь АС подключен через локальную сеть. Если число счетчиков мало, то в объекте



узла для сбора данных низкого уровня он может реализовывать функции АWP.

Узлы сбора данных верхнего уровня соединены с центрами данных промежуточного уровня каналами связи. Разные каналы связи - они могут быть онлайн, фирменными, прямым подключением к локальной сети. Узел сбора данных узла сбора данных носителя постоянно запрашивает требуемые данные из репозитория узла сбора данных верхнего уровня в соответствии с фиксированным расписанием. Встроенная организация АСКУЭ для крупной и средней системы распределенного энергоснабжения позволяет «решать следующие задачи:

- точное измерение параметров поставки/потребления;
- комплексный автоматизированный коммерческий и технический учет энергоресурсов по предприятию, его инфраструктурным элементам (котельная и объекты жилкомбыта, цеха, подразделения, субабоненты);
- ведение договоров и формирование платежных документов для расчетов за электроэнергию;
- контроль энергопотребления и ПКЭ по точкам и объектам учета в заданных временных интервалах (5 минут, 30 минут, зоны, смены, сутки, декады, месяцы, кварталы и годы) относительно заданных лимитов и технологических ограничений мощности;
- сопровождение нормативно - справочной информации;
- обработка данных и формирование отчетов по учету электроэнергии и контролю ПКЭ;
- фиксация отклонений контролируемых параметров энергоресурсов, их оценка в абсолютных и относительных единицах для анализа как энергопотребления, так и производственных процессов;
- сигнализация (цветом, звуком) об отклонениях контролируемых величин от допустимого диапазона значений;
- диагностика полноты данных;

- описание электрических соединений объектов и их характеристик;
- параметризация коммуникаций и характеристик опроса;
- диагностика системы;
- поддержание единого системного времени» [3].

Заявленный период жизни АСКУЭ учета электричества должен составлять 28 лет (поскольку данному числу соответствует ресурс электрического счетчика), но в тоже самое время абгрейд АСКУЭ рекомендуется проводить через три-четыре года. Выходит, что каждые пять-шесть лет необходимо предусматривать модернизацию АСКУЭ.

Рассмотрим пример. На рисунке 9 предложена схема АСКУЭ, в которой различимы четыре структурных уровня.

Самый низкий уровень - это исходные переменные измерения с аналоговыми или цифровыми каналами, которые непрерывно или со средним периодом времени измеряют данные об измерении энергии потребителя (количество электроэнергии, мощность, влажность, температура, количество тепла с носителем энергии и т. д.) согласно параметрам измерения (фидер, канал и т. д.).

Второй уровень - это устройства сбора и преобразования данных (УСПД) универсальные измерительные системы и многофункциональные программные контроллеры со встроенными количественными измерениями энергии, которые обеспечивают фиксированный средний размер среднего интервала для непрерывного измерения измеренных параметров из географически удаленных точек сбора данных, агрегирование, анализ и передача данных в «High Stages».

Третий уровень - это сервер анализа и обработки персональных компьютеров (ПК) или центров обработки данных со специальным компьютерным программным обеспечением АСКУЭ, который собирает информацию из УСПД (или соединения УСПД), окончательный анализ этой информации по точкам сбора и по их группам - по отделы и мастерские.

Документирование и отображение контрольных данных особым образом для анализа и принятия решений (контроля) со стороны оперативного персонала структуры главных энергетиков и руководства организации.

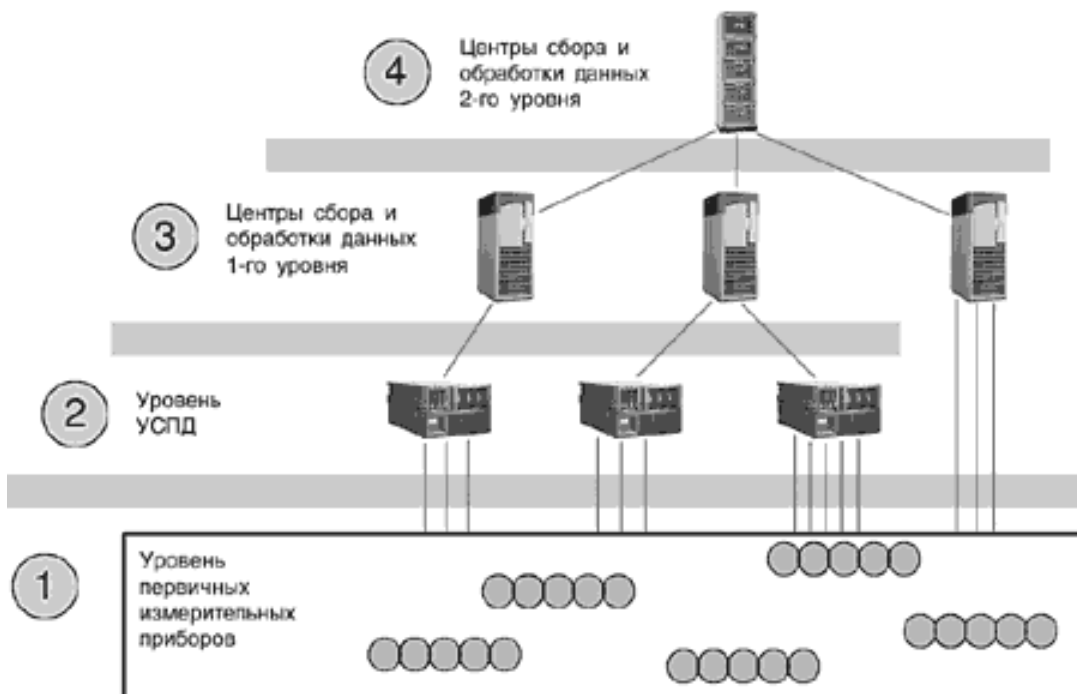


Рисунок 9 - Структура АСКУЭ

Наивысшим уровнем является основной сервер компании, который собирает и анализирует данные с использованием уникального программного обеспечения АСКУЭ, сбора данных с компьютера и / или сервера, интеграции центров управления и обработки данных третьего уровня, вспомогательного агрегирования и параметризации информации на уровнях объектов учета, регистрация и представление бухгалтерских параметров. Удобный для контроля и принятия плана действий обслуживающим персоналом главного энергетика и руководством малых и крупных компаний или территориально распределенных энергетических систем, заключения договоров на поставку энергоресурсов и подготовки платежных документов для поставляемых населенных пунктов.

Все уровни АСКУЭ связаны между линиями и каналами связи. В случае связи между нижним и средним уровнями или центрами сбора информации, как правило, используется прямое соединение через стандартные интерфейсы (серии RS-485, IPPS и т. д.). УСПД с узлами сбора данных третьего уровня, вы можете подключить узлы сбора данных третьего уровня и четвертого уровня через выделенные коммутируемые линии связи или сеть.

## 2 Краткие сведения о предприятии

### 2.1 Структура предприятия

Необходимость в повышении передаваемого напряжения возникает в целях многократной экономии металла, используемого в проводах ЛЭП, и уменьшения потерь на активном сопротивлении. Действительно, необходимая площадь сечения проводов определяется только силой проходящего тока и отсутствием возникновения коронного разряда. Также уменьшение силы проходящего тока влечёт за собой уменьшение потери энергии, которая находится в прямой квадратичной зависимости от значения силы тока. С другой стороны, чтобы избежать высоковольтного электрического пробоя, применяются специальные меры: используются специальные изоляторы, провода разносятся на достаточное расстояние и т. д. Основная же причина повышения напряжения состоит в том, что чем выше напряжение, тем большую мощность и на большее расстояние можно передать по линии электропередачи.

Подстанция 110/6,3 кВ тупикового исполнения (см. рисунок 10) установлены два масляных трансформатора мощностью  $S_{нт}=16$  МВА каждый. Общее потребление подстанции на выводах НН составляет  $P_{н}=23$  кВт,  $\cos\varphi=0,8$ . На стороне 110 кВ установлены несколько ТТ-110 кВ типа ТГФ-110 УХЛ1 и несколько ТН-110 кВ типа НАМИ-110 УХЛ1.

Расстояние от ТТ-110 до панелей учета в ОПУ-110 равняется  $L_{опу}=90$  метров. Индивидуальная мощность двух ТСН-10/0,4 кВ равняется  $S_{тсн}=100$  кВА (учет выполняется на стороне 0,4 кВ и является коммерческим).

Число фидеров отходящих питающих линий на выводах 10 кВ равен четырнадцати единицам. Счетчики установлены на внешней стороне отсеков шкафов ячеек ЗРУ-10 кВ.

Контроль на вводах 110 кВ Т-1 и Т-2, вводах 0,4 кВ ТСН и вводах 10 кВ Т-1, Т-2 реализован расчетным (коммерческим). Другие точки учета приняты контрольным учетом. Суммарное количество точек контроля принять в числе, необходимом для суммарного баланса энергии по подстанции.

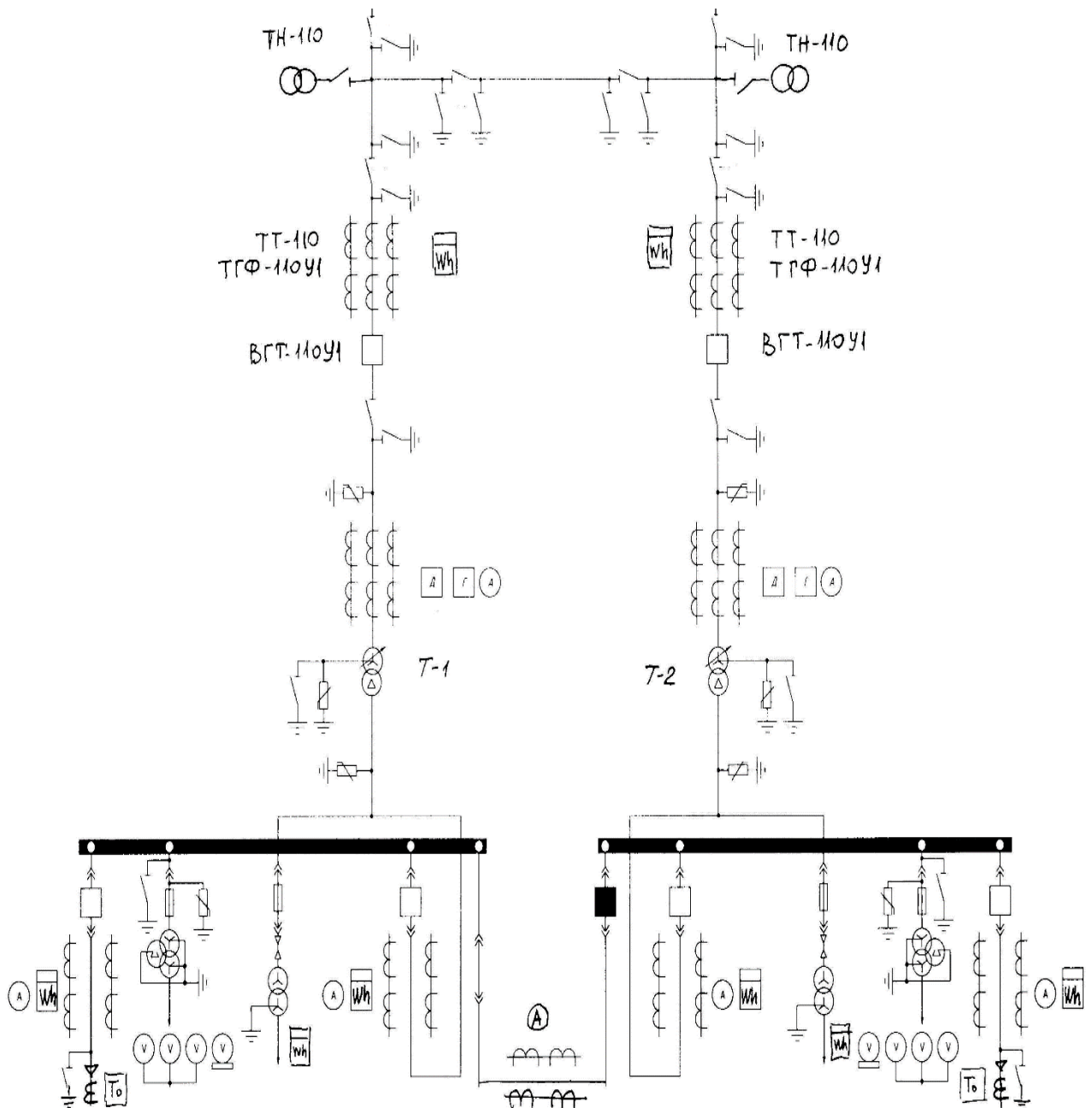


Рисунок 10 - Схема ПС для автоматизации учета электроэнергии

## **2.2 Организация учета электроэнергии, его виды и значения**

Учет потребления электроэнергии в компаниях проводят в целях реализации:

- расчета за электроэнергию с сетевой организацией, т.е. коммерческий учет;
- учет расхода активной составляющей энергии в отдельных подразделениях, на энергоемких технологических линиях, станках.

Финансовым учетом электроэнергии называется учет выработанной, а также отпущенной потребителям электроэнергии для денежного расчета за нее.

Аппаратным учетом электроэнергии называется учет для контроля расхода потребленной электроэнергии.

Приборы учета рекомендуется устанавливать:

- на фидере линии электропередачи в подстанцию;
- на вводе высокого напряжения преобразователя при наличии прямой связи со следующей подстанцией энергосистемы;
- на границе раздела главного потребителя и вспомогательного.

Метрологические аспекты контроля электричества.

Электрическая энергия много лет назад прочно стала частью нашей жизни. Сейчас отсутствие наличия электроэнергии в сети является чрезвычайной ситуацией.

Обеспечение единства сбора информации для огромного числа измерительной техники - серьезная задача, над её решением занимаются большое количество специалистов, работающих в различных отраслях промышленности и сферы услуг.

Если считать электрическую энергию продукцией, которая производится, транспортируется, продается и покупается, то этот продукт, по

аналогии с другими продуктами, является набором параметров, наиболее полно характеризуют его качество и позволяют достаточно точно определять его расход.

Эти параметры задаются ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения», в данном документе содержатся «следующие показатели качества электрической энергии:

- установившееся отклонение напряжения;
- размах изменения напряжения;
- доза фликера;
- коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения;
- коэффициент n-й гармонической составляющей напряжения;
- коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности;
- коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности;
- отклонение частоты;
- длительность провала напряжения;
- импульсное напряжение;
- коэффициент временного перенапряжения» [5].

В наше время парк приборов измерений показателей соответствия электроэнергии нормативам только задокументирован, имеются трудности в получении доступа к необходимым измерительным аппаратам.

Сегодня, когда выпускается и потребляется большое количество электроэнергии, любая неточность несет значительные последствия.

«Точность измерений определяется техническими возможностями используемых средств измерений. В настоящее время зарегистрировано большое количество разнообразных средств для измерения электрической



энергии, особенно электросчетчиков, с одной стороны, это хорошо, так как имеется возможность выбора нужного прибора. С другой же стороны, возникает проблема с их обслуживанием и обеспечением надежности» [6].

Ещё одной краеугольной проблемой, в определенном смысле «настоящей проблемой», является стандартизированное и метрологическое сопровождение автоматизированных систем учета электроэнергии (АСКУЭ), которые сейчас, в наше время повсеместно применяются и внедряются. В этом случае единая система стандартизированного и метрологического контроля этой деятельности не осуществляется.

«Согласно Закону РК «Об обеспечении единства измерений» средства измерений, предназначенные для серийного производства или ввоза на территорию Республики Казахстан партиями и на которые распространяется государственный метрологический надзор, подлежат испытаниям с последующим утверждением типа этих средств измерений. Решение об утверждении типа средств удостоверяется сертификатом, срок действия которого устанавливается при его выдаче. Утвержденный тип средств измерений вносится в реестр государственной системы обеспечения единства измерений. Производство, поверка и ремонт средств измерений могут осуществляться физическими и юридическими лицами после получения соответствующей лицензии, выдаваемой уполномоченным государственным органом по стандартизации, метрологии и сертификации» [7].

Средства измерений, применяемые в системах АСКУЭ необходимо обязательно поверять.. Список и периодичность контроля средств измерений, а также порядок ее проведения определяет сертифицированный государственный орган по стандартизации, метрологии и сертификации. Положительные данные о государственной поверке удостоверяются печатью, поверительным клеймом и сертификатом.

### 2.3 Целесообразность использования АСКУЭ

Цель создания АСКУЭ в создании «коммерческого и технического учета расхода электроэнергии. Переход на рыночные методы управления экономики предъявляет жесткие требования к достоверности и оперативности учета энергоресурсов. Эти требования могут быть удовлетворены только путем создания автоматизированных систем контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ), естественно созданных на базе современных средств вычислительной техники, высокоточного оборудования для измерения и передачи информации. Использование в составе АСКУЭ персональных компьютеров (ПК) со специализированным программным обеспечением (ПО) придает этим системам дополнительную гибкость и актуальность в применении. Помимо решения основной задачи по обеспечению функционирования АСКУЭ, эти ПК могут обеспечивать решение целого ряда прикладных, не менее важных задач, а именно:

- задачи по оценке состояния систем потребления энергоресурсов,
- задачи по достоверизации измерений и отдельных составляющих и всего комплекса в целом,
- своевременно выявлять потери и области нецелесообразного расходования тех или иных ресурсных компонентов и своевременной локализации мест этих потерь» [9].

Применение АСКУЭ создает эффективную базу с целью проведения энергосберегающей программы.

Задачи АСКУЭ с точки зрения измерительной системы: главной целью учета потребления является получения истинной информации о числе полученных от сетевого оператора энергоносителей, чтобы точно узнать или спрогнозировать количество затрат (денежных ресурсов), требуемых конкретной компании для оптимизации промышленных ресурсов, грамотного прогнозирования расходов. «Эта информация позволяет:

- а) производить финансовые расчеты между участниками рынка;
- б) управлять режимами энергоресурсного потребления;
- в) определять и прогнозировать все составляющие баланса энергоресурсов: выработка (поставка), отпуск, потери и т.п.;
- г) осуществлять финансовые оценки процессов производства, передачи и распределения энергоносителей;
- д) контролировать техническое состояние систем энергоресурсов в технологических установках потребителя и их соответствие требованиям нормативно-технических документов» [10].

Результат создания системы возможен только при выполнении следующих функций:

- организовать сбор, обработку и хранение коммерческой информации, связанной с одним астрономическим периодом;
- автоматическая организация сбора, обработки технической информации о приростах потока электрической энергии, используемая для проверки достоверности коммерческой информации, обновления расчетной модели и решения других задач;
- автоматическая организация сбора, обработки вспомогательного информационного хранилища («журналов событий» счетчиков электрической энергии и УСПД), необходимых для технического надзора за состоянием измерений коммерческих измерительных комплексов;
- проверка достоверности поступающей коммерческой информации на основе как критериев избыточности данных, так и других принципов;
- технический надзор за состоянием измерений комплексов инструментов коммерческого учета с помощью сопроводительной информации;
- анализ качества электроэнергии с использованием параметров и средств обработки, регламентируемых действующими нормативными документами;

- организация и поддержка базы данных о расположении измерительных комплексов для инструментов коммерческого учета на оптовом рынке, т.е. их пригодности для конкретных энергетических объектов и их связи с соответствующими рыночными факторами (необходимая функция для привязки расположения инструментов коммерческих наблюдений к схема планирования для определения сбыта объектов анализа);

- Организация и поддержка базы нормативно-справочной информации (НСИ) по техническим характеристикам систем измерения. Работа коммерческих систем измерения автоматизированной системы учета для коммерческого учета на уровнях рыночных факторов, гражданских обществ и региональных центров сбора данных;

- информация о системе оптовых балансов;

- определить действительные погрешности измерений каналов и АСКУЭ на основе текущих временных режимов рыночного цикла электроэнергии;

- эффективное управление базами данных, полученными из систем измерения коммерческого и технического учета и принятыми для технического контроля;

- организация удобного доступа пользователей к коммерческой и технической информации;

- управление техническими мероприятиями системы сбора информации» [11].

По учету неэлектрических энергоносителей «бывают:

- отображение технологических параметров: давления, температуры и расходов;

- расчет и отображение потребление (выработки) энергоносителей в заданные интервалы времени (час, сутки, месяц, год); давление, температуры, уровней и др.;

- расчет и отображение средних значений технологических параметров;

- коррекция расходов энергоносителей по температуре и давлению, а также расчет тепловой энергии;
- в случае использования диафрагмы, расчет и отображение расходов энергоносителей по действующим ГОСТ 8.563.1-3-97;
- формирование и выдача необходимых рапортов и форм отчетной документации;
- отражение всех контролируемых параметров в виде гистограмм» [12].

Контроль достоверности контроля энергоресурсов достигается за счет ежемесячного приведения баланса поступивших и отпущенных энергоресурсов с учетом потерь. Реестр составляется на базе показаний ряда приборов учета, которые снимаются в полночь московского времени последнего дня каждого месяца. Используемая в настоящем периоде взаиморасчетов система ручной фиксации показаний счетчиков обладает большой погрешностью и дает погрешности выше нормативных при подсчете баланса, особенно когда число контролируемых приборов учета довольно значительно.

Внедрение АСКУЭ «дает возможность:

- а) оперативно контролировать и анализировать режимы потребления энергоресурсов;
- б) осуществлять оптимальное управление потребляющими системами внутри предприятий или иной структуры;
- в) собирать и формировать банк данных отдельных энергообъектов» [13].

С метрологической стороны, АСКУЭ являются особенно специфический вид измерительной системы, позволяющей реализовать процесс контроля и обеспечивает получение результатов контроля без участия контролера в удобной форме для контролирующего звена верхнего уровня.

### 3 Автоматизированная система учета и контроля электрической энергии

#### 3.1 Разработка структурной схемы

Структурная схема разрабатываемой АСКУЭ приведена на рисунке 11.

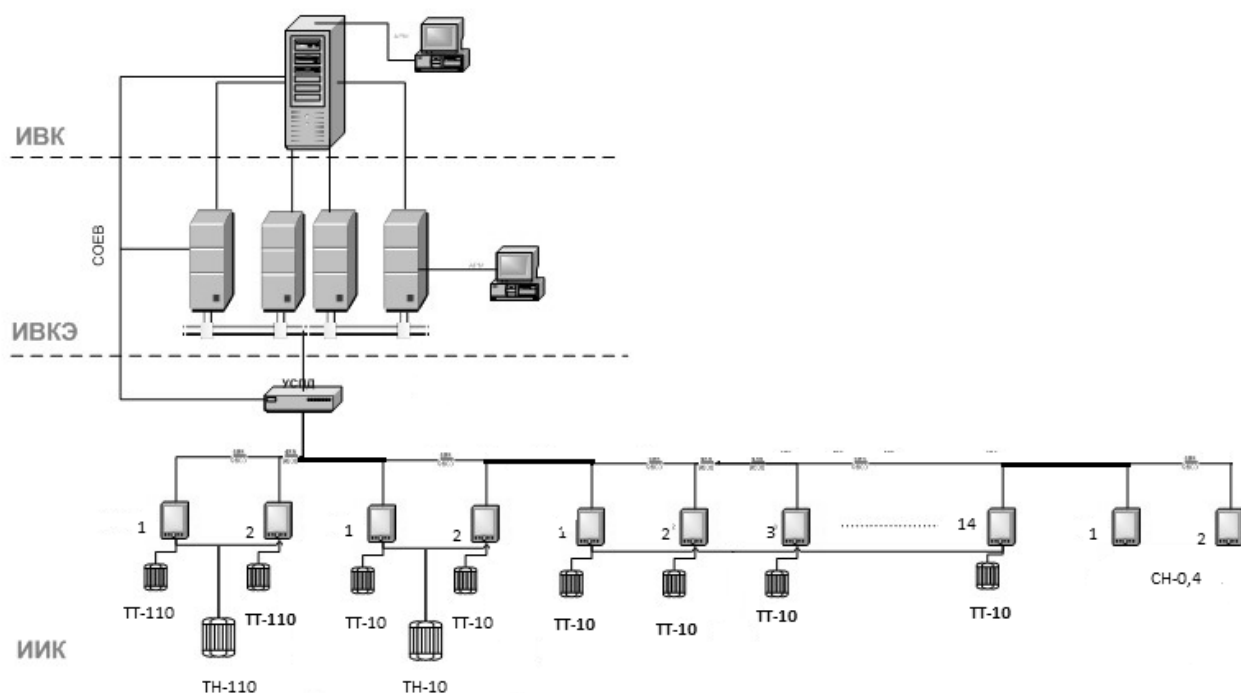


Рисунок 11 – Структурная схема АСКУЭ

Иерархическая система АСКУЭ (см. рисунок 11) состоит из трёх основных уровня:

а) ИИК - измерительно-информационный комплекс (уровень первичных измерительных приборов и устройства сбора и передачи данных - УСПД);

б) ИВКЭ - информационно-вычислительный комплекс электроустановки (сбор и обработка данных на уровне объекта);

в) ИВК - информационно-вычислительный комплекс (центр контроля и обработки данных);

г) СОЕВ - система обеспечения единого времени.

«Измерения электроэнергии выполняются на основе счетчиков через первичные преобразователи – трансформаторы тока и напряжения (для счетчиков трансформаторного включения). По принципу цифровой обработки входных аналоговых сигналов счетчик осуществляет измерение средних за период сети значений фазных напряжений, токов, активной и полной мощности по каждой фазе и производит вычисления потребленной активной и реактивной электроэнергии. Счетчики автоматически записывают в память измеренные величины (активной и реактивной энергии, интегрированной реактивной мощности) и отображают на встроенном дисплее основную и вспомогательную информацию» [14].

УСПД осуществляет сбор данных об измерениях параметров со счетчиков по цифровому интерфейсу из промежуточных преобразователей линий связи. Полученные сведения обрабатываются и передаются в архив УСПД. Далее сведения передаются в вышестоящие уровни (ИВК).

### **3.2 Расчет вторичных цепей учета контрольных кабелей для вводов 110 кВ**

Выбирается трансформатор ТГФ-110 У1 со следующими данными:

-  $U_{НОМ} = 110$  кВ;

-  $I_2 = 5$  А;

-  $Z_{2НОМ} = 1,2$  Ом.

Общее сопротивление приборов

$$r_{\text{ПРИБ}} = \frac{S_{\text{ПРИБ}}}{I_2^2}, \text{ Ом}, \quad (1)$$

$$r_{\text{ПРИБ}} = \frac{0,1}{5^2} = 0,004 \text{ Ом}$$

Допустимое сопротивление проводов

$$r_{\text{ПР}} = Z_{2\text{НОМ}} - r_{\text{ПРИБ}} - r_{\text{К}}, \text{ Ом} \quad (2)$$

$$r_{\text{ПР}} = 1,2 - 0,004 - 0,05 = 1,146 \text{ Ом}$$

Применяется кабель с медными жилами, длина 90 м, трансформаторы тока соединены в полную звезду, поэтому  $l_{\text{РАСЧ}} = l$ , тогда сечение соединительных проводов

$$q = \frac{\rho \cdot l_{\text{РАСЧ}}}{r_{\text{ПР}}}, \text{ мм}^2 \quad (3)$$

$$q = \frac{\rho \cdot l_{\text{РАСЧ}}}{r_{\text{ПР}}} = \frac{0,0175 \cdot 90}{1,146} = 1,37 \text{ мм}^2$$

Принимаем контрольный кабель КВВБГ с жилами сечением 2,5 мм<sup>2</sup>.

### **3.3 Выбор типов электросчетчиков и устройства сбора и передачи данных**

На ПС предусматривается «установка счетчиков:

- на панели учета в помещении щита управления для присоединений 110 кВ;
- на присоединениях ЗРУ-10 кВ счетчики устанавливаются на внешней стороне ячеек ЗРУ-10 кВ;
- счётчики присоединений 0,4 кВ размещаются на щите собственных нужд» [16].



Используем счетчики СЭТ-4ТМ.03М.03 уровня точности 0,5S для учета количества на вводах 110 кВ Т-1 и Т-2, вводах 0,4 кВ ТСН и вводах 10 кВ Т-1, Т-2 (коммерческие).

Приборы учета Меркурий 233АТ класса точности 0,5 устанавливаем для контроля электроэнергии на вводах отходящих кабелях 10 кВ.

Прибором сбора и контроля данных выбираем ЭКОМ-3000М.

Способ соединения между счетчиками и УСПД – протокол RS-485. Данный порт предназначен для соединения нескольких приборов и УСПД. RS-485 интерфейс в одном соединении работает в онлайн режиме с 32 аппаратами.

Счетчики СЭТ-4ТМ.03.08 используются для измерения и тарифного учета всех видов энергии (а также количество потерь), ведения базы профиля мощности потребления с программируемым интервалом интегрирования фиксации пиков мощности, измерения характеристик трехфазной сети и параметров качества потребленного ресурса.

Предназначен для работы в многофазных сетях переменного напряжения с напряжением  $3 \times (57,7-115)/(100-200)$  В или  $3 \times (120-230)/(208-400)$  В, частотой  $(50 \pm 2,5)$  Гц, номинальным (пиковым) током 1(2) или 5(10) А при гальваническом подключении по фазе и трансформаторном и непосредственном подключении по напряжению.

Внешний вид счетчика СЭТ-4ТМ.03.08 показан на рисунке 12.

«Технические особенности счетчиков СЭТ-4ТМ.03.08 (см. рисунок 13):

- 2 независимых равно приоритетных цифровых интерфейса RS-485, и оптический интерфейс (ГОСТ Р МЭК 61107-2001);
- 4 конфигурируемых изолированных испытательных выхода.
- 2 конфигурируемых цифровых входа;
- цифровая обработка сигналов;
- встроенный тарификатор» [17].



Рисунок 12 - Внешний вид прибора учета СЭТ-4ТМ.03.08

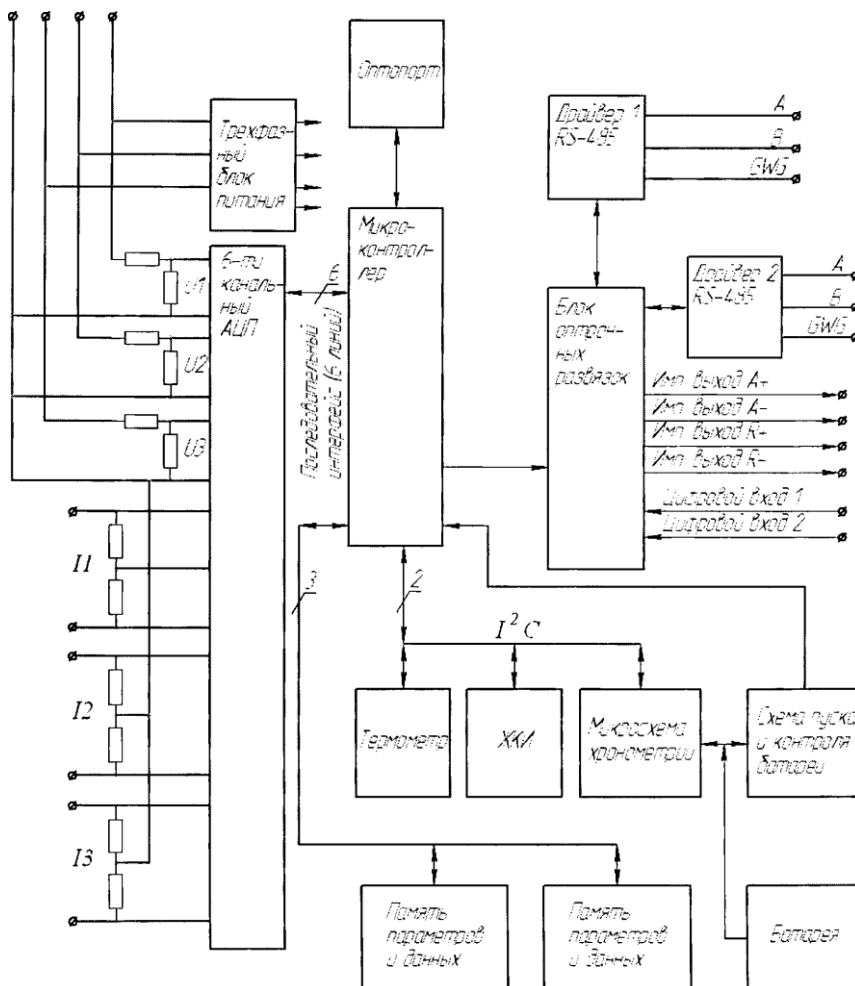


Рисунок 13 - Схема устройства управления счетчика СЭТ-4ТМ.03.08

Сертификаты и соответствия:

- соответствие ГОСТ Р 52323-2005;
- соответствие ГОСТ Р 52423-2005;
- протокол соответствия № РОСС RU.Ai174.B 15063;
- сертификат RU.C.34.01 1.A № 30225.

Схема подключения прибора учета к трехфазной 3- х проводной или 4- х проводной сети с помощью трех статических преобразователей энергии и 3 трансформаторов тока показаны на рисунке 14.

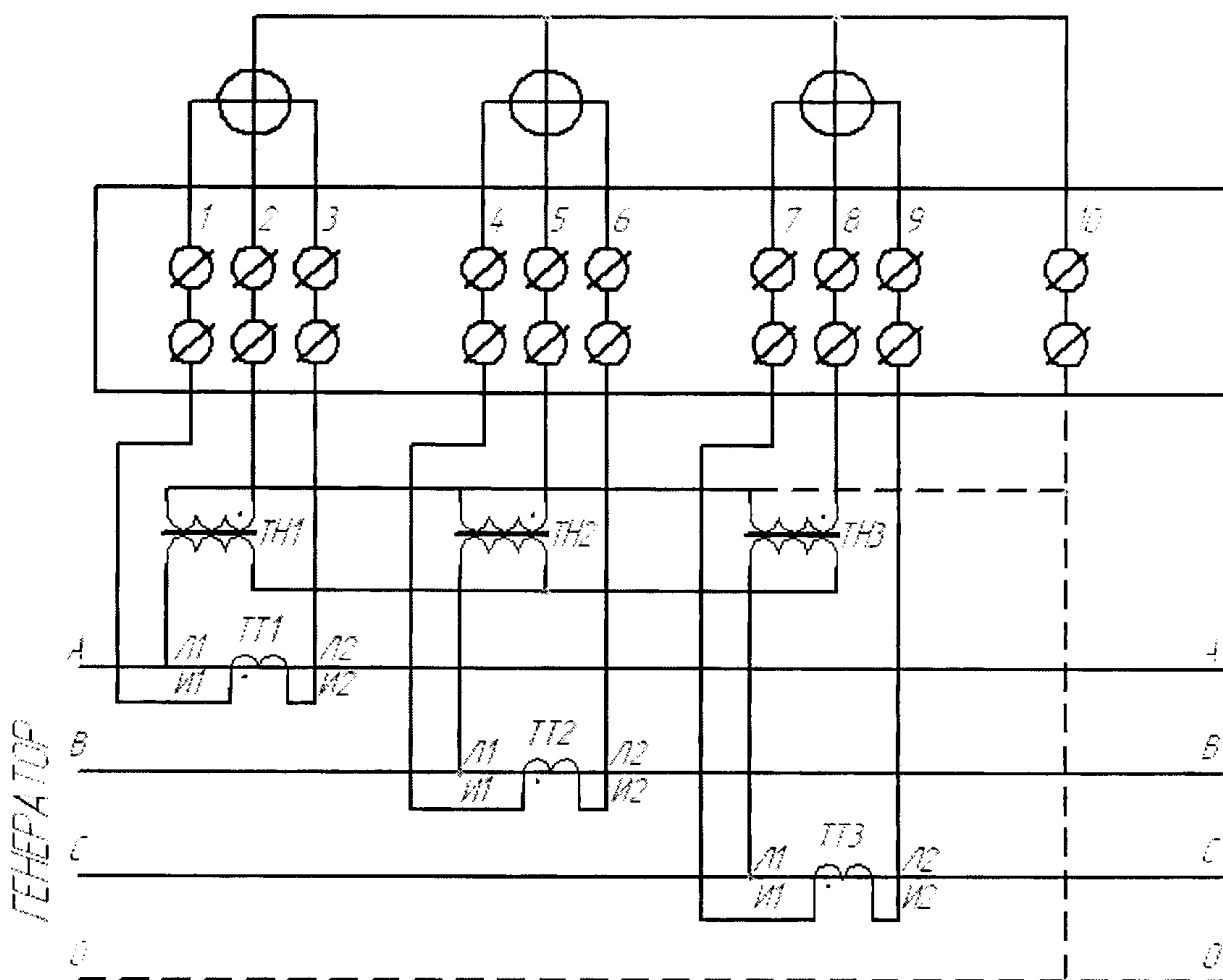


Рисунок 14 - Схема подключения прибора учета СЭТ-4ТМ.03.08

Таблица 3 - Основные технические параметры СЭТ-4ТМ.03.08

Параметр	Величины
1	2
Класс точности прибора при измерении:	0,2S или 0,5S
Номинальное напряжение, кВ	0,22/0,4
Рабочая сила тока, А	пять
Максимальная величина тока, А	10
Максимальный ток в течении 0,5 с, А	200
Ток чувствительности, мА	один
Частота в сети, Герц	50±2,5
Показатели	Величины
Активная / полная мощность нагрузки каждой цепи электрических счетчиков, Вт/В А не более	0,8/1,5; 1,0/2,0
Количество тарифов	8
Количество тарифных зон	двенадцать
Скорость передачи данных, бод:	
по каналу RS - 485	580, 1200, 2400, 4700, 9600, 19200, 37900
по оптическому каналу	9600
Количество используемых независимых импульсных каналов	четыре
Передаточное количество	
- в режиме телеметрии (А); - в режиме поверки (В); - в режиме поверки (С)	1) 5000 имп/кВт-ч с Uном 57,7 В 2) 1250 имп/кВт-ч с Ином (120-230) В 1) 160000 имп/кВт-ч с иНом 57,7 В 2) 40000 имп/кВт-ч с УНОМ (120-230) В 1) 2560000 имп/кВт-ч с УНОм 57,7 В 2) 640000 имп/кВт-ч с УНОм (120-230) В
Сохранность данных при перерывах питания, лет :	

Продолжение таблицы 3

1	2
постоянной информации (EEPROM)	сорок
оперативной информации	десять
Защита данных	два уровня доступа и аппаратная защита памяти метрологических коэффициентов
Диапазон рабочих температур, °С:	от -40 до +60
Масса прибора, кг	не более 1,5

На индикаторе счетчика «можно измерять и отображать:

- активную, реактивную и полную мгновенную мощность коэффициентов трансформации по напряжению и току, как по каждой фазе, так и суммарную по трем фазам

- коэффициент мощности по каждой фазе и суммарный по трем фазам;
- частоту сети;
- текущее время и дату;
- температуру внутри счетчика;
- фазное напряжение и ток по каждой фазе;
- коэффициента искажения синусоидальности кривой фазного напряжения» [18].

Счетчик содержит архив энергии и профиль мощности потребителей с учетом утечек. Потери могут быть подсчитаны как с положительным знаком, так и с отрицательным знаком. Знак учета утечек энергии зависит от места точек измерения и точек учета. На рисунке 15 представлена схема замещения для измерения и расчета мощности потерь.

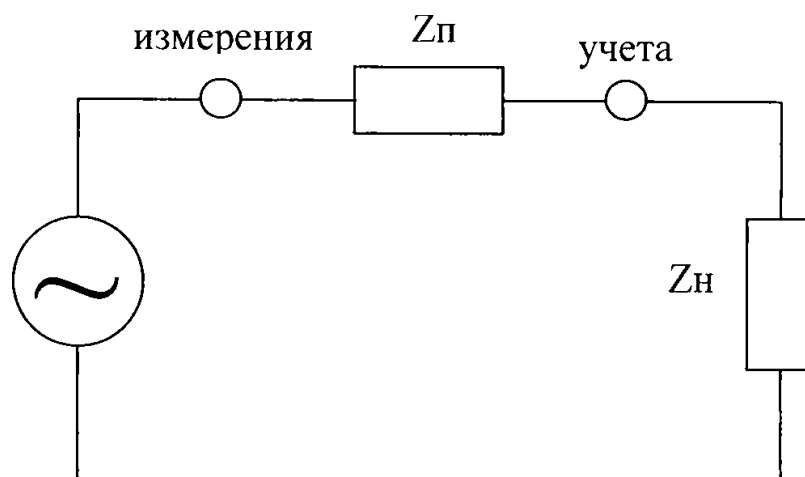


Рисунок 15 - Схема измерения и вычисления мощности потерь

В случае, когда точка измерения и учета расположены так, как показаны на рисунке 8 (см. выше), то в точке контроля мощность будет ниже на величину потерь. В этом случае знак учета утечек энергии выбирается и формируется как минус. В случае, если точку измерения и учета поменять, то знак учета потерь должен меняться на противоположный.

Выбор УСПД – устройства сбора и передачи данных.

Выбираем ЭКОМ-3000М – «специализированный контроллер, который оказывается продолжением серии ЭКОМ-3000. Который своей функциональностью полностью подходит для комплексной автоматизации систем электроснабжения. ЭКОМ-3000М является средством измерений и может быть использован для коммерческого учета энергии и энергоносителей. УСПД ЭКОМ-3000М является модульным, программно конфигурируемым, IBMPC совместимым промышленным компьютером. Сбор, обработка, архивирование и отображение измерительной информации от УСПД осуществляет диспетчерский компьютер» [19]. Внешний вид УСПД типа ЭКОМ- 3000М приведен на рисунке 16.



Рисунок 16 – Передняя панель УСПД типа ЭКОМ-3000М

«Функциональные возможности ЭКОМ-3000М - производит измерение, обработку, архивирование, отображение данных на дисплее, отображение и передачу измерительной и расчетных данных на сервер опроса. Программное обеспечение «Тест 3000М» обеспечивает тестирование УСПД, просмотр текущих и архивных значений параметров, журнала событий УСПД. Использование клавиатуры и дисплея в составе УСПД позволяет осуществлять контроль с УСПД, измерительной и обрабатываемых данных. Наличие встроенного сторожевого таймера предоставляет перезапуск рабочей программы в случае компьютерных явлений УСПД» [20]. Основные параметры и характеристики контроллеров ЭКОМ-3000М сведены в таблицу 4.

Метрологические показатели.

Предел абсолютной и относительной погрешности равен  $\pm$  пять секунд по отсчету московского астрономического времени на интервале в двадцать четыре часа.

Таблица 4 - Основные технические характеристики прибора ЭКОМ-3000М

Параметры	Величина
Число каналов учета в УСПД	Не ограничено
Максимальное количество УСПД в ПТК ЭКОМ на один комплект ПО "Сервер опроса"	Двести пятьдесят пять
Вид сигналов первичных преобразователей	Импульсные, частотные, аналоговые, кодовые, типа "сухой контакт", термопары
Разрядность АЦП	Двадцать четыре
Объем энергонезависимых архивов	32-128 Мб
Сохранение информации при потере напряжения питания	десять лет
Предел абсолютной погрешности отсчета текущего астрономического времени за одни сутки (без GPS)	пять секунд
Предел относительной погрешности преобразования числоимпульсных сигналов при частотах от 0.01 Гц и выше (погрешность передачи данных)	0,05 процентов
Предел погрешности измерения аналоговых сигналов	0,1 процентов
Межповерочный интервал	четыре года

#### Устройство синхронизации времени.

В качестве «устройства синхронизации системного времени в работе берем устройства синхронизации времени УССВ-35LVS (выполнен на основе GPS35- LVS), которое представляет собой элементы СРВ - системы, составляющие единое целое с антенной. УССВ состоит из GPS-приемника, антенны, источника питания и пластикового корпуса, позволяющем монтировать его в шкафы. Приемник выполняет следующие функций:

- прием информации от двенадцати спутников одновременно;



- выдача данных по интерфейсу RS-485» [21].

Внешний вид и вид на печатную плату УССВ - 35LVS представлен на рисунках 17 и 18.



Рисунок 17 - Внешний вид УССВ - 35LVS

Устройства связи.

Счетчик к УСПД подсоединяются по отдельной линии связи, реализованной на интерфейсе RS-485 кабелем «витая пара».

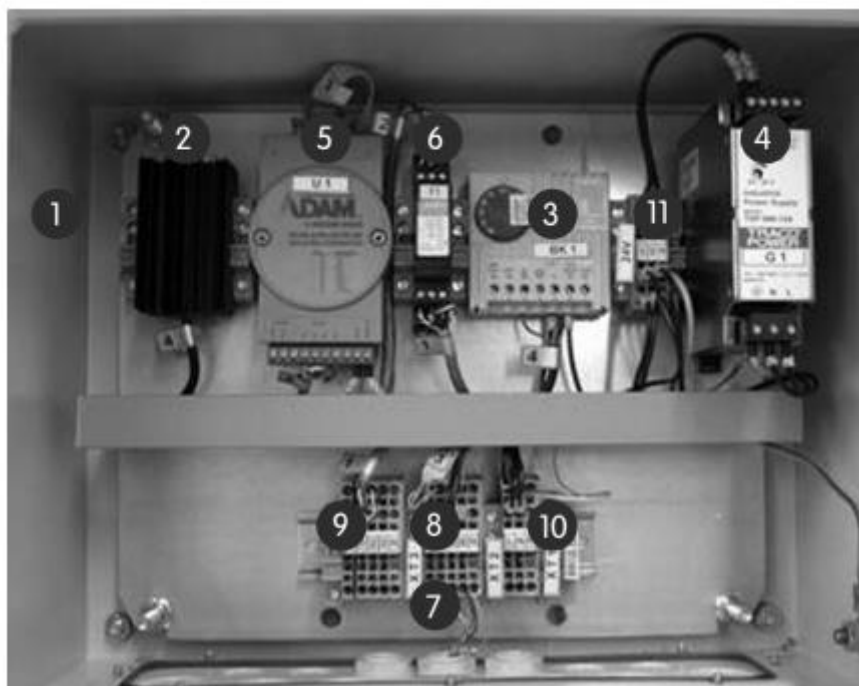
Линии связи, используемые АСКУЭ в основном используются если:

- основной канал взаимодействия - выделенная телефонная связь ГТС;
- резервная линия связи – сотовая линия связи;
- Ethernet-линия между УСПД и АРМ на ПС созданный с использованием экранированного кабеля «витая пара» пятой категории для локальных компьютерных сетей КВПЭф.

Программное обеспечение и средства микропроцессорной техники.

В аппаратную часть ЭВМ, осуществляющей анализ, долговременное хранение и архивирование поступающей с энергообъекта данных входят:

- сервер информации находится в диспетчерском пункте;
- АРМ на ПС в комплекте;
- компьютер, монитор, принтер;
- источник бесперебойного питания;
- переносный компьютер ноутбук.



- |                                   |                           |
|-----------------------------------|---------------------------|
| 1 Компактный шкаф                 | 7 Кабель GPS 16HVS        |
| 2 Нагреватель                     | 8 Клеммник УССВ           |
| 3 Термостат                       | 9 Клеммник RS-485         |
| 4 Источник питания +24В           | 10 Клеммник питания ~220V |
| 5 Конвертор интерфейсов           | 11 Клеммник 24V           |
| 6 Защита от перенапряжений RS-485 |                           |

Рисунок 18 - Внутренний вид УССВ - 35LVS

### **3.4 Выбор поставщика программного обеспечения «верхнего уровня» АИИС КУЭ**

В интернете большое количество положительных отзывов оставлено на сайте компании ENSYS TECHNOLOGIES.

«Компания ENSYS TECHNOLOGIES, предлагает полный комплекс услуг по созданию и модернизации автоматизированных информационно-измерительных систем коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ). Обладая необходимым научно-техническим потенциалом Энсис Технологии, еще на стадии формирования ОПЭ по заказу РАО «ЕЭС России» разработала «Концепцию АСКУЭ конкурентного оптового рынка электроэнергии», впоследствии реализовав самый масштабный в России проект по внедрению автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии ОАО «ФСК ЕЭС», охватывающий более 145 подстанций напряжением 330 кВ и выше. При реализации данного проекта Энсис Технологии осуществляла функции генерального подрядчика, проектирование, поставку, монтаж и наладку оборудования» [22].

Компания ENSYS TECHNOLOGIES обладает дилерскими партнерскими отношениями с подрядными организациями во всех регионах РФ и ближнего зарубежья, что обеспечивает быстрое решение задач различного объема и проблемности.

ENSYS TECHNOLOGIES имеет эксклюзивные отношения с ООО «Эльстер Метроника» и ЗАО ИТФ «Системы и технологии» на поставку приборов учета, что позволяет компании продавать оборудования Концепцию АСКУЭ на наиболее привлекательных для заказчика условиях.

Компания обладает множеством необходимых возможностей для согласования документации на АСКУЭ в органах сертификации.

### **3.5 Обоснование значения классов точности применяемых трансформаторов тока и напряжения, электросчетчиков**

Для выдерживания точности измерений ТТ-110 и ТН-110, ТТ-10 и ТН-10 на фидерах 10 кВ в требуемом диапазоне, выбираем класс точности 0,5, т.к. данные трансформаторы применяются для коммерческого учета.

Счетчики электроэнергии, для вышеперечисленных точек и счетчики 0,4 кВ ТСН должны быть класса точности 0,5S, т.к. они применяются для коммерческого учета.

ТТ-10 и счетчики электроэнергии на отходящих фидерах 10 кВ используются для технических целей, поэтому они класса точности 0,5.

## Заключение

В данной бакалаврской работе рассмотрено устройство и принцип действия автоматизированной системы управления и контроля электричества, передаваемого через электрическую подстанцию 110/6,3 кВ. При этом разработана схема проектируемой системы учета, подобрано необходимое технологическое оборудование.

В первом разделе подробно рассмотрены основные понятия и определения, связанные с автоматизацией процесса учета электрической энергии на подстанции, определен современный технический уровень систем учета, рассмотрены базовые принципы создания автоматизированных систем учета и контроля расхода электрической и других видов энергии на промышленных предприятиях, показаны основные возможности предоставляемые такими системами, их общие принципы построения и обмена информацией.

Во втором разделе рассмотрена электрическая подстанция, на которой планируется внедрение разрабатываемой системы учета, кратко рассмотрено электрооборудование, уровни токов и напряжений, обоснована целесообразность использования автоматизированной системы. Создание автоматизированной системы учета электроэнергии позволит более точно владеть информацией об экономической составляющей состояния энергохозяйства предприятия, более грамотно планировать свою деятельность, что в конечном итоге позволит сэкономить на расходах за электричество.

В третьем разделе составлена структурная схема автоматизированной системы учёта, подобрано необходимое технологическое оборудование, основным из которых являются счетчики электрической энергии, трансформаторы тока и напряжения, управляющий контроллер.

## Список используемых источников

1. ГОСТ 34.602-89. Техническое задание на создание автоматизированной системы [Электронный ресурс] / URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-34-602-89> (дата обращения 01.05.2020).
2. Марка Д.А. Методология структурного анализа и проектирования [Электронный ресурс] / URL: <https://pqm-online.com/assets/files/lib/books/marka.pdf> (дата обращения 02.05.2020).
3. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Электронный ресурс] / URL: [http://bsuir-helper.ru/sites/default/files/2011/03/11/met/Tomas\\_Saati\\_-\\_Prinyatie\\_Resheii.\\_Metody\\_analiza\\_ierarhii.1993.pdf](http://bsuir-helper.ru/sites/default/files/2011/03/11/met/Tomas_Saati_-_Prinyatie_Resheii._Metody_analiza_ierarhii.1993.pdf) (дата обращения 02.05.2020).
4. Фатыхов Р.И., Шаров В.В. Программа контроля и управления измерительными устройствами на базе шины 1-Wire на основе использования последовательного пор-та. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014615007 от 15.05.2014 г. [Электронный ресурс] / URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-kontrolya-i-ucheta-elektroenergii-raspredelennyh-ustroystv-s-ispolzovaniem-sovremennyh-informatsionnyh-tehnologiy> (дата обращения 02.05.2020).
5. Будущее АИИС-АСКУЭ [Электронный ресурс] / Информационный ресурс [Izmerenie.ru](http://Izmerenie.ru) URL: [https://www.izmerenie.ru/assets/files/IzmerenieRU\\_12.pdf](https://www.izmerenie.ru/assets/files/IzmerenieRU_12.pdf) (дата обращения 02.05.2020).
6. Измерительные трансформаторы тока и напряжения с литой изоляцией (справочные материалы). Часть 1. Э.А. Киреева, С.А. Цырук.- М.: НТФ Энергопрогресс, 2016, 68 с.
7. АСКУЭ разработки «Нижегородское научно-производственное объединение имени М.В.Фрунзе» [Электронный ресурс] / Официальный сайт ННПО им. М.В.Фрунзе. URL: <http://www.nzif.ru/> (дата обращения 02.05.2020).

8. Счетчик электрической энергии «Меркурий» [Электронный ресурс] / URL: <http://70optom.ru/id/merkuriy-230-ar-03-r-649.html> (дата обращения 12.05.2020).
9. СанПиН 2.2.2.542 – 96. Санитарные правила и нормы. [Электронный ресурс] / URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200235> (дата обращения 12.05.2020).
10. Системы коммерческого учета электроэнергии [Электронный ресурс] / URL: <https://энергоспец.рф/data/documents/Obzor-sistemkommercheskogo-ucheta-elektricheskoy-energii-predstavlennyh-na-rynkeRossii.pdf> (дата обращения 12.05.2020).
11. Системы учета энергии Астра-Электроучет [Электронный ресурс] / URL: <http://www.astraelectra.ru/aiiskuje.aspx> (дата обращения 12.05.2020).
12. Автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учёта электроэнергии [Электронный ресурс] / URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Автоматизированная\\_информационноизмерительная\\_система\\_коммерческого\\_учёта\\_электроэнергии](https://ru.wikipedia.org/wiki/Автоматизированная_информационноизмерительная_система_коммерческого_учёта_электроэнергии) (дата обращения 12.05.2020).
13. СанПин 2.2.2/2.4.1340-03. О введении в действие санитарноэпидемиологических правил и нормативов. [Электронный ресурс] / URL: <http://70optom.ru/id/merkuriy-230-ar-03-r-649.html> (дата обращения 12.05.2020).
14. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. [Электронный ресурс] / URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200080203> (дата обращения 14.05.2020).
15. ПУЭ - Правила устройства электроустановок. 6-е изд. с изм. и дополн. [Электронный ресурс] / URL: <http://www.gosthelp.ru/text/PUEPravilaustrojstvaelekt3.html> (дата обращения 14.05.2020).

16. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03 “Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы” [Электронный ресурс] / Центр экспертизы условий труда URL: <https://ceut.ru/sanpin-2-2-2-2-4-1340-03/> (дата обращения 14.05.2020).

17. Руководство по эксплуатации ИЛГШ.411152.145РЭ. Счетчики электрической энергии многофункциональные СЭТ-4ТМ.03М, СЭТ-4ТМ.02М. Нижегородский завод имени М.В.Фрунзе, 2017. – 91 с.

18. Приказ Минэнерго РФ от 22.03.2011 N 86 «Об утверждении Методических рекомендаций по техническим характеристикам систем и приборов учета электрической энергии на основе технологий интеллектуального учета». Москва, 2016. – 18 с.

19. Прайс-лист оборудование построение автоматизированных систем учета энергоресурсов, контроля и управления технологическими процессами. Группа компаний Системы и Технологии. Базовые цены на оборудование с 20.06.2017 г. [Электронный ресурс] / URL: <http://www.sicon.ru/about/> (дата обращения 15.05.2020).

20. Мироновский Л.А. Алгоритмы оценивания результата трех измерений / Л.А. Мироновский, В. А. Слаев. – СПб.: «Профессионал», 2016. – 192 с.

21. Преобразователь интерфейса ПИ-2. Паспорт илгш.468152.003пс. Нижегородский завод имени М.В.Фрунзе [Электронный ресурс] / URL: <https://www.nzif.ru/uploads/sert/energo/pi/pi2.pdf> (дата обращения 15.05.2020).

22. Петрова Ю.О. Руководство пользователя iRZ ATM2-485 / Ю.О. Петрова. – Волгоград: ООО «СИМЭНЕРГО», 2013

23. Вебинар №2 «Решение iRZ Collector»: [Электронный ресурс] / Электрон.дан. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=So-dgP2PQM> (дата обращения 18.05.2020).

24. Положение о технической политике в распределительном электросетевом комплексе. Приложение к распоряжению ОАО РАО «ЕЭС



России» и ОАО «ФСК ЕЭС» от 25.10.2006 № 270р / 293р [Электронный ресурс] / URL: [http://www.cius-ees.ru/uploaded/document\\_files/25/Polozhenie\\_o\\_tekhnicheskoy\\_politike\\_v\\_raspredelitel\\_nom\\_setevom\\_komplekse.pdf](http://www.cius-ees.ru/uploaded/document_files/25/Polozhenie_o_tekhnicheskoy_politike_v_raspredelitel_nom_setevom_komplekse.pdf) (дата обращения 18.05.2020).

25. Воротницкий В.Э. Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях. Динамика, структура, методы анализа и мероприятия / В.Э. Воротницкий, М.А. Калинкина, Е.В. Комкова и др. // Энергосбережение, 2015. – № 2.

26. Гуртовцев А. Комплексная автоматизация энергоучета на промышленных предприятиях и хозяйственных объектах / А. Гуртовцев // СТА, 2016. – №3

27. Cameron C.A., Trivedi P.K. Regression Analysis of Count Data. Cambridge University Press, 2018. – 434 p.

28. Hosmer D.W., Lemeshow S., Sturdivant R.X. Applied Logistic Regression. Hoboken: John Wiley & Sons, 2016. – pp 1–39.

29. Olsson U. Generalized Linear Models: An Applied Approach. Lund: Studentlitteratur, 2018. – 244 p

30. Masters T. Practical Neural Network Recipes in C++. Morgan Kaufmann, 2016. – 493 p.

31. Hornik K., Stinchcombe M., White H. Multilayer Feedforward Networks are Universal Approximators // Neural Networks. – 2016. – Vol. 2. – P. 359 – 366